

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Л.М.БЕСОВ

# ІСТОРІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів вищих  
навчальних закладів*

Харків – НТУ «ХПІ» – 2004

ББК У9 (4 Ук) О–55  
УДК [50 (091)+62]: [008+37]

Рецензенти:

**Александров Є.Є.**, д–р техн. наук, проф., завідувач кафедри НТУ «ХПІ», Заслужений діяч науки і техніки України;

**Бондарєв Є.О.**, д–р іст. наук, проф., завідувач кафедри Харківського державного педагогічного університету імені Г.С.Сковороди;

**Пилипчук О.Я.**, д–р біол. наук, проф., завідувач кафедри Київського університету економіки та технологій транспорту;

**Тошинський В.І.**, д–р техн. наук, проф., завідувач кафедри НТУ «ХПІ»;

**Храмов Ю.О.**, д–р фіз.–мат. наук, завідувач відділу історії науки і техніки ЦДПІН імені Г.М.Доброва НАН України

Гриф надано Міністерством освіти і науки України, лист № 1418.2–2122 від 09.12.03.

**Бєсов Л.М. Історія науки і техніки.** □ 3-є вид., переробл. і доп. □ Харків: НТУ "ХПІ", 2004. – 382 с.

ISBN

У посібнику показано як поєднані між собою природнича, технічна, виробнича і гуманітарна складові культури. Розкривається картина накопичення суперечностей між людиною і Природою та шляхи їх розв'язання в сучасних умовах.

Для викладачів і студентів вищих і середніх спеціальних навчальних закладів, а також учнів старших класів, гімназій, ліцеїв.

In this book it is shown how natural, technical industrial and humanitarian parts are connected with other. It is opened the picture of the struggle between human and nature and the ways deciding it in modern conditions.

The book is of interest to teachers and students of high and secondary special educational establishments and pupils last classes, gymnasiums, liceums.

Лл. 131. Бібліогр. 212 назв

ISBN

© Л.М.Бєсов, 2004

## ВСТУП

Знайомство з історією вважається необхідним і введено в коло навчальних дисциплін вищої, спеціальної та загальноосвітньої середньої освіти. За змістом вона була, багато в чому залишається і сьогодні, історією князів, царів, королів, політичних партій і державних діячів, пригноблених народів, народних героїв, воєн та їх наслідків, інших подій суспільного життя. Якщо зробити навіть поверховий аналіз, то не важко дійти висновку: у громадянській історії для науки і техніки майже немає місця. Історія науки і техніки з великими труднощами проникає у громадянську історію. Ще не так давно вона взагалі була усунена з навчальних дисциплін вищої технічної школи. Нарешті усвідомлено, що не війни і революції є джерелом задоволення матеріальних потреб вже в силу того, що вони мають руйнівний, а не творчий потенціал. Науку і техніку не можна відділяти від системи культури у широкому розумінні. Усе сучасне культурне життя сьогодні тримається на них. Прогрес рухають вчені, інженери, винахідники, створені ними наука, техніка, виробництво, яке розвивається на їх досягненнях, наукові знання і культура, якими володіє людина. Усвідомлено, що історичний процес, в основі якого є її складна діяльність, надає можливість розглядати матеріальні й духовні фактори як рівноправні. У цьому контексті наша уява про первинність матеріального і вторинність духовного втрачає своє традиційне значення.

Історія науки і техніки помічена не тільки відкриттями, але і іменами їх творців. Часто доля не тільки їх творинь, а і винахідників трагічна. У будинок сучасного світу, який нас оточує, всі вони уклали свою «цеглинку». У цій будівлі є риси попередніх епох. І які б відкриття сьогодні не робились, вони спираються на фундамент, зведений багатьма поколіннями □ від глибокої давнини і до початку III тисячоліття.

Незалежно від усіх поглядів на історію науки і техніки: як на наукову дисципліну, завдання якої є вивчення історії пізнання світу, що нас оточує, і тому близько пов'язану з філософією, чи під кутом зору історії виробничих сил, чи як на невід'ємну частину громадянської історії, історії культури, чи на розділ тієї чи іншої спеціальної науки, в будь-якому випадку кожен, хто звертається до неї, прагне краще зрозуміти, усвідомити феномен власне історії науки і техніки і тієї конкретної галузі знань, яка його цікавить, їх проблеми і стан. І, головне, уявити майбутнє науки і техніки.

В наш час, коли наука і техніка відіграють провідну роль в житті людства, в житті кожної людини, до цього додається ще прагнення глибше зрозуміти їх роль і місце в суспільстві, знайти шляхи і засоби прискорення розвитку, попередження використання

досягнень науки і техніки на шкоду людям. Вже визнано: національна вища інженерна школа не може обмежуватись тільки чисто професійною підготовкою. Вона повинна прищепити своїм вихованцям почуття особистої відповідальності не тільки за долю своєї країни і її народу, а й за подальший розвиток цивілізації, за стан природного середовища, в якому житиме людство.

Чи можна на сучасному етапі розвитку цивілізації говорити про підготовку інженерів, науковців, управлінців, організаторів сфер матеріального виробництва і послуг без врахування сказаного? Зміст навчання майбутніх спеціалістів у вищому технічному навчальному закладі, яких він готує до праці в науково-інноваційній та інноваційно-технологічній сферах, спрямований на засвоєння інформаційних технологій. На їх основі ведуться розробки інтелектуальних систем і роботів – від найпростіших обчислювальних засобів до систем з інтелектом і органами почуттів, що наближені до людських. Чи не йдемо ми шляхом до того, що інтелект спеціаліста може бути витиснений інтелектом техніки? Тому перед вищою школою технічного профілю на перший план в її модернізації стає завдання гуманізації освіти. Гуманітарна складова технічної освіти – це місток до освіченості людини, це чинник, що здатний виконувати функцію трансляції системи культурних цінностей. Разом з тим це є місток до передачі культури наступним поколінням через власне історію науки і техніки.

Чому ж питання поставлене таким чином, що спеціаліст – науковець, інженер, управлінець повинен добре знати історію науки і техніки, закономірності їх розвитку на різних етапах людської діяльності? В розвинутих країнах історію науки і техніки викладають вже давно. В усьому світі працює біля 200 кафедр історії галузей науки і техніки. Проблеми розвитку науки і техніки привертають увагу людей самих різних професій. Зростає кількість видань, авторами яких є природодослідники, філософи, соціологи, психологи, політики, економісти. Займаючись своєю справою, вони разом з тим усвідомлюють, що наука і техніка в сучасному суспільстві досягли такого розвитку, коли крім досягнень в окремій галузі, додають людям почуття стурбованості.

Усе це означає: навчальна дисципліна “Історія науки і техніки” не може бути другорядною дисципліною. Її вивчення сприяє розвитку у майбутніх спеціалістів правильних уявлень про науку і техніку і, головне, сприяє зростанню загальної і професійної культури, розвитку синергетичного мислення. У XIX ст. людина не могла вважатись культурною, якщо вона не була знайома з шедеврами світової художньої літератури. Сьогодні до цього треба додати: не можна бути культурною людиною, не будучи знайомою

ще і з основами сучасної науки, не розуміючи ролі науки і техніки в житті, в розвитку матеріальної й духовної культури людства.

Отже, в освітніх закладах, вищих технічних зокрема, на перший план повинна виступати потреба синтезувати наукові знання. Забезпечити єдність літератури, мистецтва, науки і техніки. Тільки таким чином може змінюватись людина морально, а не однобоко під впливом науково-технічних досягнень. Синтез згаданих чинників є головною передумовою внутрішньої, моральної зміни людини. Іншими словами, «вона повинна змінюватись не від зовнішніх причин, а не інакше, як від зміни моральної».

Гуманістична діяльність спеціалістів початку третього тисячоліття пов'язана з рівнем інтелекту і освіченості так само, як пов'язані між собою науково-технічні, соціально-економічні, екологічні, демографічні та інші проблеми, що стали глобальними для населення планети Земля. Тільки гуманна, високоосвічена, високоінтелектуальна особистість з інженерною підготовкою здатна прокласти шлях до використання знань не на шкоду, а на користь людству. У праці С.І.Богомолова і Л.С.Даниленко «Інженер ХХІ століття – сама гуманна спеціальність на Землі» підкреслюється: «Людство не врятують ні природні багатства, ні розумні машини, ні геніальні політики. Його врятує тільки гуманна особистість, яка відтворюється у мільйонах землян. Це єдиний та імовірно найбільш дійовий шлях врятування життя на Землі. А яким же чином може з'явитись така особистість? Де той найбільш реальний шлях її становлення? На нашу думку, сьогодні цей шлях розпочинається у вищій технічній школі, в інженерній освіті».

Це означає, що настав час, коли необхідно звеличити інженера, наукового працівника. Уже на студентській лаві, а можливо вже і у середній школі і раніше, має бути усвідомлено відповідальність кожної людини за все, що створюється і впроваджується у практику. Велич спеціаліста досягається кропіткою працею по здобуттю глибоких знань – накопиченню інформації. Він мусить усвідомити:

Величье достигается трудом,  
Бессонницей в ночи, работой днём.  
За жемчугом на дно ныряй морское  
И ты довольство обретёшь мирское.  
А без труда величья не добыть,  
Бесподно жизнь погубишь, может быть.

(М.А.Салье. Тысяча и одна ночь)

Пропонований навчальний посібник є виданням, де в історичному вимірі розкривається єдність процесів науково-технічного, соціально-економічного і духовного розвитку в різні періоди людської історії, висвітлюються проблеми, з якими зіткнулось людство на рубежі другого і третього тисячоліть.

Видання є специфічним. Специфіка полягає в тому, що у ньому і наука, і техніка, в тому числі і технічні дисципліни, і виробництво виступають як форма культури. Навчальний посібник наповнений значною кількістю досягнень, долею, часто трагічною, видатних осіб в усі часи, пов'язується з розвитком людської думки і експериментальних досліджень в галузі природознавства, широким розповсюдженням досягнень фізики, хімії, біології, математики та інших наук. Сам фактичний матеріал не лише збагачує читача знаннями, а і «запрошує стати учасником» подій далеких і близьких епох, зрозуміти творців, зміст життя яких складала боротьба за інтелектуальний прогрес. Усе це поповнюватиме «духовний бюджет» читача. Він не стане байдужим до того, які і в ім'я чого створюються, як використовуються науково-технічні досягнення.

Безперечно, в окремих випадках такі події і доля творців у навчальному посібнику відображені фрагментарно. І це зрозуміло. В такому обмеженому обсязі, яким є наше видання, неможливо зробити ґрунтовний аналіз у провідних галузях науки і техніки, виробництва, вивчити і зробити доступними широкому колу читачів біографії видатних діячів вітчизняної та світової науки і техніки. Це може бути виправлено, якщо читач звернеться до інших спеціальних книг. Вони допоможуть, в разі потреби, додатково отримати відомості, які його зацікавлять, стимулюватимуть до здобуття поглиблених знань.

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ІСТОРІЇ НАУКИ І ТЕХНІКИ ЯК НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Об'єкт, мета та завдання курсу «Історія науки і техніки»**

Що ж собою являє об'єкт нашого вивчення - дві органічно поєднані галузі – наука і техніка? Зразу ж відзначимо, що історія науки і техніки не є переказом результатів, що досягнуті ними у певний період історії. Це є аналіз шляхів розвитку науки і техніки, закономірностей руху наукових знань у їх зв'язку з історією людства. Її вивчення виробляє критичний підхід до накопичених знань, розкриває суперечливість і незрозумілість в поясненні та оцінці тих чи інших подій у зародженні та розвитку науки і техніки.

Мета курсу історії науки і техніки як міждисциплінарної науки полягає в тому, щоб висвітлити історію формування, розвитку і трансформації наукового світогляду, рушійні сили і механізми докорінних зрушень в уяві про навколишній світ. Простежити конкретні обставини, в яких здійснювались ці зрушення, злами, перебудови наукової картини світу.

Найважливішим досягненням і запорукою майбутніх успіхів у фахівців, які будуть працювати в умовах інформаційного суспільства, має стати органічна потреба здобувати нові знання. Причому, не тільки в обраній спеціальності, а й у суміжних з нею спеціальностях, почати вивчення в цілому історії науки і техніки як наукової дисципліни, що має методологічне значення для теорії і практики людської діяльності. Таке формування сприятиме розвитку синергетичного мислення, нової парадигми, яку можна назвати холістичним світоглядом. Тобто спеціаліст повинен бачити світ як єдине ціле, а не розрізнених частин. Цю парадигму можна умовно назвати також екологічним поглядом, якщо «екологічний» використати у більш широкому і глибокому розумінні, ніж звичайно. Екологічне усвідомлення визнає взаємозалежність усіх феноменів і той факт, що як індивіди і члени суспільства люди включені у циклічні процеси природи і залежні від них.

Холістичний світогляд повинен витиснути домінуючу в нашій культурі парадигму, що сформувалась протягом декількох століть в країнах Заходу і значною мірою вплинула на решту населення планети. Вона включила в себе певний набір ідей і цінностей, що глибоко проникли у свідомість людей. Серед них: погляд на Всесвіт як на якусь механічну систему, скомпоновану з елементарних «будівельних блоків»; погляд на людське тіло як на машину; погляд на життя в суспільстві як на конкурентну боротьбу за виживання; переконання в тому, що необмежений матеріальний прогрес

досягається шляхом економічного і технологічного розвитку; погляд на Природу як на інструментальну і споживчу цінність; погляд на людину як на джерело усіх цінностей, що панує над Природою. Вже визнано первісну цінність усіх живих істот, а люди тільки є особливою паутинкою в паутинні життя.

Людина будує плани, які треба виконувати, прогнозує свою діяльність. Але при цьому важливо запобігти помилок. Вони дуже часто несуть не лише економічні, а й соціальні та моральні збитки. Причини помилок самі звичайні. Спеціалістам не вистачає інформації, інтуїція підвела, обчислювальний прилад, досвіду мало. Одним з головних способів попередження помилок - звертання до історії науки і техніки.

З викладеного можна сформулювати і завдання навчальної дисципліни історії науки і техніки. Головним з них, безперечно, є допомога на практиці вищій технічній освіті спрямувати студентів на опанування ними переважно інформаційних технологій як засобу досягнення високих показників соціально-економічного характеру. Сьогодні всі форми культури підкорені технології. Але треба визнати, що технологічні інновації, а не підвищення добробуту людства стали синонімом прогресу. В галузі інженерної освіти серйозного характеру набуло надмірне використання комп'ютерів. Це веде до духовного зубожіння і втрати культурної різноманітності. Комп'ютер змінив зміст, смисл, розуміння, значення навчання. Інформація як основа мислення пропагується і у середній школі, і у вищому навчальному закладі. Насправді ж людський розум мислить за допомогою ідей, а не інформації. Мову майбутніх інженерів, вчених, управлінців поповнюють запозичені у військових метафори - «команда», «запуск» тощо. Спостерігається культурне зміщення, зміцнення стереотипів і відсторонення значної частини студентів від повноцінного оволодіння знаннями з наукової, науково-популярної, спеціальної, художньої літератури. Це гальмує розвиток їх фантазії, позбавляє від романтики, що необхідна для творчості.

Історія науки і техніки, що базується, насамперед, на вивченні джерел друкарського мистецтва, багато в чому може «нейтралізувати» негативні наслідки комп'ютерної революції. Багатолітнім досвідом доведено, що це єдина навчальна дисципліна, яка не тільки поглиблює фахові знання, інтегруючись у спеціальні дисципліни, а разом з тим сприяє введенню будь-якої спеціальності в систему світової культури.

Крім того, історія науки і техніки вводить у навчання не просто людину, як особистість, творця, спостерігача за Природою. Це є людина, яка, спираючись на досягнення наукової думки, бачить себе як складову Космосу, частку Природи, в якій внаслідок ігнорування натурфілософських принципів Античного світу і середньовіччя



порушена гармонія у їх взаємовідносинах. Якщо цього не враховувати у навчанні, то в умовах інформаційного суспільства і суцільної комп'ютеризації буде збіднена не тільки загальна культура, а і культура інженерного, наукового мислення. Проблема інтелекту може набути форм, що спотворюватимуть суть гуманізму техногенного суспільства.

Історія науки і техніки формує мислення, віддзеркалює не тільки власне їх розвиток, але і те, яким чином вони впливають на задоволення суспільних потреб, відповідають інтересам і зберігають цінності для нащадків, стосунки між людьми. Навчальна дисципліна сприяє формуванню і розвитку творчих здібностей спеціаліста, що проявляються через його почуття, уяву, інтелект, волю, спілкування і, врешті-решт, формування нової парадигми технотронного суспільства.

Якщо ж конкретизувати завдання курсу історії науки і техніки, то його можна звести до наступних положень.

*Перше.* Допомогти майбутньому спеціалісту осмислити, що розвиток науки і техніки в історичному вимірі є цілісним явищем в системі культури людства. Історія науки і техніки дає певні знання, поширює круговид, певною мірою сприяє наближенню слухача до його спеціальності. Усе це може бути здійснено лише за умови професійної зацікавленості, знайомлення і вивчення літератури з даного питання.

*Друге.* Допомогти подолати технократичне і вузькопрофесійне мислення, що стало наслідком порушення рівноваги між науково-технічною діяльністю і культурою. Тільки відродження загальної культури спілкування, праці сприятиме гуманістичному осмисленню результатів людської діяльності. Таке осмислення не може статись без самовиховання почуття професійної і моральної відповідальності за наслідки науково-технічної діяльності. Як не прикро, але треба визнати, що поняття “прогрес” поки що залишається спотвореним. Його ми розуміємо часто однобоко, як досягнення окремих галузей наук, техніки, сучасних технологій, матеріального виробництва в цілому. Практика господарювання показує, що людство тільки на словах прагне досягати економічних показників за мінімальних екологічних витрат. Насправді ж, планета Земля, Космос є об'єктом їх безпоротного забруднення і, природно, негативного впливу на саму людину. Ми поки що не навчилися прогнозувати можливі негативні наслідки «однобокого» прогресу.

Ось чому в останню чверть минулого століття все гучніше лунає заклик негайно мобілізувати зусилля науковців, спеціалістів, громадсько-політичних діячів і політиків на реалізацію програми Римського клубу. На міжнародному симпозіумі, що відбувся у Києві 22-25 вересня 2001 р. в рамках реалізації рішень Всесвітньої

конференції з науки (Будапешт, 1999 р.), висловлено точку зору: навколишнє середовище має вирішальну цінність для суспільства і може бути збережене тільки тоді, коли деяка частина цієї цінності буде переведена на мову економічного прибутку, що забезпечує винагороду за її збереження. Економічний прибуток дасть стимули для збереження навколишнього середовища, а також урівноваже корисливі економічні інтереси людей і інтереси її збереження. У зв'язку з цим на конференції було висунуто чотири питання:

Що означає цінність навколишнього середовища для суспільства?

Як нам виміряти цю цінність?

Як нам увести ці підходи як один з елементів розвитку сільського господарства і сільської місцевості?

- Як нам задіяти економічний і соціальний прибуток від збереження навколишнього середовища і ввести це в схему прийняття робочих рішень?

Постає питання: Хто може реалізувати, перевести в практичну площину вищезгадане?

С.І.Богомолів і Л.С.Даниленко, як вже згадувалось, дали на це відповідь у своїй фундаментальній праці «Инженер XXI века - самая гуманная специальность на Земле».

*Третє.* Воно пов'язане з першими двома положеннями і впливає з них. Історія науки і техніки повинна сприяти розвитку творчих здібностей і розкриттю таланту, збагаченню інтелекту спеціаліста. Якщо науковий працівник, інженерно-технічний робітник, управлінець, державний діяч, керівник будь-якого рівня не буде сприймати серцем сучасні проблеми людства, не усвідомить себе причетним до їх розв'язання, тоді губиться гуманна сутність його праці та існування.

Людина добре вивчила Природу, закони її розвитку. Вона оволоділа силою, що значно перевершує сили самої Природи. І сьогодні від неї бере значно більше, ніж дає їй. В галузі науки і техніки досягнення колосальні. Разом з тим, значна частина населення планети і на початку двадцять першого століття не має можливостей скористатись плодами науково-технічного прогресу, відчуває на собі негативні наслідки науково-технічної діяльності. І це не тільки через навколишнє середовище і опосередкований його вплив на організм людини. Наука поки що не гарантувала всім людям Землі гідний їм рівень життя, розв'язання проблем харчування, енерго- і ресурсозбереження, задоволення інших життєво важливих потреб. Причин тут декілька. Серед них причини недостатнього рівня матеріально-технічної бази, а головне - політичного характеру – наявності у структурах влади і управління людей без відповідної методологічної підготовки і наукових знань.

Людина в житті прагне до цивілізації, тобто намагається досягти матеріального добробуту. І в цьому нічого немає протиприродного. Навпаки - це нормальна потреба. Особа прийшла у світ для того, щоб скористатися його благами. З метою задоволення матеріальних потреб необхідно розвивати нові напрямки науково-технічного прогресу, створювати нові технології. Робити це можуть тільки високоінтелектуальні фахівці з високою професійною культурою і свідомістю, які людину і Природу вбачають в органічній єдності. Наслідки використання створених ними новинок не повинні викликати суперечностей між особистістю і навколишнім середовищем. За таких умов буде збережена гармонія між людиною і результативністю матеріалізованих наукових ідей в усіх сферах людської діяльності. Потрібно пройти важкий шлях до повного усвідомлення того факту, що не треба прагнути до підкорення Природи. З нею людині необхідно «співробітничати на партнерських засадах».

Історія науки і техніки – єдина дисципліна, що здатна стати єднаним ланцюгом між природничонауковою, технічною і гуманітарною складовими культури. Вона є єдиною, що здатна синтезувати знання з різних галузей. Тільки вона може включити, як вже згадувалось, будь-яку дисципліну, що вивчається, в контекст світового загальнокультурного розвитку, подолати відірваність соціально-гуманітарних наук від профільюючих в технічному вузі. Лише історія науки і техніки долає роз'єднання наук спеціалізацією, об'єднує їх і сферу матеріального виробництва практичною перевіркою протягом усієї історії людства. Тільки вона показує: усе те, що створювалось людиною – і матеріальне, і духовне, вироблялось нею, спираючись на науково-технічний прогрес. Саме спираючись на винахідливих інженерів, фізиків, хіміків, біологів, математиків та інших вчених, вона у тисячі разів збільшила свою виробничу силу, створила шедеври мистецтва, сформувала сучасну цивілізацію.

Історія науки і техніки одержала всесвітнє визнання. В переважній більшості університетів світу створені спеціалізовані центри, інститути, лабораторії, що ведуть дослідження в цьому напрямку. Діє добре налагоджена система аспірантури і докторантури. Регулярно організуються відповідні семінари, конференції, симпозиуми. Серед таких центрів: Міжнародна Академія наук (Париж), Міжнародне товариство історії та філософії науки, Інститут і музей історії науки (Флоренція), кафедра історії науки (Московський університет), Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г.М.Доброва НАН України (Київ), Інститут історії природознавства і техніки (Російська академія наук), Лабораторія науки і техніки Національного Центру

наукових досліджень (Париж), Бекмановський Центр з вивчення історії хімії, філософії та соціальних зв'язків (Кентсбері, Великобританія) та інші.

В багатьох країнах світу видаються спеціальні періодичні видання: «Нариси з історії природознавства і техніки» (Київ); «Наука та наукознавство» (Київ); «Історія української науки на межі тисячоліть» (Київ); «Дослідження з історії техніки» (Київ); «Вопросы истории естествознания и техники» (Москва); «Нунцій, аналіз історії науки» (Галілеєвський Центр досліджень, Італія); «Фізис: Міжнародний огляд історії науки»; «Історія філософії біологічних наук»; Міжнародний архів історії науки (Італія) та інші. Згадана мережа наукових установ та спеціалізованих періодичних видань істотно впливають на конкретний зміст і гуманізацію технічної освіти у вищій школі, популяризацію історії науки і техніки при підготовці спеціалістів природничонаукового і технічного профілю. Це в деякій мірі сприяє і кращому засвоєнню предмета конкретної дисципліни. Крізь «драму ідей», долю окремих вчених формується духовність, гуманістична уява про висоти і зльоти наукової думки. Особливо в тих випадках, коли історичні особи є національною гордістю.

У наукових центрах і університетах близького і далекого зарубіжжя (Росія, Литва, Латвія, Естонія, Франція, Італія, США та інші) активно розробляються і впроваджуються у вузах, коледжах і школах навчальні курси з вітчизняної науки, видаються відповідні підручники і посібники. Цей процес стрімко поширюється на систему вищої освіти України. Виключно велике значення, у зв'язку з цим, мала б підготовка навчальної програми для загального курсу історії науки і техніки в контексті розвитку світової культури для вищих навчальних закладів України.

### **Синтезуючий характер історії науки і техніки**

Історія науки і техніки як інтегруюча дисципліна має міцну основу для функції підвищення рівня гуманізації професійної освіти, наповнення її духовним змістом. Вона також виконує функцію популяризатора науково-технічних знань. Така історія сприяє розкриттю тенденцій розвитку світової культури. Допомогає краще зрозуміти інтелектуальні та духовні зміни в суспільстві, закономірності поширення і засвоєння знань на сучасному етапі.

Історія науки і техніки виступає як джерело світогляду про їх взаємодію з суспільством.

Однією з проблем самостійної галузі наукового пізнання, якою є історія науки і техніки з її специфічними проблемами, завданнями та методами, є вибір схеми побудови і викладання університетського курсу цієї дисципліни. При вивченні історії розвитку науки (чи наук) і техніки у нас немає можливостей врахувати всі чинники, що впливали на їх розвиток, повною мірою показати, яким чином долались перешкоди у впровадженні науково-технічних ідей, розв'язувались проблеми. Тому матеріали пропонованої книги є вибірконими. Такий підхід обумовлює її структуру і зміст. Хронологічно-проблемний підхід до питань і проблем, що є, на наш погляд, найбільш вагомими для відповідного етапу розвитку суспільства і відображають відповідний стан науки і техніки, дає можливість найкраще розкрити закономірності, показати творчу і руйнівну силу науки і техніки, їх еволюцію, місце і роль в системі суспільних відносин.

Надзвичайно важливо, що історія науки і техніки започатковує той напрямок університетської системи технічної освіти, який може бути продовжений вивченням цілого ряду історичних дисциплін, що відповідало б вимогам інтегрування національної освіти у європейську і світову.

Було б доцільним, наприклад, в технічному вищому навчальному закладі поєднати історію України, що значною мірою дублює шкільну програму, з навчальною дисципліною «Україна в контексті світового розвитку: соціально-економічні та науково-технічні аспекти». Цей підхід зробить українську історію складовою частиною всесвітньої історії. Інтегрована навчальна програма з історії України, могла б бути, наприклад, такою, як вона представлена на наступній сторінці.

Інтегруючий характер історії науки і техніки проявляється і в тому, що вона відкриває широкі можливості для розробки навчальних програм історії спеціальних дисциплін чи наук. Це можна продемонструвати, наприклад, наступним переліком спецкурсів (табл.1,2).

Таблиця 1

№№ Тем	Назва теми	Загальна кількість годин	Лекції (кількість годин)	Семінарські та інші форми занять (кількість годин)
1	2	3	4	5
	Вступна лекція		2	
Тема 1	Науково-технологічний та		2	2

	інноваційний розвиток як чинник національної безпеки України			
Тема 2	Інноваційна інтеграція України зі світовою економічною системою		2	2
Тема 3	Розвиток організаційно-економічних форм інтеграції науки і виробництва		2	2
Тема 4	Міжнародні зв'язки України в галузі науки і освіти		2	2
Тема 5	Наукові центри та їх роль у підвищенні інноваційної діяльності		2	2
Тема 6	Організаційні та правові засади створення національного інформаційного простору		2	2
Тема 7	Проблеми екологічної безпеки та стійкого розвитку України		2	2
Тема 8	Державні науково-технічні програми України		2	2
Тема 9	Виробництво наукових знань в наукових школах України		2	2
Тема 10	Підготовка наукових та інженерних кадрів в умовах науково-технічної революції		2	2
Тема 11	Пріоритетні напрямки розвитку науки і промислового виробництва в умовах інформаційного суспільства		2	
Наукова конференція	Україна в контексті світового розвитку: соціально-економічні та науково-технічні аспекти			4
	Всього	48	24	24

Таблиця 2

№ п/п	Найменування спецкурсів	кількість годин
1.	Всесвітня історія організації промислового виробництва	36
2.	Історія зародження, організації науково-дослідної діяльності (науково-дослідні і науково-освітні центри світу).	36
1	2	3
3.	Видатні вчені України в галузі науки і техніки. Наукові школи України в загальноєвропейському контексті.	36
4.	Історія вищої освіти (в контексті світового розвитку)	18
5.	Соціальна історія математичного пророзуміння	36
6.	Історія фізики	36
7.	Історія хімії та хімічної технології	18
8.	Правове забезпечення організації наукової та	18

	інженерної діяльності	
9.	Наукове співтовариство: Вступ до соціології науки	18

Отже, ми стаємо на той шлях, на якому поєднання зусиль згаданих дисциплін для різних спеціальностей може сприяти підвищенню рівня гуманізації професійної освіти, розквіту творчого потенціалу молодих спеціалістів, насиченню його конкретним духовним змістом. Але це може статись за обов'язкової умови усвідомлення того, що розвиток творчих здібностей особистості можливий лише при систематичному поповненні знань людиною протягом усього життя. Це має спонукати її змінити ставлення до самостійності в здобутті знань. Ті знання, які отримує слухач з лекцій і практичних занять сьогодні, є тільки основою для подальшої кропіткої праці щодо здобуття потрібних йому знань в інформаційному суспільстві.

### **Зміст навчальної дисципліни**

Матеріали навчального посібника, що пропонуються читачеві, охоплюють, в основному, період історії за дві з половиною тисячі років. Автор не ставив перед собою мету висвітлити досягнення цивілізацій Тропічної Африки і доколумбовської Америки. Хоча ці регіони планети займають особливе місце у вивченні історії людства, в тому числі історії науки і техніки.

У навчальному посібнику розкрито не лише позитивні моменти історичного розвитку науки і техніки. Їх історія наповнена переслідуваннями, знущаннями над тими, хто творив, намагався дивитись в майбутнє, прогнозував розвиток людської цивілізації. Таких сміливців спалювали, кидали до в'язниць, переслідували, намагались знищити фізично і морально, створювали важкі умови життя, перешкоджали творчій праці. Вони ж вірили в майбутнє. Неофобія була властива і представникам духовенства, і володарям-правителям, і обивателям, які випадково виявились в офіційній науці. Згадаймо долю природодослідників і філософів Д.Бруно і І.Кеплера, Ч.Дарвіна і Г.Менделя, винахідників І.Ползунова і його парової машини, І.Кулібіна та ігноровані його дерзновенні проекти, Р.Фултона і його пароплава, О.Яблочкова і його світильників, О.М.Лодигіна і його винаходів, Ф.Піроцького і його новинок в галузі використання електрики, А.Ейнштейна і оцінку його теорії відносності, М.І.Вавілова та багатьох інших мислителів і їх творінь. І це мусить бути доведено до читача, знайти відображення в історії науки і техніки.

Таким нам уявляється концептуальне викладення змісту і форми університетського курсу історії науки і техніки. Безперечно, даний варіант не претендує на вичерпність і можливість

запропонування інших варіантів. Глибоке осмислення запропонованих матеріалів, їх засвоєння студентами технічного вузу буде сприяти зростанню інженерної культури, методологічній підготовці спеціалістів до створення техніки і технологій, що відповідали б сучасним вимогам і збереженню життя на планеті Земля.

### **Методологічні аспекти розвитку науки, техніки і технології**

Науково-технічна революція покликана до життя тенденцію ускладнення завдань, як в теоретичній діяльності, так і в суспільній практиці. Сьогодні теоретичні і практичні завдання набули комплексного міждисциплінарного характеру. Вони часто не мають близьких аналогів і прототипів. Ось чому для правильного розв'язання таких завдань потрібне поєднання зусиль спеціалістів різних галузей. Очевидно, що в цих умовах ефективність і якість досліджень і розробок залежатиме від науково-методичної і методологічної підготовки творців нової техніки і технологій. Така вимога продиктована революцією у психології людини, що обумовлена приходом постіндустріальної цивілізації (інформаційного суспільства). Це головна причина, що має спонукати майбутніх інженерів засвоювати методологічний арсенал сучасної науки і техніки. Його засвоєння є соціальною проблемою. У її розв'язанні міститься значний резерв інтенсифікації науково-технічної і конструкторської діяльності, підвищення ефективності науки як виробничої сили на користь, а не на шкоду людині.

Інженерна освіта технічної школи вимагає обов'язкового дотримання принципу комплексності при створенні науково-технічних новинок. Це означає, що випускник технічного навчального закладу має бути підготовлений не тільки для того, щоб враховувати технічні вимоги при конструюванні техніки, розробці нових технологій, організації виробничого процесу. Він зобов'язаний зважувати і враховувати в органічній єдності економічні, екологічні проблеми, соціальні, естетичні, медико-біологічні, ергономічні, демографічні аспекти. Підкреслимо, що ці аспекти є обов'язковою умовою і для управлінців, менеджерів, що працюватимуть в умовах інформаційного суспільства.

Визначимо ряд ключових понять методологічного характеру, що зустрічатимуться при вивченні курсу історії науки і техніки. Серед них такі поняття, як «наука», «техніка», «технологія», «технічна діяльність». Як вони пов'язані між собою і з рівнем розвитку суспільства?

В «Большой Советской Энциклопедии» поняття науки сформульовано так: «Наука - сфера людської діяльності, функцією



якої є вироблення і теоретична систематизація об'єктивних знань про дійсність, одна з форм громадської свідомості. В процесі історичного розвитку наука перетворюється у виробничу силу і важливий соціальний інститут. Вона впливає на державне, соціальне і громадське життя. Поняття «наука» містить в собі як діяльність щодо отримання нового знання, так і результат цієї діяльності – суму здобутих на даний час знань, що в сукупності створюють наукову картину світу».



*Олексій Миколайович  
Боголюбов*

Відомий український вчений в галузі математики і механіки О.М.Боголюбов у зв'язку з таким визначенням науки відзначає, що поняття об'єктивності можна застосувати тільки до обмеженого числа наук. До них можна віднести, наприклад, математику і математичне природознавство. Багато наук є суб'єктивними. Є теорії, котрі визначають науку, навіть мають ім'я їх творців. Як приклад можна навести: дарвінізм, марксизм-ленінізм, менделізм. Яскравим прикладом суб'єктивності є філософія. Кожен творець філософських систем, безперечно, своє вчення вважав об'єктивним. Тому О.М.Боголюбов пропонує вилучити з визначення «наука» слово «дійсність» і визнати, що наука не «перетворюється у виробничу силу суспільства». Вона завжди з самого свого зародження є такою за умови, якщо «виробничим силам» не давати звужене і довільне тлумачення. І, нарешті, про «наукову систему світу». Скільки їх було створено за дві з половиною тисячі років історії людства?

Таким чином поняттю «наука» можна дати таке визначення: це є та галузь людської діяльності, що виробляє і систематизує знання і є однією з виробничих сил суспільства. Її мета, як стверджував Г.Лейбніц, благоденство людства, досягнення всього, що корисне для людей. Тобто, наука складається з фактів. Але А.Пуанкаре підкреслював: «Наука будується з фактів, як будинок з цегли; але нагромадження фактів не є наука, так само, як купа цегли не є будинок».

Розвиток науки завжди здійснюється у конкретних історичних умовах. Умови певного періоду історії визначаються перш за все виробничими силами суспільства. Досягнутий етап його розвитку, властиві йому засоби виробництва і виробничі відносини висувають перед наукою певні завдання. Проявляється ставлення і створюються умови для неї, можливості реалізації її досягнень. Історія зберігає чимало прикладів, коли виробничі відносини гальмували подальший

розвиток науки, перешкоджали використанню її досягнень. І навпаки, виробничі відносини, що відповідали виробничим силам, стимулювали науку. В свою чергу, досягнення науки, технічний прогрес сприяли розвитку суспільства.

Розвиток науки в історії людства йшов нерівномірно. Періоди швидкого і навіть стрімкого прогресу змінювались періодом застою, а інколи і занепаду. Характерним в цьому є розвиток фізико-математичних наук. Після розквіту в епоху Давньої Греції та Риму вони загальмували свій розвиток. Центр науки у середньовіччі перемістився на Схід в країни Ісламу, до Індії та Китаю. А потім знову спостерігається прогрес у Європі. Незважаючи на це, значення науки в житті людства помітно зростало і вона набувала все більшого визнання і усвідомлення її необхідності.

З'ясуємо, що ж собою уявляє поняття «техніка», яке буде нами вживатись в процесі вивчення її історії. Техніка має власні об'єктивні закони побудови і розвитку. Ці закони вже багато сотень років інтуїтивно використовують конструктори, які створюють кращі її зразки. Усвідомлення цих законів є надто важливим, тому що сьогодні багато уваги потрібно приділяти фундаменталізації інженерної освіти. Це передбачає, насамперед, поглиблення і розширення знань з математики, фізики, хімії, інших природничих наук, які є базовими для спеціаліста. Світ техніки поширюється і ускладнюється. Під впливом науково-технічного прогресу все більше актуальності набувають фундаментальні знання про саму техніку, єдину уяву про побудову і розвиток різних машин, приладів, апаратів і обладнання. Тобто, зростають вимоги не тільки до природничонаукової, а і до загальнотехнічної фундаментальної підготовки інженерів.

Поняття «техніка» можна визначити так: це сукупність знарядь та засобів праці, котрі використовуються в суспільному виробництві і є часткою виробничих сил суспільства. Але чи дасть таке визначення повну уяву, яку має сформулювати у своїй свідомості інженер - творець нової техніки?

Якщо зробити ґрунтовний аналіз сутності основних напрямків науково-технічного прогресу, техніки зокрема, то помітимо цікаву річ. Вибухові або революційні ситуації виникають у тому випадку, коли потреби суспільства не можуть бути розв'язані за допомогою наявних засобів праці, коли вичерпані можливості удосконалення технічних пристроїв і систем на основі використаного принципу дії і коли відкриття тенденцій розвитку техніки дає можливість знайти нові технічні рішення. Так було з винаходом перших знарядь для обробітку землі. Таке ж ми спостерігаємо у створенні парусних кораблів, парової машини, телеграфу і телефону, радіо,

електродвигуна і генератора, вакуумної лампи і транзистора, комп'ютера.

У відкритті згаданих пристроїв розкривається інтеграційний зв'язок наукових знань з принципами дії новинок. З перебігом часу помітні якісні зрушення в галузях, де знаходили втілення технічні новинки. До розв'язання технічних проблем залучаються вчені, інженери, цілі колективи дослідних установ і лабораторій.

Історія свідчить, що поступовий розвиток суспільства завжди пов'язаний з розвитком і удосконаленням його продуктивних сил. Історію техніки, як і науки, треба розглядати у її зв'язку з продуктивними силами, усіма сторонами життя суспільства. Тому поняття «техніка» потрібно тлумачити значно ширше того, що ми визначили класичним формулюванням. Не важко помітити з того, що вже викладено: у поняття «техніка» треба включити, наприклад, електронні прилади (радіо, фотоелементи для управління роботою механізмів тощо), які набули важливого значення у ХХ ст. Вони не є механічними в суворому розумінні цього слова. Але саме їх розвиток розкриває тенденції до зростаючого панування людини над Природою, яка раніше виражалась в механічних формах.

Основна соціально значуща функція техніки полягає в тому, що вона є складовим елементом матеріально-технічної діяльності людей. Техніка поширює масштаби трудової діяльності і підвищує її ефективність, спираючись на закони Природи і виробничий досвід. Соціальною функцією техніки визначаються суперечності і причини, що прискорюють або гальмують процес її розвитку. Вони і є рушійними силами, створюють умови для здійснення прогресу техніки.

Суспільні потреби формуються і регулюються, насамперед, економічними відношеннями і, в свою чергу, формують конкретні вимоги до розвитку техніки. З'являється соціальне замовлення як сумарний вираз потреб. Усвідомлення їх, в першу чергу виробничих потреб, і збуджує думку творців нової техніки. Вони за допомогою нових машин і технологій певною мірою формують нові, більш високі суспільні потреби, більш досконалі здібності, навички, знання. Дана обставина забезпечує безперервність технічного розвитку суспільства. Створюється нескінчений ланцюг прогресу техніки, що народжена потребами суспільства, їх зростанням, і вона сама постійно відтворює нові потреби. Створення нової техніки неможливе без певного рівня знань, що відповідають об'єктивним законам Природи і здатних керувати практичними діями людини.

Роль науки в розвитку техніки не завжди була провідною. До кінця ХVІІІ ст. наука істотно не впливала на виробництво і техніку. Знання, яких вимагала техніка, носили дослідницький характер. До створення техніки вони не виражались як знання про Природу та її

закони. Разом з тим не суперечили їм. Це були знання про предметні дії, що вели до якогось результату. В них фіксувались певні типи взаємодії конкретних предметів, їх властивості і способи сполучень, що гарантували досягнення накресленого результату.

Машинне виробництво вимагало поєднання в одному технологічному циклі різноманітних механічних і фізико-хімічних



процесів, використання нових матеріалів, видів енергії. При цьому змінилась роль науки в технічній творчості. Вона стала фундаментом створення нової техніки. В технічних пристроях використовуються природничонаукові, математичні методи, або закони. Творці нової техніки враховують не тільки суспільні потреби, а й розвиток світової науки і практики. Їх

творчість спрямована на створення нової, більш досконалої і ефективної техніки, що задовольняє високі технічні, економічні, соціальні та інші потреби.

Внутрішня логіка розвитку техніки обумовлена взаємовідносинами її з людиною і Природою. Вона пов'язана з заміною людської сили силами Природи. В технічних пристроях трудові функції людини замінюються механічними. Цей процес сприяє подоланню суперечностей між розвитком техніки і обмеженнями людських психофізичних можливостей. Поступова заміна у виробничому процесі людини технічними пристроями пов'язана з діалектикою диференціації та інтеграції, спеціалізації, ускладнення і спрощення, індивідуалізації та масовості. Ці діалектичні суперечності розв'язуються шляхом автоматизації виробництва. Вона забезпечує якість, зменшення матеріало- і енергоємності техніки і продукції, веде до зростання можливостей використання нових високоефективних технологічних процесів.

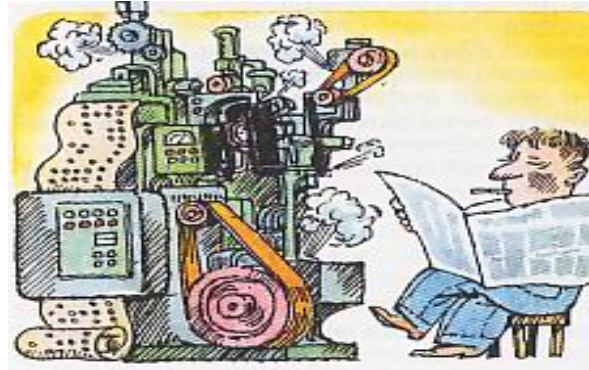
Існує дві форми розвитку техніки: *еволюційна* і *революційна*. Еволюційне удосконалення проявляється шляхом зростання різних параметрів під час удосконалення і раціоналізації конструкції. При цьому зберігається основний принцип функціонування технічного пристрою. Створюються модифікації, поширюється застосування їх у різних галузях. Революційна форма розвитку пов'язана з якісними перетвореннями у техніці, створенням і використанням нових машин, механізмів, матеріалів, видів енергії.



Еволюційна і революційна форми творчості реалізуються через діалектику кількісних і якісних змін. Врахування таких змін помітно при визначенні моменту переходу до принципово нових технічних пристроїв. Усе це дає можливість визначити збільшення темпів і масштабів технічного прогресу, зрозуміти

закономірності цього процесу, визначити його тенденції і перспективи, що пов'язані з сучасним періодом науково-технічного прогресу.

Сучасний етап НТР характеризується створенням засобів автоматизації розумової діяльності людини, перетворенням інформації в усіх сферах людської діяльності. Наприкінці ХХ ст.



у розвинутих країнах розпочався етап науково-технічної революції, який докорінно змінив погляди і виробничі взаємовідносини суспільства, що набуло назву інформаційного (постіндустріального) суспільства. В ньому 70-90% економічного зростання має забезпечуватись впровадженням нових знань і технологій.

Отже, потрібні інженерні кадри з новим світоглядом, новими навиками, органічною потребою здобувати знання, постійно поповнювати інформаційний ресурс, підвищувати рівень загальної та професійної культури. Головне, що мусить бути ними засвоєно: техніка, обладнання, створювані ними, повинні давати не лише економічний, але і соціальний ефект. Це означає, що, створюючи нову техніку, не можна порушувати існуючі норми і правила, інші нормативні акти щодо охорони навколишнього середовища. Екологічні права і обов'язки кадрів усіх рівнів повинні викликати почуття відповідальності за наслідки своїх дій. Такі риси можуть бути властивими тільки для кадрів з гуманітарною складовою інженерної освіти. Це чи не найголовніший фактор, коли спеціаліст під впливом зовнішніх або внутрішніх чинників вимушений буде змінювати напрямки своєї діяльності, а то і місце роботи.

Створення ЕОМ дало можливість автоматизувати фізичну працю, ручні операції. Це зроблено не тільки в безперервних, але і в дискретних виробничих процесах, що відмінні якісно різними режимами, які важко описати математичними методами. Розв'язання проблеми стало можливим завдяки створенню програмного

управління системами машин. Спочатку були створені верстати з числовим програмним управлінням, а потім багатоопераційні верстати – оброблюючі центри.

Освоєння виробництва промислових роботів відкрило шлях повній автоматизації підприємств, створенню заводів-автоматів. Подальший розвиток програмного управління системами машин відповідно до суспільних потреб дав можливість перейти до широкого виробництва і використання гнучких виробничих систем. Це веде до швидкої заміни обладнання і поточного виробництва виробів з індивідуальними властивостями.

Такі тенденції розвитку техніки в історичному вимірі створюють умови для розповсюдження нових технологій з комплексним використанням традиційних і нових видів енергії, високоефективними способами обробки матеріалів - електрохімічними, лазерними, радіаційними, автоматизованими методами контролю якості і випробування продукції. Згадані галузі істотно перетворюють призначення техніки. Її структура все більше набуває властивостей системності, веде до змін функції техніки.

Отже, техніку потрібно розглядати в постійному розвитку, що здійснюється на власній основі і спрямовується потребами суспільства, яке стрімко розвивається, і змінює своє обличчя під її впливом з використанням новітніх досягнень науки.

Природно виникає питання: а що ж собою являє поняття «технологія»? Наскільки вона пов'язана з науково-технічними перетвореннями в суспільстві? Поняття «технологія» також має своє визначення. Її можна трактувати як свідоме розчленування виробничого процесу на окремі операції, елементи, дії. Технологія можлива і необхідна там, де людина активно і цілеспрямовано ставить до оточуючих її процесів з метою свідомої і планомірної зміни природного або соціального середовища. В сучасній промисловості технологія постійно змінюється і розвивається. Шляхом впровадження машин, хімічних процесів та інших методів вона здійснює перетворення у технічному базисі виробництва, а разом з тим і у функціях працівників. Можна узагальнити висловлене і сказати, що *технологія - це сукупність методів обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей, форми сировини, матеріала або напівфабриката, які здійснюються в процесі виробництва продукції. Це вище вміння щось робити.*

Науково-технічна революція значно поширила сферу використання технологій, дала імпульс розвитку мікроелектроніки та інформаційної техніки. Вона стала базою нових технологій, які отримали назву мікро- і нанотехнології. Мініатюризація започаткувала «інформаційні технології». Коли ми говоримо про інформаційні технології, то матеріалом тут виступає інформація. Але

це якісно нова інформація про стан об'єкта, процесу чи явища. Ця технологія представлена методами і способами роботи з інформацією персонала і технічних пристроїв.

Виникає питання, *а що ж таке «інформація»?* Це поняття можна уявити як *відомості про оточуючий світ* (об'єкти, явища, події, процеси і т.д.). *Інформація є відомості, які зменшують ступінь невизначеності, що має суб'єкт, неповноту знань, відчужених від їх творця, і які стали повідомленням (вираженням певною мовою у вигляді знаків, в тому числі і записаними на матеріальному носії). Ці відомості можна відтворювати шляхом передачі людьми усним, письмовим або іншим способом (за допомогою умовних сигналів, технічних засобів, обчислювальних засобів і т.д.).*

Мікроелектроніка стала основою нововведень і ключовою технологією останньої третини ХХ ст. Без мікроелектроніки ні технічно, ні економічно неможливо реалізувати такі базисні новації, як біотехнологія, ядерна техніка, космічна техніка, більш повне використання енергоносіїв, нові матеріали зі задалегідь заданими властивостями, екологічно чисті технології.

На етапі НТР технологія, як і техніка, набули істотних змін. У зв'язку з цим однією з найважливіших філософських проблем останніх років стало вивчення розвитку технічної діяльності. Така діяльність що є своєрідним соціальним феноменом, набула соціального статусу. Але науковці і спеціалісти тлумачать технічну діяльність неоднозначно. Переважна більшість дослідників філософських питань техніки в основному ототожнюють поняття технології як різновиду виробничої (матеріально-виробничої) та інженерної діяльності.

Ототожнення технічної діяльності з матеріально-виробничою цілком зрозуміло. Їх єднають такі характеристики, як предметність, продуктивність, практична спрямованість. Специфічні, неоднакові риси проявляються при аналізі відмінностей між технічною та інженерною діяльністю. Наприклад, вважається, що сучасна технічна діяльність по відношенню до інженерної несе в собі виконавчу функцію, яка спрямована на безпосередню реалізацію на виробництві інженерних знань, ідей, проектів і планів. Вона більше заснована на досвіді, практичних навиках, догадках. Інженерна діяльність виходить за межі тільки техніки. Вона передбачає регулярне використання наукових знань.

Є цілий ряд досліджень, де технічна творчість визначається як вид соціальної діяльності, що спрямована на пізнання і перетворення явищ неорганічної природи, створення на цій основі техніки. В свою чергу, логіко-гносеологічне трактування поняття технічної діяльності зводить її до діяльності матеріалізації інженерного знання. Є і такі дослідження, в яких при аналізі проблем технічної творчості

технічну діяльність трактують як специфічний вид духовно-практичної діяльності, що не притаманні ні науковій, ні виробничій діяльності. Але добре відомо, що технічна діяльність містить в собі як практичний, так і духовно-практичний компонент.

Отже, технічна діяльність повинна розглядатись як діяльність щодо забезпечення повного життєвого циклу технічного об'єкта. Вона містить в собі діяльність з проектування та розробки техніки і технологічних процесів, безпосереднього виробництва техніки та її експлуатації. Крізь призму такої трактовки нами і буде розглядатись технічна діяльність. Чому? По-перше, тому, що в історичному плані є можливість найбільш повно відтворити минуле розвитку техніки. По-друге, така трактовка буде корисною і в перспективному плані – при моделюванні різних комплексних програм розвитку техніки.

Таким чином, ми вийшли на той шлях, який єднає історію науки і техніки з історією інженерної діяльності. Не втручаючись в останню, зазначимо: якщо ми хочемо мати найбільш повне відображення реального стану справ у суспільному виробництві, то не можна допускати, щоб у нашій уяві теорія і практика, проектувальна, наукова, інженерна, виробнича та інші види матеріально-духовної діяльності існували і вивчались розрізнено. Такий підхід не створить передумов для вироблення науково обгрунтованих рекомендацій щодо розвитку сучасного виробництва, функціонування і розвитку техніки. Це повинно стати «ідеологічним принципом» у розробці принципово нових конструкцій і технологій, однією з основних вимог до мобільного, комунікабельного спеціаліста, який буде працювати в науково-інноваційній та інноваційно-технологічній сферах суспільства.

### **Основні вимоги до спеціаліста інформаційного суспільства**

Стрімкий розвиток усіх сфер суспільного життя на етапі НТР позначений, як згадувалось, колосальними обсягами інформації. В інформаційному суспільстві науково-технічний прогрес не тільки ускладнив суспільне життя, але і поступово привів до вичерпності ресурсів, необхідних для забезпечення життєздатності людства. Докорінні перебудови матеріально-технічної основи розвитку людства неможливі без максимального використання мікроелектроніки, інформатики, біотехнології. Тільки так можна раціонально організувати «онаучену» людську діяльність тієї частини спеціалістів, яких сьогодні готує вища технічна школа. Науковці, як відомо, вже включились у процеси відтворення джерел енергії. Дещо з їх пошуків втілено у практику. Переважна більшість розробок поки що на стадії лабораторних показників або ідеї. Йдуть пошуки і реалізуються досягнення в галузі розв'язання проблем



харчування, лікування, широкого використання біотехнологій на користь соціальної сфери в цілому. «Соціальне замовлення» інформаційного суспільства на уніфікованого, мобільного спеціаліста – це вимога сучасного етапу науково-технічної революції. Така ситуація висуває перед науковцями та інженерно-технічними кадрами особливі вимоги, радикальним чином змінює критерії оцінки їх діяльності.

Світова практика показує, що ринок інтелектуальної праці вимагає спеціаліста з міцною гуманітарною підготовкою, який був би здатний включитись в процеси формування інформаційного суспільства і якнайшвидшої адаптації не тільки до партнерів свого державного простору, але і зарубіжних країн. Це чи не найголовніший фактор за умов, коли спеціаліст, який вийшов з дипломом інженера, під впливом зовнішніх або внутрішніх чинників вимушений буде змінювати напрямки своєї діяльності, місце роботи, вибирати нових партнерів (або вони його). А партнери, як відомо, повинні бути схожими, або ще краще, мати одну культуру. Отже, у нас є можливість у стислому вигляді сформулювати ті умови, які висуває інформаційне суспільство. Що ж це за умови?

*Перша умова.* Інформаційне суспільство («постіндустріальне суспільство», «суспільство знань», або «інфосфера») вимагає комунікабельних спеціалістів, здатних мобільно включатись в основні напрямки науково-технічного прогресу. Складні процеси управління у різних його сферах (виробництво, соціальна сфера, управління тощо) вимагають від них систематично здобувати нові і відбирати потрібні знання, підвищувати рівень загальної та професійної культури. Тільки вміння їх поєднати гарантує спеціалісту можливість зайняти в суспільстві «його соціальну нішу» через ринок інтелектуальної праці. Він повинен усвідомити, що в інформаційному суспільстві основним багатством і ресурсом є інформація. Вона є свого роду промисловий продукт, а її виробництво, як зазначив академік В.М.Глушков, є один з видів промислової індустрії. За його словами, це не що інше, як концепція безпаперової технології в організації сфери управління і розподілу в суспільстві. 70–90 % економічного зростання в постіндустріальному суспільстві повинно забезпечуватись впровадженням нових знань і технологій.

*Друга вимога.* Здобуття нових знань вимагає працездатності. Здатність приймати нове і прагнення навчатись і



*Віктор Михайлович  
Глушков*

працювати краще виявляються тоді, коли людина знає теорію. Теорія, по влучному виразу родоначальника квантової теорії М.Планка, відкриває вченому, досліднику, спеціалісту нові горизонти невідомого. Вона допомагає розібратись у явищах, розмежувати відоме і невідоме, систематизувати дослідницькі дані, сформулювати проблему, намітити програму практичних дій, передбачити хід подій і наслідки тих чи інших кроків. Практикою встановлено, що через відсутність теорії значно стримуються дослідження. Добре знання теорії - це 90 % успіху. Для того щоб його досягти, маючи невеликі знання теорії, необхідно багато експериментувати. Тоді експеримент затягується на багато років і відкриття, очікуваний результат може виявитись запізнаним.

*Третя умова.* Революція в галузі обчислювальної техніки вимагає від майбутнього інженера не просто оволодіння комп'ютером, а всім набором комп'ютерних програм, всілякими базами даних і електронними джерелами інформації, залучення його до арсеналу потужного математичного апарату для реалізації сучасних математичних моделей розв'язання чисто математичних задач. Це, в свою чергу, вимагає серйозної математичної підготовки спеціаліста, тому що математика є провідним ланцюгом між науковим досягненням і його реалізацією.

*Четверта умова.* Різні сфери діяльності в інформаційному суспільстві викликають необхідність переорієнтації обраної спеціальності та одержання спеціалістом таких знань, щоб після проходження ним невеликої спеціалізації він міг успішно працювати в суміжній галузі. Тобто система підготовки інженерних, наукових, управлінських кадрів повинна бути зорієнтована на вироблення навичку миттєво пристосовуватись до ситуації ринку. Це і є не що інше, як мобільність спеціаліста. Якщо мова йде про дослідницькі кадри в науці, то вони повинні проявляти здатність пристосовуватись до зміни тематики на різних стадіях циклу «дослідження - виробництво». Тут мається на увазі і зміна установ, фірм.

*Пята умова.* Широкі можливості для випускника технічного вузу відкриваються тоді, коли він одержить глибокі знання з біологізації, хімізації. У другій половині ХХ ст. біологічна революція започаткувала «нову біологію», важливе місце в системі якої займає генна інженерія (генна технологія), що складає основу біотехнологій. В останню чверть двадцятого століття біологія проявила себе як галузь науки, що стає стрижнем переозброєння сфери матеріального виробництва. Вона у співдружності з хімією дала поштовх розвитку біотехнологій.

*Шоста умова.* Для того щоб майбутній інженер, управлінець успішно займався своєю професією, він повинен оволодіти іноземною мовою. І не тільки тому, що цього вимагає інтеграційний

розвиток світового господарства. Це прокладає шлях до спілкування і знайомства з побутом зарубіжних партнерів, загальнолюдськими цінностями і культурою, новинами іноземних джерел в усіх сферах людського життя.

*Сьома умова.* Становлення ринкових відносин повинно супроводжуватись розвитком тенденції об'єднання університетів і промислових підприємств, організацій та установ усіх форм власності. Єднаний ланцюг при цьому повинні скласти студенти - майбутні спеціалісти. Тобто ті, хто паралельно з навчанням працює, а також ті, хто має певну спеціальність. Ця риса, можливо, тривалий час буде визначальною в соціальній адаптації інженера.

*Восьма умова.* Дуже важливим для розвитку творчості є усвідомлення: в праці - мета життя, а не засіб до існування. Вже з самого початку самостійного життя студент повинен мати самостійне міркування про кожен експеримент, який він побачив. Кожне визначення і наукові висновки, що ним прослухані. Незмірно посилює свій інтелект, якщо виробить здатність планувати власні дії, виробляти загальні правила, організовувати їх у усвідомлену працю.

*Дев'ята умова.* Людина повинна бути патріотом, пам'ятати про свою відповідальність перед суспільством і усвідомлювати наслідки своїх дій, вчинків.

Останнє не буде сприйнято молодого людиною, якщо вона не відчуватиме практичних кроків з боку держави на її соціальний захист. Одним з показників цього може бути пріоритет у забезпеченні розвитку вищої освіти перед силовими структурами і державним апаратом усіх рівнів.

Викладені умови є надто актуальними, тому що показують наявність можливостей знайти інженеру роботу у скрутні часи кризового стану суспільства. Це набагато привабливіше, ніж очікування від держави покращання умов на ринку інтелектуальної праці.

Це загальні умови для кадрів майбутнього, яких готує вища технічна школа. Хотілося б відзначити і таке. Якщо ми прагнемо мати міцну вітчизняну науку і рухатись до вищого ступеня цивілізації, потрібно якнайшвидше подолати негативну тенденцію кадрового забезпечення наукових досліджень. Не можна допускати втрати загальнонаукового національного запасу. Що мається на увазі?

Непрестижність роботи в академічних установах України очевидна. У 60-х роках ХХ ст. в науку йшов кожний 7-8-й випускник вузу. І на цьому фоні кадри науки «старіли». На середину 90-х років у інститутах Національної Академії наук України четверта частина науковців була пенсійного віку. Це говорить про те, що немає оновлення. Наприкінці 80-х років у науку йшов уже лише кожен 22-й

випускник вузів. Проблеми майбутнього України набагато ускладнюються тим, що висококваліфіковані спеціалісти свої погляди повернули на Захід, в різні комерційні структури. За 1991-1997 рр. з України за кордон виїхало 6 тис. науковців. І цей процес не призупиняється. Це втрата інноваційного потенціалу держави. Своєю працею вони піднімають на високий рівень зарубіжну науку і виробництво, сферу послуг і культуру. Це можна розцінити як факт відсутності у певних державних органів наукової точки зору на сучасну ситуацію, коли вітчизняна інформаційна інфраструктура не має кадрів для подолання її відставання від рівня розвинутих зарубіжних країн.

У формуванні творчої особистості емоційний фактор викладання історії науки і техніки відіграє неабияку роль, психологічно готуючи молоду людину до активного включення в діяльність в умовах інформаційного суспільства. Вона повинна зайняти центральне місце в блоці соціально-гуманітарних дисциплін, оскільки така історія показує і вимушує студента усвідомити: все те, що створювалось людиною – і матеріальне, і духовне, вироблялось нею, спираючись на науково-технічний прогрес. Велич і геніальність визначались кропіткою творчою працею, допитливістю, спостережливістю і знаннями.

У зв'язку з цим зазначимо: з усього змісту навчальної дисципліни історія науки і техніки стає зрозумілим, що тільки ці дві компоненти (наука і техніка) є базою для матеріального і духовного зростання суспільства. Наука і техніка є раціональною стрижневою основою загальної історії. Вона враховує взаємообумовленість і органічний взаємозв'язок науки і техніки з етико-моральними цінностями не тільки окремих людей, а і цілих суспільств. Залежно від ступеню розвитку складових культури, якими є наука, техніка і етика, визначається показник зрілості суспільства.

## СТАН НАУКОВИХ ЗНАНЬ ДО АНТИЧНОГО СВІТУ

Чисельні археологічні дослідження та цікаві при цьому знахідки стверджують думку про наявність наукових знань у населення, що мешкало на території Планети за десятки тисячоліть до нашої ери. Зародки природознавчого світогляду слов'ян, як і греків, своїм корінням сягають у далеке минуле стародавніх єгиптян і вавілонян. Єгипетська і вавілонська цивілізації були одними з найдавніших в історії людства. Зачатки знань, які закладені тут в давнину, склали основу уявлень наших предків про навколишній світ. Культура сучасної цивілізації була б неможлива, якби вона не спиралась на ці знання.

Протягом усього періоду свого розвитку людство прагне до осмислення і оцінки знань далеких предків. При цьому надто важливим є те, що, оцінюючи духовні цінності минулого, ми мусимо засвоювати уроки, максимально успадковувати напрацьоване нашими пращурами. Закономірність успадкування цієї спадщини спостерігається протягом розвитку усієї цивілізації людства. І це не дивно. Вивчаючи історію науки, ми дуже часто будемо помічати, що в науці будь-якого історичного етапу є характерні риси минулого. Вона є живим організмом, де переплетені не лише ідеї, а й доля багатьох людей, причетних до їх зародження і розвитку.

Неважко помітити, що початкові знання людства про навколишній світ були вплетені в його матеріальну діяльність. Це були емпіричні знання, які не піднімались до теоретичних висновків та узагальнень. Древні єгиптяни, як і вавілоняни, не зводили теоретичних конструкцій. Вони були прагматиками. Накопичені ними знання, як це ми ще побачимо, відіграли вирішальну роль у виникненні науки. Завдяки емпіричним знанням було закладено фундамент науки - сукупність точно встановлених наукових фактів. Знання, які накопичені у Стародавньому Єгипті і Стародавньому Вавілоні, були запозичені Персією, перейшли до греко-римської цивілізації. Від неї передані європейській культурі. У зв'язку з цим В.І. Вернадський писав, що корені нашої наукової думки сягають у глибину і далечінь століть і лише частково пов'язані з проникнутим релігійним і художнім уявленням, релігійними і філософськими інтуїціями, побудовами і узагальненнями, далекими відгуками яких є письмові пам'ятники. Виразного поняття про суму емпіричних знань в далекі від нас часи ми зараз, на жаль, мати не можемо. І хоч цей вислів зроблено наприкінці ХІХ ст., але і сьогодні він відображає стан і оцінку далекого минулого сучасної науки.

Відомо, що наука є процес отримання знань і відповідей на питання про світ і про те, як він побудований. У Стародавньому світі люди не робили ніяких відмінностей між наукою та іншими формами

вивчення реальності. Багато проблем, які ми сьогодні вважаємо науковими, у стародавніх отримали релігійне або філософське пояснення, хоча у далекі, доісторичні часи з'явилися зачатки необхідних для повсякденного життя наук астрономії й математики.

Науку минулих тисячоліть можна оцінити по-різному. В нашій уяві вона є джерелом краси і сили сучасної науки. Разом з тим є явні відповідності між досягненнями сучасної науки і деякими уявленнями античної натурфілософії. Важко собі уявити, що можна рухати прогрес без врахування здобутків наших далеких предків. Ми не завжди вміємо оцінити цю спадкоємність і не завжди пам'ятаємо, що "стоїмо на плечах" минулих поколінь. Отже і самі мусимо стати опорою для нащадків.

## Єгипет

Багато досягнень цивілізації Стародавнього Єгипту увійшло спочатку до греко-римської культури, а потім до арсеналу європейської науки і культури. Стародавнім єгиптянам були відомі начатки математики, астрономії, медицини, які мали прикладний характер і використовувались для системи ірригації, будівництва і державного управління. У IV тис. до н.е. були винайдені сонячний і водяний (клепсідра) годинники. Математичні папіруси містили збірники задач з розв'язаннями. Використовувались у розрахунках арифметична і геометрична прогресії. В епоху Середнього царства (до XIV ст. до н.е.) відомі рівняння з двома невідомими і елементи стереометрії (обчислення об'ємів). У єгиптян існувала десятична система обчислення. Вони вміли обчислювати площу трикутника, трапеції й навіть кола, приймаючи число  $\pi = 3,14$ .

Особливо велику роль відігравали пропорції, символічні позначення дробів. Адміністративна робота вимагала знань арифметики і геометрії. Переписувач більшу частину свого часу витрачав на підрахунки площ земель, які оброблялись, кількості продукції, що вирощувалась, їх розподіл, на визначення числа і кваліфікації персоналу та ін. Особливо важливим було перерахування вартості одних предметів на інші (гроші у Єгипті не були відомі і використовувався натуральний обмін), нарахування заробітної плати, податків тощо. Це вимагало знання таких операцій, як зведення до квадрату, витягування квадратного кореня.

В Єгипті виникли елементарні алгебраїчні уявлення. Геометрія займала особливе місце. Існували знання в галузі планіметрії та стереометрії. Підтвердженням цього є точність будівництва пірамід, палаців, скульптурних монументів. Сірійський філософ Ямвліх (4-3 ст. до н.е.) відзначав, що у єгиптян багато геометричних розв'язань, тому що ще за давніх часів з-за повені Нілу і спаду води вони

вимушені були все виміряти. Єгипетські мудреці розмічали землю, тому наука і одержала назву «геометрія», що означає «землемірство».

В основі греко-римського (юліанського календаря), яким сьогодні ми користуємося, є єгипетський календар. Вже у 4-3 тисячоліттях до н.е. єгиптяни зробили істотний внесок в астрономію – одну з перших наук людини, родоначальницю багатьох напрямків сучасної науки. На основі спостережень за небесними світилами ними створено сонячний календар. Припускають, що перший календар увів єгипетський жрець Імхотеп (2650 до н.е.). Він виявився настільки досконалим, що з деякими змінами його використовують і сьогодні. Тридцятиденний місяць був поділений на декади. Рік містив 36 декад. Вони присвячувались особливим божествам - сузір'ям. Наприкінці року до них додавали ще 5 днів. Такий календар сприяв потребам сільського господарства. Внеском в астрономію став поділ доби на 24 години. Єгиптяни створили карту неба, згрупували зірки та сузір'я.

Найбільш важливим внеском стародавніх єгиптян в науку можна вважати знання з медицини. Історичні документи засвідчують, що їх репутація в галузі медицини і фармакології була дуже висока. Древньоєгипетські лікарі займались діагностикою. Лікар одночасно був жрецем і магом, що є характерною рисою для всього Сходу, де не існувало чіткої межі між медициною і релігією. Але саме у Древньому Єгипті вперше у світовій історії виникла реальна медицина в сучасному розумінні цього слова. В основу європейської медицини покладено древньоєгипетську медицину.

Широко розповсюджений звичай бальзамування сприяв знайомству з анатомією людського тіла і розвитку такої галузі медицини, як, наприклад, хірургія. З джерел ми отримуємо уяву про хірургічний досвід єгиптян. Вони мали деякі уявлення про функції серця і мозку, лікували зуби. Набір хірургічних інструментів у єгиптян був уже в епоху Стародавнього царства (наприкінці IV-III тис. до н.е.). До нас не дійшли будь-які писемні свідчення медичних досягнень єгиптян. Але мумії є доказом того, що єгиптяни були найвеличнішими лікарями усіх часів і народів.

Успіхи стародавніх єгиптян у муміфікації неможливо досягти без відповідних знань у фізиці, хімії, медицині та хірургії. Дослідження мумій привело до разючих відкриттів. Для муміфікації людського тіла єгиптяни використовували натрон. Аналіз показав, що він містить карбонат і бікарбонат, хлорид і сульфат натрію. В процесі муміфікації вони виймали мозок через ніздрі і занурювали тіло в натрон на 70 днів. Такі операції не могли проводитись без точних знань з анатомії. Інколи стверджують, що чотири тис. років тому древні єгиптяни були кращими хірургами, ніж сучасні лікарі. Фізіолог доктор Хабіб аль-Хазеф доводить, що древні мумії свідчать

про проведення операцій шунтування серця, пересадки органів, пластичних операцій на обличчі і навіть по зміні статі. Є навіть свідчення того, що древні хірурги здійснювали такі процедури, які ми ще не здатні робити, зокрема, пересадку кінцівок тіла і збільшення мозку. Доктор Хабіб аль-Хазеф вважає, що медична технологія у Стародавньому Єгипті 1900 р. до н.е. була на дуже високому рівні. Згадані методи лікування були доступні фараонам і багатим єгиптянам і в наступні століття. Забуті тільки після завоювання Єгипту Олександром Македонським у 332 р. до н.е.

У Стародавньому Єгипті протягом багатьох століть йшло накопичення географічних знань. У середньовіччі нашої історії вони сприяли географічним відкриттям, пов'язаним, насамперед, з визначенням шляхів до Індії з європейського континенту. Уяви про Землю у вигляді кулі єгиптяни не мали.

Великим досягненням стародавньоєгипетської культури був винахід писемності. Для письма на камінні єгиптяни використовували особливі знаки – ієрогліфи, а на папірусі – спрощений скоропис.

Як бачимо, у єгиптян було досить знань про навколишній світ. Але вони являли собою як такі, що мають прикладний характер, тобто емпіричні знання. Їх знання не піднімались до рівня узагальнення та висновків. Основним соціальним прошарком, що зберігав наукові знання в Єгипті, були жреці. Вони ж були викладачами в школах Мемфіса та Фіви - найбільших центрах зосередження наукової думки в Єгипті.

Процес навчання в них зводився до пасивного засвоєння учнями вже відомих рецептів та правил. При цьому навіть не ставилось за мету пізнати, як одержані ті чи інші відомості, чи можна якимсь чином удосконалити відомі знання. Відсутністю механізму передачі інформації можна пояснити, на нашу думку, таємниці про технологію будівництва в Єгипті пірамід, що за тисячоліття збереглися у первозданному вигляді. Ніякими писемними джерелами древності це не зафіксовано. Своєю красою піраміди привертають увагу сучасників.

Геродот (5 ст. до н.е.), якого вважають “батьком історії”, свої дев'ять книг присвятив, в основному греко-перським війнам. Але автор по ходу їх викладення робить великі екскурси в історію Єгипта, Персії, Скіфії. Зведення пірамід в Єгипті він описує так. Велика піраміда Хеопса була побудована з 2300000 кам'яних глиб загальною вагою 5750000 т. Середня вага глиби складає 2,5 т., а максимальна – 15 т. За допомогою таких простих засобів, як полоззя, катки, поздовжні бруски, канати і важелі робітники перетаскували глиби від кар'єру на берег Нілу. Тут вони вантажили їх на баржі, транспортували по річці, а потім піднімали до рівня будівельного



майданчика, який знаходився на висоті 30 метрів над рівнем води. Доставка глиб до місця їх зведення щорічно займала по три місяці протягом 20 років. Цією справою займалось 100 тис. робітників. На самому майданчику працювало 4 тис. чоловік. Залишилось невідомим, скільки людей було на роботах у кар'єрах по видобуванню глиб.

Сьогодні ми маємо й інші відомості про зведення єгипетських пірамід. І, як вважається, ними розкрита таємниця глибокої давнини. Дослідник з Києва О.Е.Лопатто стверджує, що версія про транспортування і піднімання кам'яних глиб для побудови пірамід відпадає. 6 тис. років тому бетонні блоки формувались з суміші дрібної гальки, порубаної соломи та нільського мулу. Їх бетонували на місці побудови пірамід. Виявлені сліди опалубки, визначено 13 компонентів бетону.

## Вавілон

Так само, як у Північно-Східній Африці, де колискою цивілізації була долина Нілу, стародавні держави у Передній Азії виникли в долині рік Тигр і Євфрат, що мали декілька приток. Тут проживали вавілоняни і асирійці, шумери та аккадці. Ця територія дала світу декілька стародавніх цивілізацій, в тому числі Шумер і Вавілон.

Шумери досягли розквіту своєї цивілізації біля чотирьох тис. р. до н.е. Вони були вмілими астрономами, математиками, розробили особливу писемність – *клинопис*.

Вавілонська цивілізація в Месопотамії виникла біля 1900 р. до н.е. і проіснувала понад 1300 років. У вавілонському суспільстві релігія відігравала не меншу роль, ніж у Єгипті. Тут усі галузі культурного життя – від літератури до науки – знаходились під її сильним впливом.

Месопотамська цивілізація являє собою особливий тип сільськогосподарської цивілізації Близького Сходу. Рівень знань у народів, що тут проживали, був досить високий. Але він переплітався з релігійно-міфологічними ідеями у свідомості тих, хто ними володів. Старовавілонський період IV-III тис. до н.е. був періодом розквіту науки в галузях, що не пов'язані з практичним їх використанням. Таке положення можна пояснити системою освіти у Вавілоні. Е-дуба (школа) навчала хлопчиків і дівчаток. Незважаючи на складність клинопису, грамотність була значно поширена серед усіх верств населення. Переписувач добре володів клинописом в межах своїх професійних потреб. Він міг написати господарську відомість або юридичний документ за встановленим зразком.

Зачатки науки у Стародавній Вавілонії були пов'язані з розвитком землеробства. Ще у шумерську епоху тут існувала

шестидесятирічна система обчислення, від якої до наших днів залишився поділ кола на  $360^\circ$ . Вавілоняни знали чотири дії арифметики, прості дроби, вміли зводити число до квадрату і кубу, а також витягувати корінь. Окрім планіметричних задач, заснованих на подібних трикутниках, вавілоняни розв'язували і стереометричні задачі, які пов'язані з визначенням об'ємів різних просторових тіл, в тому числі й зрізаної піраміди. Джерелом розвитку науки, головним чином, була, як і у Древньому Єгипті, господарська практика царських і храмових господарств. На цій основі наприкінці III тис. створена *клинописна математика*.

Вавілонські математики, більш ніж за тисячу років до Піфагора, вміли розв'язувати квадратні рівняння, знали «теорему Піфагора». Число  $\pi$  практично приймалось рівним трьом. Практикувалось креслення планів полів, місцевостей, окремих споруджень. Але виконувалось це без дотримання масштабу.

З практичних потреб у Вавілоні з'явилися записи медичних та хімічних рецептів. Історичні хроніки II тис. до н.е. являли собою опис подій або списки датованих формул. Вавілонські філологи, математики, лікарі, юристи, архітектори мали вже деякі теоретичні погляди. Але письмово вони не фіксувались. До нас дійшли тільки списки, словники, довідники, задачі, рецепти. Характерно, що все це переписувалось в школах із століття в століття без будь-яких змін і не пов'язувалось зі змінами умов життя. Зміст зазубрювався напам'ять. Зазубрювання знань, як відомо, за обсягом не може перевершувати здібностей людської пам'яті і утримувати в ній відомості, які логічно не пов'язані між собою. Цілком зрозуміло, що система зазубрювання обмежувала можливості розвитку вавілонської науки.

Спробою узагальнення географічних знань є нововавілонська карта світу. Земля на ній зображена у вигляді площини, яка перетинається річками Тигр і Євфрат, що стікають з північних гір. Площина з усіх сторін оточена Світовим океаном, на поверхні якого, згідно з думкою автора, вона плаває.

Досить обширні були астрономічні познання вавілонян. Вони виділили з числа зірок п'ять планет і вчислили їх орбіти. Спостерігаючи за місячними фазами, вавілоняни відпрацювали календар, що мав у складі рік, місяці, доби (в добі - 12 годин, у годині - 30 хвилин).

Шумерські жреці систематично проводили спостереження за зірками протягом багатьох років. В Урі знайдено реєстр астрономічних спостережень, які халдейські жреці вели 360 років. Спираючись на ці спостереження, вони встановили, що рік має 365 днів, 6 годин, 15 хвилин, 41 секунду. Протягом першого тисячоліття до н.е. вавілоняни досягли помітних успіхів у спостереженні за

рухом небесних тіл. Накопичені за багато століть відомості ретельно фіксувались на глиняних (гадальних) таблицях. Вони давали можливість астрологам пророкувати про початок тих чи інших небесних явищ. Гадальні таблиці розділені на рубрики, у кожній з яких точно зафіксовані явища (переміщення зірок, Місяця, Сонця, атмосферні явища, поведінка тварин тощо), що вказують на майбутні ситуації.

Поряд з зародженням основних понять в галузі різних наук у Вавілоні розвинулись і науки, які мали близькість до математики. Цими науками були астрологія і містика (немерологія). Астрологія стверджувала (і сьогодні стверджує), що життя кожної окремої людини і людського суспільства в цілому залежить від розташування планет на небосхилі. Це означає, що по взаємному розташуванню небесних світил в момент народження людини можна пророкувати, яке буде її життя. Робились відповідні висновки для цілих держав і народів. В подальшому астрологія Вавілону перейшла до інших народів і здійснила великий вплив на розвиток науки.

Числова містика виражалась у вавілонян у присвоєнні деяким числам особливого, «таємного» значення. Наприклад, коли вавілоняни обожествляли три небесних світила (Сонце, Місяць і Венеру), то число 3 вважалось «щасливим». Згодом, коли були обожествлені сім світил, «щасливим» вважалось число 7.

# НАУКОВА ДУМКА ДАВНЬОЇ ГРЕЦІЇ ТА РИМУ

## Етапи розвитку античної науки

Ще не так давно інтерес до науки Стародавньої Греції та Риму проявлявся виключно у представників гуманітарних наук. Але з перебігом часу стає помітним, що думки античних вчених все більше починають вивчатись представниками природничих наук. Стародавня Греція створила ті теоретичні принципи наукового мислення, якими ми керуємось і сьогодні. Разом з тим варто відзначити, що науковці сучасного періоду на ідеї античних вчених-філософів дивляться під іншим кутом зору, ніж дивились на них видатні постаті XVII, XVIII і XIX ст. Наука XX і XXI століть дещо по-іншому дає оцінку внеску вчених-філософів древності в теорію пізнання навколишнього світу. Багато сучасних основних положень науки, і в цьому ми з вами неодноразово можемо переконатись, містились в зародку античних філософів, представників інших наук Стародавнього світу.

Коли ми дивимось на античну науку, то пов'язуємо це поняття з грецькою наукою періоду VI–I ст. до н.е. У нас є всі підстави стверджувати, що вона була першою формою науки. І це не зважаючи на те, що в неї були попередники в таких цивілізованих країнах, як Єгипет, Вавілон, Індія, Китай.

Слід зауважити, що в усіх згаданих країнах ще в період виникнення рабовласницького суспільства (рубіж IV–III тис. до н.е.) були матеріальні передумови: інструменти і прилади, теоретичні та емпіричні підходи до вивчення явищ і процесів у навколишньому світі. Але лише в Греції започатковано перехід від окремих наукових знань до наук, які сформувались і стали для нас звичними. В усіх країнах з древньою цивілізацією був у наявності механізм для зберігання та передачі наукової інформації. Однак тільки в Греції була писемність, що давала можливість не лише фіксувати, але й передавати цю інформацію та інші знання. І, нарешті, тільки у Греції спостерігається чіткість в одержанні нових знань.

На висвітленні наукових досягнень у Стародавній Греції та Римі помітна їх відмінна риса від таких же дисциплін у Єгипті та Вавілоні. Вчені Греції прагнули до оволодіння знаннями виключно заради знання. Вони не намагались до його практичного використання. На ранній стадії свого розвитку ця риса науки відіграла позитивну роль і стимулювала розвиток наукового мислення в наступний період.

Історію греко-римської науки можна розглядати в чотири етапи. Кожен з них має свою характеристику. Стисло спробуємо дати характеристику кожному етапу. Вона включає в себе, в основному,

окремі риси періоду, хронологічні рамки, місце зосередження наукових напрямків і окремих відомих вчених, які працювали у той час. Який їх внесок в науку? Це такі етапи: *іонійський; афінський; александрійський; римський.*

Іонійський етап охоплює VI ст. до н.е. і є періодом зародження грецької науки. У цей період, як ми вже згадували, відчувається вплив на науку Греції древніх цивілізацій. Виникла грецька наука у містах Малої Азії. Центром зародження вважається місто Мілет, розташоване на східному узбережжі Егейського моря. Географічне положення цього регіону створювало сприятливі умови близьких зв'язків з древніми цивілізаціями на Сході, а також у грецьких колоніях, що розташовані в Італії та Єгипті. Іонійський період - це період діяльності натурфілософів. Вони намагались знайти відповіді на питання, що собою являє навколишній світ, як він створений, як проявляє себе Природа. Людей, що прагнули розв'язати поставлені питання, Сократ назвав філософами, тобто любителями мудрості. У цей період науку збагачено працями Фалеса Мілетського, Піфагора, Анаксимандра і Анаксимена, Геракліта Ефеського, Гіпподама Мілетського.

Вчений-філософ Анаксимандр (610-540 до н.е.) вбачав у рівномірному русі зірок гармонію сфер, яку пояснював симетрією відстані між ними. Їх круговий рух він вперше відкрив своїми астрономічними спостереженнями. Земля для Анаксимандра є не що інше, як плоский циліндр, що розташований у центрі руху. Висота його відноситься до ширини, як 1:3. Три небесні сфери обертаються навколо Землі: зірки, Місяць і Сонце. Відстані між ними прийняті у 9, 18 і 27 земних діаметра. Анаксимандра вважають автором першої географічної карти з використанням прямокутної проекції. Він вперше висловив гіпотезу про нескінченність Всесвіту.

Учень і спадкоємець Анаксимандра Анаксимен Мілетський (друга половина VI ст. до н.е.) висунув гіпотезу, що давала пояснення процесам затемнення Сонця і Місяця. Залишаючись прихильником поглядів свого вчителя на Всесвіт, він стверджував, що всі небесні світила рухаються не над поверхнею Землі, а навколо неї.

Визначною особою іонійського періоду є Геракліт Ефеський (540-480 до н.е.). Він є засновником старогрецької діалектики. Його працями розвинуті матеріалістичні погляди мілетської школи філософів. Вперше висловив думку про відносність знань. Був прихильником написання закону, який мав би замінити родове право аристократів.

Ми надто мало маємо відомостей про втілення в практику ідей грецьких вчених іонійського періоду. Але те, ще стосується архітектури, скульптури, то тут мало чим можна заперечити. Земляк Анаксимандра Гіпподам Мілетський займався природознавством.

Але його ім'я більше відоме як архітектора великого масштабу. Гіпподам планував міста Фурію і Родос. У наступному столітті його система залишається панівною у плануванні міст Греції. Під впливом системи Гіпподама у IV ст. спланована Александрія, Прієна. Краса творінь грецьких архітекторів і сьогодні залишається неперевершеною. Без грецької архітектури неможливо уявити сучасну архітектуру. Розташування вулиць міст у напрямку сторін світу задовольняє не лише математичні правильності, але відповідає самим високим вимогам екології.

Наступний період – *Афінський*. Він охоплює V–IV ст. до н.е. У першій половині V ст. до н.е. невеличка Греція у напруженій боротьбі з самою великою і сильною на той час державою – Персією відстояла свою незалежність. Ця перемога стала важливою для подальшого розвитку еллінської культури (економіки в цілому, що базувалась на античній формі рабства). Після греко-перських війн з грецьких держав особливого розквіту набули Афіни. Період V–IV ст.ст. до н.е. для Афін став вершиною досягнень грецької науки. Афінський період збігається з науковою діяльністю Аристотеля, Сократа, Платона, Гіппократа Хіоського.

Варто згадати ще одного вченого цього періоду – Архіта Тарентського (428-365 рр. до н.е.). Він є послідовником піфагорійської школи, товаришем Платона і вчителем Євдокса. Був державним діячем і видатним полководцем. Архіт Тарентський – математик і талановитий механік. Перший математик, який науково розробив механіку і практично займався цими питаннями. В його роботах ми знаходимо перші відомості про принципи механіки, винаходи блока і гвинта. Архіт Тарентський залишив про себе згадку і як винахідник діючих пневматичних механізмів. На основі його праць Євклідом написано сьому, восьму, дев'яту і одинадцяті книги «Начал». Він зробив значний внесок в розробку теорії несумірних величин, розв'язав багато геометричних задач, зокрема, задачу подвоєння куба.

До Афінського періоду відноситься діяльність медичної школи відомого лікаря і вченого Давньної Греції Гіппократа (460-377 рр. до н.е.), що функціонувала на острові Кос. Він і його учні добре знали систему органів руху людини. Вони лікували переломи, розтягнення, вивихи, оброляли і заживляли рани. Гіппократ вважав, що за психічну діяльність людини відповідає такий її орган, як мозок. Відомо його вчення про чотири рідини тіла людини – кров, слиз, жовту і чорну жовч, кількісне і якісне співвідношення яких визначає усі нормальні й психологічні процеси організму. Умовою успішної діяльності лікаря, на думку Гіппократа, має бути володіння необхідними засобами і знаннями. Медичні знання вченого були обмеженими. Можливо тому він остерігався втручатись у

«природний», як він вважав, хід патологічних процесів. Звідкіль і виходить одне з його гасел лікування: «Не нашкодь». «Звід Гіппократа» дає певні уявлення про характер і рівень медицини Греції IV ст. до н.е. Більшість з трактатів цієї праці написана учнями Гіппократа.

*Александрійський (елліністичний)* етап розвитку античної науки – це III–II ст.ст. до н.е. Об'єднання незалежних міст–держав сприяло можливостям грецької науки зміцнити зв'язки з більш древніми джерелами культури країн Сходу аж до самої Індії. У цей період спостерігається інтенсивний процес "інтернаціоналізації" науки. З Сицилії до александрійської бібліотеки приїздили і там працювали Архімед, Гіппарх.

На цей же період треба віднести і наукову діяльність Аполлонія Пергського (262-190 рр. до н.е.). Найважливіший його твір – «Конічні перерізи» (чотири книги збереглися у грецькому оригіналі, третя в арабському перекладі, восьма книга загублена). Аполлоній довів 387 теорем про криві 2-го порядку методом, який полягав у віднесенні кривої до якого-небудь її діаметра і до з'єднаних з ним хорд і передбачив створений у XVII ст. метод координат. «Конічні перерізи» Аполлонія істотно вплинули на розвиток астрономії, механіки, оптики. Положення Аполлонія стали вихідними при створенні аналітичної геометрії Р.Декартом і П.Ферма. Аполлоній увів до вживання багато термінів, зокрема: асимптота, абсцисса, ордината, аппліката, гіпербола, парабола.

До александрійського періоду відноситься і наукова діяльність Арістарха Самоського (320–250 рр. до н.е.), одного з найвеличніших астрономів стародавнього світу – "Коперника античності". У спадкоємність він залишив працю «Про розміри і відстані Сонця і Місяця». У цьому творі вчений зробив математичні викладки відстані до зазначених світил, визначив їх діаметри. Архімед позитивно відгукнувся про астрономічну систему Арістарха Самоського. Про це Архімед написав у своєму творі «Про число піщинок». Арістарх – був першим вченим, який сміливо висловив гіпотезу про обертання Землі навколо Сонця, за що був звинувачений у безбожжі і йому винесено вирок про вигнання з Афін. Багато століть згодом правдивість цієї гіпотези доведена Коперником.

Александрійський етап у розвитку античної науки найбільш цікавий можливо і тому, що істориками висвітлений набагато яскравіше, ніж будь-який інший період грецької цивілізації. Цей період був багатий науковими відкриттями і пов'язаний з удосконаленням способів вимірів в усіх галузях. Грубий спосіб древніх виміряти денний час за довжиною тіні (V ст. до н.е.) поступився місцем його виміру за допомогою водяного годинника *клепсидри*. Зроблено відкриття щодо обчислення окружності земної

кулі. Грецькі вчені уточнили відомості єгиптян і вавілонян по тривалості року не лише до годин, а навіть і до хвилин.

В елліністичний період визнання отримала александрійська медицина. У цій галузі досягнення еллінів були більш вагомими, ніж в астрономії. Багато в чому цьому сприяв староегипетський звичай бальзамування, дозвіл правителів анатоміювати померлих і проводити живосічення тих, хто засуджений до страти. Першим греком, який розтинав трупи, був Герофіл. Він є засновником описової анатомії у Александрійській школі.

Останнім етапом стародавньої культури є *римський*. Наприкінці III ст. до н.е. завершився процес складання могутньої Римської імперії, яка проіснувала біля 500 років. У II–I ст. до н.е. йде спад розвитку античної науки. Особливо це помітно на стані фізико-математичних наук. Після Архімеда спостерігалось деяке зростання обсягу наукових знань. Але навіть у Александрійський період наука не мала такої цілності і глибини, як у попередні століття свого розвитку. Так наприклад, незважаючи на можливості проведення точних спостережень і удосконалення математичного апарату, ідеї Аристарха Самоського про рух Землі навколо Сонця і відстанях до нерухомих зірок не були прийняті вченими. В математиці не одержали подальшого розвитку початки аналізу малих.

Безперечно, і у римський період були винятки. У зв'язку з цим варто відзначити досягнення Гіппарха (190–125 рр. до н.е.), одного із засновників астрономії. Переважна більшість його наукових праць міститься в «Альмагесті» Птолемея. Гіппархом складено зоряний каталог з точною вказівкою розташування на небі тисячі зірок. Він підрахував відстань від Землі до Місяця. Ним розроблена теорія затемнень. Гіппарх є також засновником математичної географії. Ним уведено географічні координати (широту і довготу) для визначення положення на земній поверхні. Він склав таблицю хорд, яка на той час почала замінювати таблицю синусів. Гіппарх є винахідником астролябії, що забезпечила спостереження за зірками. Є підстави вважати, що араби були знайомі з загубленою для нас роботою Гіппарха про рівняння 2-го ступеня.

Знайомство з багатою науковою спадщиною Давньої Греції та Давнього Риму дає можливість усвідомити і глибше зрозуміти основи європейської цивілізації. Воно допомагає нам побачити, наскільки живими є зв'язки між античністю і сучасністю і, нарешті, зрозуміти саму сучасність. Греція дала світу таких неперевершених вчених, як Фалес із Мілету, Піфагор, Анаксимандр, Демокріт, Платон, Євклід, Архімед, Аристотель, Аполлоній Пергський, Гіппарх, Птолемей, праці яких вивчаються вже у школах. Без їх вивчення не може працювати ні один спеціаліст у відповідних галузях. А якщо до усього цього додати, що грецька писемність стала



родоначальницею писемності багатьох слов'янських народів, то ще більше ми відчуємо близькість до нас досягнень науковців Античного світу.

Економічна, соціальна, політична криза Римської держави, що розпочалась наприкінці III ст. до н.е., продовжується протягом 193–284 рр. н.е. У IV–V ст.ст. криза перейшла в період тривалого падіння. Ворожнеча класів і прошарків у ній призвела в наступні два століття до повстання селян, рабів у Сицилії, всієї Італії. Центр наукового прогресу з Греції і Риму перемістився на Схід від Євфрату. Насамперед це проявилось у галузі фізико-математичних наук.

## **ВИРОБЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ФОРМУВАННЯ ТЕОРІЙ**

### **Астрономія**

Вивчення історії науки античного періоду дає нам можливість побачити помітні відмінності між двома напрямками розвитку знань – емпіричного, яке пов'язане з практичною діяльністю (землеробство, мореплавство, медицина тощо), і абстрактно-теоретичного. Єгиптяни і вавілоняни, як було вже показано, накопичили певну кількість знань про Природу. Такі відомості були корисними для життя, але назвати їх науковими знаннями не можна. Для того, щоб накопичений матеріал і його усвідомлення перетворились у зародок науки про Природу, повинно статись щось надзвичайне – знання повинно стати цінністю само по собі. Стародавні греки зрозуміли, що знання потрібні не тільки щоб вижити, більше того, життя дано людині для того, щоб пізнавати світ. Такий переворот у мисленні і є зародження науки. Цей переворот ми спостерігаємо у філософських умоглядах і абстрактних математичних побудовах грецьких вчених.

Підкреслимо, що знайомлячись з питаннями зародження і розвитку науки, ми обов'язково прийдемо до наступної думки: історія науки, починаючи з античного періоду, є найважливішим сполучним ланцюгом між природознавством і філософією. Це має першорядне значення для формування наукового світогляду. Тому одним з наших завдань є розкриття історії становлення, розвитку і трансформації наукового світогляду, рушійних сил і механізмів докорінних зрушень думки людини про навколишній світ і її місце в ньому.

Грецька цивілізація, яка прийшла на початку залізного віку на зміну цивілізації Єгипту і Вавілону, є яскравою сторінкою в історії людства. Починаючи з X ст. до н.е на землі Еллади (так древні греки ласкаво називали свою землю) створена культура, яка істотно вплинула на подальший розвиток людства. У VII–VI ст.ст. до н.е. тут сформувались міста-держави. У цей же час в громадській свідомості

поступово відбувається поворот від міфології до філософської науки. Найважливішою особливістю грецького духу – його спрямованість до пізнання світу, людини і суспільства. Це пізнання повинно бути об'єктивним і не залежати від волі і бажання окремих людей або богів. (У єгиптян і вавілонян – від жреців, а їх вказівки порівнювались з волею богів).

Сучасна європейська філософія, як і вся сучасна цивілізація, започаткована у VII–VI ст.ст. до н.е. не в самій Греції, а на західному узбережжі Малої Азії, в іонійських містах, які були засновані греками і в яких раніше, ніж в самій Греції, почали розвиватись промисловість, торгівля і духовна культура. Найкрупнішим з усіх малоазійських грецьких міст був Мілет. Тут, в малоазійських містах, і виникли перші філософські, теоретичні системи. Цей період перевероту у громадській свідомості можна назвати інтелектуальною революцією (науковою революцією). Вчені Античності, на відмінність від міфологічних поглядів своїх попередників, навколишній світ почали пояснювати як природне начало. Їх діяльність і результати вперше в історії почали задовольняти вимоги, які визначають науку. Головна з них полягає в тому, що результат їх діяльності був спрямований на вироблення нових знань. Грецькі вчені-філософи мали певні досягнення в галузі математики, геометрії, механіки і в деяких інших галузях. Але їх досягнення були абстрактними, відірваними від практики.

Прийнято починати оповідання про вчених Греції зі згадки семи грецьких мудреців, серед яких найчастіше згадується ім'я Фалеса з Мілету. Він розірвав з панівними до нього уявленнями про виникнення Всесвіту і міфологічними поясненнями природних явищ. Усі різновиди явищ і тіл Фалес зводив до єдиної першооснови, або першостихії, яка, на його думку, полягала у “вологій природі”, тобто у воді, що оточує з усіх боків Землю. Серед семи грецьких мудреців Фалес був самим мудрим, про що нам нагадують немало легенд. Відомості про нього ми знаходимо у працях Діогена Лаертського, Платона і Аристотеля. Хоча відомості в них про Фалеса часто прямо протилежні.

Фалес любив мандрувати. Він відвідав Єгипет, Середню Азію, де намагався зібрати рештки стародавніх знань. Побував у Фінікії. Після навчання у школах Мемфіса та Фіви (Єгипет), де він проживав у жреців, Фалес повернувся на батьківщину в місто Мілет і організував там філософську школу.



*Фалес Мілетський*

Прагнучи зрозуміти світ, в якому ми живемо, Фалес цікавився насамперед тим, що відбувається між небом і землею. Тим, що греки назвали метеорами (повітряними явищами). Філософія Фалеса базувалась на астрономії, якою до нього у Греції ніхто не займався. З фінікійської та єгипетської астрономії на той час вже було відомо, як орієнтуватись на морі по зірках. Фалес жив у місті грецьких купців. У своїх пошуках він керувався міркуваннями корисності: хотів, щоб кораблі могли доставляти вантажі у порт, тому і намагався взнати, чому йде дощ, що таке вітер, що таке зірки, по яких можна орієнтуватись і керувати кораблем.

Більшість античних авторів повідомляють про Фалеса таке. Він перший запропонував вважати в місяці 30 днів, а в році – 365 днів; вперше описав сонцестояння і рівнодію; відкрив сузір'я Малої Ведмедиці (сузір'я Возу). Описав річний рух Сонця серед зірок і припускав, що Місяць висвічує Сонце і тому його видно. Фалес запропонував поділити небесну сферу на п'ять кіл, яким дав назву “зони”, або “пояси”: арктичний пояс – постійно видимі зірки; літній тропічний; рівноденний; зимовий тропічний; висхідні зірки і ті, що заходять; антрактичний – пояс невидимих зірок. За його оцінками діаметр Сонця у 720 разів менше його орбіти.

Про нього є легенди, в яких він представлений диваком, тому що увесь час витріщує очі до зірок. Є розповідь про те, що спостерігаючи за зірками і дивлячись нагору, Фалес упав у криницю, а якась фракіянка підняла його на сміх: він, можливо, бажає знати те, що на небі, а того, що перед ним і під ногами, не помічає. Є підстави для ствердження того, що Фалес був умілим техніком. Він сам побудував прилади, за допомогою яких спрогнозував повне затемнення Сонця 28 травня 585 р. до н.е. (за іншими даними – 583 р. і 584 р. до н.е.). З цією метою він використав метод, відомий ще у Стародавньому Вавілоні. Цей метод був чисто емпіричний: багатолітні спостереження дали можливість вавілонянам встановити закономірності у повторенні астрономічних явищ.

Те, що повне сонячне затемнення спрогнозував простий смертний Фалес, мало великий психологічний вплив на греків. За це він отримав справжнє визнання сучасників. Це означало, що такі великі таємниці, як затемнення небесних світил доступні розумінню звичайної людини, і не вимагають особливих божественних знань. Можливо, розум людини здатний пізнавати набагато більше, ніж вважалось до цього. Можливо, є тільки непізнане, а не взагалі те, що не пізнається. Так новий світогляд виникав на фоні міфології і у боротьбі з нею.

Фалес був одним з перших геометрів і передав знання в цьому грекам. Йому було відомо, що протилежні кути, які утворені перетинанням двох прямих, рівні; що у рівнобедреному трикутнику

кути при його основі рівні; що трикутник повністю визначається стороною і кутами, які до неї прилягають і на цій основі можна підрахувати відстань від корабля до берега; що коло ділиться діаметром пополам (сам доказав це твердження); що кут вписаний у півколо, прямий. Фалесу, напевно, належить спосіб визначення висот різних предметів по тіні, коли Сонце піднімається над горизонтом на  $45^\circ$ . У Фалеса вперше в математиці зустрічаються докази теорем. За цим фактом грецькі вчені почали висловлювати свої погляди на схему Всесвіту.

Фалес намагався сформулювати основні закони Всесвіту, вважаючи воду першоосною всього, а Земля лежить на ній. Загадливе ствердження Фалеса: “Все є вода” стало своєрідним маніфестом епохи. Його смисл проявляється у протиставленні ствердженням типу “Все у владі богів”. Учиння Фалеса вперше обґрунтувало ідею єдності світу. Воно говорило про могутність людського розуму, якому відкриваються самі великі таємниці. Відомі його твори, що написані прозою: «Про сонцестояння», «Про рівнодію», «Морська астрологія». Саме зі знань Фалеса народ Греції розпочав побудову системи світу і суспільства (на демократичній основі у розумінні греків) на цілком новій базі.

Сучасники Фалеса краще за все запам'ятали його моральні повчання. Плутарх у книзі «Бенкет семи мудреців» наводить наступні оригінальні висловлення вченого:

Що найкраще за все? Світ, тому що все, що прекрасно упорядковано, є його частиною.

Що мудріше за все? Час, він породив одне і породить інше.

Що загальне для всіх? Надія: її мають і ті, у кого нема нічого іншого.

Що є найкориснішим? Доброчесність, тому що завдяки їй все інше може знайти застосування і стати корисним.

Що саме шкідливе? Порок, через те що в його присутності псується майже все.

Що над усе сильніше? Необхідність, тому що вона нездолана.

Що найлегше? Те, що відповідає Природі, тому що навіть насолоди часто стомлюють.

Фалес казав, що про друзів треба пам'ятати очно і заочно. «Не багатій дурними засобами, – навчав він, – і нехай ніякі чутки не відвернуть тебе від тих, хто тобі довірився». «Чим підтримав ти своїх батьків, – казав він, – такої підтримки чекай і від дітей». Найбільш характерні для його генія наступні афоризми: «Неосвіченість – важкий тягар», «Знаходячись при владі, керуй самим собою».

Помер Фалес, спостерігаючи змагання гімнастів, від жару, спраги і старечої слабості. На його гробниці написано:

“Взгляни на могилу – она мала,

Но слава многомысленного Фалеса  
высока до неба”

(Д.Строганов)

Фалес не був фізиком в сучасному розумінні. Його заслуга полягає в тому, що він один з перших зробив спробу пояснити явища Природи, не звертаючись до міфів. На основі багатого досвіду емпіричних спостережень, який він переніс зі Сходу, вчений-філософ створив перші в історії теоретичні побудови.

Філософи, представники Мілетської школи, висунули гіпотезу про кулясту форму Землі. До початку IV ст. до н.е. (до часу Платона) ця ідея остаточно витиснула зі свідомості грецького суспільства уяву про дископодібну, плоску, циліндричну, безмірно конусну форми земної кулі. Аристотель (кінець IV ст. до н.е.) ретельно перевіряв усі суперечливі положення про форму Землі і зупинився на кулястій її формі. У стародавньому світі уява про кулясту форму Землі розповсюдилась і стала звичною, а потім і загальною думкою всього освіченого суспільства. Вона проникло в класичну літературу.

І все ж потрібно відмітити: ідея про те, що небосхил відокремлює небо від Землі – нагорі знаходяться вода і ангели, внизу – земля і люди протрималась у Європі до початку XVIII ст. Освічені люди Буддійського Сходу навіть у XVII ст. дотримувались точки зору про плоску чи іншу (не кулясту) форму Землі. Те ж спостерігалось і в Китаї, Японії. У Персії лише на початку XX ст. у свідомості суспільства ствердилась наукова істина про кулясту форму Землі.

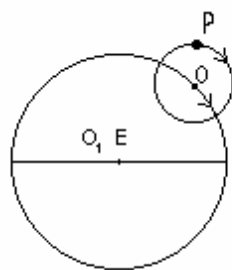
### **Математична побудова Всесвіту**

В основу наукових систем побудови Всесвіту у вчених Греції було покладено дві догми. Перша - очевидність нерухомості Землі. Друга - рівномірний рух по колу навколо неї Сонця, Місяця, планет. І хоча друга догма у вчених викликала сумнів, все ж вона проіснувала непорушно два тисячоліття аж до самого Кеплера. Спробу спростувати рівномірність руху Сонця навколо Землі на початку IV ст. до н.е. зробив грецький вчений Євдокс (408-355 рр. до н.е.). Астрономію цього вченого складала математична основа. Він перший з астрономів намагався створити теорію руху планет. З легкістю Євдокс пояснював рух планет у площині, уводячи для пояснення «колесо всередині колеса». Його схема з достатньою для того часу точністю пояснювала їх переміщення. Схема Євдокса в наступні часи була удосконалена його учнем Калліпом, «освячена» Аристотелем, Гіппархом і значно покращена Птолемеєм, вона була єдино прийнятною навіть для такого революціонера в науці, як

Коперник. Польський вчений у цій схемі тільки переніс центр Всесвіту з Землі на Сонце.

Але вже у греків була альтернативна думка, яку висунув Екфант у IV ст. до н.е., а можливо і Гіцет ще у V ст. до н.е. Її енергійно підтримував Геракліт Понтійський (370 р. до н.е.). Він стверджував, що Земля обертається, є в центрі Всесвіту. Навколо неї обертаються Місяць і Сонце. Але планети вже обертаються не навколо Землі, а навколо Сонця. Цю систему, як ми побачимо, запозичив Тихо Браге.

Піфагорієць Аристарх Самоський (320-250 рр. до н.е.) – «Коперник античності», про якого вже згадувалось, зробив сміливий крок. Він поставив Сонце, а не Землю у центр Всесвіту. (Архімед



*Рух планети за Птолемеєм*

стверджує, що саме Аристарху належить гіпотеза, згідно з якою Земля рухається навколо Сонця. За таку сміливу думку його звинуватили в атеїзмі і прогнали з Афін). Тобто, Аристарх Самоський створив геліоцентричну картину Всесвіту. Греки її не сприйняли. Ця система була підтримана арабами, відроджена Коперником і активно підтримана Галілеєм, Кеплером і Ньютоном.

Тепер прослідкуємо, як викристалізувалась наукова думка про Всесвіт на основі одержаних знань. Аристотель увесь космос уявляв як конструкцію з концентричних сфер, що мають ефірну природу. Зовнішня сфера є сферою нерухомих зірок. Вона обертається навколо Землі з швидкістю 24 години на добу. Разом з тим, вона є причиною руху більшості 55 сфер (у Євдокса – 27, у Калліпа – 34). Сфери мають різні швидкості і різні напрямки обертання. Клавдій Птолемей (100-178 рр. н.е.) зберіг усі головні риси аристотелівської схеми, але змінив думку про виникнення складних рухів планет. Для цього він використав ідею Гіппарха (180-125 рр. до н.е.), який найбільш повно розробив теорію епіциклів. Згідно з нею рух планети навколо Землі можна уявити як складову двох рухів. Тобто планета обертається по колу, яке названо епіциклом. В той же час центр епіцикла обертається навколо Землі по колу великого радіуса (по деференту).

Птолемеем було встановлено: якщо обертання планети навколо Землі і навколо свого центру здійснюється в протилежних напрямках, а періоди обертання збігаються, то справжньою орбітою небесного тіла буде коло, центр якого вже не буде збігатися з центром Землі. Гіппарх такій орбіті дав назву ексцента. За допомогою ексцента він намагався пояснювати різницю тривалості часу руху Сонця навколо Землі. Грецький вчений за допомогою комбінації епіциклів і деферентів дав пояснення петляння руху планет. Птолемей, праці якого вплинули на подальший розвиток астрономії, географії та оптики, свої спостереження разом з даними його попередників, головним чином Гіппарха, виклав у творі «Велика математична побудова астрономії в XIII книгах».



*Клавдій Птолемей*

Твір Птолемея понад тисячоліття залишався основним джерелом астрономічних знань. Греки трактату Птолемея дали назву «Мегісте» – найвеличніший. Грецький оригінал твору незабаром загубився. Арабський переклад відомий під назвою «Альмагест». Епітет «найвеличніший» цілком відповідає праці Птолемея, оскільки в ньому не тільки описана, але і проаналізована вся сукупність астрономічних знань того часу. У першій книзі викладено відомості з прямолінійної геометрії і сферичної тригонометрії.

Це єдині відомості, які дійшли до нас від древніх греків у цій галузі. Тут є також теорема про те, що добуток діагоналей вписаного чотирикутника дорівнює сумі добутків його протилежних сторін (теорема Птолемея). У творі грецького вченого є відомості про тривалість року, яка обчислена вченим, методи розрахунку місячних і сонячних затемнень, описано астролябію, вміщено каталог 1028 зірок тощо. В науковій праці відображено «математичну побудову» Всесвіту. «Альмагест» відображає геоцентричну теорію світогляду, яку до нього розробляли Євдокс, Аристотель і Гіппарх. Модель Всесвіту в "Альмагесті" представлена за такою схемою.



## Рисунок 1 – Модель Всесвіту (за Птолемеєм)

До цього додамо, що Птолемеєм, як математик, дав приблизне значення числа  $\pi = 3,14167\dots$ , склав таблицю синусів, що багато століть була єдиним посібником при розв'язанні задач про трикутники.

### Математика

Масштаби діяльності грецьких астрономів за триста років від Фалеса Мілетського до Євдокса можна назвати дивовижними. Неважко помітити з попередніх викладок, що астрономія – одна з перших наук людини – пов'язана з математикою. Приблизно стільки ж часу витрачено вченими Греції для дивовижних досягнень в її розвитку. Період бурхливого розвитку математики пов'язаний з трьохстолітнім її удосконаленням – від Піфагора Самоського (580–500 рр. до н.е.) до Євкліда (356-300 до н.е.).

Чітке усвідомлення самостійності *математики як особливої науки*, що має власний предмет і метод, стало можливим лише після достатньо великої кількості накопиченого фактичного матеріалу в VI–V ст.ст. до н.е. До вказаного періоду можна вважати зародження *елементарної математики*. В математиці, як і в астрономії, постановка задачі вченими Греції визначалась не практичними потребами, а допитливістю, жадобою до знання, його накопичення. Для них важливо було знайти істину. Самоцінність науки обумовлювалась власним честолюбством. Таким чином, виходила «чиста наука». Якщо єгиптяни і вавілоняни не вбачали різниці між точним і приблизним розв'язанням задач, то це пояснювалось тим, що їх задовольняло будь-яке рішення для практично сприйнятливого результату. Вчені Еллади прагнули до математичних розв'язків підійти чисто теоретично. Їм важливо було шляхом логічних міркувань отримати точний розв'язок. Це і визначало характер самої науки, привело до математичної дедукції. У Греції працями вчених-енциклопедистів були створені основи математичних наук, які подальший свій розвиток отримали численними роботами вчених епохи еллінізму, зокрема Архімедом. Його творчість була доведена до основ аналізу.

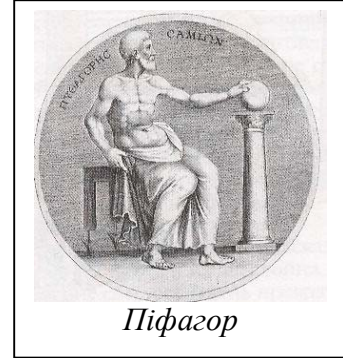
Чи є випадковим зв'язок математики і астрономії? Виявляється ні. Математику протягом усієї її історії аж до сучасного періоду не можна розглядати окремо від астрономії. Потреби сільського господарства, мореплавства вимагали від астрономії і математики їх розвитку. Встановлення зв'язків між грецькою і вавілонською наукою істотно відбилась на розвитку обчислювальної і теоретичної



астрономії. Ось чому математика і не мислилась окремо від астрономії. Це було б алогічним, протиприродним.

## Піфагор

Майбутній великий математик і філософ Піфагор вже в дитинстві виявив великі схильності до наук. У свого першого вчителя Гермодамаса він одержує знання основ музики і мистецтва. Перший вчитель привив Піфагору любов до Природи і радить йому продовжити освіту в Єгипті. Покинувши острів Самос, Піфагор живе на острові Лесбос, де у Ферекліда – друга Фалеса Мілетського, – вчиться астрології, пророкуванню затемнень, таємницям чисел, медицині та іншим обов'язковим на той час наукам. Потім в Мілеті він слухає лекції Фалеса та його молодого колеги і учня Анаксимандра - видатного географа і астронома. Перед Єгиптом Піфагор зупиняється у Фінікії, вчиться у знаменитих сидонських жреців. Навчання у Єгипті сприяє тому, що Піфагор стає одним з самих освічених людей свого часу. Тут же він попадає в полон до персів, де пробув 12 років. В полоні Піфагор зустрічається з перськими магами, захоплюється східною астрологією і містикою, знайомиться з вченням халдейських мудреців. Останні познайомили Піфагора зі знаннями, накопиченими східними народами протягом багатьох століть: астрономією і астрологією, медициною і арифметикою.



Коли Піфагору виповнилось 60 років, він повертається на батьківщину до рідного Самосу і створює тут знамениту Школу під протекторатом тирана Полікрата. Статут Школи був суворим. Її учні працелюбні і аскетичні, як і їх учитель. Ось деякі заповіді статуту школи Піфагора:

роби тільки те, що з перебігом часу не засмутить тебе і не примусить каятись;

ніколи не роби те, чого не вмієш. Але навчись тому, що потрібно вміти;

не нехтуй своїм здоров'ям;

навчись жити просто і без розкошів;

не закривай очей, коли тобі хочеться спати, до тих пір, поки не розбереш своїх вчинків минулого дня.

Досить швидко він завойовує велику популярність серед жителів Кротона. У Школі Піфагор навчав учнів медицині, принципам політичної діяльності, астрономії, математиці, музиці, етиці та багато чому іншому. З його Школи вийшли видатні

політичні та державні діячі, історики, математики і астрономи. Але Піфагор був не тільки вчителем, а й дослідником. Дослідниками ставали і його учні. У його Школі висунуто припущення про кулясту форму Землі. Саме тут вперше висловлено думку про те, що рух небесних тіл підпорядкований певним математичним співвідношенням, ідеї «гармонії світу» і «музиці сфер», що в подальшому привело до революції в астрономії.

Піфагорійці вважали, що усі тіла складаються з найдрібніших часток – «одиниць буття», які у різних сполученнях відповідають різним геометричним фігурам. Число для Піфагора було і матерією, і формою Всесвіту. З цієї уяви випливала і основна теза піфагорійців: «Усі речі – суть числа». Оскільки числа виражали «суть» всього, то пояснити явища природи треба було лише за їх допомогою. Піфагор і його послідовники своїми працями заклали основи дуже важливої галузі математики – теорії чисел.

Усі числа піфагорійці поділили на дві категорії – парні і непарні, що характерно і для деяких інших цивілізацій. Пізніше виявилось, що піфагорійське «парне – непарне», «праве – ліве», мають глибокі й цікаві наслідки у кристалах кварцу, у структурі вірусів і ДНК, у знаменитих дослідах Пастера з поляризацією винної кислоти, у порушенні парності елементарних часток та інших теоріях. Не чужою була піфагорійцям і геометрична інтерпретація чисел. Вони вважали, що точка має один вимір, лінія – два, площа – три, об'єм – чотири виміри.

Десятка може бути виражена сумою перших чотирьох чисел ( $1+2+3+4$ ), де одиниця – відповідає точці, двійка – лінії та одномірного образу, трійка – площині та двомірного образу, четвірка – піраміди, тобто тримірного образу. Як бачимо, це чотиримірний Всесвіт Ейнштейна.

При додатку усіх плоских геометричних фігур – точки, лінії та площини – піфагорійці отримували удосконалену, божествену шістку.

Справедливість і рівність піфагорійці вбачали у квадраті числа. Символом сталості у них було число дев'ять, оскільки усі кратні дев'яти числа мають суму цифр – знову ж дев'ять. Число вісім у піфагорійців символізувало смерть, тому що кратні восьми мають суму цифр, що зменшується.

Піфагорійці вважали парні числа жіночими, а непарні – чоловічими. Символ шлюбу у піфагорійців складався з суми чоловічого, непарного числа три і жіночого, парного числа два. Шлюб – це п'ятірка, що дорівнює три плюс два. З цієї ж причини прямокутний трикутник зі сторонами три, чотири, п'ять був названий ними «фігура нареченої».

У Школі Піфагора геометрія вперше вивчається систематично як самостійна наука, як теоретичне вчення про властивості абстрактних геометричних фігур, а не як збірник прикладних рецептів з землемірства. Найважливішою заслугою Піфагора вважається систематичне введення доказу в математику, і, насамперед, у геометрію. *Тільки з цього часу математика і починає існувати як наука, а не як зібрання старогрецьких і старовавілонських практичних рецептів. І взагалі, з народженням математики народжується і наука, тому що, за визнанням Леонардо да Вінчі, ні одне людське дослідження не може називатись істинною наукою, якщо воно не пройшло через математичні докази. Емануїл Кант з цього приводу писав, що у кожній науці рівно стільки істини, скільки в ній математики.*

Таким чином, геометрія стала наукою тільки після того, як в ній почали систематично застосовувати логічні докази, почали виводити геометричні припущення не тільки шляхом безпосередніх вимірів, а й шляхом висновків, шляхом виводу одного положення з іншого і встановлювати їх у загальному вигляді. *Це переворот в геометрії і він пов'язаний з ім'ям Піфагора.*

Біографія Піфагора оточена ореолом чудових легенд і міфів. В них він постає як забіяка і переможець у кулачних боях на Олімпіаді або як вмільний пропагандист аскетичного образу життя. Одна з легенд стверджує, що коли він завершив теорему, що носить його ім'я, то в жертву Зевесу приніс 100 волів (легенда почала розростатись з одного вола). Кажуть, що з того часу усі тварини бояться розумних думок. Але ще Ціцерон відмітив, що всяке пролиття крові не було властивим статусу піфагорейського ордена. Легенда міцно зрослась з теоремою Піфагора і привертає увагу навіть через дві з половиною тисячі років.

Щодо теореми Піфагора, яку добре знає кожен школяр. Вона виявлена: в різних часткових задачах і кресленнях єгиптян ще за 2000 р. до н.е.; у вавілонських клинописних табличках у XVIII ст. до н.е.; у XII ст. до н.е. властивості єгипетського трикутника знали китайці. Але теорема “квадрат гіпотенузи дорівнює сумі квадратів катетів” назавжди і у всіх, хто вивчав математику, пов'язана з ім'ям Піфагора.

Вчення Піфагора та його учнів охоплювало гармонію, геометрію, теорію чисел, астрономію. Звичайно, окремі теореми приписані Піфагору. Вони були відомі вавілонянам. Але його Школа зробила надто багато, щоб надати геометрії характер науки. Головна особливість методу Піфагора полягає у поєднанні геометрії з арифметикою. Йому належить спосіб розв'язання задач, який зводиться до квадратних рівнянь; доказ того, що всяке непарне число є різницею двох послідовних квадратів:  $2^2-1^2=3$ ;  $3^2-2^2=5$ ;  $4^2-3^2=7$ ... і

т.д. Багато уваги Піфагор звертав на заняття пропорціями і прогресіями, подібністю фігур.

Вищезгадане – лише невелика частка того, що характеризує Піфагора як науковця. Наприкінці 5 ст. до н.е. у Греції прокотився демократичний рух. В одному з народних повстань Піфагор загинув. Його Школа перестала існувати. Учні Школи розселилися по містах Греції та її колоніях, викладали арифметику і геометрію. До нас не дійшли записи відкриттів Піфагора. Про його вчення відомо з перекладів Платона, Аристотеля, Геракліта та інших.

### Послідовники Піфагора



*Діофант*

Грецька математика як наука суворого доказу теорем, що сформульовані у загальній формі, віддзеркалена в працях Гіппократа Хіоського. Наприкінці V ст. до н.е. він написав книгу, де виклав основні положення планіметрії (геометрія на площинах). Вона не збереглася. Дослідження показали, що систематизована праця з математики Гіппократа Хіоського стала складовою частиною чотирьох книг «Начал» Євкліда під назвою «Планіметрія».

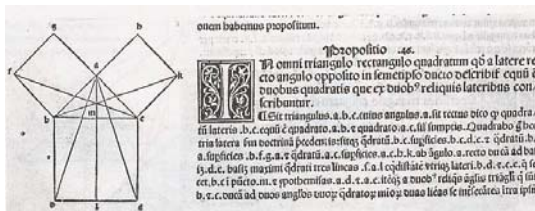
З усіх математичних наук елліни віддавали перевагу геометрії. Багато з них знаходились під впливом філософії Платона, що вважав геометрію наукою, якою гідні займатись тільки представники інтелектуальної еліти суспільства. В таких умовах геометрія перетворилась у своєрідну гімнастику розуму, в мистецтво, а її практичне застосування вважалось принизливим, профанацією цього мистецтва. З цієї причини розвиток арифметики і алгебри, як дисциплін практичних, наштовхувався на серйозні перешкоди. Безперечно, грекам довелось займатись і питаннями алгебри і арифметики, але у такому випадку їм «надавались геометричні форми». Як релікт такого підходу в сучасній мові залишилися визначення типу «піднести до квадрату» або «до кубу». Одночасно греки сприяли впровадженню в розрахунки буквених позначень і тим самим - розвитку алгебри. Старогрецькі математики позначали точки, прямі й площини прописними буквами, а цифри - рядковими.

Докорінні зміни в старогрецькій математичній традиції здійснив видатний математик з Александрії Діофант (III ст. до н.е.). Це був перший вчений, який зайнявся переважно алгеброю. Він переніс до грецької науки досягнення вавілонян в галузі алгебри. Головна його праця «Арифметика» складалась з 13 книг, шість з яких збереглися. Вчений розв'язав рівняння до третього ступеня включно.

Використовував більшу, ніж вавілоняни, кількість невідомих, і позначав невідомі буквами. Він користувався спеціальним символом для віднімання і увів до вживання скорочені слова для окремих позначень і дій.

Таким чином, Діофанта можна вважати автором першої алгебраїчної мови. Праці Діофанта принесли найбільшу користь тоді, коли на небосхилі з'явилися зірки першої величини: П.Ферма (XVII ст.), Л.Ейлер і К.Гаусс (XVIII ст.). Праці Діофанта згодом стали вихідною точкою досліджень в галузі теорії чисел цих знаменитих вчених.

Попередники Євкліда – Фалес, Піфагор, Гіппократ Хіоський, Аристотель та інші багато зробили для розвитку математики. Але це були окремі фрагменти, а не єдина логічна схема. Нові проблеми і створені у зв'язку з цим теорії привели до того, що



Перша сторінка "Начал" Євкліда

удосконалювались самі способи математичних доказів, зростала потреба створення гармонійної логічної системи в геометрії. Але будувати таку систему, спираючись на доказ кожного з попередніх доказів,

є громіздким, і такі посилення можуть продовжуватись до нескінченності. Цю обставину помітили грецькі математики, і не пізніше IV ст. до н.е. ними було знайдено вихід з такого положення. При побудові геометрії грецькі математики вибирали положення, які приймалися без доказів, а всі інші виводили з них суворо логічно. Положення, що прийняті без доказів, стали називати аксіомами і постулатами.

## Євклідова геометрія

Найбільш досконалим зразком математичної теорії протягом 2000 років були «Начала» (латинізована назва «Елементи») Євкліда. Головну працю свого життя він написав, імовірно біля 325 р. до н.е., для учнів математичної школи, яку заснував у Александрії Єгипетській. «Начала» складаються з 15 книг, побудованих за єдиною логічною схемою. В них систематизовані всі математичні



Євклід

досягнення того часу. Викладені основи античної математики, геометрії, способи визначення площ і об'ємів різних фігур і тіл, основи геометричної алгебри, наведені основні аксіоми. Кожна з книг починається визначенням понять (точка, лінія, площина, фігура і т.п.), які в ній використовуються, а

потім на основі 5 аксіом і стількох же постулатів, які приймаються без доказу, будується вся система геометрії.

«Начала» Євкліда відображають викладення тієї геометрії, яка відома під назвою Євклідової геометрії. Вихідними постулатами грецький вчений обрав ті положення, які можна перевірити найпростішими побудовами за допомогою циркуля і лінійки. Ним прийняті також деякі загальні аксіоми-положення, наприклад, що *“дві величини, які поодиноці рівні третій, рівні між собою”*. На основі таких постулатів і аксіом Євклід суворо і систематично розвинув усю планіметрію. В «Началах» він описує метричні властивості простору, які сучасна наука називає Євклідовим простором.

Євклідів простір є ареною фізичних явищ класичної фізики, основи якої закладені Галілеєм і Ньютоном. Цей простір порожній, безмежний, ізотропний, що має три виміри. Євклід надав математичної визначеності атомістичній ідеї порожнього простору, в якому рухаються атоми. Найпростішим геометричним об'єктом у Євкліда є точка, яку він визначає як те, що не має частин. Іншими словами, точка - це неподільний атом простору.

Нескінченність простору Євклідом характеризується трьома постулатами:

- від всякої точки можна провести пряму лінію;
- обмежену пряму можна безперервно продовжити по прямій;
- з усякого центра і всяким розхилом може бути описане коло;

Вчення про паралельні і знаменитий п'ятий постулат (*“Якщо пряма, яка падає на дві прямі, утворює внутрішні і по одну сторону кути менше двох прямих, то продовжені необмежено ці дві прямі зустрінуться з тієї сторони, де кути менше двох прямих”*) визначають властивості Євклідового простору і його геометрію, відмінну від неєвклідових геометрій.

Прийнято казати, що після Біблії «Начала» є самим популярним пам'ятником древності. У них чудова історія. Протягом двох тисяч років книга Євкліда була настільним посібником школярів, використовувалась як початковий курс геометрії. «Начала» користувались виключною популярністю і з них можна було зняти багато копій працелюбними писарями в різних містах і країнах. Пізніше «Начала» з папіруса перейшли на пергамент, а потім на папір. Протягом чотирьох століть твір Євкліда публікувався 2500 разів: щорічно в середньому виходило 6–7 видань. До ХХ ст. книга вважалась основним підручником з геометрії не тільки для шкіл, а і для університетів.

«Начала» Євкліда були досконально вивчені арабами, а пізніше європейськими вченими. Вони були перекладені на основні мови світу. Перший переклад англійською мовою було зроблено у 1570 р.

Безумовно, не всі особливості Євклідового простору були відкриті відразу, а в результаті багатовікової роботи наукової думки. Відправним пунктом стали «Начала» Євкліда. Знання основ Євклідової геометрії сьогодні є необхідним елементом загальної освіти в усьому світі. Можна безпомилково стверджувати, що Євклід заклав основи не тільки геометрії, а і всієї античної математики.

Тільки у XIX ст. дослідження основ геометрії піднялись на нову, більш високу сходинку. Вдалось виявити, що Євклід перерахував далеко не всі аксіоми, які потрібні для побудови геометрії. Насправді вчений при доказах ними користувався, але не сформулював. Згадане ніяк не принижує ролі Євкліда, який перший показав, як можна і як треба будувати математичну теорію. Він створив дедуктивний метод, що увійшов у математику. А це означає, що всі наступні математики певною мірою є учнями Євкліда.

Євклідова геометрія не могла вирішувати ті задачі, які сьогодні можна визначити як фізичні. Для того щоб фізика прийняла сучасний вид, їй потрібно було стати математичною наукою, тобто фізикам потрібно було оволодіти методами математики. Для цього самій математиці треба було досягти певного теоретичного рівня. Історично склалося так, що теоретична геометрія досягла його раніше інших розділів математики. І за самою природою могла бути пристосована, насамперед, до задач механіки і оптики.

Євкліду належить (так стверджується) перша спроба перенести суворі математичні міркування з абстрактних, не існуючих реально предметів (геометричних тіл і фігур) на природні явища - механічні і оптичні. До нашого часу збереглося всього три уривки з рукопису Євкліда з механіки. Вони, імовірно, входили до одного трактату. Ці уривки відображають розвиток ідей, викладених у грецькому трактаті III ст. до н.е. «Проблеми механіки». Це найбільш стародавній відомий нам твір з механіки. Його авторство довго приписували Аристотелю. «Проблеми механіки» дали привід для багатьох античних і середньовічних коментаторів, що визначили теоретичні контури цієї науки аж до Галілея.

Рукопис Євкліда з механіки відмінний від «Проблем механіки» головним чином тим, що він прагнув надати чисто якісним твердженням «Проблем механіки» систематизовану математичну форму визначень, аксіом і теорем. Євклід спочатку вивів співвідношення, що пов'язує силу, вагу і відстань в даному середовищі, в якому дане тіло знаходиться або через нього проходить, а потім намагався вивести з нього закон важеля.

Ту ж манеру викладення Євклід зберіг і у праці «Оптика». Вона заснована на теорії зору Платона, згідно з якою зорове відчуття виникає від дотику «променів зору», що випускають очі, з променями, які випускає об'єкт (ця помилкова думка з точки зору

атомістики була спростована арабським вченим X—XI ст.ст. Альхазеном (Абу Алі Хайсама). Євклід дає постулат: “Прямолінійність розповсюдження «променів зору» та ідентичність розмірів предмета і його відображення в тому випадку, коли предмет лежить на поверхні дзеркала”. З цього він вивів теорему: “Відстань, яку промінь проходить від ока до дзеркала, так само відноситься до відстані, яку промінь проходить від дзеркала до предмета, як висота предмета – до висоти ока над дзеркалом”. Одним з наслідків цієї теореми виявляється закон рівності кутів падіння і віддзеркалювання, відомий грекам ще задовго до Євкліда.

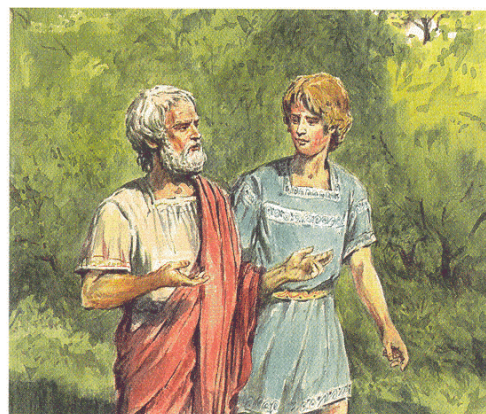
Ще більших успіхів, ніж Євклід, у додатку геометричних побудов до задач механіки досяг Архімед.

### Аристотель

Найбільш виразною рисою науки раннього періоду Давньої Греції була її цілісність. У зв'язку з цим аж до кінця V століття до н.е. вона одержала назву наука «Про Природу». За змістом вона охоплювала всі відомості про знання того часу. Основне її покликання було в поясненні виникнення та побудови Всесвіту. Наука «Про Природу» була невіддільна від філософії. Тому їй дали назву «Натурфілософія». Античні філософи висунули ряд гіпотез, які стали визначними в історії науки. В наступний період натурфілософія почала іменуватись фізикою або фізіологією, тобто вченням про Природу. На розвиток античної науки вплинула філософська думка Стародавньої Індії.

Є підстави вважати, що її вплив виявився на науковій діяльності грецького філософа і мислителя Аристотеля (384-322 рр. до н.е.) – учня академії Платона в Афінах. Завдяки своєму таланту Аристотель став самим блискучим учнем афінської академії, де провів 20 років. «Аристотель – душа моєї школи», так характеризував свого учня Платон. Творчість Аристотеля проходила в період розвитку еллінської культури. Її зміст якнайкраще дає можливість побачити зв'язок між культурою Античності і сучасною цивілізацією. Логіка Аристотеля стала впливовою у європейській науці. Спробуємо хоча б стисло познайомитись зі спадкоємністю особи, ідеї якої визначили напрямки розвитку античної науки від Античності до Нового часу.

Науково-філософська система Аристотеля була найвищою точкою розвитку і одночасно завершальною стадією науки «Про Природу». На відмінність від вчених Сходу, інтерес яких до Природи проявлявся лише заради





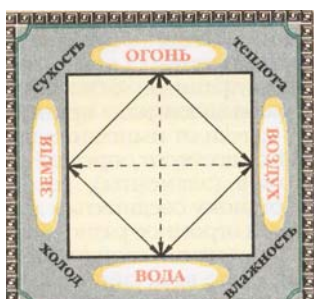
практичних цілей (приготування ліків, наприклад), древні греки, в тому числі й Аристотель, прагнули до фундаментальних знань. Цей вчений став не лише засновником біологічної науки, її систематизатором. Праці Аристотеля протягом багатьох століть були джерелом теоретичної думки і наукового знання. Він поєднав філософію свого вчителя Платона з вченням Демокріта. Заснував філософську школу.

У Македонського царя Пилипа протягом трьох років був вихователем його сина Олександра, майбутнього полководця і державного діяча. Аристотель не прагнув з нього зробити філософа. Головним засобом виховання була поезія. Олександр часто згадував: «Я шаную Аристотеля як і свого батька, тому що якщо батькові я зобов'язаний життям, то Аристотелю – тим, що дає йому цінність». Відзначимо, що в своїх політичних поглядах Аристотель виходить з розуміння людини як «суспільної тварини», сферу життя якої складає сім'я, суспільство, держава. Державу, як і економіку, він розглядав реально: державний діяч не може чекати, коли будуть створені ідеальні політичні умови, а повинен, виходячи з можливостей, найкраще керувати людьми – такими, які вони є, і насамперед проявляти турботу про фізичний і моральний стан молоді.

Можна припустити, що наставництво Аристотеля багато в чому підвищило рівень культури в цілому не лише майбутнього видатного полководця. Він зробив істотний вплив на підвищення ролі науки в період свого правління. Імовірно, Аристотель прищепив любов Олександра до медицини. Він вважався непоганим лікарем і в походах часто давав своїм офіцерам медичні поради. Список «Іліади», підготовлений філософом, Олександр завжди зберігав при собі і ховав під подушку разом з кинджалом.

Твори Аристотеля відносяться до усіх галузей знань того часу: логіки, зоології, ембріології, психології, ботаніки, географії та інших. Його прийнято характеризувати як саму енциклопедичну фігуру Античності, а епоху Олександра вважають епохою Аристотеля. Коли той розпочав свої завойовницькі походи, Аристотель намагався прищепити Олександрові думку про принципову відмінність греків і не-греків. Останній на Близькому Сході перешкоджав перемішанню пришлого, грецького і місцевого населення. Крім того, він уявив себе деспотом-напівбогом, вимагав від своїх друзів і соратників відповідних почестей. Коли Олександр стратив свого племінника (історіограф Олександра) за те, що той відмовився визнати перетворення македонського монарха у фараона, відносини між колишнім учителем і колишнім вихованцем стали прохолодними.

Аристотель зібрав і систематизував величезний науковий матеріал своїх попередників з усіх галузей знань. Зробив критичний його аналіз кризь



призму своїх філософських поглядів. Сам здійснив цілий ряд спостережень. Аристотель як універсальний мислитель не тільки володів сукупністю знань свого часу, але й заклав основи відомих нам сучасних наук. Усі накопичені до початку IV ст. до н.е. наукові знання вчений розділив по окремих галузях і об'єднав їх у самостійні науки. Аристотель дав їм назви: ботаніка, фізика, біологія, ембріологія, зоологія, політика та інші, що стали для нас звичними. Це значне досягнення у розвитку світової науки. Його ідея класифікації наук сьогодні є основою для логіки. Спадкоємність Аристотеля настільки обширна, що неможливо охарактеризувати всі її розділи.

Діоген Лаертський стверджує, що Аристотелю належить біля 350 творів і 14 книг листів до Олександра Великого, Пилипа II та інших. В них розглядались самі різні питання природознавства і культури. До нас дійшла лише четверта їх частина. Ранні роботи Аристотеля, що написані в академії Платона, не збереглися зовсім.

Важливо відмітити, що головні напрямки думки Аристотеля істотно визначили подальший розвиток європейської філософії. Після поділу на науки він продовжував називати філософією всю сукупність науково-теоретичного знання про дійсність. Ним уведено назви: «перша фізика» (згодом вона стане «метафізикою») і «друга філософія» (її він називав «фізикою»).

Передумовою пізнання у Аристотеля була Природа. «Фізична філософія», або наука «Про Природу» займає в його працях домінуюче місце як за обсягом, так і за детальністю вивчення. У фізичних трактатах «Фізика», «Про виникнення і знищення», «Про небо», «Про метеорологічні питання», «Механіка» та ін. грецький вчений виклав свою уяву про Природу і рух.

Аристотель був прихильником геоцентричної картини світу. В його уяві Земля займає центр Всесвіту, що є вічним. Тлумачення щодо виникнення Землі, води, повітря і вогню є не що інше, як своєрідна система елементів і комбінація первинних якостей Природи. Погляди на Всесвіт, як вже згадувалось, Аристотель виклав у своїй космології, яка була панівною в науці аж до Коперника. У центрі космологічної картини світу у Аристотеля є нерухома Земля. Вона оточена сферами елементів, планет і нерухомих зірок. Важливо, що весь космос поділений на дві сильно відмінні одна від іншої частини - підлунну і надлунну. Саме у підлунній частині все складається з двох пар протилежностей: тепле/холодне і сухе/вологе. Така побудова елементів пояснює їх взаємоперетворення і численні зв'язки космоса і людини. Частина цих зв'язків показана на діаграмі.

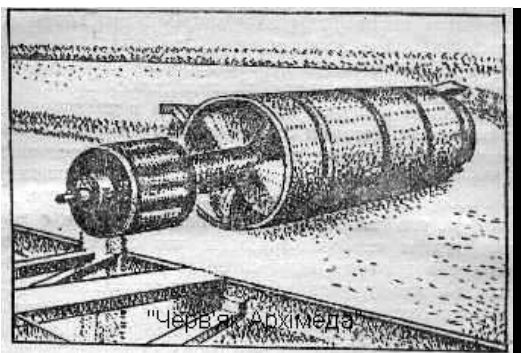
Усі ці зв'язки зустрічаються у Аристотеля. Найбільш повно вони представлені у творах лікаря і філософа Галена. Такі натурфілософські схеми були розповсюджені аж до Нового часу,

коли наука, яка народилась, відтиснула їх на узбіччя культури. Аристотель стверджував, що ключем до розуміння навколишнього світу є фізика. Але уява в нього про неї була не такою, яку ми маємо сьогодні. Для нас фізика – це закони руху неживої матерії. Аристотель фізику розумів як природу всякої речовини, здатної розвиватись, а також і те, як вона веде себе в нормальних умовах. Його фізика містила окремі правильні положення. Але вона не визнавала ідеї геліоцентризму і атомістики.

Аристотелізм – вчення послідовників Аристотеля – був впливовим аж до наукової революції XVII ст., коли відкриття у природознавстві дали можливість Ньютону сформулювати фізичну картину Всесвіту (ньютонівська теорія простору і часу), яка тривалий час була панівною в науці .

## Архімед

Кожен учень школи знайомий з афоризмами Архімеда Сіракузького (287-212 рр. до н.е.): «Винайшов» («Еврика») і «Дай, де стати, і я посуну Землю». Надзвичайна популярність Архімеда не лише в його діяльності при обороні Сіракуз. В історію він увійшов як механік, математик, астроном, фізик, інженер. Архімед є однією з найвеличніших фігур грецької математики й механіки і останнім з самобутніх вчених Античного світу. Його діяльність показує, наскільки близько наука періоду, коли він творив, своєю спрямованістю і духом підійшла до науки сучасності. Ціцерон дав таку оцінку Архімеду – в його голові було більше геніальності, ніж може вмістити людська природа. Він є одним з тріади видатних вчених усіх часів, хто своїми роботами, як вчений та інженер, вплинув на розвиток і прогрес світової цивілізації.



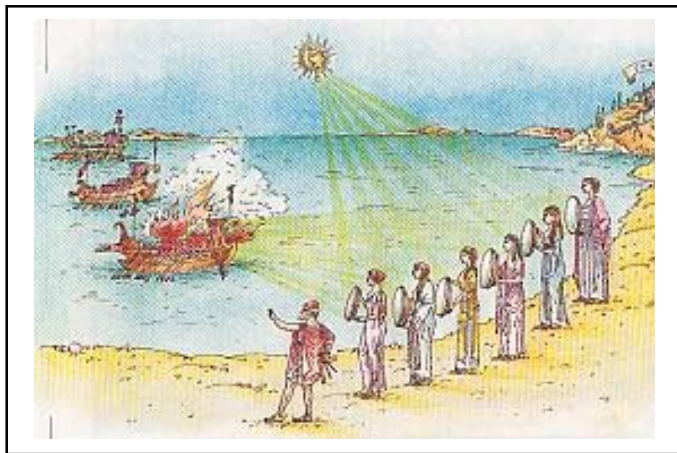
*Черв'як Архімеда», який працював у Криму ще у 20-х роках*

Порівняно недавно найбільш відомим вченим світу розіслали анкету з проханням скласти список природодослідників усіх часів і народів з урахуванням важливості їх праць для розвитку цивілізації. На перші три місця респонденти поставили Архімеда, Ньютона і Чарльза Дарвіна. Хто ж ця людина, якій інтелектуальний колір нашої

планети одноголосно відвів першу позицію у своєрідній ранговій структурі? Що ж зробив Архімед для людства, коли його визнано самим великим вченим усіх часів?

В усіх названих галузях його спадкоємність багата. Архімед перевіряє і створює теорію п'яти механізмів, відомих в його час, що мають назву «прості механізми». Це – важіль, клин, блок, безконечний гвинт і лебідка. Його наукові досягнення пов'язані з потребами практики. Вони використовувались майже в усіх видах машинної техніки того часу. Зокрема, при створенні блоків і лебідок, зубчатих передач, ірригаційних і військових машин.

Основна частина життя Архімеда проведена в Сіракузах. Але він довго жив і навчався в Александрії, де, імовірно, отримав освіту. Навчання у Мусейоні, можливо, визначило його інтереси і методи дослідження, і форму подання результатів. Наукова діяльність Архімеда з молодих років присвячена механіці. До цієї ж науки він повернувся на схилі років. Архімед, як і Євклід, багато займався математикою, але, крім того, він був видатним інженером і винахідником. Ним створені машини для зрошення полів, водопідйомний гвинт, важелі і блоки для піднімання великих вантажів, багатоступінчастий редуктор. Водопідйомний гвинт для подачі води використовувався протягом двох тисяч років. У двадцяті роки ХХ ст. в Криму можна було побачити такий механізм, за допомогою якого відкачували густий соляний розчин.



Під час другої Пунічної війни Архімед не лише очолив оборону від римлян рідного міста Сіракузи. Його металеві машини лякали ворогів. Вони кидали каміння на будь-яку відстань до ворога. Навколо Архімеда ходили легенди. Серед них і та,

як Архімед за допомогою дзеркал спалив ворожий флот.

У XVIII ст. французський природодослідник Бюффон, а у 70-і роки ХХ ст. грецький інженер Сакас спростували цю легенду. Вони провели досліди і довели можливість за допомогою віддзеркалення променів Сонця запалити лодки римлян, які знаходились за п'ятдесят метрів від берега.

Близьким до сучасності ми бачимо Архімеда як математика. Він вперше в історії обчислив площу еліпса і параболічного сегмента, конуса і кулі, їх об'єми, а також сферичного сегмента. Вичислив площі різних фігур та їх частин. Архімед знайшов, що об'єм конуса і циліндра, які мають однакові основу і висоту відносяться як 1:3. А об'єм циліндра і вписаної у нього кулі – як 3:2.

Останній результат вчений вважав настільки важливим, що заповідав відбити його на своїй могильній плиті.

Архімед досліджував спіраль, яка була названа його ім'ям. Показав, як побудувати до неї дотичну і знайти площу її витка. Використовуючи і удосконалюючи методи Євдокса, Архімед з великою точністю вичислив  $\pi$  — відношення довжини окружності до її діаметра. Воно виявилось цілком задовільним для практики того часу, воно використовується і сьогодні. Центральне місце в математичних дослідженнях Архімеда займають роботи зі знаходження площ і об'ємів шляхом розроблених ним методів. Розв'язуючи такі задачі, він використав методи, які через два тисячоліття розвинулись в інтегральне обчислення. Архімедом започатковано вчислення безконечно малих величин, якими Ньютон революціонізував науку.

У фізиці грецький вчений дав визначення центра ваги та показав, яким чином його можна знайти для різних фігур і тіл. Архімеду належить математичний висновок закону рівноваги важеля. У гідростатиці він сформулював закон про виштовхну силу. Архімед нам відомий і як астроном. Він спорудив небесний глобус, що став прообразом сучасного планетарія. Коли Цицерон побачив «сферу архімеда» – модель, яка показувала рух небесних світил навколо Землі, то він вигукнув: «Цей сицилієць володіє генієм, якого, здавалось би, людська голова не може досягти».

Архімед написав ряд наукових праць. Серед його творів такі, як: «Про спіраль», «Про вимір кола», «Про число піщинок», «Про шар і циліндр». Трактати «Про центри ваги» і «Про ваги або важелі», в яких Архімед найбільш повно виклав основи своєї механіки. До нас вони не дійшли. Повністю, або уривками збереглись його твори «Про рівновагу плоских тіл», «Про квадратуру параболи», «Про тіла, які плавають», «Посланіє до Ератосфена про деякі теореми механіки», з яких ми повністю можемо скласти уяву про його погляди. Архімед отримав блискучі результати у розв'язанні традиційної проблеми квадратури кола. Зокрема, він встановив такі співвідношення:

площа кола дорівнює площі прямокутного трикутника з катетами, рівними довжині кола і його радіуса;

площа кола так відноситься до площі описаного на ньому квадрата, як 11:14.

Рішення згаданих проблем не вичерпує творчості Архімеда, а являє собою тільки невелику частину його праць. Варто згадати, наприклад, про роботу Архімеда «Начала», присвячену викладанню основ арифметики, або його праці про багатогранники, обмежені багатокутниками (наприклад, рівнобедренними трикутниками і п'ятикутниками).

У трактатах Архімеда з механіки закладені теоретичні основи статички: в них вперше сформульовано поняття центра ваги і подано доказ закону важеля, більш загальне і математично суворо, ніж наведене Євклідом. Незважаючи на інтерес Архімеда до науки я тієї, що має прикладне значення до техніки, рідкісну винахідливість, його праці підкреслено теоретичного, математичного характеру. Головні поняття сформульовані у визначеннях, які пов'язуються аксіомами. Потім з цього приводу робляться неочевидні ствердження у формі пропозицій і теорем.

У трактаті «Про тіла, які плавають» спосіб міркувань більш фізичний, ніж в трактатах з механіки, а сам відомий закон Архімеда набагато ближче до фізики, ніж підкреслено геометричний закон важеля. В основі закону Архімеда був експеримент (при занурюванні тіла у воду воно стає легше), підтверджений потім теоретичними висновками і розрахунками. Тому спостереження Архімеда у ванні інколи називають першим фізичним експериментом, а його закон – першим фізичним законом. Існує популярна притча, що пов'язана з відкриттям цього закону. Кажуть, сіракузький цар Гієрон звернувся з проханням до Архімеда перевірити, чи не домішав золотих справ майстер срібла до золотої корони, яку той виготовив на замовлення царя. Архімед довго думав, як виконати його бажання. Якось, сидячи у ванні, відчув, як його тіло, що занурюється у воду, стає легшим. Так раптово він відкрив те, що сьогодні зветься законом Архімеда. Приголомшений відкриттям, Архімед наче б то вискочив з ванни і з криком «Еврика!» («Винайшов») голим вибіг на вулицю. На основі цього закону Архімед легко міг визначити, чи є в золоті корони домішки срібла. Достатньо було порівняти питому вагу корони з питомою вагою золота, щоб визначити, не тільки наявність домішок, але і кількість срібла в короні.

Як відомо, Архімеду належать слова: «Дай, де стати, і я посуну Землю». Це було сказано ним з приводу будівництва за наказом Гієрона чудового трьохмачтового корабля, якого робітники не могли спустити на воду, оскільки він виявився надто важким. Архімед легко розв'язав задачу за допомогою системи блоків, встановлених на суші на деякій відстані від корабля.

Як і Євклід, Архімед цікавився не тільки механікою, а і оптикою. Однак його трактат з оптики не зберігся. Але добре відомо, що вчений намагався з'ясувати: чому у плоских дзеркалах предмети зберігають свою натуральну величину, випуклі - зменшують, угнуті - збільшують? Чому угнуті дзеркала, що виставлені проти Сонця, запалюють піднесений до них трут і т.д.

Праці Архімеда є великим досягненням Античного світу. Його математичні міркування вийшли далеко за межі елементарної геометрії і вимагають навіть певних знань в галузі математичного аналізу. У своїх



*Архімед і легіонер*

працях грецький вчений здійснив революційний перехід від якісних міркувань про рівновагу і рухи до математичної науки, яка поєднує фізичні сутності суворим законом. Твори Архімеда залишались

практично невідомими протягом середньовіччя і раннього Відродження. Інтерес до його праць виник тільки у XVI ст. Уведені тоді в механіку «архімедівські традиції» стали одним з елементів побудови механічної науки Нового часу.

Архімед як вчений набагато виперидив свій час. Його наукові погляди відзначаються послідовністю і безкомпромісністю. Незважаючи на те, що після його смерті минуло понад дві тисячі років, ми все ще захоплюємося досягненнями геніального Архімеда. На небосхилі науки він – зірка першої величини.

Мислителів такого рангу ми можемо побачити тільки в епоху Відродження. А якщо говорити про фізико-математичні науки, то наступники його з'явилися лише у XVII ст.

## АНТИЧНА ТЕХНІКА

Одним із найдивовижніших відкриттів людства є автоматичні пристрої і системи для управління механізмами, машинами, комплексами. Перші з них створені понад три тисячоліття тому. Вони почали бурхливо удосконалюватись в середньовіччі і вже в наші часи досягли високого рівня в багатьох сферах людської діяльності. Історія людства зберегла для нас немало відомостей про дивні спорудження глибокої давнини. Але тільки тому, що в них використовувались складні механізми і автомати, можливість їх існування підлягала сумніву. Така думка значною мірою принижує оцінку технічних знань народів Середземномор'я.

Про технічні досягнення Греції та Риму в літературі дуже мало позначено, в тому числі й у дослідженнях істориків. Переважна

більшість істориків науки стверджує, що в античній цивілізації техніка не займала такого центрального положення, яке вона сьогодні займає в нашій культурі. Але геніальними винахідниками еллінської древності були саме греки. Вони завжди були сильніші в теорії, ніж у практиці. Грецька цивілізація, як переконливо доводить італійський вчений М.Джуа, не могла презирливо ставитись до прикладних знань. Якби це відповідало дійсності, то вона не змогла б укріпитись і вести переможну збройну боротьбу з народами, які були знайомі з використанням технічних процесів. Це вже практичні римляни майже нічого не внесли у розвиток техніки, а багато чого і забули.

Під час безперервних війн відбувалось нічим не виправдане руйнування творінь людей стародавнього світу і до нас дійшли лише руїни міст і храмів, знівечені статуї й автоматичні пристрої. Це утруднює розкриття секретів геніальних творців зодчих, скульпторів, художників, інженерів. Тільки в епоху Відродження графіти, що збереглися на стінах, і художні розписи колон допомогли наступним поколінням шляхом реконструкції відновити деякі чудові творіння минулого у вигляді композицій, що відображені малюнками і макетами.

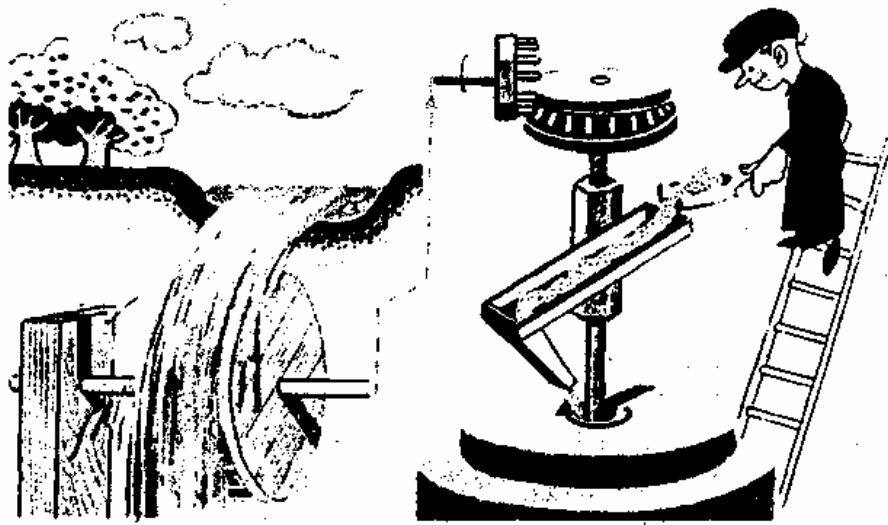
Відомо, що у свідомості народів людина обожествлялась, жреці могли творити “чудеса” не тільки з фігурами богів у людському обличчі, але і з живими людьми. Збереглися відомості про те, що на початку VI ст. до н.е. в єгипетських храмах під час урочистих служб здійснювалось “вознесіння” і “воскресіння” магів, астрологів і чародіїв. Для цього застосовувалась сама досконала на той час техніка, яка почала використовуватись в автоматах на декілька століть пізніше. На жаль, жоден з цих механізмів повністю не зберігся. Імена їх творців залишились невідомими.

У країнах Середземномор'я, на рівнинах Лівії, Нубії, Сирії і частині Аравійського півострова, поблизу рік з швидкою течією почалось будівництво млинів, а в Середній Азії, де дують сильні вітри – будівництво вітряних млинів. Будівництво водяних каналів, зведення потужних гребель і грандіозних водосховищ зі складними гідротехнічними спорудами для поливу полів вимагали виготовлення вантажопідйомних машин. Млини і вантажопідйомні машини багато століть обслуговувались тільки вручну, що приводило до травм, а інколи і до загибелі людей. Тому подальше удосконалення млинів і машин почалось з установлення на них додаткових самодіючих механічних пристроїв, що працювали без участі людини. Перші відомості, що дійшли до нас про механічні автомати, відносяться до VIII–VII ст.ст. до н.е.

Принцип їх дії в удосконаленому млині дуже простий. Зерно по похилому жолобу безперервним потоком надходило до центра



рухомого жорна, що оберталось навколо нерухомого. Кут нахилу жолоба вибирався таким, щоб насипане зерно у спокійному стані залишалось нерухомим, а при періодичних поштовхах жолоба зсипалось вниз. Для цього на осі жорна закріплювався дерев'яний шестигранник, який при обертанні, черкаючи стовп, похитував жолоб. Чим швидше здійснювалось обертання, тим частіше похитувався жолоб, і тим більше перемелювалось зерна. Внаслідок автоматично подавалась кількість зерна для помолу. Необхідно зауважити, що величина нахилу кута жолоба залежала від типу зерна (пшениця, кукурудза, горох і т.п.) і ступеня його вологості. Це забезпечувало високу якість помолу.



*Найпростіший автомат для регулювання подачі зерна на водяний млин*

У водяному або вітряному млині на осях водяного колеса або втулках лопатів встановлювались цівочні колеса, які зчеплювались з зубчатыми колесами, а їх вали розташовувались під прямими кутами. Створені передачі приводили до обертання осі з шестигранниками. Подібні конструкції на млинах проіснували понад 1500 років.

Відзначимо, що соціальні стосунки у Давній Греції, як і у Стародавньому Римі, були дуже відмінні від сучасних. Суспільство у цих країнах було побудовано на аристократичному принципі. Аристократичні кола Афін і Риму, де створені демократичні сфери правління, презирливо ставились до техніків. Навіть Платон не вважав за потрібне давати освіту ремісникам у своїй ідеальній демократичній державі. Хіба не є парадоксальним для цивілізації Стародавньої Греції, що медицина була віднесена до техніки, а лікаря вважали ремісником. Наскільки механіка допомогла медицині можна судити по чудово виготовлених лікарських інструментах, багато з яких збереглися у первозданному вигляді.

Кожне нове відкриття людина завжди намагалась використати в самих різних видах своєї діяльності. Так вийшло і з автоматами. У

Стародавньому Єгипті вони застосовувались у VI ст. до н.е. при проведенні релігійних культових обрядів у храмах з метою вражати яву людей страшними чудесами. Це сприяло зміцненню влади фараонів і жреців. У найбільш важкі роки життя єгиптян, що викликалися тривалими засухами або воєнними поразками, у храмах під час урочистих служб проводились «вознесіння і воскресіння» магів, астрологів і чародіїв, які у своїх заклинаннях вказували на проведення зовнішньої політики Єгипту в інтересах верховної влади. Такими «мудрими» діями жрецям вдалось довгі роки зберігати велич Стародавнього Єгипту і на багато тисячоліть відстрочити його повний розпад на окремі держави. Народ намагались тримати в послушності і у повному підкоренні фараонам і жрецям. При здійсненні обрядів жрецьями використовувалась сама досконала техніка, яку створювали кращі єгипетські вчені, що володіли секретами астрономії, механіки і хімії.

Блискучі перемоги Олександра Македонського надали йому можливість захопити всю Малу Азію, підкорити Палестину, Єгипет, Персію, Середню Азію і частину Індії. Величезна армія переможця розмістилась у воєнному таборі біля зруйнованого міста Ракотіса в дельті Нілу. Великий полководець вирішив будувати тут нову столицю, гідну його завоюванням – Александрію. Таке завдання він доручив архітектору Дегіпократу. Коли той розпочав будівництво, виникли великі труднощі. Але вони долались застосуванням механізмів і машин, за допомогою яких стародавні єгиптяни зводили храми. Механізми автоматів устанавлювались під підлогою храмів.

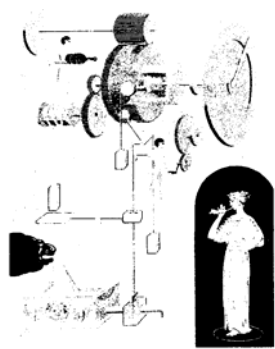
Після смерті Олександра Македонського один з його воєнноначальників Птолемеї I Сотер (367–283 рр. до н.е.) продовжив будівництво. Він доручив учневі Аристотеля Деметрію Фалерському створити в місті Александрії науковий і культурний центр, де б велись дослідження в галузі математики, механіки, астрономії, хімії, медицини, механізмів і машин, а також розвивались скульптура і живопис. Так вперше в історії людства було зведено «святилище муз» - Мусейон. Як вже згадувалось, тут працювали бажаючі отримати знання, які приїздили з різних міст Єгипту, Ассирії, Вавілону, Греції та Риму. Серед них і видатні механіки: Архит Тарентський, Філон Візантійський, Ктесибій.



*Автоматична система повороту статуї нереїди, яка відбиває склянки*

Досягнення самого крупного механіка Римського періоду Ктесибія (300–230 рр. до н.е.), а потім Герона (початок I ст. до н.е.) є досить значними.

Ктесибій спочатку був перукарем, але після навчання у Мусейоні досяг високих знань в механіці, автоматиці і машинобудуванні. Так, йому належить винахід ряду пневматичних пристроїв, зокрема, автоматичного пристрою, що видавав потужні звуки, коли відчиняли двері у храмах. Наявність шести труб різного діаметра, з з великого лантуха яких виходило гаряче повітря, надавало звучанню красиву тональність. Ним винайдено і водяний орган, в якому виконувались музикальні твори. Багато працював над удосконаленням водяного годинника (клепсідри) високої точності, в яком через тонку трубку за однаковий проміжок часу виходили водяні каплі. Ктесибієм виготовлено пожежний насос, який ще не так давно застосовувався для гасіння пожеж.



*Зубчасті механізми  
годинників  
Александрійського  
маяка*

У II–I ст. до н.е. в Мусейоні над вивченням рукописів плідно працював геніальний інженер і винахідник Герон Старший. Марк Вітрувій (I ст. до н.е.) повідомляє, що Герон демонстрував мешканцям Александрії свої автоматичні пристрої. За роботи в механіці, гідравліці, пневматиці, геодезії та автоматиці він отримав звання Герона Александрійського. Вперше в книгах “Механіка і вантажопідйомні машини”, “Пневматика”, “Військові машини” він виклав принципи дії механізмів, які приводились до руху силою падаючих тягарів, струменів води і пари. Багато уваги винахідник приділяв опису механізмів у самодіючих пристроях, які він називав автоматами, і способам їх застосування. Додамо, що Герон Александрійський у своїх автоматах використовував карданні підвіси і бронзові пружини свого вчителя Філона Візантійського. Він відзначався винятковою працездатністю. Створював усякі пристрої, що отримали практичне застосування, які і сьогодні викликають подив. Сучасники свідчили, що “йому підвласні механічні, пневматичні та гідравлічні мистецтва, які дають велику радість людям”. Довгий час ім’я винахідника багатьою винаходів було невідоме. Вчений і поет Б.Бадье видав грецькою мовою твори Герона Александрійського Старшого. Вчений і поет Італії Коммандіно у 1575 р. переклав їх латинською мовою. Наступні видання здійснювались у Амстердамі: 1680 року – латинською і 1688 року – німецькою мовами. В своїх книгах Герон дохідливою і ясною формою викладав принципи проектування механізмів, які здійснюють поступовий і коловий рух під впливом різних видів

енергії. У пристроях управління і в автоматах він застосовував зубчасті і черв'ячні передачі. Виготовлений ним автомат для продажу «святої води» використовується при продажі товарів покупцям. Пройдений автомобілем шлях сьогодні вимірюється приладом Герона, який ще у древності отримав назву «таксометр».

В середині I ст. до н.е. Герон продемонстрував жителям Александрії перший театр-автомат, де замість людей ролі виконували маріонетки. Автоматичний театр Герона, де розігрувалась одноактна п'єса, і сьогодні може бути зразком театрального мистецтва. Геніальному винахіднику вдалось створити прості безвідказно діючі автомати, що управляють з заданими перервами рухом усіх фігур, які беруть участь у виставі. Герон створив ще декілька театрів, які описав у своїй праці «Театр автоматів». Вона збереглася в оригіналі, переписана грецькою і арабською мовами. Креслення автоматів загублено.

Безліч підводного каміння і мілин, що змінювали своє розташування під впливом піску, який виносила ріка, створювали великі труднощі мореходам при вході кораблів у Александрійську гавань. Багато з них гинуло в непогоду і темними ночами. Для безпеки плавання Птолемей II доручив архітектору Сострату Кіндському (III ст. до н.е.) за короткий час спорудити маяк на острові Фарос. У 285 р. до н.е. Сострат з'єднав острів широкою дамбою з півостровом для того, щоб возити плити вагою понад 20 т. У 280 р. до н.е. будівля маяка була завершена. Над морем піднялась величезна башта висотою 152 м.

Старогрецький географ і історик Страбон описує маяк у своїй книзі «Географія». Він являв собою трьохярусну башню, що покоїлась на величезному подіумі. Вершину маяка вінчала статуя бога морів Посейдона, який тримав у правій руці тризубець. Коли появлялись ворожі кораблі, всередині тризубця спалахував факел. Чорний дим попереджував населення міста і землеробів про небезпеку.

На площах ярусів у нішах башти містились величезні статуї богів: прекрасної Амфітріди - дружини Посейдона; їх сина Трітона; старців Нерей і Протея, що володіли таємницями морської стихії. Вони стояли в оточенні юних дочок Нерей, які відблискували позолоченими фігурами. У 1995 р. при проведенні підводних робіт були знайдені і витягнуті на поверхню декілька пошкоджених статуй з Александрійського маяка. Шестиметрові статуї дівчат були встановлені на самій верхній площадці з боку моря уздовж стін башти. За легендами і міфами Давньої Греції нереїди оспівувались покровительницями мореходів, що дарували їм щасливе плавання. На фоні білих плит статуї гарно виднілись з кораблів і на великих

відстанях були добре видні. Вдень вони блискали на сонці, а вночі підсвічувались світильниками, які яскраво горіли.

Четверта нереїда вдень і вночі при туманах трубила в ріг, попереджуючи про близькість берега і мілини. Завдяки сигналам нереїд кораблі успішно підходили до міста і безпечно входили у вузьке гирло гавані.

Освітлювальні системи Александрійського маяка і автоматичні пристрої для управління рухом статуй перероблялись декілька разів. Так наприклад, механічні пристрої поворота статуй, що вимагали піднімання грузів руками людини, замінили пневматичними. Кожні півгодини для привертання уваги мореходів статуї «оживали» за допомогою автоматичних пристроїв.

Одна з них відбивала склянки, друга рукою показувала на стрілку, яка вказувала напрям вітру, третя звертала увагу мореходів на швидкість вітру. Грецькі інженери удосконалили стрілочні покажчики. Було встановлено великий циферблат, що показував напрямок вітру. Рука статуї піднімалась і опускалась, відслідковуючи рух стрілки покажчика.

Найбільші зміни в конструкції нереїд були внесені Героном Александрійським. Як керуючий пристрій він використав водяного годинника, що давало можливість створити регулюючі системи поворота статуй. Кожні півгодини одна з них біла у бронзовий дзвін, звуки якого поширювались далеко над морем. В автоматах, які керували статуями, Герон застосував механічні і пневматичні пристрої. Про їх складність можна скласти уяву, прочитавши його книги «Механіка і вантажопідйомні машини», «Пневматика».

Александрійський маяк був свідком багатьох морських битв. Ще у XIV ст. н.е. стіни маяка зберегли багато слідів від попадання каміння, ядер, стріл. Плити подіума і башта залишились покритими товстими шарами застиглих потоків смоли. З боку моря маяк, як фортеця, був неприступним понад 1380 років. Башта маяка простояла до середини XI ст. і тільки після сильних землетрусів поступово стала руйнуватись. У 1182 р. за свідченням арабів нижня частина башти підвищувалась над подіумом не більше як на 30 м, а у 1303 р. вона повністю зникла. Хвилі моря знищили подіум і велика споруда старовини загинула назавжди.

У той час, коли вчені Греції створювали геніальні механізми, правителі здійснювали свої плани. Римська імперія скористувалась слабкістю верховної влади Єгипту. Римські легіонери під проводом Юлія Цезаря вторглись в державу єгиптян і допомогли Клеопатрі VII (Єгипетській, 69-30 рр. до н.е.) – останній представниці династії Птолемеїв - утвердитись на престолі. Її жорстокість проявилась в усьому. Зупинились плідна інженерна діяльність в майстернях з конструювання і виготовлення саморухомих механізмів для храмів.

Понизився рівень освіти, скоротилась кількість вчених. Батьківщина великих відкриттів і великих винаходів поринула в безодню мракобісся і темряви. У 31 р. до н.е. біля мису Акцій, що біля берегів Північної Африки, римський імператор Октавіан отримав перемогу над Єгиптом. Колись велика держава перетворилась на одну із найвіддаленіших провінцій Римської імперії. Досягнення механіки та інженерного мистецтва тут не знаходять в широких колах ніякого визнання (за винятком побудови воєнних машин). Рабовласницька праця не вимушувала винаходити машини для заміни ручної праці. В таких умовах техніка не могла досягти якихось успіхів у Римі, якщо не враховувати водяного млина і будівельної майстерності. Наука, яка мала “годувати” техніку в Римській імперії, була мертвою.

Треба відзначити, що вчені, які отримали освіту в Мусейоні, несли знання не тільки в країни Середземномор'я, а і в Середню Азію, Індію. Цим вони істотно впливали на розвиток індійської і середньоазіатської цивілізацій, становлення культур в Японії і Південно-Східній Азії. В багатьох країнах світу продовжувались розробки і удосконалення автоматів, які залишили яскравий слід в історії науки і техніки. Ось декілька з них.

Мешканці міста Помпеї любили відпочивати поблизу фонтанів, що розташовані серед величавих і розкошних палаців. Вода, що падала струменем, охолоджувала навколишнє середовище. Влітку басейни пересихали і їх треба було заливати водою з відер. Пліній Старший (99-23 рр. до н.е.) запропонував автоматичні регулятори з легкого дерева, які плавали на поверхні, скріплені системою важелів. Залежно від рівня води в басейні вони відкривали або закривали стулки каналів для подачі води з річки.

Пліній Старший зробив для вікон датчик температури з чутливим елементом зі сплаву міді і срібла. Зі зміною температури пластина змінювала форму. Сполучені з нею важелі створювали зусилля, які відкривали або зачиняли вікна. Це було не що інше, як найпростіший кондиціонер, який був поширений в країнах Середземномор'я.

Вміння стародавніх вчених робити автомати, що здатні управляти від малих переміщень великими, показує на наявність накопиченого ними досвіду роботи з важельно-кулісними механізмами і гнучкими пластинами.

Видатний італійський архітектор і інженер Марк Вітрувій Полліон (друга половина I ст.) оволодів будівництвом водопадаючих машин з автоматами, що управляють висувними заслінками в похилих довгих коробах, через які вода з глибоких озер поступала у вириті водосховища. Залежно від кількості опадів два або три рази на рік вручну встановлювались короба на обраних місцях їх кріплення біля берегів озер. Як задаючі пристрої у автоматів Вітрувій

застосовував прапорці, які легко повертаються. Вони розміщувались під коробами віддалік від місця зливу, де на поверхні води не могли виникати завихрення. Прапорці зі зміною рівня води обертались або за годинниковою стрілкою, або проти неї. При низькому рівні води прапорець і пов'язана з нею шестерня, обертаючись, опускали донизу зубчасту рейку і закріплену з нею заслінку. Подача води збільшувалась. Як тільки вода піднімалась, прапорець із зубчатою рейкою піднімали заслінку догори, і надходження води зменшувалось. Якщо прапорець займав горизонтальне положення, то заслінка повністю закривала доступ води до водосховища.

Вітрувій побудував багато гарних палаців з ліпними прикрасами і басейнів на площах і в парках міста. За його вказівками рились канали, по яких вода надходила з водосховищ у міські басейни. Поверх каналів встановлювались автомати, які підтримували в басейнах постійні рівні води, що необхідні для нормальної роботи фонтанів.

У другій половині III ст. відомий вчений і будівельник великих водяних і вітряних млинів Папп на відмінність від своїх попередників вперше зробив спробу викласти свій досвід у восьми книгах «Математичного зібрання». Він виклав теоретичні основи математики, астрономії, механіки і дав ряд схем побудови різних машин з ручним і автоматичним управлінням.

В багатьох країнах Аравійського півострова, в Персії і Середній Азії постійно дмуть вітри. Тому Папп на вітряних млинах встановлював пристрої, які регулювали повороти лопатів залежно від швидкості вітру. Його автомати відрізнялись оригінальністю конструкцій. Вони містили зубчасті передачі, кулачки з штовхачами, регулятори поворота маховиків.

## ПРИРОДНИЧІ ТА ТЕХНІЧНІ НАУКИ СХОДУ ДО НОВОЇ ЕРИ І У СЕРЕДНЬОВІЧЧІ

### Індія

За тисячі кілометрів від Месопотамії і Середземного моря в глибоку давнину виникла і розвивалась цивілізація Індії. Тут у VI–II ст.ст. до н.е. сформувались філософські системи «Ньяя» і «Вайшешика». В них отримали розвиток уяви про атоми - вічні і неруйновані частки землі, води, повітря і води. Усі зміни в природі здійснюються внаслідок сполучення і роз'єднання атомів. Філософія Індії, як вже згадувалось, вплинула на розвиток Александрійської науки. Разом з тим на розвиток культури Близького Сходу впливала і елліністична наука. Незважаючи на це, древня культура Близького Сходу мала свої особливі риси, які ніколи не зникали. Важливими пунктами стику культур були Індія і Константинополь, який був столицею Візантійської держави, заснованої у 395 р. н.е. Константинополь - грецьке місто. Своім адміністративним впливом він охоплював обширні області, де греки склали невелику частину населення.

Протягом тисячоліття Візантія була поєднувальним ланцюгом між Сходом і Заходом. Вона оберігала грецьку культуру, борячись проти нападників зі Сходу, Півночі і Заходу. Месопотамія вже у II ст. н.е. стала незалежною від греків і римлян. Спочатку вона попала під владу парф'янських королів, а з 266 р. – під владу перської династії Сасанідів. Території, які межували з Індом, протягом декількох століть упралялись грецькими династіями. У I ст. вони зникли. Місцеві індійські королівства, які прийшли на зміну грекам, підтримували зв'язки з Персією і Заходом.

Політичне панування греків на Близькому Сході майже повністю зникло після раптового виникнення ісламу наприкінці VII ст. Ще у глибокій давнині населення басейну ріки Інд створило високорозвинену культуру. Вона не поступалась таким осередкам світової цивілізації, як Месопотамія і Давній Єгипет, а у цілому ряді випадків і перевершувала їх. Археологічні розкопки головних міст індійської цивілізації Хараппи і Мохендшо–Даро засвідчили високий рівень міського будівництва. Каналізаційна система тут була однією із самих досконалих на Стародавньому Сході. Деякі гідротехнічні споруди Давньої Індії стали прототипом сучасних конструкцій в Європі і Америці. Так наприклад, багатоарочна гребля поблизу Хайдарабада є прототипом сучасної залізобетонної греблі.

Хараппська культура (III–II тис. до н.е.) - є культурою епохи бронзи, яка поряд з міддю відіграла важливу роль у господарстві і



ремеслах. З цих металів вироблялось багато знарядь, зброя. Були відомі плавка, ковка і лиття металів.

Відомості про науку Індії першого тисячоліття до н.е. досить бідні. Є деякі дані про астрономію і математичні знання цієї епохи. Жреці проводили систематичні спостереження руху Сонця і Місяця. Були відомі арифметичні операції, включаючи дії з дробами. Виключним внеском у світову науку стало створення позиційної системи обчислення. Було побудовано таблицю синусів для визначення місцерозташування планет. Основні математичні знання відображені у «Сіддхандта» астрономічний трактат початку нашої ери.

Перше тисячоліття н.е. є періодом розквіту давньоіндійської культури. Високого рівня у IX–III ст. до н.е. досягла медицина Індії – анатомія, терапія, хірургія. Цінним джерелом вивчення стародавньої медицини стала «Аюрведа». Видатними лікарями свого часу були Джівака (VI–V ст.ст. до н.е.) і Чарака (I ст. н.е.). Порадник «Чарака-Самхіта» і «Сушрута-Самхіта» згодом були перекладені арабською мовою. Особливо треба відзначити високий рівень хірургічної майстерності. Створено понад 200 хірургічних інструментів, які мало чим відрізняються від сучасних. Медичні трактати Індії навчали як користуватись ланцетом, очищувати і сушити рани. Використовувалось обезболювання при операціях. Лікарі вміли знімати катаракту, робити трепанацію черепа, кесарів розтин. Індійські медичні знання і практика були розповсюджені у греко-римському світі.

У галузі медицини відоме ім'я Вагабахти (V-VI ст.ст.). Він є автором медичного трактату «Аштанга-Хрідайя». Викладав у Буддійському університеті. Інший вчений Індії Салхавакара є автором трактату з патології.

З розвитком медицини в Індії пов'язано накопичення і систематизація знань в інших галузях природничих наук. З'явилась класифікація рослин, оскільки вони мали лікувальне значення. Хімічні знання також пов'язані з фармакологією. Перші їх описи зустрічаються у розділах, які присвячені виготовленню ліків. Крім медицини джерелом відомостей з хімії була техніка виготовлення фарб, духів, цементів, сталі. Вона досягла високого рівня ще у Стародавній Індії. До V ст. відноситься написання перших творів під впливом китайської науки, що безпосередньо присвячені проблемам алхімічної теорії і практики.

Перші індійські тексти в галузі точних наук (300–400 рр.) – «Сіддханти», частина яких «Сур'я» добре збереглася і дійшла до нас. За змістом це, в основному, астрономія. Тут є епіцикли і шестидесятичні дроби. Можна припустити, що створені вони під впливом грецької астрономії епохи «Альмагесту». Можливо, тут є

контакт з вавілонською астрономією. Але «Сіддханті» мають багаточисельні типово індійські риси. «Сур'я Сіддханта» містить таблицю значень синуса.

Результати досліджень, які містяться у «Сіддхантах», систематично викладались в індійських математичних школах Центральної та Південної Індії. Нам відомі імена і книги окремих індійських астрономів і математиків, починаючи з V ст. н.е. Деякі з книг до нас дійшли у перекладі англійською мовою.

Найбільш відомим математиком і астрономом Індії був Аріабхата I (476-550 рр.). Ймовірно, він був знайомий з результатами досліджень греків, китайців і вавілонян. Свій трактат «Аріабхатизм» (499 рр.) вчений присвятив астрономії і математиці. В ньому викладені математичні відомості, які необхідні для астрономічних спостережень. Аріабхата I висловив думку про те, що Земля обертається навколо осі і навколо Сонця. У його творах зустрічаються витягнення квадратних і кубічних коренів з чисел, прості задачі на складання і розв'язання рівнянь, зокрема на розв'язання одного рівняння з двома невідомими у цілих числах, підсумовування кубів натуральних чисел. З геометричних відомостей наведено приблизне значення  $\pi = 3,1416\dots$ . На честь Аріабхати I, його ім'ям, названо перший індійський супутник Землі, що виведений на орбіту 19 квітня 1975 р. радянською ракетою-носієм.

Не менш відомим математиком і астрономом Індії був Брамагупта (Брахмагупта, 598-660 рр.). До нас дійшов тільки один його твір, який він написав у віршах - «Перегляд системи Брама» (628 рр.). Значна частина цього твору присвячена арифметиці і алгебрі. Він викладає вчення про арифметичні прогресії і розв'язує квадратні рівняння в усіх випадках, коли вони мають дійсний розв'язок. Брамагупта допускав і розглядав використання нуля в усіх арифметичних діях. Розв'язував деякі невизначені рівняння у цілих числах. Знав цілочисленні розв'язання рівняння  $ax+c=by$  і, ймовірно, використовував неперервні дроби. Сформулював правило складання трикутників з раціональними сторонами. Видатним досягненням в теорії чисел стало запропоноване Брамагуптою розв'язання цілими додатними числами рівняння  $y=ax^2+b$ . Йому було відомо зворотне правило. У нього зустрічається вперше інтерполяційна формула 2-го порядку. Його інтерполяційне правило для синуса і зворотного косинуса при рівних інтервалах є частковим випадком інтерполяційної формули *Ньютона-Стирлінга*. У більш пізній праці Брамагупта наводить інтерполяційне правило при нерівних проміжках. У VIII ст. роботи індійського вченого перекладені арабською мовою.

Вагомими є наукові праці астронома і математика Індії сучасника Брамагупти – Бхаскари I. Він продовжив роботи

Аріабхати I і Брахмагупти – розвинув арифметично-алгебраїчний напрямок. Успішно над цим працював Шрідхара (VIII-XIX ст.ст.). Його трактат з математики, який частково дійшов до нас, містить правила дій з цілими числами, задачі (деякі з них мають алгебраїчний характер 1-го і 2-го ступеня) і правила знаходження площ плоских фігур. Роботи Шрідхари істотно вплинули на роботи Аріабхати II (X ст.) і Бхаскари II (XII ст.). Останній розробив *теорію епіциклів*.

Успіхи в металургії свідчать про наявність знань в галузі складу руд, підготовки металургійної сировини і палива, проведення процесу плавки і подальшої обробки металів. Створення Делійської колони, що містить майже чисте залізо, є найкращим доказом високого рівня хімічних знань у Індії. Ремісники в містах долини Інд вміло використовували вогонь для обробки гончарних виробів. Індійці створювали міцний цемент, різні стійкі мінеральні і рослинні барвники, що використовувались у живопису та текстильному виробництві.

Отже, з усього того, що викладене щодо розвитку науки і техніки Індії античного періоду і середньовіччя, можна зробити висновок про наступне. По-перше, помітний взаємозв'язок її наукових знань зі здобутками у Давньої Греції, Риму та Вавілоні. По-друге, дослідження індійських вчених у галузі астрономії і математики підняли ці науки на більш високий рівень свого розвитку.

## **Китай**

За більш ніж трьохтисячну історію Китай зробив вагомий внесок у розвиток природничих наук і техніки. Багато відкриттів і винаходів у Китаї зроблено на декілька століть раніше, ніж в інших країнах, а окремі з них були просто запозичені іншими країнами, в тому числі і європейськими (компас, сейсмокоп, спідометр, папір, згодом – порох, книгодрукування тощо).

Астрономія у Китаї, як і у Єгипті, Вавілоні, Греції, відноситься до числа найбільш стародавніх наук. Уже в історичних пам'ятках I тис. до н.е. зафіксовані згадки про планети і комети. У цей період китайці знали про періодичність затемнень. Перший запис про сонячне затемнення відноситься до 720 до н.е. Самий давній зірчаний каталог на 807 зірок, який дійшов до нас, був складений Ші Шеном у IV ст. до н.е. У 28 рр. до н.е. у Китаї було зроблено запис сонячних плям. На початку VIII ст. буддійський монах І Сін спільно з Лян Лін-цзанем висловив думку про мінливість відстаней між «нерухомими» зірками.

Помітними були досягнення китайців у математиці. Хронологічно в багатьох питаннях першість належить математикам

Китаю. Математика отримала розвиток вже за першої Ханьської династії – XX ст. до н.е. – II ст. н.е. У першій половині II ст. до н.е. Чжан Цан винайшов і описав метод розв'язання рівнянь 1-го ступеня з двома і трьома невідомими.. «Арифметика в дев'яти главах» була написана Чжан Цаном і Цзін Чоучаном з відомостей II–I ст.ст. до н.е. Цей твір свідчить про наявність у китайських математиків досконало розробленої обчислювальної техніки і інтересу до загальних алгебраїчних методів. Уже в першій половині II ст. до н.е. Чжан Цан винайшов і описав метод розв'язання систем рівнянь 1-го ступеню з двома і трьома невідомими. Цзін Чоу-чан вперше запропонував поняття від'ємних величин і вивів правила дій над ними. Дав опис способу витягання квадратних і кубічних коренів. Між II і VI ст.ст. китайські вчені розробили оригінальний спосіб розв'язання у цілих числах систем невизначених рівнянь 1-го ступеня. У Європі тільки у 1801 р. цей спосіб був відкритий німецьким математиком К.Гауссом.

Підраховуючи відношення довжини кола до його діаметра в Китаї отримано для  $\pi$  наближення, що дає сім вірних значущих цифр ( $\pi = 3,1415926\dots$ , друга половина V ст. до н.е.). У Європі це винайдено тільки у XVI ст. В середині XI ст. у Китаї викладено спосіб витягнення коренів вище 2-го ступеня. Праці китайських вчених з математики свідчать про те, що вони вже у XI–XVI ст.ст. знали властивості біноміальних коефіцієнтів і були знайомі з так званим трикутником Паскаля (арифметичний трикутник).

Географічні знання у Китаї накопичувались з глибокої давнини. За декілька століть до н.е. китайці плавали по окраїнних морях Тихого океану і зробили ряд географічних відкриттів. Подорож Чжан Цяня у 136–126 рр. до н.е. у Середню Азію започаткувала вивчення китайцями країн і народів, які жили на Захід від них. Так виникла караванна торгівля між Китаєм і Середньою Азією по так званому Великому шовковому шляху.

У 629 р. мандрівник і філософ Сюань-Цзан здійснив подорож на південь Індії. Завдяки географічним відкриттям у X–XII ст.ст. посилюється торгівля Китаю морським шляхом з арабськими країнами, Кореєю, Японією, Індокитаєм і південними островами. Це дало поштовх розвитку суднобудування. Винахід компаса (початок III ст.), а також відкриття способу виміру довжини градуса меридіана (725 рр.) надали можливість китайцям здійснити, починаючи з першої третини XV ст., 7 морських подорожей до західного узбережжя Індії, у країни Південно-Східної Азії, до берегів Африки та інших.

Історії китайської медицини близько 3 тис. років. Узагальнені спостереження лікарів були викладені у найстародавнішій у світі медичній книзі «Нейцзін» (VI ст. до н.е.), яка відіграла велику роль у

її розвитку. Наприкінці II – початку III -го ст.ст. написана перша книга «Фармакологія». Значним досягненням китайської медицини у цей час було проведення операцій з використанням загального наркозу. Широко використовуються методи голкотерапії і припікання. Відзначимо, що китайська фармакологія відрізнялась від європейської великою кількістю лікувальних засобів. Загальна кількість лікарських призначень, які містяться у медичному каталозі Китаю XVI-XVIII ст., складала близько 62 тис. (приблизно половина з них потім була втрачена).

У китайській культурі, як і в багатьох традиційних культурах, знання про людський розум, тіло і практика лікування є невід’ємними частинами натурфілософії і духовної традиції. Уявлення китайців про тіло завжди були функціональні, наголос робився на взаємозв’язку всіх частин. Концепція фізичного органу відповідає цілісній функціональній системі, основна увага приділяється структуруванню, а не причинним зв’язкам. Китайці наділяли систему взаємовідносин внутрішньою динамікою і вірили, що всі події в природі мають циклічний характер коливань між двома полюсами «інь» і «ян». Природний порядок – це один з прикладів динамічної рівноваги між ними. Тлумачення «інь-ян» наведено в «Іцзін» («Книзі змін»), виданій у першій половині I тис. до н.е. В доповнення до цієї системи китайці використовували систему «у-сін» для описання великого структуризованого космосу. Внаслідок об’єднання з’явилась складна система, в якій кожний аспект Всесвіту описувався як суворо визначена частина динамічно структуризованого цілого. Вона послужила теоретичним фундаментом для діагностики і лікування хвороб. Хвороба – це порушення рівноваги, коли «ці» не циркулює належним чином. Поняття «ці» в Стародавньому Китаї вживали для визначення життєвого духу, енергії. Протікання і коливання «ці» підтримує у людини життя. Є певні траєкторії руху «ці», що відомі як меридіани, уздовж яких лежать точки акупунктури. Вперше про них згадано в медичних книгах періоду Сун (XX–XIII ст.ст. до н.е.). Здоров’я є рівновага. В китайській медицині лікар – це мудрець, який знає взаємодію усіх частин Всесвіту, що ретельно реєструє загальний стан свідомості і тіла хворого і його зв’язок з природним і соціальним оточенням. Терапевтичні методи – свого роду каталізатор для процесу власного видужування хворого.

Про те значення, яке надавалось правителями Китаю розвитку науки, засвідчує такий факт. У VII ст. тут було засновано Палату вчених. Їх обов’язком стало проведення наукових робіт і складання енциклопедичних словників. Це другий, після Александрійського Мусейону, приклад в історії про державну підтримку науки. Після

того, як у XIV ст. ліквідовано монгольське іго, Палата вчених була перетворена на Ханьлінську академію, яка проіснувала до 1911 р.

Техніка Китаю має багату історію. Тут у XVI–XI ст.ст. до н.е. було розвинено мистецтво виплавки бронзи, виробництво білої кераміки і гончарне мистецтво. У III–V ст. н.е. винайдено фарфор. Для прикрашення виробів з фарфору широко використовувався кобальт. Наприкінці XIX ст. мистецтво виробництва фарфору у Китаї занепало і почало відроджуватись тільки з другої половини XX ст.

Високого рівня в Китаї досяг розвиток практичної хімії. Свідченням цього є те, що китайці перші у світі почали використовувати селітру для виготовлення пороху. Вже у X ст. його використовували при виробництві ракет для фейєрверків, а з початку XI ст. – для стрільби.

Свідченням високого рівня практичної хімії є те, що виробництво паперу, ліків тут здійснювалось з природної сировини.

З глибини століть у Китаї важливого значення надавалось будівельним роботам. Це вимагало розвитку будівельної техніки. У VI ст. до н.е. розпочалось будівництво Великого каналу, яке продовжувалось понад дві тисячі років. У XIII ст. цей канал з'єднав Пекін і Ханджоу. Він був обладнаний гідротехнічними спорудами. Ще одним досягненням будівельного мистецтва є Велика китайська стіна. Грандіозні роботи велись з іригаційного і дорожнього будівництва, риття каналів. Велика увага приділялась будівництву поштових шляхів.

Отже, цивілізація Китаю, рівень в ньому наукових і технічних знань в епоху античності та середньовіччя навіть порівняно з сьогоденням є дивовижним і викликає інтерес не тільки з точки зору високої культури. В подальшому ми побачимо, що багато в чому усе це сприяло прогресу науково-технічної думки і практики середньовічної Європи.

## ПРОГРЕС ЛЮДСЬКОЇ ДУМКИ В ЕПОХУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ

### Технічні досягнення і соціальні наслідки епохи

У Стародавньому світі наука, як і література, мистецтво були виключно привілеєм купки заможних людей. Вони не могли бути справжніми критеріями досягнутого рівня цивілізації. Якщо подивитись на рівень життя взагалі, то середньовіччя постає перед нами як ера відродження прогресу після тривалого періоду порівняного застою. Рівень цивілізації, мабуть, потрібно визначати не лише по вершинах інтелектуальної культури, а й по рівню життя всього населення. Останній залежить, в свою чергу, від удосконалення знарядь праці, за допомогою яких людина у Природі забирає все, що їй необхідно для життя – від технічних новинок до їх практичного втілення.

Розвиток знарядь праці фактично повністю призупинився приблизно за 2500 р. до н.е. Середньовіччя розпочалось з широкого розповсюдження машин, які замінювали м'язову силу людини. До цього періоду їх використання стримувалось наявністю примусової праці. Протягом декількох століть цієї епохи зроблено безліч винаходів, які заклали фундамент техніки сучасного світу. Внаслідок цього підвищився життєвий рівень простого люду. І вже у X ст. людям жилося краще, аніж народним масам в роки найбільшого розквіту Римської імперії.

Що ж собою являє середньовіччя? Середніми століттями у Європі багато вчених називають період від занепаду Західної Римської імперії у 476 р. до падіння Східної Римської імперії у 1453 р. Деякі вчені кінцем середньовіччя вважали відкриття Колумбом Америки у 1492 р. Сама назва середньовіччя ствердилась у виданнях про історію письменників-гуманістів у XVII ст. Свою епоху вони розцінювали як період відродження науки і мистецтва Античного світу. Письменники-гуманісти характеризували середньовіччя як час варварського нашестя, темряви і забобонів, глибокого культурного занепаду. Чи це є так?

Уважне вивчення показує, що середньовіччя залишило людству у спадкоємність не лише пам'ятники насильства, собори (церкви), етику або схоластику. Нічні дискусії в середні століття не варто вважати безглуздими чи тривіальними. Багато рис і тверджень класичної науки були передбачені у середньовіччі. Ця епоха залишила нам пам'ятники народної творчості, наукові відкриття і винаходи, що обумовили подальший прогрес людства. Тому не буде перебільшенням, коли скажемо, що середньовіччя немало внесло у скарбницю світової культури, розвиток виробничих сил.

Історик техніки США Д.Уайт вважає, що головним досягненням середньовіччя є те, що вперше в історії створено складну цивілізацію, яка заснована не на праці рабів. Історик науки Франції П.Божуан вважає безперечним той факт, що технічна революція в епоху середньовіччя пов'язана з підкоренням сил Природи, сили тварин, сили води і вітру. Середньовіччя започаткувало новий етап в історії людства, який спирається на техніку, що постійно зростає. Якщо сьогодні і говорити про темні ночі цього періоду нашої історії, то лише тому, що вчені працювали вночі, ховаючись від переслідувань церкви.

Відповідно до рівня розвитку виробничих сил середньовіччя умовно поділимо на два етапи. (Етапи середньовіччя визначені згідно західноєвропейської історіографії. Промислова революція нами буде розглядатись за трьома періодами середньовіччя, що ствердились у вітчизняній історіографії). Перший - це раннє середньовіччя. Хронологічні рамки його умовно визначимо з V по XI ст. включно. Другий етап - зріле середньовіччя. Воно охоплює період з XII по XV ст. включно. Безперечно, для різних країн, навіть Західної Європи, визначені рамки були неоднаковими.

Після краху Римської імперії і загарбання її території варварами почався глибокий занепад культури і повне знищення мистецтва стародавніх, їх чудової науки. Варвари (так греки називали усіх, хто розмовляв незрозумілою для них мовою) війну розцінювали як засіб придбання усього того, що вони не могли і не вміли здобути власною працею. Поступово варварські держави, що утворились на території колишньої Римської імперії, перетворились у безліч натурально-господарських організацій. Правителі нових держав вірним їм людям стали дарувати землі, які називались «феодом». Господарство феодала-кріпосника використовувало відсталу техніку. На ранніх стадіях розвитку такої системи феодал задовольнявся тим, що виробляло його господарство для внутрішніх потреб. Стимулу для розвитку сільськогосподарської техніки в таких умовах не було. Простота техніки, відсутність будь-яких великих науково-технічних досягнень і визначили рівень розвитку виробничих сил цього періоду.

З XII ст. техніка, яка була створена в античному світі, почала «оживати». Людина знову прагне вступити у контакт з Природою. Саме у цей час Західна Європа, частково спираючись на досягнення Давньої Греції, намагається вирвати у Природи її таємниці. Видатний францісканський монах Роджер Бекон (1214–1294 рр.) видає твір, в якому описує виробництво пороху, винахід окулярів і бінокля, водолазний костюм, самокат, судно, що рухається за допомогою машини, літак. Безперечно, він, як і Леонардо да Вінчі, більше «творив» теоретично, частково фантастично, не перевіряючи усе це



дослідним шляхом, хоча сам був прихильником експериментування, і на практиці нічого не здійснював. Але завдання були висунуті і це дало поштовх винахідницькій думці людей, яка «спала» протягом тисячоліття. З перебігом часу все більше розвиваються ремесла і, як наслідок, поліпшуються засоби виробництва. З'являлись більш досконалі вироби, виникали і зростали міста, виявлявся інтерес до природознавства. При феодальному укладі набагато зросло виробництво заліза. Внаслідок цього розвивались ремесла, сільське господарство.

Характерною рисою західноєвропейського середньовічного суспільства була його здатність запозичувати і удосконалювати технічні новинки, які створені в інших країнах. Стародавні народи у переважній більшості не сприймали новинок з інших держав. Техніка Давнього Єгипту до скорення його території греками залишалась на рівні бронзового періоду. Римляни, як ми знаємо, не змогли скористатись досягненнями своїх творців. Однак середньовічна Європа збирала винаходи з усіх країн, насамперед з Китаю. Історіографія науки засвідчує, що майже половина найважливіших винаходів і відкриттів, які «увійшли в плоть і кров» сучасного світу, належить Китаю. Прогрес техніки середньовічної Європи був помітним, не зважаючи на відсутність впливу на нього науки того часу (вона, як і техніка, розвивалась уособлено).

Однією з особливостей технічного розвитку Західної Європи було те, що наука була під впливом церкви (пануюча релігійна ідеологія) і практично не впливала на технологічний розвиток. Її технічні успіхи стали можливими саме внаслідок використання та розвитку винаходів і відкриттів інших країн. Європа запозичила такі важливі винаходи, як хомут для коней, годинник, компас, рульове управління корабля, порох, папір, книгодрукування та інші – вони прийшли зі Сходу. Усе це надало можливість європейцям помітно прогресувати у своєму розвитку. На цій основі і створювався єдиний фундамент для нашої сучасної цивілізації. Підкреслимо, що протягом переважного часу середньовічна Європа була не самою передовою частиною світу в науково-технічному розвитку. Візантія продовжувала зберігати витонченість давньої цивілізації. На Захід ця цивілізація прийшла тільки наприкінці середньовіччя.

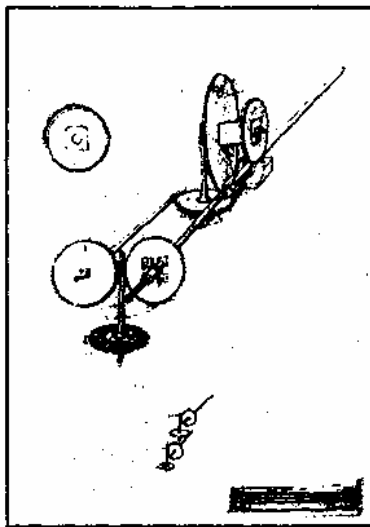
З самого початку свого панування іслам на декілька століть випереджав країни Заходу. Майже до кінця середньовіччя самою розвинутою країною в технічному відношенні, як вже згадувалось, був Китай. Врешті-решт усі країни Ісламу і Китай прийшли до занепаду. Дж. Бернал з цього приводу так писав: «З усіх спадкоємців великого розквіту елліністичної природничої науки тільки Західна Європа була спроможною якось рухатись вперед. До XV ст. мусульманський світ занепав економічно і був зруйнований

міжусобною війною і нашестям. За усіх наступних успіхів турок і монголів він загубив свою інтелектуальну силу». Релігія мусульман перестала бути ліберальною і впала у вузьку ортодоксальність. Індія стала полем битви між мусульманськими загарбниками та індуїзмом. Китай зберіг свою стару культуру. Але державна система перешкоджала їй протягом 400 років і продовжувала перешкоджати зробити необхідний крок до об'єднання техніки і книжного вчення. Середньовічна Європа зробила рішучий крок. Вона не лише запозичувала передові ідеї та винаходи у інших країн, а й доповнювала їх власними, розвивала і поєднувала. Європа поєднала техніку і книжне вчення, що і надало можливість створити засновану на нових машинах цивілізацію, яка сповістила про прихід сучасного світу.

### Розповсюдження використання сили води і вітру

У древності, як вже відзначалось, важкі роботи на своїх плечах виносили раби. Гостра нестача робочих рук у середньовіччі вимушувала шукати інших шляхів розв'язання проблем.

Уже в VI–VI ст.ст. широкого розповсюдження набуло використання водяного колеса. Але в Римській імперії майже до її падіння цей процес гальмувала праця рабів. На початку XI ст. в



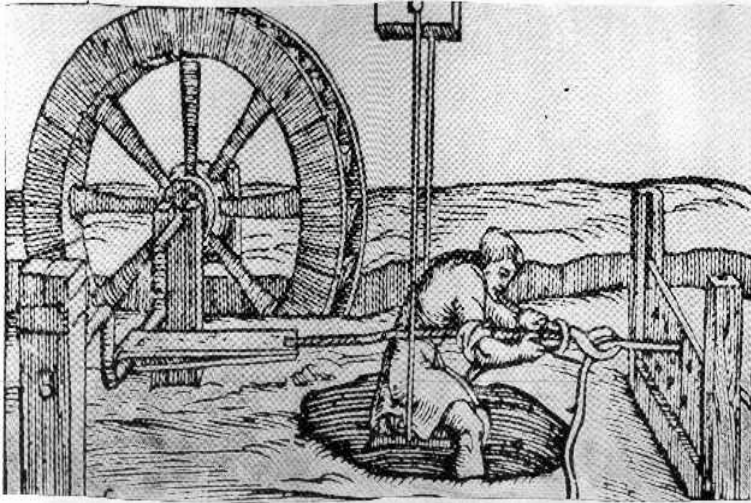
Малюнок Леонардо да Вінчі

Англиї було 5624 водяних млина (по одному на кожні 50 господарств). З'явилися вони і на узбережжі Адріатичного моря, в інших місцевостях.

Спочатку за допомогою водяного колеса, як і у Давньому Римі, мололи тільки зерно. Потім його стали використовувати для самих різноманітних потреб. Через кулачки на валу колеса піднімався молот і відбивав сукно у воді (сукняне виробництво – X–XI ст.). За таким же принципом обладнували ковальські молоти і ковальські міхи. У XIII ст. з'явилися паперові фабрики, у XIV –

рудодробарки, приводом до яких було водяне колесо. З XI ст. силу води стали використовувати в самих різних випадках: товкли вайду (рослина для одержання синьої фарби), дубову кору тощо. У XIII ст. водяне колесо, як робочий орган, стало використовуватись на лісопилках, для приводу токарних верстатів. За 300–400 років воно зазнало еволюції від пристрою, який молов лише зерно, до

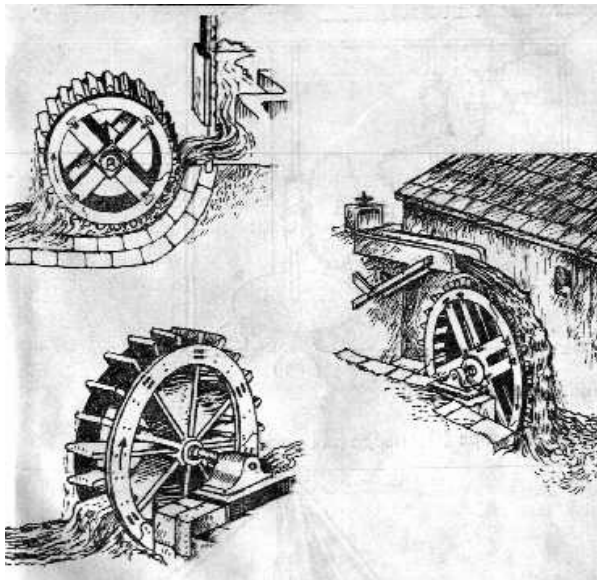
універсального двигуна для різних галузей промисловості, що полегшувало працю людини. Внаслідок його застосування великі зміни відбулись у гірничій справі. Люди навчились використовувати глибокі шахти. Були винайдені пристрої для подачі повітря на глибину шахт і відкачки з неї води на поверхню.



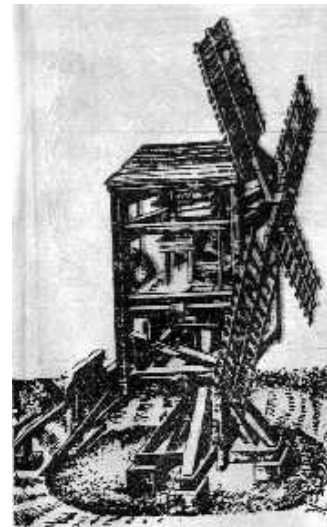
*Волочіння товстого залізного прутка. Майстер переставляє захват для того, щоб вибрати слабину мотузки. Поворот водяного колеса дозволяє протягнути черговий шматок прутка.*

Наприкінці XII ст. людина підкорила собі і силу вітру. У країнах Ісламу вітряні млини зустрічаються вже у VII ст. Про вітряний млин у Європі вперше згадується у 1180 р. в одному з документів Нормандії. До кінця XII ст. зареєстровано ще декілька вітряних млинів.

Використати силу вітру для різних процесів, крім мукомольного, виявилось справою надто складною.



*Водяний млин*



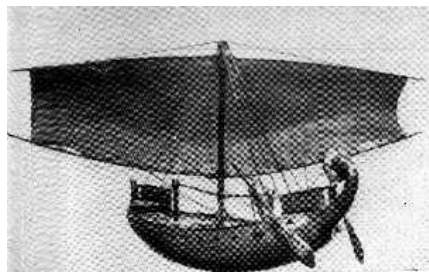
*Вітряний двигун*

Але з 1400 р. вітряний двигун уже стає основою водопідйомних робіт для осушування боліт у Нідерландах. З перебігом часу силу вітру використовують як привод різних механізмів, наприклад для рудничного підйомника у Чехії.

До винаходу парового двигуна сила вітру і води, робоча худоба були єдиною рушійною силою. Воли, коні, осли використовувались не лише для перевезення вантажів. Про кінну оранку землі згадується у Норвегії наприкінці IX ст. Тяглова сила тварин, як привод для машин, використовувалась так, як це було відомо у Древній Греції та Римі. Усі три джерела рухової сили, які людина навчилась раціонально використовувати, докорінно змінили положення у всьому світі. Раніше висоти цивілізації були здобутком лише пануючої групки, що спиралась на маси рабів. Тепер же картина змінилась. Один кінь в удосконаленій упряжі заміняв 10 рабів. Хороший водяний або вітряний млин – 100 рабів. Ось чому нові рушійні сили створювали основу для розвитку більш високої цивілізації без рабства. Воно поступово відмирало.

### Досягнення в галузі транспортних засобів

Починаючи з четвертого тисячоліття до н.е. і до самого кінця середніх віків рульовий механізм кораблів мало чим відрізнявся від гребного весла, яке пристосовувалось під управління. На великих кораблях його закріплювали на кормі, забезпечували важелем. У VIII ст. у Китаї і у XIII ст. в Європі з'явилося рульове управління сучасної конструкції.

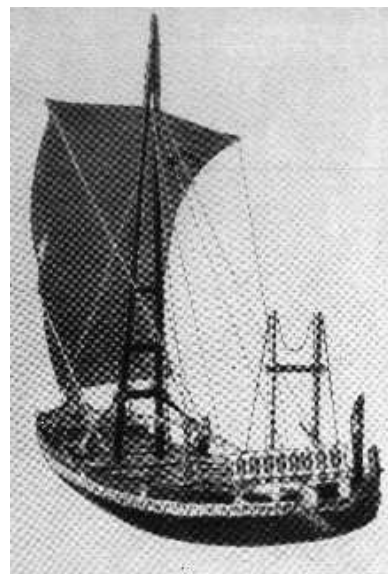


*Єгипетські морські вітрильники. Лівий - середина третього тисячоліття до н.е.*

одна з самих переломних в історії людства. За декілька десятиліть границі відомого людині світу значно розширились. Європейці

вступили в

контакт з далекими, раніше невідомими їм народами, відкрили багато земель, на їх картах з'явилися невідомі до цього материка і океани. Зрозуміло, що ці відкриття були викликані різноманітними політичними, соціальним і економічними умовами. Але важливу роль тут відіграли і видатні технічні досягнення середньовіччя у мореходній справі. Для того щоб мореплавці могли зважитись на далекі експедиції, вони повинні були мати у своєму розпорядженні швидкохідні, міцні і місткі кораблі. Ними стали каравели, що почали будуватись у Іспанії. Тут, у морській академії принца Генриха, поряд з навчанням мореходній



*Правий вітрильник з'явився на тисячоліття пізніше.*

справі, вчили будувати і каравели. Саме її ім'я стало символом епохи географічних відкрить.

За період з XIII по XV ст. у розвитку морського плавання зроблено значно більше, ніж за усі чотири тисячоліття до вказаного періоду. З часів появи перших вітрильників до кінця Давнього світу навігація розвивалась від річного плавання до перетинання Середземного моря і каботажного мореплавства уздовж побережжя континентів. Порівнюючи між собою типові кораблі початку і кінця середньовіччя, можна відзначити їх головну відмінність: якщо наприкінці античності морське судно було переважно веслове, а парус відігравав лише допоміжну роль, то на початку нового часу воно стало виключно парусним і цілком без весел. Над розвитком і удосконаленням парусного озброєння корабля насамперед працювала творча думка середньовічних майстрів. Каравели втілили у собі все краще, що було накопичено за попередні століття у мистецтві будування кораблів і управління ними. І тільки у 1492 р., після появи сучасного рульового механізму, людині на каравелі вдалось перетнути Атлантичний океан.

Руль почали встановлювати на певній глибині під водою для того, щоб захвати його від дії хвиль. Це дало можливість разом з іншими новинками у кораблів забезпечити їм хороші мореходні якості і здатність плавати проти вітру.

Компас, який з'явився у Китаї раніше, ніж у Європі, про що ми вже згадували, це ще один вагомий внесок середньовіччя у розвиток



*“Синань” – “Той, що показує на південь”.*

мореплавства. На початку III ст. у Китаї винайдено компас, який встановлювали на візку. (Збереглась мідна пластинка компаса Китаю періоду 206 р. до н.е. – 25 р. н.е. з нанесеними на неї позначками). Китайські мореплавці його використали на рубежі XI–XII ст.ст. В Європі компас на кораблях з'явився тільки наприкінці XII ст. Але він значно відрізнявся від китайського і

не міг бути його копією. Важливим для прогресивних змін у мореплаванні, як вже про це згадувалось у попередньому розділі, був винахід способу точного визначення положення кораблів на морі (вимір довжини градуса на меридіані – Китай).

Подібні зміни в галузі способів і засобів пересування привели до різних соціальних наслідків. Удосконалені засоби сполучення дали можливість підвозити зерно до млина, будувати лісопилки, які розташовані на значній відстані від місця збереження сировини. Злиденний транспорт Давнього світу майже повністю виключав можливості використання машин з двигунами.

Розвиток транспортних засобів у середньовіччі, їх удосконалення і скасування рабства були тісно пов'язані між собою. Нові засоби руху проклали шлях «транспортній революції», епохі великого розквіту торгівлі. Всього за декілька сотень років європейські країни втратили можливість забезпечувати себе всім необхідним. Почали завозити сировину і готову продукцію з усіх країн світу. Спочатку це були товари розкошу, а незабаром і товари першої потреби. А це, в свою чергу, дало сильний поштовх розвитку промисловості, а разом з нею і розвитку більш потужних машин. Є ще одна риса, що проявилась внаслідок «транспортної революції». Ця революція створила привілейоване положення Європи на океанах і морях, сприяла здійсненню колонізації неєвропейських земель.

### **Історичні передумови виникнення книгодрукування**

Книгодрукування було одним із самих запізнілих і дуже вагомих досягнень середньовіччя. Воно стало поєднувальним ланцюгом між накопиченими знаннями до часу його відкриття та наступним бурхливим прогресом людського мислення. Появу книгодрукування можна розцінювати як революцію, яка «змела» повільний процес переписування книг від руки до їх розповсюдження шляхом прикладання паперу, або іншого матеріалу до фарби на вибійній формі. Одним з визначальних факторів, що стимулював відкриття книгодрукування, був розвиток освіти. Тому правильно буде, коли на освіту подивимось як на стимул прискорення переходу видання книг шляхом переписування їх від руки до масового видання шляхом техніки. У зв'язку з цим необхідно в органічній єдності подивитись на зміст і структуру освіти, самих книг, створення шрифтів культурного світу середньовіччя.

Середньовіччя запозичило від античності основу, на якій розвивалась європейська освіта. Такою основою стало *сім вільних мистецтв*. Граматику ласкаво називали «матір'ю усіх наук». Діалектика давала формально-логічні знання. Риторика вчила правильно і виразно розмовляти. Математичні дисципліни – арифметика, музика, геометрія та астрономія – сприймалися як науки про числові співвідношення, що складають фундамент світової гармонії.

Навчання у школах середньовічної Європи велось латинською мовою. І лише у XIV ст. тут з'являються школи, де навчання проводилось національними мовами. У середньовіччі не було чіткого поділу школи на початкову, середню і вищу. Релігійне за змістом воно за формою було словесно-риторичним. Начатки математики і природничих наук викладались уривчасто, описово. Стимулом удосконалення освіти середньовіччя значною мірою став розвиток

міст як центрів ремесла і торгівлі. Позитивний вплив на світогляд європейців зробило ознайомлення з культурою Сходу і, насамперед, з візантійською та арабською. У XII ст. в таких містах, як Болонья, Палермо, Париж, Оксфорд, Салерно та інших школи були реформовані в університети. У XV ст. в Європі нараховувалось майже 60 університетів. Найбільшим з них був Паризький. У школах і університетах слухачі одержували широкі знання з філософії, математики, медицини, хімії, астрономії. Ці навчальні заклади прискорили для Західної Європи формування світської інтелігенції. Вони вплинули на прогресивний розвиток суспільства.

Розвиток системи освіти стимулював формування бібліотек, які поступово поповнювались літературою різного напрямку. До XII ст. книги переважно були зосереджені в церковних бібліотеках. А з цього часу помітно їх масове видання для бібліотек навчальних закладів. Латинською мовою видаються книги арабських вчених. Вона стала європейською науковою мовою. На багато десятиліть вся література стала доступною тільки привілейованій частині феодального суспільства. Саме ці представники вищого світу, найбільш освічені люди, були перекладачами наукових праць Сходу. Які ж книги вони перекладали для поповнення бібліотек? Відмітимо характер та зміст деяких видань, якими укомплектовувався фонд бібліотек Європи.

У XII ст. Герардо Кремонський, італієць за походженням, працював у Іспанії. Він вперше переклав латинською мовою арабські рукописи з математики, астрономії, алхімії, медицини. Астрономічні знання учні і студенти одержували з «Альмагесту» Клавдія Птолемея, про який вже згадувалось. Написана за декілька століть до навали варварів (Александрія, 150–160 рр. н.е.), в епоху могутності Римської імперії, ця книга до середньовіччя не зазнала будь-яких змін. Її зміст лише коментувався грецькими вченими (V–VI ст.ст.), а з X по XIV ст. – мусульманськими вченими. Минуло майже 1200 років до того часу, коли з'явилась спроба переосмислення «Альмагесту» Птолемея. Усі думки з цього приводу були викладені польським мислителем М. Коперником у його книзі «Про обертання небесних сфер».

У XII ст. з'явився ще один переклад наукової праці з арабської латинською мовою. Книгу «Елементи» («Начала») Євкліда переклав англійський монах Ательгарт. Незайвим буде відзначити, що переважна частина арабських вчених спиралась на твори Аристотеля. До недавня вважалось, що роль арабської культури в галузі математики зводиться виключно до збереження і передачі математикам Західної Європи математичних відкриттів Стародавнього Світу та Індії. Дійсно, твори грецьких математиків вперше стали відомими в Європі з арабських перекладів. Але все більше стає

відомим про внесок арабських математиків. Так, у першій половині IX ст. середньоазіатський вчений Мухамед бен-Муса Хорезмі вперше дав викладення алгебри як самостійної науки. Термін «алгебра» походить від твору Хорезмі «Алджебр». З нього європейські математики познайомились з розв'язанням квадратних рівнянь. Незабаром після Хорезмі вперше починають розглядатись задачі, які приводять до рівнянь 3-го ступеня.

Середньоазіатський вчений-енциклопедист Біруні (аль-Біруні, кінець IX - перша половина X ст.) наводить задачу про знаходження сторони правильного дев'ятикутника до розв'язання рівняння  $x^2+1=3x$  і одержав наближений його розв'язок у вигляді шестидесятиричного дробу.

### **Винахід і соціальні наслідки розповсюдження книгодрукування**

Усі видання вказаного періоду, як вже відзначалось, переписувались вручну. Праця писця була титаничною. Вона стала перешкодою для широкого розповсюдження книг, потребу в яких відчували не тільки великосвітські люди, але і ремісники та інші верстви суспільства. Така перешкода була усунена винаходом книгодрукування.

Книгодрукування почалось у Китаї на декілька століть раніше, ніж у Європі. Тут був винайдений і папір – відносно дешевий матеріал, якому властиві усі потрібні для друку якості. Цей винахід належить китайцю Цай-Луню (105 р. н.е.). У IV ст. папір у Китаї повністю витиснув бамбукові пластинки і шовк, які використовувались раніше для письма. Цим винаходом зроблено величезний внесок китайців у світову цивілізацію. До VII ст. папір залишався надбанням тільки Китайської імперії. У VIII ст. він з'явився у Самарканді, який розташований на шляху з Китаю до квітучої у той час Арабської імперії. Папір швидко розповсюджувався по країнах Ісламу: Багдад (793 р.), Єгипет (900 р.) і Марокко (1100 р.). Через Хрестові походи європейців мистецтво виробництва паперу, яке трималось у таємниці, стало відомо в Західній Європі. В Іспанії – на стику арабської і європейської цивілізацій – папір з'явився у 1150 р. З Іспанії він проникнув у Південну Францію (1189 р.). В Італії і Німеччині папір з'явився відповідно у XIII і XIV ст.ст. Перші відомості на Русі про написи на папері датуються першою половиною XIV ст.

В процесі винаходу книгодрукування помітно виділяються три етапи. Спочатку друкували з дерев'яних форм. При цьому способі тексти малювали на дошках, а потім різальним інструментом поглиблювали ті місця, що не мали відбиватись на папері. Цей спосіб



назвали ксилографією (він зберігся зараз ним друкують гроші). Наступний етап – друкування рухомими літерами з дерева або якогось іншого матеріалу. За допомогою декількох сот кожної літери друкар міг набирати з них цілу сторінку тексту в одну рамку. Потім він переходив до набору чергової сторінки. І нарешті текст почали набирати методом масового виробництва. З цією метою усі літери відливали з металу в одній формі.

Книгодрукування у Китаї з дерев'яних форм почалось у VI ст. Приблизно 1045 р. там почали використовувати глиняні форми, винахідником яких був коваль Бі-Шен. За цим розповсюдились дерев'яні літери. Вперше двома фарбами тут надруковано книгу у 1340 р. Металеві шрифти у Китаї з'явилися у XV ст.

У 1392 р. металеві літери методом лиття одержали у Кореї. У 1409 р. такими літерами тут була надрукована перша книга. З Китаю і Кореї друкарство перейшло до Персії. Протягом наступного століття в інших країнах воно не розповсюджувалось.

Окремі частини друкарського мистецтва в Європі були відомі з давнини. Тут були в наявності прийоми та інструменти. Бракувало лише творчої, синтетичної сили розуму для того, щоб поєднати усі відомі процеси в один. Мистецтво друкування з дошок у Європі існувало вже наприкінці XIII ст. Воно широко використовувалось для друку малюнків на тканинах, картин. У Єгипті такий спосіб був відомий ще у VI ст. Час від часу на картинах друкувався і текст. Друкарський прес заміняв валок або каток. Такий спосіб не годився для друкування розбірними літерами і його не можна було перенести у друкарську справу. Якість фарб тут була вироблена традиційною роботою поколінь.

Вважається, що друкарське мистецтво прийшло у Європу зі Сходу. Але відомо і те, що спосіб виробництва літер з твердого матеріалу знали ще у Київській Русі. Сини Ярослава Мудрого – великого князя Київського – навчались грамоті за допомогою дерев'яних паличок із зображенням на них окремих букв. Такими ж літерами тут витискували на шкіряній палітурці рукописних книг імена авторів або власників манускриптів.

Монгольська навала принесла з собою не лише руйнування. За нею у Європейський Захід проникнув ксилографічний спосіб друкування. Однак розвитку він довго не одержував. До середини XV ст. необхідність книгодрукування настільки визріла, що багато майстрів почали пошук видавництва текстів наборною формою. Десятки винахідників, підхопивши нову ідею, що вітала в повітрі, намагались розв'язати це історичне завдання. Такий винахід органічно пов'язаний із соціальними умовами суспільного розвитку Західної Європи у XV ст.

Одночасно з відкриттям книгодрукування рухомими літерами в першій половині XV ст. в майстернях Голландії невідомо ким був започаткований спосіб гравірування з металевих дошок. Взаємозв'язок цього методу і книгодрукування очевидний. Як першою, так і другою справою часто займались одні і ті ж майстри. Шляхом металічного гравірування видавались книги без малюнків, невеликі підручники, наприклад, граматики латинською мовою. Щорічно потреби в ній доходили до декількох тисяч примірників.

Європейські методи друкування мали істотну відмінність від китайських. Тому є підстави стверджувати, що, незважаючи на значне відставання у часовому вимірі, відкриття книгодрукування не просто запозичене Європою з Китаю. Ксилографія для друкування грошей, гральних карт, картинок з релігійною тематикою з'явилась у Європі вже наприкінці XIV ст. Коли на початку XV ст. внаслідок оживлення торгових зв'язків з Китаєм і Монголією стало відомо про подібний спосіб і європейці побачили зразки видань, ксилографічний спосіб набув ще більшого розповсюдження.

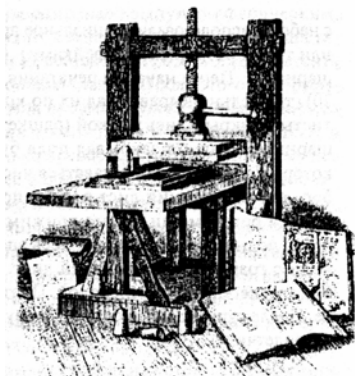
Пріоритет творців книгодрукування оспорювався декілька століть. У Франції роль першодрукаря приписують Прокофію Вальдфогелю. Він переселився у стародавнє французьке місто Авіньон з Праги. Був майстром срібних справ. В італійському містечку Фельтре стоїть пам'ятник першодрукарю Памфілію Кастальді. У Бельгії роль першодрукаря відведено Іоганну Бритто.

Історичні дослідження показують, що батьківщиною книгодрукування є область ріки Рейн у Європі. Початковим центром винаходу вважається Голландія, місто Гаарлем і його найближча місцевість. Звідси наприкінці 30-х – на початку 40-х рр. XV ст. і вийшли перші друковані видання. Головним чином це були дешеві народні аркуші, книги для шкіл і релігійні плакати. Ім'я першого друкаря залишилось невідомим. Але одним з них був Лоренц Костер, громадянин Гаарлема. До згаданого періоду він і був винахідником друкування рухомими літерами.

Безпосередньо з першим відкриттям книгодрукування у Голландії пов'язаний і другий рух, що розпочався через 15–20 років пізніше у німецькому місті Майнсі. Тут досягнуто блискучої техніки у книговидавництві і започатковано сучасний розвиток цієї справи. Між містами Голландії і рейнськими німецькими містами, міськими общинами і державами у цей час спостерігається жвавий обмін. Голландські видання розповсюджувались у сусідніх країнах. Значною мірою цим процесам сприяла своєрідна міська культура Європи і тісний зв'язок між культурою міських общин, незалежних від державного життя. Характер міського управління і, зокрема, навіть характер населення був багато в чому схожий – від України і Белорусії до кордонів Франції – на всьому Європейському

континенті. Таке положення пояснюється широким проникненням у міста німців. Це був час Магдебургського права. Якраз характер міського суспільства того часу і позадержавна рухомість окремої частини суспільства відіграли велику роль в історії початкового розповсюдження книгодрукування.

Як вже згадувалось, пріоритет першого творця книгодрукування довго оспорувався. Нарешті він визначився на користь Іоганна Гутенберга (Гансфлейш-Ладенський). У середині XV ст. цей збіднілий патрицій міста Майнся заснував тут першу друкарню і зробив ряд відкриттів у друкарській справі. Гутенберг за своїм покликанням був винахідником. Його відкриття, як вважають дослідники, зроблено незалежно від голландських майстрів. Безперечно, він бачив перші видання, що розповсюджувались у



*Друкарський верстат  
Гутенберга*

піренейських місцевостях. Ремісник за професією, Гутенберг працював у галузях, що вимагали освіти. Не виключено, що він мав відношення до майстерності з золотими виробами і належав до такого цеху. Займався шліфувальною справою дорогоцінного каміння, виробництвом окулярів. Став винахідником дзеркал особливого виду. Для їх масового виробництва у Страсбурзі, де він проживав деякий час, заснував компанію. Але більш за все його цікавила таємна робота над

механізованим книгодрукуванням.

Мета Гутенберга полягала в тому, щоб з реалізацією свого винаходу досягти для себе багатства і впливу. Однак, захоплюючись винаходом, він втрачав практичність, матеріальну ціль свого завдання. Над удосконаленням своїх ідей він працював довгі роки з великою енергією. Створював моделі по декілька разів, кожного разу втрачав свою справу і розпочинав усе спочатку. У його майстерні працювало від 15 до 20 чоловік. Перша друкована книга Біблія (2 томи) була завершена у 1455 р. Зроблено 180 примірників. У кожній книзі по 1282 сторінки, по 42 стрічки на сторінці, які надруковані у два стовбці. Палітурка, розписування заголовків і першої букви кожної глави здійснювалось вручну за межами майстерні Гутенберга. Сьогодні встановлено, що у Європі і Північній Америці збереглося 49 Біблій Гутенберга, деякі з них не повністю. Помер винахідник у 1468 р., не скориставшись плодами своїх зусиль.

За вироком суду Гутенберг за борги вимушений був віддати компаньйону Фусту, який фінансував його виробництво, друкарське обладнання і шрифти для Біблій. Останній відкрив власну друкарню

«Фауст і Шеффер» разом з досвідченим помічником Гутенберга Петром Шеффером (1430-1503 рр.).

Шеффер був освіченою і обдарованою людиною з університетською освітою, технічними здібностями. Він володів способом друку декількома фарбами. І перші видання Шеффера були виконано кольоровими фарбами. Цей спосіб було забуто і знову винайдено Конгрівом лише на початку ХІХ ст. Завдяки творчості Шеффера друкарська справа зберегла риси, які вона мала протягом багатьох століть. Перші старовинні видання ХV–ХVІ ст.ст. і сьогодні вважаються зразками друкарського мистецтва. Перші істотні зміни і розвиток в ньому почались лише у ХVІІІ ст., а головним чином з середини ХІХ ст.

Перші друковані видання являють собою надзвичайно близьку копію рукописних книг. Вони не мають заголовку, нумерації сторінок. Тільки згодом життя висунуло перед друкарями інші цілі і розширило межі друкарської справи. Це і було справою вчених і людей ідеї, одним з яких був Петро Шеффер.

Перш ніж розглянути проблему винаходу шрифту, давайте спробуємо подивитись на стан хімічної науки першої половини ХV ст. Саме певні знання з хімії допомогли Гутенбергу і Шефферу створити гарт і вилівку шрифту. Гутенберг витратив багато зусиль на цю справу. Літери стирались, їх форма змінювалась вже після першого відбитку. Цим втрачалась перевага рухомих літер перед нерухомими, вирізальними дошками. Завдання виключити деформацію букв Гутенбергу вдалося розв'язати частково. Перш за все нам невідомо, який сплав для друкарських літер винайшов Гутенберг. Для ливарної форми він використовував глину, землю і, можливо, гіпс. Але таким шляхом неможливо було досягти тонкої виробки літер. Разом з тим підкреслимо, що спосіб виплавки букв за рецептом Гутенберга – це перша стандартна деталь в історії європейської техніки.

Помічник Гутенберга Петро Шеффер 1450 року одержав сплав, який задовольняв усі вимоги друкарського мистецтва. На той час було відомо лише два легкосплавних метали – свинець і олово. Але обидва вони, як найбільш ковкі та м'які, могли набути твердості, якщо до них додати ще якусь складову. З такого сплаву літери могли б давати чітке і точне зображення. У середині ХV ст. було надзвичайно складним завдання книгодрукування навіть для хімії. У майстернях Нюрнберга вже застосовувалась латунь високої якості для виробництва наукових і вимірювальних приладів, астрономічних апаратів. Її використання здійснило цілу революцію у виготовленні предметів домашнього вжитку. Бронзу майстри почали використовувати як артилерійський метал. Ремісники проводили експерименти, накопичували знання властивостей металевих сплавів.

Шеффер, володіючи знаннями для надання твердості друкарському сплаву, у відповідній пропорції сплавив олово, свинець і сурму. Такий сплав було названо *hartblei* (гарт). Для його виплавки він використав металеву форму з міді. Цим було розв'язано завдання легкого масового виробництва літер, забезпечення чіткості при друкуванні відбитків, стійкості до деформацій при багаторазовому їх використанні. Гарт, що винайдений Шеффером у книгодрукуванні, в принципі використовується і сьогодні. Стержень з твердого металу, на торці якого вигравірована літера або інший наборний знак, у книгодрукуванні одержав назву *пуансон і матриця*, в якій *штамп-пуансон* вибиває зображення наборного знака. Матрицю використовують для лиття літер з гарту. Це, по суті, головні елементи наборного книгодрукування.

У загальному вигляді книгодрукування, що винайдене Йоганном Гутенбергом, є винахід, який можна охарактеризувати наступними положеннями. Перше – він зробив винахід форм металевих літер. Ці літери могли бути зібрані в слова і розташовані у рамі. Причому, кожне слово розбиралось на окремі незалежні літери. Друге положення винаходу: текст, який розміщувався у рамах, намазувався спеціального складу фарбою. І, нарешті, третє положення: набраний з літер і розташований у рамі текст вставлявся у прес, який відбивав фарбу на папері. Усі три винаходи, незважаючи на їх простоту, досягнуті багаторічною кропіткою працею. Удосконалення вони одержали, головним чином, завдяки творчості Петра Шеффера.

Книгодрукування розповсюдилось надзвичайно швидко по країнах і континентах. До початку XVI ст. друкарські верстати були у 60 містах Німеччини і у 12 містах інших європейських країн. За 40–50 рр. друкована книга стала звичною для культурного світу. Не зайве зауважити таке. Протягом середньовіччя можна було спостерігати безплідну роботу окремих особистостей, постійне знищення створеного ними, вічне бродіння думок. Особистість не могла нічого створити, нічого передати – все наштовхувалось і розбивалось навколо твердині пануючих вчень. У боротьбі особистості не було ніяких засобів фіксувати свою думку в часі, зберегти її і передати нащадкам. У руках ворогів були усі засоби її знищення. Все стрімко змінилось з відкриттям книгодрукування. З цієї епохи розпочинається зростання людської свідомості. Книгодрукування стало тією могутньою зброєю, яка охороняла думку особистості, збільшувала її силу в сотні разів і надавало можливість врешті-решт зламати чужий світогляд.

До Гутенберга у Європі було декілька тисяч рукописів. Через 50 років після його смерті було видано мільйони книг. До кінця XV ст. були створені друкарські шрифти: *готичний, латинський,*

*старослов'янський - глаголиця і кирилиця, єврейський.* Розповсюджувачами друкарської справи були німецькі ремісники. Вони таємно оберігали ремісничі тонкощі друкарської справи. Поступово ця справа переходила від центру її народження міста Майнса на периферію. Уже до 1470 р. друкарні розповсюдились по містах Голландії, Німеччини, Італії. Потім вони з'явилися у Франції, Іспанії, Англії, Польщі. У 80-х рр. XV ст. – у Данії, Швеції, Норвегії і Португалії. Нарешті, на початку 90-х років цього ж століття з'являються перші друковані єврейські книги у Турції. У 1483 р. у Венеції виходить перша слов'янська книга (глаголицею) "Миссал". Її видав А.Пальташич.

Згадаємо ще про одне видання цього періоду. Воно якнайкраще характеризує зміст і рівень видань середньовіччя. У 1483 р. в Римі надруковано книгу Юрія Котермака (Юрій з Дрогобича) «Прогностична оцінка поточного 1483 р.». За формою і змістом це астрологічний календар. На основі взаємного розташування небесних світил і оцінки різних небесних явищ у книзі прогнозуються земні явища. Це видання дуже високо цінилось європейськими мислителями. У XVI–XVII ст. такі видатні мислителі і природодослідники, як Т.Браге, Ф.Бекон, Т.Кампанелла дивились на астрологію як на справжню науку. Вони вважали, що розташування зірок, планет має вплив на долю людини. Крім традиційних астрологічних побудов, у трактаті Ю.Котермака є відомості про різні природничі науки. Так, з точністю до годин і навіть хвилин визначено час місячних затемнень, фаз Місяця протягом усього року, є вказівки про видимий рух планет тощо. У книзі містяться матеріали з географії, спостереження автора і описання політичного життя багатьох міст і країн Західної Європи. Книга Ю.Котермака «Прогностична оцінка поточного 1483 р.» свідчить про знайомство її автора з творами Аристотеля і Птолемея. Але найбільше посилянь у книзі зроблено на праці Аль-Бумазара – видатного арабського астронома IX ст.

У 1490 р. Ю.Котермак видає ще одну працю. Це трактат про способи оцінки наслідків затемнень. Він і тепер зберігається у Парижі. В ньому автор описав вплив сузір'я на різні географічні широти. Значний за обсягом матеріал вміщує відомості з географії Західної і Східної Європи, Близького Сходу.



*Друкарня-майстерня XVI століття*

Перші слов'янські книги кирилицею були видані у 1491 р. гуситом Святополком (Швайполт Фіоль, або Фейль) у Кракові. В них містилось звернення до читачів малоросійською (українською) мовою.

У Східну частину Європейського материка друкарська справа проникла лише у першій половині XVI ст. Тут розпочинається видавництво книг кирилицею для румун і сербів. У 1525 р. у Празі і Вільно друкував книги відомий білоруський друкар Георгій /Франциск/ Скорина. У Московській державі книгодрукування з'явилося у XVI ст. за часів Івана Грозного. Перша друкована книга, яка зафіксована датою, надрукована у Москві в 1564 р. під назвою "Апостол". Її надрукував Іван Федоров і його помічник Петро Мстиславець. Утиски церкви примусили Федорова переселитись в Україну. Він продовжував видавати книги у Львові, Острозі. Майже одночасно з книгодрукуванням у Московській Русі розпочали свою діяльність щодо видання друкованої продукції друкарні Азії та Америки.

До початку XV ст. книгодрукуванням був охоплений увесь культурний світ. Нове мистецтво все більше почало впливати на розум людини. На цей період було видано біля 25-30 тис. назв книг і брошур. Загальний тираж становив майже 15 млн. примірників. Таким чином, книгодрукування стало засобом надзвичайно швидкого фіксування і розповсюдження знань, сприяло їх використанню у житті. У європейському світі став більш вагомим новий чинник, який значно збільшив потужність людської особистості. Він не дав шезнути зачаткам нового наукового світогляду, який з'явився до цього часу. Цей світогляд, насамперед, проявився у зміні переконань

і поглядів на форму, розміри і положення земної кулі, місце людини у Всесвіті.

На прикладі винаходу книгодрукування ми можемо зробити висновок, що у середньовіччі спостерігався бурхливий прогрес людської думки. Саме з цього періоду людина почала інтенсивно наступати на Природу. Освоювати і пристосовувати навколишній її світ собі на службу.

Від часів винаходу Гутенбергом книгодрукування з кожним роком вдосконалювалось. В.І.Вернадський пророкував цьому мистецтву вічне існування і розквіт. Цей вислів вченого вимушує звернути увагу на таке. Ще не так давно в зарубіжній пресі можна було зустріти похмурі провіщання про те, що настає період занепаду «ери Гутенберга» («галактики Гутенберга»), книга відживає свій вік. При цьому до свідомості людей доводиться думка, що радіо, телебачення, електронні засоби інформації вже витискують книгу. Таке ствердження не лише суперечить фактам, але й шкідливе, через те воно штучно принижує роль книги як головного засобу інформації і духовного виховання людини. Її роль в житті інформаційного суспільства не можна розглядати у відриві від інших засобів інформації. Радіо і телебачення не замінюють друковане слово. Вони його тільки доповнюють. Адже добре відомо, що винахід Луї-Жак Дагером і Нісефором Ньепсом у ХІХ ст. фотографії не витиснув образотворчого мистецтва. Не збулось пророкування тих, хто вбачав у винаході фотографування могильника творінь художників.

Таким же стимулом для розвитку і розповсюдження книги стало стрімке зростання масових випусків газет і журналів. Вони не лише не витиснули попит читачів на книги, а помножили його. Великі відкриття – кіно, транзистори, магнітофони, телебачення, мікрокопіювання і комп'ютери набувають все більшого розповсюдження. А якщо говорити про радіо і телебачення, то вони мають масову аудиторію. Це є прогрес людської думки і соціальна потреба суспільства.

Доля книги в майбутньому така, що вона назавжди залишиться у людській цивілізації. Вона надає можливість читачеві звернутись до прочитаного, поміркувати над ним, вникнути у зміст прочитаного якнайглибше, всебічно його розглянути. І нарешті, тільки книга може запропонувати читачеві те, з чим він хотів би познайомитись або поглибити свої знання в тій чи іншій галузі суспільного життя.



# ВИНИКНЕННЯ І СТАНОВЛЕННЯ ХІМІЇ ЯК НАУКИ

## Загальна характеристика хімії

Найцікавішим в оточуючому нас світі є те, що він надто складний. Кожної миті в ньому відбуваються незліченна кількість хімічних реакцій, внаслідок яких одні речовини перетворюються в інші. І це відбувається з усіма без винятку речовинами, живими організмами, неживими предметами.

Дійсно, людина зробила вдих – і в організмі почались реакції окислення органічних речовин. Вона зробила видих – і в повітря потрапив вуглекислий газ. Цей газ поглинається рослинами і в них перетворюється на вуглеводи. Усе це приклади невидимих реакцій.

Деякі реакції ми можемо безпосередньо спостерігати. Наприклад, іржавіння залізних предметів, згортання крові, згорання автомобільного палива, утворення льоду. І все ж переважна кількість хімічних процесів залишається для нас невидимими. Але саме вони визначають властивості світу, який нас оточує. Для того щоб керувати перетворенням речовин, потрібно як слід розібратись у природі подібних реакцій. Для цього і потрібна хімія.

Сучасна хімія – це фундаментальна система знань, яка базується на багатому експериментальному матеріалі і надійних теоретичних положеннях. Поряд з фізикою, біологією, геологією і деякими іншими науками хімія займає центральне місце серед наук про природу і володіє фантастичною творчою силою. Сьогодні відомо майже 20 млн. органічних і біля 500 тис. неорганічних речовин. Частина з них (кисень, вода, білки, вуглеводи, нафта, золото та інші) природа дає нам у готовому вигляді. Друга частина, наприклад, асфальт, кераміка, штучні волокна людина отримала шляхом невеликої модифікації природних речовин. Але найбільша кількість речовин, які взагалі раніше не існували, створено хімією. Людина синтезувала їх самостійно.

На середину 1999 року описано приблизно 18 млн. індивідуальних хімічних речовин. З них біля 80 % складають сполуки вуглецю з такими елементами, як водень, кисень, азот, сірка, фосфор, галогени.

В цьому і полягає унікальність, неперевершеність хімії. Вона не тільки вивчає те, що надано природою, а і сама постійно створює для себе все нові й нові об'єкти дослідження. Щодо хімії в цьому відношенні немає подібних наук. В усі часи завданням хімії було приборкання речовини для блага людини. І на сучасному етапі розвитку людської цивілізації це завдання покладається на хімію. Щорічно число органічних сполук збільшується на 300–400 тис.

Більшість цих речовин ніколи не існувала в природі. Вони синтезовані у хімічних лабораторіях.

Органічна хімія стрімко поширює свій особливий творчий матеріальний світ. На початку третього тисячоліття вона стала основним джерелом отримання нових матеріалів, лікарських препаратів, засобів захисту рослин, фарбників, різних видів палива і багато інших потрібних для людини речовин. До цього додаються і болючі проблеми, що загострюються з кожним роком, як наприклад, проблема якості життя, охорони навколишнього середовища.

Часто можна почути, що глобальне забруднення навколишнього середовища викликане багатьма промисловими процесами, створенням хімічної зброї, наркотиків та ін. є досягненням геніїв. Таке ствердження стало причиною виникнення наприкінці ХХ ст. справжньої хемофобії. Однак не варто забувати, що хімічні знання, як і наукові знання в цілому, не можуть бути добрими чи поганими. Вони лише потужний інструмент. А результат роботи залежить від того, в чийх руках цей інструмент з'явиться.

Користуючись одними і тими ж законами, можна придумати нову технологію синтезу наркотиків або отрути, а можна – нові ліки як новий будівельний матеріал для організму. Звідси і висновок: в хімії надзвичайно важлива особистість людини. Займатися хімією повинні тільки висококваліфіковані, глибоко порядні й інтелектуально розвинуті професіонали.

Перш ніж досягти сучасного стану, хімія пройшла складний, багатовіковий шлях розвитку. З перебігом часу коло відомих хімікам речовин, методів їх отримання і дослідження поширювалось. Одночасно поширювались і удосконалювались уявлення про склад і побудову речовин, про хімічні явища і процеси. Підкреслимо, що основні напрямки розвитку хімії помітно змінювались від епохи до епохи. Кожній з них були властиві свої проблеми, які висувало життя.

Історія хімії поділяється на періоди практичної і ремісничої хімії, алхімії, ятрохімії, теорії флогістона, аналітичної і пневматичної хімії, хімічної революції, формування атомно-молекулярного вчення, зародження і розвитку органічної хімії, фізичної хімії і т.д. Історичний процес розвитку хімії полягає у нерівномірності протікання цього процесу. В її історії відомі періоди повного застою і, навпаки, періоди бурхливого, стрибкоподібного розвитку хімічних знань. Це обумовлено соціально-економічними факторами, потребами людського суспільства, яке розвивається. Але шлях до вершин сучасних досягнень хімії був довгим і не завжди прямолінійним.

## **Періодизація історії хімії**

Відповідно до класифікації, яка прийнята більшістю істориків науки, історію хімії можна поділити на наступні епохи (поділ умовний, тому що науку неможливо поділити. В історичному її розвитку це єдиний процес):

**1. Період доалхімічний** – від початку цивілізації до IV ст. н.е. Цей період характерний відсутністю понять, що узагальнюють набуті практичні знання, які традиційно передавались нащадкам з покоління у покоління кастами жреців. Це, можна сказати, епоха накопичення емпіричних знань без спроб їх теоретичного пояснення.

**2. Період алхімічний** – з IV ст. н.е. до початку XVI ст. Він характеризується магічною вірою в силу філософського каменя, пошуком еліксиру довголіття, створенням міфів, з яких знаменитим став міф про Гермеса Трисмегісте. Цей період можна поділити на підперіоди і позначити їх іменами народів, що практикували перетворення неблагородних металів у золото і срібло (алхімія єгипетська, грецька, арабська, раннього і пізнього середньовіччя, натуральна магія та інші).

**3. Період об'єднання хімії** охоплює XVI, XVII і XVIII ст.ст. Він складається з чотирьох підперіодів: ятрохімії (хімія лікування), пневматичної хімії (хімії газів), теорії флогістону і антифлогістичної системи Лавуазьє. Цей період з його підперіодами надто важливий тому, що з ним пов'язано зародження і становлення хімії як науки, незалежної від інших природничих наук.

Що це за підперіоди?

*Підперіод ятрохімії* – друга чверть XVI – середина XVII ст. Він характеризується працями Парацельса та ідеєю приєднання хімії до медицини. На неї дивились як на універсальну науку. Протягом цього підперіода народилась справжня прикладна хімія. Її можна розглядати як початок сучасної промислової хімії, оскільки в цей підперіод отримали розвиток металургія, виробництво скла і фарфора, мистецтво перегонки та ін.

*Підперіод пневматичної хімії.* Йому властиві дослідження газів і відкриття газоподібних простих тіл і сполук. Крім Роберта Бойля, автора відомого закону залежності газу від тиску, з пневматичною хімією пов'язані імена Блека, Кавендіша, Прістлі, Фонтани та інших. Усі ці хіміки, за винятком Бойля, були прихильниками теорії флогістона.

*Підперіод теорії флогістону* хронологічно співпадає з періодом пневматичної хімії. Він характеризується широким розповсюдженням теорії флогістона. Теорія створена на рубежі XVII і XVIII ст. Г.Е.Шталем для пояснення явищ горіння і випалу металів.

Уявлення про флогістон, попередником якого було поняття І.І.Бехера «жирна земля»; початок горючості, що відповідає

флогістону, швидко розповсюдилось протягом століття. Люди видатного розуму Прістлі і Блек були настільки захоплені ідеєю флогістона, що так і не усвідомили ролі отриманого і дослідженого ними кисню в явищах горіння і випалу.

*Підперіод антифлогістонної системи.* Він характеризується новаторськими працями Лавуазьє. Вивчаючи горіння і випал, він з'ясував роль кисню у цих явищах. Цим вчений-хімік зруйнував основу теорії флогістона. Вніс чіткість в поняття хімічного елемента. Експериментально довів закон збереження речовини.

**4. Період кількісних законів** охоплює перші шістьдесят років XIX ст. і характеризується виникненням і розвитком атомної теорії Дальтона, атомно-молекулярної теорії Авогадро, експериментальними дослідженнями ваги атома, встановленням і обґрунтуванням правильної атомної ваги елементів, розробкою атомної реформи Канніццаро з його точними формулюваннями основних понять: атом, молекула, еквівалент.

**5. Сучасний період** триває з кінця 60-х років XIX ст. до наших днів. Це золотий період хімії, тому що протягом півтора століття була створена періодична класифікація елементів, виникли уявлення про валентність, теорія ароматичних сполучень і стереохімія. У цей проміжок історії поглибились методи дослідження побудови речовин, були досягнуті величезні успіхи у синтетичній хімії. Підготовлено знищення всяких перешкод між інертною і живою матерією. У цей період відкрито електролітичну дисоціацію Арреніуса, виникла термодинамічна трактовка хімічних процесів. Відкрито радіоактивність та її наслідки. Створена електронна теорія матерії. Засновано вчення про радіоактивність, ядерну фізику і уяву про будову атома. Здавалось, вчені відтворили давню мрію алхіміків про перетоврення елементів, оскільки внаслідок ядерних реакцій речовина роздрібнюється на електрони, протони, нейтрони і т.д., тобто на частини, що менше атома.

*П'ятий період* ми не будемо розглядати у цій книзі. Він заслуговує більш ґрунтовного вивчення в історичному плані. Тим більше, що у останній період поле хімічних досліджень значно розширилось. Ознаки незалежних наук набули окремі гілки хімії – неорганічна хімія, органічна хімія, фізична хімія, технічна хімія, геохімія, біохімія, ядерна хімія та ін.

## **Які бувають хімії?**

Які бувають хімії? Скільки їх існує на світі? Виявляється – одна, як самостійна галузь природознавства. Неорганічна, органічна, фізична, аналітична хімія – все це розділи хімії. Ці чотири розділи

вважають фундаментальною основою сучасної класифікації хімічних наук. Кожен з них має свій предмет дослідження. По кожному з цих розділів хімії написано багато книг, підручників, за якими читаються окремі курси лекцій.

Історія хімії свідчить, що чотири хімічні розділи постійно розколювались на більш менші «фрагменти». По-науковому цей процес називають диференціацією (від латинської назви - *differentia* - різниця, відмінність).

У *неорганічної і органічної* хімії диференціація відбувається відповідно до матеріальних об'єктів дослідження. Неорганічну і органічну хімії часто називають просто «неорганіка» і «органіка». Традиційно вважають: сфера інтересів неорганічної хімії – всі елементи періодичної системи. Органічна хімія займається мільйонами сполучень вуглецю (тільки невелика частина вихідних вуглецю відноситься до неорганічних речовин). Без вуглецю немає органічних сполук. Вони містять ще декілька елементів – водень, азот, кисень (разом з вуглецем вони мають назву «органогени»), а також сірка, галогени, фосфор і деякі інші.

*Неорганічна хімія* – найстаріша з хімічних наук. У XVIII ст. вона мала назву мінеральної хімії. Органічна хімія значно молодша. Як самостійний розділ хімії вона сформувалась у першій половині XIX ст. Провести абсолютно чітку межу між неорганічною і органічною хімією неможливо.

*Фізична хімія* історично складалась з різних «мозаїчних шматочків» знання. Дослідження теплових ефектів хімічних реакцій породило термохімію. Хімічні процеси, що проходять під дією електричного струму, покликали до життя електрохімію. Більшість реакцій здійснюється у рідкому середовищі - звідси вчіння про розчини. Фізичні ідеї допомогли вивчати швидкості і механізми хімічних реакцій. Так сформувалась хімічна кінетика. Додамо сюди термодинаміку – одну з теоретичних основ хімії. Сукупність усіх цих дисциплін і носить назву фізичної хімії.

Статус *аналітичної хімії* до сьогодні до кінця не з'ясовано, а саме питання: чи є визначення хімічного складу речовини самостійною галуззю знань, зі своїми теоріями і методами, чи ж аналітика не більш ніж «служанка» інших хімії? Добре відомо, що без ретельного, точного аналізу хімія сліпа. Будь-який хімічний синтез перевіряється аналізом. Незначна доля домішок у надчистих речовинах, що вимагаються для самих сучасних технологій, визначаються за допомогою аналітичних методів.

У надрах аналітичної хімії народилась нова дисципліна – *хімічна діагностика*: сукупність методів, які надають можливість безперервно визначати різні характеристики хімічних процесів, що протікають, і речовин, які утворюються. Роль діагностів виконують

спеціальні датчики – хімічні сенсори. Їх можливості широкі. Так, на основі хімічних сенсорів створено прилад, що надає можливість визначати наявність біля 100 різних газів у сумішах.

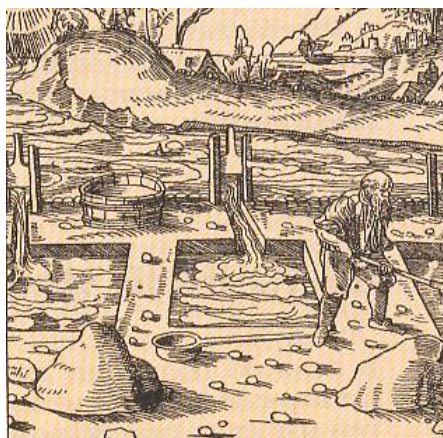
Свої численні методи аналітика (аналітична хімія) запозичила і з хімії, і з фізики. Сьогодні на першому плані – методи фізичні. Це, насамперед, методи оптичної спектроскопії (у видимій, ультрафіолетовій і інфрачервоній галузях); рентгеноструктурний аналіз; радіоспектрометрія (електронний і ядерний магнітний резонанс); мас-спектрометрія; метод радіоактивних індикаторів; радіоактиваційний аналіз.

Диференціацію хімії можна порівняти з деревом, яке постійно дає гілля. Вона зробила її багатоліким і багаторуким організмом. Споруда сучасної хімії величезна. Своїм розвитком вона росте вгору, розширюється по напрямкам.

### Джерела зародження хімії

Прослідкувати виникнення хімії з джерел цивілізації є надто складним завданням. Не менше труднощів виникає, коли потрібно визначити характер хімічних знань у різних народів. Стародавня історія врешті-решт зводиться до суми розрізнених відомостей, до посилання на досягнутий у ті часи технічний прогрес. Така історія не буде являти собою систематичне викладення. А воно можливе лише за умови, коли істотну роль починає відігравати теорія. Саме вона, теорія, впливає на розвиток сучасної науки. Виникає питання: де джерела хімії? І тут ми мимоволі починаємо з тих часів, коли первісна людина почала звертати увагу на предмети, які їй зустрічались в повсякденному житті. Виготовлення знарядь і одягу, здобування харчування, будівництво житла – кожен трудовий крок діяльності стикав первісну людину з незнайомими дивовижними, загадковими предметами і явищами. В процесі праці людина здобувала відомості про навколишній світ.

Дуже рано у наших пращурів з'явилась потреба рахувати предмети і господарське майно, число днів тощо. Невипадково після самої стародавньої науки астрономії народилась і почала розвиватись арифметика. Але завдання, яке перед людиною ставило життя, вимагало не тільки рахувати, а і вимірювати предмети – визначати



*Видобуток соди у давнину. Книга Агріколи "Про гірську справу і металургію". Видання 1557 р.*

площі землі, лугів, осель – за арифметикою з'явилися геометрія і алгебра, а згодом і обчислювались об'єми тіл. Математиці однаково що рахувати, обчислювати – дерева на ділянці чи врожай на полі, розміри дерев'яної чи кам'яної оселі. Властивості предметів її не цікавили. Математику не цікавило, що у багатьох предметів об'єми однакові, а вага різна. Людина все більше і більше залучала в коло своєї діяльності речовин. Виникла необхідність вникати у їх властивості.

Будівництво житла вимагало знань не тільки про кількість дерева і каміння, їх вагу, міцність, відношення до води, тепла і холоду. Практична діяльність поступово поповнювала знання людини про властивості матеріалів. Підготовлено ґрунт для зародження фізики – науки, що займалась систематичним вивченням властивостей предметів. Порівнюючи отримані відомості, фізика вперше відкрила загальні якості несхожих між собою предметів. Речі можна було згрупувати за загальними властивостями. Виявилось, що одні з них легко розчиняються у воді, на інші вода не діє. Треті не бояться вогню, тоді як четверті, навпаки, легко загоряються. П'яті мають велику вагу, а шості такі легкі, що за їх допомогою можна триматись на воді.

Фізика спочатку не могла пояснити, чим викликані такі різні властивості. Відповідь на це, як відомо, змогла дати хімія. А вона, як і її попередники, почала формуватись з хіміко-практичних знань у глибоку давнину. Умови життя людей при первісному укладі не сприяли розвитку виробничих сил. У боротьбі за оволодіння засобами існування люди оволоділи деякими хімічними знаннями.

У доісторичні часи люди познайомились з кухонною сіллю, її смаковими і консервуючими властивостями. Потреба в одязі навчила наших далеких пращурів примітивним методам обробки шкір тварин. Вогонь, яким людина оволоділа біля 100 тис. років тому, знаменував нову еру в історії культури. Для людини кам'яного віку вогнище стало своєрідною хімічною лабораторією. Тут вона отримала перші зразки металів з руд. Із свинцю, олова і міді в епоху неоліта людина виготовляла знаряддя праці і зброю. В ряді випадків люди були знайомі з деякими властивостями металів, наприклад, плавкістю.

У 60-і роки ХХ ст. у Південній Турції зроблені дивовижні археологічні знахідки. Вони відносяться до періоду неоліта (VII–VI тис. до н.е.). Тут знайдено багато виробів з міді і свинцю, а також залишки плавильних печей. Само поселення, в якому проживало біля 7 тис. населення, було з добре спланованих житлових будинків і величезних культових споруд. Збереглися складні багатокольорові настінні розписи, які виконані мінеральними фарбами.

Існування такого давнього поселення з розвинутою культурою дає підстави вважати, що люди володіли певними хімічними знаннями не менше 10 тис. років тому.

У Південному Міжріччі при розкопках міста Ура знайдено металеві предмети. Один з них – наконечник списа – зроблено з міді з домішками миш'яку і цинку. Тут же знайдені і скляні намиста того ж часу. Відомі до цього єгипетські скляні намиста відносяться до 2500 р. до н.е.

### Рабовласницьке суспільство

Для історії науки вважається звичайним те, що Єгипет є країною, де були зосереджені у древності хімічні знання, які формувались під впливом практичних потреб. Ці потреби були викликані високим рівнем життя, якого досягли деякі касти. Усе це підтверджується отриманими відомостями.

У 1872 р. у Фівах виявлено староегипетський папірус XVI ст. до н.е. Він містить рецепти виготовлення лікарських засобів. Тут описані операції виварювання, настоювання, видавлювання, бродіння, проціжування рослинної сировини.

У Мемфісі було знайдено аналогічний папірус, що також відноситься до XVI ст. до н.е. В ньому містяться відомості про фармацевтичні рецепти.

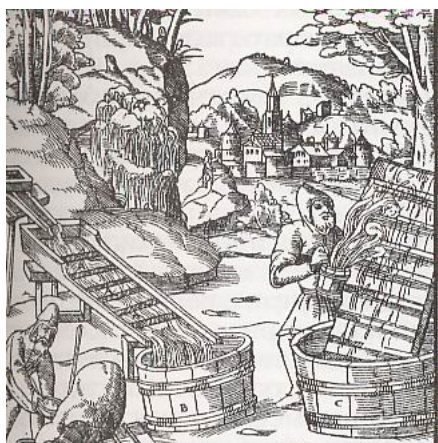
Обидва рукописи можна вважати найбільш давніми хімічними текстами.

Звичайно, практичні знання в галузі хімії були примітивними. Однак на їх основі здійснювався розвиток хімічних знань у наступні епохи.

За декілька тисячоліть до н.е. у районах Месопотамії, Закавказзя, Малої Азії видобували, очищували і обробляли золото. Це мистецтво прийшло у ці місцевості з Єгипту. Тут були добре відомі способи видобутку з руд міді, олова, свинцю, а пізніше срібла і ртуті. Саме від єгиптян знання про хімічні процеси розповсюджувались у державах середземноморських цивілізацій –

фінікійців, євреїв, персів, греків, римлян.

У давнину мистецтво перетворення звичайних металів у золото і срібло, або в їх сплави називали *хімією*. Ця назва, як вважає М.Джуа, походить від єгипетського слова *хам* або *хем*. Означає це слово Єгипет, а також «чорний». Виникнення слова «хімія» до кінця все ж таки не



*Промивання золотоносної руди. З книги Агріколи "Про гірську справу і металургію". Видання 1557 р.*



з'ясовано. Історія єгипетської цивілізації і, зокрема, привілеї жреців на опікунство тих ремесел, які викликали особливий інтерес для збереження і збільшення багатства, надають можливість стверджувати, що хімічне ремесло виникло у Єгипті.

Єгиптянам були відомі золотоносні копалини Східної Африки, яку вони називали Нубією (від *Нуб* - золото). У греків є описи видобутку руди рабами, її подріблення, збагачення і виплавки для того, щоб одержати залишок, в якому міститься золото. Фінікійцям була відома багата золотом країна Офір, яка знаходилась на східних берегах Африки, а не в Аравії, Індії або в інших східних країнах, як вважалося протягом тривалого періоду. Металургія золота без істотних змін від єгиптян перейшла до інших народів, в тому числі і римлян, від них – далі.

Аналогічні методи використовувались і для одержання срібла, очищення якого здійснювалось шляхом ліквідації його сплавів зі свинцем. Родовища Вірменії, Кіпру, Іспанії та Сардинії стали відомі завдяки фінікійцям. Стародавнім народам не був відомий спосіб відокремлення срібла від золота, через те що вони вважали їх сплави особливим металом, який єгиптяни називали *асем*, греки – *електроном*.

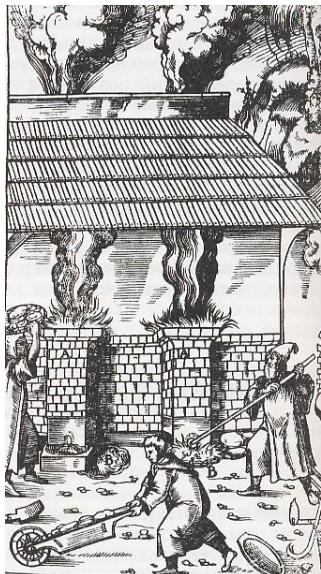
Електрон – яскравий жовтий сплав золота і срібла – у Давньому Єгипті, як і взагалі в Античному світі, відігравав велику роль. З перебігом часу єгиптянам стало відомо, що з електрона можна одержати як чисте золото, так і чисте срібло. Вважалося можливим перетворити один метал в інший хімічним шляхом. Ці емпіричні погляди з металообробної техніки набули деякий науковий відбиток у Єгипті, коли сюди проникла грецька філософія. Це стверджується змістом античних літературних переказів і легенд про виникнення цього мистецтва.

Знайдено дві книги Демокріта про срібло і дорогоцінне каміння (разом з камінням він описує і жемчуг), а також одну книгу про золото і пурпур. Математико-механістичний характер грецької науки і небажання греків займатись “брудною” справою перешкождали їм досягти вагомих результатів у галузі хімії на відміну від фізико-математичних наук. Хоча добре відомо, що зародження алхімії і головного хімічного процесу перегонки можна віднести до раннього періоду александрійської епохи.

Мідь була відома з доісторичних часів не тільки у вільному стані, але й у вигляді сплаву з оловом – бронзи. В епоху бронзи мідь використовували для виготовлення домашнього посуду, прикрас, зброї. У цей період металеве олово не використовувалось. Тому можна тільки допустити, що у доісторичну епоху випадково одержано більш легкоплавкий метал, який краще оброблявся,

шляхом сплаву міді з мінералами, котрі містять олово. Таким чином, мідь була відома раніше, ніж олово, металургія якого більш складна.

Давні люди вміли використовувати і інший важливий сплав - латунь – сплав міді з цинком. Але вони не були знайомі з металевим цинком у вільному стані. Латунь, можна припустити, відкрита ними випадково. Про це є натяк у Аристотеля.



*Плавильна піч з переднім горном. . З книги Аґріколи “Про гірську справу і металургію”. Видання 1557 р.*

Залізо стало відомо пізніше, ніж мідь і бронза. За тисячоліття до н.е. у Давньому Єгипті з нього виготовляли домашній посуд.

Єгиптяни опанували процес відновлення залізних руд у плавильних печах. З невеликими змінами він був розповсюджений серед інших народів. Можна стверджувати, що їм був також відомий процес гартування, тобто спосіб підвищення твердості заліза шляхом його швидкого охолодження.

Свинець давнім був знайомий за багато століть до н.е (пізніше, ніж залізо). З нього чеканили монети і виготовляли водопровідні труби для подачі питної води. Греки і римляни використовували також сплав свинцю з оловом (пріпій). Олово у чистому вигляді єгиптяни використовували для прикрашення епітафій (надгробних написів). Багато з цих прикрас були зруйновані олов'яною чумою.

Греки вже за декілька століть до н.е. були знайомі з ртуттю – рідким сріблом. Вони знали про її отруйність і здатність давати у суміші з золотом амальгаму.

Культурні народи древності рано оволоділи гончарним мистецтвом. Археологи знайшли глиняні глечики, які покриті глазур'ю. На Егейських островах у греків і римлян широко використовувались домашні та декоративні глечики. Трохи пізніше у Південній Італії значного розповсюдження набули способи виготовлення керамічних виробів.

Археологічні розкопки свідчать про виготовлення скла у стародавніх народів (єгипетська і китайська цивілізації). Склані художні прикраси виробляли у Фівах, які протягом тривалого часу були центром, де процвітало це мистецтво. У V ст. греки, а за ними римляни, вже були знайомі з виробництвом скла. Пліній (кінець I ст.) повідомляє про процес його виробництва шляхом сплавлення піску з рослинною золою. Він також пише про можливість виробництва кольорового скла, яке схоже на дорогоцінне каміння. У Єгипті цьому

сприяло існування природних запасів соди. Пліній же описує процес виробництва мила шляхом обробки жирів рослинною золою.

Мистецтво фарбування раніш за все з'явилося у народів Далекого Сходу. Але з ним були знайомі і народи Середземноморського басейну. Крім деяких мінеральних фарбників, тут використовували вохру, сурик. Були відомі також різні прийоми фарбування індиго, мореною, пурпуром та іншими природними фарбниками. Закріплювачем фарб на тканині були квасці або залізний купорос. Найпростішим процесом збереження і дубління шкір у стародавніх народів було соління, обробка вапном, а також рослинними дубільними речовинами.

Варто згадати про те, що стародавні народи, використовуючи сировину рослинного і тваринного походження, одержували різні продукти харчування. Це хліб зі злакових культур, вино, пиво, оцет, рослинні і тваринні жири, парфуми та ефірні масла тощо.

Істориками медицини доведено, що греки і римляни вживали різні медикаменти, які зберігались у рослинних і тваринних царствах, а також ті, що виготовлені штучно. До таких медикаментів треба віднести сірку, ртуть, сульфат міді, основний карбонат заліза, квасці, мазі на основі свинцевого глету і рослинного масла, а також різні рум'яни і помади.

З усього того, що викладено, є досить повна уява про хімічні сполуки і методи, які використовувались у давнину для їх виготовлення. Цей список можна було б продовжити відомостями про мистецтво зведення величних будівель за допомогою вапна як речовини, що пов'язує будівельний матеріал. Руїни і пам'ятники, які відносяться до єгипетської, китайської та індійської перших цивілізацій засвідчують цей факт.

Пліній Старший першим в історії узагальнив все те, що знали його сучасники і що в майбутньому стало предметом хімічних досліджень. Він є автором 36 книг, де розкрито картину світогляду його сучасників. В них описані астрономічні і фізичні спостереження. Є відомості з географії, про людину, тваринний і рослинний світ, лікарські засоби рослинного і тваринного походження. Шість з 36 його творів містять вичерпні, на той час, відомості про неорганічну природу, про походження в земних надрах мінералів і металів. З його праць ми знаємо, що вже у давнину люди мали уяву про сірку, кварц, кіновар, гіпс, крейду, алебастр і про метали, що згадані нами раніше. Вони використовували такі речовини, як купорос, свинцеві білила. Крім того, Пліній описав різні хімічні процеси й операції.

## **Античні натурфілософські вчення**

Вже відзначалось, що коли потреби людського суспільства, яке еволюціонувало, вимусили науку цікавитись не тільки розмірами і числом речовин, а й їх властивостями, з'явилась фізика. Коли ж фізика почала вивчати перетворення речовин, а життя вимусило їх практично використовувати, з'явився зародок науки про перетворення речовин – *хімія*. Але між фізикою і хімією неможливо провести чітку межу. Хоча вважається, що хімія займається лише вивченням властивостей елементів і перетворенням речовин. Оскільки атоми і молекули є носіями властивостей простих і складних речовин, хімія зупиняється на рівні атома як частини. Далі починається царство фізики.

Розвиток ремісничої хімічної техніки у стародавньому світі і практичні відомості про речовини та їх перетворення викликали потребу в первісних уявленнях про природу різних речовин і начал, які складають ці речовини. Ці уявлення базуються на розвитку побудови усіх речовин і Всесвіту з найдрібніших часток, що поступово сформувались у поняття *атом*. Джерела атомістики сягають до VII–V ст.ст. до н.е. і містяться у філософських ученнях Конфуція, Лао-Цзи у Китаї, Будди в – Індії, Зороастра в Персії, Фалеса та інших – у Греції. В основі їх учень про начала речей містяться загальні ідеї. Це є свідченням про єдність світогляду.

Разом з тим відомості про начатки атомістики носять суперечливий характер. Деякі дослідники стверджують, що джерелами атомістики є, зокрема, китайська цивілізація. Однак залишається невідомим, чи знали китайці про атомне вчення. І все ж, ймовірно, в основу своїх уявлень про сутність Всесвіту китайці поклали вчення про елементи. Спроби виявити начатки атомістики у Китаї, Фінікії, Персії і у Єгипті не становлять ніякого інтересу, оскільки у народів цих країн, як відзначає М.Джуа, не було самостійних філософських систем.

Тільки в Індії фізика і метафізика могли розвиватись незалежно від релігійної догматики. Саме тут вчення про елементи з'являється у різних системах, у одній з яких, наприклад, ефір розглядається як речовина, що складає основу речей.

Найбільш повне і яскраве уявлення про речовини і начала, які їх складають, міститься у філософів Стародавньої Греції. Вони неодноразово спостерігали властивості речовин. Їх причини вони не знали. Греки першими почали вивчати Природу за допомогою примітивного, в нашом розумінні, методу. Поступово у вчених складалось враження, що властивості не пов'язані міцно з тілами, що вони - саме головне, саме істотне, та первісна основа, з якої утворюються самі тіла. Така точка зору формувалась у наукових диспутах, дискусіях, наукових творах. Так започатковані ідеї про атомарну, дискретну побудову матерії. Вони базувались на

матеріальній першооснові усіх речей. Грецькі вчені намагались зрозуміти Природу такою, якою вона є насправді. Згадаємо, характерними рисами античної науки, з одного боку, було накопичення емпіричного матеріалу, з другого – пояснення світу за допомогою гіпотез і теорій, в яких передбачено досить багато наукових відкриттів у наступні часи.

Родоначальниками атомарної, дискретної побудови матерії стали Фалес Мілетський (624–547 рр. до н.е.), Анаксимандр (610–546 рр. до н.е.), Анаксимен (588–525 до н.е.) та інші. З вершини сучасного уявлення багато у їх знаннях нами сприймається наївно. Так, Фалес Мілетський – засновник античної матеріалістичної філософської школи (іонійської) – усі явища і речі зводив до єдиної основи – води. Він вважав, що все виникає з води і в неї перетворюється.

Учень, товариш і родич Фалеса Анаксимандр Мілетський таку основу вбачав у єдиній, вічній, невизначеній неякісній матерії «апейроні» («апейрон» - безмежне). Анаксимандр розумів під цим «вічну і нестаріючу Природу, яка містить всі світи і космоси». В єдиному трактаті грецького філософа, який зберігся, є формулювання закону збереження енергії: «Речі знищуються у ті ж самі елементи, з яких вони виникли, відповідно до їх призначення».

Учень і наступник Анаксимандра Анаксимен на принципі паралелізму про мікрокосмос і макрокосмос основою всього вважав повітря. Він розглядав його як космогонічний першопринцип і актуальну життєву основу космосу. В єдиному трактаті цього вченого «Про Природу», який не зберігся, Анаксимен відзначає: «так само, як душа (псюхе) наша є повітрям і утримує нас від розпаду, так і космос об'єднує дихання (пневму) і повітря».

Філософ Давньої Греції Геракліт (Ефеський, 540–480 рр. до н.е.), як спадкоємець, мав титул басилевса (царя-жреця) і відмовився від нього. Основою основ він вважав вогонь, стихію, яка уявлялась грекам найбільш тонкою, легкою і рухомою. В єдиному його творі, що складається з трьох глав: «Про Всесвіт»; «Про державу»; «Про богослів'я» є ствердження про те, що всі речі з'являються з вогню і знову в нього перетворюються. «Світ єдиний,- писав Геракліт, – не створений ніким з богів і ніким з людей, а був, є і буде вічно живим вогнем, який закономірно спалахує і закономірно згасає».

Безпосередніми попередниками атомістів були Емпедокл (490–430 рр. до н.е.) і Анаксагор (500–428 рр. до н.е.). Вони висунули концепцію елементів, з яких побудований Всесвіт. Згідно з вченням Емпедокла матеріальними елементами є вогонь, повітря, вода і земля. Вони вічні, нерозривні, хоч і змінюються числом і величиною шляхом сполучення і розподілу. В поемі «Про Природу» Емпедокл дає загальний початок збереження, а саме: «Ніщо не може виникнути

з нічого і ніяк не може те, що є, зникнути». Ця думка вченого давнини нагадує нам закон збереження речовини, який у сучасній фізиці є фундаментальним.

Анаксагор вважав, що навколишній світ складається з безмежної кількості часток («насілля»), речовин. Ці частки знаходяться у стані вічного вихрового руху під впливом дії якоїсь матеріальної рушійної сили. Внаслідок їх совокупного руху тепле, холодне повітря відокремлюється від світлого, гарячого ефіру, а частки сполучаються з подібними до себе. Так створюються матеріальні тіла. Поняття «ефір», що введене Анаксагором, пізніше надало вченим можливість тривалий час спорити, дискутувати. За сміливість висловлення думки про те, що Місяць, Сонце, зірки є розжареними каміннями, Анаксагора звинуватили у безвір'ї і засудили до смертної страти. Він вимушений був утекти з Афін. Анаксагор, як і Емпедокл, є попередником атомістів.

Засновниками атомістичної теорії стали Левкіпп – філософ-матеріаліст Давньої Греції (500–440 рр. до н.е.) і його учень Демокріт (460–370 рр. до н.е.). Левкіпп стверджував, що матерія складається з окремих часток-атомів. Вони розташовані у порожнечі і дуже дрібні. Такий висновок він зробив із своїх спостережень за різноманітними явищами. Атоми, як писав Левкіпп, безперервно рухаються у просторі і впливають один на іншого поштовхом і тиском. Ним уведено такі наукові поняття, як абсолютна порожнеча, атоми, які рухаються в порожнечі та інші.

Більш повно і гармонійно атомістична теорія викладена Демокрітом. Як і його учитель Левкіпп, Демокріт визначав два першоначала: атоми і порожнечу. Атоми, на його думку, неподільні частки матерії, незмінні; вони вічні, постійно рухаються і один від іншого відрізняються формою, величиною, станом і порядком. Звук, колір, смак тощо атомам невластиві, а існують умовно. У цьому погляді є зародок первісних і другорядних якостей речей. З поєднання атомів, стверджував Демокріт, утворюються тіла. Розпад атомів веде їх до загибелі. «Безмежна кількість атомів, – говорив він, – рухається вічно в безмежній порожнечі. Вони переміщуються у різних напрямках, інколи стикаються і створюють вихори атомів. Так здійснюється безмежна кількість світів, що «народжуються і вмирають, виникають і зникають природно». Це вже, як бачимо, атомістична теорія. Думки Демокріта і його вчителя Левкіппа щодо побудови світу з атомів зустрічаються у багатьох книгах з фізики і філософії в однаковій викладці. Принципи Демокріта сформульовані ним в одинадцяти положеннях.

1. Ніщо не виникає з нічого і ніщо не переходить в ніщо.
2. Матерія складається з безмежного числа найдрібніших, неподільних частин – атомів. Завдяки з'єднанню і роз'єднанню

атомів створюється вся безмежна різноманітність речей та їх властивостей.

3. Атоми вічні і незмінні, а всі складні тіла, які з них виникають, мінливі і минають.

4. Не існує нічого за винятком атомів і чистого простору.

5. Чистий, порожній простір існує самостійно. Абсолютний простір безмежний, він не має ні верху, ні низу, ні центру, ні краю.

6. Атоми «самі собою» вічно рухаються у порожньому просторі. Рух завжди властивий атомам і здійснюється завдяки пануванню у Всесвіті універсальної необхідності.

7. Ніщо у світі не здійснюється випадково, а тільки на якій-небудь основі і як необхідне.

8. Атоми безмежні за кількістю і різноманітні за формою.

9. У Всесвіті існує безмежна кількість світів. Наш світ - один з них. Форма Землі спочатку була іншою. Земля була дуже мала і, як порошок, носилась у просторі, обертаючись навколо своєї осі. З перебігом часу від притоку нових атомів вона збільшувалась, стала щільною і важкою, зробилась нерухомою і зайняла місце у центрі Світу.

10. Відмінність між речами виникає від відмінності кількості атомів: їх величини, форми і порядку розташування. Якісної різниці між атомами не існує. Атоми не мають ніяких внутрішніх станів. Вони діють між собою тільки шляхом тиску і удару.

11. Душа складається з тонких, гладких і круглих атомів, які подібні атомам вогню. Ці атоми найбільш рухомі, їх рухи проникають у тіло і здійснюють усі життєві процеси.

Природничонаукова думка давніх греків дістала свого розвитку у працях самого знаменитого філософа античності Аристотеля (384–322 рр. до н.е.). Він визнавав чотири начала Емпедокла. Але вважав, що крім них, існує п'ятий загальний принцип – усія, тобто сутність. У середньовіччі цей принцип називався «п'ятою сутністю» або «квінтесенцією» (саме головне). На відмінність від Емпедокла Аристотель, як вже згадувалось раніше, вважав чотири стихії не матеріальними субстанціями, а тільки носіями певних властивостей – теплоти, холоду, сухості і вологості. Ці якості тією чи іншою мірою властиві усім речовинам і попарно протилежні одне одному. Кожна із стихій є носієм двох якостей. Так, вода – холодна і волога, вогонь – теплий і сухий, повітря тепле і вологе, земля – суха й холодна. Кількісні зміни однієї з якостей стихій (що входять до тіла), наприклад, шляхом нагрівання, сушки тощо, приводить до їх перетворення в інші стихії. Наприклад, холодна і волога вода при нагріванні перетворюється в тепле і вологе повітря. Звідси висновок, що цілком можливі перетворення одних речовин в інші.

Учення Аристотеля про стихії-властивості згодом стало теоретичною основою ідеї про можливості взаємного перетворення металів, зокрема перетворення (трансмутації) неблагородних металів у золото. Ця ідея покладена в основу алхімії.

Аристотель вважав, що всі космічні тіла, зірки складаються з самого досконалого елемента Природи, яким є ефір. У Природі з самого початку закладено досконалий рух по колу. Аристотель критикував свого вчителя Платона, погляди своїх попередників – Анаксагора, Левкіппа, Демокріта та інших за те, що вони визнають безмежність атомів і світів. Реальний світ «має кінець і обмежений, побудований з обмеженої кількості елементів, – стверджував Аристотель у трактаті «Фізика». Це його ствердження стримувало у середньовіччі розвиток атомістичних уявлень.

У Давньому Римі поет і філософ Тит Лукрецій Кар (99–55 рр. до н.е.) у своїй книзі «Про природу речей» відобразив вчення грецького філософа Епікура (341–270 рр. до н.е.). Цей твір є єдиним пам'ятником матеріалістичної думки древніх, який повністю зберігся. Епікур розвинув вчення Демокріта про Природу. Епікур, а слідом за ним і Лукрецій, існуванням атомів намагались пояснити усі природні і соціальні явища. Лукрецій створює модель руху атомів, уподібнює його руху пилинок у сонячному промені в темній кімнаті. Це є по суті, один з перших описів у історії природничих наук картини молекулярного руху.

Геніальні здогадки філософів-матеріалістів, атомістів Давньої Греції та Риму обумовили народження сучасної атомістики. В свою чергу, з'явився зародок нової науки – хімії. Уявлення вчених Давньої Греції та Риму не перетворились у справжню наукову доктрину. До середньовіччя і епохи Відродження цей зародок нової науки – хімії не розвивався. Причина в тому, що історія її розвитку до XVII ст. міцно базувалась на алхімічному мисленні. Але тільки у середньовіччя і епоху Відродження ідеї про дискретність речовин привернули увагу мислителів.

### **Алхімічний період**

Проблема зв'язків алхімії з хімією надто складна, щоб одержати уяву про неї до XVII ст. Але впевнено можна стверджувати, що вся історія розвитку хімії до цього періоду міцно базувалась на алхімічному мисленні. Версія про те, що історія хімії розпочинається з часу виникнення алхімічних ідей і алхімія є «матір'ю хімії» не зовсім відповідає реаліям історії розвитку цієї науки. Вже з того, що викладене раніше, можна зробити висновок, що хімія виросла з практичної ремісницької хімії, яка стала вихідним пунктом і базою прогресу хіміко-технологічних знань. Це – очевидно.



Процес накопичення таких знань, як вже було показано, розпочався у глибокій давнині. У нас немає можливостей встановити, хто і коли у давнину і у середньовіччі зробив те чи інше навіть значне відкриття, хто є автором відкриття способів і використання вогню, виплавки металів з руд, фарбування тощо. Імена піонерів хімії стародавнього світу і середньовіччя, за рідким винятком, залишилися невідомими. Досягнення в галузі хімії у ці періоди хоч і здаються нам незначними порівняно з колосальними успіхами сучасної науки, але для свого часу багато з них були революційними. На основі успіхів і досягнень практичної хімії, починаючи з Античності, йшов розвиток знань в наступні епохи. У сукупності усі вони стали базою сучасного стану хімії.

У період занепаду александрійської і римської культури на сході Малої Азії (Арабський Схід) хімія як наука, розпочалась в окремих центрах науки, що виникли під протекторатом багатих правителів держав. Такою була, наприклад, академія в місті Джанді-Шарпурі (Південна Персія). Академія прославилась практичною і дослідницькою діяльністю лікарів. Вона підтримувала наукові зв'язки з Константинополем, де знаходилась велика наукова бібліотека при храмі Софії.

Крім Джанді-Шарпурського центру, у V ст. були засновані академії в країнах Близького Сходу: в Едессі (Месопотамія) і Еземі (Сірія). Їх діяльність розвивалась під впливом філософів Греції. Тут протягом IV–VII ст.ст. здійснювався переклад хімічних трактатів александрійських вчених. Термін «хімія» вперше виявлено у грецьких письмових джерелах наприкінці IV ст. Перекладачами творів грецьких вчених були представники «таємної науки». Переклади окремих таких видань опубліковані лише наприкінці XIX ст. Серед них також і глави творів Зосіми Панополітанського (350–400 рр. н.е.). В його творах і знаходимо вперше термін «хімія». Таким чином, хімія народилась на занепаді суспільного ладу, оснований на рабстві.

У 476 р. колись могутня Римська імперія розпалась. Настав період державного занепаду, застою. Багатолюдні й квітучі міста і великі держави з добре розвинутою торгівлею розпались на дрібні окремі господарства та князівства. Слабо пов'язані одне з одним, вони майже повністю жили за рахунок продуктів, які вироблялись у власних володіннях. Потреби зростали повільно. В таких умовах до науки не звертались. З бібліотек і академій світу наука переселилась в монастирі середньовіччя. Вивчення Природи замінилось вивченням текстів «Священного писання». Змінила характер і хімія, яка тільки народилась. Вона не мала попиту в житті. На неї стали дивитись як на засіб швидкого і чудового збагачення, до якого прагнуло багато

людей. Практичне життя давало яскраві приклади перетворення різних речовин.

Пліній Старший писав про те, що підчас пожежі у гавані Пірея згоріли діжки, в яких були свинцеві білила. Від дії вогню вони перетворились у червоний свинцевий сурик. Багато перетворень використовувалось людиною для виготовлення необхідних речей. Прожарюючи з вугіллям землеподібні руди, отримували дзвінкі монети. Пісок і ракушечник перетворювали у скло, сплавляючи їх з содою, що видобували з содових озер. З вина, даючи йому прокиснути, робили оцет. І чим далі розвивалось людське суспільство, тим більше зростали його потреби, тим сильніше відчувалась потреба у виготовленні все нових і нових речей з природної сировини, яку можна було обробити. Це підтверджувало вчення Аристотеля про те, що всі тіла складаються з одних і тих же елементів-властивостей, можна одні перетворювати в інші. Чи не можна досягти того, щоб і прості, неблагородні, дешеві метали, такі, як свинець, залізо перетворити в дорогоцінне золото?

Потреба в золоті була велика. Неперервні феодальні війни спустошували окремі князівства і навіть країни, руйнували маєтки великих і малих феодалів. В умовах господарського застою не так то просто було задовольнити потреби монархів у грошах.

Мимоволі треба було розраховувати на чудо. Хіба не було чудом можливість перетворення одних металів в інші. Це було наслідком уявлень, які панували в хімічній науці на початку її розвитку.

Мета хімії змінилась. Змінилась і її назва. Понад 1000 років – з IV по XVI ст.ст. вона називалась алхімією. Уже у XVIII ст. німецький хімік Г.Шталь так писав про алхіміків: «Я не берусь оцінити шкоду, яку нанесли ці шахраї – алхіміки... Дозволю собі тільки відзначити, що з часу Парацельса в нашій вітчизні не було жодної війни, яка б принесла стільки зла, скільки ці люди».

Подібних «шахраїв» у Європі того періоду було багато. Ось цікавий куплет з пісеньки початку XVIII ст.

“Алхимиком ныне хочет быть всяк:  
Юнец, и старик, и круглый дурак,  
Придворный советник, цирюльник, солдат,  
Монах, и священник, и адвокат”



*Карикатура на алхіміків.  
З гравюри XVI ст.*

Сучасник Г.Шталя французький хімік П'єр Макьор так писав: «На щастя, з алхімією хімія не має нічого загального, крім імені, але це їй так само неприємно, як

розумній і розсудливій дочці носити ім'я матері, яка прославилась причудами і безглуздістю». А відомий хімік ХІХ ст. Ю.Лібих так висловив свою думку: «Кожна гіпотеза, яка веде до здійснення експериментів, підтримує в людині завзятість, розвиває думку. Такі гіпотези – великий рух науки. Алхімія є не що інше, як хімія. Те, що алхімію постійно змішують зі спробами отримати золото хімічним шляхом ... найбільша несправедливість».

Такі думки великих людей ХVІІІ і ХІХ ст. прокладають нам шлях до усвідомлення, що ж, власне, являє собою «алхімічна гіпотеза?».

Бажаючи отримати золото з неблагородного металу, алхіміки сплавляли, випалювали, розчиняли все, що в них було. Аристотель, освячений церквою, надихав їх надією збагатитись. Не маючи змоги розібратися у речовинах, отриманих ними, алхіміки вбачали в них те, чого прагнули. Випадково сплавивши чотири частини червоної міді з однією частиною білого олова і отримавши раптом метал жовтого кольору, алхімік славив бога. Йому здавалось, що властивості міді й олова перемішались, створивши властивості благородного металу, що при цьому мідь і олово пропали, перетворившись у золото. Хіба легко було у той час визначити, що отримано бронзу, простий сплав. Врешті-решт помилка виявлялась. Але це не охолоджувало завзяття алхіміків. Знову і знову вони перечитували Аристотеля. Чотири елемента-властивості – це все, що потрібно для утворення речовин, учив грецький філософ. Потрібна ще п'ята сутність «квінтессенція» (саме головне), яка об'єднає інші елементи. Ось в чому секрет!

Вони шукали «квінтессенцію» і давали їй різну назву: Камінь мудреців; Філософський камінь; Великий еліксир; Універсал. Червона тінктура; Великий магістерій; Фермент; Червоний камінь. Коли його буде знайдено, попутно вирішиться і завдання медицини. Той самий еліксир наче б то сприяє лікуванню хвороб, повертає втрачену молодість, забезпечує безсмертя. Вони продовжували змішувати, кип'ятити, переганяти, прожарювати всілякі речовини. З тріпотінням очікували закінчення досліду, очікуючи благородний метал, який принесе їм багатство.

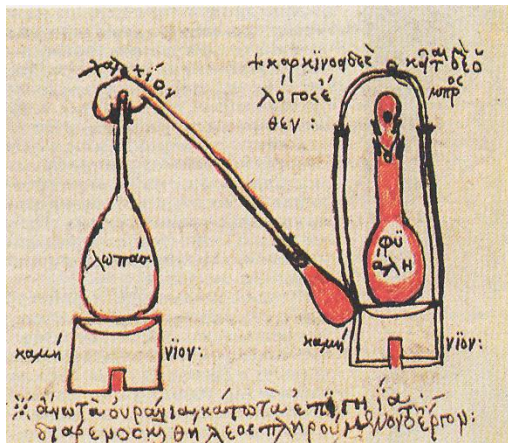
### **Грецько-єгипетська алхімія**

Колискою алхімії був Єгипет. Ще у доалхімічний період процеси виробництва металів, сплавів для монет були таємницею і надбанням вузьких жрецьких каст. До розповсюдження Християнства ні в Греції, ні в Римі алхімічні досліди не проводились. Але грецька культура залишила у спадщину Сходу свою філософію. Аристотелівська фізика передала александрійській школі ідею перетворення одного елемента в інший. Тому з перебігом часу після

таємниць жрецької касті Єгипту з металургійними операціями, які відносяться до благородних металів, практика зберегла містико-спекулятивне покривало над цими процесами. Неперервний попит на золото, виснаження старих золотоносних копалин штовхав практиків на досліди. Тим більше, що часто золото знаходили у мідних рудах. При перегонці ртуті в деяких операціях одержували залишок у вигляді *королька золота або срібла*. З цього робили висновок – ртуть перетворюється у благородні метали. Більше того, алхіміки вважали, що вона є рідким сріблом, якому потрібно повернути твердість. Було також відомо, що при доданні до міді різних мінералів, арсенопірита наприклад, одержуть білі та жовті сплави, схожі на золото і срібло.

У перші століття н.е. Християнство виступило проти алхімічної практики, але згодом терпляче почало ставитись до цього заняття.

Алхімія, про яку нам повідомляють письменники александрійської школи, є не що інше, як опис досліджень герметичною (закритою) мовою, що зрозуміла тільки для посвячених і запозичена з містичних учень греко-східного походження. Самим важливим дослідженням вважався пошук філософського каменя. Але небагато ознайомилися прагнули до його відкриття. Після того як хімія примкнула до містицизму, вона змінилась. Теорії Аристотеля чотирьох стихій було недостатньо для пояснення структури металів. У греко-єгипетських алхіміків виникає тенденція головною складовою металів вважати ртуть, а потім сірку. Ртуть і сірка, з'єднуючись у різній кількості, дають, як вважалось, початок металам, в тому числі і благородним.



Посудини для перегонки, якими користувались грецькі алхіміки у I-III ст. З рукопису XVI ст.

Намагання алхіміків знайти філософський камінь поглиблювало і розширювало знання про хімічні процеси, що властиві різним ремеслам. У той же час греко-єгипетські алхіміки покращали процес очищення золота шляхом нагрівання багатого золотом руди, свинцю і селітри (купеляція).

Використовувалась амагальма золота для позолоти. Широко було розповсюджено виділення срібла шляхом сплавлення руди і свинцю.

Розвивалась і металургія звичайних металів. Ртуть широко використовувалась для *витягнення* золота і срібла. Єгипетським алхімікам було відомо лише *сім металів* (золото, срібло, мідь, залізо, олово, свинець, ртуть). Вони не були знайомі з іншими металами у

чистому вигляді. Малоймовірно, щоб вони могли побачити різницю між цинком та іншими металами. Те ж саме можна сказати про вісмут і сурму.

Греко-єгипетські алхіміки удосконалювали процеси у керамічному мистецтві, при виготовленні скла. Посуд з випаленої глини вкривався глазур'ю, яку виготовляли сполукою олова і свинцю. З фарбуючих речовин відомі були індіго, марена, орсейль, кошєніль, пурпур та інші. Протравою були квасці.

Єгипетські алхіміки винайшли нашатир. Його видобували з мочі і випорожнення верблюдів та інших тварин.

Зосіма Панополітанський з Александрії, про якого ми вже згадували, був вченим-алхіміком IV ст. До нас дійшли 28 його книг. У них Зосіма розповідає про фіксування ртуті, про філософський камінь, за допомогою якого можна перетворити звичайні метали у срібло і золото. Поряд з цим йому був відомий миш'як, процес утворення ацетату свинцю (він пише про його солодкий смак). У творах Зосіми є опис алхімічних приладів. Твори цього грецького вченого були популярними в александрійських, а потім і у середньовічних алхіміків Європи.

Починаючи з IV ст., алхіміки, прагнучи до мети створити багатства, в процесі своїх досліджень розв'язували багато важливих практичних задач. Протягом тисячоліття їх діяльності було одержано багато відомостей про процеси і різні методи виробництва продуктів, які користувались великим попитом. Розроблені з використанням алхімічних горнів, вони перейшли до виробництва великих майстерень. Торгівля зі східними країнами надала можливість європейцям ознайомитись не лише з сільськогосподарськими продуктами інших континентів, але і з результатами діяльності, привернула увагу до виробів зі скла, кераміки, фарфору, чудових фарб і тканин Далекого Сходу. Привабливі фейрверки привели європейців до відкриття, яке істотно вплинуло на долю народів середньовіччя. Мається на увазі відкриття пороху.

### **Арабська алхімія**

У 476 р. під натиском варварів Західної Римської імперії в Італії і взагалі у південній Європі настала «темна ніч середньовіччя». Східна Римська імперія (Візантія – столиця Константинополь) проголосила Християнство державною релігією і продовжувала ще у III–IV ст.ст. деякі традиції античної науки. Однак внаслідок релігійних спорів і переслідувань єретиків (послідовники античної натурфілософії) Візантія залишилась без своїх найбільш видатних учених, що вимушені були втікати на Схід. В Месопотамію і Персію перемістились деякі центри науки. У V–VI ст.ст. тут, зокрема в

Едеській і Джанді-Шурпурській академіях протягом двох століть викладали античну науку. Деякі з творів грецьких і александрійських учених перекладено на сирійську і перську мови.

Нова епоха у розвитку хімії, як і інших наук, пов'язана з діяльністю арабів. Завоювавши Єгипет у VII ст., вони не тільки засвоїли греко-східну культуру, яку протягом багатьох століть зберігала Александрійська школа, але і набули науково-практичні знання. Араби підкорили собі багато країн Близької і Середньої Азії: Сірію, Персію, Палестину, Месопотамію. Оволоділи Єгиптом і Північною Африкою, вторглися в Іспанію та Італію. Цим забезпечили трамплін для передачі Заходу науково-практичних знань грецької культури і Александрійської школи, зльоту європейської цивілізації. Так виникла величезна Арабська імперія – халіфат з центром у Дамаску, а потім у Багдаді.

Іслам стрімко розповсюдив свій вплив на західно-римські держави. Араби намагались скрізь замінити греко-римську культуру ісламом. Державною мовою замість грецької і латинської стала арабська, в тому числі і в науці. Але і з новою мовою наукових документів, за панування арабів збереглась чудова спадщина



*Апарат для перегонки (дистиляції). З арабського рукопису*

*“Отримання філософського каменю”. XIII ст.*

грецької культури. Протягом всього часу панування арабів грецька традиція збереглася. Халіфи, наслідуючи давніх володарів, завели собі розкішні двори з різними придворними установами, посадами лікарів, філософів, астрологів, магів, алхіміків та ін. стали сприяти наукам. Серед наук, які отримали розвиток у столицях халіфатів, була і хімія. У VIII-IX ст.ст. з'явилися і арабські хіміки.

Заслуги мусульманської науки в становленні хімії величезні. Вони творчо переробляли старі теорії і доповнили її значним емпіричним матеріалом. Це створило нову науку зі своїми традиціями. Арабські вчені доповнили наукові знання високорозвинутих давніх цивілізацій Сходу і Греції. Усі наукові джерела свідчать про те, що араби були добре ознайомлені з технікою лабораторних досліджень при роботі з ліками, солями і дорогоцінними металами. Вони працювали на основі традицій і практики вчених Єгипту та Вавілону, а також широких знань китайців та індійців.

Незначним першоджерелом хімічних знань у арабів були сирійські, персидські філософсько-хімічні рукописи. Частково це переклади творів грецьких і александрійських авторів. Арабською

мовою були перекладені усі твори вчених, які зберігались в Александрійській академії. На початку IX ст. арабські вчені вже самостійно видають свої твори. Оскільки результати дослідів арабських вчених узагальнювались, то вони можуть бути претендентами на роль одних із засновників хімії.

Великі території арабської імперії, єдність літературної мови сприяли розповсюдженню накопичених знань і обміну науковими і філософськими працями між окремими центрами науки. У передачі хімічних знань визначну роль відіграли наукові центри Іспанії: Кордова, Гренада, Севільє, Толедо, Палермо та інші. Вони зміцнили міжнародні зв'язки з вченими центрів науки інших країн і, насамперед, Багдаду. У багатьох містах арабської імперії хімічні знання викладались в численних освітніх школах.

Термін *алхімія* у спілкування між вченими введений саме арабами. До греко-єгипетської назви *хімія* вони додали приставку "ал". У їх тлумаченні це виражалось як комплекс хімічних знань, що накопичені за усі періоди. У європейській літературі назва *алхімія* вживалась аж до самого початку XVIII ст. Починаючи з XIII ст. під цією назвою в Європі і в арабському світі стали розуміти мистецтво про метали, їх отримання і очистку, металеві сплави і трансмутації металів, перетворення неблагородних металів у золото і срібло за допомогою філософського каменя. Працювали араби на основі традицій і практики вчених Єгипту, Вавилону, а також широких знань китайців і вавілонян. Описання прийомів виготовлення золота з неблагородних металів арабами здійснені переважно незрозуміло для читача, який підпадав під вплив обманщиків.

В період розквіту арабської науки і культури в найбільших містах імперії з'явилися видатні вчені. Багато з них були відомі як медики і алхіміки. Першим арабським алхіміком називають Азід ібн Каліда (660–704 рр.). Він є першим автором праць з алхімії. Навколо себе Азід згуртував філософів з усього Єгипту. З ними він проводив операції з трансмутації металів і виготовленню штучного золота. Про ці операції він залишив записи у своїх творах алхімічного характеру.

Видатним арабським алхіміком вважається Джабір ібн Гайян. Його діяльність припадає на кінець IX – початок X ст.ст. Він є автором декількох наукових праць. Виступав як прихильник і послідовник вчення Аристотеля про чотири елементи-стихії і про походження в землі металів і мінералів. Однак Джабір не у всьому погоджувався з Аристотелем. У центрі його уваги було сім металів: золото, срібло, мідь, залізо, олово, свинець і замість ртуті до металів він додавав скло. (Число 7 у давні часі і у середньовіччі вважалось священним і уособлювало число днів у тижні, число металів, чудес світу). Джабір бачив, що для повної характеристики якостей металів,

а саме, плавкості, ковкості, металевого блиску недостатньо чотирьох аристотелівських стихій-властивостей.

У своїх працях Джабір використовував положення, які до нього зустрічаються в творах індійських, китайських, александрійських вчених про складові елементи металів - сірку і ртуть. Сірка у нього – це елемент горіння, ртуть надає властивостей металічності. Джабір вважав, що ртуть є душею металу. Сухі випарювання згідно зі ствердженням арабського вченого, конденсуються у землі і дають сірку. Сполука ртуті і сірки в різних пропорціях утворює сім відомих Джабіру металів. Золото як самий досконалий метал утворюється тоді, коли згадані складові з'єднуються у самих сприятливих співвідношеннях.

На думку Джабіра утворення золота в землі виникає повільно. Швидше (за 40 днів) воно визріває в тому випадку, коли до сірки і ртуті додати якийсь медикамент. Ще швидше (протягом години) золото утвориться з тих же двох елементів, якщо до суміші додати еліксир. Такими домішками різноманітним речовинам надається забарвлення, колір. Самою великою перетворюючою силою є чотири речовини, чотири духи – сірка, миш'як, ртуть і нашатир. Головним духом, як вважає Джабір, є ртуть – корінь усіх речовин.

У творах Джабіра ми знаходимо найменування багатьох інших речовин. Серед них: алнушадир (нашатир), барак (луг), купорос, алькоголь, або алькофоль (сірчана сурма), металічна сурма та інші. Для процесу очищення хімічних речовин вчений-алхімік використав кристалізацію і фільтрування. Джабір зробив опис виготовлення сірчаної і азотної кислот, царської горілки. Він вказав на здатність останньої розчиняти золото. Сам виготовив нітрат срібла, сулему, нашатир і білий миш'як (миш'яковисту кислоту). У працях Джабіра є багато місць, де йдеться про важливість для алхіміка творчої практичної діяльності і проведення дослідів.

Не менш цікавою особою постає перед нами інший арабський алхімік – Абу ар-Разі (865–925 рр.). Народився він недалеко від Тегерану. У містах, що розташовані на території нинішніх Узбекистану, Таджикистану, Ірану вивчав філософію, фізику, поезію, магію і алхімію. Після цього зайнявся вивченням медицини. Прославився як видатний лікар. Головні його твори з медицини і алхімії – "Книга таємниць" і "Книга таємниці таємниць". В них викладено теоретичні положення вчення Абу ар-Разі. Усі речі, на думку вченого-алхіміка, складаються з неподільних речовин (атомів) і порожнього простору. Ці речі вічні і незмінні. Властивості речовин, які складаються з чотирьох начал Аристотеля, визначаються розмірами атомів, що входять до складу речовини, і пустотами між ними. Величина порожнього простору між атомами чотирьох начал і



визначає їх природний рух. Так, вода і земля рухаються донизу, в той час коли вогонь і повітря – догори.

Абу ар-Разі свою діяльність не обмежував описом хімічних операцій. В його книгах ми знаходимо чимало матеріалів про хімічні прилади і апарати. В творі «Книга таємниць» алхімія поділена на три розділи: пізнання речовини; пізнання приладів; пізнання операцій. Абу ар-Разі був перший, хто всі речовини в хімії класифікував на три великих класи: землісті (мінеральні); рослинні; тваринні.

Як і Джабір, Абу ар-Разі вважав заняття алхімією таємним ремеслом. Це навіть видно з назв його книг. У творі «Книга таємниць» він пише, зокрема, що забороняється його працю показувати будь-кому, хто не належить до тих людей, які намагаються йти шляхом алхіміків. Не треба її показувати негідникам і неукам, дурням, які можуть скористатись книгою для гріха. Разом з тим вчений нагадує, що книгу потрібно давати для користування гідним людям. До них він відносить братів і друзів, освічених і розумних людей. Твори Абу ар-Разі проникли в арабську Іспанію. Потім вони були перекладені латинською мовою і користувались великим попитом західноєвропейських алхіміків.

Діяльність значної кількості арабських хіміків продовжується до більш пізнього періоду. Але вони мало що могли додати до комплексу теоретичних і практичних знань, викладених у творах Джабір ібн Гайяна і Абу ар-Разі.

Ослаблена під натиском монгольських завойовників із-за розпаду на халіфати величезна Арабська імперія не могла долати феодалні перешкоди на шляху до розквіту. Безперечно, в колишніх державах могутньої Арабської імперії – Персії, Іспанії та інших з'являються світила науки. Але це були поодинокі приклади. Одним з таких представників був знаменитий лікар Ібн-Сіна (Авіценна, 980–1037 рр.). Народився він недалеко від Бухари в Узбекистані. Його твори - це енциклопедичні видання. У книзі «Кінець лікарської таємниці» Авіценна описує дію різних ліків і лікарських рослин на організм людини. Його «Книга засобів зцілення» присвячена природничим і медичним проблемам. У ній він викладає свій погляд на ідеї Аристотеля про походження металів і мінералів у землі. Він підтримує точку зору Джабіра про головні складові елементи металів – ртуть і сірку. Вказані твори Авіценни завоювали популярність в Арабській Іспанії. Вони були перекладені латинською мовою. Для лікарів Західної Європи його твори аж до XVIII ст. стали провідними у практичному використанні.

Перелік досягнень арабської алхімії показує, що вони відображають вищий ступінь хімічних знань, ніж хіміків-філософів Античного світу. Арабські алхіміки значно поширили коло хімічних відомостей, увели в практику і лабораторний ужиток багато нових

речовин і описали їх у своїх творах. У теоретичному плані вони зробили великий крок до поглиблення вчення Аристотеля. Ідеї грецького вченого про елементи-якості вони доповнили теорією складу металів з ртуті і сірки. Їм належить пріоритет у розробці класифікації речовин.

### Алхімія західної Європи

Приблизно у IV ст. в Європі з'являються перші алхімічні погляди. Термін "хімія" ми знаходимо у грецького вченого Зосімі Панополітанського з Єгипту. Після занепаду Західної Римської імперії тут спостерігався застій у розвитку науки і ремесла. Римсько-католицька церква, проповідуючи покірливість, жорстоко переслідувала все нове і прогресивне, що не вписувалось у її канони. Природничі науки і світська освіта були придушені. Того, хто висловлював матеріалістичні ідеї або повторював думки філософів Давньої Греції за вироком інквізиції спалювали на вогнищі. Університети знаходились під пильним наглядом церкви.

На рубежі XI–XII ст.ст. у Європі відбулися значні економічні зміни. Оживлення економічного і політичного життя сприяло оживленню розумової діяльності освічених людей. Вісім Хрестових походів значно розширили кругозір європейських купців і ремісників. Вони познайомились з культурою і технікою Візантії, використанням хімічних матеріалів і різних речовин. Візантійські вчені передавали те, що збереглося з традицій грецької культури. Такий обмін в наступні століття спостерігався не лише в галузі літератури і античної філософської думки. Він мав значення і для медицини, фізики та алхімії. Остання швидко розповсюдилась серед шукачів філософського каменя, сприяла поширенню знань про сполуки і препарати. Останні, насамперед, задовольняли потреби медицини.

Характер таємної науки у Європі алхімія набула через покровительство з боку астрології. Політичні умови середньовічної Європи, суперництво численних дворів сприяли поширенню руху за пошук філософського каменя. В Іспанії, Італії, Франції, Німеччині, Англії чесні прихильники алхімії шляхом хімічних операцій шукали філософський камінь. Поряд з ними діяли і шахраї, алхіміки-обманщики, фальсифікатори металів, які намагались використати алхімію для власного збагачення або для якихось не дуже добросовісних властителів. У період з XI до XVI ст.ст. західна алхімія дала багато великих мислителів, впевнених у тому, що вони шукають істину. Ми обмежимося висвітленням діяльності окремих з них, що залишили в історії хімії які-небудь відкриття. Наведемо і деякі біографічні дані.

Одним з перших алхіміків Європи вважають графа Альбрехта фон Больштедта (Альберт Великий, 1193–1280 рр.). Був викладачем у Регенсбурзі, Кьольні, Парижі, потім професором теології. Він є одним із засновників середньовічної схоластичної філософії. Став монахом, свідомим алхіміком. Як експериментатор не зробив ніякого внеску в хімію. Залишив після себе багато творів, де висвітлював питання з алхімії, фізики, астрології. Найвизначніші його твори: «Про алхімію», «Про метали і мінерали», «Про рослини». Альберт Великий був палким послідовником арабських алхіміків. Він стверджував, що метали складаються з ртуті і сірки, але додає до них воду і миш'як («аурипігмент»). Ртуть у металі, на його думку, дає білий колір, сірка – червоний, миш'як – жовтий. Щільність металу, за ствердженням Альберта Великого, є здатність його стискуватись і ущільнюватись в різній мірі. Йому ж історики приписують перелік правил, яких має дотримуватися алхімік. Їх сутність зведена до таїнства, скромності, самотності, дотримання часу проведення дослідів (дні, години, погода), терплячості, стараності і витримці тощо.

Захоплення Альберта Великого алхімією передалось його учню Хомі Аквинському (1225–1274 рр.). Учень стверджував, що золото і срібло, які зроблені алхіміками, не мають справжніх цінностей, тому продавати і торгувати ними несправедливо. Але якщо алхімічним шляхом одержано справжнє золото, то торгувати ним не заборонено.

Історія розвитку алхімії Європи пов'язана з Раймундом Луллієм (1236–1315 рр.). Він іспанський теолог і граматик. Залишив сім'ю і захопився місіонерством. Згуртував навколо себе учнів. У Паризькому університеті одержав ступінь доктора філософії. Тут він познайомився з Роджером Беконом. З 1300 р. подорожував з місіонерськими ідеями Палестиною, Вірменією, Північну Африкою, побував на острові Крит. Попав у рабство до арабів. Але коли втік, то знову вирушив до Тунісу проповідувати, за що його було побито камінням.

Луллій вірив у перетворення металів і багато займався проблемою філософського каменя. Згідно з легендою, у 1312 р. Луллій забезпечив трансмутаційним золотом короля Едуарда II. Вважається, що ним написано декілька алхімічних видань, які набули популярності зразу ж після їх опублікування, в тому числі «Заповіт», «Збірник правил, або путівник по алхімії», «Досліди», «Додаток до заповіту, або скорочення», «Останній заповіт» та інші. У названих творах Луллій виклав свої погляди на алхімію та її завдання, що засновані на вченнях арабських алхіміків. Встановлено, що знаменитому філософу–схоласту окремі твори приписані. Вони належать Псевдолуллію. Для періоду середньовіччя це було звичайним явищем, через те що хіміки боялись видавати від свого

імені алхімічні твори і приписували власні праці авторитетним і прославленим особам. Таким чином вони створювали рекламу власним творам і продавали їх по досить високим цінам.

Але відзначимо, що ж основна діяльність Луллія – схоластична логіка. Популярність одержало його «логічне колесо», яке складається з семи концентричних кіл. Вони вільно обертаються на одній осі незалежно одне від одного. Луллій вважав, що за допомогою такого засобу можна дійти правильних висновків щодо висунутих проблем.

У нас є підстави вважати причетним до розвитку алхімії відомого філософа і природознавця Роджера Бекона. Після того, як він здобув освіту у Оксфорді, він пішов у ченці. У Парижі став доктором філософії. Великі здібності проявив на викладацькій роботі. Мав багато учнів. Церква звинуватила його у чаклунстві. У 1257 р. був заточений у в'язницю. Після десятилітнього ув'язнення звільнений завдяки заступництву Папи Римського, повернувся у Оксфорд. Але переслідувався і в наступні роки за те, що, будучи знайомим з арабськими філософськими і алхімічними творами, відкрито виступав проти церковної схоластики Альберта Великого і Хоми Аквінського. У 1278 р. його звинуватили у магії і приговорили до довічного ув'язнення. Звільнений тільки за рік до смерті.

Роджер Бекон – один з перших європейців, які надавали надто велике значення досвіду в дослідженнях. Він стверджував, що існує два методи дослідження – умоглядний і експериментальний. Тільки дослідним шляхом можна впевнитись у справедливості висновків. У цьому Бекон випередив свого співвітчизника Френсиса Бекона (XVII ст.), з ім'ям якого пов'язується зародження індуктивної філософії. У творах Роджера Бекона алхімія визначена як мистецтво, що також можна розцінювати як умоглядний висновок і дослідження. Твори вченого «Дзеркало алхімії», «Велика праця», «Третя праця», «Коротке повідомлення про божий дар» стали практичним посібником для багатьох поколінь алхіміків, які займались трансмутацією металів. Вони стали головним джерелом їх літературних алхімічних видань.

Роджер Бекон вивчав властивості і зробив опис властивостей селітри, винайшов спосіб виготовлення чорного порошу і набув різних знань про властивості багатьох хімічних сполук. У 1260 р. він написав паризькому єпископу листа, де виклав, як невеличка маса може породити грім і блискавку сильніше, ніж гроза. У творах Бекона наведено довгий опис трансмутації металів. Все викладене ним у книгах дає чітку уяву про ідейні основи середньовічної алхімії. У його творах багато туманних описів, натяків на неосвіченість і нетямущість читачів алхімії, довгих міркувань про принципові шляхи трансмутації металів у золото і срібло, про їх склад з ртуті та

сірки, про знаходження філософського каменя. Бекон повідомляє читачеві про те, що він для нього відкриває велику таємницю і викладає її таким чином. Потрібно зробити суміш з однієї частини еліксиру і тисячі частин якого-небудь металу. Усе це заключити у відповідно пристосований посуд, замкнути герметично і поставити у хімічну піч для фіксації. Протягом трьох днів треба нагрівати поступово і збільшувати вогонь доти, поки суміш стане досконалою сполукою. Потім можна розпочати знову, якщо додати одну частину продукту до тисячі частин якого-небудь металу. Одержимо перетворення. Для виконання такої роботи треба один день, одну годину, один момент. Цей опис – ідейна основа усієї середньовічної алхімії. Далі Бекон нагадує, що він уже повідомив величезну таємницю і більше йому не має що сказати читачеві. Але разом з тим він застерігає, якщо читач витончив свій розум над прочитаним, то тепер він володіє таємницею і бажанням усіх філософів. Отже, робить висновок Бекон, якщо читач не тупоумний, його розум не зовсім окутаний темрявою неуцтва і нерозуміння, то в попередніх його викладках він вже знайшов істинний камінь мудреців, над яким алхімія буде оперувати для того, щоб удосконалювати недосконалі речі. Після подібних натяків на неуцтво і тупоумство читачі трактату Бекона робили вигляд, що вони рішуче зрозуміли все і тепер готові до трансмутації металів. Незважаючи на таку змістовність праць Бекона, вони, як і їх автор, протягом п'яти століть були серед найбільш авторитетних і шановних у алхіміків західної Європи.

У Греції в середньовіччі з'являються рецептурні збірники, латинські переклади з цих рукописів, які сьогодні зберігаються в бібліотеках західноєвропейських міст. Це «Книга вогнів», автором якої є Марк Грек. Вона написана на основі старих видань хімічного характеру, що були у Константинополі (1250 р.); греко-візантійський рукопис X ст. «Ключ красильного мистецтва». Останній зберігається в бібліотеці Святого Марка у Венеції. Такі ж два рукописи X і XII ст. зберігаються в Англії. Починаючи з другої половини XII і в наступні два століття в Європі з'явилися переклади з арабської латинською мовою не менше 70 алхімічних творів.

Історія алхімії XIV і XVI ст. значно бідніша видатними іменами, незважаючи на те, що у цей період безперервно зростала кількість алхіміків. У XIV ст. шукачі філософського каменя дійшли висновку, що все це є марнотратством часу, і потрібно повертатись до теорії. Вона, як ми вже згадували, розглядала *ртуть і сірку* як основні складові частини металів. Алхіміки вводять третю складову – *сіть*. Малось на увазі, що сіть є основа металу, яка доповнювала інші складові частини і надавала ртуті властивості тверднути і протистояти вогню. Невдачі, яких зазнавали попередники у спробах перетворити ртуть у золото, пояснювались властивостями природної

ртуті, яка нестійка по відношенню до вогню і не затвердіває. Уведення третьої складової частини як основи металу мало сприяти розв'язанню проблеми перетворення.

Таким чином, алхімічні досліді набули значних масштабів у Європі. Леонардо да Вінчі, який не визнавав алхімію за мистецтво, порівнював алхіміків з фантазерами, шукачами *perpetuum mobile*. Він доводив, що природні умови виникнення золота не відновлювані у лабораторії, де головний реагент операцій – вогонь. Для виникнення золота не потрібно ні алхімічної ртуті, ні алхімічної сірки. З цього приводу він писав: «Брехливі тлумачі Природи стверджують, що ртуть є загальне насіння для всіх металів. Але проти такого розв'язання питання була і сила традиції, що виступала як консервативна, а не оновлююча сила, і сама організація алхімічного дослідження, замкнутого у своїх рамках і тому нездатна засвоїти першого принципу експериментального методу уже на самому початку XV століття».

Наприкінці XIV ст. алхімічна література західної Європи нараховувала 2500 трактатів, авторами яких було близько 900 осіб. З розповсюдженням книгодрукування алхімічні книги почали видаватись в тисячах примірників. У XVII ст. існували видавництва, які спеціалізувались на виданні літератури з цієї галузі знань. Однак вся маса алхімічних трактатів не внесла нічого нового ні у фантастичну теорію трансмутації металів за допомогою філософського каменя, ні в хімічні знання. Ідея трансмутації витікала з учень давнини, які зародились внаслідок прогалин у позитивних знаннях і браку досвіду. Переважна більшість відкриттів алхіміків не була результатом планомірного експериментального дослідження. Ці відкриття зроблені в період виникнення і розвитку технічної хімії та ятрохімії (напрямок практичної хімії – мінеральних речовин у фармації та косметичі). Надто важливо пам'ятати, якщо про стан хімічних знань можна дізнатись з літератури середньовіччя, то мимоволі робиться висновок, що, крім алхімії, у цей період нічого іншого не існувало. Ми, на жаль, не маємо літературних джерел про розвиток у цей час чисто хімічних знань. Але добре відомо, що реальний прогрес знань в галузі хімії у середньовіччі, як і в античності, спостерігався виключно в галузі практичної ремісничої хімії.

Алхіміки у спадкоємність нащадкам залишили описання, головним чином, деяких хімічних операцій і лабораторних приладів. Останні часто були запозичені у ремісників. Алхіміки удосконалили багато старовинних методів, таких, як перегонка і сублімація, фільтрування і кристалізація тощо. Ними були накопичені відомості про властивості речовин. Уже починаючи з александрійського періоду представниками таємного мистецтва введені численні

символи і знаки різних речовин і операцій. Поступово еволюція цих символів привела до введення символів елементів, а в наступному – до зображення хімічних процесів рівняннями.

Арабські алхіміки лише започаткували розвиток фармації та її організації. Але вони не знали справжньої фармацевтичної хімії, яку створили ятрохіміки Європи.

## **ФОРМУВАННЯ ХІМІЇ У XVI-XVIII СТОЛІТТЯХ**

Оновлення культури, яке проявилось в Італії наприкінці XIII ст., життя общин і потреби виробництва шерсті і шовку, проблеми, що висунуті військовим мистецтвом, відкриття Америки і розширення торгової діяльності, винахід компаса і друкарського шрифту внесли зміни у суспільне життя спочатку цієї країни, а потім і решти країн західної Європи. Економічні, політичні та соціальні умови епохи Відродження привели до формування нового світогляду. Ці зміни повернули наукові дослідження на нові шляхи, що відмінні від шляхів релігійної схоластики. Хімія, як і інші природничі науки, також відчула вплив нового життя і, відокремившись від старої алхімії, набула певну свободу дослідження. Алхімія, хоч і повільно, але втрачала те значення, яке вона мала у попередні століття. XVI, XVII і XVIII ст. характерні тим, що робляться численні спроби надати хімії єдиного теоретичного змісту. Від Парацельса і до Лавуазьє проміжок часу історії хімії наповнений тим, що окремі теоретично не пов'язані між собою за змістом явища спрямовувались на заснування цієї науки про Природу, у якої є певні цілі.

Фізика у цей час стала раціональною наукою. Такому стану сприяв експериментальний метод Галілея, який з використанням математики дав поштовх розвитку механіки. Для хімії ж XVI і XVII ст. властивим був емпіризм і удавана раціональність. Поряд з появою творів нового типу з металургії і пробірної аналізу в хімії у цей час здійснювались і інші важливі зміни.

### **Ятрохімія**

У XVI ст. було засновано новий напрямок – ятрохімію, тобто «лікарську хімію». Видатним представником ятрохімії був швейцарський німець Пилип Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм (Парацельс – ім'я, яке він сам собі присвоїв, 1493–1541 рр.). Будучи лікарем, він добре оволодів хімією. «Я ятрохімік, казав Парацельс, – оскільки знаю хімію і медицину». Тому стверджував, що справжнє покликання хімії не у виготовленні золота, а у виробленні ліків. Таке ствердження тривалий час було гальмівним на шляху

розвитку власне хімії як самостійної галузі науки. Це було метою того напрямку хімії, яка одержала назву «ятрохімія» («іатрос» – від грецького «лікар»). Вона мала зробити переоцінку ролі хімічних перетворень в організмі людини, надання певним хімічним сполукам здатності усувати в ньому порушення рівноваги. Ця ідея істотно вплинула на розвиток фармакології – науки про лікарські речовини і їх дію на організм. Але Парацельс, як і інші ятрохіміки, не змогли сформулювати цю проблему в такій формі. Вони лише звернули увагу на її абстрактну сторону так, як це було можливим відповідно до рівня розвитку науки середньовіччя. Починаючи з часів Парацельса, вчені-хіміки ще довго виходили з середовища аптекарів і лікарів.

Однак і як хімік-практик Парацельс був обізнаним дослідником. Вважаючи найважливішою властивістю металів ковкість, він підрозділяв їх на «справжні метали» і «напівметали». У своїх роботах Парацельс наводив відомості про багато речовин і різних хімічних операцій. Вважається, що він був першим, хто досить повно описав властивості цинку. Вчений вивчив і описав сполуку миш'яку і сурми, мінеральних кислот і винного спирту. Ним розроблено спосіб готування перегонкою міцної оцтової кислоти.

Парацельс вів дуже рухомий склад життя. Під час своїх подорожей побував майже в усіх країнах Європи. Різні твори вченого були джерелом аптекарського мистецтва. Це мистецтво і намагався він включити в медичну науку, поєднати з хімічними знаннями. Саме з цієї точки зору Парацельса визнано як засновника фармацевтичної хімії.

Теоретичні погляди німецького вченого в галузі хімії базувались на визнанні ним трьох першоначал алхіміків – ртуті, сірки і солі. Він вважав, що організм людини також складається з цих начал. Таким чином, він висунув хімічну теорію лікування хвороб. Вона оснований на тому, що їх виникнення пов'язане з порушенням в організмі трьох начал алхіміків. Виходячи з цього, Парацельс почав застосовувати для лікування різні мінеральні речовини, в тому числі сильно діючі ртутні, миш'яковисті і сурм'яні препарати.

Велике значення він надавав «золотій тінктурі», тобто, колоїдному розчину золота (питне золото). Головним лікарським засобом Парацельс вважав суміш з мінеральних і рослинних речовин, яку сам готував («квінтесенція» – так сам її назвав). «Вогнепостійний миш'як», що введений Парацельсом, є не що інше як арсенат калія.

У своїй теорії хімічних функцій організму Парацельс значне місце відводив фантастичному духу Архею, який наче б то живе у шлунку людини і регулює травлення їжі. Якщо сам Архей захворював, то в організмі розпочинався процес відкладання



шкідливих осадків (тартара), схожих на винний камінь, який відкладається на стінках діжок з вином. Незважаючи на подібні фантазії, Парацельс був одним з освічених лікарів і хіміків XVI ст. Він залишив багато творів як з медицини, так і по хімії. Для історії хімії великий інтерес представляють такі його твори: «Про хвороби, які виникають від тартару»; «Найвище зерно, в якому описуються чотири стовпа (філософія, астрономія, алхімія і особливі риси лікаря)»; «Про мінерали»; «Про виникнення природних тіл»; «Про перетворення природних тіл»; «Найвища медична наука» та інші.

Послідовником Парацельса був Андреас Лібавій (1540–1616 рр. –лікар і викладач хімії у Німеччині). Однак, виступав проти крайностей його ятрохімічного вчення. В своїх працях «Алхімія» (1597 р.) і «Повне зібрання медико-хімічних творів» (1597 р.) систематизував практичні відомості про хімію того часу. Описав отримання сірчаної кислоти шляхом спалення сірки при наявності селітри, а також хлорного олова, солей амонія, янтарної кислоти (перегонка янтаря).

Ятрохіміки широко сприяли впровадженню у медицину препаратів сурми, миш'яку, ртуті і срібла. Незважаючи на те, що вживання препаратів сурми приводило до важких наслідків, лікарі-ятрохіміки рекомендували їх хворим, а металічна сурма навіть прописувалась у вигляді «вічних пілюль». Вчений Сала (1576–1637 рр.) рекомендував «адський камінь» (нітрат срібла) використовувати для медичних цілей.

Ятрохіміки досить добре вивчили і багато органічних сполук. Сульфат натрія, або глауберова сіль, вживались як проносне. Лібавій і Глаубер виготовили і описали неорганічні солі амонія. Широко використовувався у медицині ацетат амонія, або як його називають «міндерерів спирт».

Ятрохіміки принесли значну користь хімії, оскільки сприяли звільненню її від нашарувань алхімії. Вони розширили знання про життєво важливі сполуки, благотворно вплинули на фармацію. Але фармація – це ще не хімія. Вона не здатна була розв'язати усі завдання, які висувала наука в процесі її формування. Це видно навіть з того, що поряд з ятрохіміками багато діячів технічної хімії вибирали зовсім інший шлях, впроваджуючи в життя досягнення на користь людини.

Крупним представником ятрохімічного напрямку був голландський вчений Ян Баптист ван Гельмонт (1579-1664). Велике значення для науки мають «пневматичні» дослідження вченого. В його епоху не розмежовували гази і вважали їх різновидностями газів повітря («дух»). Цей дух він отримував, вивчаючи процеси бродіння вина, спалення вугілля, при дії кислот на вапняк або поташ («лісний дух», «лісний спирт» або «газ»).

Гельмонт висунув ідею про роль ферментів і ферментації в живих організмах. На його думку, ферменти є в усіх органах і «соках» живих організмів. Теорія ферментації Гельмонта в подальшому розвинута його послідовниками. Вона стала вихідним пунктом учення про біокаталіз.



*Отриманні вісмуту. Показано три способи витягнення металу з руди. (З ранніх робіт Аґріколи, XVI ст.)*

### Технічна хімія

Епоха  
значними

Відродження  
знаменна

удосконаленнями в різних галузях виробництва, особливо в металургії. Причини, які істотно сприяли науковим успіхам і відкриттям, вплинули і на технічну хімію. На неї впливали досягнення інших галузей науки середньовіччя. Починаючи вже з XIII ст. спостерігається бурхливий прогрес в удосконаленні способів видобутку і переробки металевих руд – особливо стосовно обробки металів і одержання сплавів. У наступному столітті в практику виробництва заліза було впроваджено доменний процес. Народилась металургія сурми, вісмуту, цинку, кобальту. Удосконалені методи видобутку і одержання інших кольорових металів – золота і срібла.



*Видобуток сурми. Мініатюра з "Книги про найпростіші лікувальні засоби" Платтеарія Маттеуса. Франція. Середина XVI ст.*

Деякі металурги збирали і узагальнювали століттями накопичені відомості про техніку видобування руд, виплавки і обробки металів, їх сплавів. З'явилися свого роду енциклопедії металургійної промисловості.

Одним з яскравих проявів цього є твори, що написані саксонським лікарем і металургом Г. Аґріколою (1494–1555 рр.). Він все своє життя присвятив вивченню металургійних процесів. Його твори, як і деяких інших авторів XVI ст., знаменують нове явище у розвитку хімії і у хімічній літературі. Вона зовсім не схожа за змістом і характером з туманно написаними алхімічними творами. «12 книг з металургії» Аґріколи містять докладне описання прийомів розвідки руд, їх видобутку і переробки. Спеціальні розділи містять

відомості про видобуток і переробку різних солей і мінералів. Як практик, Агрікола повністю заперечує хімічні фантазії про можливість трансмутації металів і рішуче висловлюється проти алхімії.

Уже у XVI ст. з'явилися у Європі видатні спеціалісти-виробничники і хіміки-техніки. На дрібних кустарних виробництвах хімікатів ремісники готували для своїх потреб у невеликій кількості необхідні речовини. Уведення вогнепальної зброї і розширення потреб у хімікатах з виникненням мануфактурного виробництва привели до стрімкого поширення способу виготовлення селітри, яка йшла на виготовлення пороху для артилерії, кислот і лугів, поташа, фарб і інших матеріалів і до укрупнення існуючих виробництв. Найбільш видатним представником хіміко-технічного напрямку у XVII ст. був Іоганн Рудольф Глаубер (1604–1670 рр.). Виготовлення і велика доступність для лабораторного вивчення мінеральних кислот привели його до дослідження їх дії на різні речовини. Діючи соляною кислотою на метали і їх окиси Глаубер виготовив хлориди міді, цинку, олова і миш'яку.

Будучи лікарем за освітою, головне заняття Глаубер присвятив розробці і удосконаленню різних хімічних речовин. В його роботі «Нові філософські печі» вчений описує типи нагрівальної апаратури, лабораторних і виробничих печей, ним же сконструйованих. Він працював над удосконаленням технології виробництва різних речовин, зокрема, оцету і винного спирту. Найбільше значення для розвитку хімії набула розробка Глаубером способів отримання чистих кислот – соляної і азотної.

Перегонкою ацетату Глаубер одержав міцну оцтову кислоту, якій дали назву «мідний спирт», або «корінний оцет». Хоча вона і не була відома серед продуктів сухої перегонки дерева, але німецький вчений був близький до цього відкриття. Сухою перегонкою янтаря було одержано янтарний колір, але він не був ідентифікований як янтарна кислота. Більше того, Лібавій приймав цей продукт за сіль.

У середньовіччі набуло розквіту і красильне мистецтво. В Європу проникали красителі, які раніше використовувались в Індії, Китаї, Єгипті. З'явилось багато репетурних збірників, де містилось описання способів виготовлення фарб. Мистецтво, яке дійшло до нас з епохи пізнього середньовіччя, є свідченням успіхів ремісників у виготовленні фарб високої якості. XVI-XVII ст. характерні для хімії тим, що у цей період з'являються систематичні описи загальнодоступних хімічних процесів. Розповсюдження відкритого Гутенбергом книгодрукування сприяло оновленню хімічної літератури не лише за мовою, але і за змістом. Цінність творів з хімії полягає не лише у висвітленні спеціальних питань технічної хімії. З них започатковано ту галузь хімічної літератури, яка сприяла і

продовжує сприяти прогресу хімії. Разом з тим їх автори стали незалежними від головної мети алхімічних пошуків, спеціалізувались в окремих галузях практичної діяльності. З творів хімічного напрямку ми можемо зробити висновок про досить високий рівень розвитку технічної хімії у таких галузях, як: керамічне виробництво, виготовлення фарфору, кольорових стекол, пороху, паперу, спиртних виробів, мила тощо.

Але і технічна хімія не могла розв'язати цілий ряд проблем, що відносяться до складу речовин. У другій половині XVII-XVIII ст. з'являються дослідники, які своїми відкриттями сприяли створенню наукових теорій хімії. Цим було наближено її до статусу самостійної науки.

### Алхімія у XVII столітті

Історія дослідження в галузі науки відкриває для нас різючі відомості. Біля тридцяти років свого життя Ісаак Ньютон присвятив алхімічним заняттям. З початку 60-х років XVII ст. у його записнику з'явилися алхімічні помітки: «Про солі і трансмутацію», «Про солі і сірністі тіла», «Про ртуть і метали» та інші. Вчений складає хімічний словник, у якому до дрібниць описав багато хімічних операцій і, зокрема, способи виділення та очищення золота і срібла. Наприкінці 60-х років Ньютон почав збирати і конспектувати твори алхіміків (в його особистій бібліотеці тільки 16 % книг з проблем математики, фізики, астрономії). Переважна більшість рукописів – це коментарі вченого до прочитаного. Відомі і алхімічні трактати самого Ньютона, наприклад «The Regimen» - Королевский, «Clavis» – Ключ, «Index Chemicus» – хімічний покажчик. У бібліотеці вченого нараховано 138 алхімічних творів. На аукціоні у Сотбі у 1936 р. алхімічні рукописи Ньютона були продані. Їх обсяг біля 650 тис. слів.

Приблизно з 1678 р. Ньютон систематично проводить алхімічні дослідження. Перші записи проведення ним хімічних експериментів датуються кінцем 1660 р. Біля шести тижнів навесні і стільки ж восени вогонь в лабораторії вченого майже не згасав. Довгі дні і ночі, які провів Ньютон у лабораторії за алхімічними дослідженнями, не пройшли для нього безслідно. Навесні 1693 р. з'явилися ознаки важкого нервового захворювання. У нього пропав сон і апетит. Але незабаром він почав одужувати. Біографи Ньютона, а також спеціалісти, які нейтронно-активізаційним методом дослідили пасма і волосся вченого, визнали, що причиною захворювання стало отруєння його організму важкими металами і, насамперед, ртуттю. Навіть робота над «Математичними началами натуральної філософії» не могла йому перешкодити проводити алхімічні дослідження. Що ж приваблювало великого вченого до занять алхімією?

Ньютон намагався поєднати алхімію і механістичну натуральну філософію. З цією метою він використав неоплатоновські поняття, як наприклад, «універсальний дух», що був своєрідністю усіх форм матерії, концепцію активних начал, які діють у магніті. Важливою для картини Всесвіту хімічного змісту була ідея ферментації як продуктивного бродіння. Ньютон писав: «Природа, як ціле, може бути не що інше як ефір, який конденсується на початку ферментації». У різні часи і по різному він проробляв ідею, що навколишній світ народжений конденсацією і ферментацією якогось вихідного простого матеріалу. Так, пари, що сходять від світил, вважав вчений, можуть конденсуватись у «воду і вологі спирти», а потім, завдяки ферментації, у все більш і більш щільні тіла. Хімічна алхімія Ньютона показує значущість герметичної філософії



*Алессандро Вольт*

(алхіміків XVII ст. нарекли герметичними філософами), як генератора нестандартних ідей, що можуть при певних умовах увійти до складу науки. Активні начала герметизма, що тлумачені Ньютоном як сили притягання, стали основою для його синтетичних планетарно-хімічних побудов. Ці побудови з єдиної точки зору описували устрій і неба, і захованих надр Землі. Ця корпускулярно-

механістична уява властива алхімікам і проявилась у творчості видатного вченого. Вона наочно показує, що наука – XVIII ст. не була підготовлена до розмежування з деякими характерними для алхіміків схемами. Ці схеми стали перешкодою з того часу, коли у науці почала діяти програма математичного експериментального природознавства.

Таким чином можна зробити висновок, що хімія у XVII ст. так і не стала наукою у повному розумінні цього слова. Вона лише складала частину загального процесу перетворень традиційних знань у нову науку. Безперечно, при цьому вона сама істотно змінилась. З'явились розуміння хімічної сполуки, спроби пояснення хімічних реакцій, покращилась хімічна класифікація. Усе це вплинуло на прогрес в металургії, горній справі, медицині і фармакології, розвиток технології хімічних виробництв не тільки Західної Європи, але і Росії. У XVII ст. в Росії не було ні власних вчених-алхіміків, ні університетів, ні спеціальних шкіл (виняток «учнівство» при Аптекарьському Приказі).

XVII ст. стало для хімії періодом підготовки бази і відповідних умов для того, щоб «насаджувана» у першій половині XVIII ст. наука стала на ноги і одержала блискучий самобитний розвиток на

благодатному ґрунті. Одним з важливих напрямків досліджень, який створили хіміки, було дослідження речовин у газообразному стані. Хімічне вивчення газів відкрило фізичні закони залежності об'ємів газів від тиску і температури. Впливу тиску на об'єм був установлений Робертом Бойлем у 1660 р. і Едмом Маріоттом у 1677 р. Набагато пізніше Вольта – у 1792 р. і Гей-Люссак – у 1802 р. встановили кількісні співвідношення між ступінем розширення газів і температурою при постійному тиску. Ці закони разом з законом Гей-Люссака про об'ємні відношення при сполученні газів (1808 р.) складають основу *пневматології*, або науки яка вивчає речовини у газообразному стані. Сьогодні *пневматологію* не розглядають як окрему частину природознавства, тому що вона стала складовою фізики і хімії. Але її положення зараз – дещо інше, аніж це було у XVII і XVIII ст.

Засновником пневматичної хімії був Гельмонт, про якого ми вже згадували як про ятрохіміка. Він не тільки дав назву *газ*, але і започаткував основу пневматичної хімії своїми спостереженнями над створенням несхожого на повітря «лісного газу». Його спостереження, що зроблені ним у першій половині XVII ст., коли гази, які виділялись при проведенні лабораторних робіт, розглядались як різновид повітря, мали велике значення.

У другій половині XVII ст. помітний стрімкий перехід від ремісничого виробництва до мануфактури. Ручна праця витискується різними механічними пристроями, що приводились до руху водяним колесом. Такі зміни потягли за собою значне розширення торгівлі. Ламаються старі феодальні кріпосницькі виробничі відносини в європейських країнах. Активізується рух проти влади Ватикану і вищого католицького духовенства. У Німеччині, Англії і Швейцарії виникають незалежні від Ватикану церковні організації – лютеранство, кальвінізм, англіканська церква. Зароджуються численні секти.

Ці явища і події привели до руйнування пануючого в Європі протягом багатьох століть релігійно-схоластичного світогляду з рисами механістичного матеріалізму. У боротьбі двох світоглядів пробивали собі дорогу наукові досягнення в галузі природознавства. Успіхи в механіці, математиці, астрономії і фізиці привели до наукової революції XVII ст.

Прискореному розвитку хімії сприяло виникнення у XVII ст. наукових товариств і академій наук – у Римі Академія проникливих, Академія природодослідників у Німеччині, у Франції Академія досвіду, у Лондоні – Королівське товариство, Паризька Академія наук, ряд товариств в інших країнах.

У XVII ст. з'являються великі філософські твори, які вплинули на розвиток природознавства. Серед них праці Френсиса Бекона

(1561–1626 рр.). Основним методом дослідження Бекон проголосив організований експеримент, який планується. Його індуктивна філософія стала пануючою в Англії і Європі. Відродилась, як відмічалось, антична атомістика – корпускулярна теорія (носила механістичний характер).

Засновник аналітичної геометрії Рене Декарт також мав свій погляд на корпускулярну теорію. Корпускули, на його думку, мають різну форму. Гострі частини утворюють сіль, м'які – сірку, важкі і круглі – ртуть.

Динамічна корпускулярна теорія Готфріда Вільгельма Лейбніца пояснювала існування первинних часток матерії – монад (латинське - частинка, грецька - одиничний). Монади, за Лейбніцем, божественного походження. Монадологія Лейбніца була сприйнята німецьким філософом і фізиком Христіаном Вольфом (учитель Ломоносова).

Корпускулярні теорії не вплинули безпосередньо на розвиток хімії. Хіміки їх існування не заперечували, але фактично не використовували при поясненні структури тіл і хімічних процесів. При пануванні ятрохімії теоретичні питання хімії розроблялись наосліп.

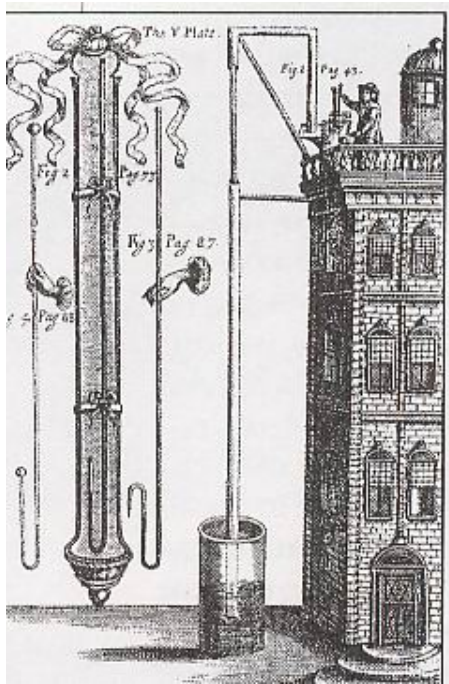
Однією з проблем XVII ст., у зв'язку з розвитком мануфактур, була проблема горіння. Металургійне виробництво вимагало більше палива. Ліси в Європі були майже вирубані. Завданням стало пошук нових видів палива. З іншого боку, металурги вимагали вивчення і пояснення процесів відновлення металів з руд і їх окислення. Ці питання своєю актуальністю привернули увагу багатьох хіміків.

Кальцинацією металів (кальцинація - процес випалу металів) займались ще Леонардо да Вінчі і лікар Жан Рей (1583–1645 рр.). Перший стверджував, що без повітря горіння неможливе. Другий присвятив цій проблемі свою працю. Але вона була оцінена тільки через 150 років.

Поясненню процесу горіння і ролі повітря в ньому присвячена книга Роберта Гука (1636–1703 рр.) «Мікрографія». Подібну книгу опублікував англійський хімік Джон Мейов (1640–1679 рр.) «Про селітру і повітряний спирт селітри».

Гук стверджував, що в повітрі міститься особлива речовина, подібно тій, яка є в селітрі у зв'язаному вигляді. Ця речовина розчиняє горючі тіла при високій температурі. При цьому виникає вогонь – результат швидкого руху частинок. Горіння у замкнутому просторі припиняється, як тільки тіло, яке горить, буде насичене цим розчинником.

Мейов першим провів досліди горіння і дихання під дзвоном, який розмістив у воді. Якщо під ним горить свічка і одночасно знаходиться жива миша, то горіння згодом припиняється. Він писав: «Я притримуюсь такого погляду, що у тварин і у рослин селітряний повітряний спирт (речовина у складі селітри) є головне джерело



Малюнок з книги Р.Бойля "Хімік-скептик". Видання 1661 р.

життя і дихання». Але і ці, нові погляди не привели до повного розуміння в поясненні процесу горіння.

Відсутність експериментальних даних і недовір'я до нових пояснень не здійснили перевороту у свідомості вчених. Традиційні уявлення Гука і Мейова про горіння речовин, як процесу їх руйнування, ще біля 100 років після Мейова залишались загальноприйнятими. Чому? Тому що природа повітря – легкої і невидимої субстанції, яка є всюди, – залишалась невідомою. Вона була пізнана лише Антуаном Лораном Лавуазьє в останню чверть

XVIII ст.

У другій половині XVII ст. під впливом натуральної філософії, видатним представником якої був Роберт Бойль (1627–1691 рр.), формується новий образ хімії. Своїми ідеями вчений започаткував формування хімії як самостійного розділа природознавства. Оцінюючи його теретичні відкриття і нові теоретичні уявлення, німецький філософ Фрідрих Енгельс відмітив: «Бойль робить з хімії науку». Бойль запропонував нові шляхи розвитку хімії. В багатьох випадках вони випереджені Гельмонтом. Його праці Бойль ретельно вивчав і часто на них посилався як на авторитетні джерела.

У 30-літньому віці Бойль готував себе до церковної служби. Але жадоба до дослідження перемогла. Він обладнав власну лабораторію. Перші його успіхи пов'язані з фізикою. Сконструював насос, за допомогою якого визначав пружність повітря. У 1662 р. він сформулював свій знаменитий закон про обернену пропорціональність об'єму і тиску повітря: чим більшого тиску зазнає повітря, тим менший простір воно займає. Через 14 років цей же закон відкрив французький фізик Едм Маріотт. Закон Бойля-Маріотта став одним з основних фізичних законів.



Бойль є одним з великих представників пневматичної хімії не тільки тому, що ним було відкрито закон, який носить його ім'я, але і тому, що уведено перші апарати для збирання повітря і тим самим надано хімікам важливий засіб для виділення і вивчення газів. Але, образно кажучи, революційна натуральна філософія цього вченого хоч і змінила хімію, однак не змогла перетворити її в науку. Причини цього можна пояснити деякими факторами. Найбільш істотний з них - це відсутність взаємодії між фізикою і хімією (Бойль був винятком).

Наукова діяльність Бойля спрямована на обґрунтування експериментального методу у фізиці і хімії. Внаслідок експериментального кількісного вивчення процесів випалу металів, горіння, сухої перегонки деревини, перетворення солей, кислот та лугів учений ввів поняття аналізу складу речовин. У 1661 р. Бойль опублікував книгу під назвою «Хімік-скептик».

Вона написана у формі бесіди чотирьох видуманих вчених. Один з них - автор, ім'я якого Канреад – давньогрецький філософ і оратор. Він є прихильником корпускулярної теорії побудови речовини. Феміст (грецька назва - «правильний») виступає як послідовник Аристотеля. Філопон (грецька назва - «працелюбний») поділяє погляди Парацельса. І, нарешті, Елевретій (грецька назва - «незалежний») відіграє роль неупередженого судді. Метою Бойля було знайти відповідь на питання: чи можна визнати класичні «елементи» Аристотеля (вогнь, повітря, воду, і землю) чи принципи Парацельса (ртуть, сірку і сіль) за справжні елементи тіл.

Бойль писав: «Хіміки до цих пір керувались надто вузькими принципами, які не вимагали особливо широкого розумового кругозору; вони бачили своє завдання у приготуванні ліків, в отриманні і перетворенні металів. Я дивлюсь на хімію не як лікар, не як алхімік, а як повинен дивитись на неї філософ. Я накреслив тут план хімічної філософії, який сподіваюсь виконати і вдосконалити своїми дослідженнями і спостереженнями». Цими словами Бойль виразив нагальну потребу хімії – застосування нею експериментальних методів дослідження.

Бойль припускав, що у Природі насправді елементів повинно бути набагато більше. У цій же книзі він писав: «Я розумію під елементами, в тому розумінні, як деякі хіміки ясно кажуть про принципи, визначені, першоначальні і прості, цілком не змішані тіла, які не складені одне з другим, але являють собою ті складові частини, з яких складені так звані змішані тіла і на які останні врешті-решт можуть розкладатись»

По суті, це перше в історії визначення поняття «хімічний елемент». Його, безумовно, не можна вважати суворо науковим, оскільки Бойль не назвав жодного конкретного елемента у новому розумінні.

Таким чином, ідеї Бойля значною мірою сформували уявлення про хімію як самостійний розділ природознавства. Хімічним шляхом з калію вчений одержав ацетон, новий спосіб виготовлення фосфору (у 1669 р. алхімік Брандт випадково відкрив фосфор). Бойль вперше використав індикатори для визначення кислот і лугів. Він є одним із засновників наукового товариства. Згодом воно було перетворене у Лондонське Королівське Товариство.

Своєрідний підсумок хімічним досягненням XVII ст. зробив французький вчений Нікола Лемері. У 1675 р. він видав «Курс хімії». У ній автор дав визначення хімії як «мистецтва поділяти різні речовини, які містяться у змішаних тілах».

### **Перша хімічна теорія**

Якби ідеї Гука, Мейоу у свій час отримали відпо відне теоретичне обґрунтування, то удосконалення хімічних знань могло б піти в іншому напрямку. Але історія зробила інакше. До XVII ст. західні алхіміки і ятрохіміки робили спроби пояснити процеси, які виникають при горінні, випалі металів і диханні. Але суть цих процесів залишалась нерозгаданою і незрозумілою для експериментальних досліджень. Саме ці процеси стали відправним пунктом для створення єдиної теорії, що охопила усі явища, які відносяться до перетворення матерії, і в історію увійшла під ім'ям теорії *флогістону* (флогістон – той, що спалахується). Вона з'явилась на рубежі XVII–XVIII ст.ст. Майже 100 років вона володіла розумом переважної більшості дослідників. Врешті-решт теорія виявилась помилковою. Термін “флогістон” вже вживався лікарями для вказівки на особливий стан органів дихання, що запалюється. Гельмонт використав його, не надаючи йому особливого значення. Початок цієї історії розпочинається з кінця XVII ст., коли увагу хіміків привернув процес горіння і кальцінації металів.

Хіміки XVIII ст. вважали своїм головним завданням ізолювати гіпотетичний флогістон і довести його існування. Пояснення явищ горіння могли базуватись у той час, як вже відзначалось, на уяві про горіння як розпад речовин. У свою чергу ці уявлення впливали з загально визнаних на той час учень про першоначала тіл Аристотеля або трьох начал алхіміків. Нові уявлення про елементи, що висловлені Бойлем, до початку XVIII ст. не отримали визнання і подальшого розвитку. Тривалі спостереження вказували, що при кальцінації металів утворюється схожий на попіл продукт -«вапно» металів. Крім того, з того ж металу виділяються якісь газоподібні продукти, подібні диму при горінні органічних тіл. Яка природа цих летючих продуктів, залишалось відкритим. Гельмонт встановив утворення при горінні «лісного газу».

Теоретичні погляди І.Бехера (1635–1682 рр.) були відсталими і неясними, викладки повні суперечностей. У 1667 р. він видав книгу «Підземна фізика». Тут відображені ідеї автора про складові першоначала складних тіл. Першоначалами усіх мінеральних, рослинних і тваринних тіл він вважав землю і воду. Причому, розрізнявав три види землі:

«перша земля» – плавка і кам'яниста;

«друга земля» – жирна;

«третья земля» – летка.

Це не що інше, як модифіковані начала алхіміків.

На думку Бехера, горіння – процес розпаду тіл, що горять. Їх горючість пов'язана з наявністю у складі тіл «другої землі». Причиною горіння може бути і сірка, яка міститься в тілах. Звичайну сірку він вважав складним тілом, яке складається з кислоти і «другої землі».

Усі кислоти і солі, стверджував Бехер, утворені з елементарних земель шляхом сполучення їх з водою. Основою всіх кислот є деяка «першоначальна» кислота.

Усі ці погляди Бехера склали основу теорії, що розробив німецький хімік Георг Ернст Шталь (1659–1734 рр.), який є засновником теорії флогістону – складової частини усіх тіл, яка виділяється при їх горінні. Головна його робота «Основи догматичної і експериментальної хімії». За основу елементарних складових частин тіл він приймав першоначала алхіміків. Стверджував, що розпадаючись вони стають неподільними. Складову частину горючих тіл він називав «жирною землею». На його думку, усі пальні речовини (дерево, мастила) і неблагородні метали (мідь, залізо, свинець, олово) складаються з флогістону, – невагомої і неуловимої речовини, що виділяється при спаленні і випалі та золи («окалина» і «вапно»).

При цьому він підкреслював, що флогістон створює вихроподібні рухи, сполучаючись з повітрям. Це і є, на його думку, вогонь. Флогістон, який виділився, розсіюється у повітрі так, що його вже неможливо відділити від останнього. Тільки рослини здатні витягувати флогістон з повітря. Через них він попадає і у тваринні організми.

Найбільш чистий флогістон міститься у речовинах, які згоряють без залишку. У них він приймає «матеріальну (речовинну) форму». Але, будучи у сполуці з іншими речовинами, флогістон сам собою не може бути вивчений. Він «абстрактний». Наявність флогістону в різних речовинах Шталь пояснював їх колір, запах та інші властивості.

Пояснення Шталем явищ окислення і відновлення металів - це не що інше, як «киснева теорія», що поставлена на голову. Дійсно, виражаючи, наприклад, процес кальцінації металів рівнянням, маємо:

Метал – флогістон –  
металеве вапно (оксид).

Відповідно до  
кисневої теорії це ж  
рівняння має такий вигляд:

метал + кисень =  
оксид металу (вапно  
флогістиків).

За усіх недоліків і помилкових концепцій теорія флогістона відіграла і позитивну роль у розвитку хімії. Вона надала можливість розглядати і пояснювати цілком різні явища з єдиної точки зору.

Досліди, що спрямовувались теорією флогістону, не пройшли безслідно для хімії, тому що експериментальні дані набуваються назавжди і є прикладом для нових теорій. Це вчення вперше узагальнило численні реакції окислення, що стало важливим кроком у прогресі науки.

Безперечно, теорія флогістону була помилковою. Але ж флогістика все ж таки була першою більш або менш влучною спробою пояснити явища горіння і окислення, яка пов'язувала ці процеси з відновленням. Саме перевірка фактів, зібраних за її допомогою, і дала можливість Лавуазьє встановити правильнішу уяву про природу окислювальних процесів. Наприкінці XVIII ст. гіпотеза Бехера і Штала про флогістон була спростована працями французького вченого. Лавуазьє встановив роль кисню в процесах горіння. Але до Лавуазьє велику роботу в цьому напрямку проробив італійський фізик А.Вольта. Для розвитку хімії важливе значення мали його дослідження болотного газу. У 1776 р. він вперше описав цей газ як речовину, яка при горінні створює вуглекислоту. Вона відрізняється від газів розкладу рослинних масел кількістю повітря, що необхідне для горіння.

В історію науки XVIII ст. увійшов і флогістик Генрі Кавендіш (1731–1810 рр.). Він найбільший представник пневматичної хімії. Його девіз проголошував: «Усе визначається мірою і числом». Французький фізик Жан Батист Біо в некролозі назвав його «самим багатим з учених і, ймовірно, самим ученим з багатих». Та обставина,



*Макет хімічної лабораторії  
М.В.Ломоносова*

що він був переконаним прихильником теорії флогістону, часто заважала йому правильно інтерпретувати зроблені ним відкриття.

У 1766 р., коли йому виповнилось 35 років, він опублікував першу роботу: «Досліди з штучним повітрям». Мова у ній йшла про «горюче повітря». У сучасному розумінні це – водень. Відомо, що до Кавендіша відкриття першої газоподібної речовини, якою є водень, «горюче повітря», спостерігали і Бойль, і французький хімік Нікола Лемері, і Михайло Ломоносов. Але вони обмежились лише констатацією факту. Кавендіш же описав своєрідні властивості водню як індивідуальної речовини. Діючи розведеними соляною і сірчаною кислотами на залізо, цинк, олово, він кожного разу впевнювався, що виділяється один і той же газ. Кавендіш був впевнений, що «горюче повітря» (водень) і є флогістон, який випаровується з металів при їх обробці кислотами. Адже газ відрізняється надзвичайною легкістю. А вчення про флогістон містило ідею про від'ємну вагу цієї субстанції.

Продовжуючи дослідження, Кавендіш впевнився: газ за вагою і його щільність відносно повітря становить 009 (сучасне значення - 007). З'явилось нове пояснення: «горюче повітря» є сполукою флогістону з водою.

Усе наведене є прикладом того, як флогістонна теорія Штала стала перешкодою на шляху правильного трактування одного з самих знаменитих відкриттів - виявлення самого легкого хімічного елемента, який через 100 років «очолив» періодичну систему Д.І.Мендєєва.

70-і роки XVIII ст. – *це епоха тріумфу пневматичної хімії*. У цей період відкриті основні гази атмосфери - азот і кисень. Незалежно від Даніеля Резерфорда Кавендіш у 1772 р. виділив «мефітичне повітря» (азот). Але цей результат не був оголошений. Він провів детальне дослідження властивостей цього газу.

Істотний внесок Кавендіша у вивчення вогневого повітря (кисню). Ним його виявлено незалежно від Карла Шеєле і Джозефа Прістлі у 1773–1774 рр.. Для аналізу повітря Кавендіш використав власне сконструйований у 1773 р. спеціальний прилад – евдіометр (від грецького «еудіс» - «чисте», «ясне» - про повітря). У 1785 р. вчений задався питанням: чи не міститься в атмосфері, крім азоту, кисню і вуглекислого газу, ще який-небудь невідомий «різновид повітря»?

Протягом двох тижнів Кавендіш пропускав електричний розряд через повітря, збагачене киснем. Оксиди, які при цьому утворювались, поглинались розчином КОН. Вилучивши потім залишок кисню, дослідник виявив цікавий факт: у розчині незмінною залишалась бульбочка повітря, яка складала приблизно 1/125 початкового об'єму газової суміші. Ні електричний розряд, ні хімічні реагенти на неї не діяли. Що це? Кавендіш відповіді не знайшов.

І лише у 1894 р. його співвітчизники Уільям Рамзай і Джон Уільям Релей відкрили аргон. Описали його властивості. Це відкриття здійснено поділом на фракції рідкого повітря.

До кінця свого життя Кавендіш залишався вірним теорії флогістона. При поясненнях він використовував її, незважаючи на те, що багато його власних дослідів суперечили цій теорії.

Таким чином, експериментальні дослідження Кавендіша багато в чому сприяли виникненню пневматичної хімії (від грецького слова - «пневма» - вітер, подих), тобто хімії газів. Створена камера Стефена Гейлса надала можливість досліджувати гази.

Ще декілька досягнень XVIII ст. До його кінця список хімічних елементів поповнили нікель, фтор, хлор, марганець, барій, молібден, вольфрам, теллур, уран, цирконій, стронцій, титан, ітрій, хром, берилій. Відкриті і деякі важливі неорганічні сполуки: сірчаний газ, сірководень, ряд оксидів азоту, оксид вуглецю, деякі солі.

До кінця XVIII ст. чіткі контури набули два важливих розділи хімії – неорганічна і аналітична хімія. З природних продуктів удалось виділити декілька десятків органічних сполук (головним чином, кислот). Були розроблені прийоми аналізу органічних речовин. Це сприяло виникненню органічної хімії.

З'явилися перші дослідження в галузі *термохімії* і *електрохімії*. Формування хімії як самостійної науки вступило у завершальну стадію.

Однією з передумов хімічної революції стало широке застосування методу кількісних вимірів. Теоретичну основу кількісний метод отримав у законі збереження маси речовини у хімічних реакціях. Його сутність у 1760 р. чітко виразив російський вчений Михайло Ломоносов.

Наприкінці XVIII ст. в розвитку хімії спостерігається бурхливий прогрес. Промислове виробництво, промислова революція в Англії, соціальні процеси у Франції та інші вимагали розв'язання хіміко-технічних проблем, пошуків нових видів сировини, металевих руд, джерел енергії. Їх відкриття, у свою чергу, вимагало хіміко-аналітичних досліджень. Це привело до розвитку методів аналітичного аналізу. Його результатами було швидке розповсюдження фактичного матеріалу. Згодом це привело до «хімічної революції» XVIII ст.

## **Хімічна революція**

Переворот у хімії, що пов'язаний з розвінчуванням теорії флогістону, за часом співпадає з французькою буржуазною революцією. Ця революція пов'язана з розквітом науки у Франції.

Наприкінці XVIII ст. тут виросла плеяда таких талановитих вчених, як Гаспар Монж, Лазар Нікола Маргеріт Карно, Антуан Франсуа Фуркруа, П'єр Симон Лаплас, Нікола Леонар Саді Карно та інші. Авторитет французької науки настільки зріс, що відкриття і нові наукові положення, висунуті вченими Франції, знаходили підтримку багатьох вчених інших країн Європи.

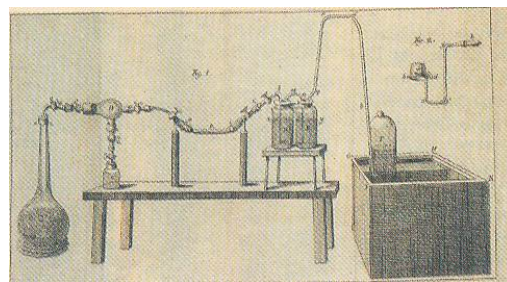
В епоху революції багато вчених Франції безпосередньо приймали участь у громадсько-політичній діяльності. За їх пропозиціями проведена повна реформа в освіті. Університети виведені з-під впливу церкви. Уведена нова система організації вищої школи і нова система викладання дисциплін.

Громадсько-політичні погляди Антуана Лавуазьє, з ім'ям якого пов'язана наукова революція у хімії, не можна назвати передовими і тими, що відповідають його новаторській науковій діяльності. Діяльність Лавуазьє поєднував з типовими для крупного буржуа фінансовими справами. До революції, яка розпочалась у 1789 р., він ставився негативно. Проводячи величезну наукову роботу у Паризькій академії наук, він одночасно з 1768 р. став пайщиком відкupu по збиранню податків від населення. Отримуючи величезні бариші, пайщики відкupu були зненависні населенню.

За зв'язки з роялістами Лавуазьє в числі 28 відкупщиків податків був засуджений до страти революційним трибуналом. 8 травня 1794 р. ніж гільотини перервав життя одного з найвеличніших учених XVIII ст. Якобінці не взяли до уваги наукові його заслуги. «Потрібно було одну мить, щоб відрубати цю голову, але, мабуть, і століття буде мало, щоб створити їй подібну». Так сказав один із сучасників Лавуазьє.

Боротьба з безплідною теорією флогістону розпочата Лавуазьє у 1772 р., коли стало відомо, що вогонь руйнує алмаз. При сильному нагріванні за допомогою запального скла він остаточно зникає. Лавуазьє довів, що алмаз не згорає, створюючи вуглекислий газ. Ним уведено в науку суворі кількісні методи дослідження. Своїми експериментальними роботами по спаленню сірки і фосфору, нагріванню олова у запаяній посудині він спростував теорію флогістону.

Лавуазьє перший з хіміків сформулював положення, що остаточно зруйнували теорію флогістону. Ці положення містяться у чотирьох тезах, опублікованих ним у 1777 р. у книзі «Про горіння взагалі». Тут він описав явища, що постійно



*Хімічний прилад для дослідів з газами. З книги А.Л.Лавуазьє "Основи антифлогістонної хімії". Видання 1792 р.*

спостерігаються при горінні. Що це за явища?

1. Відділення світла із вогню.

2. Горіння здійснюється у «чистому повітрі» (тобто, кисні). Лавуазьє правильно зрозумів природу нового газу, що відкритий Джозефом Прістлі у 1774 р.

3. Вага речовини, що згоріла, збільшується точно на вагу повітря, яке вона поглинає.

4. При згоранні неметалевих речовин утворюються кислоти, а при випалі металів – металеві вапна (оксили – «землі»).

Дослідницьким шляхом вчений одержав кисень, встановив його походження як хімічного елемента і здатність сполучатись з фосфором і сіркою при спаленні і з металом – при випалі. Лавуазьє довів складність атмосферного повітря, яке містить кисень і «задушливий газ» (азот). Своїми роботами французький вчений, кажучи словами Енгельса, «вперше поставив на ноги хімію, яка у своїй флогістонній формі стояла на голові».

Лавуазьє разом з французьким математиком Жаном Менсьє у 1783 р. термічним шляхом розклав воду. Таким чином було доведено, що речовина, яка є всюди у природі, містить водень («пальне повітря») і кисень у співвідношенні 2:1. Обидва вчені синтезували воду з кисню і водню. Так флогістон було «вигнано» з води. Лавуазьє заявив: «Визначення ваги похідних речовин і продуктів до і після дослідів - основа всього корисного, що може бути зроблено у хімії». Точності зважування він надавав великого значення. Пізніше Д.І.Менделєєв скаже: хімія тільки тоді стала точною наукою, коли взяла в руки ваги. Ваговий метод допоміг Лавуазьє чітко сформулювати закон збереження матерії: «...в усякій операції кількість матерії однакова до і після дослідів». При цьому «кількість і якість начал залишаються тими ж самими», з ними «відбуваються тільки зміни і видозміни». Під началом Лавуазьє

розумів хімічні елементи. У «початковому курсі хімії», що опублікований у 1789 р. він дав визначення поняття «хімічний елемент»: «...усі речовини, які ми ще не змогли ніяк розкласти, є для нас елементами». У цій же книзі є «Таблиця простих тіл». Це була перша класифікація хімічних елементів, як відомих, так і невідомих. Крім простих тіл, таблиця містила ряд «складних тіл» (земель), які містять ще не відкриті елементи.

II. TABLEAU DES COMBINAISSONS DU CALORIQUE  
*avec les Différents Substances Simplez qui forment les Trois États du Corps Simple Rapide et Acroïque.*

The image shows a historical table titled 'II. TABLEAU DES COMBINAISSONS DU CALORIQUE' with a subtitle 'avec les Différents Substances Simplez qui forment les Trois États du Corps Simple Rapide et Acroïque.' The table lists various substances in multiple columns, with some cells containing letters and others containing symbols like circles or squares. It represents an early classification of chemical elements.

Таблиця простих тіл  
А.Л.Лавуазьє

Відмітимо, що з відкриттям «Таблиці простих тіл» виявлення нових елементів пішло лавиною. У першій половині XIX ст. відкриті:



натрій, калій, кальцій, барій, алюміній, кремній та інші. Так чи інакше, але вони співвідносились з «Таблицею» Лавуазьє.

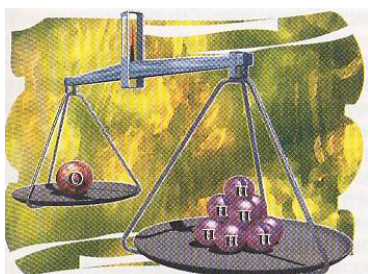
Французький вчений заклав основи аналізу органічних сполук. Це значною мірою сприяло формуванню органічної хімії як самостійного розділу хімічних знань. Лавуазьє по праву можна назвати «батьком сучасної хімії», відкриття якого підтвердили причетність хімічних процесів до функціонування живих організмів. Фізіологи ХІХ ст. намагались використати механістичний метод для опису функцій організму, зокрема, травлення їжі і обміну речовин (після застосування У.Гарвеєм картезіанського механіцизму до феномена кровообігу). Лавуазьє довів, що процес дихання є не що інше, як процес горіння і утворення вуглекислого газу. Останній при диханні є головним джерелом теплоти у живому організмі. Лавуазьє створив цілий ряд оригінальних конструкцій приладів. Опублікував «Елементарний курс хімії», декілька робіт з хімії. Є одним із засновників журналу "Annales de Chemie" (Історія хімії).

Киснева теорія Лавуазьє, як і наступні біологічні та фізичні відкриття ХІХ ст., не мала широкого «виходу» в техніку і у практику взагалі. Для цього за життя Лавуазьє ще не настав час.

Ми розглянули основні досягнення протягом багатьох століть, які створили передумови для ствердження хімії як самостійної галузі серед природничих наук. Коротко познайомились з окремими авторами, праці яких сприяли формуванню класичної хімії. Вони сприяли революційним перетворенням у природознавстві, що відбулись на рубежі ХІХ–ХХ ст., стали прологом для створення складного організму новітньої хімії, досягнення якої ми спостерігаємо наприкінці ХХ – на початку ХХІ століть.

## ХІМІЯ У ХІХ СТОЛІТТІ

### Формування атомно-молекулярної теорії



*Однією з перших була запропонована воднева шкала атомних ваг*

З початку ХІХ ст. численні експерименти з речовинами тваринного і рослинного походження, їх аналіз показали, що вони складаються з величезного числа одних і тих же елементів: вуглецю, водню, кисню, азоту і деяких інших. Це було вагомим аргументом для введення у 1806 р. шведським хіміком Йенсом Якобом Берцеліусом



*Джон Дальтон*

поняття «органічна хімія».

XIX ст. знаменне рядом фундаментальних теорій як у фізиці, так і у хімії. У фізиці воно відзначається розробкою молекулярно-кінетичної теорії. Закономірності перетворення енергії з одного виду до іншого пояснювались з використанням поняття молекули. Хімії ж для опису складу сполучень і хімічних реакцій також необхідно було мати конкретний матеріальний об'єкт. Таким об'єктом став атом.

У перші роки XIX ст. англійський вчений Джон Дальтон (1766–1844 рр.) сформулював основні принципи атомістики. З неї починається нова епоха в хімії, так висловився Єнгельс (а ми раніше відмітили, що з Лавуазьє). У фізиці, відповідно до цього – з молекулярної теорії.

Дальтон стверджував, що усі речовини складаються з обмеженої кількості часток. Це і є сучасна атомістична теорія. Але пройшло майже 100 років після її встановлення, коли фізики довели, що «неподільна частинка» речовини є надзвичайно складною системою. Тут важливо підкреслити, що введене у 1803–1804 рр. Дальтоном фундаментального поняття атомної ваги – фактично першого кількісного параметра, який характеризує атом, – стрімко кристалізувало атомно-молекулярне вчення. Важливими віхами на цьому шляху були:

газові закони, встановлені французьким вченим Гей-Люссаком (1802–1808 рр.) та італійцем Аледео Авогадро (1811 рр.);

закон теплоємності, сформульований французькими вченими П'єром Дюлонгом і Алексі Пті (1819 р.);

відкриття явища ізоформізму, виявлене німецьким хіміком Ейльхардом Мічерліхом (1819 р.).

До цього додамо гіпотезу лікаря Англії Уільяма Праута, згідно якої всі хімічні елементи утворені з «первинної матерії» - атома водню з атомною вагою 1.



*Олександр Михайлович  
Бутлеров*

У розвитку атомно-молекулярного вчення, як і хімії в цілому, велику роль відіграв шведський хімік Берцеліус (1779–1848 рр.). Видатний хімік і історик науки Пауль Вальден (1863–1957



*Якоб Берцеліус*



*Фрідріх Вьолер*

pp.) так охарактеризував діяльність вченого Швеції: «Берцеліус включив до свого будівельного плану неорганічну і органічну хімію, аналітичну і мінералогічну, фізіологічну і електрохімію. Він дав будівельний матеріал, досліджуючи хімічні елементи, число яких збільшив новими відкриттями. Він заклав фундамент, розташувавши атоми за розміром, числом і вагою, і зв'язав їх електричними силами. Він більше, ніж хто до нього, сприяв заснуванню століття кількісної хімії. Він залишив цьому століттю мову символів, цінні нові поняття і нових майстрів хімії».

На фундаменті атомно–молекулярної теорії зводилась будівля класичної хімії. Шведський дослідник розробив злагоджену систему атомних ваг. З великою точністю визначив значення багатьох з них. До нього фактично були відсутні загальноприйняті позначення елементів. Склад сполук і хід реакцій хіміки описували словесно, причому, різними мовами. Берцеліус створив міжнародну хімічну мову: він увів літерні позначення латинських назв елементів. Запропоновані ним символи майже без змін збереглися до нашого часу.

Чотири хімічних елементи відкрив сам Берцеліус: церій, серен, кремній і торій. Він майстерно володів методами хімічного аналізу. Був неперевершеним знавцем мінералів і розробив їх оригінальну класифікацію. Згодом її застосував В.І.Вернадський у лекціях з мінералогії.

Берцеліус є автором електрохімічної (дуалістичної) теорії: кожна хімічна сполука складається з двох частин – позитивно і негативно зарядженої. За життя вченого ця теорія критикувалась. На початку ХХ ст. вона відродилась у вигляді електронних теорій хімічного зв'язку.

Ще раз відмітимо, що атомно-молекулярна теорія Берцеліуса стала основою самих різних досліджень середини ХІХ ст., які врешті-решт привели до становлення класичної хімії. Уводячи поняття «органічна хімія», Берцеліус був свідомим прихильником того, що органічні речовини створюються тільки у рослинних і тваринних організмах під дією якоїсь «життєвої сили». На його думку, штучно можуть бути отримані тільки неорганічні речовини. Ці помилкові уявлення гальмували розвиток органічної хімії. Але у 1928 р. німецький хімік Фрідріх Вьолер вперше штучним шляхом отримав природну органічну речовину мочевину з неорганічної солі. Ця подія відкрила дорогу до синтезу різних органічних сполук.

У 1861 році органічна хімія вступила в нову епоху. 19 вересня 1861 року російський вчений О.М.Бутлеров виступив на з'їзді німецьких природодослідників і лікарів у місті Шпрее. У своїй доповіді він дав нове визначення поняття «хімічна побудова», сформулював основні положення нової теорії хімічної побудови і

запропонував способи відображення у формулах хімічної побудови речовин, чим фактично заклав основи сучасної теоретичної органічної хімії. Мова хімічних формул, якою сьогодні користуються сотні тисяч вчених в усьому світі, розроблена О.М.Бутлеровим.

### Народження періодичної системи елементів

В історії науки важливе місце належить діяльності першого в історії Міжнародного Конгресу хіміків у Карлсруе. Сюди у вересні 1860 р. з'їхались біля 140 вчених-хіміків. Ініціатором їх скликання був німецький хімік-органік Фрідріх Август Кекуле. Головні питання, які вирішувались на Конгресі:

про відмінність атомів і молекул;

про атомні і молекулярні ваги;

про формули хімічних сполук.



*Станіслао Канніццаро*

Конгресу потрібно було зробити вибір між вченням увінчаного славою

Лавуазьє,

Дальтона і Берцеліуса та теорією двох

французьких вчених-хіміків Шарля

Фредерика Жерара і Огюста Лорана. Тут

вперше було внесено ясність в існуючу на

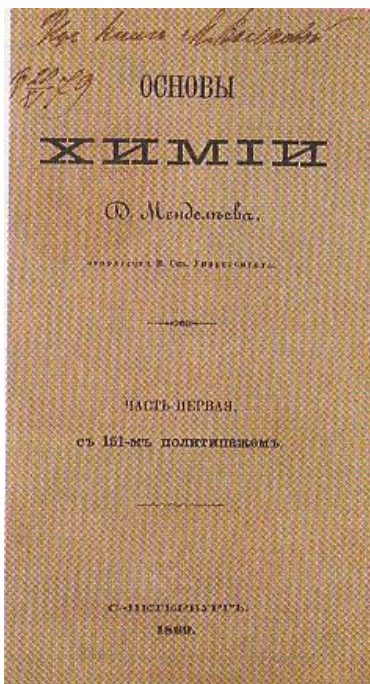
той час путанину понять. Конгрес підтримав Жерара і Лорана у їх трактовках, що таке атомна вага, що атом і молекула не одне і те ж. Що молекула може містити як різnorodні, так і однородні атоми.



*Дмитро Іванович Менделєєв*



*Амедео Авогадро*



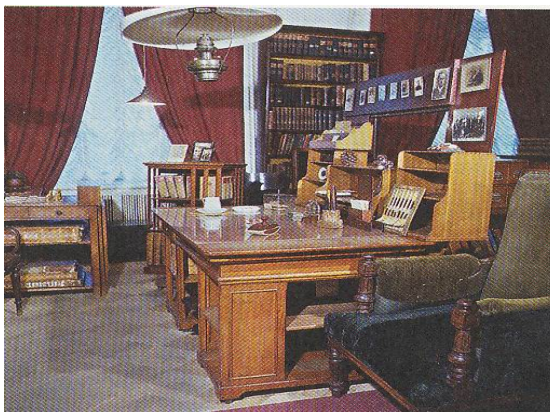
Д. Менделѣевъ, який разом з вченими-хіміками М.М. Зініним і О.П. Бородіним прибув на Конгрес, захопив і вразив гарячий, темпераментний виступ італійського хіміка Станіслао Канніццаро. Згодом Менделѣєв писав: «Рішучим моментом у розвитку моєї думки про періодичний закон я вважаю 1860 р., з'їзд хіміків у Карлсруе, в якому я брав участь, і на цьому з'їзді ідеї, висловлені італійським хіміком С. Канніццаро. Його я і вважаю справжнім моїм попередником, тому що встановлені ним атомні ваги дали необхідну точку опору. Я зразу ж тоді помітив, що запропоновані ним зміни атомних ваг вносять... нову гармонійність, і ідея можливої

періодичності властивостей елементів при зростанні атомної ваги, по суті, вже тоді мені уявлялась внутрішньо. Мене зупинили, однак, невідповідності, що залишились у прийнятих тоді атомних вагах; ясно залишилось тільки переконання, що в даному напрямку треба працювати».

У книзі «Основы химии» Менделѣєв яскраво описав атмосферу першого в історії Конгреса хіміків: «Будучи присутнім на цьому Конгресі, я добре пам'ятаю, яка велика була розбіжність... і як тоді послідовники Жерара, на чолі яких став італійський професор Канніццаро, гаряче проводили висновок закону Авогадро. При пануванні наукової свободи (без неї наука не рухалась б вперед, закам'яніла б, як у сереньовіччі) і при необхідності наукового консерватизму (без нього корені минулого не могли б давати нових плодів) істина... за допомогою Конгресу, отримала більш широке розповсюдження і незабаром підкорила всі уми. Тоді самі собою укоренились, так звані жераровські ваги атомів і уже з 70-х років вони увійшли до загального використання».

Періодична система елементів Менделѣєва... Хіміки дивуються її красі і витонченості, майбутні спеціалісти – студенти – складності і заплутаності зв'язків між побудовою атомів і властивостями елементів. А школярі – великій кількості інформації, яка міститься всього на одній сторінці.

Дійсно, у кожній з понад ста чашечок вказані і



Кабинет Менделѣєва

міжнародний символ елемента, і його назва, і порядковий номер, і відносна атомна вага. У повних варіантах таблиці містяться і інші відомості: кольором виділяють причетність елемента до того чи іншого сімейства, вказують будову електронних оболонок, наводять властивості простих речовин і тип їх кристалічної структури. Сучасне обличчя таблиці створене тривалою і напруженою працею тисяч і тисяч хіміків і фізиків. Менделєєв міг би повторити слова англійського вченого Дж.У.Меллора, який після закінчення багаторічної роботи над своєю 16-томною енциклопедією з неорганічної хімії написав на обкладинці: «Присвячується рядовим великої армії хіміків. Їх імена забуті, їх праця залишилась...».

Дійсно, дуже мало знають, хто і який внесок, нехай і невеличкий, зробив у заповнення чашечок таблиці. Коріння цього великого відкриття сягають у глибину століть, в Античність, коли було сформульовано перші ідеї про атоми. Періодичний закон, як назвав його Менделєєв, органічно поєднав у нерозривне ціле три головні досягнення хімії за весь її попередній період:

вчення про елементи – дитя «вогневої хімії»;

вчення про атоми – дитя «газової хімії»;

вчення про валентність – дитя «електричної хімії».

Через 18 днів після великого відкриття доповідь «Співвідношення властивостей з атомною вагою елементів» прочитав від імені Менделєєва на засіданні російського хімічного товариства професор Петербурзького університету М.О.Меншуткін. З доповіді вчені довідались, що відкритий Менделєєвим закон надає можливість не тільки підійти по-новому до вивчення відомих елементів і виправити не точні атомні ваги. Але і, що дуже важливо, дозволяє передбачити існування ще невідкритих елементів. Періодичний закон стверджує: якщо існує елемент з властивостями яскраво вираженого металу, то обов'язково повинен існувати й інший – з менш різкими металічними властивостями металу і т.д. А якщо деякі з членів цієї природної послідовності відсутні, то це не тому, що вони відсутні у природі, а тільки тому, що вони ще не відкриті. Д.Менделєєв ще до засідання російського хімічного товариства розіслав російською і французькою мовами друкарський відбиток своєї таблиці «Дослід системи елементів, заснованої на їх атомній вазі і хімічній схожості» багатьом російським і іноземним вченим.

Іноземні вчені не зрозуміли значення періодичного закону і повністю ігнорували роботу Д.Менделєєва. У 1870 р. з'явився перший відгук на відкриття російського вченого. Відомий німецький хімік професор Лотар Мейєр опублікував статтю, де виклав короткий огляд роботи Менделєєва. Він оцінив періодичний закон як підмогу для систематизації відомого хімікам матеріалу. Зробивши декілька зауважень про атомні ваги деяких елементів, Мейєр написав, що було

б передчасно на основі таких хитких опорних точок робити зміни загальноприйнятих зараз атомних ваг. На закінчення своєї статті автор заявив, що взагалі не варто звертати дуже багато уваги на такі спекуляції.

Лотар Мейер не був рядовим вченим. Його книга «Сучасні теорії хімії» дуже цінувалась у Європі. І оцінка, яку він дав першому повідомленню Менделєєва, призвела до того, що подальші роботи російського вченого декілька років не привертали уваги іноземних хіміків. Але на початку 1872 р. у старовинному німецькому хімічному журналі була опублікована його стаття «Періодична законність елементів». На 97 сторінках Д.Менделєєв до найменшої подробиці виклав свій закон і розібрав усі наслідки, які з нього випливають, в тому числі і прогнозування деяких елементів. І все ж іноземні хіміки вперто проходили повз періодичного закону. Усі їх наукові пошуки нових елементів велись наосліп.

У 1875 р. французький хімік Лекок Буабодран, досліджуючи за допомогою спектрального аналізу цинкову руду з Піренейських гір, виявив у ній невідомий елемент. Дав йому назву галлій (Галлія - давня назва Франції). Визначив найважливіші його властивості. Про 65-й елемент надрукував коротеньке повідомлення у «Доповідях» Паризької академії наук.

Відкриття галлія стало всесвітньовідомим. Буабодран одержав листа з Санкт-Петербурга. Його автор стверджував, що не всі властивості галлія визначені правильно. Зокрема, питома вага нового металу має бути не 4,7, як знайшов Буабодран, а від 5,9 до 6,0. Листа підписав Дмитро Менделєєв, професор Санкт-Петербурзького університету. Що відчув Буабодран? Він, єдина у світі людина, яка тримала в руках щойно відкриту речовину. Російський професор, який ніколи не бачив галлія, просто знущається. Але добросовісність вченого перемогла. Він перевірів себе. Обурення зникло. З-явилися подив і захоплення. Так, Менделєєв правий, питома вага галлія, теоретично провіщеного ним як екаалюміній, дорівнює 5,96. З цього приводу Буабодран писав: «Я думаю, немає необхідності наполягати на величезному значенні підтвердження теоретичних висновків п. Менделєєва».

Цей випадок в історії науки показав, що нарешті у хімії прорвано зачакловане коло несподіванок, випадковостей, сліпого блукання. Вперше був відкритий новий елемент, існування якого, і навіть сам спосіб відкриття (спектральний аналіз), були спрогнозовані. Іноземні хіміки накинулись на статтю Менделєєва, що надрукована у німецькому журналі три роки тому. Вона була перекладена французькою і англійською мовами. Відкриття Менделєєва більше не ігнорували. У періодичному законі –

основному законі атомів – знайдена та путівна зірка, яка незмінно вказувала дослідникам правильний шлях у їх пошуках.

Галлій був останнім елементом, який знайдено випадково. В подальшому усі пошуки і відкриття елементів здійснювались на основі вказівок, викладених у періодичному законі Менделєєва. У хімії розпочався період блискучих відкриттів. Усі вони підтверджували прогнози російського вченого. Ось один з прикладів.

Таблиця 3.

Порівняння властивостей окремих елементів з їх описанням Д.І.Менделєєвим до відкриття в природі

Найменування елемента, його автор, рік відкриття	Властивості елемента	Властивості, описані Д.І.Менделєєвим
Германій (екасиліцій - зпрогнозований Д.І.Менделєєвим) Клеменс Олександр Вінклер, 1885	Метал атомної ваги 72,3 і питомою вагою 5,35, плавиться при $t^{\circ} 958,5$ . Важко взаємодіє з кислотами, але легко при сплавленні з лугами. Оксид германія має питому вагу 4,703, легко розчиняється у лугах і відновлюється воднем і вугіллям у металі. Хлористий германій - рідина питомої ваги 1,887, з температурою кипіння $86^{\circ}$	Плавкий метал з атомною вагою біля 72 і питомою вагою 5,5.  Метал майже не повинен діяти на кислоти, але луги можуть на нього впливати.  Оксид метала повинен мати питому вагу 4,7, легко розчиняється у лугах і відновлюватись до металу.  Сполука металу з хлором повинна бути рідиною питомої ваги біля 1,9 з температурою кипіння біля $90^{\circ} C$

Аналогічні дивні збіжності виявились при відкритті в наступні декілька років п'яти благородних газів – гелію, неону, аргону, криптону і ксенону. Вони зайняли своє місце у періодичній системі Менделєєва і надали їй стрункості. Це було своєрідне випробування теоретичного боку періодичного закону, – писав Менделєєв. – Випробування було витримано з успіхом...періодична система, ні разу не порушуючись, задовольнила і аргонні елементи. Ці елементи за величиною їх атомних ваг зайняли точне місце між галоїдами і лужними металами.

Закон Менделєєва глибоко позначився на змісті наукових праць і підручників з хімії, змісті її викладання. З 1 березня 1869 р. веде свій літопис хімія наших днів.



Після триумфального підтвердження теоретичної основи усієї наукової хімії в різних країнах почали висувати своїх першовідкривачів періодичного закону. У Франції - це геолог Бегійє де Шанкуртуа, який у 1863 р. повідомив Паризьку академію наук про свою спробу розташувати хімічні елементи у певному порядку. Недосконалість його роботи стала причиною відказу французьких вчених надрукувати його повідомлення. (Через 30 років після відкриття Менделєєва його праця була витягнута з архіву).

У 1866 р. молодий вчений Джон Ньюлендс зробив у Англійському хімічному товаристві доповідь, в якій повідомив про помічену ним повторюваність властивостей елементів. Але при цьому допустив масу помилок у зачисленні в групи «схожих» елементів.

У Німеччині у 1880 р. згадали про рукопис професора Мейєра, написаний ним у 1868 р.

Бегійє, Ньюлендс, Мейєр, Менделєєв йшли однією дорогою наукового дослідження. Але на їх шляху зустрівся дорогоцінний необроблений камінь. Усі бачили, що камінь не простий. Але тільки один Менделєєв його не відкинув у бік. Він його обробив у дорогоцінність – періодичний закон хімічних елементів – фундаментальний закон Природи.

Таким чином, у ХІХ ст. хімія міцно укріпила своє положення серед природничих наук. Завдяки періодичній системі Менделєєва більш чітко сформульована неорганічна, аналітична, органічна і фізична хімії як самостійні розділи цієї науки.

Органічна хімія серед вказаних напрямків зайняла пануюче положення у хімічних дослідженнях. Але вона, як і новоутворені напрямки, зокрема, фізична хімія, електрохімія, термохімія, фотохімія та інші повинна була придбати нову точку опори для подальшого злету.

# НАУКОВА РЕВОЛЮЦІЯ XVII СТОЛІТТЯ

## Особливості наукової революції

Термін «наукова революція» став звичним у спілкуванні вчених і спеціалістів. Виникнення у XVII ст. природознавства було глибокою науковою революцією (після першої інтелектуальної революції античного світу). Вона здійснила великий вплив на історію людства. З цього періоду наука набула історичної сили і наукові знання почали займати місце попереду техніки. У цей період наукова уява про навколишній світ стала у різку суперечність з віковими творіннями релігійних, філософських, або щодених уявлень. Наукова революція XVII ст. внесла докорінний злам ідей про будову Всесвіту і місце в ньому людини. Це був закономірний процес у розвитку науки. Період спокійного розвитку змінився вибуховою хвилею наукової творчості. Вчені торкнулись незайманих полей дослідження.

Наукова революція мала свої особливості. (Ці особливості властиві для всіх наукових революцій). Які ж вони?

Перша особливість наукової революції проявилась в тому, що вона мала яскраво виражений творчий характер. Старі знання не руйнувались, а висвітлювались новим розумінням.

Другою особливістю наукової революції є те, що старі знання, зберігаючись у науці, “перетворювались” згідно нових уявлень і одержали нові пояснення. У період наукової революції нове створюється, переробляючи старе. Несподівано виявляється, що у старому вже давно визрівали елементи нового. Таким чином, наукова революція не є миттєвий переворот. Нове не зразу входить у науку і одержує визнання.

Третя особливість наукової революції – одночасна поява протягом 1–3 поколінь великої кількості талановитих осіб. Вони піднімають цілий пласт знань на величезну висоту і тривалий час не мають собі рівних.

І нарешті четверта особливість наукової революції – наявність соціальних і політичних умов, які сприяють появі творчого потенціалу.

Вказані особливості наукової революції XVII ст. найбільш яскраво проявились у розвитку фізико-математичних наук. Вона огортає обширний відрізок історичного шляху. Тому не можна вважати, що наукова революція є феноменом XVII ст. Цілком правомірним вважати розвиток науки у вказаному періоді як завершальний етап наукової революції. Її започаткував польський мислитель Микола Коперник. Від нього і розпочалось подолання застою і безплідності науки, боротьба проти аристотелізму. Головні

напрямки цього процесу від Коперника пролягають через творчість Іоганна Кеплера (1571–1630 рр.), Галілео Галілея (1564–1642 рр.), Рене Декарта (1596–1650 рр.) і Ісаака Ньютона (1643–1727 рр.). Сутність відкриттів згаданих осіб і визначає, в основному, зміст цього розділу. Однак вважати, що причиною наукової революції стали результати і наукові досягнення вказаних гігантів, було б не зовсім правильно.

Безперечно, згадані імена – це лише невелика частина видатних осіб, які зводили будівлю наукової революції. Тому буде справедливим показати, хоча б частково, стан розвитку інших наук.

В науці періоду, який ми вивчаємо, знову спостерігається розквіт натуральної філософії. Її представниками є Джіроламо Кардано (1501–1576 рр.), Бернардіно Телезіо (1509–1588 рр.), Франческо Патріці (1539–1597 рр.), Томмазо Кампанелла (1568–1639 рр.), Джордано Бруно (1548–1600 рр.). Як і попередники античного світу, вони значною мірою сприяли підготовці ґрунту для прийняття нової картини Всесвіту, в якій вже не було місця ні аристотелівському космосу, ні аристотелівській фізиці.

Ідеологом нової науки став англієць Френсис Бекон (1562–1626 рр.). Проголошений ним індуктивний метод досліджень відіграв значну роль у подальшому прогресі науки. Бекон відкрив нову епоху в науці і здобув перемогу над Аристотелем. Він рішуче виступив проти догматичної спадкоємності останнього. У своїй книзі «Новий органон» Бекон заявив, що в основі науки має бути дослідження, яке, в свою чергу, є її критерієм. Цим він перегукується зі своїм співвітчизником XIII ст. Роджером Беконом.

Відзначимо, що розуміння Природи цими філософами здебільшого носило фантастичний характер. Астрологія і алхімія посідали значне місце в науці, очевидним був їх вплив на її прогрес. Є певний внесок і вчених інших галузей науки.

Ми вже згадували, що лікарю-практику з Німеччини Парацельсу належить пріоритет уведення в практику нових ліків, в тому числі і хімічних препаратів. Його діяльність відноситься до початку XVI ст.

Головним досягненням Симона Стевіна (1548–1620 рр.) з Нідерландів є уведення десяткових дробів. Воно відображено у його книгах «Десятина» (1585) і «Математичні коментарі», у 5-ти томах (1605-1608 рр.). У першій роботі викладено десятичну систему мір і десяткові дробі. Ним уведено від'ємні корені рівнянь, сформовані умови існування кореня у даному інтервалі і запропоновано спосіб його наближеного обчислення.

Лікар з Лондона Уільям Гільберт (1544–1603 рр.) є основоположником науки про електрику. Він встановив, що магніт завжди має два полюси – північний і південний, що одноіменні

полюси відштовхуються, а різноіменні – притягуються. Вивчаючи магнітні властивості намагніченої кулі за допомогою магнітної стрілки, зробив висновок, що вони відповідають магнітним властивостям Землі, тобто остання є великим магнітом. Виходячи з цього, пояснив нахил магнітної стрілки. Завдяки Гільберту вчення про електрику збагатилось рядом відкриттів, спостережень, приладів. Після нього магнітні явища вивчались дуже повільно і протягом понад 100 років мало що нового було отримано. Виступаючи з критикою вчення Аристотеля, сприяв розповсюдженню в Англії ідей геліоцентричної системи Коперника.

Серед чудових вчених і мислителів XVII ст. Еванджеліста Торрічеллі (1608–1647 рр.) – учень Галілея. Його дослідження – з пневматики і механіки. Він збагатив науку відкриттям



атмосферного тиску, чим спростував

*Еванджеліста Торрічеллі. Досліди з*

думку про те, що «природа лякається пустоти». Знаменитий дослід по виявленню атмосферного тиску прискорив прогрес науки і техніки. Сам факт отримання пустоти, або вакуума, став прологом того, що «пустота» стала об'єктом досліджень, а врешті-решт це привело до її практичного використання, зокрема у повітряному насосі. А математичні дослідження циклоїди стали прологом до відкриття Гюйгенса у цій галузі.

Не можна не відзначити і Блеза Паскаля (1623–1662 рр.) з його знаменитою теоремою про шестикутник, який вписаний у конічний переріз. Ним сформована одна з основних теорем проєктивної геометрії (теорема Паскаля). Займався він дослідженням циклоїди, інтегруванням, обчисленням безкінечно малих. У 1645 р. винайшов лічильну машину для виконання чотирьох арифметичних дій, «арифметичний трикутник», що утворений біноміальними коефіцієнтами і використовується в теорії імовірності. Повторюючи досліді Торрічеллі, Паскаль доказав, що за допомогою барометра можна робити заміри висот. Він довів існування зв'язку між показниками барометра і змінами у погоді. Паскалем відкрито закон, що тиск, який діє на рідину, передається в усі сторони перпендикулярно і рівномірно. Цей закон він супроводжує цікавими

викладками, які містяться в його книзі «Трактат про рівновагу рідин». Продемонстрував пружність повітря, довів, що воно має вагу. Відкрив, що показання барометра залежать від вологості і температури повітря, і тому його можна використовувати для прогнозування погоди.

У цьому ж ряду вчених згадаємо і Отто фон Геріке (1602–1686 рр.). Відомим він став з того часу, коли винайшов насос і провів досліди визначення тиску повітря у відкачених посудинах, експериментально довівши його пружність, визначив щільність повітря, його звукопровідність. Геріке побудував одну з перших електростатичних машин у вигляді кулі, яка могла обертатись навколо залізного стрижня, як навколо осі. Побудував перший водяний барометр і використав його для прогнозування погоди. Вивчав магнітні явища.

І, безперечно, згадаємо старшого сучасника Ньютона Роберта Бойля (1627–1691 рр.). Його внесок у розвиток природознавства неабиякий. Своїми ідеями вчений започаткував, про що ми вже згадували, формування хімії як самостійного розділу природознавства.

Ім'я Едмона Маріотта (1620–1684 рр.) пов'язане з уведенням експериментальної фізики у Франції. Він був співавтором закону Бойля–Маріотта. Експериментально підтвердив формулу Торрічеллі відносно швидкості витікання рідини, досліджував висоту підйома води у фонтанах, склав таблиці залежності висоти підйома від діаметра отвору. Довів збільшення об'єму води при замерзанні. Виявив сліпу пляму в оці, досліджував кольори, зокрема кільця навколо Сонця і Місяця, вивчав райдугу, дифракцію світла, показав відмінність між тепловими і світловими променями. Виготовив багато фізичних приладів.

І, нарешті, Дені Папен (1647–1714 рр.) – учень і асистент Гюйгенса. Його внесок у розвиток пневматичних пристроїв започаткував той етап прогресу, коли наука стала служити техніці і визначати її стрімкий розвиток.

Ми не маємо змоги зробити огляд усіх досягнень, які відносяться до періоду наукової революції. Обмежимося згаданими іменами. Але з наведеного можемо зробити висновок, що наукова революція не є миттєвий переворот і тільки у галузі фізико-математичних наук. Логічна сила відкриття декількох поколінь вела до того, щоб нове «втілювалось» у свідомість людей, змінювало уяву про емпіричні знання. З другого боку – наукова революція – це відкриття в багатьох галузях науки і знань. У сукупності вони і формують світогляд, погляд людини на навколишню Природу на відмінність від винаходів, що впливають на революційні перевороти у техніці і на виробництві.

Головні напрямки наукової революції, які ми розглянемо, проходять через творчість Коперника, Кеплера, Галілея, Декарта, Ньютона. Їх гострий розум проникнув у мало вивчену галузь картини про Всесвіт. Відкриття цих вчених надали можливість сформулювати фізичну картину світу. Вона зв'язала воедино точні математичні закони земної фізики і геліоцентричну модель Всесвіту. Заслуга в цьому, безперечно, належить Ньютону.

З появою фізичної картини Всесвіту людина пізнала, що Земля обертається навколо Сонця разом з іншими планетами. Цей факт і багато наслідків можна було перевірити різними методами і скрізь знаходити в усьому збіг з реальністю. Це науково обгрунтоване явище було покладено в основу світогляду і відповідало науковій істині. Незважаючи на це, аж до початку XVII і навіть до початку XVIII століть, до широкого розповсюдження робіт Коперника, Кеплера, Галілея Декарта і Ньютона могли триматись у свідомості вчених і інші уявлення, що були складовою частиною наукового світогляду.

Сучасні дослідження показали, що багато так званих нових ідей після Птолемея частково, або в цілому висувались задовго до наукової революції. Але вони не мали істотного вливу на розвиток науки. Так, ідея в галузі космології про безкрайність Всесвіту, яка підготувала вчення Бруно і за яку його було спалено, вважається однією з основних результатів наукової революції. Він є автором математичних трактатів, одним з попередників космології Коперника і дослідного природознавства. Ідея про безкрайність Всесвіту була висунута одним з видатних представників неоплатонізма Миколою Кузанським (1401–1464 рр.) за сто років до Коперника.

Так само своєрідне поняття «інерціального» руху планет було запропоноване ще у XIV ст. Миколою Оремом (1325–1382 рр.). Він – видатний представник Паризької школи, розвинув окремі ідеї Мертонського коледжу Оксфордського університету. Зокрема, ідея Томаса Брадвардіна (1290–1349 рр.) про введення поняття миттєвої швидкості, спроби введення загальної міри для колового і прямолінійного руху та доповнення цим «інерціального» руху планет. Але і такі ідеї не дали будь-яких істотних висновків, які можна було б порівняти з тими, що проголосив Галілей.

Історію науки XVII ст. правильно було б поділити на три періоди (етапи). Перший період розпочався в середині XVI ст. і продовжувався приблизно за першу третину XVII ст. Наступний період умовно можна назвати серединою розвитку науки. Цей період – всього декілька десятиліть. І, нарешті, останній період. Він продовжується з другої половини XVII і до XVIII століття. Умовно приймемо, що перший період збігається з життям Галілея. Другий – з життям Декарта. Третій – з життям Ньютона.

## Коперник

Для першого періоду наукової революції, яку ми розглядаємо, характерним є руйнування старої системи Всесвіту, основою якою була фізика Аристотеля і птоlemeївська кінематика небесних рухів. Початок цього періоду – 1543 р. – рік видання книги польського мислителя і вченого Коперника «Про обертання небесних сфер».

Як формувався вчений, який вчення Аристотеля і Птолемея про Всесвіт проголосив помилковим? За підтримку думки польського вченого церква переслідувала сміливців. Більше того, за це заточували до в'язниці, а інколи і страчували.

Після закінчення факультету мистецтв Краківського університету Коперник став студентом юридичного факультета Болонського університету з відділеннями громадянського і канонічного, тобто церковного, права. Саме у Болоньї проявився у нього інтерес до астрономії, що і визначило його наукові інтереси. Тут він разом з астрономом Доменіко Новарау 1497 р. провів перше своє наукове спостереження. Допитливому Копернику стало зрозумілим, що відстань до Місяця, коли він знаходиться у квадратурі, приблизно така ж сама, як і тоді, коли на небі новий (молодий місяць), або повний місяць. Невідповідність теорії Птолемея виявленим фактам вимусила його задуматись. Після річного перебування у Польщі Коперник знову в Італії, де у Падунському університеті вивчає медицину, а згодом – в університеті Ферари отримує ступінь доктора богослів'я. На батьківщину він повернувся у 1503 р. добре освіченою людиною. Досконало оволодів грецькою мовою. Зробив переклад декількох творів з грецької на латинську мову. Астрономічні спостереження, що початі ним в Італії, були продовжені з винятковою інтенсивністю у Фромборці, невеличкому рибацькому містечку, де в місцевому соборі він займав посаду каноника, і в одній з веж створив обсерваторію. Основою висновків Коперника, що викладені у 1516 р. у "Малому коментарі", він дав попередні викладки свого вчення, точніше, тоді ще тільки гіпотез. Дослідник поки що не давав в ньому математичних доказів, оскільки вони призначались для більш об'ємного твору.

Після трьох років роботи на посаді керуючого володіннями капітула Коперник знову повертається до собору, але війна з хрестоносцями знову повертає його до державних справ. На цей раз він обирається адміністратором капітулу. Бере на себе командування невеличким гарнізоном Ольшина, приймає заходи до укріплення оборони замка-фортеці, проявляє турботу про встановлення гармат, створення запасів боєприпасів, продовольства і води. У Коперника

виявились рішучість і неабиякий військовий таланти. Ольтшани були захищені від ворога. Особиста мужність Миколи Коперника була помічена, і він призначається комісаром Вармії, згодом – генеральним адміністратором цього адміністративного району. У 1523 р. він вже канцлер капітула. І лише у 1530 р. його адміністративна діяльність звузилась. І все ж на 20-і роки припадає значна частина результатів астрономічних спостережень Коперника. Вже до початку 30-х років робота над створенням нової теорії та її оформлення у праці "Про обертання небесних сфер" були в основному завершені. Розрахунки Коперника привели його до важливих самостійних рішень у галузі плоскої та сферичної тригонометрії і врешті-решт – до створення концепції геліоцентричної системи Всесвіту.

До цього відкриття польського вченого майже півтори тисячі років проіснувала система побудови світу, запропонована старогрецьким філософом Клавдієм Птолемеєм. Згадаємо: вона полягала в тому, що Земля нерухома знаходиться у центрі Всесвіту, а Сонце та інші планети обертаються навколо неї. Теорія Птолемея не давала можливості пояснити багато явищ, добре відомих астрономам, зокрема петлевидний рух планет по видимому небозводу. Але її положення вважались недоторканими, оскільки добре узгоджувались з ученням католицької церкви.

Коперник прийшов до висновку, що теорія Птолемея невірна. Вона дуже заплутана і складна. Прийняття ним геліоцентричної системи Всесвіту значно спростило небесну механіку. Стверджувало уявлення про те, що Земля, як і інші планети Сонячної системи, обертається навколо Сонця. Воно є центральним тілом планетної системи. Просте пояснення отримали складні траєкторії планет і Землі. Коперник визнав, що Земля обертається навколо Сонця, але в той же час вважав, що зірки нерухомі і знаходяться на поверхні величезної сфери, на великій відстані від Землі. Вчений-дослідник не мав потужних телескопів, за допомогою яких можна було б спостерігати небо і зірки. Таким чином, Коперник знайшов формальну істину для Землі. Але разом з цим не зміг повністю розірвати з теорією Птолемея, незважаючи на те, що остання входила у суперечність з його основними положеннями.

У 20-і роки Коперник здобув слави умілого лікаря. Знання, які він отримав у Падуї, поповнювались ним протягом всього життя. Він регулярно знайомився з новинками медичної літератури. Коперник зміг багатьох пацієнтів вилікувати від важких і невилікованих хвороб. Серед його пацієнтів були високопосадові особи Королівської і Герцогської Прусії, багато каноників Вармійського капітулу.



У травні 1542 р. у Віттенберзі вийшла з друку його книга «Про сторони і кути трикутника як плоских, так і сферичних» з додатком докладних таблиць синусів і косинусів. Вчений не дожив до того часу, коли його твір «Про обертання небесних сфер» розповсюдився по всьому світу. Він вже помирав, коли друзі принесли йому перший примірник книги, що надрукована в одній з друкарень Нюрнберга. Але і з виданням книги польського ученого геліоцентрична система світу не зразу була визнана. Для її ствердження потрібні були досліді Кеплера і Галілея, впровадження нового в шкільну освіту, виховання з дитинства в душі незрозумілих для емпіричного знання уявлень. Католицька церква одразу не надала значення революційним поглядам у науковій праці Коперника. В 1616 р. (через 73 р. після видання його твору) книгу «Про обертання небесних сфер» було занесено до Індексу заборонених книг. Заборона відмінена лише через 212 р. (1828 р.).

## Кеплер

Після смерті Коперника на основі його системи світу астрономи почали складати таблиці руху планет. Вони краще узгоджувались зі спостереженнями, ніж попередні таблиці, що видавались ще з використанням системи Всесвіту за Птолемеєм. Але згодом астрономи вивчили розбіжності і цих таблиць з даними спостережень руху небесних тіл. Для вчених з передовим світоглядом було очевидним, що вчення Коперника правильне, але треба глибше дослідити і виявити закони руху планет. Це завдання вирішив німецький вчений Іоганн Кеплер на початку XVII ст.

Кеплер – видатний астроном і математик, сучасник Галілея. Народився у бідній німецькій сім'ї. У Тюбінгенському університеті професор астрономії і математики М.Мьостлін ознайомив його з геліоцентричною системою Всесвіту Коперника. Сам Мьостлін був прихильником цього вчення. Але студентам на лекціях пояснював геоцентричну систему Птолемея, в яку сам не вірив. На відмінність від Мьостліна, Кеплер не приховував своїх поглядів і переконань. Відкрита пропаганда вчення Коперника привернула до нього увагу і ненависть місцевих богословів. Ще до закінчення університету, у 1594 р., його посилають працювати викладачем математики у протестанське училище невеличкого міста Граць, столицю австрійської провінції Штірії. (Кеплер гадав, що після закінчення університету він займе духовну посаду).

Кеплер був твердо переконаний, що існує зв'язок між космосом і окремою особою. В зв'язку з цим він писав: «Те, що небо якимсь чином впливає на людину, є очевидним, але залишається невідомим, як саме це проявляється». Його не залишала думка про

перевагу системи Коперника над системою Птолемея. Кеплера займали три речі, причину яких він намагався з'ясувати: число, розміри і рух небесних тіл, чому вони саме такі, а не інші. Філософи Стародавньої Греції думали, що коло – це найдосконаліша геомертична форма. А якщо так, то і планети повинні рухатись тільки по правильним колам.

Внаслідок роздумів Кеплер приходив до висновку: навіщо уявляти всі рухи планет у площині, якщо орбіти тримірні? Внаслідок таких роздумів він викладає свій висновок так: орбіта Землі є мірою усіх предметів. З часів Платона було відомо п'ять правильних многогранників. Вони і були використані Кеплером. Він розмірковував таким чином: опишу навколо Землі додекаedr (дванадцятигранник) і коло, яке його містить, буде орбітою Марса; опишу навколо Марса (його орбіти) тетраedr (чотиригранник) і коло, що його містить, буде Юпітером; опишу навколо Юпітера куб (шестигранник) і коло, що його містить, буде Сатурном. Тепер опишу в орбіту Землі ікосаedr (двадцятигранник) і коло, що його містить, буде Венерою; опишу всередину Венери (її орбіту) октаedr (восьмигранник) і коло, що його містить, буде Меркурієм. У XVII ст. було відомо тільки шість планет (Уран відкритий наприкінці XVIII, Нептун – у XIX, а Плутон – тільки у XX ст.). Шість планет визначають п'ять проміжків, які, в свою чергу, відповідають п'яти правильним многогранникам.

З приводу своїх міркувань Кеплер писав, що йому пощастило. Він був дуже радий від завершення такої роботи. Дні і ночі дослідник проводив за розрахунками з метою впевнитись у тому, що коперниківські орбіти відповідають його уявленню. Протягом декількох днів Кеплер слідкував за тим, як одне за одним небесні тіла займають точно визначене їм місце серед інших планет. У 1596 р. усі свої міркування вчений виклав у невеликій книзі під назвою «Передвісник космографічних компонувань, який містить космографічну таємницю відносно дивовижних відносин між небесними орбітами, а також справжні і належні підстави для їх Числа, Величини і Періодичних видань». «Космографічна таємниця» була для Кеплера необхідним етапом на шляху до його знаменитих законів.

Незважаючи на те, що праця Кеплера була ще зразком схоластичного, квазінаукового мудрування, вона принесла автору популярність. Знаменитий датський астроном-спостерігач Браге, який скептично поставився до схеми Кеплера, віддав належне самостійності мислення молодого вченого, знанню ним астрономії, мистецтву і наполегливості в обчисленнях і висловив бажання зустрітись з ним. Зустріч, що відбулася пізніше, мала виняткове значення для подальшого розвитку астрономії.

Початок XVII ст. знаменний двома подіями в історії науки. Одна з них приголомшила цивілізовану Європу і на всі часи залишилась символом боротьби мракобісся зі знанням, старого з новим. 17 лютого 1600 р. у Римі на Площі Квітів спалено на полум'ї Джордано Бруно – філософа і письменника, полум'яного пропагандиста вчення Коперника. Друга подія залишилась непомітною для сучасників. 1 січня того ж року мало кому відомий викладач математики протестанського училища у Німеччині Кеплер приїздить у Прагу на запрошення для зустрічі з видатним датським вченим Браге.

Хто ж такий Браге? Він вимушений був залишити свою батьківщину – Данію і побудовану ним там обсерваторію, де протягом чверті століття вів астрономічні спостереження. Ця обсерваторія була оснащена кращими вимірювальними приладами, а сам Браге був умілим спостерігачем. Коли датський король залишив Браге без коштів на утримання обсерваторії, він поїхав у Прагу. Браге з зацікавленістю ставився до вчення Коперника. Він висував таке пояснення будови світу: планети є супутниками Сонця, а Сонце, Місяць і зірки – тілами, що обертаються навколо Землі. Таким чином за останньою зберігалось положення центра Всесвіту.

Браге запропонував Кеплеру роботу свого помічника для спостережень за небом і астрономічних обчислень. Так почалось плідне співробітництво двох природодослідників, яке привело до створення нової астрономії. І чи міг хто-небудь тоді уявити, що це прокладає шлях потужному інтелектуальному зльоту, який завершиться в 1687 р. виданням Ньютоном «Математичних принципів натуральної філософії».

У наукових питаннях у Браге і Кеплера не було згоди. Браге не визнавав вчення Коперника. Він не сприймав його основного положення (обертання Землі навколо Сонця). Намагався зберегти єдність розуміння, прагнув покращити теорію епіциклів.

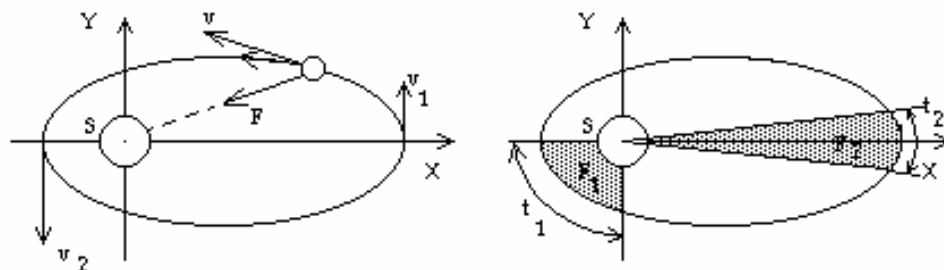
У 1601 р. Браге помер, і Кеплер займає місце математика і астронома при імператорському дворі Рудольфа II. Він ніколи не міг добитися того, щоб йому акуратно виплачували заробіток на новій посаді (мабуть заради заробітку коштів для прожитку займався астрологією, в яку, швидше всього, не вірив). Але Кеплер не залишив роботи, оскільки вона надавала йому можливість користуватись величезним матеріалом довголітніх астрономічних спостережень Браге, який залишився в рукописах останнього. За їх допомогою Браге прагнув знайти закони небесної механіки і скласти зоряні таблиці. Кеплер почав вивчати, опрацьовувати безцінний матеріал. Працюючи над ним, зробив чудове відкриття: вивів закони руху планет, які стали основою теоретичної астрономії. Це було вагомим

внеском у підтримку ідеї польського вченого Коперника про геліоцентричну схему Всесвіту.

Узагальнивши дані спостережень Браге, Кеплер одержав відомості, з яких і народжуються його закони. Показники вимірів Браго показували, що планети рухаються нерівномірно. Це вимусило Кеплера відмовитись від освяченого тисячоліттями уявлення про рівномірний рух планет по коловим орбітам. Шляхом обчислення він довів, що планети рухаються не по колах, а по еліпсах - замкнутим кривим, форма яких відмінна від форми кола.

При розв'язанні даної задачі Кеплер зустрівся з випадком, який, власне кажучи, методами математики постійних величин не міг бути вирішений. Справа зводилась до обчислення площі сектора ексцентричного кола. Якщо цю задачу перевести на сучасну математичну мову, прийдемо до еліпсистичного інтегралу. Дати розв'язок у квадратурах, Кеплер, природно, не міг, але він не відступав перед труднощами, які виникли перед ним, і розв'язав задачу шляхом підсумовування нескінченно великого числа «актуалізованих нескінчених малих». Цей підхід до розв'язання важливої і складної практичної задачі являв собою в новий час перший крок до передісторії математичного аналізу.

Перший закон вченим викладено так: Планети рухаються по еліпсах, в одному з фокусів якого знаходиться Сонце. З цього виходить, що відстань планети від Сонця не завжди однакова. Кеплер виявив, що швидкість, з якою рухається планета навколо Сонця, також не завжди однакова. Підходячи до Сонця, планета рухається швидше, а відходячи від нього – повільніше. Ця особливість у русі планет складає другий закон Кеплера: лінія, що поєднує Сонце і планету, за рівні проміжки часу описує рівні площі. При цьому Кеплер розробляє принципово новий математичний апарат, роблячи важливий крок у розвитку математики змінних величин.



*До першого закону Кеплера      До другого закону Кеплера*

Обидва закони Кеплера стали надбанням науки. Незважаючи на те, що Ватикан переслідував учення Коперника, математику взагалі, як «творіння диявола», Кеплеру все ж пощастило опублікувати в 1609 р. свої два закони в книзі «Нова астрономія» – викладення основ нової небесної механіки. Вихід цього чудового

твору не відразу привернув до себе увагу. Навіть Галілей, імовірно, до кінця свого життя не сприйняв законів Кеплера. Роботи Кеплера над створенням небесної механіки відіграли важливу роль у ствердженні і розвитку вчення Коперника. Ним було підготовлено ґрунт і для подальших досліджень, зокрема для відкриття Ньютоном закона всесвітнього тяжіння. Закони Кеплера і зараз зберігають своє значення: навчившись враховувати взаємодію небесних тіл, вчені їх використовують для розрахунків рухів природних небесних тіл, але, що особливо важливо, і штучних, таких як космічні кораблі, свідками появи і удосконалення яких є ми самі.

Потреби астрономії стимулювали подальший розвиток обчислювальних засобів математики і їх популяризації. У 1615 р. Кеплер видав порівняно невеличку за обсягом, але змістовну книгу – «Нова стереометрія діжок з-під вина». Тут він продовжив розробку своїх інтеграційних методів і застосував їх для знаходження об'ємів понад 90 тіл обертання, інколи досить складних. Там же ним були розглянуті і екстремальні задачі, що підводило вже до другого розділу математики нескінченно малих – диференціальному обчисленню.

Необхідність удосконалення засобів астрономічних обчислень, складання таблиць рухів планет на основі системи Коперника залучили Кеплера до питань теорії і практики логарифмів. Натхнений роботами Непера, Кеплер самостійно побудував теорію логарифмів на суто арифметичній базі і за її допомогою склав більш точні, ніж Непер, логарифмічні таблиці. Вперше вони видані у 1624 р. і перевидані у 1700 р. Кеплер і першим застосував логарифмічні обчислення в астрономії. «Рудольфінські таблиці» планетних рухів він зміг завершити завдяки новому засобу обчислення.

Зацікавленість вченого кривими другого порядку і проблемами астрономічної оптики привела його до розробки загального принципу неперервності – своєрідного евристичного прийому, який надав можливість знаходити властивості одного об'єкту через властивості другого, якщо перший виходить граничним переходом з другого. В книзі «Додатки до Вітелло, або Оптична частина астрономії» (1604 р.) Кеплер, вивчаючи конічні перерізи, інтерпретує параболу або еліпс з нескінченно віддаленим фокусом – це перший в історії математики випадок застосування загального принципу неперервності. Уведенням поняття нескінченно віддаленої точки Кеплер зробив важливий крок на шляху до створення ще одного розділу математики – проективної геометрії.

Все життя Кеплера – це відкрита боротьба за вчення Коперника. Католицька церква переслідувала його і як проповідника вчення Коперника, і як протестанта. Йому доводилось часто міняти місце проживання, переносити великі труднощі. У 1617–1621 рр.,

коли книга Коперника вже була внесена Ватиканом до «Індексу заборонених книг», він видає приблизно обсягом у 1000 сторінок «Нариси коперніківської астрономії». Сонце там займає місце, вказане Коперником, а планети, Місяць і незадовго до того відкриті Галілеєм супутники Юпітера, обертаються за законами, що відкриті Кеплером. Це був фактично перший підручник нової астрономії. Видано його в період жорстокої боротьби церкви з революційним ученням, в той час, коли вчитель Кеплера Мьостлін, коперніканець за переконанням, видав підручник астрономії за Птолемеєм.

У 1618 р. Кеплер публікує книгу «Гармонія світу». До перших двох законів він додає третій. Виявилось, що квадрати періодів обертання будь-яких двох планет відносяться між собою як куби їх середніх відстаней від Сонця.

Уся важливість законів Кеплера стала зрозумілою через 60 років, коли Ньютон зробив з них висновки, що привели його до встановлення законів тяготіння.

Історія науки і техніки – це не лише боротьба ідей. Це боротьба, як показує приклад з Кеплером, за право жити і працювати. Навіть після смерті вченого 73 томи його астрономічних таблиць були занесені до «Індексу заборонених книг» ще до виходу їх у світ.

Після відкриття законів руху планет вони цілком з наукових міркувань залишилися поза увагою великих вчених і філософів XVII ст. Представники механістичного світогляду їх не визнавали. Не визнавав їх і Декарт, і картезіанці лише тому, що для пояснення відкритих Кеплером законів вони спроможні були висунути тільки небесних духів, які доцільно рухають світила у небесному просторі. Кеплер вважав, що джерелом сили, яка рухає планети, є Сонце. Він, імовірно, наблизився до формулювання поняття «гравітаційної маси», «ваги». Цей вирішальний крок зробив Ньютон.

Кеплеру належать також важливі результати і в оптиці. Розроблена ним оптична схема рефрактора вже до 1640 р. стала основною в астрономічних спостереженнях.

Кеплер розумів, що його твори мають цінність. Тому він писав з цього приводу, що йому всерівно, хто їх буде читати: люди теперішнього чи майбутнього покоління. І додавав, що господь Бог чекав шість тисяч років для того, щоб хто-небудь зайнявся спогляданням його творінь.

Оцінюючи значення робіт Кеплера, вчені назвали його «законодавцем неба», оскільки саме він з'ясував ті закони, за якими здійснюється рух небесних тіл у сонячній системі.

### **Галілей**

Його ім'я увійшло в історію світової науки не лише як послідовника мислителя епохи Відродження Джордано Бруно. Він є

одним з найвидатніших вчених цієї епохи в галузі фізики, астрономії, математики. Галілея було названо «Архімедом нового часу».



*Дослід Галілея з тілом,  
яке вільно падає*

Від Галілея свій початок бере фізика, як наука. Людство зобов'язане йому формулюванням двох принципів. *Перший* – відомий галілеєвський принцип відносності для прямолінійного руху. *Другий* – принцип сталості прискорення сил тяжіння. У наступному, спираючись на перший принцип, Ньютон прийшов до усвідомлення інерціальної системи відліку. Другий принцип Галілея, що пов'язаний з вільним падінням тіл, допоміг Ньютону сформулювати

поняття “інертної і важкої маси”.

Усе, що зроблено до нього в науці, являє собою тільки її передісторію. А.Ейнштейн і Л.Інфельд з цього приводу відзначали, що спроби прочитати велику повість про таємниці Природи так само старі, як і саме людське мислення. Тільки понад три століття тому вчені почали розуміти мову цієї повісті. З часів Галілея і Ньютона читання повісті рухалось швидко. Найфундаментальніша проблема, що протягом тисячоліть залишалась нерозв'язаною, – це проблема руху. Вона була найскладнішою. Це перша керівна ідея сучасної науки, сучасного природознавства і вона належить Галілею. Його по праву треба назвати одним із засновників точного, або класичного природознавства. Роджер Бекон і Рене Декарт були теоретиками–методологами нового природознавства. Сподівання одного і другого органічно втілились у діяльності Галілея. Він писав: «Філософія написана у найвеличнійшій книзі, яка постійно відкрита нашим очам (я говорю про Всесвіт), не можна її зрозуміти, не навчившись спочатку розуміти мову і відрізнити знаки, якими вона написана. Написана ж вона мовою математики, і знаки її суто трикутники, кола та інші математичні фігури». Саме мовою математики а ще експеримента намагався він читати «велику книгу природи». Галілей роздівав світ, коли писав, що не треба від зовнішніх тіл вимагати чого-небудь іншого, ніж величини, фігури, кількості і більш або менш швидкого руху. Будучи присутнім у храмі серед прихожан, які молились, він помітив у коливаннях люстри певну математичну закономірність. Його думка у цей час була далеко і від Бога, і від місця події, і від призначення предмету, який коливався і перетворився в абстрактну точку, що описує певну криву в абстрактному просторі.

Галілей у 17 років вступив до Пізанського університету і став готувати себе до професії лікаря. Так бажали його батьки. Медицина зацікавленості у нього не викликала. Захопився геометрією, механікою, фізикою, астрономією. Перечитав твори Архімеда, Євкліда і Аристотеля. Чим ближче Галілей знайомився з творами Аристотеля, тим більше сумніву з'являлось у нього з приводу вчення грецького філософа. Остаточно визначились інтереси Галілея. Він залишив Пізанський університет і оселився у Флоренції. В 1586 р. написав свою першу наукову роботу «Маленькі гідростатичні ваги», де описав спосіб визначення складу сплавів металів на основі використання гідростатичних терезів і дав методи обчислення центру ваги тіл різної форми. Ця праця принесла йому популярність і надала можливість познайомитись з деякими вченими. Завдяки протекції він очолив кафедру математики в Пізанському університеті, став професором. Галілей викладав студентам математику і астрономію, цілком зрозуміло, за Птолемеєм.

До Галілея в науці загальноприйнятою точкою зору була та, згідно з якою швидкість руху тіла тим більша, чим більша сила на нього діє. Якщо вона перестає діяти, то тіло зупиняється. Це положення було чітко сформульоване Аристотелем і на перший погляд не викликає сумніву. Галілей серією дослідів довів помилковість ствердження грецького вченого. Він проводить дослідження, кидаючи різні тіла з похилої Пізанської вежі. Так він перевіряв відповідність вчення Аристотеля – важкі падають швидше, ніж легкі. У роботі «Про рух» (1590 р.) Галілей критикує аристотелівське вчення про падіння тіл.

Замість аристотелівської точки зору – тіло рухається тільки при наявності зовнішньої на нього дії - Галілей увів новий принцип, який відрізнявся від першого. Ось його формулювання: якщо на тіло не здійснюється ніякої зовнішньої дії, то воно або знаходиться у стані спокою, або рухається прямолінійно з постійною швидкістю. У зв'язку з цим відкриттям Галілея А.Ейнштейн і Л.Інфельд писали, що використання ним методів наукового міркування було одним з найвидатніших досягнень в історії людської думки. Цим зроблено початок фізики. Це відкриття вчить нас тому, що індуктивним висновкам, які базуються безпосередньо на спостереженні, не завжди треба довіряти, тому що вони інколи є хибними.

Ретельно продуманий експеримент, відділення другорядних факторів від головного в явищі, яке вивчав Галілей – одна з істотних сторін його практичного методу. За допомогою цього методу вчений заклав початкові основи динаміки, вивчав закони вільного падіння, руху тіл на похилій площині, тіла, яке кинуте під кутом до горизонту.



Падунський період роботи Галілея, куди він переїхав, очоливши кафедру математики у місцевому університеті - найплідніший і найщасливіший в його житті. Тут він створив сім'ю. Розпочав заняття астрономією, в якій величезна його заслуга. Він збагатив прикладну оптику своїм телескопом. «Астрономічні окуляри», які ним винайдені, одразу ж завоювали популярність серед європейських монархів і вчених. У 1608 р. він довідався про винахід у Голландії зорової (підзорної) труби. Власноручно сконструював і побудував першу зорову трубу – оптичну систему з випуклих і увігнутих лінз, спрямував її на небо і розпочав систематичні астрономічні спостереження. Удосконалив цей прилад і, як сам відзначав, він виявився настільки чудовим, що за його допомогою предмети здавались майже у тисячу разів більші і понад тридцять разів ближче, ніж при спостереженні звичайно без труби. За допомогою свого винаходу Галілей встановив, що на Місяці, як і на Землі, є «гори» і «моря». На Сонці він виявив «плями» і те, що воно обертається навколо своєї осі. Галілей невтомно рекламував у вищих колах свій варіант досить потужного на той час телескопа і одночасно проводив перші телескопічні спостереження, вивчаючи супутники фази Венери і супутники Юпітера, сонячні плями і побудову поверхні Місяця. Так званими “експериментарними ударами” він “поражав” парепатетиків і теологів про досконалість і незмінність неба, про протипоставлення земного і небесного. Виявив, що Молочний Шлях це не «туманність», як стверджував Аристотель, не світла дорога до раю, як зазначалось у Святому Писанні, а скопичення багатьох зірок. За допомогою механіки він розробляє вчення Коперника і завдяки його зусиллям геліоцентрична система Всесвіту, до того мало відома, у першій половині ХУІІ ст. завойовує загальне визнання. Галілей налагодив виробництво телескопів, створив мікроскоп та деякі інші прилади, що допомагали йому робити астрономічні спостереження.

Спостерігаючи зоряне небо, Галілей впевнився, що кількість зірок набагато більша, ніж можна побачити без телескопа. Так ним було підтверджено думку Джордано Бруно, що простори Всесвіту нескінченні і невичерпні. Його відкриття підтверджували правильність вчення Коперника, помилковість системи Аристотеля і Птолемея, сприяли ствердженню геліоцентричної системи Всесвіту, розвитку наукового світогляду. Телескопічні відкриття Галілея були зустрінуті багатьма з недовірою, навіть вороже. Про своє відкриття Галілей описав у 1610 р. у «Зоряному віснику» за 12 березня.

Цей твір ще більше популяризував ім'я Галілея в Європі, зробив його знаменитим. Він зробив спробу поїздок зі своїми інструментами по головних містах Італії, щоб показати всім те, що бачив сам. Йому запропоновано посаду придворного математика у

Тосканського герцога Козімо II Медічі і він повертається до Флоренції, де народився. Маючи такого покровителя, Галілей сміливіше починає пропагувати вчення Коперника. До його думки прислуховуються. Служителі церкви стурбовані небезпекою богословом, оскільки думки Галілея суперечать Святому Писанню.

«Зоряний вісник» з викладками і висновками астрономічних спостережень одержав у Празі і Кеплер. Він дав високу оцінку спостереженням Галілея і з цього приводу висловив свою точку зору у творі «Роздуми про «Зоряний вісник». Галілей листувався з Кеплером. Коли він одержав у подарунок книгу «Нова астрономія», то не забарився з відповіддю. Галілей написав у листі, що він із задоволенням прочитає книгу. Поділяє погляди і давно став прихильником учення Коперника. Про все це написано, але він боїться публікувати свої праці. Його страшить доля Бруно.

Кеплер одразу ж дав відповідь на лист Галілея. Підтримав його і запевнив, що коли у того є перешкоди з виданням праць в Італії, то це можна здійснити в Німеччині. Кеплер просив Галілея сповіщати все, що є у того на захист учення Коперника. Італійський вчений продовжує пропагувати ідею польського астронома. До його думки прислуховуються інші вчені. В 1616 р. інквізиція викликала Галілея до Риму для звіту про його роботи, які мали протиаристотелівський характер. У наступному році, як вже згадувалось, Конгрегація Індeksu прийняла рішення про заборону книги Коперника «Про обертання небесних сфер» і віднесла його вчення до єретичних. Галілей не був згаданий у цьому рішенні, але воно торкалось і його діяльності. Він вимушений був відмовитись від публічної підтримки вчення польського мислителя.

У 1623 р. один з флорентійських друзів Галілея Барберіні був обраний папою під ім'ям Урбана VIII. Галілей отримує дозвіл на друкування свого твору «Ваги», де веде полеміку з іезуїтом Ораціо Грацці з приводу трьох комет, які з'явилися у 1617 р. Знаючи засудження католицькою церквою доктрини Коперника, Галілей не висловився на її захист, а не без деякої іронії запропонував відшукати третю космологічну систему.

Свою незгоду з рішенням Конгрегації Індeksu Галілей проявив виданням двох книг: «Бесіди і математичні докази стосовно нових галузей науки, що відносяться до механіки і місцевого руху»; «Діалог про дві системи світу – Птолемеєву і Коперникову». У 1630 р. ним було запропоновано на розгляд Папи Римського рукописний другий твір. У ньому співрозмовники обговорювали думки Птолемея і Коперника, не приходячи в результаті спору до якогось конкретного висновку. Ватикан заборонив друкування книги Галілея. До Урбана VIII з Іспанії кардиналом Гаспаром Борха було відряджено посланця

з “проханням” від короля Пилипа. Ймовірно, на це “прохання” Папа ухвалив зміст діалогу і він був надрукований у Франції у 1632 р.

У «Діалозі» Галілей довів безпідставність звинувачень на адресу польського вченого з боку церкви і розвіяв сумніви окремих вчених у правильності його учення. Сумніви вчених, в основному, зводились до того, що у випадку обертання Землі навколо своєї осі, або руху по орбіті навколо Сонця на її поверхні має виникнути ураганний вітер, спрямований у протилежний напрямку руху бік. Предмети, на їх думку, що підкинуті догори, мали б залишатись позаду, падати на поверхню Землі не на тому місці, де їх підкинули. Насправді нічого подібного не спостерігається. В них автор продовжує відстоювати правоту геліоцентричної системи Коперника. Церква викликає 69-річного хворого Галілея з Флоренції до Риму під загрозою, якщо той не приїде добровільно, то його привезуть у кайданах. Вченого посадили до в'язниці.



Суд над Галілео Галілеєм

Слідство велось з березня до червня 1633 р. 22 червня у тій же церкві, майже на тому ж місці, де смертний вирок слухав Бруно, Галілей на колінах прочитав запропонований йому текст відречення.

Легенда стверджує, що після відречення він піднявся на ноги і вигукнув: «А все-таки Земля вертиться!». Не міг він так зробити. Згадаймо, як він боявся висловлення своїх думок. Перед ним ще свіжою була картина страти Бруно. Після відречення Галілей був засуджений до тюремного ув'язнення. Папа Римський замінив його домашнім арештом.

Наукової діяльності Галілей не залишив. У 1637 р. він осліп. Помер 8 січня 1642 р. недалеко від Флоренції. У 1737 р. виконано останню волю вченого – його прах перевезли до Флоренції і поховали поряд з Мікеланджело. Католицька перква відмінила рішення про засудження Галілея тільки у 1979 р.

## Декарт

Другий етап наукової революції характеризується появою картезіанства і, як відзначалось, пов'язаний з ім'ям Рене Декарта (1596-1650 рр.). Декарт понад усе любив заняття математикою і філософією. Залишив військову службу і подорожував. Його філософські погляди знаходять численних прихильників, але викликають незадоволення ієзуїтів. Більшу частину свого життя він провів у Голландії, куди переселився в 1628 р. Тут він написав майже всі наукові праці. Переселення в Голландію було викликане тим, що там існували вільні установи. Тут визнано принцип віротерплячості. В Голландії Декарту подобався сам устрій життя діяльності народу, який, на відміну від Франції, «більше турбується про свої справи, ніж проявляє зацікавленість до чужих». У 1649 р. на запрошення своєї шанувальниці – королеви Швеції Христини приїхав у Стокгольм і почав давати їй уроки. Через рік помер від запалення легень. Через 16 років після смерті на вимогу французького уряду останки Декарта перевезені до Парижу і урочисто поховані в церкві Св'ятої Женев'єви – місці поховання праху всіх видатних осіб Франції.

Послідовники філософії Декарта, погляди якого збігались з поглядами Галілея на побудову Всесвіту, переслідувались Ватиканом аж до кінця XVII ст. Серед основних творів вченого варто виділити наступні: «Правила для керівництва розуму» (1628 р., видано 1701 р.), «Трактат про світло» (1633 р., видано 1664 р.), «Міркування про метод» (1637 р.). «Метафізичні міркування про першу філософію» (1644 р.), «Пристрасті душі» (1649 р.). У 1669 р. твори Декарта були занесені Ватиканом до Індексу заборонених книг.

Механіка Декарта невід'ємна від його філософських поглядів. Він прагнув до глобального пояснення Всесвіту. Висловлював незадоволення з приводу спроб вчених, які намагались розв'язувати часткові проблеми і залишали осторонь фундаментальні основи науки. Саме тому Декарт войовничо і критично ставився до Галілея за те, що той орієнтував свою діяльність на розв'язання часткових проблем, не торкався першопричин у Природі, шукав причини тільки обмежених явищ і, таким чином, зводив будинок без фундаменту. Своїми підходами до пояснення Природи Декарт намагався зробити не менше, ніж це було зроблено Аристотелем. У дійсності воно так і було. Його філософська система – не ескіз Кеплера, виконаний у невдалих спробах знайти гармонію світу, і не галілеєвські уривчасті відкриття і правила. Ідеї Декарта всеохоплюючі, і ними пояснюється як цілісність Всесвіту, так і частковість від його побудови до конкретних фізичних явищ.

Механіка Декарта побудована на математичному описі картини світу і викладена у трьох його основних творах: трактаті «Світ», який залишився неопублікованим за життя автора; у книгах «Міркування про метод» і «Начала філософії». У цих працях Декарт сформулював

закони, якими можна пояснювати взаємодії часток матерії. Вчений дає їм визначення правил. Що ж це за правила?

Перше правило полягає в тому, що кожна матерія відокремлено завжди продовжує зберігати один і той же стан до тих пір, доки зустріч з іншими частками не вимусить її змінити цей стан. На перший погляд правило Декарта і не схоже на закон механіки. Але в дійсності воно є ним у філософській трактовці. Його автор робить з нього конкретні висновки: якщо частка має певну величину, то вона ніколи не зробиться меншою, поки її не поділять інші частки; якщо ця частка кругла або чотирикутна, то вона ніколи не змінить цієї форми, не будучи вимушеною до цього іншими частками. І, нарешті, Декарт стверджує, що якщо частка зупинилась у якому-небудь місці, то вона не залишить його до тих пір, доки інші її звідти не виштовхнуть; і якщо вона почала рухатись, то продовжує цей рух стало і з рівною силою доти, доки не зупинять, або не затримають її руху. Це ствердження чудове тому, що являє собою *закон інерції*. Крім того, введення виразу «стан» однаково може використовуватись і для випадку спокою, і для випадку руху. Декарт підкреслює всесильність цих двох станів.

У «Началах», опублікованих майже п'ятнадцять років після написання Декартом трактату «Світ», він уже прямо називає свої правила законами Природи. Його перший закон збігається з першим правилом з трактату, а другий гласить: «Кожне тіло, яке рухається, намагається продовжити свій рух по прямій». І при цьому підкреслює: «Кожна частина матерії намагається продовжувати свій рух не по кривій, а виключно по прямій, хоча деякі з цих часток бувають вимушені від неї відхилитись, зустрічаючи на своєму шляху інші частки».

Отже, закони інерції у Декарта в повному обсязі. Либонь запальність Ньютона стримала його від того, щоб віддати належне Декарту за викладене ним у «Началах». Декарт дав і механічне пояснення закону збереження кількості руху. Він увів до вживання поняття *кількість руху* –  $mv$ . Цей факт замовчувався творцями нової науки і, насамперед, Ньютоном. Англійський вчений використовував це поняття дуже часто, але ні разу не згадав про його картезіанське походження.

Відкриття Декартом двох фундаментальних законів – закону інерції та закону збереження кількості руху істотно вплинуло на наступний розвиток науки. І це незважаючи на те, що окремі положення (наприклад, теорія удару) Декарт трактував помилково. Важко перелічити математичні дослідження Рене Декарта. Усі вони пов'язані з його роботами з філософії та фізики. Раціоналізм Декарта залишив у спадщину майбутньому такі поняття, як “*змінна величина*” і “*функція*”. Двоякий образ змінної величини (пряма

виступає як змінна довжини і сталого напрямку), обумовив взаємопроникнення геометрії і алгебри. Це поняття є в основі розробленого Ньютоном і Лейбніцем *диференціального і інтегрального обчислення*. Алгебра Декарта має один елемент – лінійний відрізок.

Від’ємні числа у Декарта одержали реальне тлумачення у вигляді спрямованих координат. Він увів загальноприйняті тепер для використання величин  $(x, y, z, \dots)$  і буквених коефіцієнтів  $(a, b, c, \dots)$ , а також ступенів  $(x^3, a^5, \dots)$ . Запис формул у Декарта майже не відрізняється від сучасних. Велике значення для формулювання загальних теорем алгебри має запис рівняння, за яким в одній з його частин стоїть нуль. Є ще багато формулювань алгебри, які збереглись до сьогодні. В аналітичній геометрії основним досягненням Декарта є створений ним метод прямолінійних координат. Він заклав основи аналітичної геометрії. Відкриття Декартом аналітичної геометрії мало не тільки велике значення для математики, в історії якої воно склало цілу епоху, але і для природничих наук, взагалі для широкого кола знань, які мають справу з точними величинами.

Майже 150 років алгебра і аналітична геометрія розвивались переважно в напрямках, визначених Декартом. Дуже важко охарактеризувати все коло питань, які розроблені цим вченим і вплинули на формування наукового світогляду.

Якщо говорити про фізику, то раціоналізм Декарта започаткував нову епоху в науці, культурі, своєрідний характер мислення. Розум пояснює усю сукупність фактів законами руху і взаємодії тіл. При цьому, на думку Декарта, картина Всесвіту, що сконструйована логічно на основі невеликої кількості вихідних постулатів, є однозначним, абсолютно точним і в цьому розумінні кінцевим відображенням реального світу. В фізиці Декарта вихідна реальність – *Природа*, в якій немає нічого за винятком рухомої матерії. З точки зору картезіанства, дієвість розуму і його претензії на суверенітет обґрунтовуються здатністю створити картину, що адекватна цій дійсності.

У сучасній науці поряд з індуктивним методом широко використовується і метод дедукції. Суть його полягає в тому, що з невеликого числа загальних принципів виводяться часткові висновки. Незважаючи на те, що цей метод народився ще у Давній Греції, саме Декарт вперше детально обґрунтував його по відношенню до природознавства. Декарт не заперечував і індукції. Він добре розумів велике значення досвіду як засобу пізнання і критерія істини: «Я буду відтепер рухатись у пізнанні природи швидше чи повільніше, в залежності від того, наскільки я готовий здійснювати досліди. Дослід дає мені необхідний матеріал для

вихідних посилань, він же дає перевірку правильності зроблених висновків».

## Ньютон

Третій період історії науки XVII ст., як вже відзначалось, пов'язаний з життям Ісаака Ньютона. Для нього вчення Декарта не було апостолом кінцевої істини. Саме тому він є генієм в історії науки. Ньютон, даючи

пояснення своїм досягненням, писав, що він бачив далі своїх попередників тільки тому, що стояв на їх плечах. Хто ж ці гіганти? Безперечно Кеплер, Галілей, Коперник, Леонардо да

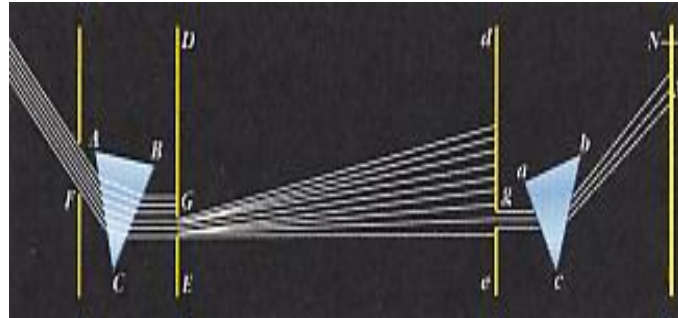


Схема досліду Ньютона з призмою

Вінчі і, як вже відомо, Декарт. «Спираючись» на їх плечі, Ньютон залишив спадщину в самих різних галузях науки: в оптиці, астрономії, математиці. Але найголовніше, що золотими літерами вписано в історію і прославило його ім'я, – створення основ механіки, відкриття закону всесвітнього тяжіння і розробка на цій основі теорії руху небесних тіл. Ним створена корпускулярна теорія світла, відкрито спектральний склад сонячного світла. Будь-якого зі згаданих досягнень досить для того, щоб його ім'я попало в енциклопедію. Ньютон винайшов і побудував дзеркальний телескоп. І не можна не погодитись зі словами, які викарбовані на його могилі: «Нехай радіють смертні, що існувало таке прикрашення роду людського».

Для телескопів Ньютон сам шліфував скельця. Виявилось, що скельця зі сферичною поверхнею не дають чітких зображень предметів. Декарт доводив обчисленнями, якщо скельцям надати інших форм, то можна звести всі промені, що вийшли з однієї точки, в одну ж точку. Ньютон намагався виготовити таке скло, але не знайшов у ньому переваги перед сферичним. Він підозрював, що існує інше джерело нечіткості зображення. Дослід з призмою, з яким знайомлять ще в школі, підтвердив здогадку вченого. Коли Ньютон встановив складність білого променя, то зрозумів, що в ньому і міститься головна причина нечіткості зображень, які давали сферичні лінзи. Вчений прийшов до висновку, що цей недолік не можна здолати, відказався від телескопів зі скельцями і почав використовувати дзеркала. Так, у 1671 р. він власноручно виготовив перший рефлектор (відбивний телескоп). Як експонат, телескоп

зберігається в Королівському науковому товаристві. До цього треба додати, що скромний дослід Ньютона у наступні періоди розрісся в цілу науку про спектри.

Справа дійшла до того, що авторитет Ньютона інколи ставав гальмом на шляху розвитку науки. Так, схильність його до корпускулярної теорії тривалий час вимушувала визначних вчених з упередженням ставитись до хвильової оптики. Але це не є провина Ньютона, а його послідовників-догматиків. Сам учений шукав компроміс між корпускулярним і хвильовим уявленням. Він відкрив вигідний для спостереження інтерференціальний ефект – «кільця Ньютона». За допомогою моделі «приступів легкого і важкого відбиття» намагався пояснити це типове хвильове явище.

На окремі результати досліджень Ньютона ще за його життя претендували інші автори. Наприклад, Лейбніц відстоював першість у створенні математичного аналізу. Є автор і відкриття закону всесвітнього тяготіння – це Гук. Але дослідження показали, що математичний аналіз Ньютоном створено незалежно від Лейбніца. Так само як і закон всесвітнього тяжіння сформульований незалежно від Гука. Ньютонові «поталанило» в тому, що чума 1666–1667 рр. змусила його стати заложником рідного маєтку Вулстроп. Там він і започаткував основи своїх майбутніх наукових досягнень. Два найважливіших відкриття зроблено саме у цей час – розроблені основи диференціального й інтегрального обчислення. У 1684 р. почав писати головну працю свого життя – «Математичні начала натуральної філософії», які навіть за схемою побудови нагадують «Начала» Євкліда. Варто відзначити, що знаменита праця грецького вченого є відображенням класичної геометрії. «Математичні начала натуральної філософії» Ньютона – звершений будинок класичної, ньютонівської механіки. У фундамент цього будинку Ньютон не лише поклав каміння, але і звів половину стін.





«Математичні начала натуральної філософії» – основна праця нової науки. Вона спирається на спостереження, експеримент і математичний розрахунок. Цим вона радикально відрізняється від старої схоластичної науки, яка бачила вершину доказу в посиленні на авторитет. При створенні «Математичних начал» Ньютон, зокрема, використав спостережницькі дані першого директора Грінвічської обсерваторії Джона Флемстіда. Мистецтво Ньютона-експериментатора покладено в основу сучасного експериментування. Стосовно математичного розрахунку, то на сторінках «Начал» Ньютон виступає як майстерний геометр, незважаючи на те, що при написанні володів створеним ним же, незалежно від Лейбніца, математичним аналізом. Заголовок ньютонівської книги вказує не тільки на використання математичних розрахунків, а і ще на одну важливу обставину: викладаючи основи «натуральної філософії» (фізики), Ньютон дотримується канонів математичної суворості, установлених «Началами» Євкліда.

Незважаючи на те, що фізика – наука індуктивна, тобто у пошуках закономірності фізик здійснює пошук від часткового до загального, в «Математичних началах» «натуральна філософія» викладається від загального до часткового.

У цьому творі вчений узагальнив результати, одержані його попередниками і ним самим, створив стрімку систему механічних знань, яка охопила усі відомі земні і небесні явища. Він дає визначення вихідних понять механіки (простір, час, маса, щільність, кількість руху, сила і т.д.) і формулює три основних закони механіки:



*Доповідь Ньютона у Лондонському  
Королівському товаристві*

інерції,  
пропорційності  
кількості руху  
прикладеній силі,  
рівності дії та  
протидії. В своїх  
«Началах» Ньютон  
розглянув рух тіл  
під дією  
центральної сил,  
виклав своє учення  
про всесвітнє тяжіння  
і використав його  
для пояснення руху і  
форми небесних тіл: процесії і стиснення Юпітера, особливості руху Місяця, сплюсненості Землі біля полюсів. Він досліджував рух тіл у газах і рідинах залежно від їх швидкості, розповсюдження звуку в пружних тілах, сформулював закон нагрітого тіла, приділив багато уваги задачам механічної подібності. Великий французький вчений

Лагранж назвав «Принципи» Ньютона «найвеличнішим твором людського розуму».

“Математичні начала натуральної філософії” – одна з найбільш значних книг у світовій скарбниці людського знання. Сам Ньютон про свою працю писав так: «Твір цей нами пропонується як математична основа фізики. Вся трудність фізики, як буде видно, полягає в тому, щоб по явищах руху пізнати сили природи, а потім по цих силах пояснити решту явищ. З цією метою призначені загальні пропозиції, викладені у книгах першій і другій. У третій же книзі ми даємо приклад...дodatку, пояснюючи систему світу, тому тут з небесних явищ за допомогою пропозицій, доведених у попередніх книгах, математично виводяться сили тяжіння тіл до Сонця і окремих планет. Потім по цих силах, також за допомогою математичних пропозицій, виводяться рухи планет, комет, Місяця і моря. Було б бажаним вивести з основ механіки і решту явищ природи, розмірковуючи подібним же чином, тому що багато чого вимушує мене припустити, що усі ці явища обумовлені деякими силами, з якими частки тіл, внаслідок причин, поки що невідомих, або наближаються одна до одної і поєднуються у правильні фігури, або взаємно відштовхуються і віддаляються одна від одної. Оскільки ці сили невідомі, то до цього часу спроби філософів пояснити явища природи і залишались безплідними. Я все ж сподіваюсь, що або цьому способу міркування, або іншому, більш правильному, викладені тут основи дадуть певне висвітлення».

Ньютон закінчив і поставив останню крапку у боротьбі, яку розпочав Коперник з Птолемеєм. Це була внутрішня, інтелектуальна боротьба представників наукового світогляду. Ньютоном завершена робота з доказу нереальності основних положень птолемеївської системи. Ті, хто працював над цією системою, виробили точні методи вимірювальних наук. На птолемеївській системі розвинулись тригонометрія і графічні прийоми робіт. Пристосовуючись до неї, зародилась сферична геометрія. На ґрунті цієї теорії зростали вимірювальні прилади астрономії, розвивалась математика. Вони стали необхідним вихідним пунктом для усіх інших точних наук. Прагнення поєднати складність з точністю цих приладів проклало шлях до своєрідної сучасної техніки наукових приладів. У свою чергу така техніка стала могутнім знаряддям усього точного знання.

Гаук, про якого ми згадали, можна назвати першопроходцем у відкритті закону всесвітнього тяжіння, проведенні експериментів у галузі оптики. Але ж математичного доказу закону всесвітнього тяжіння у Гаука не було. Він був енциклопедистом, людиною колосальних знань, переповнений новими ідеями, з якими сам не міг упоратись. У нього ніколи не вистачало часу для того, щоб довести до логічного завершення свої геніальні здогадки, відшліфувати,

узагальнити нові факти. Те, що виконував Гук, за сучасними мірками вимагало інтенсивної роботи цілого інституту. Він щоденно протягом двадцяти років демонстрував членам Королівського товариства невідомі їм явища, окремі з них ним же відкриті. Ця людина бачила вперед на сотні років. Ми просто не знаємо його спадкоємності.

На відрізнення від Гука Ньютон був систематизатором з універсальним і неосяжним розумом. Настирний і наполегливий він не терпів заперечень, мав успіхи в усіх галузях своєї діяльності: у фізиці, математиці, механіці, астрономії і богослів'ї (поразку він потерпів тільки у своїх заняттях алхімією). Можливо тому, коли Гук, як і Гюйгенс, висловився про неповноту теорії світла і кольорів, запропонованих Ньютоном, свій гнів він переніс на Королівське товариство. Ньютон дотримувався принципу – витратити свій час на продуктивну роботу, ніж безглуздо в суперечках доводити право на пріоритет. Написані ним «Начала» опубліковані тільки через двадцять років за вимогами Галлея (1656–1742 pp.).

Галлей – математик, астроном, фізик, геофізик і найближчий товариш Ньютона – видав «Принципи» на власні кошти. Тривалий час намагався у працях Кеплера відшукати відповідь на запитання про рух своєї комети. Звертався до Гука за допомогою, але безрезультатно. Коли ж він звернувся до Ньютона з проханням допомогти знайти відповідь, то був вражений миттєвим відгуком: «По еліпсу». На наступне запитання, звідки це йому відомо, Ньютон відповів: «Я це обчислив».

Для того, щоб розв'язати сьогодні переважну більшість задач з фізики, достатньо знати дві формули:  $F = m \cdot a$  – другий закон Ньютона і  $F = G \frac{M \cdot m}{r^2}$  – закон всесвітнього тяжіння. Відкритий Ньютоном закон всесвітнього тяжіння є основою для розрахунків руху штучних супутників Землі та інших штучних небесних тіл. З двох формул Ньютона можна одержати закони Кеплера, закон збереження енергії. Нам вже відомо, що у другому законі Ньютона є співавтор – Галілей. Це він, як згадувалось, першим поправив Аристотеля: Не покоїться, або зупиняться має тіло, на яке не діють сили, а покоїться і рухатись рівномірно. А якщо є сила, то рух буде прискореним. Є співавтори і у закона всесвітнього тяжіння. Про Гука вже відзначалось. Кеплер у свій час сказав, що важкість – є взаємне тяжіння усіх тіл. Здогадка щодо закону зворотних квадратів була і у Буйо. Але як і Гук, він не зміг його довести. І, нарешті, пресловуте яблуко. Якщо історія з ним є легенда, то схоже її вигадав не Вольтер, а сам Ньютон.

Історія розвитку європейського наукового співтовариства на початку XVIII ст. була затьмарена ворожнечою між Ньютоном і Лейбніцем – таким же мислителем їх епохи. Ворожнеча виникла

внаслідок суперечки за пріоритет у відкритті обчислення нескінченно малих. Сьогодні сумнів розвіяно. Винахід диференціального й інтегрального обчислення зроблено незалежно Лейбніцем і Ньютоном. Підхід до проблеми в обох вчених був різний.

Ньютон став національним героєм ще за життя. Його досягнення у фізиці були настільки значними, що сприймалися вченими як модель для пізнання всіх закономірностей у природі і суспільстві. Тепер ми знаємо, що на той час це так і було. Ньютон є геніальною особою. Лагранж так сказав про нього: «Він найщасливіший – систему Всесвіту можна встановити тільки один раз».

Ньютон добре розумів, що одержані ним результати не дуже точні і однозначні. Свідченням цього є болісні роздуми над проблемою тяжіння, пошук гіпотези ефіру, про що стверджує його захоплення алхімією, теологічні роздуми. Він знав, що закони природи не можна зводити тільки до механіки. Але разом з тим усе те, що знала ця людина, вона розповіла світу. Ним створені основи сучасної науки. Наукова революція завершилась. Головним провідним напрямком її було становлення нової математики, математики безперервних процесів. Завершальну роль у науковій революції відіграло також становлення ньютонівської механіки, нового світогляду, якому призначено було істотно вплинути на розвиток науки у найближчі два з половиною століття. Історія готувала ґрунт для новітньої революції у природознавстві, яка відбулась на рубежі XIX–XX століть.

Справедливим буде визнати, що наукова революція XVII ст. створила передумови, внаслідок яких у XVIII ст. розпочався промисловий переворот.

## НАУКА І ТЕХНІКА XVII-XIX СТОЛІТЬ

Починаючи з античного світу, освічені люди, як уже відзначалось, не мали майже ніякого відношення до виробництва (виняток – Архімед і деякі монастирські служителі середньовіччя). Тому наука цікавилась суто схоластичними теоріями. Виробничі процеси вчених не турбували.

XVII ст. – це період розквіту мануфактурного виробництва, яке, як відомо, потребувало більше машин, ніж феодальне. В зв'язку з цим зароджуються нові взаємовідносини між ремісниками і вченими. Перші усвідомили, що наукова теорія здатна приносити користь у практичних справах. Другі, – що виробничий досвід ремісника допоможе їм у розкритті ще невідомих явищ Природи. Таким чином помітно стали наближатись теорія і практика одна до одної. Наука об'єднала їх на ґрунті взаємовигоди. Розвиток матеріального виробництва стає тісно пов'язаний з досягненнями науки і використанням її результатів у практичному житті людей. Найбільше це виявилось через широке використання технічних засобів, машин. На форми останніх впливали і особливості мануфактурного виробництва, і наукова революція, і зміни, що виявлялись у самій техніці. З XVII ст. техніка починає розвиватись автономно. Мануфактура набула інтенсивного розвитку, потребує удосконалення технічної бази. Пожвавлюється винахідництво. При розробці машин винахідники прагнуть використати знання з математики і механіки. Світ техніки набуває нових рис.

Ще на межі XV–XVI ст. під кутом зору механіки Леонардо да Вінчі розглядав функції живих організмів. Як художник і скульптор, він пояснював пози і положення людини загальними законами механіки. Заслуговує уваги прагнення Леонардо розглядати функції серця з механічної точки зору. Не зважаючи на те, що він і називав серце «чудовим зряддям», яке винайдене «верховним художником», за всієї своєї «чудовості» це «зряддя» підлягало аналізу з позицій механіки.

Помітні зміни спостерігаються в натурфілософії. Вона остаточно розмежовується з фізикою, відступає на задній план. В період бурхливого прогресу механістичного природознавства (XVII-XVIII ст.) панівними стають анатомічні методи і механістичний спосіб вивчення природи. Природознавство мало безпосереднє відношення до виробництва машин. Навіть далека, на перший погляд, від техніки раціоналістична філософія Рене Декарта істотно впливала на їх технічне формування. Декарт, як і Ламетрі, визнавав матеріальний світ, часткам якого властива довжина і що рухаються згідно з законами механіки. Вони вірили, що закони механіки є

універсальними законами світу і їх можна розповсюдити на живу природу.

Великий резонанс у науці дало відкриття лікаря з Англії Вільяма Гарвея. Він виявив у тварин великий кровообіг. З точки зору механіки таке відкриття можна було легко пояснити. Знаменитий твір «Анатомічне дослідження про рух серця і крові у тварин», що містить відкриття великого кола кровообігу, асоціював рух крові за законами механіки. Грунтуючись на цьому відкритті, Декарт зробив висновок, що тварина є не що інше, як машина. Людина від тварини відрізняється лише тим, що має душу. Серце у неї – це гідравлічна машина, яка штовхає кров по судинах. Теорія Декарта «Тварини-машини» цілком відповідала уяві фізіологів XVII ст., які уподіbili живий організм механічній системі. Послідовники цієї ідеї називалися *ятромеханіками*. Вони були впевнені в тому, що усі процеси в організмі відбуваються відповідно до механічних законів, а життя підтримується особливим теплом. У XVIII ст. Ламетрі висунув концепцію «Людини-машини». На його думку, організм людини – це механізм, куди завантажують паливо – їжу, легені – міхи нагнітають для горіння повітря, серце – насос прокачує живильну рідину – кров по усіх клітинах, які скидають відпрацьовані мастила і шлаки, що пригорають. Вченим залишалось поки що невідомо: хто керує тваринною фабрикою, хто стабілізує її температуру, обирає мету, дає команди на рух, заправку, відпочинок?

Механістична система світогляду сприяла збільшенню спроб побудови автоматів, багато з яких можна назвати дотепними. Раціональна філософія з її механістичними уявленнями і перенесенням законів механіки на живу природу породила зворотний процес – процес перенесення рухових принципів і форм з живих організмів на технічні об'єкти. Вихідним було наступне положення: Природою у тваринному світі створені найдосконаліші механізми, що втілені у такі ж досконалі форми. У птаха літальний апарат – крила, у риби плавальний апарат – хвіст і плавець. Побудуй такі ж органи і прилаштуй їх людині – і вона за їх допомогою почне літати і плавати.

Спроби практично розв'язати проблему польоту людини зробив у 1675 р. відомий англійський вчений Гук. Потрібно було, на його думку, створити штучні м'язи для людини, які у десять–двадцять разів збільшили б її силу. Він розглядав м'язи як сукупність тонких трубок, що кінцями приєднуються до сухожилок. Рух м'язів мав наповнювати або опорожнювати трубки. На цьому принципі Гук і сконструював штучні м'язи. Привабливість і здавалось би легкість розв'язання проблеми привели до появи окремих проектів машин, заснованих на запозиченні форми тварин. Незважаючи на невдачі, ідеї не вмирили і знаходили своїх прихильників.

## Парова машина

На початку XVII ст. починаються експерименти, за результатами яких зацікавлено спостерігають виробничники. За допомогою пари дослідники намагаються створити вакуум з метою підняття води. Однак експериментатори не знали теоретичних основ цього процесу. Галілей звернув увагу на насос, який підіймав воду до певного рівня. Вважалось, що це є дефектом. Він намагався знайти теоретичне пояснення такому явищу. І тільки його учень Торрічеллі у 1643 р. знайшов правильну відповідь: вода всмоктується не розрідженим простором, яке створюється насосом, а нагнітається в нього атмосферним тиском, що діє на воду в нижньому резервуарі.

Зацікавленість до властивостей розрідженого простору і атмосферного тиску з боку вчених зростає. Вони зосереджуються на особливостях взаємодії циліндр–поршень. Ця система була відома з давніх давен. Грецькі вчені Ктесібій (III ст. до н.е.) і Герон (I-II ст. н.е.) використовували дерев'яний циліндр з шкіряним поршнем для нагнітання води або повітря. Після винаходу клапана система перетворюється у насос, який описаний Героном.

Досліди Торрічеллі з вивчення безповітряного простору зародили ідею всмоктувального повітряного насосу. Такий насос був побудований німецьким інженером Отто фон Геріке. Це був прототип повітряного насосу Ктесібія. В одному з дослідів у невеликій посудині Геріке розрідженням створив такі сили, подолати які не могли восьми коней.

Паскаль і Бойль своїми дослідями привели повне розуміння природи розрідження і атмосферного тиску. Це вже давало можливість у кількісному вимірі оцінити сили, що породжувались розрідженням і атмосферним тиском.

Далі нас зацікавлює історія винаходу парової машини Дені Папена. Він був асистентом у Гюйгенса. Відкриття і досліди Торрічеллі нашоухнули Папена на думку спробувати використати енергію атмосферного тиску для здійснення корисної роботи. Він провів численні експерименти з метою створення розрідженого простору. Ідея використання для атмосферного двигуна форми порожнистого циліндра з поршнем, який в ньому рухається, з'явилась у Папена не відразу. Завдання полягало в тому, щоб змусити поршень здійснювати роботу не силою води, а силою атмосферного тиску. Вчений спробував зробити це допоміжним вакуумним насосом з приводом від водяного колеса, але марно. Гюйгенс запропонував Папену створити установку, де б розрідження створювалось вибухом пороху. Форму установки – поршень з

циліндром – підказав Лейбніц. Такий двигун працював ривками і не задовольняв Папена.

У 1690 р. Папен створює принципово новий проект двигуна. Порох у циліндрі він замінює водою, яка при нагріванні перетворювалась у пару і рухала поршень уверх. Цей двигун був справжнім дитям епохи у тому розумінні, що являв собою своєрідний синтез досягнень науки і великої експериментальної роботи. Папен зробив спробу створити проект судна, гребні лопаті якого мала, на його думку, рухати пара. Недосконалість двигуна вимусила відкинути здійснення цієї ідеї. Папен проявляє наполегливість і продовжує працювати над удосконаленням парового двигуна. У 1707 р. ним запропоновано новий, більш складний варіант цього ж двигуна з кращими робочими якостями і формою. Порожнистий поршень з циліндром виявився універсальним і необхідним вузлом парових двигунів, а в наступному – також двигунів внутрішнього згорання.

XVIII ст. було століттям підкорення пари. Практичний характер техніки того часу сприяв тому, що усі вдалі конструкції інколи створювались практиками-винахідниками. У 1702 р. англійський капітан королівського флоту Севері розпочав виготовлення машин власної конструкції для відкачки води з рудників і шахт. Його паровий насос «друг рудокопів» працював без поршня – всмоктування води здійснювалось шляхом конденсації пари і створення розрідженого простору над рівнем води у посудині. На відміну від Папена, Севері відділив котел від посудини, в якій здійснювалась конденсація. Хоч і була машина Севері низькоєкономічною, але на рудниках використовувалась досить широко.

У 1711 р. інший практик, співвітчизник Севері, коваль Томас Ньюкомен удосконалив машину свого попередника. Він побудував паровий насос з циліндром та поршнем і відділив їх від котла. Для передачі і перетворення руху він використав балансир, що відомий був ще з практики XVI ст. У 1729 р. насоси Ньюкомена вже працювали в Австрії, Бельгії, Франції, Німеччині, Угорщині і Швеції. Незважаючи на малий коефіцієнт корисної дії, багато машин Ньюкомена використовувались навіть після винаходу більш досконалої парової машини Джеймса Уатта. Остання машина Ньюкомена на вугільних шахтах Англії була демонтована тільки у 1934 р.

Необхідно відзначити, що вивченням можливостей використання двигуна Ньюкомена займався англійський інженер

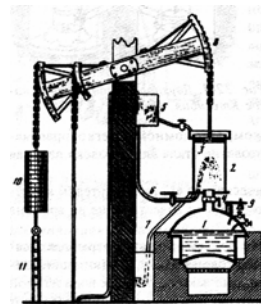


Схема  
парової атмосферної  
машини Ньюкомена



Смітон. Результати своїх досліджень він подав у вигляді табличних даних про найбільш вигідні значення діаметра циліндра, ходу поршня і його швидкості, величини котла, швидкості подачі струменю води і потреби вугілля для заданої потужності. Це вже був справжній науковий підхід. Такі дані давали можливість будувати крупні і досконалі двигуни. Один такий двигун потужністю 76,5 кінських сил мав діаметр циліндра 1,8 метра з ходом поршня майже у три метри. Робота Смітона довела двигун Ньюкомена до граничних можливостей у теплоенергетиці. Надалі прогрес залежав від корінних нововведень, які зробив Джеймс Уатт. Але ще за 22 роки до нього таку роботу здійснив Іван Ползунов.



*Парова машина*

Він ознайомився з машиною Ньюкомена і знайшов у неї невикористані можливості. У цій машині він побачив головну помилку Ньюкомена, Севері, Папена: паровий двигун для великого промислового підприємства має бути універсальним, а не спеціалізованим. У 1765 р. така машина була побудована російським умільцем. За тиждень до початку її роботи Ползунов помер на тридцять восьмому році життя. Протягом місяця роботи машина себе окупила.

Через два місяці вона зламалась і ніхто не зміг її відремонтувати. А через 22 роки Уатт побудував таку ж безперервно діючу машину.

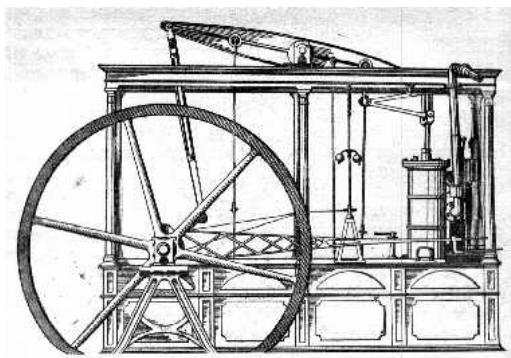
До її створення Уатт йшов послідовно.

Спочатку він намагався удосконалити насосну установку Ньюкомена в процесі ремонту на шахті такого насосу. Уатт виявив причини неполадок, усунути які практично було неможливо. Після дворічних міркувань і консультацій з вченими, проведення своїх наукових досліджень Уатт знайшов правильне розв'язання проблем. Головною причиною низької ефективності двигуна Ньюкомена була конденсація пари в циліндрі. Він охолоджувався після кожного ходу поршня, внаслідок чого значна частина пари витрачалась даремно.

Нововведення Уатта головним чином полягало у розміщенні циліндра у паровій оболонці. Конденсація пари здійснювалась у самостійному конденсаторі, який постійно мав бути в холодному стані. Такі машини Уаттом побудовано у 1776 р. Їх використовували для відкачки води з шахт, а також для повітрорудки на ливарному заводі.

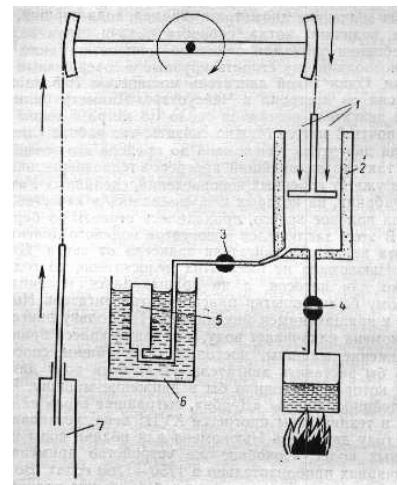
На двигуни Уатта з'явився попит і з боку текстильної та інших галузей промисловості. Винахідник зайнявся створенням машини для приводу механізмів обертання, і у 1787 р. парова установка була створена. З технічної точки зору це, насамперед, задовольняло розв'язання завдання перетворення зворотно-поступального руху в обертальний. Крім цієї кінематичної проблеми Уатт вирішив і окремі динамічні завдання: введення пари з обох боків поршня, використання махового колеса і відцентрового регулятора, індикатора тощо. Надалі паровий двигун увесь час ускладнюється. З'являються запобіжні клапани, котел для води відділяється від робочого простору, впроваджуються конденсатори, ускладнюється система передач. Парова машина стає високоекономічним універсальним двигуном.

Важливою і найбільш розповсюдженою



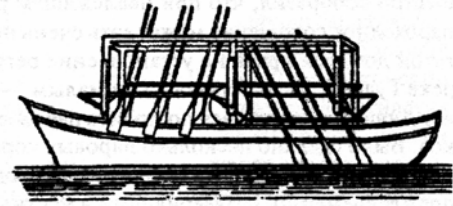
*Паровий двигун Уатта з балансиром*

галуззю, де паровий двигун став звичним, є судноплавство. Треба відзначити: думка про те, що пара здатна рухати візок на суші, а судно у морі, висловлена в часи кардинала Ришельє французьким вченим Соломоном де Ко. Його, як це часто траплялось, за таку думку відправили в божевільний дім, де він справді збожеволів. У 1753 р. Паризька академія наук оголосила конкурс з метою винаходу засобів руху на воді. Його учасником був і академік Данііл Бернуллі – один з найбільш видатних фізиків і математиків свого часу. Він запропонував проект реактивного судна. Воно мало рухатись по воді силою від викидання водяного струменю. Серед можливих джерел сили викидання Бернуллі назвав парову машину. Через 25 років маркіз Жюфруа з Бургундії на річці Ду випробував невеличке парове судно. Але з причин недосконалості рухового апарату судно рухалось дуже повільно. До парового двигуна всі машини приводились в рух якимсь обертовим механізмом, наприклад водяним колесом. Його треба було замінити обертовим двигуном. Однак це важко було здійснити у судноплавстві, де судна рухались під дією вітру на паруси, веслами або гребними лопатями. Ніякий зі згаданих засобів неможливо було використати для приводу від парової машини. Тому не дивно, що у зв'язку з цим випробовувались найнеймовірніші хитрощі.



*Схема дії насосної парової машини Джеймса Уатта (робочий хід поршня)*

У 1785 р. американський механік–самоучка Джон Фітч сконструював пароплав, що рухався по воді за допомогою полотна у вигляді морського гусеничного трактора. Потім він пристосував гребні лопаті, які працювали як весляр на каное. У 1796 р. Фітч побудував ще два невеличких судна: одне з гребними колесами, друге – з гребним гвинтом. Але коштів на побудову великих пароплавів винахідник не мав.



*Схема пароплава Фітча, який рухався за допомогою весел*

Подібні конструкції суден випробував і Рамсей. Його човен рухався на воді з швидкістю шість кілометрів на годину. Гребним колесом, як засобом руху по воді, користувались і до винаходу парової машини. Оберталось воно м'язовою силою людини через кривошип і коловорот. Робились спроби використати для обертання колеса двигуни Ньюкомена або Уатта. У 1788 р. Міллер і Саймінгтон побудували колісний пароплав. Він розвивав швидкість 8 кілометрів на годину. Потім ними побудовано буксир, що буксирував дві баржі водоємністю по 70 тонн кожна на відстань понад 30 кілометрів за 6 годин проти сильного вітру.

Видатним винахідником був Роберт Фултон. Згодом Т.Г.Шевченко, оцінюючи винахід Фултоном пароплава, напише, що його колосальне відкриття зробить переворот у громадському житті на всій планеті. Фултон працював у Франції, Англії. Лаври першості практичного використання пароплава належать йому. Він у 1800 р. запропонував Франції перевести її кораблі на використання парової тяги. То був сміливий план принципово нового засобу руху корабля по воді – план створення пароплава. Ніяка інша проблема не була для наполеонівської Франції такою гострою, як проблема суперництва з Англією.

Напередодні сталися цікаві події. Наполеон Бонапарт, людина передової думки, фінансував побудову підводного човна «Наутілус» (Через 70 років фантаст Жюль Верн узяв цю назву для фантастичного підводного човна капітана Немо). Крім авансу казна зобов'язалась виплачувати винахіднику від 60 до 400 тис. франків за кожен потоплений англійський корабель.

Винахідник Фултон гарантував, що це – перспективна справа. Кисню в човні вистачить на 3 години, і він буде спроможний виконувати бойові завдання проти кораблів ворога. На воді «Наутілус» нагадував шхуну з вітрилами, схожу на яхту. Проблема руху під водою вирішувалась просто: троє матросів обертали вал, на кінці якого був гребний гвинт. «Наутілус» занурювався на глибину вісім метрів. У липні 1801 р. він підійшов до старої шлюпки, яка була

надана Фултону для досліду, і прикріпив до неї знизу бомбу з годинниковим механізмом. Шхуна від вибуху розлетілась на шматки. Після невдалих випробувань з причин скрутного фінансування робіт Наполеон відмовився від пропозиції Фултона.

Винахідника підтримав американський дипломат у Франції Лівінгстон. На його кошти Фултон побудував пароплав і 9 серпня 1803 р. він проплив по Сені проти течії зі швидкістю 4 кілометри на годину. Фантастичне видовище залишило байдужими і парижан, і авторитетну комісію Паризької академії наук, членами якої на той час були Ампер, Монж, Лаплас та інші видатні вчені. До речі, Наполеон був освіченою людиною, був навіть академіком, причому обраним не заради пошани, а за конкурсом, за праці з механіки. Серед його міністрів і найближчих помічників у роки консульства і у перші роки імперії були відомі математики Монж і Карно, хіміки Бертолле і Шапталь, астроном Лаплас, не кажучи вже про сузір'я господарських і політичних талантів. Коли ж Фултон ще раз звернувся до Наполеона за коштами для будівництва пароплава, то імператор і його міністри відмовили винахіднику. Тоді за пропозицією Лівінгстона Фултон повернувся на батьківщину у США і через рік, у 1807 р., побудував судно «Клермонт» довжиною 50 метрів з установленою на ньому паровою машиною. Він використав глибоко науковий підхід до вивчення опору води рухові судна та до інших питань, пов'язаних з його надійністю. Пароплав «Клермонт» подолав відстань у 240 кілометрів від Нью-Йорка до Альбіона за 32 години. З цього часу річкове пароплавання США набуло свого розвитку. У 1815 р. воно стало регулярним на всіх великих ріках країни. Військовий пароплав у США зійшов на воду у 1814 р.

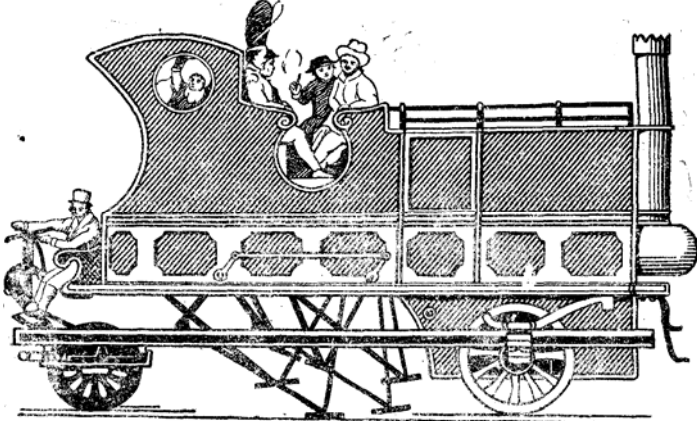
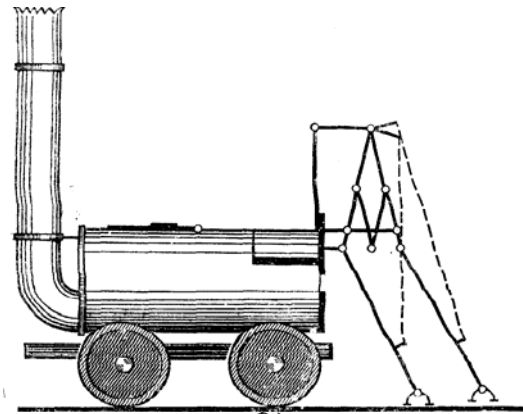
За цим бурхливо почало розвиватися пароплавання в Англії. У 1819 р. пароплав перетнув Атлантичний океан. Вітрильник «Саванна» силу пари використовував як допоміжне джерело. Шлях через Атлантику він подолав за 20 діб. Джеймс Уатт висловлював сумнів у використанні парової машини у судноплаванні. Але вже в середині XIX ст. Бостон і Уатт (однофамільник Дж. Уатта) створили величезну машину для океанських пароплавів. З цього часу йде швидке впровадження пари у морське пароплавання. Винахід гвинтового пароплава, заміна дерев'яної конструкції металевою обшивкою, загальні успіхи машинобудування і судноплавання привели до істотних змін і перевороту в морському транспорті.

Зміни у практичному використанні парової машини приходили непомітно. Вона виконала функції технічної революції, поступово забрала у людини функції рухової сили. Цей процес передачі руху від людини до машини і складає сутність технічної революції наприкінці XVIII – на початку XIX ст. Слідом за впровадженням парової машини у судноплавання вона знаходить місце у винаході паровоза.

Вважається, що першим його винахідником був англієць Стефенсон. Чи так це?

Спроби збудувати перший локомотив зробили Брунтон і Гордон відповідно у 1813 і 1824 рр. Інженери того часу не могли уявити собі можливість руху на колесах без підштовхування. Конструкції Брунтоні і Гордона свідчать про таке уявлення. Перші легкі паровози не давали достатнього зчеплення коліс з рейками і тому буксували. Потрібно було декілька років наполегливих дослідів і вивчення законів тертя для того, щоб встановити причини ковзання коліс по рейках.

У локомотиві Брунтоні поршневий шток з'єднувався з механізмом, який копіював рух ніг коня. На початку першого випробовування його паровоз вибухнув. Не мав успіху і локомотив з «ногами» конструкції Гордона. І лише тоді, коли було відкрито таємницю буксування паровоза, відпала необхідність у штучних ногах. Видатні конструктори того часу Блекетт і Халдей після



*Паровоз з «ногами» Брунтоні*

*Паровоз з «ногами» Гордона*

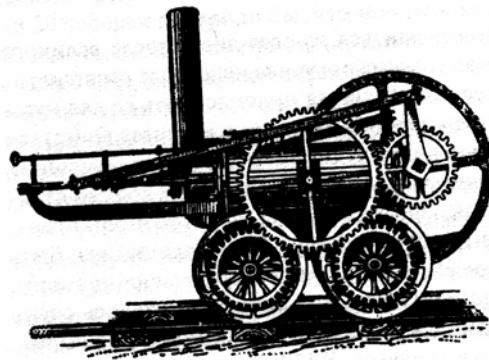
численних експериментів довели, що ведучі колеса паровоза не тільки котяться, але й упираються в рейки. Їх тертя майже у 50 разів перевищує тертя вільних коліс вагонів.

Так продовжувала існувати теорія наслідування тваринним формам, якої дотримувались ятромеханіки XVII ст. На початку XX ст. перший директор Харківського технологічного, а потім ректор Київського політехнічного інститутів В.Л.Кирпичов писав, що відсутність фантазії у технічній справі не може бути замінена нічим.

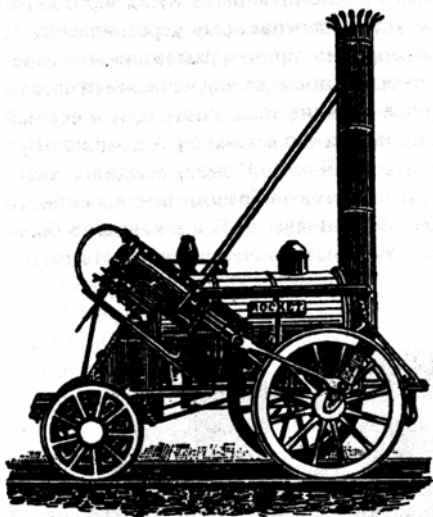
Важливі технічні удосконалення у переважній більшості випадків мають характер несподіванки. Це добре видно в галузі механіки, в заміні ручної праці машинною. Здавалося б, як просто в точності, наслідуючи рух рук і ніг працівника, зробити залізного робітника. З цього і розпочинались майже всі винаходи, але вдалих випадків на цьому шляху мало. У більшості випадків виявляється треба придумати що-небудь зовсім не схоже на ручні інструменти і верстати, які виконують таку роботу, хоч є і винятки.

Проекти паровозів з «ногами» Брунтон і Гордона були невдалою спробою вже після того, коли співвітчизник Стефенсона англієць Річард Тривайтик за 22 роки до нього, у 1808 р., винайшов і побудував перший у світовій історії паровоз. Спочатку він тягнув п'ять вагонеток, навантажених залізом зі швидкістю вісім кілометрів на годину. Паровоз виявився важким і ламав рейки. Вони були розраховані на кінні вагонетки. Власник металургійних заводів зажадав повернути кошти, на які Тривайтик побудував паровоз. Він не мав наміру будувати спеціальні рейки для паровоза. Тоді Тривайтик у передмісті Лондона продемонстрував новий «біговий» паровоз, який катав усіх, хто мав бажання, по колу. Винахід був сприйнятий як цирковий номер. Спустошений Тривайтик емігрував у Південну Америку.

У 1815 р. доробки



*Паровоз Тривайтика, який працював на Мертур-Тідвільській дорозі у 1803 р.*



*Паровоз Стефенсона "Ракета", переможець на Рейнхільських змаганнях, 1829 р.*

Тривайтика використали інженери Блекетт і Халдей, про яких вже згадувалось. Вони зібрали дуже хороший паровоз «Чахкаючий Біллі». Інженери довго не могли вирішити проблему, як зменшити навантаження на вісь, щоб локомотив не ламав рейки. Нарешті винахідники поставили котел на одну раму з тендером, забезпечивши її чотирма парами коліс. «Біллі» отримав чотири пари ведучих осей. Тільки після цього він не псував рейки. Цей

паровоз експлуатувався на руднику до 1865 р., після чого був зданий у лондонський музей.

Талановитість Стефенсона Англія визнала лише на схилі його життя. А він був універсальним винахідником! Стефенсон проектував і будував перші залізниці, конструював потужні паровози, впроваджував колійну сигналізацію і правила дорожнього руху. Винахідник забезпечив вагони ресорами, а локомотив - гудком. Стефенсон винайшов оригінальну систему зчеплення вагонів. Це була мужня людина. Його вважали божевільним, коли він почав прокладати залізницю через болото. Фермери загрожували Стефенсону фізичною розправою, вважаючи, що паровози своїми іскрами спалять будівлі і ліси, корови від стукоту коліс перестануть давати молоко, а кури - яйця. На шпальтах газет з'явилися повідомлення про те, що швидка їзда викличе у пасажирів захворювання гарячкою, а тунелі – застуду і сухоту. У 1825 р. парламентська комісія з десяти високопоставлених чиновників розглянула проект залізниці Стефенсона. Для нього це був триденний іспит. 19 вересня 1825 р. у Англії почала експлуатуватись перша залізниця довжиною 56,3 км. Від Дарлінгтона до Стоктона урочистий поїзд тягнув 34 вагони. Шість з них були навантажені вугіллям і борошном, на решті – роташовані лавки для пасажирів. Тягнув вагони паровоз «Пересування», яким керував сам Стефенсон. Середня швидкість його була 10 км/год. Попереду локомотива скакав вершник з прапором, благаючи людей звільняти рейки. На окремих ділянках поїзд розвивав швидкість до 24 км/год. Всього за цей рейс було перевезено понад 600 пасажирів. Разом з рештою вантажу ця публіка важила 90 тонн.

Для того щоб набути визнання, перші паровози прикрашали гірляндами квітів. Це було рекламою для прихильності публіки. З перебігом часу паровоз одержав визнання не лише у пасажирів, але і у промисловців.

Ще до початку ХІХ ст. стали помітними наслідки використання наукових знань, поширилась можливість їх використання. У найбільш розвинених європейських країнах розпочався процес переходу від виробництва власне машин до виробництва їх самими машинами. Це було явище, яке раніше не проявлялось. Нескладні машини для використання у побуті – вози, млини, ткацькі верстати тощо – виготовлялися ручним способом. Завдяки паровій машині, вперше в історії, людина почала виготовляти одні машини за допомогою інших машин. А це, в свою чергу, сприяло розвитку сучасного масового виробництва з усіма наслідками економічного, соціального і політичного плану. Промислова революція привела до істотного перегляду ролі науки у житті суспільства. Наука вийшла з усамітнених кабінетів вчених і стала активно впливати на всі сторони

суспільного життя, відкрито проявляти себе виробничою силою. Оскільки нова техніка почала приносити відчутну користь, до неї зростає інтерес і повага до знань, віра у могутність науки.

Наприкінці XIX ст. людство вже повірило у науку, в її колосальні можливості. Дуже часто від неї чекало навіть набагато більше, ніж вона насправді могла дати. І це закономірно. Протягом XIX ст. саме у союзі з наукою техніка зробила величезний крок у своєму розвитку. В життя увійшли паровози, пароплави, металообробні верстати, сільськогосподарські машини. Парові двигуни замінюються електродвигунами, двигунами внутрішнього згорання, дизелями, турбінами. Техніка розвивалась настільки бурхливо і плідно, що машинні парки першої третини XIX ст. і його 70-80-х років істотно відрізнялись один від другого.

Зростає не лише чисельність і різноманітність машин, але і збільшується їх швидкість, потужність, використовуються нові види енергії, набуває розвитку наука про машини. Вона з'явилась майже з виникненням промислового машинобудування наприкінці XVIII ст. після винаходу універсального парового двигуна. Думки вчених, винахідників спрямовуються на вивчення сутності машин, їх змісту. Ведеться пошук розв'язання таких важливих проблем, як створення міцних матеріалів, конструкцій машин, технологій.

### **Зародження сучасної металургії**

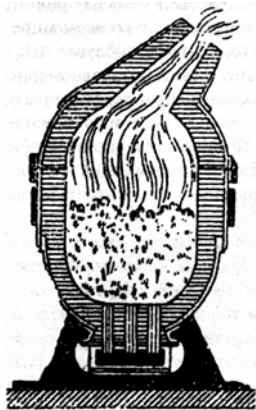
Якщо ми ознайомимось з історією розвитку машинобудування, то помітимо, що переважна більшість машин майже до кінця XVIII ст. виготовлялась з деревини. Воно було основним матеріалом для виробництва машин. Метали використовувались лише для тих деталей, які безпосередньо сприймали навантаження, а також для різальних кромок та інших частин, які неможливо було виготовляти з неметалічних матеріалів.

У XVIII ст. паровий двигун виготовляли переважно з металу. Котли для пару спочатку робили з деревини, оперізували їх як діжку обручами. Чавун цінився дорого. Замість нього використовували латунь. Чавун застосовували лише у тих випадках, коли він був незамінним. Це можна пояснити тим, що технологія його виплавки з кінця середньовіччя не мала принципових змін. Середньовічні методи виробництва сталі вимагали таких коштів, що вимушували цінити її як дорогоцінний метал. Навіть після винаходу і розробки процесу виробництва тигельної сталі у 40-х роках XVIII ст. вона залишалась надто дорогою. (Таким способом в Індії виплавку сталі здійснювали ще за батото століть до того, як це сталось в Європі). Тому зі сталі виробляли переважно ножові вироби.



Відомо, що до сталі, як матеріалу для виробництва з неї деталей машин, висуваються певні вимоги. Насамперед, сталь повинна бути міцною і в'язкою, неламкою, дешевою і виплавляється у великих об'ємах. Одним з перших кроків у напрямку вивчення властивостей сталі і широкого її використання зробив російський металург П.П.Аносов (1797–1851 рр.). На основі практичних досягнень він видав наукові праці з якісного виробництва і властивостей сталі. Його роботи набули всесвітнього визнання. Це були визначні досягнення після середньовіччя. Аносовим запропоновано метод одержання сталі, де поєднувались процеси плавки і насичення її вуглецем. Ним вперше у світовій практиці використано газову цементацію металу. Сьогодні цей метод використовується в усіх країнах світу. У 1837 р. Аносов здійснив переплавку чавуну у сталь як з добавкою, так і без добавки заліза..

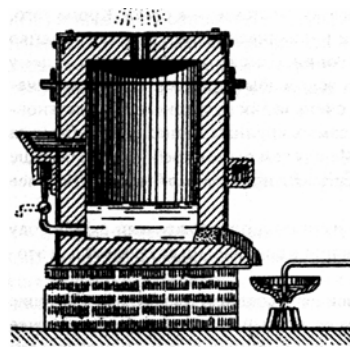
Оригінальні його праці з дослідження і розкриття таємниці виробництва булатної сталі, спосіб отримання якої був загублений на багато століть. Протягом десяти років він сплавляв залізо з кремнієм, марганцем, хромом, титаном, золотом, платиною та іншими добавками. Вивчив їх властивості. Аносов обгрунтував вплив хімічного складу, структури сплаву і характеру його обробки на властивості металу. Висновки відомого металурга покладено в основу науки про якісну виплавку сталі. Окремі праці Аносова одразу ж було перекладено на іноземні мови. Він започаткував мікроскопічний аналіз металів. Аносовим здійснено і багато інших нововведень з виробництва якісних сталей і здешевлення їх виплавки.



*Конвертер  
Бессемера, що  
обертається*

Але і після визначних робіт Аносова проблемою проблем залишалось одержання сталі у величезній кількості для промисловості, що стрімко розвивалась. Цю проблему спробував вирішити Генрі Бессемер (1813–1898 рр.). Сам він з села, з якого не виїздив до 17 років. Ніколи не знав, що таке заводська праця. Але коло його інтересів було надто широке. Він є автором винаходу голчастого штампку для гербових поштових марок. Бессемер є винахідником технології позолоти бронзовим порошком, наслідком використання якої стало звільнення від ручної праці 70 робітників. Винахідник став власником патентів шліфувального верстата для дзеркал, непромокальних тканин, пристрою для тиснення на тканинах. На всіх потягах світу використана його «гармонія», через яку пасажери переходять з одного вагона в інший.

Металургією Бессемер захопився так само несподівано, як і усім іншим. З метою отримання достатньо міцного металу для артилерійських снарядів у великій кількості він досконально вивчив стан справ у металургії і винайшов спосіб переробки чушкового чавуну в сталь шляхом випалювання з нього домішок за допомогою повітряного дуття у спеціальній печі. Таким методом полегшувалась праця сталеварів, зменшувались витрати часу і палива на виплавку сталі значно більшої кількості і кращої якості, ніж це робилось у тиглі. Винахід Бессемера зацікавив власників металургійних заводів і вони придбали патенти. Але у виробничих умовах виплавлена таким способом сталь виявилась крихкою. Протягом двох років Бессемер разом з науковцями проводив хімічні аналізи і виявив у металі фосфор і сірку. Сірку з чавуну винахідник навчився виводити. Ефективного способу боротьби з фосфором Бессемер не знайшов, хоч і дуже наблизився до розв'язання цієї проблеми. Він зізнався, що не може назвати самого видатного свого досягнення. Нащадки вважають що цим досягненням є спосіб, який носить його ім'я – спосіб виплавки сталі.



*Досвід отримання  
Бессемером литої сталі у  
1856 р. продувкою повітря  
через метал,  
розташований у печі*

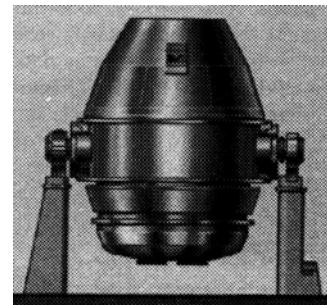
Винахід Бессемером виплавки сталі збігся з тим періодом історії, коли в Європі і Америці швидкими темпами велось будівництво залізниць. Сталь, що виробляли бссесмерівським способом, відповідала усім технічним вимогам до рейок. Залізничні магістралі, побудовані зі сталі, виплавленої запропонованим Бессемером способом, вдихнули життя в далекі і глухі селища, перетворили їх у міста. Заслуги винахідника “сталених артерій” планети оцінено тим, що чотирнадцять молодих міст США, з'єднаних такими артеріями, було названо «Бессемер».

Пройшло трохи більше двох років після винаходу Бессемером способу виплавки сталі і з'явився новий процес її виробництва. Його винахідником став французький інженер П'єр Мартен. У газовій печі конструкції німецького інженера Сіменса Мартен почав сплавляти чавун з металобрухтом. Від бссесмерівського методу виробництва мартенівський різнився, насамперед, невеликою продуктивністю. Але, що цінно, останній давав можливість контролювати склад і якість готової сталі. Обидва способи стали конкурувати між собою.

Змагання між конвертерним (бссесмерівським) і пічним (мартенівським) способами виплавки сталі продовжувалось майже

100 років. Завершилось воно на користь конвертера, який почали продувати через розплавлений метал не повітрям, а киснем.

Відкриття Аносова, Бессемера, Мартена та інших винахідників у галузі металургії широко розповсюдились у багатьох промислово розвинених країнах світу, що помітно сприяло прогресу в економіці. В останню третину XIX ст. США, наприклад, зробили стрімкий стрибок, перетворившись із сільськогосподарської країни у потужну індустріальну державу. Вже у 80-і роки з виробництва чавуну і сталі вони посіли перше місце в світі. Це сприяло високим темпам розвитку верстатобудування, текстильної та харчової промисловості і, як вже згадувалось, прискорило залізничне будівництво. За ними почали зростати нові галузі індустрії: хімічна, електротехнічна, гумова, нафтова.



*Конвертер*

Значно покращені характеристики сталей процесом легування їх незначними добавками інших металів. Історично цей процес винайшли у XIX ст. У 1822 р. Фарадей інтенсивно займався дослідями з легування сталі. Однак праці його практичного втілення не знайшли.

Далі історія легованих сталей продовжується з 1871 р., коли Муше винайшов інструментальну сталь, леговану вольфрамом, ванадієм, марганцем. Вона давала можливість здійснювати обробку металу на дуже великих швидкостях різання. За цим з'явилися й інші леговані сталі, наприклад марганцева сталь Хадфілда (1882 р.), нікельова сталь Шнейдера (1888 р.). У 1898 р. Тейлором і Уайтом винайдено швидкорізальну сталь. Однак, з самого початку винаходу леговані сталі почали використовуватись для виробництва зброї. Нержавіюча сталь винайдена Г.Брїїлі у 1913 р.

Вже згадувалось про розкриття П.П.Аносовим таємниці виробництва дамаської сталі Бадаєвим у Росії. Вона і отримала таку назву «Бадаєвська». Масова виплавка її почалась з середини XIX ст. Їй властива висока в'язкість, добре зварювання. В останньому вона не знала конкурентів на той час і одержала визнання далеко за межами Росії.

Значним досягненням XIX ст. у металургії стало відкриття виробництва алюмінію. Вперше цей елемент був відкритий Ерстедом у 1825 р. Вже на Лондонській Всесвітній промисловій виставці у 1851 р. з'явився злиток під назвою «срібло з глини». Один кілограм його коштував одну тисячу двісті карбованців золотом. За 1854–1855 рр. у світі виготовлено всього 25 кілограмів алюмінію. Вже було відомо, що виробництво «срібла з глини» потребує великих витрат електроенергії. Менделєєв у 1867 р. відвідав алюмінієвий завод у

Парижі і після цього впевнено заявив, що в майбутньому алюмінію належить визначна роль.



*Пам'ятник  
Ч.М.Холлу,  
виконаний з  
алюмінію*

Наприкінці XIX ст. розпочинається виробництво різних сплавів на основі алюмінію і їх промислове використання. Цьому сприяло відкриття електролітичного способу виробництва згаданого металу у 1886 р. Його авторами стали американець Холл і француз Еру. З цього часу алюміній почали використовувати там, де необхідно було забезпечити малу вагу конструкції. Вже з 1895 р. алюміній використовується для будівництва аеропланів. Наступним досягненням стало відкриття дюралюмінію – сплаву алюмінію з міддю. Він забезпечив високе відношення міцності до ваги. Дюралюміній з'явився у 1890 р. У XX ст. велике значення набули сплави алюмінію з легким магнієм.

Підсумовуючи усе те, що викладено з приводу науково-технічного розвитку протягом трьох століть – XVII, XVIII і XIX, можна сказати, що це був етап стрімкого ствердження науки як виробничої сили, зародження тих основних напрямків, що стали фундаментом науково-технічної революції.

Революції, що проходили у цей час у техніці і на виробництві, наприклад, перехід від ручної праці до використання машин, не були пов'язані з безпосереднім впливом наукових знань. Наукові і технічні революції проходили в історії людства, але відносно незалежно одна від одної. Наука тут, як правило, відставала від розвитку техніки і виробництва і часто створювала теорії вже освоєних у техніці і виробництві процесів. Тільки у XIX ст. починається посилення зв'язків науки і техніки, виробництва. У XX ст. наука вже не відстає, а йде разом, а потім починає випереджати техніку і виробництво, вказуючи їм шляхи розвитку.

## ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ

### Характеристика технічних і соціальних змін

Історія західної цивілізації знає багато революцій у промисловості. Це є ті періоди, коли відбуваються швидкі технологічні зміни. Однак в історії людства була лише одна промислова революція, коли протягом століття відбувся перехід від аграрної, ремісничої економіки до переважно міської, машинної цивілізації. Цей факт для Європи є революційним, незважаючи на те, що в середині XVIII ст. тут переважала аграрна культура, а населення залишалось неграмотним і мало низький рівень життя. Саме у західній Європі відбулась перша промислова революція або, як інколи її ще називають, «промисловий переворот». Ми будемо користуватись обома термінами. Батьківщиною промислової революції наприкінці XVIII – початку XIX ст. вважається Англія.

Ця революція, як відомо, характеризується досягненнями у застосуванні парової машини і впровадженні машинного виробництва. Вона здійснилась завдяки науці і техніці. Не зважаючи на її локальний характер, промислова революція все ж розширила економічний простір країн західної Європи. Окремі з них вона забезпечила дешевими матеріальними і трудовими ресурсами, оскільки ці країни залишались головним джерелом економічного зростання. Без перебільшення можна сказати, що поштовхом до цієї революції в Європі стала наука, а точніше, потреби суспільства у прискоренні розвитку промисловості. Вона привела до радикальних змін в соціально-економічному житті усієї планети. Одним з результатів промислового перевороту став поділ країн на колонії і метрополії.

Події, що супроводжували промисловий переворот, породжені багатьма соціальними і економічними причинами. Вони були підготовлені також і науковою революцією XVII ст. Головним провідним напрямком останньої, як вже з'ясовано раніше, було становлення нової математики, математики безперервних процесів внаслідок наполегливої кропіткої праці багатьох вчених і завершеної створенням математичного аналізу Лейбніцем і Ньютоном. Разом з цим завершальну роль у науковій революції відіграло також становлення ньютонівської механіки, нового світогляду, якому призначено було істотно вплинути на розвиток науки у найближчі два з половиною століття. Хоча слід визнати, що у людських справах, що пов'язані з Землею, значення ньютонівського синтезу навряд чи коли-небудь зменшиться.

У «Великій Радянській Енциклопедії» промисловий переворот позначено як систему економічних і соціально-політичних змін, що втілили перехід від мануфактури, яка заснована на ручній праці, до великої машинної індустрії. І цьому не можна заперечувати, оскільки історично передумови розвитку великої машинної індустрії були створені мануфактурною формою капіталістичного виробництва.

Промислова революція, тобто перехід від інструментальної до машинної стадії, відображає, на думку науковців, третю вдалу спробу країн центру світового господарства наприкінці XVIII – на початку XIX ст. вийти на шлях порівняно швидкого, тривалого, відносно стабільного економічного зростання. Перша спроба була у X–XIII ст.ст., друга – наприкінці XV – на початку XVI ст. Кожна з цих спроб була невдалою. На відміну від перших двох спроб до середини XVIII – початку XIX ст. у багатьох країнах Західної Європи було накопичено достатньо великий економічний, науковий і культурний потенціал. Небувалою значення почала набувати освіта. З 1700 року у Західній і Північно-Західній Європі стрімко розвивалось сільське виробництво. Це створило сприятливі умови для збільшення чисельності населення. Підвищився попит і створились передумови для технічного прогресу і підвищення рівня капіталовкладень.

Зауважимо: компонентами промислової революції в Європі є усі використання новинок різних галузей науки і техніки, які сприяли розгортанню масштабів кардинальних технічних і технологічних змін, що обумовили перехід від аграрної революції до промислового перевороту. Аграрна революція в Англії почалась у 1690–1700 рр., у Франції – в 1750–1770 рр., у Німеччині – в 1790–1800 рр. Відзначимо, що вона проходила без використання машин і хімічних добрив (широко використовувались органічні добрива). Базою прогресу сільськогосподарського виробництва стало покращання системи ротації культур, використання селекційного сім'я, вирощування більш продуктивних видів тварин, удосконалення знарядь праці. Аграрна революція обумовила істотне зростання ефективності сільськогосподарського виробництва. Висока його продуктивність супроводжувалась обезземеленням селян. Велика їх маса склала резерв робочої сили для промисловості. Величезна кількість продуктів сприяла зростанню населення. Це стало властивим для усіх країн Західної Європи. Так, населення Англії збільшилось з 5,8 млн. чоловік у 1700 р. до 18 млн. у 1850 році. Помітно знизився коефіцієнт смертності. Коефіцієнт народжуваності на початку XIX ст. досяг 37%. Це не могло не вплинути на динаміку розвитку промислової революції.

### **Чинники стимулювання розвитку промисловості**

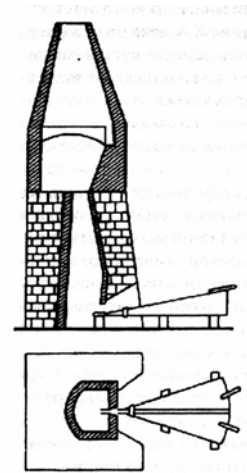
На темпи розвитку промислового перевороту вплинули і інші процеси. Серед них і ті, про які вже згадувалось у попередніх розділах книги. Так, важливою передумовою і складовою частиною промислової революції є винахід компаса, окулярів, механічного годинника. Артилерія зазнала революції у зв'язку з винаходом пороху, попередником якого є «грецький вогонь».

Невід'ємною частиною промислового перевороту є революція у засобах комунікації: – залізничний (пасажирський і грузовий), морський і річний транспорт, впровадження телефону і телеграфу, засобів енергетики, а також інновації у гірничодобувну галузь, металургію. Виникнення книгодрукування знаменувало інформаційну революцію – революцію в науці та освіті.

Розвитку виробництва сприяло удосконалення засобів наукового експерименту. В XVI–XVII ст.ст. винайдені мікроскоп і телескоп. З їх появою з'явилась можливість відкрити невидимі до того часу мікро– і макросвіт. З'явилися такі звичні для нашого часу прилади, як термометр, ртутний барометр.

Усі ці чинники стимулювали технологічні та організаційні зміни спочатку у європейському суспільстві, а потім і у країнах інших континентів. Але розглянемо еволюцію ще одного чинника, без якого важко було б уявити усі ті перетворення, удосконалення знарядь праці, машин, що властиві періоду промислового перевороту.

Вирішальне значення для цього мало покращання плавки і обробки заліза. Спочатку основним способом одержання заліза був сиродутний процес. Ним прямо з руди відновлювали залізо. Таким методом можна було його одержати у малій кількості і, головне, на це витрачалось багато часу. На зміну сиродутному процесу прийшов двоступеневий спосіб одержання сталі. Цим методом спочатку одержували чавун у доменній печі (зародження доменного процесу – середина XIV ст., Лотарінгія), а потім шляхом кричної переробки – сталь. Неважко зрозуміти, що за кількісним збільшенням виплавки і покращанням обробки металів відбулися значні зміни в гірничодобувній галузі. Вона мала істотні відмінності від сільськогосподарської галузі. Ремісники-гірники накопичували досвід, знання, передавали їх наступним поколінням. З'являються цілі міста гірників у Чехії, Саксонії, Франції та інших країнах. Населення міст гірників спеціалізується не тільки на видобутку корисних копалин, але і на виробництві з них знарядь праці, зброї, прикрас, карбуванні монет.



*Доменна піч у XV-  
XVI ст.ст.*

Уже в XVI ст. суспільна практика відповідно до потреб висунула жорсткі вимоги до науки. Якщо до цього періоду розвиток виробництва і техніки здійснювався на основі емпіричних знань, то тепер вирішальне значення набули науково обгрунтовані знання, які узагальнювали досвід і створювали теорію. Прогрес виробництва, як ми вже згадували, збагачував науку досвідом, а наука, в свою чергу, працювала над удосконаленням техніки, технології та організації виробництва. Розвиток механіки, наприклад, був викликаний використанням найпростіших механізмів у виробництві, будівництві і у гірничій справі. Великий вплив на останню галузь знань мав розвиток артилерії. Поява гідродинаміки була пов'язана з будівництвом складних гідротехнічних споруд. Прогрес хімії був стимульований розвитком металургії, фарбувальної справи і медицини.

Початок промисловій революції покладено винаходом і використанням виробничих машин і заміною ними ручної праці, а завершення – виробництвом машин машинами, тобто розвиток машинного виробництва, яке засноване на широкому використанні машинної техніки.

### **Етапи промислової революції**

Промислова революція пройшла три етапи. *Перший її етап* характеризується винаходом і розповсюдженням робочих машин у текстильному виробництві. Це створило необмежені можливості для розширення і технічного удосконалення виробництва. Таким чином, ремісниче або мануфактурне виробництво стало машинним.

Винахід теплового двигуна знаменує *другий етап* промислової революції. Парова машина, яка стала двигуном великої промисловості, задовольнила потреби фабричної системи. Вона стимулювала впровадження робочих машин в усі галузі і, насамперед, в машинобудування.

*Третій етап* промислової революції пов'язаний зі створенням робочих машин в машинобудуванні. Винайдено супорт токарного верстата (різцедержач). Машинобудування одержало потужну енергетичну базу, було обладнане робочими машинами. Це надало можливість йому налагодити безперервне виробництво будь-яких машин для усіх галузей виробництва. Використання машин у виробництві привело до виникнення великої кількості підприємств, створення промислових центрів і скупчення у них населення.

Промислова революція не в усіх країнах проходила одночасно і рівномірно. Не всі вони були для цього підготовлені.



## Англія

У 60-х роках XVIII ст., раніше, ніж в інших країнах, промислова революція почалась у Великобританії. Англійська буржуазна революція (1640–1660 рр.) проклала шлях для розвитку капіталістичних відносин. Промислову революцію тут стимулював фінансовий капітал. Мануфактурне виробництво у Великобританії досягло помітного розквіту. Англійські мануфактури своїми здобутками перевершили голландські. Але на деякому етапі розвитку мануфактури виникли суперечності між її вузькою технічною базою і самими потребами виробництва. Найбільш відчутно це проявилось у виробництві бавовняних тканин, попит на які стрімко зростав.

Перетворення ремісничого, або мануфактурного виробництва у машинне розпочалось зі змін засобів праці. «Мала» промислова революція у середньовічній Західній Європі пов'язана з удосконаленням ткацького верстата. Текстильною машиною, якою була ручна прядка, процеси прядіння і намотування пряжі на шпулю здійснювались почергово. Введення «рогульки» (ескіз її запропонував Леонардо да Вінчі), яка оберталась навколо веретена з іншою швидкістю, надало можливість сумістити згадані дві операції. Використання «рогульки» забезпечило умови, коли пряжа могла сидіти за роботою, що неможливо було зробити на прядці старої конструкції. Для сидячої роботи з початку XVI ст. почали використовувати педальний привід.

Наступні удосконалення в ткацькому виробництві пов'язані з появою у 1579 р. стрічкоткацького верстата. Ним можна було одночасно репродуктувати на всіх стрічках операцію, яку до цього проводив ткач на одній стрічці. Ця новинка належала винахіднику з Данцінга. Муніципальні власті міста приховали винахід, боячись виникнення безробіття серед ткачів. Винахідник був таємно задушений.

В'язальний верстат, який був винайдений у 1579 р. св'ященослужителем Уільямом Лі, порівняно з ткацьким верстатом, був значно складнішим через більшу складність операцій. Вже у першій моделі в'язального верстата більшість операцій була автоматизована порівняно з іншими машинами цього напрямку.

У 70–80-і роки XVIII ст. у прядінні широкого розповсюдження набули механічні прядки «Дженні», автором винаходу яких був робітник Дж. Харгрівс. До початку 1787 р. в англійській промисловості використовувалось понад 20 тис. таких машин.

Подальший розвиток механічного прядіння пов'язаний з використанням мюль-машини (таке ім'я їй дав автор винаходу), винахідником якої у 70-і роки XVIII ст. став С.Кромптон. Після того

як ця машина була визнана і широко розповсюджена, бавовняна пряжа почала вироблятися лише фабричним способом.

Механізація окремих виробництв породжувала необхідність підвищення продуктивності праці. З удосконаленням техніки виробництва у бавовнопрядінні проявилась велика диспропорція між прядінням і ткацтвом. У 1785 р. було запатентовано зразок механічного ткацького верстата, автором якого був священослужитель С.Карткрайт. А у 1801 р. у Великобританії почала функціонувати перша механічна ткацька фабрика, на якій налічувалось біля 200 верстатів. Їх впровадження прискорило механізацію ситцевибивного, красильного та інших виробництв. Розповсюдження машинної техніки викликало занепад кустарного виробництва і розорення маси дрібних товаровиробників.

З 80-х років XVIII ст. у металургії Великобританії розгортається перехід до пудингування. Таким чином забезпечувалось виробництво заліза з чавуну за допомогою мінерального палива.

Розвиток робочої машини, обладнання її великою кількістю одночасно діючих органів викликало потребу нового, більш досконалого двигуна. Наприкінці 90-х років XVIII ст. у текстильній промисловості Англії став широко використовуватись запатентований у 1784 р. паровий двигун Дж.Уатта. До 1810 р. в країні нараховувалось біля 5 тис. парових машин.

Стрімке зростання масштабів промислового виробництва і подальше розширення ринкових зв'язків вимагало удосконалення засобів сполучення. У першій чверті XIX ст. починає функціонувати пароплавне сполучення і паровий залізничний транспорт. Англія всіляко пропагувала досягнення Бессемера в металургії. Її металургійні заводи виготовляли кругле і чотиригранне бессемерівське залізо, круглу і полосову бессемерівську сталь. У 1866 р. тут бессемерівськими рейками було укладено 120 верст залізничної колії, на якій за тривалий проміжок експлуатації не було помітних ознак зносу рейок. Ці рейки одержали визнання у Західній Європі і США.

Широке розповсюдження машинної техніки зайшло в суперечність з ремісничою технікою виробництва самих машин. Однією з гострих і тривалих диспропорцій, які проявились у процесі промислової революції, стала невідповідність стрімкого розширення попиту на нові засоби праці і обмеженими можливостями їх мануфактурного виробництва. Цю невідповідність було подолано внаслідок масового впровадження машин у машинне виробництво. З початку XIX ст. у промисловості розповсюджується використання металообробних верстатів і, насамперед, токарних, які обладнані механічним супортом, винайденим у 1797 р. Модслі. (Пріоритет у

винаході механічного супорта, який заміняв руку робітника при його роботі на верстаті, належить російському механіку А.К.Нартову. Але відсутність попиту у використанні віддалило його визнання за винахідником з Росії). Англійський винахідник виготовив токарний верстат з супортом і забезпечив його ходовими гвинтами. Він же запропонував змінні зубчасті колеса для переналадки верстата відповідно до технологічних потреб виготовлення різьби на гвинтах.

У цей же час широке розповсюдження знайшло впровадження у промисловість механічних молотів та гідравлічних пресів.

## США

На шлях швидкого розвитку великої промисловості слідом за Великобританією стали Америка, Франція, Німеччина та інші країни. Загальні економічні умови для швидкого розвитку капіталістичного виробництва в Америці були створені після перемоги у війні за незалежність (1775–1783 рр.). Інтенсивному технічному переозброєнню бавовняної промисловості та деяких інших галузей США сприяла повна відсутність дріб'язкових цехових перешкод і використання технічного досвіду англійської промисловості. Масове використання парових двигунів і прискорений розвиток машинобудування у північно-східних штатах Америки відбулися у 50–60–і роки ХІХ ст. Найбільш розповсюдженим паровим агрегатом тут були машини винахідника Корліса.

В останню третину ХІХ ст. США зробили величезний стрибок в економіці. Вони перетворилися з сільськогосподарської країни у потужну індустріальну державу. Вже у 80–і роки Америка перегнала Англію за показниками виплавки чавуну і сталі. З видобутку вугілля вона міцно зайняла перше місце в світі. Високими темпами розвивалось верстатобудування, текстильна і харчова промисловість, прискорено велось будівництво залізниць. З 90–х років швидко зростають нові галузі американської промисловості: хімічна, електротехнічна, гумова, нафтова.

Професор В.Л.Кирпичов, перший директор Харківського технологічного інституту, на Колумбівській виставці в Чикаго у 1893 р. виконував обов'язки секретаря Міжнародного Комітету Експертів з механіки. Він навів характеристику машинобудування США. «За кількістю машин, які виробляються, – писав він у своєму звіті, – їх розповсюдження, а в переважній більшості випадків і за якістю, Америка значно випередила усі європейські країни, не виключаючи і колиску машинобудування – Англію. У той же час у багатьох випадках досягнута значна дешевизна виробництва».

У США виробники вдало почали пов'язувати науково-технічний і соціальний прогрес. Вони стали тиснути на ринок

європейських країн конкурентноспроможністю промислових виробів за рахунок дешевизни і коротких термінів виготовлення продукції, впровадження наукової організації праці та досягнень науково-технічного прогресу. Висока заробітна плата працівників промисловості стала одним з факторів, що стимулював блискучий розвиток механічної промисловості в Америці. Потреба в машинах і механічній роботі, що замінює м'язову силу людини, у цій країні виступила показником американської культури. У свою чергу сильна і енергійна конкуренція різного виду розгорнулася між штатами і містами, залізничними і торговими компаніями, однорідними фірмами. Значна увага власників американського машинобудування вже з другої половини ХІХ ст. приділена витисненню ручної праці, зокрема в ливарному, ковальському, токарному виробництві, деревообробній промисловості, а також у конвеєрному виробництві. Стимулююче на прогресивний розвиток американської промисловості почала діяти конкурентноспроможність промислових виробів на європейському ринку. Це супроводжувалось дешевизною і короткими термінами виготовлення продукції за рахунок наукової організації праці та впровадження досягнень науково-технічного прогресу. Особливе місце в організації масового виробництва було приділено науково-технічному оснащенню підприємств для виготовлення паровозів і вагонів, а також сільськогосподарських машин на ринковий простір Європи.

Європейські країни почали закуповувати машини, які вироблялись у США, і навіть цілі виробництва. Серед них швейні машини, металеві бойові патрони, виробництво рушниць і револьверів, насоси системи Блека і Вортингона, парові машини системи Корліса, котли Бобкокса і Вількокса, пиляльні верстати, машини для виробництва взуття, американські турбіни, різні сільськогосподарські машини і багато видів верстатів для обробки металу.

Важлива роль у досягненні такого успіху в промисловості США, як вже відзначалось, відведена конкуренції між Північчю і Півднем країни. Ця конкуренція велась з великою енергією і навіть жорстокістю. Вона перетворила мирну індустрію у повну подібність нещадної війни. Американська конкуренція виробила досить сильну зброю боротьби, яка здійснювала самий істотний вплив на економічний устрій. Цей вплив здійснювали великі промислові синдикати (пули), які стали досить розповсюдженим явищем Америки. Такі синдикати руйнували і ліквідовували справи багатьох окремих промисловців і фірм, що входили до їх складу.

## **Західна Європа**

В Італії промисловий переворот розпочався у 40-і роки XIX ст. Фабричне виробництво тут розвивалось головним чином у північних районах країни. Так посилювалась економічна відсталість Півдня. Кінцеву перемогу над кустарним виробництвом і мануфактурою крупна машинна індустрія Італії одержала в останню третину XIX ст.

Вирішальну роль у прискоренні промислового перевороту у Франції відіграла Велика французька революція. Перші кроки у механізації паперовопрядильного виробництва в країні були зроблені у 80-і роки XVIII ст. Вже у середині XIX ст. промисловість Франції виробляла не лише предмети розкошів і моди. Тут вироблялись турбіни, що мали забезпечувати вагомі результати у мануфактурному виробництві. Але перехід від мануфактурного виробництва до використання системи машин в інших галузях промисловості відбувався ще протягом багатьох десятиліть.

З великим запізненням здійснювався перехід від мануфактури до великої машинної індустрії у Німеччині. У першій половині XIX ст. вона залишалась аграрною країною з дрібним промисловим виробництвом. Перешкодою процесу технічного перевороту було збереження феодальних і напівфеодальних відносин. Але у металургії конкуренцію англійським виробам створили німецькі вироби зі сталі. Німецький промисловець Альфред Крупп, син засновника сталеливарного заводу у Гессені, на своєму підприємстві вперше у світі почав лиття безшовних сталевих бандажів для коліс залізничних вагонів і перші масивні гарматні стволи з тигельної сталі. Його сталь не знала конкуренції у деяких країнах Європи, в тому числі і у Франції, куди Крупп постачав її для потреб французької армії. Його сталь не поступалась за якістю англійській сталі і до того ж була дешевшою. До речі згадати, що суперництво європейських заводчиків в одержанні великих виробів з тигельної сталі є прикладом не лише конкуренції між ними. Це і показ можливостей металургійної технології. На Всесвітніх промислових виставках XIX ст. демонструвалось багато зброї, нею пишались виробники військової техніки. Ці ж експонати демонстрували і можливості техніки свого часу, оскільки металургія займала важливе місце як постачальник конструкційних матеріалів для виробництва машин, сільськогосподарських знарядь, зброї.

Після революцій 1848–1849 рр. розвиток крупної промисловості у Німеччині, як і у Франції, стрімко прискорився. У Німеччині у другій половині 50–60-х років XIX ст. завершальна стадія промислового перевороту характеризувалась бурхливим розвитком важкої промисловості. З початку 70-х років вона обладнала своє господарство новітньою машинною технікою. З багатьох видів промислового виробництва Німеччина посіла перше місце в Європі.

Розвиток машинної техніки у передових на той час країнах світу забезпечувався стрімким зростанням виплавки литої сталі за новітніми технологіями – *мартенівським і бессемерівським*. Така сталь стала важливим будівельним матеріалом. Це давало можливість створювати різні машини і парові двигуни, виробляти обладнання для електричного освітлення, яке суперничало з газовим і одразу ж показало свої переваги, електрозв'язку. У 1889 р. на Всесвітній промисловій виставці у Парижі плоди своєї творчості для європейців продемонстрував американець Т.Едісон – телеграф, телефон, фонограф, електротехнічні прилади.

Символом технічних досягнень XIX ст. стало будівництво ажурної башти французького інженера Густава Ейфеля, який по праву одержав звання кращого конструктора металевих об'єктів. Це був дійсно триумф, перемога інженерної і виробничої творчості.

Значні успіхи були досягнуті у розвитку хімічної технології, створенні продуктів хімії. Цей перелік не відображає всіх досягнень періоду технічного перевороту. Це лише штрихи до «портрету» промислової революції. З цим «портретом» легше скласти уявлення про зміст усіх процесів дивовижного етапу розвитку науки і техніки в історії людства, яким є період промислової революції.

Попутно відзначимо, що ж сталося у Японії. Тут умови для розвитку капіталістичного фабричного виробництва були створені революцією Мейдзі (1867–1868 рр.). Промисловий переворот у цій країні азійського континенту розпочався лише в останньому десятилітті XIX ст. Японські підприємці широко використали технічний досвід західноєвропейських країн і США. Значну частину машинного обладнання вони завезли з-за кордону. Варто відзначити, що особливо активну участь брала держава у заснуванні великих промислових підприємств, які прямо, або побічно сприяли технічному переозброєнню японської армії.

## **Росія**

Порівняємо, як здійснювалась промислова революція в Росії поряд з розвитком цивілізації у країнах Заходу. У цьому регіоні вона розпочалась з великим відставанням від країн Заходу (виняток Німеччина і Японія). Від мануфактури до фабрики промисловий переворот розпочався з першої половини XIX ст., тобто з запізненням від Англії і Америки приблизно на 40 років. Стан хімічної промисловості Росії наприкінці першої половини XIX ст. у деяких галузях можна охарактеризувати такими цифрами. Наприклад, на її території було 111 хімічних заводів, де працювало

3300 робітників. Виробництво *хромових сполук* (сорт шкіри) у Росії виникло раніше, ніж у Німеччині та Австрії. Тут вироблявся калієвий хромпик, різні хімічні продукти (фабрики в Петербурзі, Варшаві, Ржеві, Козельську та інших міст. Помітно розвивалась гірничозаводська промисловість. Популярністю користувались листове залізо і листова мідь, сталльні коси і булат. Але вони не були якимись новими виробами і не вироблялись у великій кількості. Зростання їх виробництва для задоволення потреб споживачів гальмувалось феодальними відносинами. Для успішного здійснення промислової революції потрібно було мати найманих робітників, широкий ринок для збуту промислової продукції і вкладання у промисловість великих капіталів. Такі умови з'явилися тільки після відміни кріпосного права (1861 р.).

Показником завершення промислового перевороту в Росії є її стан, коли у провідних галузях виробництва основна маса продукції стала вироблятись на підприємствах, що обладнані системою машин, руховою силою яких був паровий двигун. У дореформений період Росії лише у бавовняній (у прядінні і ситцевибиванні) і паперовій промисловості, цукроварінні основна маса продукції вироблялась на підприємствах фабричного типу. На решті провідних галузей перехід від ручної праці до машинної завершився, в основному, наприкінці 70-х – на початку 80-х років XIX ст. У 1879 р. у суконній та шерстяній галузях промисловості за допомогою машин вироблялось 54,8%, паперовій 96,3% усієї продукції. На металообробних підприємствах машинами вироблялось 86,3% усієї продукції, у цукробуряковій промисловості – 85,1%.

У 1882 р. у гірничо-заводській промисловості Росії пудлінгові печі витиснули великі горни. Вони виплавляли майже 90% всього металу. При цьому 63% енергетичних потужностей чорної металургії припадало на парові установки. Разом з тим, в ряді галузей промисловості переважала ручна праця. Серед них мебльова і шкіряна види промисловості.

Технічне переозброєння транспортної мережі Росії також завершилось у пореформений період. Протягом 60–70-х років XIX ст. на її території побудовано понад 20 тис. кілометрів залізничних колій. Так була створена основа залізничної мережі Росії.

Однією із характерних рис промислової революції в Росії було те, що вона мала слабо розвинені окремі галузі, зокрема верстатобудування. Отже, тут революція у промисловості відбувалась з відставанням від країн Західної Європи і США. Якщо в Америці цей процес відбувся за десять років, то в Росії він був майже у чотири рази довший. Слід відзначити, що матеріально-технічні умови здійснення промислового перевороту в Росії були не менш сприятливими, ніж у країнах Заходу.

## Наслідки технічного перевороту

Перехід від мануфактури до великої машинної індустрії докорінно змінив не тільки технічну базу виробництва країн, а і сферу суспільних відносин. Ствердження великої машинної індустрії у провідних галузях виробництва усіх країн, який пройшли цей шлях, створило матеріальні передумови для подальшого розвитку їх їх виробничих сил. Промисловість стала головною галуззю виробництва. Внаслідок перевороту промисловість повністю відділилась від землеробства. Швидко зростали промислові центри. Зростання машинної індустрії збільшувало чисельність промислових робітників. У Великобританії, наприклад, до середини 40-х років XIX ст. майже 3/4 населення були робітники. Тут виростили крупні міста, які були незавершені, побудовані погано і без будь-якого плану. Манчестер, наприклад, представляв собою промисловий центр, населення якого з 1760 р. по 1830 р. збільшилось більш ніж у 10 разів. Умови їх проживання – нелюдські з точки зору санітарно-гігієнічних умов.

Промислова революція мала колосальні соціальні наслідки. Вона внесла кардинальні зміни у структуру виробництва і національного багатства, становлення якісно нового типу господарських зв'язків. За 100 років сформувалась індустріальна цивілізація світу. Розширення і поглиблення внутрішніх конкурентних ринків стимулювало прогрес. Цьому також сприяла інтенсифікація зовнішніх взаємозв'язків країн (Заходу і Японії, наприклад), створення світового капіталістичного господарства. Подальший прогрес у промисловості значною мірою пов'язаний з досягненнями новітньої революції у природознавстві, яка відбулась на рубежі XIX–XX ст. Поєднання наукових досягнень цього періоду і наслідків промислової революції багато в чому визначило обличчя соціально-економічного розвитку людства, сформувало особливості індустріальної цивілізації XX ст.

Промисловий переворот зробив інноваційний процес систематичним і таким, що став керованим. Він поширив масштаби соціальної організації господарського життя до національного рівня. Наука і технологія почали завойовувати роль провідного фактора економічного зростання. Все більше і більше країн стали копіювати нові технології і прагнули використати накопичені знання. Це започаткувало формування специфічного науково-технологічного простору. Одними з яскравих центрів цього простору в Європі стали Німеччина і Англія.



## **ЗАРОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИКИ. ВПРОВАДЖЕННЯ ЇЇ ДОСЯГНЕНЬ У ПРАКТИКУ**

### **Накопичення теоретичних і експериментальних даних**

В історії науки і техніки хронологія впровадження електрики невіддільна від розвитку фізики, хімії, механіки, транспорту і зв'язку, медицини та інших галузей. Історія електрики не лише йде слідом за згаданими науками, а з певного часу випереджає їх і сприяє розвитку усіх без винятку галузей знань, матеріального виробництва, сфери побуту, послуг. В історії електрики щільно переплітаються фізичні, хімічні, механічні дослідження. За простими відкриттями приховуються складні процеси пізнання фізичного світу, які протягом багатьох століть досліджує і фізик, і хімік, і біолог, і механік. Тому наша розмова про електрику є не просто історичним оглядом розвитку уявлень про неї. Це розповідь про фізику, що заснована на частині її історії. Тому при розгляді тих чи інших явищ з історії науки ми часто будемо спиратись на елементарні уявлення про електрику. Виклад матеріалу, в основному, побудуємо за хронологічним принципом. Його розкриття буде супроводжуватись висвітленням фізичних і хімічних питань. Ми познайомимось з долею окремих видатних дослідників. Таким чином у читача, сподіваємось, виявиться зацікавленість і прагнення до більш глибокого знайомства з фізикою та її історією.

У нашій подорожі по історії науки про електрику ми зупинимось не у всіх важливих пунктах. Для того, щоб ознайомитись з усіма видатними особами та їх винаходами і наслідками використання останніх одного розділу книги мало. Але про самий древній розділ вчення про електрику в структурі сучасної фізики, а саме про електростатику, народження її основного закону, розповімо детально. Так ми логічно підійдемо до послідовності у зародженні самої теорії про електрику.

У період становлення електростатики (до 1800 р.) зроблені кроки від спостереження електричних і магнітних явищ до встановлення деяких закономірностей у галузі статичної електрики і магнетизму, створення найпростіших електростатичних машин і приладів. Промислова революція, що охоплює період кінця XVIII – початку XIX ст.ст., вже наприкінці останнього і початку XX ст. привела до широкого розповсюдження і освоєння електричної енергії.

Збагаченню історії науки про електрику присвятили свою діяльність філософи, медики, дипломати, теоретики і експериментатори. Ідеї, що покладені ними у фундамент науки, їх матеріалізація, часто здійснювались представниками професій, які

нічого спільного не мали з наукою і технікою електрики. Цей, лише на перший погляд, простий факт при уважному її вивченні виявляється не таким вже і елементарним. Свій внесок у цей процес внесли: придворний лікар Гільберт, дипломат, бургомістр Отто фон Геріке, про яких ми вже згадували, механік Гауксбі, політичний діяч Франклін, військовий інженер Кулон, аристократ Кавендіш, знаменитий Максвелл, Джозеф Томсон та інші вчені різних галузей науки.

Відомості про електрику свідчать про складний і тривалий шлях її розвитку завдяки зусиллям багатьох людей. З цілим рядом електричних явищ знайомі були ще люди глибокої давнини. Наприклад, про розряди, що створює електричний скат-риба. Її дивовижні властивості були відомі давнім єгиптянам, про які пізніше згадували у своїх творах грецькі та римські автори. У них же ми зустрічаємо описання тліючого газового розряду, що виникає на загостренні високих предметів у грозову погоду і супроводжується помітним світінням. Найбільш відомою була властивість бурштину притягувати легкі предмети. Але всі три згадані явища в уявленні древніх ніяк не пов'язувались між собою.

У розвитку науки про електрику провідну роль відіграло вивчення властивостей натертого бурштину. Притягання легких предметів натертим бурштином і уявлення, як древніх, так і середньовічних вчених, поєднувалось з властивостями магнетиту (залізної руди) притягувати залізо. Таким чином, електричні явища вперше поєднались з магнітними. Але вчені залишали поза увагою ці властивості. Першим наполягав на роз'єднанні електричного і магнітного притягання знаменитий італійський математик, винахідник і лікар Ієронімус Кардано (1501–1576 рр.). В одному із трактатів він обгрунтував свою думку.

1600 рік для історії науки – це початок століття наукової революції, творцями якої були Коперник, Кеплер, Галілей, Декарт, Лейбніц, Ньютон та ін. В цьому ж році в Лондоні видана книга лейб-медика королеви Англії Єлизавети Тюдор Гільберта «Про магнетизм, магнітні тіла і про великий магніт – Землю». Його роботи в галузі електрики є додатком досягнень наукової революції XVII ст. Як дослідник у галузі електричних і магнітних явищ він провів понад 600 дослідів, побудував перші теорії електрики і магнетизму. Щодо книги, то більша її частина присвячена висвітленню магнітних явищ. Але одна глава містить відомості про притягання бурштину. В ній Гільберт описує прилад для електричного спостереження – перший в історії електроскоп. За його допомогою, зрозуміло, неможливо було всебічно провести дослідження електричного притягання. З побудовою цього приладу можна ознайомитись у підручнику з фізики.

Наступне істотне відкриття в галузі електрики зроблено Отто фон Геріке. У 1672 р. в Амстердамі видана його книга «Нові так звані магдебургські досліди про порожній простір». У книзі міститься описання численних досліджень з пневматики. Однак, одна глава присвячена електриці. В ній Геріке розповів про дію створеної ним електричної машини. Вона являє собою кулю, що відлита у скляній



*Перша електрична машина Отто Геріке*

колбі. Коли її обертати і натерти долонями, то вона наелектризується і здатна притягувати до себе різні обрізки або листочки з золота, срібла, паперу та інших залишків. За допомогою цього приладу Геріке вивчав електричні явища, зокрема виявив явище електричного відштовхування, електричного світіння у темряві – спостерігав світіння наелектризованої сірчаної кулі. Це була перша в історії фізики електростатична машина, з побудовою якої знайомлять школярів. Але Геріке, як і Гільберт, електричні явища пояснював як гравітаційні. Обидва вчені ототожнювали електричне і гравітаційне притягування.

З початку XVIII ст. зацікавленість до електричних явищ з боку вчених посилюється. Через 34 роки після опублікування книги Геріке англійський фізик-експериментатор і конструктор наукових приладів Френсіс Гауксбі (1666–1713 рр.) сконструював першу електричну машину і захопився дослідженням електричних розрядів. Він вивчав електричні явища, електролюмінесценцію. У 1710 р. ним відкрито явище світіння повітря у скляній трубці при електричному розряді. Гауксбі прийшов до відкриття, повторюючи досліди Бойля, Гука і Папена. Він, як і французький астроном Ж. Пікар, струшував барометричну трубку з ртуттю і помітив, що над поверхнею останньої виникає світіння. Гауксбі пов'язав це наче б то оптичне явище з електрикою. Він зробив висновок, що внаслідок тертя ртуті об скло воно електризується і всередині трубки виникає порівняно сильне електричне поле. Гауксбі продовжував робити численні досліди, створив електричну машину і довів, що у виникненні світіння істотна роль належить тертю. Йому фактично належить першість «зробити видимим» електричне поле. Щось подібне до нього за допомогою металевих ошурків дослідники вже спостерігали з магнітним полем. Демонстрація у школі з паперовими

султанчиками і є дещо змінений дослід Гауксбі. Він є винахідником електроскопа з льняних ниток.

Електричні досліди Гауксбі привернули увагу англійського аматора науки Стефена Грея. Він зробив відкриття, що електрика може передаватись від одного предмета до іншого за допомогою металевого дроту або прядильної нитки, але не може передаватись по шовковій нитці. Він перший поділив усі тіла на провідники і непровідники електрики. Надійно підтвердив існування явища електростатичної індукції і показав, що заряд розподіляється по поверхні тіла. Грей виявив і провідність тіла людини. Після винаходу конденсатора у 40-х роках XVIII ст. розпочались досліди впливу електрики на людину. Англійський поет Г.Бозе про досліди Грея написав так:

Безумній Грей, что знал ты в самом деле  
О силе той неведомой доселе?  
Разрешено ль тебе безумец рисковать  
И человека с электричеством связать?

Результати досліджень Грея дали поштовх новим дослідженням і відкриттям. З цього часу вони практично не перериваються.

Вивчення досягнень попередників дає можливість дивитись на проблему в цілому і формулювати нерозв'язані питання. У 1732 р. французький фізик Шарль Франсуа Дюфе зацікавився дослідами Грея. При проведенні експериментів у нього проявилось прагнення докорінно вивчити досягнення попередників, систематизувати накопичене, узагальнити закономірності. Свідченням таких властивостей Дюфе є зміст його першої статті «Історія електрики». Це є перша публікація в історії у галузі електрики. У 1733 р. Дюфе відкриває два види електрики. Вони отримують назву «скляний» і «смоляний» види. Перший її вид виникає на склі, гірському кристалі, дорогоцінних каміннях, волоссі, шерсті; другий – на бурштині, шовку, папері та ін. Дюфе встановив, що однакові види електрики відштовхуються, а різномірні – притягуються. Він перший в історії провів дослід наелектризування людини і одержав з нього електричні іскри. У 1735 р. висловив думку про електричне походження блискавки і грому.

Наступна сторінка історії електрики пов'язана з містом Лейденом. Тут у 1745 р. голландський професор Пітер ван Мушенбрук зробив спробу у скляному посуді наелектризувати воду від машини Геріке. Мушенбрук перший звернув увагу на фізіологічну дію електричного розряду. Результати такого експерименту він відчув на собі. З цього приводу вчений написав, що не дав би згоди ще раз відчути таке страшне потрясіння. Так з'явився *перший конденсатор*.

Експеримент Мушенбрука повторювали ентузіасти. Легенда говорить, що 180 французьких мушкетерів взяли за руки і розрядили на собі лейденську банку. Удар струму їм видався страшніше шпаги. Інша легенда свідчить про бажання повторити такий же експеримент паризькими монахами, які визнали дію лейденської банки як диявольську силу.

У містах Європи чудо лейденської банки демонстрували



любителям дослідів. Один з них на ім'я Спенсер виїхав до Америки і показував глядачам, як за допомогою електричного струму вбивати курчат, запалювати спирт і робити інші дивовижні речі. Так вперше серед багатьох американців з електрикою познайомився і природодослідник Бенджамен

Франклін (1706–1790 рр.).

З попередніх викладок ми вже побачили, що з різноманітних спостережень поступово виділялись основні. Саме вони і могли скласти основу теорії. Внаслідок такого методологічного підходу в середині XVIII ст. Франкліну і вдалось сформулювати загальні принципи пояснення електричних явищ. Він, як і багато інших історичних осіб, що присвятили себе науці, викликає зацікавленість.

Народився Франклін в сім'ї ремісника. Проживав деякий час в Англії. У Філадельфії мав свою друкарню, в якій видавались книги і журнали, що користувались великим попитом у населення. Був послом у Парижі. Приймав участь у підготовці Декларації про Незалежність Америки. З його участю підписано договір 1783 р. (на закінчення війни Півночі та Півдня 1775–1783 рр.), який і започаткував шлях незалежного розвитку США. В 1785 р. Франкліна було обрано Президентом Законодавчих Зборів штату Пенсільванія. Він є одним з авторів Конституції США. Займався науковою і викладацькою роботою (викладав фізику).



*Бенджамен Франклін з сном*

В нашому явленні його ім'я пов'язане перш за все з видатним дослідом з приборкування блискавок. У XVIII ст. про природу

електрики існували лише сумніви. Наука про електрику складалась з випадкових спостережень. Франклін почав її вивчати. Ним створено *азбуку електрики* у повному розумінні цього слова. Він увів для користування такі терміни, як *батарея, конденсатор, провідник, заряд, розряд, обмотка*. Тобто це є та азбука, за якою згодом будуть написані наукові праці Ампера, Вольтя, Фарадея, Максвелла, Попова. Франкліна прозвали “чарівником електрики”. До того часу, коли він почав займатись вивченням електрики, йому був 41 рік. Природодслідники мали збіднілі факти, дотепні прилади і абсолютно не розуміли самого явища. Всі їх пізнання зводились до існування двох видів самостійних зарядів - «скляного» і «смоляного». Франклін засумнівався у правильності цієї гіпотези і прийшов до висновку, що електрика складається з найдрібніших однакових часток. Таке тлумачення було дано за 150 років до відкриття Джозефом Томсоном електрона наприкінці XIX ст.

Франкліну належить відкриття стікання електричного заряду з вістря. Він довів, що електрика при терті не народжується заново, а тільки перерозподіляється між тілами. Велике враження на сучасників зробив доказ електричної природи блискавки, що обґрунтований Франкліном. Його досліди з громовідводами вперше доводили електричну природу грозових розрядів. Наявність зв'язку між блискавкою і електрикою, як відомо, припускав ще Ньютон у 1716 р.

Після винаходу громовідводу люди боялись ним користуватись. У Філадельфії крім Франкліна громовідвід на будинку свого дому встановив лише один житель. У французькому місті Сент-Омері за таке зухвальство порушено судову справу проти сміливця. Слідство йшло протягом чотирьох років. У судовому процесі на захист громовідводу виступав адвокат Максимильєн Робесп'єр, обвинувачем – Жан Поль Марат. Вирок суду був на користь громовідводу. Різке ставлення до громовідводу змінилось після того, як в італійському місті Бесчія блискавка вразила вежу з запасами пороху для Венеціанської республіки. Загибло більше трьох тисяч людей.

Як і кожний видатний вчений, він не обмежував коло своїх наукових інтересів тільки електрикою. Він накопичив величезний матеріал про штормові вітри, на основі якого і створив теорію про їх виникнення. З його участю проведені досліди з визначення швидкості, ширини і глибини Гольфстріма. Назва ця запропонована Франкліном і ним же нанесена на географічну карту.

Поступово, з перебігом часу, розвивались і способи реєстрації електрики. Спочатку це було за принципом «є-нема», тобто детекторів електрики. Згодом робляться спроби перетворити ці засоби у вимірвальні прилади.

Перші дослідження з визначення залежності електростатичних сил на відстані проведені у 40-і роки XVIII ст. Але всі дослідники припускались однієї тієї ж помилки. Вони нехтували тим, що розміри тіл здатні впливати на результати дослідження. Такими дослідженнями визначені роботи німецького вченого К.Кратценштейна, відомого фізика і математика Д.Бернуллі.

Дослідження вказаних вчених стали прологом до класичного закону фізики – закону Ш.О. Кулона.

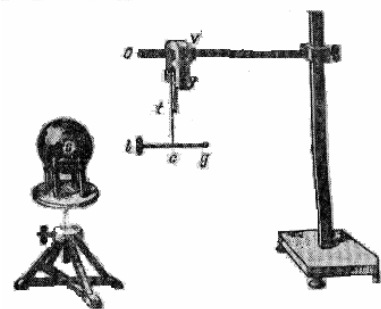
Автор класичного закону фізики Шарль Огюстен Кулон (1736–1806 рр.) був військовим інженером-будівельником, математиком, доглядачем вод і фонтанів короля Франції. Але головним заняттям цієї людини стало дослідження електрики, результатом якого і став фундаментальний закон електростатики – знаменитий закон Кулона: «Сила відштовхування двох маленьких кульок, наелектризованих електрикою одного роду, обернено пропорційна відстані між центрами кульок»



*Електроскоп*

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

У 1784 р. Кулон побудував крутильну вагу для одержання дуже чутливого методу виміру сили. В наступному році на взаємодії точкових магнітних полюсів він експериментально встановив свій закон. Після наукових робіт Франкліна відкриття закону Кулона стало найбільш важливим етапом у розвитку науки про електрику. Цей закон дав змогу кількісно описувати електричні явища. Кулоном було висунуто гіпотезу магнетизму, згідно з якою магнітні рідини невідільні або не можуть текти, як їх електричні аналоги, і пов'язані з окремими молекулами. Він припускав, що кожна молекула в процесі намагнічування стає поляризованою. Встановив, що електрика розподіляється по поверхні. Сконструював магнітометр. Ним закладено основи електро- і магнітостатики.



*Установка Кулона для дослідження сил електростатичного притягання*

Історія науки про електрику пов'язана з науковою діяльністю англійського фізика і хіміка Генрі Кавендіша. Дослідження він проводив у власній лабораторії, яка згодом названа його ім'ям і відома всьому світу науковими досягненнями багатьох поколінь природодослідників. У цій лабораторії «народилось» в майбутньому чимало Нобелівських лауреатів. Кавендіш публікував тільки ті статті,

достовірність яких у нього не викликали сумніву. У зв'язку з цим чимало його робіт залишались невідомими науковій громадськості.

У 1879 році Максвелл опублікував такі роботи і стало відомо, що у деяких випадках Кавендіш значно випереджав результатами своїх досліджень сучасну йому науку. У 1771 році він, ще за 14 років до відкриття Кулона, дійшов висновку, що сили електричної взаємодії обернено пропорціональні квадрату відстані між зарядами. Кавендіш увів до вживання поняття електроємності. Відкрив вплив середовища на ємність конденсатора і визначив діелектричну проникність деяких речовин. У 1798 році за допомогою крутильної ваги зробив вимір сили двох невеличких сфер. Цим він підтвердив закон всесвітнього тяжіння. Визначив гравітаційну сталу, масу і середню густоту Землі ( $5,18 \text{ г/см}^3$ ).

Фізіологи XVIII ст. намагались використати досягнення електрики для потреб медицини.



*Дослід Гальвані з препарованою жабою*

Італійський професор і хірург-практик Луїджі Гальвані (1737–1798 рр.) досліджував зміни м'язів у жаби. Наслідком його спостережень став висновок, що існує «тваринна» електрика. Але гіпотеза Гальвані була спростована. Його співвітчизник – фізик, хімік і біолог Алессандро Вольта (1745–1827 рр.) спростував теорію Гальвані і дійшов висновку, що джерелом електрики не є тваринний організм, а контакт двох різнорідних металів, використаних Гальвані. Вольта доказав, що система «залізна пластина - м'язова тканина - мідний гачок»

представляє собою не що інше як електричний ланцюг. М'язи жаби в ньому виконують функцію електроліту, який потрібен для роботи гальванічного струму. Одночасно м'яза є регулятором проходження постійного струму.

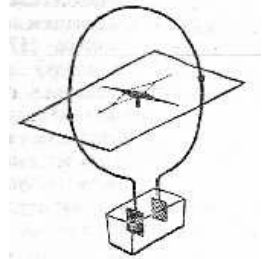
У 1775 році Вольта побудував електрофорну машину («електрофор» - посилення електрики). Вона була значно досконаліша, ніж машина Франца Епінуса, яку він створив у 1757 році. З побудовою такої машини учнів знайомилять у школі (машина Гольца). За її допомогою «одержують» електрику. Електрофором Вольта реалізована його ідея автоматизації процесів, які повторюються.



Наукові основи електротехніки закладені з 1800 по 1803 роки. У цей період вчені розпочали вивчати дії електричного струму. Встановлені закономірності в галузі електромагнетизму. Здійснено перші кроки практичного використання електрики. В 1800 р. А.Фуркруза спостерігав теплову дію електричного струму. У.Нікольсон, А.Карлейль та І. Дейман відкрили явище розкладання води за допомогою електрики. В 1802 р. зроблено ще декілька відкриттів, а саме: У.Волластон виявив хімічну дію, а У.Нікольсон – світлову дію електричного струму. В.В.Петровим відкрита електрична дуга і проведено досліди з використання її для плавлення металу, спалення різних речовин.

Створення джерела електричного струму дало можливість датському вченому–фізику Хансу Кристіану Ерстеду у 1812 р. висловити припущення про вплив електричних сил на магніт. Через вісім років він експериментально виявив дію електричного струму на магнітну стрілку. Цим відкриттям започатковано нову галузь фізики – електромагнетизм–електродинаміка.

Дослідження Ампера з теорії магнетизму стали можливим, але не останнім кроком на шляху перетворення окремих теорій електрики і магнетизму в єдину науку. Доля дала людству Майкла Фарадея (1791–1867 рр.) – датного вченого–експериментатора. Своїми працями він дарував життя генераторам і динамомашинам усього світу. Російський вчений–фізик О.Г.Столетов так писав про Фарадея: «Ніколи з часу Галілея світ не бачив стільки разючих, гідних подиву і різних відкриттів, що вийшли з однієї голови, і навряд чи вдасться побачити другого Фарадея». Додамо до цих слів те, що сказав про Фарадея Лауреат Нобелівської премії П.Л.Капиця. «Мало кому з вчених поталанило поставити у фізиці більше однієї віхи. Фарадей поставив їх декілька». Радянський вчений мав на увазі проблеми і напрямки, які розв'язав цей фізик-експериментатор №1.



*Дослід Ерстеда*

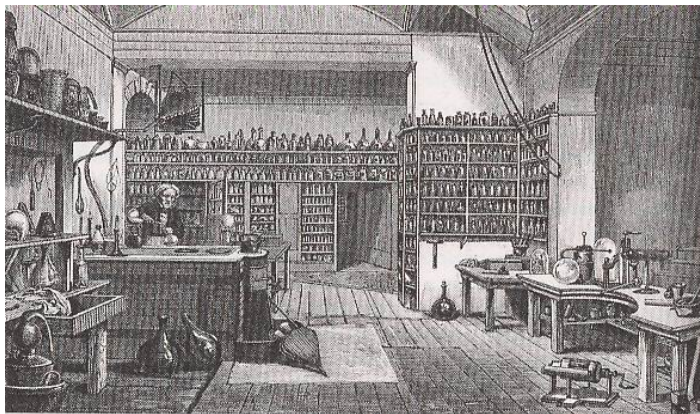
Фарадей є одним з найбільш великих вчених ХІХ ст. Він мав надто широке коло наукових інтересів. Це різностороння людина. Але самим визначним його досягненням (це досягнення треба оцінювати спільно з Максвеллом, тому що воно належить обом, бо Фарадей народився на 40 років раніше ніж Максвелл і разом вони ніколи не працювали) є уведення поняття електромагнітного поля і розробка його теорії. Згодом у цей напрямок великий внесок зроблено німецьким фізиком Генрихом Рудольфом Герцем (1857–1894 рр.).

Уведені до фізики другої половини ХІХ ст. ідеї трьох згаданих осіб відкрили шлях до нового філософського погляду, який відрізнявся від механістичного. Результати праць Фарадея,

Максвелла і Герца дали поштовх розвитку сучасної фізики, створенню нових понять і нової картини дійсності. Наведемо деякі відомості з біографії Фарадея, що характеризують його не лише як талановиту, але і цілеспрямовану людину.

Майкл Фарадей народився в Лондоні в сім'ї коваля. Навчався в початковій школі і з чотирнадцяти років почав працювати учнем у палітурній майстерні. Після того як він прослухав лекцію Гемфрі Деві, ним оволодіває бажання присвятити себе науці. Наполегливий Фарадей став асистентом знаменитого вченого. Перший період його діяльності пов'язаний з хімією. Як асистент, визнав Деві, Фарадей працює активно і бадьоро, його дії розумні. Він одержує бензол, який згодом почали використовувати при одержанні багатьох хімічних речовин, вивчив його фізичні і деякі хімічні властивості. Вперше отримав у рідкому стані хлор, потім сірководень, двооксид вуглецю, аміак і діоксид азоту та ін.. Він один із засновників кількісної електрохімії. Популярність набули роботи Фарадея зі спалення газів. Після зустрічі з Ампером і Гей-Люссаком Фарадей остаточно визначився у своєму покликанні – вирішує стати фізиком.

У 1820 р. йому стало відомо про відкриття Ерстедом магнітної дії електричного струму. Фарадей ставить собі зворотнє завдання - перетворити магнетизм у електрику. З 1821 р. коло наукових інтересів Фарадея зосереджене на дослідженні в галузі електрики. Ним вдало здійснено дослідження з обертання магніту навколо провідника зі струмом, а потім – навпаки. Таким чином, Фарадеєм створено лабораторну модель електродвигуна. Восени 1831 р. він провів п'ять дослідів і розкрив таємницю електромагнітної індукції.



*Лабораторія Фарадея*

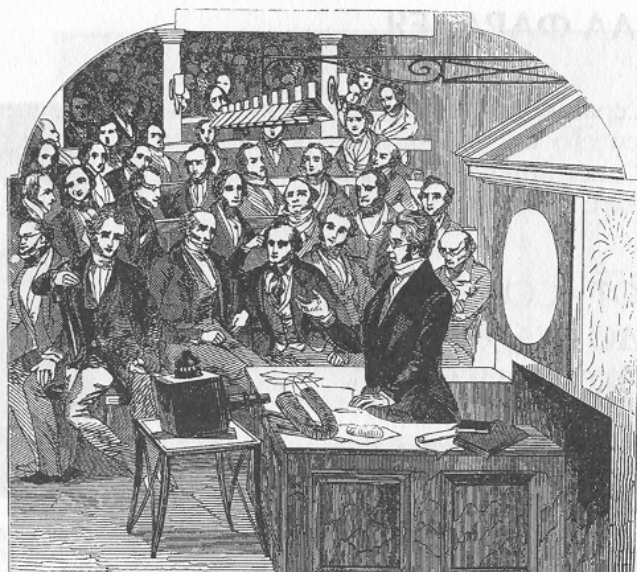
Авторитет Фарадея як вченого зростає. Після Деві він стає директором Королівського Інституту. В наступні роки Фарадей досконало вивчив відкрите ним явище і встановив закон електромагнітної індукції.

У порівнянні з відкриттям Ерстеда новина Фарадея означала можливість одержання електричного струму механічним шляхом, а також зворотну можливість приведення в дію машин за допомогою електричного струму. Відкриття Фарадея визначило долю всієї

важкої промисловості. Але тільки через п'ятдесят років стало можливим одержати з нього користь.

Фарадей поставив собі за мету розкрити зв'язки між електрикою, магнетизмом, теплотою і світлом. Серією дотепних дослідів він встановив кожен з таких зв'язків. Йому належить відкриття екстраструмів при замиканні та розмиканні, встановлення їх спрямованості. Спираючись на великий експериментальний матеріал, Фарадей довів тотожність відомих на той час видів електрики: «тваринної», «магнітної», термоелектрики, електрики, що виникає через тертя, гальванічної електрики. Експериментами проходження струму через розчини солей і лугів вченим відкриті закони електролізу. Ним збагачена азбука електрики – уведено такі поняття, як рухомість, катод, анод, іон, електроліз, електроліт. Фарадеєм винайдено вольтметр, відкрито явища діаманетизму, обертання площини поляризації світла у магнітному полі тощо.

Таким чином, Фарадей є засновником учення про електричне і магнітне поля. На думку Ейнштейна ідея магнітного поля була найоригінальнішою ідеєю Фарадея, найважливішим відкриттям з часу Ньютона. На відрізнення від Ньютона та інших вчених, які розглядали простір як пасивне вмістилище тіл і електричних зарядів, у Фарадея цей простір бере участь у явищах. У зв'язку з цим Ейнштейн писав, що розпізнання факту причетності простору між зарядами і частками до описання електричних явищ є дар наукового прогнозування.



*Майкл Фарадей читає лекцію у Королівському Інституті*

Уявлення Фарадея про електричні і магнітні поля спростувала принцип дальності Ньютона, згідно з яким дія тіл одне на інше передається миттєво і через порожнечу на будь-які великі відстані. Фарадей твердо відстоював думку про близькодію, згідно якої всяка взаємодія розповсюджується не миттєво, а поступово, від поштовху до поштовху, можливо і з великою швидкістю.

Для описання електричних і магнітних явищ Фарадей увів уявлення про електричні і силові лінії, які він вважав реально існуючими. Довів експериментально закон збереження електричного

заряду. Він наблизився до відкриття закону збереження і перетворення енергії. Висловив думку про єдність різних видів енергії і про їх взаємне перетворення.

Фарадей був загально визнаним вченим свого часу. Його внесок у науку виключно великий. І все ж науковий світогляд його і теоретичні концепції не визнавались сучасниками. Підсумовуючи наукову діяльність Фарадея, можна сказати, що він вивів науку про електрику і магнетизм з кривих лабораторних вуличок на широку дорогу у двадцяте століття. Фарадей був палким популяризатором фізики, залишив цілий ряд наукових праць. Книга «Історія свічки» перекладена майже усіма мовами світу. Фарадей не зміг подолати багатьох перешкод у дослідженнях тому, що не володів знаннями з математики. Це йому перешкодило якісні уявлення про силові лінії перекласти на мову математики.

Цю складну проблему розв'язав Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879 рр.). Народився він у рік відкриття Фарадеєм явища електромагнітної індукції. Освіту одержав у Кембріджі, де колись працювали Ньютон, Гук, Галлей. Тут Максвелл вивчав механіку, фізику, геометрію. Проводив досліди з механіки і теорії теплоти, оптики і молекулярної фізики. Головним завданням його життя стало створення електродинаміки, теорії електромагнітного поля. Максвелл зацікавився недостатньо зрозумілими для нього силовими лініями Фарадея. На той час була накопичена сукупність експериментальних даних з електрики, значна частина яких подана теоретичними схемами. Над створенням теорії електромагнетизму працювали такі видатні теоретики, як В.Вебер, Г.Гельмгольц, Г.Кірхгоф, Ф.Нейман та інші. І все ж єдиної теорії в середині XIX ст. не існувало.

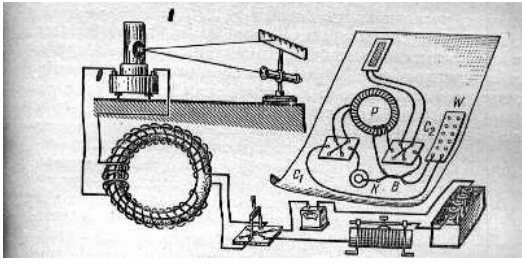
Формування і розвиток теорії Максвелла добре простежується по його працях у галузі електрики. Перші свої класичні дослідження він позначив студентською роботою «Про фарадееві силові лінії». Максвелл розвиває концепцію опису попередником процесів у середовищі за допомогою своєрідних трубок (конструкцій трубок). Фізикам-теоретикам ця концепція залишалась незрозумілою. Максвелл математичним шляхом робить її доступною широкому колу фізиків. «Електростатичну» ідею Фарадея він пов'язує з уявленнями про магнітний потік і його інерційні властивості. Деякі роботи Максвелл присвячує розвитку цієї ідеї. Він намагається, з одного боку, перекинути місток до механіки, з другого, – пов'язати ідеї Фарадея з роботами математиків і фізиків. З цією метою він вводить функцію вектора-потенціала. Теорію електромагнітного поля Максвелл сформулював у вигляді декількох рівнянь (рівняння Максвелла). Вона є виразом усіх закономірностей електромагнітних явищ. Для її створення вчений використав одну з найважливіших формул перетворення інтегралів по об'єму в інтеграли по поверхні,

творцем якої був М.В.Остроградський. У своїй теорії Максвелл дає визначення електромагнітного поля, вводить таке нове поняття, як “струм зміщення”. Ним зпрогнозовано новий важливий ефект: існування у вільному просторі електромагнітного випромінювання (електромагнітні хвилі) і його розповсюдження у цьому просторі зі швидкістю світла. Останнє дало Максвеллу підстави вважати світло одним з видів електровипромінювання (ідея електромагнітної природи світла) і розкрити зв’язок між оптичними і електромагнітними явищами. У 1873 р він теоретично вичислив тиск світла.

Максвелл залишив праці і в інших галузях знань. Ним сформульована теорема і теорія пружності (теорема Максвелла). Він установив відношення між основними теплофізичними параметрами (гідродинамічні співвідношення Максвелла). Розвинув теорію кольорового зору. Дослідженнями сталості кілець Сатурна Максвелл показав, що вони не є твердими або рідкими. Це є рій метеоритів. Він власноручно конструював прилади і був популяризатором фізичних знань.

Коли говорять про те, що теорія Максвелла сформулювала електромагнітну картину світу, то мають на увазі її сприяння поєднанню таких розділів фізики, які до неї вважались слабо пов’язаними. Електромагнітна теорія світла пов’язала електромагнетизм і оптику; обмін енергією між тілами шляхом електромагнітних хвиль (теплове випромінювання). Максвелл висунув питання про застосування законів термодинаміки до явищ електромагнетизму.

Електромагнітна теорія Максвелла тривалий час не визнавалась багатьма відомими вченими (як і електромагнітна теорія світла). Вирішальним доказом її справедливості стало відкриття Герцем у 1888 р. експериментальним шляхом електромагнітних хвиль, що розповсюджуються у вільному просторі. Розвиваючи теорію Максвелла, Герц рівнянням електродинаміки надав форму, за допомогою якої можна визначити повний взаємозв’язок між електричними і магнітними явищами (електромагнітна теорія Максвелла–Герца). Досліди Герца відіграли вирішальну роль у визнанні електромагнітної теорії Максвелла. Як і досліди Герца, життєздатність теорії Максвелла ствердили експерименти російського вченого П.М.Лебедева з визначення тиску світла. У 1899 р. він експериментально довів існування тиску світла на тверді тіла, а ще через вісім років – на газу. Це стало прямим доказом електромагнітної теорії світла.



*Схема установки  
О.Г.Столетова для вивчення  
магнітних властивостей  
заліза*

Історія науки про електрику не буде повною, якщо не згадати всіх осіб, які по краплинці збагачували цю галузь. У короткому повідомленні зробити це неможливо. Але ім'я одного з вчених ми все ж згадаємо. Мова йде про О.Г.Столетова, відомого багатьма своїми науковими досягненнями. Його праці по намагнічуванню заліза перетворили електротехніку з науки

емпіричної в теоретичну. Великим внеском в електротехніку є його праці, в яких висвітлюються системи одиниць для електричних вимірів. На основі дослідженого вченим явища фотоефекту створені фотоелементи, що на заводах і фабриках сортують і рахують продукцію, управляють прокатними станами і виплавою металу, читають креслення і виготовляють по них деталі. Фотоелементи перетворили німе кіно у звукове, зробили можливим користуватись фототелеграфом, працюють в різних автоматичних пристроях, наприклад у метро.

Вакуумна установка Столетова для вивчення електричних явищ у розріджених газах стала прообразом електронної лампи, яка здійснила справжню революцію в електротехніці. Радіоприймачі і радіопередавачі, рентгенівські апарати і газорозрядні трубки, радіолокатори і електронні мікроскопи, телевізори і електроннообчислювальні машини – ось далеко не повний перелік того, що стало можливим завдяки науковим працям О.Г.Столетова.

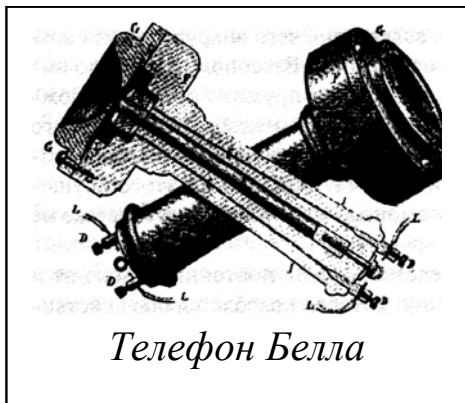
## **Використання досягнень електрики**



*Алессандро Вольта демонструє винайдену ним електричну батарею Першому консулу Франції Наполеону Бонапарту*

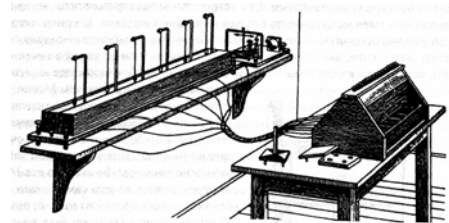
Практичне використання електрики стало одним з найвеличніших досягнень XIX ст. У 1800 р. Алессандро Вольта сконструював першу електрохімічну батарею, яка дала постійний струм. Цим вперше було закладено основи практичного

використання електрики. Вченими, як уже згадувалось, були відкриті властивості електричного струму, спрямовано його на користь людства. З цього часу освоєння електрики набрало виключно великих темпів.



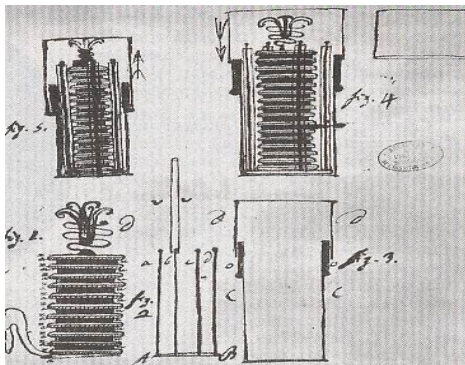
*Телефон Белла*

У 1802 р. російський вчений



*Телеграфний апарат Шиллінга*

В.В.Петров відкрив і вивчив електричну дугу. У 1808 р. Деві продемонстрував принцип дії дугової лампи. Розробка у 1821 р. Фарадеєм теоретичних основ дії електродвигуна і у 1831 р.



*Вольтів стовп*

динамомашини була доповнена положеннями теорії, на базі яких відбувся розвиток телеграфу і телефону. Вони швидко розповсюдились у багатьох галузях суспільного життя.

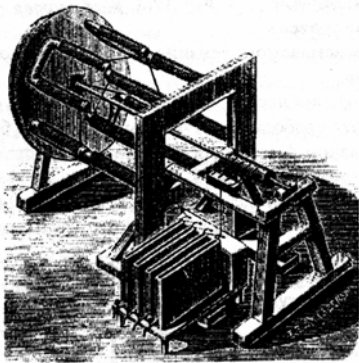
Першою і важливою галуззю використання електрики став телеграф. Тут практичні труднощі були простіші, ніж у справі електричного освітлення. Перший

у світі електромагнітний апарат був побудований у 1832 р.

російським інженером П.Л.Шиллінгом. Через п'ять років, незалежно від Шиллінга, такий же апарат винайшли американець Семюель Морзе, англійці Кук і Уйтсон. В Англії і США він швидко розповсюдився. З 1866 р. апарат перетворився у *засіб міжнародного зв'язку* – відкрито трансатлантичне сполучення зв'язку за допомогою телеграфа.

Якщо було винайдено засіб передачі сигналів за допомогою електрики на великі відстані, то, природно, вчені шукали вдалих способів передачі усної мови на далеку відстань. У 1876 р. Олександр Белл переселився з Шотландії до США і там винайшов телефон. Вже через декілька років цей винахід використовували в усіх цивілізованих країнах світу.

До першої половини XIX ст. відноситься зародження прикладної *електрохімії*. Видатну роль у цьому відіграв Б.С.Якобі, якого по праву назвали піонером електротехніки. Він належав до тих вчених, хто теоретичні положення перетворював у практичні справи. Якобі мав ясний розум, діяльний, реалістичний німецький мозок. Усі відомі йому наукові досягнення вчений намагався втілити у



*Електродвигун Якобі*

практику, слова у цифри, формули у схеми, перетворити щось абстрактне в залізо, в те, що крутиться, обертається. Якобі розумів, що водяні колеса, як рушійна сила, це добре. Але вони диктують будівельникам місце розташування фабрик. Потужність парової машини обкрадена шківами, приводними пасами, вона громіздка. Електрика має звільнити виробництво від вказаних недоліків – ось головна мета Якобі.

В основу своєї діяльності вчений поклав союз думки і діла. Він писав: «З науки я брав тільки те, що вело до практичного результату». Його завданням стало примирення науки і техніки, стерти несправедливість, яка виникла між теорією і практикою. Відомий радянський вчений С.І.Вавілов писав: «Ім'я Якобі, видатного фізика, геніального електротехніка і винахідника по праву має зайняти місце поряд з іншими славними іменами академіків-фізиків – Ейлера, Ломоносова, Петрова».

Фарадей доказав, що рух у самій природі. Якобі вирішив створити механічний електричний двигун – магнітну машину. Перший магнітний апарат він побудував у 1834 р. Повідомив про це у Париж і доповів на засіданні Академії наук у Петербурзі. Його праця «Використання електромагнетизму для приведення в рух машин» була опублікована у грудні того ж року. Якобі примусив електромагнітні явища служити людству. Перший електродвигун мав



значні переваги над його попередниками. Цар Микола I побажав, щоб електричний двигун, насамперед, був використаний на суднах. У вересні 1838 р. на Неві пройшов випробування човен з електричним двигуном.

Деві і Фарадею була відома властивість осаджування металів на катоді, що опущений в електроліт. Якобі прийшла думка про практичне використання цього явища. У жовтні 1838 р. він сповістив Академію наук у Петербурзі про розробку ним способу одержання точних копій різних предметів. Так народилась гальванопластика. У 1840 р. видано працю вченого «Гальванопластика, або спосіб одержання зразка виробляти мідні вироби з мідних розчинів за допомогою гальванізму».

Згадане далеко не повністю відображає творчий підхід Якобі до використання досягнень науки про електрику. Йому належить декілька конструкцій електричних телеграфів, зокрема перший у світі букводрукуючий апарат. У 1843 р. Якобі встановив лінію пишучого телеграфу між Петербургом і Царським Селом.. Вперше у світовій практиці для другого проводу використав землю. І такий перелік новинок можна було б продовжити.

До початку 70-х років XIX ст. в більшості європейських країн, США, Японії, Росії завершився або настав вирішальний етап промислової революції (промислового перевороту). Як і до того, тут використовували різні парові турбіни, водяні двигуни. Але не було ні однієї галузі, в яку не проникла б електрика. Вона все більше почала заявляти про себе. Її успіх проявився через лампи розжарювання. Початок створення таких ламп заклав Де ля Руї. У 1820 р. ним створено першу платинову лампу розжарювання.

У 1873 р. О.М.Лодигін вперше продемонстрував ефективність декількох конструкцій ламп розжарювання для освітлення виробничих приміщень. У галузі дугового освітлення велику роль відіграли праці П.М.Яблочкова. Наприкінці 70-х років його електричні світильники засяли у Парижі і розповсюдились у всьому світі. Навіть на жюль-вернівському «Наутілусі» сяяло «російське» світло.

Перші спроби передачі електроенергії на відстань у 1873 р. на Всесвітній промисловій виставці у Відні продемонстрували Ф.Піроцький і французький інженер Фонтен. Ця відстань дорівнювала всього один кілометр. Знання про електрику Ф.Піроцький одержав від Яблочкова, коли вони обидва служили у Київському саперному підрозділі.

Наприкінці 70-х років XIX ст. свою винахідницьку творчість розгорнув Т.Едісон. Величезне враження справили його електричні лампи з вугільною ниткою. Про їх винахідника треба сказати трохи більше. Він фактично не мав освіти. Працювати почав учнем

телеграфіста. Для нього не існувало межі у досягненні мети. Перелік його винаходів зробити надто важко. У 1880 р. він заснував свою компанію електричного освітлення і полонив світ великою кількістю яскравих і дешевих ламп. У США запанував його культ і Едісону приписують усі останні досягнення науки і техніки – телеграф, телефон, електроосвітлення. Америка стала претендувати на пріоритет в електричному освітленні. Едісон настільки удосконалив конструкцію генератора, що вона майже не відрізняється від сучасної. Ним створена система передачі електроенергії по проводах і кабелях. Його праці в галузі використання електроенергії сприяли індустріалізації більше, ніж кого іншого.

У 1884 р. у Франкфурт-на-Майні з'явився перший міський трамвай. Йому визначалось стати головним видом міського транспорту. Ф.Піроцький ще у Відні (1873 р.) демонстрував свою схему електричної дороги. В наступні роки з метою зменшення внутрішнього опору він намагався передати струм на електродвигун по рейках. Ідея була втілена тоді, коли винахідник розмістив електродвигун на рамі вагону таким чином, щоб передати обертання якоря на вісь коліс. У 1879 р. Піроцький підготував проект першого трамваю. В наступному році його було випробувано. Впровадження затрималось тому, що не розв'язувалась проблема підвісного проводу. Але винахіднику «пощастило». Будучи розореним і в боргах, живучи в дешевому номері київського готелю, Піроцький побачив свій перший трамвай, який пройшов на Подолі у 1892 р.

Постачання електроенергією підприємств і її розподіл з міської мережі до 1890 р. майже не практикувалось. Перехід на багатофазну систему пов'язаний з розробкою у 1890 р. М.О.Доліво–Добровольським трифазної системи передачі електроенергії. Ним побудовано преший генератор трифазного струму з обертовим магнітним полем. Він же сконструював двигун трифазного струму з литого заліза, винайшов трансформатори трифазного струму, фазометр тощо. Ним розроблені схеми вмикання генераторів і двигунів і побудована перша лінія електропередачі трифазного струму на відстань 170 кілометрів.

Н.Тесла, як і М.О.Доліво–Добровольський, дуже багато працював над розробкою конструкцій переважно двофазних генераторів, електродвигунів і трансформаторів, а також схеми передачі і розподілу багатофазних струмів. Система передачі і розподілу електричного струму Н.Тесли вперше впроваджена на Ніагарській гідроелектростанції у 1897–1898 рр. Обидва відкриття дали можливість постачання електроенергією важкої промисловості. До 1900 р. на передових підприємствах електричні двигуни замінили незграбні, шумні та небезпечні навісні трансмісії з ремінними приводами. Спочатку двигуни просто пристосовували до існуючих

машин. Але згодом промисловість почала виготовляти верстати з індивідуальними електричними двигунами.

Коли проводи вперше з'явилися у будинках і на вулицях, у виробничих приміщеннях, єдиним їх призначенням було нести світло. У той час ще ніхто не міг передбачити, наскільки кардинально зміниться під впливом електрики образ людського життя. Електричне освітлення стало безпечніше, чистіше і яскравіше, ніж освітлення за допомогою газу, гасу або свічок. Ним легше було керувати. Однак після створення нової інфраструктури були винайдені і нові прилади, які спирались на переваги електрики. Електричні холодильники, фонографи і кондиціонери – це приклади застосування нової технології для задоволення потреб, які вже мала людина. Найбільш революційними додатками електрики стали телефон, радіо і телебачення. Ці винаходи зробили справжній переворот як в економіці, так і в образі життя. Поки не було відповідної інфраструктури, про них ніхто і не мріяв.

Торкнемося ще одного напрямку використання досягнень електрики – електрозварювання. Можливість використання електричної дуги для плавки металів, як вже згадувалось, запропонував В.В.Петров. Звичним для нас стало і використання електроду. Практичне здійснення процесу електрозварювання пов'язане з тривалою еволюцією. Відкрито дугове зварювання М.Бенардосом у 1881 р. Він використав вугільні стрижні. Його сучасник інженер М.Слав'янов впровадив металевий електрод, який швидко розповсюдився у світі.

Шведський інженер О.Кольберг під час виконання зварювальних робіт на сталі помітив, що краплини металу стікають по стрижню і часто пропалюють одягу робітників. Тоді він випробував електрод з термостійким покриттям. Це не лише покращало умови праці робітників, але і якість шва, тому що обмазка захищала розплавлений метал від кисню. Американські спеціалісти добавили до покриття силікат натрію – рідке скло. Цей хімікат випаровувався і створював хмару диму. Вона відтискувала із зони зварювання все повітря.

На завершення викладених матеріалів про електрику варто звернути увагу на наступне. Запропонований матеріал з історії зародження науки про електрику, її використання не вичерпує усіх цікавих відомостей про цю галузь. Наше завдання полягало в тому, щоб усвідомити: без електрики, сформованої протягом декількох століть в науку, її безпосереднього впливу на розвиток інших галузей науки і техніки, не було б тих відкриттів, які іменують результатами новітньої революції на зламі XIX і XX ст. З досягненнями у галузі електрики пов'язані досягнення в галузі природничих наук,

насамперед фізики і хімії цього періоду, в цілому стрімкий розвиток науки і техніки з початку XX ст.

## НОВІТНЯ РЕВОЛЮЦІЯ У ПРИРОДОЗНАВСТВІ НАПРИКІНЦІ XIX – НА ПОЧАТКУ XX СТОЛІТЬ

### Історичні передумови пізнання таємниці атомного ядра

Новітня революція в природознавстві на рубежі XIX-XX ст.ст. підготовлена всією історією філософії, фізики, хімії. Вона зберігає досить багато фактів і явищ, що істотно вплинули на формування нашого уявлення про навколишній світ, зокрема про мікросвіт.

Багато в чому ця історія своїми витокami сягає античного світу. Середньовіччя було важким періодом для науки. Але і у цей час допитливі люди зробили багато для поповнення знань про Всесвіт. Панування схоластики і теології у середньовіччі перешкоджало розквіту атомістики так, як це спостерігалось в епоху античності.

Відзначимо, що Західна Європа раннього середньовіччя у розвитку фундаментальних наук представляла собою далеко не те, що було властиво античній Греції та Риму. В той же час середньовічний Схід мав широкі зв'язки з далекими і близькими країнами. Внаслідок співробітництва розвивались такі науки, як геометрія, алгебра, тригонометрія, медицина та ін. Праці Аристотеля, Птолемея з'явилися у Європі в перекладі з арабських видань. В історії науки араби, як вже згадувалось, були поєднувальним ланцюгом між античною і середньовічною наукою та культурою. Досягнення античної науки почали проникати і в країни Закавказзя. Зміцнилися культурні зв'язки Вірменії та Грузії з Візантією.

У XII ст. у Середній Азії з'явився курс фізики Альхазена (Абу Алі Хайсама, 965–1039 рр.). В ньому подані таблиці питомої ваги деяких тіл у твердому і рідкому стані. Найбільшу зацікавленість викликають відомості про оптичні дослідження Альхазена. Вони викладені вченим у трактаті, що перекладений латинською мовою. В ньому Альхазен описує будову ока. Численні досліди дали йому підставу спростувати уявлення Платона та Євкліда про світло, як про промені, що виходять з ока і «ощупують» предмети. Згідно з його теорією «природний колір і промені впливають на око» і «зоровий образ одержується за допомогою променів, що їх випускають видимі тіла».

В Європі нові наукові думки підлягали цензурі церкви, а їх автори навіть фізично знищувались. Уже в 1348 р. М. д'Отрекур за вироком суду у Парижі повинен був зрестись від деяких стверджень, які розповсюджувались разом з неоплатонізмом, в тому числі і наступного змісту: «У явищах Природи немає нічого, крім атомів, які з'єднуються і поділяються». М.Кузанський, про якого ми вже знаємо,

написав ґрунтовний трактат про атомізм. Він перший в історії вказав на *відносність атома*.

В середині XV ст. в економічному, політичному і культурному розвитку Європи з'являються нові риси. Коперник спростував стару, загальноновизнану концепцію світогляду, згідно з якою Земля вважалась нерухомою відносно Сонця. Він побудував геліоцентричну систему Всесвіту і започаткував наукову революцію. Вона виникла в астрономії, в науці про небесні тіла. Але розповсюдилась на фізику і дала, зокрема, новий поштовх розвитку атомістичних ідей. Коперник писав, що атоми невідчутні. Декілька атомів не складають видимого тіла. І все ж таки ці частки можна так помножити, що врешті-решт вони зіллються в помітне тіло. Це є прямим свідченням того, що нове вчення про космос підвело Коперника до матеріалістичної атомістики.

Але тим мислителем, що детально розвив атомістику, є Джордано Бруно. Його роботи у цій галузі дуже цінні. Для тлумачення його атомістики варто мати на увазі латинські роботи вченого і, насамперед, «Про потрійне, найменше і про міру». На думку Бруно, усі тіла складаються з незмінних і непрониклих атомів, які він називає також *малостями* або *монадами*. Увесь тілесний світ є результатом з'єднання первинних елементів. Між атомами може бути переміщення, але не у схоластичному розумінні, про що Бруно заперечував, а у розумінні фізичному, тобто явище, яке зводиться до з'єднання і роз'єднання кінцевих часток. Відносно поділу речовини Бруно в протигагу аристотелівській теорії стверджував, що він (поділ) не може продовжуватись нескінченно. Для обґрунтування цього він увів поняття про існування між атомами *вакууму* або *ефіру*, світового духу, який проникає у кожне тіло. Ефір для Бруно є небо, нескінченний простір, незмінне і непорушне, як і *малість*. Він, як і Кузанський, стверджував відносність пізнання. Його атомістичні праці не загинули повністю, а проклали стежинку, яка вела від античності до наукового відродження XVII ст.

Новий етап у розвитку атомістики розпочинається з початку XVIII ст. Завдяки науковій спадщині Ньютона класична фізика відчула серйозний злам і підвела вчених до нового осмислення. У зв'язку з цим у 1746 р. М.В.Ломоносов писав: «Ми живемо у такі часи, коли науки після свого відродження в Європі набирають сили і удосконалюються». Ним було написано перший підручник з фізичної хімії в Росії. В галузі фізики Ломоносов залишив цілий ряд важливих робіт з кінетичної теорії газів, теорії теплоти, оптики та ін. Хімічні явища він розглядає на основі атомно-молекулярних уявлень, розвиває вчення про «нечутливі» частки матерії – «корпускули» (молекули).

Ломоносов підкреслював, що Природа складних елементів, нових їх утворень залежить не від того, які елементи містяться в цих утвореннях (корпускули). Вона визначається характером зв'язків між елементами (корпускулами). Російський вчений прийняв гіпотезу про обертовий рух молекул-корпускул і зробив ряд висновків.

1. Части-корпускули мають кулясту форму.

2. При швидкому обертанні часток теплота збільшується, а при повільному – зменшується.

3. Гаряче тіло має охолоджуватись при стиканні з холодним і навпаки, холодні тіла мають нагріватись внаслідок прискорення руху при зіткненні.

Сформульовані Ломоносовим висновки базуються на поглядах його попередників. Думки про теплоту, як форму найдрібніших «нечутливих» часток, ще у XVII ст. висловлювали Френсис Бекон, Декарт, Гук, Ньютон. Ломоносов відмовився від пануючої на той час в хімії теорії флогістону і пояснював теплові явища рухом найдрібніших часток матерії (молекул). У праці «Роздуми про причини теплоти і холоду» він обгрунтував свою точку зору. Російський вчений писав, що властивістю речовини можна дати вичерпні пояснення про механічні рухи її корпускул, які складаються з атомів. В усіх хімічних роботах вченого атомістика – наріжний камінь його наукового мислення.

Атомно-молекулярне вчення про матерію протягом усієї історії науки супроводжувало фізичні і хімічні дослідження. З часу Р.Бойля, як ми вже відзначали, воно стало на службі хімії і покладено Ломоносовим в основу вчення про хімічні перетворення.

В історію атомістики частку своєї праці внесли англійський фізик і хімік Г.Кавендіш, французький фізик і військовий інженер Ш.Кулон. Спираючись на атомно-молекулярне вчення, Кавендіш, як і Ломоносов, був схильний до того, що теплота є наслідком внутрішнього руху часток тіл. У 1766 р. він у чистому вигляді одержав водень і встановив його властивості. Спочатку водень ним було сприйнято як флогістон. Кавендіш довів, що продуктом згоряння водню є вода. Визначив її склад. Ним експериментально встановлено наявність кисню у повітрі. В 1785 р., пропускаючи електричну іскру через зволене повітря у андиометрі над ртуттю, Кавендіш зробив висновок, що утворилась азотна кислота. Не зважаючи на досліди, які вказували на особливу роль в них кисню, вчений залишився вірним теорії флогістону. Але цим він підготував надійне підґрунтя для дослідів Лавуазьє.

Ми вже згадували, що Кулон висунув гіпотезу магнетизму, згідно з якою магнітні рідини не вільні. Вони не можуть текти як їх електричні аналоги і пов'язані з окремими молекулами. Він

припускав, що кожна молекула під час намагнічування стає поляризованою.

Чергову сторінку в історію атомістики вписав англійський хімік і фізик Дальтон. Він є унікальною історичною особою. Самостійно одержав освіту. У Кавендішській школі викладав математику, а у Новому Коледжі в Манчестері – фізику і математику. Коло його наукових інтересів було надто широке. Він проводив метеорологічні спостереження, досліджував колір неба, походження теплоти, заломлення і відбиття світла. Наслідком цієї роботи було створення теорії випарювання і змішування газів. У 1794 р. Дальтон описав дефект зору – дальтонізм. Згідно з його вченням атом є – найдрібніша частка хімічного елемента. Від атомів інших елементів вона відрізняється своєю масою. Англійський вчений відкрив три закони, що склали сутність його фізичної атомістики і теорії газових сумішей:

- *парціальних тисків газів (1802);*
- *залежності розширення газів з постійним тиском від температури (1802, цей закон встановлено незалежно від Гей-Люссака);*
- *залежності розчинності газів від парціальних тисків.*

Ці роботи привели Дальтона до розв'язання проблеми співвідношення складу і побудови речовини. Він висунув і обґрунтував основні положення атомістики, ввів фундаментальне поняття атомної ваги (1803–1804 рр.).

До відкриття закону кратних відношень англійський вчений підійшов дедуктивно. З цього приводу у своїй науковій праці «Нова система хімічної філософії» він писав так: «В усіх хімічних дослідженнях упевнено можна вважати основним завданням визначення атомної ваги простих речовин, які входять до складних. На жаль, дослідження тільки обмежувались цим; насправді ж з ваги, що пропорційна масі атомів, можна було б вивести відносну вагу кінцевих частин або атомів речовин, що привело б до встановлення їх числа, або ваги у багатьох інших сполуках. І одне з головних завдань цієї роботи полягає в тому, щоб показати важливість і переваги визначення відносних ваг числа простих елементарних часток, які утворюють просту частину, і числа часток менш складних, що беруть участь в утворенні частки більш складної».

Як і атомісти античного світу, Дальтон виходив з положення про корпускулярну побудову матерії. Спираючись на розвинутому Лавуазьє понятті хімічних елементів, зрозумів, що усі атоми кожного окремого елемента однакові і характеризуються, окрім інших властивостей, тим, що мають певну вагу, яку він назвав *атомною вагою*. Таким чином, кожний елемент має атомну вагу, про яку, на



думку Дальтона, можна мати уявлення тільки у відносному розумінні, тому що визначити абсолютну атомну вагу неможливо.

Для того, щоб атомна теорія Дальтона стала життєво необхідною для хімії, потрібно було визнати загальний принцип, що міститься у другому законі Гей-Люссака (закон сполучення газів між собою). Тобто теорію Дальтона треба було поєднати з молекулярною теорією, яка приймала існування часток (молекул), що створені з двох або більше атомів і здатних у хімічних реакціях до розщеплення на складові атоми. Молекулярна теорія була висловлена Авогадро у класичній його роботі «Опис способу визначення відносних мас елементарних молекул тіл і відношень, до яких вони входять у ці сполучення». Відзначимо, що Дальтон не зміг оцінити важливості другого закону Гей-Люссака для своєї атомної теорії. Авогадро ж, навпаки, одразу ж побачив необхідність використання цього закону до атомної теорії. Він обгрунтував те, що сьогодні називають *атомно-молекулярною теорією*.

У 1803 р. Дальтон склав першу в історії таблицю відносних атомних ваг водню, азоту, вуглецю, сірки і фосфору. За одиницю атомної ваги він прийняв атомну вагу водню. В наступному році він запропонував систему хімічних знаків для «простих» і «складних» атомів. З 1808 р. Дальтон систематично проводив дослідницькі роботи, змістом яких було уточнення окремих положень і роз'яснення сутності атомістичної теорії. В усьому світі визнання одержала його праця «Нова система хімічної філософії». Писав її вчений протягом двадцяти років.

Таким чином, можна стверджувати про масштабність і глибину внеску Дальтона в історію атомістики. Навіть невелика частина згаданого дає підстави стверджувати про величність і геніальність цього вченого. Саме науковий внесок Дальтона «проклав» межу між вченими XVII–XVIII ст.ст., для яких атоми вважались абсолютно неподільними і незмінними твердими частинками, а атомістика значною мірою все ще залишалась абстрактною і натурфілософською.

Теорія атомістики позитивно вплинула на розвиток органічної хімії. Для розвитку неорганічної хімії велике значення мала періодична класифікація (періодична система). Сама система внаслідок вивчення проблем побудови речовини поступово набула ту ступінь раціональності, якої неможливо було досягти, знаючи тільки відносні атомні ваги. Російський професор хімії Менделєєв у 1869 р. створив *періодичну систему елементів, для відкриття якої необхідні були знання правильних атомних ваг*.

З періодичної системи класифікації елементів розпочинається передисторія пізнання атомного ядра. Відкриття Менделєєвим періодичного закону стало тим рубежем, де врешті-решт встановлено

співвідношення між хімічним еквівалентом і атомною масою. В періодичній системі російського вченого віддзеркалено складність структури атома і значущість невідомих раніше основних характеристик його ядра – *масового числа "A" і порядкового номера "Z"*. У наступні три роки Менделєєв розробив основні положення вчення про періодичність, дав канонічне визначення періодичного закону і запропонував коротку форму періодичної системи елементів. Ніхто з природодослідників тієї епохи не проникнув так глибоко у розуміння взаємозв'язку між атомами і молекулами, як Менделєєв. У 1894 р., коли ще навіть не було чіткості у побудові не тільки моделі атому, але і молекули, Менделєєв висловив здогадку моделі їх побудови. Він узяв за основу визнання існування атомів і молекул, зв'язку між матерією і рухом, висловив думку, що атоми можна уявити як подібність малої Сонячної системи, що безперервно рухається. Через 30 років після геніального відкриття Менделєєва – періодичної системи елементів розпочала свій хід нова, сучасна нам наука – ядерна фізика.

### **Розкриття таємниці атома**

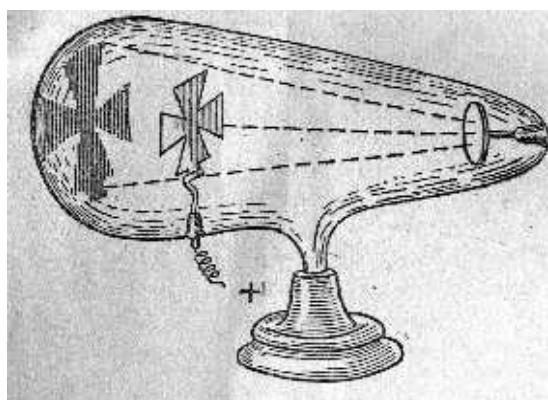
Думка античних філософів про те, що всі тіла в навколишньому середовищі складаються з найдрібніших часток, що вони не діляться, і є основою всього проіснувала більше двох тисяч років. Після філософів атом зацікавив хіміків. Дальтон стверджував, що всі тіла складаються з обмеженої кількості часток. Це і є, як ми згадували, перша сучасна атомістична теорія. Прошло майже 100 років після встановлення Дальтоном його теорії до того часу, коли фізики довели, що «неподільна частина» є досить складною системою. Ця система приховує таємницю, багато загадок Природи.

У XIX ст. дослідження електрики в усіх її аспектах було одним з головних напрямків розвитку фізичної науки. Перш за все вченими було вивчено закономірності проходження електрики через тверді тіла, що і стало основою для розвитку електротехніки. Потім досліджені особливості проходження електрики через рідини. Наприкінці століття створена теорія електролітичної дисоціації. Вона набула неабиякого значення для пояснення хімічних реакцій. Набагато важче виявились експерименти з проходженням електрики через гази. Вчені спостерігали різні ефекти при їх дослідженні, але дати пояснення їм не могли.

У 1855 р. німецький фізик Юліус Плюккер (1801–1868 рр.) сконструював спеціальні трубки для дослідження спектрів різних газів. Він заповнював їх ними і експериментував. Для нагрівання і світіння газу він використав електричний розряд. Плюккер спостерігав спектри і встановив, що спектр електричного газового

розряду характеризує природу цього газу. Виявив три перших лінії у спектрі водню. Досліджував флюоресценцію скла трубки, де здійснювався розряд. У 1859 р. відкрив катодні промені і спостерігав їх відхилення під дією магніта. Плюккер досліджував спектри водню, кисню, йоду, азота і увів поділ спектрів на лінійчаті і спектри з полосами.

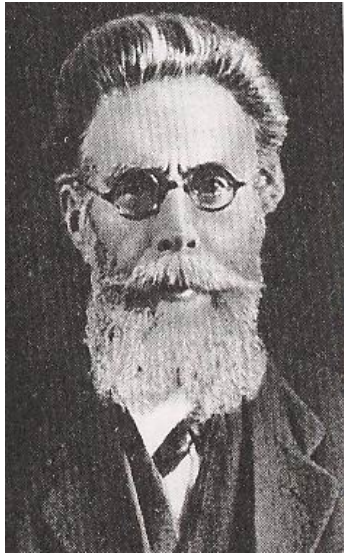
У той же час подібні досліди проводив інший німецький фізик і хімік Іоганн Гітторф (1824–1924 рр.). Він вивчав спектри розжарених газів і проходження електричного струму через розріджений газ у вакуумі. Для дослідження електричних розрядів у газах він використовував спеціальні трубки (трубки Гітторфа). Спостерігав у 1869 р. катодні промені і описав їх властивості, зокрема одержання за їх допомогою тіні (доказ прямолінійності розповсюдження). Разом з Плюккером Гітторф спостерігав спектри водню, азоту, парів сірки та



*«Хрест» Крукса*

ін. Після ознайомлення з результатами дослідів Плюккера і Гітторфа англійський фізик Кромвел Флітвуд Варлі висловив здогадку, що ці промені складаються з невеличких електрично заряджених часток, які випромінює катод. Його ідея знайшла підтвердження в 1879 р. Англійський фізик Уільям Крукс (1832–1919 рр.) у модифікованій вакуумній трубці розмістив «екран» – мальтійський хрест зі слюди. Поблизу трубки він почав рухати магніт і помітив, що під час проходження електричного струму тінь в трубці переміщується. Зробив висновок: промені є – не що інше як потік негативно заряджених часток, які виходять з негативного електрода. Однак за три роки до повідомлення Крукса таке ж явище спостерігав німецький фізик Еуген Гольдштейн (1850–1930 рр.). Він показав, що катодні промені розповсюджуються прямолінійно і випускаються перпендикулярно до поверхні катода. У 1880 р. він виявив їх відхилення у магнітному полі, у 1882 р. – їх дифузне відхилення від анода, у 1895–1898 рр. – світіння солей під впливом катодних променів. Катодним променям Гольдштейн приписав властивості хвиль. Його гіпотеза ґрунтувалась на результатах дослідів Генриха Герца. Той вивчив проходження катодних променів через тонкі пластинки з золота, срібла, алюмінію. Фізики того часу навіть не могли припускати, що матеріальні частки здатні проходити через речовину. Гольдштейн дослідив однобоку провідність вакуумного простору у катодній трубці.

У 1892 р. Герц порадив своєму асистенту Пилипу Ленарду (1862–1947 рр.) розділити катодну трубку на дві частини і таким чином дослідити промені у двох напрямках з різним тиском у них газів. Ленард один з перших, хто вивчав їх проходження через тонкі металеві пластинки за допомогою сконструйованої катодної трубки з тонким віконцем (віконце Ленарда), вияснив багато властивостей цих променів. Вивів промені за межі трубки і численими експериментами дослідив їх походження. За це відкриття у 1905 р. вчений був удостоєний Лауреата Нобелівської премії.



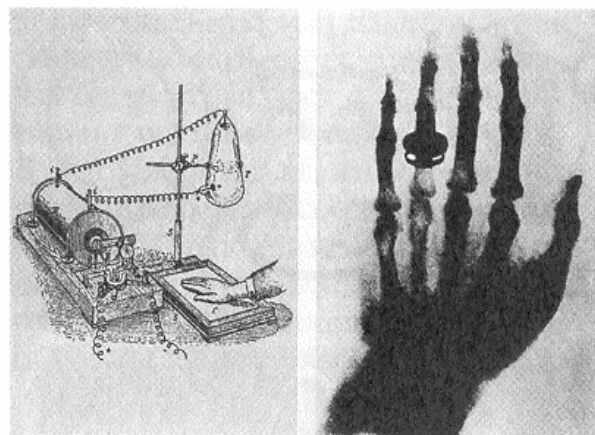
*Вільгем Конрад Рентген*

Наступне відкриття цього ж періоду належить директору Фізичного Інституту при Вюрцбургському університеті професору Вільгельму Конраду Рентгену (1845–1923 рр.). У грудні 1895 р. він відкрив новий вид променів з довжиною хвилі, більш короткою, ніж довжина хвилі ультрафіолетових променів. Дав їм назву Х–промені, а пізніше вони одержали назву його винахідника. Дослідив їх властивості:

здатність віддзеркалюватись, поглинатись, іонізувати повітря. Рентген є і творцем правильної конструкції трубки для

отримання Х-променів – похилий платиновий антикатод і угнутий катод. Їх конструкція в загальних рисах збереглась і до наших днів. Перший зробив фотознімки за допомогою рентгенівських променів.

Відкриття Рентгеном Х–променів викликало справжню сенсацію. Виявилось, що вони здатні проникати через тіло людини і давати зображення її скелета. Одразу ж після відкриття Рентген вирішив поздоровити своїх колег з наступним, 1896 р. За старим німецьким звичаєм першого січня він послав поштою їм конверти. В них було вкладено досить дотепні знаки поздоровлення. Це були зображення людської руки у натуральну величину, де виднілись чітко кістки. Зображення гаманця з монетами всередині і зв'язка ключів у дерев'яному ящику. Все це було сфотографовано за



*Апарат Рентгена. Перша рентгенограма, отримана В.К.Рентгеном у 1895 р.*

допомогою нових променів. Вони могли проникати крізь непрозорі тіла і залишати тінь від щільних предметів на фотографічній пластинці.

Популярність Рентгена досягла таких розмірів, що у 1901 р. йому першому з фізиків було присуджено Нобелівську премію – саму престижну наукову нагороду у міжнародному масштабі. Вчений всебічно дослідив властивості відкритого ним випромінювання. У наступні роки він настільки досконало їх вивчив, що майже 20 років вченим не було що додати до цього відкриття.

Історія подає нам парадокс з відкриттям рентгенівських променів. На початку 90-х років ХХ ст. у наукових виданнях з'явилися повідомлення, які дають нам деякі інші дані про відкриття Рентгена. Усе це пов'язано з маловідомим до цього часу для нас ім'ям Івана Пулюя. Що це за людина і якою мірою він причетний до відкриття рентгенівських променів?

Народився Пулюй у 1845 році на Тернопільщині. У 1869 р. закінчив теологічний факультет Віденського університету. Тут він відвідував лекції з математики, фізики та астрономії. У 1872 р. Пулюй закінчує і філософічний факультет цього ж університету. Працює в ньому асистентом експериментальної фізики, а з 1873 по 1875 рр. викладає математику та фізику у Військово–морській академії у Хорватії. З 1875 р. Пулюй опановує електротехніку у Страсбурському університеті. Тут він слухає лекції професорів Кундта та Рентгена. З відзнакою захищає дисертацію і стає професором філософії. Матеріальні труднощі спонукають Пулюя зайнятися проблемами електротехніки. Він вивчав властивості катодних променів. Про свої досліди розповів Рентгену і хорватському студенту Теслі. Рентген дуже скептично поставився до цих експериментів і назвав їх «банальною дитячою розвагою». Та саме вони і привели Пулюя до відкриття у 1884 р. невидимого випромінювання з сильною спроможністю проникання. За аналогією з математикою вчений охрестив їх Х-променями. Пулюй не поспішав публікувати повідомлення про своє відкриття. Продовжував конструювати і покращувати катодні лампи. Він розробляє методи генерування щільних пучків Х-променів та фотографування в них. Перші світлинки кістяка живої руки та кістяка морської свинки Пулюй зробив уже на початку 1895 р. Його приятель по навчанню, а потім і по роботі І.Горбачевський, в майбутньому відомий хімік, вимагав від свого земляка негайно скликати прес–конференцію і оголосити на весь світ про відкриття Х-променів з демонстрацією їх у Відні та Празі.

Пулюй часто розповідав про Х–промені і демонстрував досліди у Празькій Політехніці. Відвідував лекції і друг Рентгена професор Лехер. Але чутки про винахід надходили до Рентгена і з листів

Пулюя. Лехер гаряче переконував свого товарища негайно розпочати досліди з «трубкою Пулюя». Рентген почав експериментувати з вакуумними трубками Гітторфа, Крукса, Ленарда і Пулюя. 23 січня 1896 р. на публічному зібранні він доповів про своє відкриття. Згадав усіх своїх попередників крім Пулюя. Пулюю назвав Рентгена плагіатором.

Зразу ж після виступу Рентгена Пулюю 13 лютого і 5 березня 1896 року публікує дві статті у «Повідомленнях Віденської Академії наук». У них ще за два роки до відкриття електрона стверджує, що саме такі частинки вириваються з поверхні катода і, прискорені електричним полем, бомбардують молекули антикатода, збуджують їх оболонки, які і висилають невидимі промені. Останні поширюються у повітрі, іонізують його.

Рентген протягом 10 років після відкриття Джозефом Джоном Томсоном електрона не вірив у його існування. Отже, стверджують дослідники, можемо припустити, що він не міг пояснити механізму утворення «рентгенівських» променів. Зазначимо, що Рентген був обережним і в оцінці та прогнозах прикладного значення відкритих ним променів, зокрема для виявлення хвороб, бракованого литва у металургії тощо. А.Ф.Йоффе так писав про свого вчителя: Рентген визнавав лише факти, відкидаючи їх пояснення та узагальнення. З того часу, коли Рентген одержав нагороду Нобелівського лауреата №1 з фізики, він став нестерпним з колегами і друзями. Заповів спалити його архів після смерті, що й було зроблено у 1923 р. Німецький вчений Г.Ліндер зазначає, що шлях, який привів Рентгена до його відкриття, є загадковий. Повідомлення про пріоритет Пулюя у відкритті Х-променів спростовано Л.Фіалковим, – вченим–лікарем з Ізраїлю. Він обгрунтовує і доводить, що пріоритет у відкритті Х-променів належить не Пулюю, а Рентгену<sup>1</sup>.

Вирішальні експерименти по розкриттю таємниці катодних променів після дослідів Рентгена були проведені англійським фізиком Джозефом Джоном Томсоном (1856-1940 рр.). З ім'ям цієї людини пов'язане відкриття «цеглинки Всесвіту», яку звично стало для нас називати *електроном*. Подвигом Томсона є те, що працював він, як і багато інших природодослідників того часу, у неймовірно непристосованих для відкриттів умовах: у невеличких кімнатках, на саморобних приладах. Небагато співробітників Томсона знали про досліди, що проводив вчений з метою відкриття існування першої універсальної часточки. Її відкриття перевернуло все у науковому світі. Воно зроблено в лабораторії, де Максвелл проводив експерименти і послідовно будував теорію електромагнетизму. Він очолював лабораторію, продовжував розпочате Фарадеєм від середини 50-х років і до своєї смерті у 1879 р.

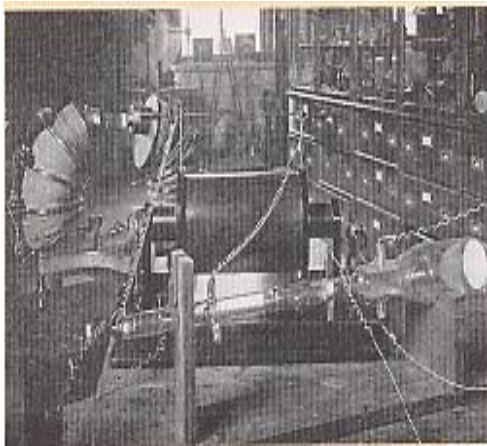
---

<sup>1</sup> Вісник НАН України. 1996. – №9–10. – С.93–95.

Після лорда Релея – відомого хіміка і фізика Томсон у 28 років очолив Кавендішську лабораторію. До Максвелла її очолювали і працювали тут Дальтон, Деві, Фарадей. Томсон володів умінням створити для співробітників і учнів атмосферу взаємної дружби. Одним з перших учнів Томсона і його спадкоємцем був Ернест Резерфорд (1871–1937 рр.). Двометровий новозеландець залишив рідні місця і зробив подорож через Індійський і Атлантичний океани на запрошення



*Кавендішська лабораторія у Кембріджі*



*Катодна трубка Дж.Дж.Томсона*

Томсона працювати у його лабораторії. Тут він зайнявся вивченням властивостей хвиль Герца. Мозок Резерфорда був добре натренований математикою. Це виробило у нього звичку фантазувати. Мова математики стала для нього не

тільки точною, але і зрозумілою мовою, яка піднесла його до рівня експериментатора екстра класу.

У двадцятих числах січня 1896 р. Томсон запросив Резерфорда до свого кабінету і поставив завдання таким чином: “Не відкладаючи ані на годину, всю увагу зосередити на вивченні променів, які відкриті Рентгеном”. Головне – дослідити їх природу і властивості. Томсон передбачав у них потужний збуджувач передачі електрики в газорозрядних трубках. Він відчував, що це більш потужне джерело, ніж ультрафіолетове випромінювання від електричної дуги. За його допомогою можна розкрити механізм проходження електричного струму через гази. Томсон побачив, що Х-променями можна виготовляти не тільки глибинні фотографії. Їх треба поставити на обслуговування газового електричного розряду.

Перший раз Томсон і Резерфорд піддали рентгенівському випромінюванню посудину з газом 28 січня. Електрично незаряджений нейтральний газ під дією Х-променів став провідником електричного струму. Після завершення опромінення він знову повертався у вихідне положення. Таким чином можна було

легко збуджувати і знищувати властивість газу проводити електричний струм.

Томсон і Резерфорд ні на один день не переривали експериментально-теоретичного дослідження. Вони вторглися у невідомі «білі плями» фізики. Випробували багато газів з різним тиском. Одержали масу експериментальних даних. Але саме головне залишалось таємницею, – що ж насправді є провідником електричних зарядів у опроміненому газі? Спочатку склалось уявлення, що їх переносником є досить великі частки, як наприклад, частки тютюнового диму, або пилінки. Нарешті у спільній роботі Томсон і Резерфорд дійшли висновку, що зламки молекул схожі на електрично заряджені іони в електролітах. Дуже обережно їх назвали спочатку «провідними частинками». Поступово в лабораторії їх стали називати «іонами». Але різниця була істотна: в електролітах іони є завжди, а у газі – тільки під впливом зовнішнього іонізатора.

Томсон змінює напрямок стратегії. Висувається завдання визначити масу і заряд переносників електричного струму в опроміненних газах. І тут Томсон не помилився. Здійснилась його заповітна мрія про відкриття універсального закону Природи. Він дійсно відкрив існування першої елементарної часточки – єдиної для всіх речовин. Томсон і його помічники багато місяців працювали і намагались визначити масу і заряд іона. Вони пропускали катодні промені між двома електрично зарядженими пластинками. При цьому одночасно піддавали впливу на них, як магнітного, так і електричного поля. Внаслідок таких експериментів з'явилась змога вирахувати швидкість часточок, а потім і відношення їх маси до заряду.

У Кавендішській лабораторії були одержані результати, які доведені до відома наукової громадськості: *в Природі існує четвертий стан речовин – найдрібніші негативні корпускули*. (Перший стан – тверде тіло, другий – рідина і третій – газ. Плазма, яка є четвертим станом речовин, є не що інше, як найдрібніші її частки). Встановлено, що часточки, що є складовою частиною катодних променів, несуть елементарний електричний заряд («*атом*» *негативної електрики*). Цей заряд приблизно у 1837 разів менше атому водню. Часточка катодних променів була названа електроном (від грецької назви бурштину). Назву «*електрон*» запропонував ірландський фізик Стоней. За відкриття електрона Томсону у 1906 р. присуджено звання Нобелівського лауреата з фізики.

Відкриття електрона було надто приголомшливим навіть для звичних до сенсацій вчених того часу. Але факт є факт: від дослідження катодних променів фізики дійшли до відкриття першої елементарної частки матерії - *електрона*. Таким чином стало відомо, що в Природі є частки ще менші, ніж атоми. Томсон довів, що



часточки катодних променів чи корпускули, як він їх називав, є новою універсальною складовою матерії. Незалежно від того, який газ у трубці – повітря, водень, двоокис водню і металу катода, що його він випромінює під впливом електричного поля, – залізо, алюміній, платина, усі часточки катодних променів мали однакове відношення  $e/m$  – величини заряду до маси.

Спираючись на дані дослідів у газах, Томсон у 1898 р. пояснив виникнення суцільного рентгенівського випромінювання як результат різкого гальмування швидких корпускул, коли вони ударяються в антикатод рентгенівської трубки.

Згаданим не можна обмежити внесок Томсона у наукову революцію досліджуваного нами періоду. Ним доведено (раніше сприймалось на віру), що атоми одного і того ж елементу однакові. Вони мають певну вагу, яка є індивідуальною властивістю цього елементу. Томсон багато зробив для широкого використання хіміками поняття «електрон». За його допомогою почали пояснювати хімічні явища. Отже, фізика наблизилась до хімії. Таким чином, заснована Джозефом Томсоном Кавендішська наукова школа заклала основи атомної фізики. Відкриття електрона нанесло перший серйозний удар по класичній вірі у незмінність фізичних функцій, насамперед у галузі електрики.

Використання вакуумних трубок Рентгеном, як вже згадувалось, приголомшило вчений світ. Тільки протягом одного року в різних країнах опубліковано понад тисячу праць вчених про X-промені. Експериментатори продовжували дослідження. Відомий французький математик і фізик Анрі Пуанкаре (1854–1912 рр.) запропонував перевірити можливість випромінювання солями урану. Було помічено, що вони під впливом сонячного світла флуоресціюють.

Перевіркою цієї гіпотези зайнявся Антуан Анрі Беккерель (1852-1908 рр.). Його досліди були досить прості. Він брав фотопластинку і обгортав її чорним папером. На неї клав кристалики урану. На деякий час він виставляв пластинку на сонце, а потім проявляв. З задоволенням Беккерель знаходив на ній силуети кристаликів. На перший погляд це було ствердженням гіпотези про те, що кристали урану під впливом сонячного світла флуоресціюють, випускають X-промені. Тоді вчений провів дослід, не виставляючи пластинку на сонце. Ефект одержано той самий – солі урану випромінюють і залишають слід на пластинці. Подальші експерименти підтвердили, що такий ефект викликається ураном, що міститься в кристалах. Беккерель виявив, що «уранові промені» іонізують повітря і роблять його електропровідним. Це дало можливість дослідити їх за допомогою електроскопа.

Відкриття природної радіоактивності дало фізикам можливість проникнути у новий світ. Врешті-решт це привело до уявлення про складну структуру атома і до оволодіння атомною енергією. *Витягання внутрішньоядерної енергії атома стало одним з визначних досягнень людства. Своєю значущістю воно і являє собою революцію у науці.* Ця революція зламала уяву про незмінність, нерозривність атомів, яка існувала у свідомості вчених ще з часів грецьких філософів Левкіппа і Демокріта.

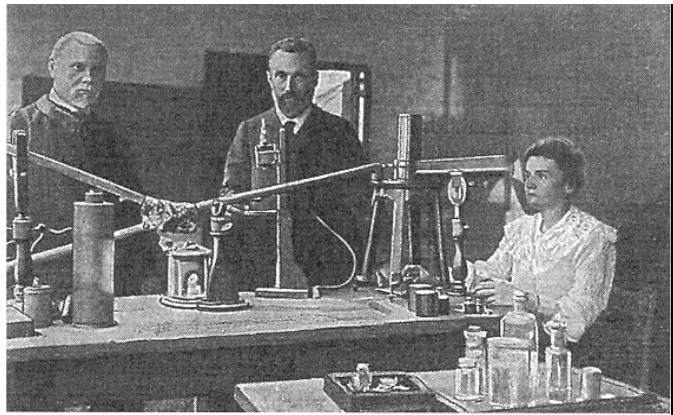
Як і усі видатні вчені, Беккерель не обмежував галузь своїх наукових інтересів. У 1901 р. незалежно від П'єра Кюрі він виявив на собі фізіологічну дію радіоактивного випромінювання. Беккерель вивчав магнетизм, поляризацію світла. Виявив ефект Фарадея в газах – обертання площини поляризації світла у магнітному полі в газовому середовищі. В 1903 р. він став одним з перших Нобелівських лауреатів з фізики.

Марія

Склодовська-Кюрі

(1867-1934 рр.)

поставила перед собою таке питання: чи тільки уран має властивість випромінювати? Разом з П'єром Кюрі вона відкрила новий етап досліджень. Вони ж його і завершили. Марія Кюрі знала результати спостережень Беккереля



*П'єр Кюрі (у центрі) і Марія Склодовська-Кюрі у лабораторії*

про те, що під впливом променів, які випускає уран, повітря стає провідником електрики. Це спростило її пошук. У 1897 р. вона наштовхнулась на дивний ефект. Руда (солі урана), з якої видобувають металічний уран, випускає промені Беккереля з більшою інтенсивністю, ніж сам чистий уран. У наступному році, незалежно від Шмідта, довела наявність радіоактивності у торію. Помітила, що радіоактивність у деяких мінералів, які містять уран і торій, набагато інтенсивніша, ніж це очікувалось. Вона припустила, що ці мінерали (уранова смоляна руда, хальколіт і аутоніт) містять новий радіоактивний елемент, відмінний від урану і торію. Внаслідок таких дослідів, що супроводжувались спільною напруженою і кропіткою роботою по переробці великої кількості уранової смолки з метою концентрації активної речовини, подружжя Кюрі відкрило два нових елементи, яким властива радіоактивність. Вони одержали назву “полоній” і “радій”. Нові елементи зайняли своє місце у періодичній системі елементів Менделєєва. Подружжя Кюрі по праву

можна назвати піонерами сучасної атомної фізики. В 1901 р. П'єр Кюрі відкрив біологічну дію радіації.

Склодовська-Кюрі випробувала багато елементів на радіоактивність, досліджувала їх властивості, розробила основи кількісних методів радіоактивних вимірів. Вивчала наведену радіоактивність, визначила вплив радіоактивного випромінювання на живу клітину, перша використала радіоактивність (еманація радія) у медицині.

У 1903 р. П.Кюрі сформулював закон зменшення радіоактивності і ввів поняття «*період піврозпаду*». Термін «*радіоактивність*» був запропонований Марією Склодовською-Кюрі. Того ж року подружжю Кюрі (разом з Беккерелем) присуджена Нобелівська премія з фізики, а у 1911 р. М.Склодовській-Кюрі ще й за одержання радію у металічному стані.

У наступні роки Марією і П'єром Кюрі, Резерфордом і Содді, Віллардом та іншими вченими або незалежно, або спільно виявлено і вивчено три типи променів Беккереля, які випромінює уран.

*Альфа-променями* назвали ті з них, що магнітним полем відхиляються слабо і представляють собою потік позитивно заряджених часток.

*Бета-променями* назвали ті частки, які магнітним полем відхиляються порівняно сильно і представляють собою потік електронів, тобто негативно заряджених часток.

*Гамма-променями* назвали промені, які магнітним полем не відхиляються.

З часів Лавуазьє і Дальтона вважалось, що хімічні елементи вічні і незмінні. Вони нікуди не зникають, нізвідкіля не виникають знову. Вони не можуть також переходити один в одного. Але коли було виявлено експериментально альфа-промені, то разом з тим і встановлено, що вони є потоком ядер гелію. Цим було доведено, що в період радіоактивного розпаду одного елементу, радію зокрема, має місце перетворення радія в інший елемент – гелій. Вчення Лавуазьє про незмінність хімічних елементів виявилось неточним. Внаслідок наступних експериментів Резерфорд і Содді у 1902 р. створили «*теорію радіоактивних перетворень*». Згідно цієї теорії радіоактивність являє собою природний процес, втручатись у який неможливо.

Отже, промені Беккереля показали, що у Природі здійснюється перетворення атомів одного виду в інший. Причому, такі перетворення проходять не з усією речовиною одразу, а поступово. І тільки окремі атоми внаслідок радіоактивного розпаду зазнають перетворення в даний момент, інші атоми – розпадаються пізніше.

Другий серйозний удар по класичній вірі у незмінність фізичних функцій побудови матерії здійснила квантова теорія. Вона

створена Максом Планком (1858–1947 рр.) у 1900 р. Шлях до неї розпочав Ньютон, коли розклав біле світло на сім кольорів (у спектр). Через два століття цей експеримент привів науковців до важливих висновків у фізиці. На початку XIX ст. завдяки удосконаленню оптичних приладів фізиками одержано досить хороші, чіткі спектри світла різних джерел. Накопичені дані у 1859 р. узагальнені Г.Р.Кірхгофом і Р.В.Бузенем. Вони висунули гіпотезу про наявність зв'язку між спектрами і властивостями атомів.

У 1868 р. Е.Мічерліх висловив припущення про те, що спектри несуть в собі інформацію про зміни в атомі. В 1885 р. І.Бальмер відкрив просту залежність між довжиною хвиль видимої частини спектра атома водню. Цю залежність він визначив за допомогою математичної формули (формула Бальмера). Згодом, у 1890 р., І.Р.Рібберг увів до спектроскопії свою добре відому константу  $R$ . За її допомогою стало можливим оперувати хвильовим числом. Універсальна константа встановлювала зв'язки між різними серіями, що утворюють спектр елемента. Рібберг дав формулу, що зробило можливим описувати будь-яку спектральну лінію.

Класична фізика не могла пояснити закономірності спектральних ліній елемента тому, що вченим залишалась незрозумілою природа випромінювання. Наприкінці минулого століття ці процеси розглядались з позицій термодинаміки. Над розв'язанням проблем випромінювання працювали І.Стефан, Л.Больцман, В.Він – асистент Г.Гельмгольца. Законами випромінювання займався і Д.У.Стретт (лорд Релей) – попередник Томсона на посаді керівника у Кавендішській лабораторії. Опубліковані дані досліджень для короткохвильової частини спектра не узгоджувались з висновками Віна по розподілу у спектрі абсолютно чорного тіла.

Такі суперечливі дані попередників Планка вимусили його зайнятися пошуком істини і узгодити висновки фізиків. Після шести років праці над проблемою випромінювання абсолютно чорного тіла він висловив припущення: атоми випромінюють енергію певними порціями, квантами. Причому, енергія кожного кванта пропорційна частоті хвиль, тобто кольору світла, яке випромінюється. *Так народилась квантова теорія, засновником якої став німецький фізик Планк.* Він є засновником закону розподілу енергії у спектрі абсолютно чорного тіла. Таким чином було доведено, що світло є не лише відображенням хвиль, але і корпускул, що підтверджено численними експериментами. Дивним є те, що між цими обома зовні суперечливими поняттями існує просте кількісне співвідношення. Воно виведене Планком з закономірностей теплового випромінювання, а саме  $E=h\nu$ , де  $E$  – енергія фотона, який

вибивається при попаданні електронів на поверхню металу,  $\nu$  – частота хвилі, а  $h$  – константа (постійна Планка).

Відкриття Планка так було оцінено Ейнштейном: «Саме закон випромінювання Планка дав перше точне визначення абсолютних величин атомів незалежно від інших пропозицій. Більше того, він переконливо довів, що крім атомістичної структури матерії існує свого роду атомістична структура енергії, якою керує універсальна постійна, введена Планком. Це відкриття стало основою усіх досліджень у фізиці ХХ ст. і з цього часу майже повністю обумовило її розвиток. Без цього відкриття неможливо встановити справжню історію молекул і атомів та енергетичних процесів, які керують їх перетвореннями. Більше того, воно зруйнувало кістяк класичної механіки і електродинаміки і поставило перед наукою завдання: знайти нову пізнавальну основу для всієї фізики».

Таку основу для усієї фізики створила спеціальна *теорія відносності Ейнштейна* (термін «теорія відносності» уведений Планком у 1907 р.), яку він видав у 1905 р. Революційну ідею квантів, яка не привертала уваги вчених аж до 1905 р., використав Ейнштейн (1879–1955 рр.), розповсюдивши її на сам процес випромінювання, і винайшов фотон. Створення спеціальної теорії відносності історично пов'язане з розвитком електродинаміки. Точність оптичних і електромагнітних вимірів, якої досягли на той час дослідники, давала можливість спиратися на експеримент. Якщо Планк приймав, що випромінювання здійснюється порціями, то Ейнштейн показав, що і світло має квантову структуру і являє собою потік квантів (фотонів). По суті це було відродження старої корпускулярної теорії світла Ньютона. Спираючись на ці ідеї, Ейнштейн зміг пояснити ряд явищ, в тому числі і фотоелектричний ефект, який відкритий Г.Герцем у 1887 р. і незабаром на основі експериментів описаний О.Г.Столетовим. Обидва вчених спостіргали так званий зовнішній фотоелектричний ефект, – це коли фотони вибивають з речовини. Але існує і внутрішній фотоелектричний ефект. При ньому вибиті з атомів електрони залишаються всередині речовини і реєструються за підвищенням електропровідності. Внутрішній фотоелектричний ефект у 1873 р. відкрив і описав У.Сміт.

Уявлення Ейнштейна про світло, як про потік часток, дало можливість пояснити фотоелектричний ефект передачею енергії фотонів електроном атома. У статті «До електродинаміки тіл, які рухаються» (1906 р.) Ейнштейн розробив основи спеціальної теорії відносності. Виклав нові закони



Альберт Ейнштейн

руху, які узагальнювали ньютонівські і переходили до них у випадку малих швидкостей тіл, коли  $v \ll c$ . В основу своєї теорії Ейнштейн поклав два постулати. *Перший*. Спеціальний принцип відносності, що є узагальненням механічного принципу відносності Галілея до будь-яких фізичних явищ (тобто, в будь-яких інерціальних системах усі фізичні процеси – механічні, електричні, теплові, оптичні та інші відбуваються однаково). *Другий принцип* - принцип постійності швидкості світла у вакуумі – в усіх інерціальних системах  $3 \times 10^{10}$  см/сек.

Обидва постулати і теорія, що побудована на їх основі, привели до зламу багатьох звичних класичних понять (абсолютний простір, абсолютний час). Вони примусили переглянути ряд основних положень класичної фізики Ньютона. Встановили ряд нових поглядів на світ, нові просторово-часові уявлення – відносність довжини, часу, відносність явищ. Але спеціальна теорія відносності не відкинула повністю закономірностей, що встановлені класичною механікою. Вона уточнила їх для випадку руху зі швидкостями, які порівнюються зі швидкістю світла у вакуумі.



Спираючись на свою теорію, Ейнштейн у 1905 р.і відкрив закон взаємодії маси і енергії. Він показав, що маса є мірою енергії, яка міститься у тілах. Це співвідношення

( $E = mc^2$ ) покладено в основу енергетичного балансу ядерних реакцій, в основу всієї ядерної фізики (нагадаємо, що формула

класичної механіки –  $E = \frac{mv^2}{2}$ ).

Але теорію відносності почали нещадно критикувати. Найбільше її критикували філософи за те, що маса матерії може переходити в енергію відповідно до кількісного співвідношення. І не тільки філософи. В 1933 р. А.Ейнштейн відвідав Францію. 33 члени Паризької академії наук погрожували демонстративно залишити залу засідань, якщо там з'явиться автор теорії відносності. Але коли фізики здійснили ядерні реакції не тільки на окремих атомах, а і перевірили закон Ейнштейна в масштабах атомної бомби, тоді вже теорія відносності сумніву ні у кого не викликала. Положення і висновки спеціальної теорії відносності яскраво підтвердились

численними дослідженнями. Вона стала потужним інструментом у

$$E = \frac{mv^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

фізичних дослідженнях, зокрема у фізиці мікросвіту.

Не тільки спеціальною теорією відносності визначається роль Ейнштейна у новітній революції в природознавстві, створенні сучасної фізики. Він є продовжувачем створення квантової теорії. Якщо Планк квантував тільки енергію матеріального осцилятора, то Ейнштейн у 1905 р. увів уявлення про дискретну, квантову структуру світлового випромінювання. Він розглядав його як потік квантів, або фотонів. Йому належить теоретичне відкриття фотона, який експериментально виявлений у 1922 р. американським фізиком Карлом Тейлором Комптоном (1887–1954 рр.). Виходячи з припущення квантової теорії світла, Ейнштейн пояснив такі явища, як фотоефект (закон Ейнштейна для фотоефекту), правило Стокса для флюоресценції, фотоіонізацію тощо. Електромагнітна теорія світла не змогла дати пояснення таким явищам. Але це сталося пізніше. У 1907 р. Ейнштейн за допомогою квантової теорії дав пояснення зменшенню теплоємності твердих тіл при пониженні температури. Ще через два роки він вперше розглянув корпускулярнохвильовий дуалізм для випромінювання, флуктуації енергії рівноважного випромінювання, одержавши формулу для флуктуацій енергії.

Внеском Ейнштейна в атомістику був розвиток ним у 1905 р. молекулярно-статистичної теорії броунівського руху. Основний крок, що зроблений ним в цьому напрямку, полягає у піднятті теорії речовини з рівня можливих, імовірних, корисних гіпотез до рівня, коли їх можна спостерігати. Ця ідея здійснювалась шляхом досліджень випадків, в яких молекулярний рух і його статистичний характер можуть бути подані як очевидні. В наступні роки Ейнштейн продовжив свої викладки стосовно *броунівського руху*. Його дослідження *переконали фізиків* у реальності атомів і молекул, у *справедливості* кінетичної теорії теплоти і у *фундаментальній імовірності* в законах Природи.

До 1915 р. Ейнштейн працював над завершенням побудови загальної теорії відносності. Вона має назву “*сучасна релятивістська теорія тяготіння*” і встановлює зв’язок між простором–часом і матерією. Але загальна теорія відносності одержала визнання вчених тільки на початку 20-х років.

Отже, дослідження вчених наприкінці ХІХ – початку ХХ ст.ст. показали, що електрика і світло мають дискретний характер, тобто складаються з часток. Ці уявлення були покладені в основу різних моделей атома. Вони все більше відтворювали його структуру. Перш за все у 1903 р. Томсон запропонував модель атома у вигляді

«пудингу з ізюмом». Атом, на думку англійського фізика, є позитивно заряджена сфера з вкрапленими в неї електронами. Сумарний негативний заряд електронів дорівнює позитивному заряду сфери. Завдяки цьому атом в цілому є нейтральний.

Приблизно у той же час французький вчений Жан Батист Перрен (1870–1942 рр.) запропонував планетарну модель атома. Подібну до неї у 1904 р. запропонував японський фізик Хантаро Нагаока (1865–1950 рр.) – так звану «атом типу Сатурна». Згідно з його моделлю атом складається з позитивно зарядженого ядра, навколо якого обертається кільце, що містить значну кількість електронів. Модель Нагаока не привернула уваги фізиків. Її певною мірою можна вважати попередницею ядерної моделі Резерфорда. Обидві моделі були умоглядні і довго не протримались.

До 1911 р. Резерфордом було накопичено досить експериментальних даних для того, щоб запропонувати добре відому сьогодні «планетарну модель» атома (гіпотеза, як вже згадувалось, була висловлена Д.І.Менделєєвим у 1894 р.). Своєю побудовою вона нагадує нам Сонячну систему з оцінками розмірів атома, у центрі якого міститься невелике позитивно заряджене ядро. Розміри ядра дуже малі ( $10^{-12}$  см) порівняно з розмірами самого атома ( $10^{-8}$  см). Навколо ядра рухаються електрони, подібно як і планети навколо Сонця. Число електронів у нейтральному атомі за сумарним негативним зарядом компенсується позитивним зарядом ядра. У 1913 р. датський вчений Н.Бор (1885–1962 рр.) уточнив модель атома, запропоновану Резерфордом, *вніс до неї ідеї квантової теорії*. Внаслідок цього структура атома набула більш чітких обрисів, що відображено у підручниках з фізики і хімії: у центрі атома знаходиться ядро, в якому зосередена майже вся маса атома і весь його позитивний заряд. Навколо ядра рухаються окремі електрони. Число електронів складає стільки, щоб повний заряд атома дорівнював нулю. Простір, який займає ядро, дуже малий порівняно з об'ємом всього атома в цілому.

Отже, нарешті ми прийшли до цікавого явища в історії атомістики. Історичний огляд її розвитку показує, що між вивченням предмету хімії та фізики нема якихось видимих меж. Всякі кордони між ними випадкові і безпідставні. І у фізиці, і у хімії ми маємо по суті одну науку.

І, нарешті, зробимо ще такий висновок. Новітня революція в природознавстві наприкінці XIX – на початку XX ст.ст. охоплює період трохи більше 10 років. Але розглядати розвиток науки у цей період варто як завершальний етап наукової революції. Причому, це є не стільки процес розвитку, скільки його кінцевий результат. Без перебільшення можна сказати, що плеяда фізиків, яка здійснила новітню революцію, своїми працями і талантом створила фундамент,



без якого був би немислимий подальший прогрес людства. З нього розпочинаються істотні зміни навколишнього світу, стрімкий прогрес в усіх галузях людської діяльності, який в середині ХХ ст. привів до науково-технічної революції., висунув комплекс проблем глобального характеру. Їх розв'язання можливе тільки за умови залучення тієї ж науки.

## НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗВИТОК У ПЕРШІЙ ПОЛОВИНІ ХХ СТОЛІТТЯ

### Особливості і напрямки технічних перетворень

У стислому за обсягом матеріалі важко висвітлити усі напрямки науково-технічного прогресу, що стрімко розпочав свій біг з початку двадцятого століття. Виділимо ті з них, які нам добре знайомі і ми спостерігаємо їх щоденно. Крім того, на їх прикладі найбільш чітко можна побачити особливості науково-технічного розвитку в цей період. Що ж це за особливості?

*Перша особливість.* Приблизно три десятиліття ХХ ст. технічний прогрес супроводжувався виключно шляхом удосконалення і впровадження винаходів і відкриттів, зроблених у попередні періоди. Найбільш виразно це проявилось на використанні передачі електричних сил на відстань. Здійснення цього зробило переворот в економіці. Розв'язана проблема одержання енергії шляхом використання сили води водоспадів. Спостерігаємо порівняно широке використання таких винаходів минулого століття, як телефон, телеграф, промені Рентгена. Виробничники скористувались досягненнями хіміків у одержанні синтетичних, харчових, пахучих та інших речовин.

*Друга особливість* полягає в тому, що з початку століття і аж до початку другої світової війни спостерігалось невинне падіння темпів появи нових винаходів порівняно з вісімнадцятим і дев'ятнадцятим століттями. Саме у цей час легко помітити широке впровадження винаходів, зроблених у попередній період. Протиставити такій тенденції можна лише винахід газової турбіни і вертольоту. Вони створені у 30-і роки.

*Третя особливість.* Виразний характер набуло використання досягнень науки і техніки для задоволення потреб війни. В ХХ ст. було розв'язано дві світові спустошливі війни. У зв'язку з цим цілий ряд фундаментальних досліджень не торкнувся покращання життя пересічної людини аж до кінця Другої світової війни. Так було з автомобілем, літаком і для більшості населення з електричним освітленням і телефоном. Політичні сили ігнорували гуманну сутність науки, підпорядкували її досягнення створенню небачених засобів знищення людини і всього того, що вона створила своїм розумом і руками. Вершиною безвідповідальності і антигуманної сутності стала історія з використанням досягнень фізики і хімії, створення атомної та ядерної зброї, засобів хімічного знищення людей. Вже з початку ХХ ст. творчі сили науки і техніка були спрямовані на створення багатьох видів озброєння. На потреби воєн витрачалась велика кількість матеріальних, сировинних, трудових

ресурсів, інтелектуальних сил. Вони відривали вчених від створення продукції для задоволення першочергових життєвих потреб населення. Війни, як у м'ясорубці, перемелювали людський матеріал, призначенням якого було рухати прогрес. Дж. Томсон, наприклад, так писав про наслідки Першої світової війни для Англії: «В армію було мобілізовано 16 тисяч вихованців Кембріджа. 2652 чоловіка вбито на фронтах, 3460 поранено, 497 – загинули в полоні і доля їх невідома. Кембрідж спустошив...». Це загальна картина країн, охоплених Першою світовою війною, в тому числі і Росії. Громадянська війна зробила ще більший «внесок» у таке положення. Голод і холод не щадили інтелектуальних сил.

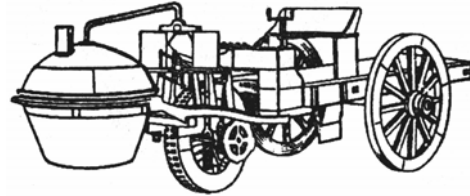
*Четверта особливість* науково-технічного розвитку періоду, який ми вивчаємо, полягає в наступному. Мрії людини багато в чому знайшли своє втілення завдяки науковому пошуку на основі результатів новітньої революції у природознавстві, взаємопроникненню фізики у хімію, взаємодії суміжних наук.

Двадцяте століття стало тим періодом в історії людства, коли його геній і творча праця перетворили в реальність те, про що мріяли наші предки. З давніх часів люди мріяли здійснити три великі задумки. Перша – літати в небі. Друга – володіти богатирською силою. Третя – спостерігати за подіями через штучні і природні перешкоди на великій відстані. Історія багатьох відкриттів і винаходів, які могли б сприяти здійсненню омріяного, свідчить, що вони народжувались головним чином тоді, коли загальні економічні, політичні та й соціальні умови робили їх необхідними. Чимало винахідників відгукувались на заклик часу, але небагато з них досягали успіху. Тому до визрівання умов мрії залишались мріями і знаходили своє відображення в билинах, міфах, легендах у всіх народів в усі часи. Казки про «килим-літак», билинних богатирів і про чарівне дзеркальце (блюдечко) хвилювали уяву людей протягом багатьох століть.

Розвиток природничих наук, наукові і технічні відкриття поступово привели до того, що до початку ХХ ст. віковічні мрії наших предків почали здійснюватись. Навколишній світ людини став істотно змінюватись, насичуватись новими творіннями розуму і рук її творців.

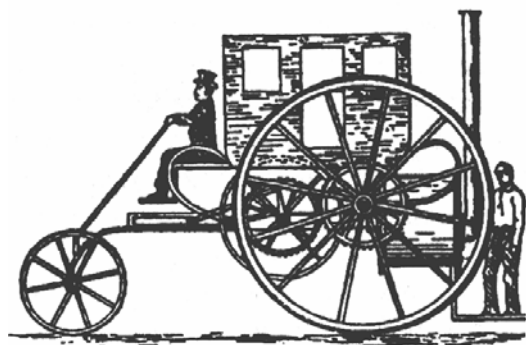
## **Еволюція автомобілебудування**

Автомобіль належить до тих великих винаходів, які, як і колесо, порох або електричний струм, зробили величезний вплив не тільки на епоху, яка їх породила, але і на всі наступні часи. Автомобіль сформував сучасну індустрію, народив нові галузі промисловості, деспотично перебудував саме виробництво, вперше надав йому масовий, серійний і потоковий характер. Він перетворив зовнішнє обличчя планети., яка оперізалась мільйонами кілометрів шосейних доріг, усугубив екологію і навіть змінив психологію людини. В історії автомобіля багато чудових сторінок, але, можливо, найяскравіша з них належить до перших років його існування.



*Паровий автомобіль Кюньо*

В автомобіля початку ХХ ст. багато чого було успадковано від попередників. Наприклад, підвіска, ресори, кермове обладнання і гальма дістались автомобілю від карет і кінних екіпажів ще з ХVІІ ст. У 1818 р. Акерман запропонував і побудував пристрій для управління екіпажем, що складалось з трьох частин – середньої нерухомої і двох рухомих цапф, з'єднаних шарнірами з середньою частиною. Монолітні гумові шини також були встановлені на каретах у 1847 р.



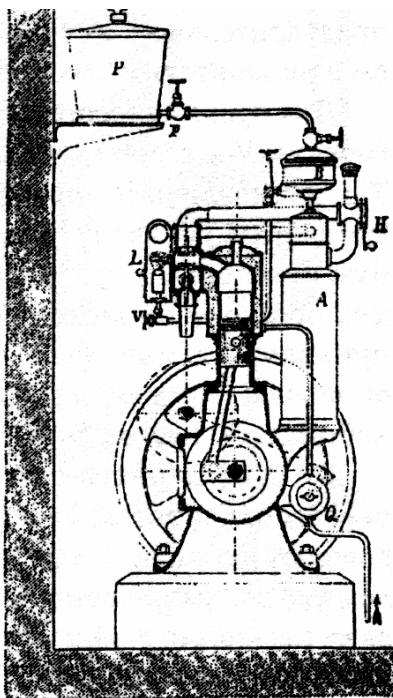
*Паровий автомобіль Тривайтика*

Безпосереднім попередником бензинового автомобіля був паромобіль. Першим практично діючим паровим автомобілем вважається паровий візок француза Кюньо, що побудований ним у 1769 р. Він перевозив вантаж до трьох тон зі швидкістю 2–4 км/год. Важка машина погано слухалась керма, постійно наїздила на стіни будинків і тини, руйнуючи і наносячи шкоду. Незважаючи на великий об'єм котла, тиск швидко падав. Кожні чверть години для підтримки тиску треба було зупинятись і розпалювати топку. Одна з поїздок завершилась вибухом котла. На щастя, сам Кюньо залишився живим. Аналогічний паровий автомобіль побудував відомий нам уже англійський винахідник Тривайтик. Величезна машина перевозила 8–10 пасажирів зі швидкість до 15 км/год.

Золотий вік паромобілів відноситься до 20–30–х років ХІХ ст. Кілька десятків парових омнібусів у Англії використовувались на приміських маршрутах. На хороших дорогах вони розвивали швидкість до 30 км/год. Їх поступово витиснули залізниці. У 1888 р. французький інженер Серполле придумав генератор з миттєвим

пароутворенням. Це була спіраль сталюї труби, сплющена настільки, що внутрішній канал її виглядав як вузький капіляр. Спіраль, що зазделегідь нагрівалась, була оточена чавунним кожухом. Вода, яка сюди подавалась, майже миттєво випаровувалась. Такий паромобіль легко розвивав швидкість до 140 км/год. Він тривалий час міг конкурувати з бензиновим автомобілем. Але низький ККД навіть хороших парових двигунів складав всього 5–7%. Вони поступились автомобілям з двигунами внутрішнього згоряння.

Ера парових автомашин не пройшла безслідно. Деякі важливі елементи сучасних автомобілів винайдені саме тоді. Найбільш



*Двигун Бенца*

чудовими з них є два винаходи: у 1834 р. американський інженер Робертс винайшов диференціал, а у 1843 р. його співвітчизник Хілл – коробку передач. Колеса зі спицями, легкі рами з труб, шарикопідшипники і пневматичні шини автомобіль отримав від велосипеда.

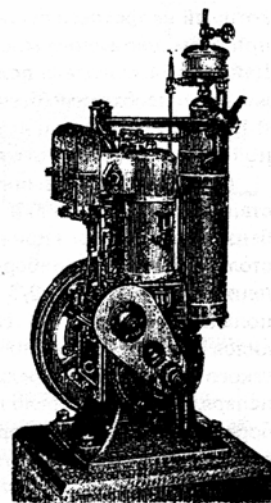
Автомобіль у сучасному розумінні цього слова побудував у 1864 р. австрійський винахідник Зігфрід Маркус. Після тривалих випробувань йому врешті-решт вдалось побудувати двотактний бензиновий двигун з електричним запаленням, який він і встановив на звичайний візок. У 1875 р. Маркус створив більш удосконалений автомобіль.

Офіційна слава винахідників автомобіля належить двом німецьким інженерам - Бенцу і Даймлеру. Конструкцію машини і двигуна до неї Бенц створював протягом 20 років. Пальним у його автомобілі став бензин, запалення горючої суміші здійснювалось за допомогою електричної іскри, а її джерелом була батарея, з якої струм подавався на катушку Румкорфа. Для отримання пальної суміші Бенц створив один з перших в історії карбюраторів. Мотор автомобіля Бенца охолоджувався водою, що самопливом заповнювала простір між мотором і металевим кожухом, який його оточував. Зроблений у «велосипедну епоху» автомобіль і нагадував триколісний велосипед. Мав трубчасту раму, тангетні колеса зі спицями і ланцюгову передачу. Швидкість його досягала 13 км/год. З 1885 р. по 1893 р. Бенц реалізував 69 автомобілів, виробництво яких налагодив на своєму заводі. З 1894 р. він почав виробляти

чотириколісні автомобілі «Вело», з двоциліндровим двигуном і пневматичними шинами. Тільки за 1894 р. було продано 67 машин, у 1896 р. – 181, а у 1900 р. – вже 603 машини.

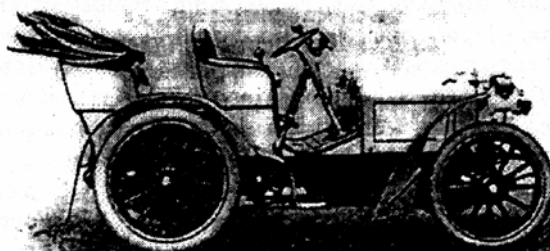
Одночасно з Бенцем виробництво автомобілів розпочав і Даймлер. Для того, щоб захистити двигуни від пилу і бруду їх оточували спеціальними кожухами. Передбачались водяна оболонка охолодження і пластинчатий радіатор. Для пуску двигуна служила рукоятка. У 1889 р. чотириколісний екіпаж Даймлера експонувався на виставці у Парижі, де французькі фабриканти Панар, Левассор і Пежо купили ліцензії на його двигун. Ця подія виявилась дуже важливою для історії автомобілебудування.

У 1890 р. Даймлер, об'єднавшись з багатим підприємцем Дуттенхофнером, створив акціонерну компанію «Даймлер Мотерен». У наступному році він виготовив перший чотирьохциліндровий двигун.



*Двигун Даймлера*

Нова ера в історії автомобілебудування почалась у 1901 р., коли цією фірмою було випущено перший «Мерседес», що мав уже форму сучасного автомобіля. Ця гарна, елегантна і надійна машина мала раму з пресованих сталевих профілей, сотовий бронзовий радіатор, справжню коробку передач і чотирициліндровий двигун потужністю 35 кінських сил, що надавав



*Перший «Мерседес»,  
1901 р.*

можливість розвивати швидкість до 70 км/год. З появою першого «Мерседеса» закінчилось дитинство автомобіля і почався стрімкий розвиток автомобільної промисловості.

У нове століття людство ступило з надією, що автомобілі повністю замінять коней на транспорті. Цим здійсниться цілий переворот у житті міст і сіл. Для таких сподівань були усі підстави. Ті, хто побував у Парижі і Берліні, бачили на вулицях міст велику кількість автомобілів. У Парижі навіть з'явилися екіпажі автомобільних візників – (така назва була дана першим таксі).

Стрімкими темпами розвивалось автомобілебудування в США. Генрі Форд розпочав свою діяльність як конструктор-аматор. Історія зберегла побудований ним візок з паровим двигуном. У 1895 р. у

США нараховувалось всього чотири автомобілі з бензиновим двигуном. Два з них зіткнулись на вулиці Нью-Йорку.

Усі перші автомобілі будували так само, як і перший паровий двигун, – для кожної машини свої деталі. З 1902 р. автомобільні фірми США і Англії перейшли на взаємозамінність деталей. У 1904 р. почали входити в користування автобуси і вантажні машини на легкому паливі. В наступні роки ХХ ст. розвиток автомобіля пішов не стільки шляхом винахідництва, скільки шляхом створення дешевого автомобіля масового виробництва.

Взаємозамінність частин в автомобілебудуванні сприяла створенню нових машин та інструментів: зуборізних, шліфувальних верстатів багатьох типів, різних штампувальних пресів для шасі, прошивальних верстатів, точних ливарних машин, інструменту для зенкування і розкручування. Безперечно, окремі з цих машин існували і раніше. Генрі Форд розумів, що потрібно створити дешевий автомобіль і у великій кількості. Він запровадив складальну лінію. Спочатку це була експериментальна лінія для складання маховиків і магнето, а згодом двигунів і шасі. У 1913 р. вже діяв на автомобільному заводі Форда перший конвеєр. Посилювалась тенденція до впровадження автоматів. Ці та інші новинки конвеєрної системи виробництва автомобілів (і деталей до них) стали ключем до підвищення продуктивності праці і здешевлення машин. Масове виробництво автомобілів привело до помітного їх удосконалення і більш широкого використання.

На заводі Форда виробництво автомобілів зросло з 18 тис. у 1909–1910 рр. до одного мільйона 250 тис. у 1920–1921 рр. Сьогодні на автомобільних заводах американського підприємця потоковий метод витиснутий автоматизацією. Щохвилини з конвеєра сходять шість автомобілів, які конкурують на ринку з автомобілями інших країн. Вирішальну роль у зміні форм машин в усіх країнах визначило підвищення швидкості руху.

Побіжно зазначимо, що на початку ХХ ст. техніка розвинутих країн пішла шляхом заміни парових двигунів (ККД 5–10%) двигунами внутрішнього згорання (ККД 30–40%). Ця машина, більше ніж будь-який інший винахід, вплинула і на перетворення промисловості, і на умови життя у ХХ ст. Ствердив себе і винахід Рудольфа Дизеля – дизель-мотори. Вони працювали на нафті, газі, мазуті. Навіть Рауль Амудсен, коли готував експедицію до Північного Полюсу і ретельно продумав такі деталі, як конструкція собачих батогів, без коливань замінив парову машину на «Фрамі» мотором Дизеля.

Дизель-мотори завойовували не лише широти, але і глибини в морях, висоти. Вони рухали дирижаблі, підводні човни. Лише літаки і легкові машини «вистояли» проти дизельних двигунів. Для них він

був надто важкий. З точки зору високого тиску дизель-мотор мав надмірно масивні циліндри. Сьогодні автомобіль з дизель-мотором помітно потиснув свого собрата з бензиновим двигуном. Усе згадане є підтвердженням того, як багато здійснено у першій половині двадцятого століття в галузі автомобілебудування.

## Еволюція повітроплавання



Мрія людини про «килим-літак» втілена у літальних апаратах, які для нас стали звичайним явищем. Авіація була одним з самих найромантичніших досягнень ХХ ст. Але чому тільки тепер матеріалізована мрія людини літати в небі? Не було винаходів? А можливо інші проблеми стримували втілення мрії у практику? Спробуємо історично простежити за розвитком подій з цього приводу.

Прагнення людини до польотів в усі часи було настільки великим, що причину здійснення цієї мрії треба шукати не у відсутності стимулюючих факторів для винаходів, а у браку знань і технічних можливостей. Технічні проблеми польоту були настільки складними, що на відміну від інших задач механіки їх не можна було розв'язувати без накопичення інженерних навичок і дуже тривалого наукового аналізу.

Проблема повітроплавання була на одному з перших місць і привертала увагу європейського наукового товариства вже у другій половині ХІХ ст. Після успіхів промисловості у використанні пари, переможної ходи поїздів і пароплавів природним кроком стрімкого розвитку техніки мало стати здійснення мети людини про вільний політ, опанування повітряною стихією. Ідея про політ – одна з найдавніших в історії людства. В міфах, за народними переказами, в історичних хроніках можна відшукати відомості про багато спроб людини у різні часи здійснити свою давню мрію – піднятися у повітря і літати як птиця. Але все це були ділетанські заходи, в яких більше ентузіазму, ніж розрахунків, і тому вони закінчувались невдачами. Тільки у останню чверть ХІХ ст. з'явилися перші відомості про те, що політ на апаратах важчих за повітря може коли-небудь стати реальністю. Чому ж це мистецтво так довго залишалось



для людини недосяжною мрією? Справа в тому, що на відміну від аеростата аероплан не пливе по повітрю, а спирається на нього при польоті, підкоряючись складним аеродинамічним законам.

Правильне пояснення польоту було дано вже у XVIII–XIX ст.ст., але наука про політ – аеродинаміка виникла тільки у перші десятиліття XX ст. Чому птахи, будучи важчими за повітря, не падають на землю? Справа в тому, що на нижню поверхню їх крил діє так звана підйомна сила, яка перевищує силу важкості, що діє у протилежному напрямку.

Походження цієї сили ще у першій половині XVIII ст. пояснив відомий математик і фізик Д.Бернуллі. У 1738 р. у своїй фундаментальній праці «Гідродинаміка» він вивів закон, який сьогодні носить його ім'я. Суть цього закону (сформульований ним для рідин, але справедливий також для газів) полягає в тому, що зі збільшенням швидкості потоку тиск його на стінки посудини зменшується.

Але злетіти мало – потрібно утримати аероплан у повітрі. Адже підйомна сила зберігається до того

часу, поки поверхня крила, що його несе, правильно орієнтована відносно повітряного потоку. Порушення орієнтації веде до зникнення підйомної сили і літак падає на землю. Усталеність – це головна проблема для будь-якого апарата, що літає і важче повітря. Якщо він не має механізму, що забезпечує усталеність, то перетворюється на іграшку підступного вітру.

З історії відомо про спроби легендарного Ікара і Архита Тарентського піднятися в повітря. Після численних планів і дослідів, які проводились у XVII ст., перший повітряний політ здійснили брати Монгольф'є, але на повітряній кулі.

На аналогічній кулі, яку наповнили нагрітим повітрям, 21 листопада 1783 р. піднявся у повітря перший повітроплавець Пілатр де Розьє. У цьому ж році здійснено перший політ на аеростаті. Аеростати стали загальним захопленням. У 1785 р. здійснено переліт



*Запуск повітряної кулі братів Монгольф'є у вересні 1783 р. Вперше у кошик були*

через Ла-Манш. У французькій армії аеростати, як спостерігальні пункти, почали використовувати з 1794 р. У наступному році робиться спроба побудови керованого аеростата (дирижабля). Але тільки у 1852 р. у повітря піднявся перший дирижабль.

Деякі аеростатів власноручно побудував у Харкові Михайло Лаврентьєв (1834–18?? рр.), де він проживав тривалий час. На них Лаврентьєв започаткував популяризацію повітроплавання в Росії. У Харкові велику допомогу йому надав академік, фізик-хімік М.М.Бекетов. В університетській лабораторії з його ініціативи перевірялась просочуваність кулі, яку виготовив Лаврентьєв. Університетські вчені допомогли йому зробити деякі математичні розрахунки. Чергові польоти в околицях Харкова проходили з науковою апаратурою на висоті понад 2500 метрів. Лаврентьєв накопичив певну кількість матеріалів про свої спостереження. Планував здійснити польоти з Ростова-на-Дону до Петербурга.

Таким чином, повітряні кулі відіграли визначну роль у розвитку авіації до початку двадцятого століття. Вони вперше підняли людину в повітря. Цим було продемонстровано можливість підкорити повітряний простір.

На дирижаблях, або «апаратах, що легше повітря», не було управління. Цю проблему розв'язав Цеппелін. У 1900 р. він побудував жорстку конструкцію дирижабля і здійснив на ньому політ. Але велика їх вразливість, чутливість до механічних пошкоджень оболонки і нездатність



*Дирижабль «Цеппелін NT». Німеччина.  
1998 р.*

боротися з поривами вітру призводили до частих катастроф. Тому напередодні 40-х років дирижаблі поступились місцем аеропланам. У 1914–1918 рр. військово-повітряні кораблі використовувались виключно для потреб армії. За період з 1910 по 1914 рр. «цеппеліни», як їх назвали на честь винахідника, перевезли повітрям 35000 пасажирів і налітали понад 27000 кілометрів без серйозних пошкоджень.

Прямим попередником усіх сучасних літаків, як вважається, є іграшкові моделі аеропланів Пено. Він їх будував з 1871 р. і запускав за допомогою гумових моторчиків. Вони доводили, що апарати, які важче повітря, можуть літати. В наступному році Пено дійшов надзвичайно важливого висновку, що для сталості польоту аероплана йому необхідне хвостове оперення. Таким чином йому вдалось надати своїм апаратам хорошу сталість відносно трьох осей.

У XIX ст. розвиток повітроплавання проходив у боротьбі двох науково-технічних напрямків. Одні спеціалісти вважали, що майбутнє належить удосконаленим повітряним кулям – «апаратам, які легше повітря». Думка інших зводилась до перемоги авіації – «апаратів, ої важче повітря». М.С.Жуковський на X з'їзді природодослідників, що проходив у Києві у 1898 р., підтримав другий напрямок.

Цікаво відзначити, що до проблеми польоту людини декілька разів повертався Леонардо да Вінчі. Вивчивши спочатку польоти птахів і літучих мишей, він у XV ст. робить креслення крил, що приводяться до руху силою м'язів людини. Потім через декілька років у зошиті він зображує літальний апарат з чотирма лопатями, які природяться до руху від механічної передачі, керованої людиною, що знаходиться всередині корпусу. По суті, цей апарат схожий на сучасний вертольот.

Подібну машину, що одержала назву аеродинамічної, створив у 1754 р. М.В.Ломоносов. Вона мусила, на його думку, за допомогою сили пружини натискувати крилами на повітря і підніматись у верхні шари атмосфери з метою її дослідження метеорологічним обладнанням.

Напередодні Першої світової війни Н.Л.Кирпичов (брат першого директора Харківського технологічного інституту В.Л.Кирпичова)

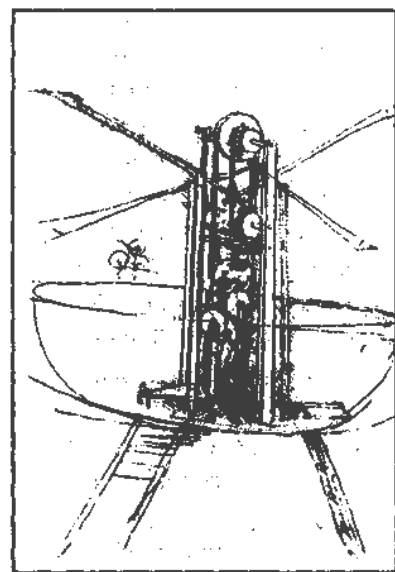


*Вертоліт КА-52 "Алігатор"*

визнав можливим втілити проект побудови електрольота, що запропонований О.М.Лодигінім, який він створив у 60-і роки XIX ст. Це ще за 70 років до народження вертольота і за 40 років до польоту братів Райт, за двадцять років до побудови першого літака і отримання патента на нього Можайським. Однак здійснити ідею його побудови було неможливо. Електрольот, як і вертольот, у багатьох випадках виявився значно тоншим і складнішим механізмом, ніж літак. Останній копіював польот птаха.

Минуло майже 30 років після експериментів Пено до того часу, коли створено літак, що здатний підняти у небо людину. Наприкінці XIX ст. в різних

визнав можливим втілити проект побудови електрольота, що запропонований О.М.Лодигінім, який він створив у 60-і роки XIX ст. Це ще за 70 років до

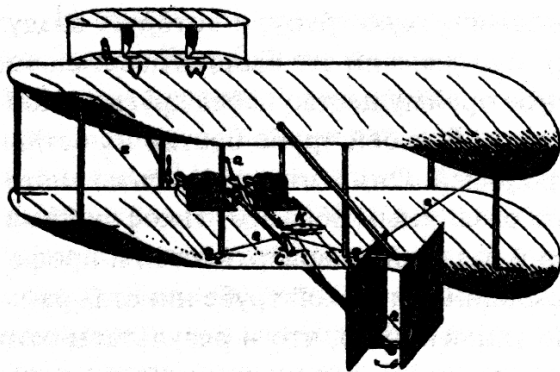


*Малюнок Леонардо да Вінчі*

країнах зроблено декілька вдалих спроб побудови великих аеропланів. Спробу розв'язати проблему польоту зробив російський вчений О.Ф.Можайський на літаку з паровим двигуном. Літак не піднявся в повітря. У 1894 р. літак з розмахом крил 31,5 м і вагою біля 3 т намагався підняти в повітря талановитий англійський винахідник Хайрам Максим. При першій же спробі машина розбилась. Розбивались і літаки відомого американського астронома Самюеля Ленглі, що на початку 1900-х років побудував їх декілька. Така ж доля спіткала машини французького інженера Клемена Адера. Обраний усіма згаданими особами шлях виявився тупиковим.

Подальший розвиток аероплана пішов шляхом, вказаним німецьким інженером Отто Лілієнталем. У той час, коли інші всю свою увагу зосереджували «моторному польоту», Лілієнталь обрав за мету – пізнати насамперед секрет безмоторного ширяючого польоту. Замість дорогих машин він будував легкі планери і настирливо працював над їх удосконаленням. Аж до XIX ст. винахідники при своїх спробах відірватися від землі копіювали гребний політ птахів. З причин настирності наслідувати природі людина порівняно пізно опанувала ширяючий політ. Разом з тим технічні можливості для здійснення такого польоту були виявлені ще в давні часи. Загальна помилка полягала в тому, що для польоту, крім крил, винахідники передбачали наявність якоїсь механічної сили. Саме на цьому і зосереджувались усі їх зусилля.

Лілієнталь у 1891 р. побудував перший керований планер, що подібний сучасним дельтапланам. Спочатку польоти були короткими

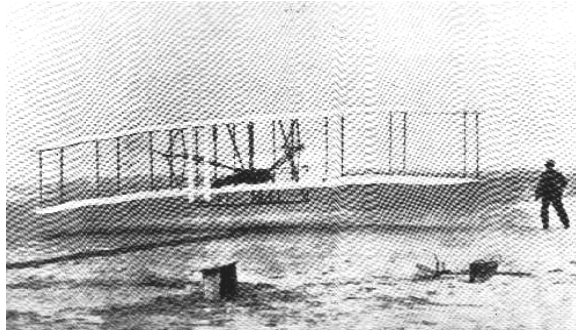


*Схема управління планером братів Райт*

– з невеликого піщаного пагорбка метрів на 15. Потім стали більш тривалими і здійснювались з пагорба висотою 30 метрів. Лілієнталь здійснив понад 2000 вдалих польотів. Він міг пропливати в небі понад 100 м, перебуваючи у повітрі до 30 с. Таким чином, німецький

дослідник вперше довів можливість планеруючих польотів і перший правильно підійшов до вивчення аеродинамічних сил, що діють на крило. Тривалі польоти на планерах дали йому можливість накопичити необхідні відомості з аеродинаміки. За ці знання він заплатив життям – у 1896 р. розбився з планером. Експерименти Лілієнтала привернули до себе увагу в багатьох країнах світу.

Завдання керованого польоту на апараті з механічним двигуном практично розв'язали американські конструктори, механіки-велосипедисти за професією, аеронавти за покликанням брати Уїлбер і Орвілл Райт. Вони знали про невдалі польоти своїх попередників, вивчили їх прорахунки, ознайомились з результатами досліджень Лілієнталя. За найближчу мету, яку висунули брати, було досягти сталого і керованого польоту. Протягом 1900–1901 рр. вони побудували два планери, які забезпечили кермом. Планери легко підіймались у повітря з людиною. Брати Райт відчували брак теоретичних знань з аеродинаміки. Зібрали книги, де описувались польоти. Вибрали з них усі таблиці, а ті, яких не вистачало, склали самі. Спорудили «вітровий тунель» – аеродинамічну трубу, в яку повітря нагніталось за допомогою вентилятора. У своїй трубі вони випробували понад 200 моделей, різних за формою металевих профілей.



*Перший політ братів Райт*

Головними результатами усіх цих експериментів було два. Перший – визначення так званого центра тиску, тобто рівнодіючої усіх сил тиску на крило при різних кутах атаки. Другий – визначення підйомної сили крил і сили лобового опору при різній швидкості. Результати своїх досліджень брати систематизували в особливих таблицях. Тільки після цього, вже з урахуванням аеродинамічних пошуків, вони почали конструювати планер. Третій планер (1902 р.), на відміну від перших двох, мав вертикальний хвіст, місце для пілота, який міг управляти кермом висоти. Запускаючи планер, двоє людей збігали з ним з високої гори проти вітру. Потім кермо стало вертикально рухомим. Другий кермовий важіль управляв висотою польоту. Планер братів Райт перебував у повітрі до однієї хвилини. Планер міг підійматись і опускатись донизу, повертати направо і наліво, зберігаючи сталість. Для того, щоб стати аеропланом, планеру не вистачало одного – мотора з пропелером.

Для двигуна брати використали дюралюміній – сплав алюмінію і міді. Німецькі конструктори цей сплав використали у 1910 р. Райти виготовили два дерев'яних гвинти з канадської сосни, що насаджувались на залізну вісь. Привід до них був ланцюговий на обидва крила, де були встановлені пропелери (позаду крила). Перші випробування моторного польоту 14 грудня 1903 р. тривали 3,5 с.

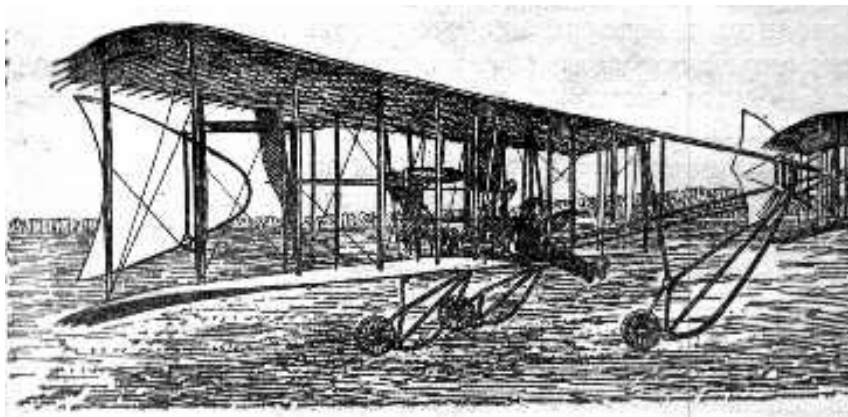
Пролетівши 32 м, аероплан упав. Після декількох спроб 17 грудня Уїлбер на літаку з бензиновим двигуном потужністю 12 кінських сил здійснив перший в історії людства стійкий керований політ на відстань 260 метрів. Він тривав 59 с.

Окрилені успіхом брати Райт почали будувати другий аероплан з двигуном потужністю 16 кінських сил. Дуже обережно проводили польоти, збільшуючи їх висоту і відстань. На третьому аероплані 5 листопада 1905 р. Уїлбер знаходився у повітрі до того часу, поки не закінчився бензин - 38 хв. За цей час він налітав по колу 39 км. У аероплані 1908 р. він встановив рекорд польоту – 2 год 20 хв. Посипались замовлення на літак, і у Нью-Йорку було засновано компанію «Райт». Перша фабрика по виробництву літаків у США була заснована у Дейтоні.

Через відсутність хвоста аероплани «Райт» мали тенденцію «клювати носом», що стало причиною декількох катастроф у 1909 р. Французькі авіатори багато чого запозичили від Райтів, але не мали великого впливу на свої досягнення. Їх літаки мали «хвіст Пено», що автоматично забезпечував рівновагу. Автогонщик Фарман здійснював польоти на виготовленому на його замовлення аероплані, робив польоти на «Фарман-1», що мав шасі, за допомогою якого робив розбіг проти вітру.

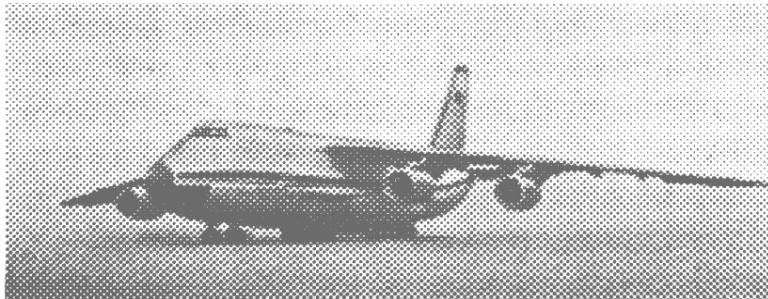
Французький інженер Ено-Пельтрі в 1906 р. сконструював перший у світі моноплан – прототип усіх сучасних літаків. Він же є винахідником ручки керування і зіркоподібного авіаційного двигуна. 9 вересня 1908 р. вперше в історії він здійснив політ на літаку з пасажиром.

1909 рік став роком міжнародних змагань авіаторів, загального тріумфу аеропланів. Видатний французький авіатор Блеріо на



аероплані «Блеріо-II» здійснив переліт через Ла-Манш. Тоді ж Фарман створив свій чудовий літак «Фарман-3» – надійний, сталий, слухняний в керуванні. Він став основною учбовою машиною того часу і одним з перших аеропланів, які почали виробляти серійно. Тисячі льотчиків з багатьох країн пройшли на ньому курс навчання.

У цей же час конструювання літальних апаратів почалось у Києві та Одесі. Академік Г.Ф.Проскура залучився до цієї діяльності як теоретик. З власної ініціативи в 1910 р. почав читати необов'язковий курс з повітроплавання в Харківському технологічному інституті. В 1922 р. з його ініціативи на механічному факультеті цього ж інституту запроваджено авіаційну спеціальність і



*Руслан*

цим покладено початок систематичній спеціалізації студентів у галузі авіації в Україні. Г.Ф.Проскура став автором

перших в Україні праць з теоретичних основ повітроплавання.

До 1914 р. польоти літаків залишались ризиковим спортом. З початком війни держави почали вкладати гроші в авіацію. З цього часу аероплан перетворився у надійну машину. Його швидкість зростає від 110–130 до 225–250 км/год. У 1919 році було здійснено переліт через Атлантичний океан. Для цивільних цілей літак почав використовуватись тоді, коли був удосконалений і виконав службу як засіб військового призначення.

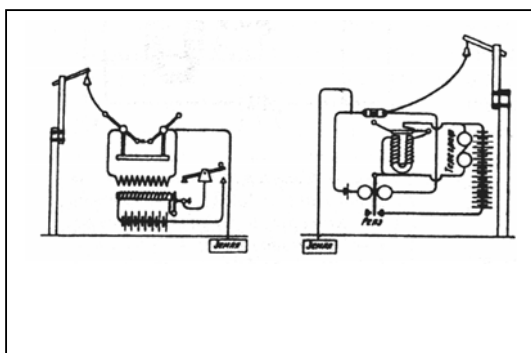
Окрім згаданих імен в історії авіації були ще Сікорський, Лавочкін, Туполєв, Яковлев, Іллюшин, Полікарпов, Антонов та багато інших, творчий внесок яких надав конструкціям літаків нових рис, що наблизили цю машину до сучасних параметрів.



*Ty-144*

Потрібно було декілька десятиліть напруженої праці багатьох тисяч вчених, інженерів, робітників, колективна робота сотень науково-дослідних установ для того, щоб довести аероплан до рівня досконалості. Сьогодні він нам представлений і за формою, і по співвідношенню багатьох параметрів.

## Радіо



*Радіопередавач і радіоприймач Попова*

Радіо, як і аероплан, минуло свої критичні бар'єри в роки війни 1914–1918 рр. Перша радіограма

була передана на острів Гюгланд наприкінці 1899 р. Вона надала можливість криголаму "Єрмак" врятувати 50 рибалок і панцерник "Генерал-адмірал Апраксін". Останній сидів на каміннях біля острова. Заповзятливий двадцятисемирічний італієць Марконі використав відкриття Герца і Попова на власний розсуд. Він залучив до роботи талановитих вчених і у 1901 р. здійснив радіозв'язок через Атлантичний океан. Цим і обмежилось використання потужних радіопередаючих пристроїв. Його діяльність відіграла значну роль у розвитку радіотехніки, зокрема у розповсюдженні радіо як засобу зв'язку. У 1909 р. за це Марконі присуджено Нобелівську премію.

Перші пробні радіопередачі були здійснені у 1920 р., хоча ідея їх виникла ще у 1905 р. Практичне здійснення таких передач відбулось у 1924 р., коли Англія, завдяки роботам Марконі, встановила короткохвильову радіотелеграфну станцію для спрямованого зв'язку зі своїми домініонами і з Індією. Регулярний трансатлантичний зв'язок було встановлено у 1926 р. Важливість радіо по справжньому могла бути оцінена тільки полярниками, геологами, льотчиками і моряками.

## **Телебачення**

А як же з мрією людини про подолання перешкод і бачити на відстані за межами можливого? Ця мрія здійснилась, і перед нею у вигляді чудо-ящика з'явився екран, що стрімко увійшов у будинок і зайняв там почесне місце. З чуда він швидко перетворився в один з необхідних предметів сучасної людини. Спочатку один невеличкий екран з чорно-білим зображенням змінився іншим, більшого розміру. Потім йому на зміну прийшов кольоровий телевізор. Тепер за його допомогою ми можемо проникнути у величезний світ життя усієї планети, світ мистецтва, науки і техніки, культури.

Телебачення можна вважати одним із найчудовіших винаходів ХХ ст. Поряд з автомобілем, літаком, комп'ютером, ядерним реактором воно проникло сьогодні в усі сфери нашого буття і пов'язане з життям кожної людини. Як і кожний складний технічний винахід, телебачення з'явилося і розвинулося у досконалу систему завдяки зусиллям багатьох і багатьох винахідників. Згадаємо тільки найважливіші і значніші моменти його виникнення.

Раннім попередником телебачення вважається копіруючий телеграф Олександра Бена, що запатентований ним у 1843 р. Основу відправляючого апарата і того, що приймає, склали сургучно-металеві пластини, своєрідно упорядковані. Основи дрової телевізійної передачі розроблені у 1855 р. Автором її став Каселле. Апарат для передачі побудував французький адвокат Сенлек у 1877 р. Через чотири роки у брошурі «Телектроскоп» він описав проект



телевізійного пристрою, що складався з двох панелей – та, що передає, і та, яка приймає. Сенлек побудував діючу модель свого телектроскопа, але не міг передати на ньому нічого, крім декількох точок, які світилися. Слабким місцем такої телевізійної системи залишався механічний комутатор.

У 1884 р. німецький студент Ніпков запатентував скануючий диск. Головною деталлю його був світлонепроникаючий диск з дрібними отворами навколо зовнішнього краю. Відстані між отворами були однаковими, але кожний наступний отвір був зміщений до центру диска на величину діаметра отвору. У пристрої Ніпкова вже були вузли так званого механічного телебачення. І хоча було вдало вирішено проблему розгортки сигналу, ні Ніпкову, ні його послідовникам не вдалося здійснити передачу зображень.

Подальшому удосконаленню розвитку телебачення сприяли відкриття в галузі фотоефекту. В 1923 р. перші практичні передачі нерухомого зображення здійснено з Вашингтона до Філадельфії. Через два роки – зображення рухомих фігур.

Перша практично діюча система телебачення була створена англійським інженером Дж.Д.Бердом. Він організував у 1926 р. її публічну демонстрацію. Починаючи з 1929 р. Британська радіомовна корпорація (Бі-Бі-Сі) використала цю систему для регулярних експериментальних передач. Система мала нечітке зображення. Вона базувалась на механічному розгортанні. Такі ж студії існували в Москві і Ленінграді. Десятки тисяч людей мали у себе вдома телевізори. Широкого розповсюдження механічне телебачення не знайшло. Врешті-решт починало набирати силу електронне телебачення.

Епоха електронного телебачення почалась з винаходом електронно-променевої трубки, прообразом якої стала газорозрядна лампа. Німецький склодув Гейслер з 1856 р. вплавляв у скляну колбу платинові електроди і створював перші газонаповнювальні трубки. Коли через трубку проходить електричний розряд, під його дією газ починає яскраво світитись.

Цим явищем зацікавились професори-фізики з Німеччини Плюккер, Гітторф і Ленард, фізики з Англії Крукс і Томсон. На основі трубки Крукса професором Страсбурзького університету Брауном у 1895 р. була створена катодна (електронна) трубка для дослідження різних електричних струмів. Вона удосконалена російським професором Петровським, німецьким фізиком Венельтом і російським вченим Мандельштамом. Усі їх відкриття і удосконалення з розгортання електронного променя заклали фундаментальні основи електронного телебачення.

У самому примітивному і недосконалому вигляді електронне телебачення набуло життя з відкриттям Б.Л.Розінга, винахідника,

професора фізики з Петербургу. 25 липня 1907 р. він подав заявку на видачу йому привілеї на винахід «способу електричної передачі зображення на відстань». Незабаром він одержав патенти на електронний телевізор в Англії (1908 р.), Німеччині (1909 р.) і Росії (1910 р.). 9 травня 1911 р. друзі і колеги Розінга були присутні на приголомшливому досліді: на невеличкому екранчику електроннопроменевої трубки з'явилось зображення чотирьох світлових паралельних ліній.

Але ця історична подія залишилась майже непомітною, якщо не вважати на захоплення преси і те, що Російське технічне товариство нагородило Розінга золотою медаллю. Відомості про винахід було надруковано на сторінках технічних журналів США, Японії і Німеччини, що істотно вплинуло на подальший розвиток телебачення.

До Розінга, і одночасно з ним, винахідники намагались досягти успіхів у далекобаченні за допомогою механічних пристроїв. Це здавалось їм більш реальним, аніж електронне телебачення. Треба мати на увазі те, що сама електроніка знаходилась у зародковому стані. Потрібні були нові проникнення у таємниці матерії, нові відкриття у новій галузі фізики – радіоелектроніці. Вчені США, Англії, Угорщини, Японії, Росії повільно, крок за кроком наближались до заповітної мрії. Багато з них зневірились в можливості приборкати електронні заряди і знову повертались до оптико-механічного обладнання.

Дослідження фотоефекту та його закономірностей, створення потужних електронно-променевих трубок та електронних ламп і, нарешті, освоєння радіо підготували ґрунт для створення сучасного телебачення. В 1923 р. В.К.Зворикін, один з учнів Розінга, що допомагав йому у створенні першого телевізора, запатентував у США, куди він емігрував з Росії у 1917 р., повністю електронну систему телебачення з передаючою і приймальною електронно-променевими трубками. В 1933 році на з'їзді радіоінженерів у Чикаго він оголосив про успішне завершення діючої телевізійної трубки – іконоскопа.

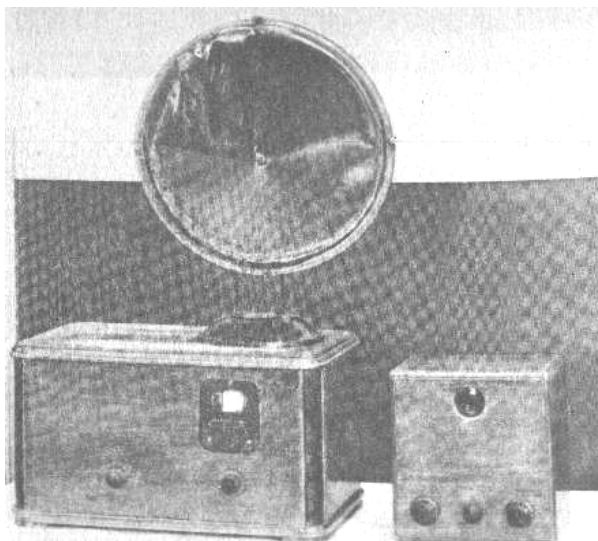
У серпні 1931 р. В.К.Зворикін відвідав Радянський Союз і зробив повідомлення про результати простого способу виготовлення іконоскопа (кінескопа) шляхом напорошення тонкого шару срібла на пластинку слюди і нагрівання її в гарячій печі. Він зустрівся з інженером С.І.Катаєвим, який також працював у цьому напрямку. Вони згадали про винахід Розінга і його вплив на розвиток електронно-променевих приладів. Катаєв і Зворикін в подальшому неодноразово зустрічались. Обмінювались своїми науковими працями. Вони з вдячністю згадували свого вчителя Розінга, який ще у 1925 році писав: «Немає ніякого сумніву в тому, що прийде

нарешті такий час, коли електрична телескопія розповсюдиться і стане таким самим необхідним приладом, яким є в даний час телефон».

На початку 1935 р. у Ленінграді було завершено створення і відбулася демонстрація діючої системи електронного телебачення на екрані розміром 8X11 см. Його одночасно могли дивитись 15 чоловік.

Історія згадує ще одного винахідника телебачення – Льва Сергійовича Термена. В ній є щось схоже на легенду. Він займався створенням електромюзичних інструментів. Ним винайдено перший електронний музичний інструмент - терменвокс.

На початку 20-х років Термен самостійно почав захоплюватись передачею зображення на відстань і у 1926 р. побудував телевізор з екраном 1,5X1,5 м. На демонстрацію дальнобачення запросили членів уряду і полководців: Сталіна, Орджонікідзе, Тухачевського, Ворошилова. «Тему» одразу ж віднесли до таємних. Були плани встановити такі прилади в системі прикордонного контролю. Однак і до сьогодні залишилось загадкою, чому винахід Термена не було впроваджено у практику.



### **Зародження генетики**

Генетика є однією з найважливіших галузей «науки про життя». Це наука про *спадковість і мінливість організмів*. Вона є складовою частиною біології. Вищі форми розвиваються з одного оплодотвореного яйця. Завдяки спадковості є сімейні і виникають біологічні особливості усіх інших живих істот. Передача властивостей цілого організму через клітину ясно показує існування матеріальної генетичної програми, дія якої забезпечує розвиток вихідної клітини у складний організм.

Під мікроскопом ви не помітите різниці у побудові клітини лева, миші, людини. Але у їх молекулярних структурах прихована матеріальна система. У кожному окремому випадку вона керує особливим видом розвитку. Природа цього керівного початку тривалий період була незрозумілою. Тільки успіхи генетики зняли завісу таємниці з цих явищ. Було показано, що розвиток клітини спрямовується матеріальною системою. Вона отримала назву «*генетичної програми*». Наявність і передача через покоління цієї

програми забезпечує збереження спадкових властивостей. Однак збереження – це лише одна сторона існування організмів. Другою стороною є мінливість. Саме вона забезпечує еволюцію. Гени піддаються змінам (мутаціям), внаслідок чого народжуються організми з новими властивостями.

Так само як хімія та фізика у свій час знайшли в атомах свою основу (електрон), на якій побудований неорганічний світ, так само і генетика вивчає основні складові спадковості – *гени*. Її засновником є австро–угорський вчений Грегор Мендель (1822–1884 рр.). До 70–х років ХХ ст. генетика в основному розвивалась шляхом, запропонованим цим вченим. І тільки тоді, коли науковці навчилися читати послідовність нуклеїнових основ у молекулах *ДНК*, спадковість стали вивчати не за допомогою аналізу результатів гібридизації, а спираючись на фізико–хімічні методи.

Хто ж такий Грегор Мендель?



*Грегор Мендель*

Вже у початковій школі він виявив видатні математичні здібності. З великими труднощами сім'ї вдалось наскребти грошей на завершення гімназичного курсу. Пожертвуваних сестрою грошей, накопичених нею на придане, вистачило Менделю тільки на курс по підготовці в університет.

Професор математики Франц, який знав математичні здібності юнака, порадив йому вступити до августинського монастиря міста Брно. Його очолював аббат Кирило Напп – людина високоерудована, що заохочувала заняття наукою. У 21 рік Мендель поступив до монастиря і отримав ім'я Грегор (при народженні йому дано ім'я Йоганн). Через чотири роки він направляється монастирем учителювати в середню школу.

З 1851 р. по 1853 р. Мендель вивчав природничі науки, особливо фізику у Віденському університеті. Після цього він 14 років займався педагогічною діяльністю.

Мендель не був професійним вченим-біологом. Як аматор він постійно експериментував з різними рослинами і бджолами. У 1856 р. почав класичну роботу по гібридизації і аналізу наслідування ознак у гороха. В монастирському садочку на ділянці в 2,5 відсотка Грегор висівав горох протягом 8 років, манипулюючи двома десятками різновидів цієї культури. Він провів 10 тис. дослідів, дивуючи двох партнерів, які йому інколи допомагали. Давав їм пояснення, але вони нічого не могли зрозуміти.

Настирний, спостережливий і дуже терплячий Мендель вивчав форму сім'я у рослин, що отримані внаслідок схрещування. Бажаючи усвідомити закономірності передачі лише однієї ознаки («гладкі–зморщені») він піддав аналізу 7324 горошини. Кожне сім'я вивчав крізь лупу, порівнюючи його форму і роблячи записи. Так Менделем був уведений гібридологічний аналіз спадковості окремих ознак батьків у потомстві.

Він почав абстрактно мислити, залишивши поза уваги статистичні показники. Нехтуючи розбіжністю у розрахунках (десяті і соті долі) Мендель побачив цілісну картину дослідження. Виявилось, що певні типи схрещування в різному потомстві дають різні співвідношення. Тоді він вивчає праці своїх попередників з метою знайти підтвердження своєї здогадки. В різний час і різними шляхами вони дійшли висновку: гени можуть володіти домінуючими (ті, що подавляють) або рецесивними (ті, яких подавляють) властивостями. Грегор робить висновок: комбінація неоднорідних генів і дає те саме розщеплення ознак, що спостерігається в його власних дослідах, і у тих самих співвідношеннях, які були обчислені за допомогою його статистичного аналізу.

Перевіряючи зміни, що здійснювались в отриманих поколіннях гороха, вчений увів буквенні позначення. Він відмітив великою літерою домінантний, а малою – рецесивний стан одного і того ж гена. Мендель довіав, що кожна ознака організму визначається спадковими факторами, задатками (згодом їх назвали генами), які передаються від батьків потомкам з статевими клітинами. Внаслідок схрещування можуть з'явитись нові сполучення спадкових ознак. Узагальнені результати роботи вченого такі:

усі гібридні рослини першого покоління однакові і проявляють ознаку одного з батьків;

серед гібридів другого покоління з'являються рослини як з домінантними, так і з рецесивними ознаками у співвідношенні 3:1;

дві ознаки в потомстві ведуть себе незалежно і у другому поколінні зустрічаються в усіх можливих сполученнях;

необхідно відрізнити ознаки і їх спадкові задатки (рослини, які проявляють домінантні ознаки, можуть у прихованому вигляді нести задатки рецесивних);

сполучення чоловічих і жіночих гамет випадкове у відношенні до того, задатки яких ознак несуть ці гамети.

Про результати своїх багаторічних дослідів Мендель у лютому і березні 1865 р. доповів на засіданнях товариства природодослідників міста Брно. Доповіді були сприйняті холодно. У наступному році вчений опублікував свою роботу під назвою «Досліди над рослинними гібридами». Праця Менделя не була оцінена його сучасниками. Крамольний висновок вченого нищівно критикувався

видатними вченими. Менделя принижували, осміювали, придумуючи різні епітети.

Професор ботаніки Мюнхенського університету Карл фон Негелі запропонував Менделю перевірити виявлені ним закони на ястребинці. Грегор витратив багато сил на нові дослідження. Потомство, отримане від ястребинки, не підкорялось закону, як він вважав, правильному для всіх. І тільки згодом, коли біологи встановили факт іншого, нестатевого розмноження ястребинки, заперечення професора Негелі, головного опонента Менделя, були усунені. Але обох вчених вже не було в живих.

За життя Менделя ніхто не підозрював, що проведені ним схрещування різновидів ястребинки фактично не здійснювались, оскільки ця рослина розмножується без опилювання і запліднення, дівочим шляхом, за допомогою так званої апогамії.

Невдачі кропітких і напружених дослідів, що викликали повну втрату зору, обтяжливі обов'язки прелата і похилі роки вимусили Менделя припинити улюблені дослідження. Через кілька років він пішов з життя, так і розгадавши таємниці ястребинки, що не «укладалась» у його закони одноманітності гібридів першого покоління і розщеплення ознак у потомстві.

Менделю було б значно легше, якби він знав про роботи лікаря Адамса. До того часу він опублікував піонерську працю про спадковість ознак у людини. На основі емпіричних спостережень за сім'ями зі спадковими захворюваннями Адамс фактично сформулював поняття спадкових задатків, помітивши домінуючу і рецесивну спадковість у людини. Але ботаніки не чули про роботу медика, а тому, імовірно, за практичною роботою не вистачало часу на абстрактні міркування. Генетики знали про спостереження Адамса лише тоді, коли цілком серйозно почали вивчати історію генетики людини.

Статтю Менделя не бачив і автор «Виникнення видів» Чарлз Дарвін. Невідомо, яку б оцінку відкриттю Менделя дав би англійський натураліст. Дарвін проявляв неабиякий інтерес до гібридизації рослин. Він схрещував різні форми лівостороннього зіву. З приводу розщеплення гібридів у другому поколінні писав: «Чому це так? Бог знає...».

Імовірно, не бачив статті Менделя і інший видатний ботанік А.М.Бекетов – старший брат вченого-хіміка М.М.Бекетова. У 1854–1861 рр. він працював професором у Харківському університеті. З 1861 по 1895 рр. – професором і ректором Санкт-Петербурзького університету. Він виховав чудову групу видатних теоретиків і творчих спадкоємців еволюціоніста Дарвіна – К.А.Тімірязєва, В.Л.Комарова, М.Д.Залеського та ін.

У Харкові А.М.Бекетов написав і опублікував статтю «Гармонія в природі». В ній він показав взаємозв'язок і взаємообумовленість явищ у природі. Тут є два найважливіших для біологічної науки висновки:

- 1) мінливість організмів зі зміною умов, які їх оточують;
- 2) досконале їх зникнення з радикальними змінами цих умов.

Це дарвінські положення (Дарвін свою працю «Виникнення видів» опублікував у 1859 р.»).

Таким чином, два видатних природодослідника – Дарвін і Бекетов – сучасники Менделя не були знайомі з його роботами. Непомітний автор закону про спадковість і мінливість організмів був непохитний у своїй правоті. Він казав: «Мій час ще настане». Ці слова викарбовані на його пам'ятнику, який встановлено напроти монастирського садочка, де Мендель проводив свої досліді.

Відзначимо, що через три роки після відкриття Менделем його закону про спадковість і мінливість організмів швейцарський біохімік Фрідріх Мішер відкрив у клітині нуклеїнову кислоту. Але недовіра до того, що не могло бути відчутним, залишила без уваги і його відкриття. До кінця ХІХ ст. більше відкриттів у генетиці не було.

Знаменний фізик Ервін Шрєдінгер вважав, що застосування законів Менделя рівнозначне впровадженню квантового начала у біології.

## **Генетика у ХХ столітті**

Історія генетики продовжується з 1900 р., коли було визнано значення законів Менделя. На початку століття було доведено, що гени містяться у хромосомах, структурних елементах ядра клітини. У першій половині ХХ ст. біохіміки визначили хімічну природу нуклеїнових кислот, а у 40-х роках дослідники виявили, що гени утворені однією з цих кислот – дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК). Було доведено, що гени, або ДНК, керують біосинтезом (утворенням) клітинних білків, які назвали ферментами, і таким чином контролюють біохімічні процеси в клітині. Над проблемою відкриття ДНК та її властивостей працювали американський біолог Освальд Авері, Альфред Херші і Марта Чейз, англійський вчений Г.Ф.Уілкінс, Уотсон, Розалін Франклін та ін.

З початку ХХ століття генетика, як і генетична мінералогія, вчення про біосферу та її перехід до іоносфери, про живу речовину та інше почала свій нелегкий шлях. Саме на першу половину ХХ ст. припадає найбільш трагічна доля цієї галузі науки, а також людей, котрі присвятили свою творчість і служіння їй. Нам відомо, що всі науки розвивались, довелось долати великі труднощі. Генетиці більше, ніж будь-яким іншим наукам прийшлося долати перешкоди

на шляху свого ствердження. Вся її історія замішана на суперечностях, боротьбі. Генетику відкидали так само, як і теорію електромагнетизму, ядерну фізику, теорію відносності та ін. Її несприйняття було наслідком того, що вчений торкнувся мікрооснови організму – гена, ядра. Психологічно людина краще сприймає те, що бачить власними очима. Невидиме завжди відкидається нашою свідомістю.

За період 1910–1915 рр. сталися помітні зрушення в генетиці. Було доведено, що гени є фізичні тіла. Вони локалізовані у певних місцях хромосом. Гени розглядались як останні, неподільні одиниці. Вважалось, що вони, як намисто, нанизані на загальну нитку вздовж хромосоми. Видатну роль в цьому відіграли роботи Томаса Моргана. З 1911 р. він і його соратники почали публікацію серії робіт, в яких експериментально, на основі чисельних дослідів з дрозофілами, доводилось, що гени – це матеріальні частинки, які визначають спадкоємну мінливість, і що ці носії є хромосоми ядра клітини. Так і була сформульована в основних рисах хромосомна теорія спадковості, яка підтвердила і підкріпила закони, відкриті Менделем.

До Моргана для знайомства з його лабораторними роботами приїздив вчений, зірка радянської генетики М.І.Вавілов. Тут він і визначився з напрямками, в яких потрібно працювати йому на батьківщині. У 30–і роки він писав: «Закони Менделя і Моргана покладені в основу сучасних наукових уявлень про спадковість, на яких будується селекційна робота, як з рослинними, так і з тваринними організмами... Серед біологів ХХ століття Морган виділяється як блискучий генетик-експериментатор, як дослідник виключного діапазону».

На відміну від західних країн, де генетика була рівноправною наукою, її розвиток у Радянському Союзі йшов складною, ламаною лінією. До її визнання як науки були роки, коли багато генетичних установ ліквідувалось. Її нарекли псевдонаукою. М.І.Вавілов, присвятивши усе своє життя генетиці, вражав оточуючих його співробітників властивою йому титанічною діяльністю, енергійністю. Разом з М.К.Кольцовим, С.С.Четвериковим, А.С.Серебровським зробив значний внесок у розвиток генетики. Протягом 30–х років він ніс на собі основний тягар у боротьбі з противниками (ворогами) генетики, основи якої закладені Г.Менделем і Т.Морганом.

У 1916 р. Кольцов передбачав, що спадкові зміни організмів можна буде отримувати під впливом факторів зовнішнього середовища. Цей прогноз виявився правильним. У наші часи тисячі досліджень в лабораторіях усього світу провадяться з метою отримання мутацій за допомогою радіації та хімічних сполук. У 1927 р. вчений висловив пророчу гіпотезу про хромосому, як молекулярну структуру. Він заявив, що ця структура при поділі клітини



самоудвоюється на основі законів фізики і хімії. Через 25 років його гіпотеза знайшла своє відображення на практиці і стала основою нашого розуміння спадковості.

Науковий шлях Кольцова був ламаним. Наприкінці двадцятих років він захопився модним за кордоном, помилковим додатком генетики до людини. Цей напрямок мав назву «євгеніка» (в перекладі з грецької – добра порода, еї – добре, genes – рід). В сучасному американському словнику «євгеніка» - наука про покращання рас людини на основі контролю над спадковими факторами. Формувалась вона не на порожньому місці.

Думка про покращання людського роду шляхом зміни його спадкових властивостей так, як це робиться у тварин, виникла ще у давнину. Спартанці Давньої Греції знищували кволих дітей. Вони вважали, що таким чином можна забезпечувати спадкове здоров'я свого роду. (Платон (427–347 рр. до н.е. ) був прихильником запровадження контролю з боку держави за дітонародженням). Звідси і розквіт расових теорій. Серед них: вчення Мальтуса про абсолютне перенаселення за рахунок малоцінних груп населення; теорія Спенсера, який стверджував, що турбота про хворих, соціальна гігієна, охорона материнства і дітей погіршують рід людини. Усе це суперечить принципам природного відбору. «Євгеніка» оформила усі ці напрямки у вигляді науки про покращання людини шляхом селекції. Її засновником вважають англійського антрополога-расиста Ф.Гальтона.

Разом з Кольцовим «євгеніку» в Радянському Союзі підтримували такі вчені як Ю.А.Філіпченко, А.С.Серебровський, М.В.Волоцький, Т.І.Юдін та ін. Кольцов, як і Гальтон, визнав «євгеніку» новою релігією. Її завданням вважалось рятування людського роду від «генетичного виродження», яке, на його думку, вже почалося. Для цього потрібно створити генетично досконалу людину. Ми не випадково зробили екскурс в проблему людини. Це виправдано, адже розвиток суспільства вимагає створення його матеріальних основ на базі науково-технічної революції. Проблема людини є пекучою проблемою сучасності і розв'язувати її однією генетикою неможливо. Тут пов'язані між собою питання політики, економіки, соціології, філософії та інших наук. «Євгеніки» з псевдонаукових позицій хотіли вирішувати проблему без врахування соціальних умов і їх впливу на формування особистості.

Кольцов зробив спробу обґрунтувати думку про те, що людина може стати об'єктом генетичного експериментування. Він вважав, що за допомогою методів відбору, підбору і схрещування, якими селекціонери створюють нові породи тварин і нові види рослин, можна досягти створення вищої раси людей. У фашистській Німеччині, як відомо, таким чином експериментування велось з

метою створення безвільної людини. В 1939 р. Кольцов відмовився від своїх поглядів на «євгеніку».

Тридцять років відзначаються тріумфальною ходою генетики у світі. У Радянському Союзі видатними її представниками, крім згаданих раніше, були М.П.Дубінін, М.В.Тимофєєв-Ресовський. (Останній у 1925 р. виїхав у відрядження до Німеччини, де працював до закінчення Другої світової війни). Поряд з цим протягом цього ж десятиліття розгортаються інші процеси навколо генетики. Їх центром стає Одеса. Тут у незвичній атмосфері проявляється активність Т.Д.Лисенка та І.І.Презента, який став ідеологом, філософським наставником першого. У «Британській енциклопедії» Т.Д.Лисенка охарактеризовано як «найзнаменитішого псевдовченого двадцятого століття». За що цей радянський вчений удостоєний такого «почесного» звання?

Лисенко – людина, що волею випадку зайняла провідне місце у радянській науці, негативно вплинув на розвиток, насамперед, генетики, основи якої заклали Г.Мендель і Т.Морган. Він розглядав генетику як класово шкідливу для соціалізму. Вважав, що вона академічна і схоластична, насичена буржуазним світоглядом, антинаукова і абсолютно відірвана від завдань сільського господарства. Взявши на озброєння ідеї та методи І.В.Мічуріна внутрішньосортного схрещування, Лисенко заявив, що система його поглядів наносить смертельний удар по генетиці.

Лисенко піднімав важливі наукові і практичні питання. Намагався пов'язати їх з потребами життя, підвищенням ефективності сільського господарства. Його ідея про роль біології розвитку, про можливість зовнішніми факторами змінити властивості організму поступово вела до заперечення особливої властивості спадковості. Ідея спадковості в нього витискувалась ідеєю про організм як єдине. Основним в термінології Лисенка стає «біологія розвитку». В досягненні своєї мети він спирається на авторитет Сталіна і з його боку знаходить підтримку.

До 1936 р. Лисенко підготувався до рішучих атак проти Вавілова і генетики в цілому. Головним обвинуваченням проти генетики, яке він висунув, було: відрив генетики і їх прихильників від колгоспного будівництва; нерозуміння ролі зовнішніх умов і математизований, абіологічний підхід до організму. Почались тривалі дискусії навколо згаданих питань. Лисенко отримав підтримку частини радянських вчених. Разом з ним і започаткував розгром радянської генетики, вчені якої вже досягли певних успіхів. Нападки на неї посилювались тоді, коли не були виконані обіцянки Вавілова за допомогою генетики покращати стан справ у тваринництві протягом другої п'ятирічки (1932–1937 рр.). (Приклад, коли виявилось нерозуміння того, що фундаментальні дослідження

не можуть раптово привести до позитивних наслідків їх використання на практиці).

Це дало підстави Лисенку більш настирливо повести атаки на теорію Менделя, його закони. Він підриває основи класичної генетики – «буржуазної науки». Термін Лисенка «менделізм» набуває лайливості, його лякаються вчені. На думку Лисенка, «менделізм» шкодить практиці. Він розвиває свої ідеї і закладає фундамент особливої «мічурінської» науки. Лисенко стверджує, що за допомогою щеплення у рослин можна одержати такі ж самі гібриди, як і при схрещуванні. Тиск на вчених, які твердо стояли на позиціях генетики, посилювався. У серпні 1940 р. Вавілова заарештовано у Західній Україні, де він перебував у відраженні. Приводом стало те, що школа так званої «формальної генетики», яку він очолював, наче б то організувала систематичну кампанію з метою дискредитації президента Академії сільськогосподарських наук Лисенка. Всі наукові і меморіальні матеріали, які Вавілов протягом багатьох років накопичував і узагальнював, були вилучені при його арешті, знищені працівниками НКВС. Серед них такі рукописи фундаментальних досліджень, як: «Боротьба з хворобами рослин шляхом впровадження стійких сортів»; «Польові культури СРСР»; листи всесвітньо відомих вчених та багато інших. Така ж доля спіткала рукопис «Історія розвитку світового землеробства», яку підготував Вавілов у в'язниці.

Слідство продовжувалось понад 11 місяців. Біля 400 раз протягом 1700 годин йшов допит Вавілова з метою визнати його ворогом народу. Штучно викликана дистрофія вченого, якого за два дні до смерті доставили до тюремної лікарні, обумовила 26 січня 1943 р. трагічний кінець всесвітньо відомого вченого. Ще до Вавілова жертвами репресій стали значні спеціалісти в галузі генетики. Колишній особистий секретар В.І.Леніна академік Н.К.Горбунов знищений як «ворог народу». Така ж участь спіткала президента ВАСГНІЛ Муралова, академіків Тулайкова, Мейстера, Карпенка, Левитського та ін.

Після закінчення Великої Вітчизняної війни боротьба між Лисенком і представниками класичної генетики розгортається з новою силою. У 1945–1948 рр. генетика починає відроджуватись. Цьому сприяє провал планів Лисенка покращити стан справ у сільському господарстві шляхом яровизації, літніх посадок картоплі та посівів по стерні тощо. Але сумнозвісна сесія ВАСГНІЛ 1948 році нанесла нищівний удар провідникам «буржуазних поглядів». Розгром генетики призвів до того, що в Академії наук Радянського Союзу, системі наукових закладів сільськогосподарської академії, міністерствах сільського господарства, університетах та усіх інших вищих навчальних закладах була проведена нещадна чистка

прихильників хромосомної теорії та теорії гена. Ця чистка втрутилась в долю тисяч людей. Вони вимушені були пристосовуватись до умов «лисенківщини» або залишити наукові установи.

Зі вступом розвинутих країн у науково-технічну революцію у Радянському Союзі почалось відродження генетики. Спочатку велике значення набули питання *радіаційної генетики*, впливу радіоактивних випромінювань на спадковість організмів. Це були саме ті проблеми, які давно вже вивчались у США, Німеччині.

Природодослідникам Кріку і Уотсону, які спільно почали роботу по визначенню хімічної структури ДНК, було відомо про існування двох типів нуклеїнових кислот – ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота) і рибонуклеїнова кислота (РНК). Кожна з них складається з моносахариду групи пентоз, фосфату і чотирьох азотистих основ: аденіну, тиміну (в РНК - урацилу), гуаніну і цитозіну. Вони узагальнили отримані результати з уже раніше визначеними і у лютому 1953 року зробили повідомлення про структуру ДНК. Вони ж створили тримірну модель молекули ДНК – подвійну спіраль з двох ланцюгів дезоксирибозофосфату, що з'єднані парами основ аналогічно сходинкам драбини. У 1962 р. Кріку і Уотсону присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини «за відкриття щодо молекулярної структури нуклеїнових кислот і їх значення для передачі інформації в живих системах».

Розкриттям таємниці молекули ДНК позначена революція у генетиці. З цього часу генетиці серйозну увагу почали приділяти фізики, математики, хіміки.

У 1954 р. Френсис Крік продовжив дослідження у Кавендішській лабораторії, сконцентрувавши увагу на розшифровці генетичного коду. Разом з колегами вивчав генетичні мутації в бактеріофагах (віруси, які інфікують бактеріальні клітини). За розгадку структури ДНК вчені удостоєні Нобелівської премії.

До 1961 р. було відкрито три типи РНК: інформаційна, рибосомальна і транспортна. Крік запропонував спосіб читання генетичного коду. Цей код складають тріплети азотистих сполучень ДНК і РНК для кожної з 20 амінокислот. Гени ж складаються з чисельних основних тріплетів, які Крік назвав кодонами. Усе це проклало шлях до розшифровки вченими генома людини. Ця подія відбулась у 2001 році.

# НАУКОВО-ТЕХНІЧНА РЕВОЛЮЦІЯ

## Сутність, функції науково-технічної революції

XVII, XVIII і XIX ст. в історії людства, як не важко було переконатись, безперечно можна назвати періодом небувалого розквіту науки, техніки. Їх розвиток у першій половині XX ст. привів людство до справжньої науково-технічної революції. В академічному тлумаченні НТР характеризується як розпочатий з середини XX ст. якісний стрибок у структурі і динаміці розвитку виробничих сил, докорінна перебудова технічних основ матеріального виробництва. Протягом першої половини цього століття людство накопичило більше знань, ніж за всі попередні дві з половиною тисячі років. 90% усіх винаходів і відкриттів з'явилося у двадцятому столітті. Саме вони і стали рушійною силою НТР.

Ми не можемо уявити наше життя без швидкісних поїздів і автомобілів, без авіалайнерів, телеграфного і телефонного зв'язку, радіоприймачів, телевізійних екранів, без домашніх холодильників, без електричного освітлення. Неймовірний прогрес людства і без досконалих верстатів, автоматичних ліній, електронно-обчислювальних машин, прокатних станів, синтетичних матеріалів, нових технологій тощо. Усе це віхи НТР. З нею пов'язані технічні і технологічні символи епохи. НТР істотно впливає на рівень розвитку виробничих сил. У свою чергу цей рівень безпосередньо впливає на всі сфери суспільства.

Під впливом науки і техніки з другої половини XX ст. в розвинутих індустріальних країнах сталися якісні зміни виробничих сил на основі перетворення науки у провідний компонент матеріального виробництва. Наука і техніка змінили обрис суспільного виробництва, умови, характер і зміст праці, структуру виробничих сил. Вони забезпечили швидке зростання продуктивності праці – головного показника, що впливає на всі сфери суспільства: культуру, побут, психологію людей, їх стосунки з Природою. Але сам по собі розвиток виробничих сил, техніки і науки автоматично не гарантує прогрес суспільства. Людство для свого зміцнення повинно мати матеріально-технічну базу, яка була б здатною скоротити працю таким чином, щоб кожен досяг матеріального достатку і мав час для вільного розвитку своїх здібностей і потреб. Правильність такого ствердження помітна на прогресі соціального розвитку цивілізованих країн світу. Саме у другій половині XX ст. відбулися серйозні зміни, відчутний вплив науки і техніки на оточуючий людину світ.

НТР – складне суспільне явище, тривалий історичний процес. Вона є закономірним періодом історії людства. Тому логічно буде виділити в НТР її функції. Вони виявляють себе у двох аспектах.

Перший – науково-технічний. Другий – соціальний. Обидва аспекти взаємопов’язані між собою і визначною мірою віддзеркалюють зміст діяльності держави, прихильність населення до її політики.

Виникає питання, якими ж критеріями характеризувати НТР? Існує декілька точок зору вчених з цього приводу. Одні з них представляють НТР як складову частину економічної політики держави. Інші розглядають її як самостійну галузь, котра покликана розв’язувати комплекс науково-технічних і соціальних завдань. Обидві точки зору можна визнати правильними. Якщо ми їх об’єднаємо, то можемо визначити функції і кінцеву мету НТР. Тоді вона постає перед нами як основа господарської діяльності, головний важіль усіх соціально-економічних перетворень, гарант неухильного покращання добробуту і культурного рівня людей.

Отже НТР не можна сприймати абстрактно. Підкреслимо, що вона пов’язана з соціальним розвитком в рамках певного суспільства, обумовлена і може бути правильно оцінена тільки в такому контексті. Тобто, соціальна сфера, її рівень і є кінцевим продуктом науково-технічної та економічної діяльності держави. Цей продукт має задовольнити життєві потреби людей.

Під впливом НТР не лише удосконалюються технології, підвищується продуктивність праці, скорочуються витрати на виробництво. Під її впливом зростають суперечності в соціальному житті суспільства цивілізованих країн. На це варто звернути увагу тому, що різні країни на етапі НТР по різному використовували потенціальні можливості з метою досягнення високих економічних і соціальних показників. Залежно від цього вони і посіли різні рівні соціально-економічного і політичного розвитку.

Таким чином, НТР, як бачимо, є складним суспільним явищем, тривалим історичним процесом. Йому властиві такі особливості: глобальність, тому що він охоплює практично увесь світ; всеосяжність, оскільки він впливає на всі сторони суспільного життя.

### **Джерела науково-технічної революції**

НТР народилась не на голому місці. Своїм корінням вона сягає новітньої революції у природознавстві на рубежі XIX–XX ст.ст. Джерелом її є науково-технічний прогрес (НТП). Його становлення треба віднести до мануфактурного виробництва у XVI–XVIII ст.ст.

Компас, порох і книгодрукування були трьома великими винаходами, з яких започатковано союз наукової і технічної діяльності. Прагнення максимально використати силу водяного млина для потреб мануфактурного виробництва спонукало теоретично долати деякі механічні процеси. У зв’язку з цим

створюються теорії махового колеса і махових рухів, теорія жолоба, вчення про тиск води і опір тертю. Рушійною силою став і вітряний двигун. Врешті-решт технічні новинки здійснили корінний злам і прогрес у засобах транспортного сполучення і привели до епохи «Великих відкриттів» (відкриття Колумбом Америки, водного шляху до Індії, кругосвітня подорож Магеллана).

На розвитку парових машин ми спостерігаємо прагнення вчених поєднати науку і техніку, зробити першу провідним компонентом матеріального виробництва. XVII–XVIII ст.ст. проклали шлях до нового, другого етапу НТП. Наука і техніка взаємно стимулюють одна одну і темпи цього процесу прискорюються. Науково-технічна діяльність стає однією з найбільш поширених сфер прикладання людської праці.

Дивовижне XIX ст. заклало основи НТР і зміни навколишнього світу. Воно щедро наділило людство винаходами і відкриттями в галузі технічних засобів комунікації. Століття почалось з гальванічного елемента – першої батарейки постійного струму Алессандро Вольта. У XIX ст. електротехніка виділилась з фізики у самостійну науку. Над створенням її фундаменту працювала плеяда вчених і винахідників багатьох країн. Серед них датчанин Ерстед, француз Ампер, німці Ом і Герц, англійці Фарадей і Максвелл, американець Франклін, хорват Тесла, росіяни Петров, Яблочков, українець Піроцький та ін.

Перелік згаданих видатних і відомих імен у галузі електротехніки стверджує, що ця наука «інтернаціональна». Її прогрес досягнутий об'єднаними зусиллями представників різних націй. Якщо ми зробимо аналіз досягнень і в інших галузях науки, то побачимо таке ж представництво.

Важливу роль у підготовці НТР відіграли успіхи природознавства наприкінці XIX – на початку XX ст. Відкриттям радію, електрона, експериментального встановлення тиску світла, генерування і детектування міліметрових хвиль, перетворення хімічних елементів, створенням теорії відносності і квантової теорії позначено прорив у галузь мікросвіту і великих швидкостей. Помітне зрушення в розвитку техніки дало використання електрики на транспорті. Народилась авіація. Піонерами радіо і телебачення стали видатні вчені та інженери Попов, Розінг, Катаєв, Зворикін.

На початку 30-х років спочатку в Кавендішській лабораторії, а потім у Харківському фізико-технічному інституті були проведені експериментальні роботи з розщеплення ядра літію з участю Резерфорда в Англії. Наприкінці 30-х років його учнями Синельниковим і Лейпунським, колегами останніх двох – Вальтером і Латишевим – у Харкові. Ними ж був побудований і запущений перший в Радянському Союзі електростатичний прискорювач

заряджених часток. Розпочаті дослідження з фізики низьких температур.

У 40-і роки виникла кібернетика. Кібернетика, як вищий стан автоматизації і механізації виробництва, стала одним з важливих напрямків науково-технічного прогресу. Людство оволоділо атомною енергією, потенціально потужність створюваних ним засобів стала перевершувати сили Природи.

Під впливом досягнень у фізиці сталися зміни у поглядах на теоретичні основи хімії. Почалось проникнення в механізм спадковості. Розвивається генетика, формується хромосомна теорія. Розкрита таємниця природи і структури матеріальної системи, що керує особливим видом розвитку клітини. Їй дано назву генетичної системи. Розкриттям таємниці молекули ДНК ознаменована наукова революція в генетиці.

Закономірно, що перші кроки НТР пов'язані з підкоренням атому. І двадцяте століття ми часто іменуємо атомним. Ця незрима частка матеріального світу стала вагомим аргументом у розв'язанні науково-технічних і політичних завдань. Протягом декількох десятиліть вчені досліджували структуру атома і одержали відповіді на багато загадок речовини і енергії.

За допомогою нових знань можливими стали польоти у космос, створено і використано лазери, транзистори, ЕОМ. І, безперечно, з'явилась атомна енергетика. В такій ситуації ми повинні бачити наявність в системі «наука» і творчі, і руйнівні елементи. Виявилось, що матеріалізовані в техніці і технології наукові знання не лише деформують цю систему. Вони перекреслюють гуманну сутність науки, загрожують існуванню всього живого на Землі. І це відноситься не лише до науки в галузі атомної енергії. Використання атомної енергії великою мірою вплинуло на психологію людей, підтвердило колосальні можливості науки, практичного її використання.

НТР щедро дала нам свої плоди. В майбутньому її можливості будуть примножуватись. Для такого ствердження у нас є усі підстави. Сьогодні комп'ютери допомагають людині у розв'язанні багатьох завдань. Набагато ускладнились техніка і управління нею. А ще не так давно це було фантастикою. У 1876 році на Всесвітній промисловій виставці у Філадельфії вершиною технічної думки була друкарська машинка.

### **Особливості науково-технічної революції**

Революція в галузі науки і техніки з початку 50-х років двадцятого століття відрізняється від революції у цій галузі в минулому. Перш за все їх різнить більш міцна взаємодія науки і



техніки. Раніше вони діяли окремо. Тепер же наука займає місце лідера по відношенню до техніки. Ще одна властивість: НТР, про що вже згадувалось, всеосяжна. Вона охоплює не лише промислове виробництво, але й інші сфери суспільного життя – транспорт, зв'язок, медицину, освіту, сферу побуту. НТП стає основою соціального розвитку.

Кардинальні зміни відбулися між наукою і технологією. До етапу НТР розвиток науки був залежним від технології. Техніка, технічні потреби не тільки диктували напрямки досліджень, а інколи навіть обмежували коло можливих наукових пошуків. В період НТР наука «взяла у свої руки» технологію. Створився своєрідний сплав, синтез наук, які у свій час вважались суворо фундаментальними. Наука і технологія «злились» в єдине, стали важливим фактором розвитку. Цей фактор викликав серйозні зміни в умовах життя суспільства. Внаслідок злиття науки і технології НТР набула нових рис. Виділимо найбільш важливі з них.

1. Наука остаточно виявила себе *провідною виробничою силою*. Скоротився цикл від зародження ідеї до впровадження наукових розробок. Стало очевидним те, що ефект від впровадження науково-технічних досягнень носить радикальний характер. Практику вже не задовольняє еволюційний шлях розвитку науки і техніки. На відмінність від минулих років наука насамперед розв'язує завдання, що висунуті практикою. Наприклад, народжене у 1895 р. радіо тільки через п'ять років почало служити людині. Відкриття у галузі біології, хімії, металургії сьогодні одразу ж використовуються практиками.

2. В період НТР наукова діяльність стала *масовою професією*. Різке зростання кількості науково-дослідних і проектно-конструкторських, технологічних організацій, лабораторій вимагало підготовки наукових кадрів. Тільки в Україні кількість наукових працівників з 1960 р. по 1970 р. зросла з 46,7 тис. до 129,8 тис. чоловік. У 1990 р. в галузі науки в Україні працювало більше 200 тис. вчених.

3. *Якісне перетворення усіх елементів виробничих сил*, предметів праці, знарядь виробництва і навіть самого працівника. Інтенсифікація вимагає наукової організації праці, її раціоналізації, використання творчих елементів, роль яких зростає у досягненні кінцевих результатів.

4. *Великого значення набуває інформаційна діяльність про новинки науки і техніки*. Це тим більш стає важливим, якщо враховувати зростання обсягу активної інформації. У 70-і роки цей обсяг подвоювався через кожні 5-7 років, у 80-і - кожні 20 місяців, а на початку 90-х років подвоєння обсягу інформації йде щорічно. Набирає розмаху всесвітній процес поширення науково-пошукової бази. В розвинутих індустріальних країнах зростає кількість

спеціалізованих банків даних науково-технічної інформації. Наприкінці 80-х років у них нараховувалось близько 1500 центрів, де зосереджено великий масив документації. Так, в одному з найбільш великих французьких банків даних «Паскаль» концентрується інформація, яка міститься у 4 тис. періодичних видань і 2 тис. звітів конференцій, що проводяться в усьому світі. Фонди іншого французького банку «ІНПІ» мають 500 тис. описаних винаходів і щорічно поповнюються ще 25 тис. одиниць інформації.

*5. Зростання рівня загальної і спеціальної освіти і культури працівників.* В умовах НТР з'явилися більш високі вимоги не тільки до машин і обладнання, але і до людини. Небувало зростають його потреби у знаннях і не стільки в накопичених, скільки у готовності спеціаліста постійно опановувати, здобувати нові. У спеціалістів з вищою освітою щорічно губиться до 20% професійної інформації. Саме знання визначають здатність людини адаптуватись у промисловість, сільське господарство, комерцію та інші галузі суспільного життя.

Візьмемо, наприклад, промисловість. Тут складні техніка і обладнання. Вони вимагають працівників з середньою і навіть вищою освітою. На підприємствах радіоелектроніки, чорної металургії, хімічної, авіаційної і атомної промисловості наприкінці 80-х років більше 50% робітників провідних професій повинні були мати повну середню освіту. В машинобудівній промисловості для успішного виконання 80% операцій необхідно було мати повну середню освіту.

Практика промислово розвинутих країн показує: кількість робочих місць, що вимагають некваліфікованої праці, тільки тоді буде зведена до нуля, коли суспільство стане не лише розвинутим, але й інформаційним. Одним з показників освіченості робочої сили держави є середня кількість років навчання зайнятого населення. Такий показник відображає потенціальні можливості суспільства забезпечити ефективне функціонування промисловості, відповідний рівень подальшого її прогресивного розвитку. Країни з розвинутою ринковою економікою, що досягли висот цивілізації, мають високий рівень освіченості зайнятого населення. В 1992 р. у США він складав 13 років, у Японії – 14,5, у Південній Кореї з 1960 р. по 1992 р. цей показник зріс з 6 до 15 років.

Характерною рисою у згаданих країнах є постійне зростання контингенту студентів та збільшення витрат на освіту. За даними перепису 1989 р. середня кількість років навчання зайнятого населення України складала 10,5 р., для міського - 11, для сільського - 9,4. У 1985 році середній робітник колишнього СРСР мав 9,5 року навчання. У США цей показник складав 12,5 років. 26% американських робітників у цей час одержували вищу освіту. Усі ці

вимоги продиктовані тим, що використання досягнень НТР потребувало нового робітника, здатного витримувати значні нервово-психологічні та інтелектуальні перевантаження.

6. *Зростаюча взаємодія наук.* Дослідження складних проблем вимагають здійснювати їх на стику наук. Взяти, наприклад, дуже важливу і швидко прогресуючу галузь хімії – науку про аерозолі. Вона є розділом колоїдної хімії. Наука про аерозолі межує і з фізичною хімією, і з фізикою, з загальною хімією, з оптикою, з метеорологією, з сільськогосподарськими і військовими дисциплінами, з медициною. Для її успішного розвитку створюються найтонші математичні методи досліджень, за допомогою яких вивчаються аерозолі на інших планетах.

7. НТР супроводжувалась революцією в генетиці (1953 р.). Остання чверть ХХ ст. відмічена біологічною революцією. До них треба додати інформаційну (третю в історії людства) і психологічну революції, що відбулись в останні 10-15 рр. ХХ ст.

Поряд з рисами, що згадані, виділимо головні напрямки НТР. У 50 та 60-і роки це комплексна механізація і автоматизація виробництва, контроль управління ним; відкриття і використання нових видів енергії; створення і використання нових конструкційних матеріалів, властивості яких визначені заздалегідь.

Головний зміст НТР цього періоду полягав у швидкому розвитку хімії та хімічної технології, ядерної техніки і енергетики, ракетобудування, мікроелектроніки та ЕОМ. Помітно посилювався процес людського пізнання. Виникли нові наукові напрямки і галузі наук. Сучасна НТР характеризується потужним каскадом відкриттів, що «породжує» нові види виробництва.

У 70-і роки в світі розпочався новий етап НТР. Його особливістю стала електронна автоматизація наукових досліджень і виробництва. Електронізація вплинула не лише на матеріальне виробництво (наприклад, верстати з числовим програмним керуванням і обробляючі центри). Вона істотно вплинула на зростаючий обсяг інформації, стала одним з головних напрямків НТР. Електронізація і комп'ютеризація виробництва з цього періоду визначились як основа підвищення продуктивності праці, економії ресурсів і матеріалів, енергії, прискорення НТП. За півтора-два десятиліття розвинуті країни Заходу далеко сягнули вперед на таких вирішальних напрямках, як електроніка, нові матеріали, біотехнологія. Наприклад, у США наприкінці 70-х років виробництво електроннообчислювальної техніки щорічно зростало на 20–25%. Тут, а також у Японії та інших розвинутих країнах, комп'ютеризація досягла небувалих розмірів. Комп'ютери стали предметами домашнього вжитку, широко використовувались практично в усіх сферах ділового життя. Темпи проникнення

комп'ютерної техніки у виробництво були такі, що наприкінці двадцятого століття західні спеціалісти прогнозували ліквідацію 60-70% існуючих робочих місць.

На третьому етапі НТР рівень розвитку суспільства почав визначатись ступінню формування його інформаційної структури. Інформаційний потік щорічно нарощується таким чином, що попит на інформацію зростає швидше, ніж вона виробляється. Формується і продовжує швидко розвиватись потужна інформаційна структура, яка обслуговує усі сфери людської діяльності. Це стало ознакою того, що світ вступив у третю промислову революцію. Характерною її рисою є оптимізація потреб енергії, яка використовується в господарстві, перехід провідної ролі в економічному зростанні до знань і технологій. У найбільш розвинених країнах внесок інтелектуального фактора, зокрема науки, високих технологій та інформації, в економічне зростання перевищує 70%.

Активне використання країнами наукових знань супроводжується глобалізацією господарського життя. Найбільш розвинені країни без значних додаткових витрат використовують інтелектуальний потенціал, в тому числі і за рахунок зарубіжних спеціалістів. США, наприклад, більш ніж четверту частину своєї наукової системи сформували за рахунок спеціалістів з-за кордону, а по пріоритетним напрямкам – більш ніж на половину. Тільки за останні десять років країнами-донорами в поповненні інтелектуального потенціалу розвинених країн стали Росія, Україна та деякі інші країни Європи. З них за кордон емігрувало більше 100 тис. наукових працівників. Цей процес можна назвати «великим переселенням вчених». Всього зі сфери наукової діяльності згаданих країн вибуло понад 800 тис. чоловік, що зменшило кадровий потенціал європейської науки більш, ніж на третину.

Таке використання людського інтелектуального потенціалу створює перешкоди в забезпеченні національних інтересів країн-донорів. Свідченням цього є те, що, незважаючи на колосальні успіхи науки в багатьох країнах, в них не вирішуються проблеми забезпечення людей повноцінними продуктами харчування, довготривалості життя, призупинення розповсюдження хвороб, дитячої смертності тощо.

Залежно від умов, що створювались у тій чи іншій країні, НТР з самого початку проходила вкрай суперечливо. По різному проходила еволюція соціально-політичних сил двох систем – капіталістичної та соціалістичної. Вже на першому етапі НТР розгорнулось змагання двох формацій державного устрою. Наслідки змагання – на користь капіталістичної формації. Це стверджено досягнутим рівнем продуктивності праці, а за ним – і розв'язанням

завдань соціального плану – задоволення першочергових життєвих потреб людей.

Для того, щоб одержати відповідь на запитання, чому підсумкові результати такого змагання на користь капіталізму, треба мати на увазі наступне. Початок НТР збігся з виявленою у капіталістичному світі неможливістю інтенсифікації м'язової сили робітників. Ще в період світової кризи в 1929–1933 рр. підприємці США та інших країн виявили, що «наукові системи витискування поту» (наприклад, «тейлорівська система») доводили робітників до фізичного виснаження. Робітники не хотіли працювати там, де ці системи застосовувались. Цей фактор і було враховано на новому етапі розвитку капіталістичного суспільства, який розпочався після світової кризи. Це один з головних аспектів.

І другий аспект. Для компаній, котрі виробляли нові товари, з метою досягнення комерційного успіху, необхідно було мати технологічні переваги виробничої бази. Вони вимушені були залучати науку, нову техніку і технологію. Провідну роль в цьому зайняли американські компанії. Протягом 50-х і до кінця 60-х років таким шляхом вони дали до 60–80% усіх нововведень у капіталістичному світі. Саме завдяки цьому США попереджали економічні кризи, посилювали економічне зростання, поширювали можливості для маневрування у соціально-політичній, військовій та інших областях. Конкуренція та інтеграція економіки набули принципової можливості задовольнити життєві потреби людей у харчуванні, одязі, житлі, охороні здоров'я. Тобто в усьому тому, що протягом багатьох століть перед людиною знаходилося на першому плані. Слідом за цим склалась нова ситуація, коли на перший план висунулась «проблема вільного часу», часу, що потрібен для виходу виробничих сил на якісно новий рівень.

Впровадження працезберігаючої техніки і технології на етапі НТР висунуло перед кадрами усіх рівнів вимогу оновлювати знання, а від державних кіл – політики відтворення робочої сили. Така політика була покликана задовольнити потреби у планомірному, пропорціональному розвитку і використанні трудових ресурсів суспільства. Її метою стало досягнення повної зайнятості.

Отже, НТР, як не важко дійти висновку з викладеного, є одна з найважливіших гарантій гуманного характеру суспільства. Її покликання, як вже згадувалось, забезпечити соціальний розвиток населення шляхом задоволення усіх його життєвих потреб. Технічна цивілізація надала можливість мати вільний час для гармонійного її розвитку. Вона стала невід'ємною частиною моральності суспільства і з певною часткою етики, і власне моралі, забезпечила кінцевий результат – досягнення відповідного рівня життя людей.

## Джерела інформаційних технологій

У середині XVII ст. традиційними засобами рахування вважалось: з пером у руках здійснювати усі розумові операції або за допомогою жетонів, які заміняли запам'ятовування цифр. Останній спосіб не задовольняв Блеза Паскаля, тому що пов'язаний з великими витратами часу. Щодо таких обчислень, то вони напружують увагу, захаращують пам'ять, стомлюють розум і в них легко припуститися помилки. Розмірковуючи над труднощами батьківської служби, якому він допомагав переоформлювати податки і їх розподіляти між приходами округи, Паскаль вирішує механізувати обчислення і приходиться у 1642 р. приходиться до ідеї рахункової машини. Він визначив, що це буде машина, яка виконуватиме арифметичні дії без пера і жетонів способом новим і зручним. Створити проект йому допомогли знання з геометрії, фізики і механіки, які він здобув у роки дитинства. Долаючи перешкоди об'єктивного і суб'єктивного характеру, Паскаль у 1645 р. створює свою рахункову машину. Через чотири роки він отримує привілей на свій винахід, у якому відзначається великий успіх молодого людини, що з раннього дитинства виявила здібності у математиці, і описується своєрідність арифметичної машини.

У роботі «Думки» Паскаль так пише про свій винахід: «Арифметична машина виконує дії, які ближче до дії думки, ніж усі, що виробляються тваринами; але вона не робить нічого такого, що вказувало б, що у неї є воля, як вона є у тварин». У цьому вислові вченого наче б то висловлені можливості і межі будь-якого кібернетичного моделювання дійсності. Будь-який кібернетичний пристрій, подібно арифметичній машині у своїй області, вище тваринного і наближається до мозку людини стосовно механічного відбору і обробки високоорганізованої інформації, але він набагато нижчий тваринного і безмірно віддаляється від людського щодо вищої оцінки отриманих повідомлень і вибору на її основі вільних рішень.

У роботі над рахуючим механізмом Паскаль показав себе не тільки абстрактним математиком, що оперує теоретичними поняттями, але й майстерним інженером, який зміг подолати багато труднощів механічного і технічного порядку в процесі втілення першонального задуму, проявивши при цьому працездатність, настирливість і велике терпіння.

Ідея, покладена в основу арифметичної машини, у другій половині XVII ст. широко використовувалась



Чарлз Беббідж

багатьма вченими, які проводили подальші дослідження в галузі механізації розрахунків. Зокрема, у 70–і роки Лейбніц запропонував конструкцію більш складного, суматорно-помножуючого механізму. Американський вчений Норберт Вінер у своїй книзі «Кібернетика» називає Лейбніца «святим» і «покровителем кібернетики», який займався обчисленням висновків і «утримував у зародку машину, що думає». У другій книзі, «Кібернетика і суспільство», Вінер говорить про Паскаля як про винахідника, що зробив «дійсний внесок у створення сучасного настольного арифмометра».

Відзначимо, що на початку XVII ст. винайдено такий обчислювальний пристрій як логарифмічна лінійка. Вона стала необхідною для прискорення обчислень.

Робота оператора на машинах XVII ст. у принципі була повністю автоматична. Він нічого не обчислював, а просто організовував обчислення, діючи відповідно до заздалегідь складеної інструкції, які два числа ввести у машину на тій чи іншій операції обчислень, яку арифметичну дію провести з ними і де записати відповідь.

Першим, хто зрозумів, що увесь процес можна зробити суцільно автоматичним, був англійський математик Чарльз Беббідж. Це сталось приблизно у 1833 р. Для цього треба з'єднати механізми, які проводять арифметичні дії, з іншими механізмами, що відтворюють дії оператора відповідно до команд, приєднати до них «запам'ятовуючий пристрій», або «пам'ять», тобто пристрій, що реєструє отримані при обчисленні числа (подібно до того, як оператор записує їх на папері) і видає їх знову, коли вони потрібні. Принципи дії такої машини були майже повністю розроблені Беббіджем. Але при наявності у його розпорядженні тільки таких механізмів, як зубчасті колеса і храпові механізми, винахіднику так і не вдалось сконструювати практично діючу машину.

На початку XX століття пошуки винаходу машини логічного мислення продовжуються. Вихідним положенням до її створення



*О.М.Шукар'ов*

було наступне. Якщо ми маємо арифмометри, які додають, віднімають, множать мільйонні числа за допомогою оберту важеля, то можна зробити логічну машину, здатну робити логічні висновки одним натисканням відповідних клавіш. Це збереже багато часу, залишивши людині галузь творчості, гіпотез фантазії, натхнення - душу життя.

Проблемами мислення і методологією науки наприкінці XIX ст. – на початку XX ст. займався професор хімії Харківського

університету П.Д.Хрущов (1864–1909 рр.). У 1897 р. він прочитав для професорсько-викладацького складу університету курс лекцій з теорії мислення та елементів логіки. Професор повторив «логічне піаніно», яке ще у 1870 р. було винайдене англійським математиком, професором університету Стенлі Джевонсом (1835–1882 рр.). П.Д.Хрущов відтворив машину Джевонса, як навчальний прилад під час своїх лекцій з логіки та мислення. Після його смерті машину Джевонса успадкував професор хімії Харківського технологічного інституту О.М.Щукар'юв (1864–1936 рр.).

У 1914 р. О.М.Щукар'юв продемонстрував можливості цієї машини у політехнічному музеї Москви. Тут він прочитав лекцію «Пізнання і мислення», демонструючи «машину логічного мислення». Вона являла собою ящик заввишки 40 сантиметрів, завдовжки і завширшки – по 25 сантиметрів. Машина мала 16 штанг, що приводилися в рух натисканням кнопок, розташованих на панелі уведення даних (смыслових посилок). Кнопки діяли на штанги, ті - на світлове табло, де висвітлювався словами кінцевий результат. Прості логічні висновки машина здійснювала, відштовхуючись від вихідних смыслових посилок. Наприклад, на підставі вихідних посилок – срібло є метал; метали є провідниками; провідники мають вільні електрони; вільні електрони під дією електричного поля створюють струм – лектор отримувал логічні висновки:

срібло є провідник, воно має вільні електрони, які під дією електричного поля створюють струм;

не срібло, але метал (наприклад мідь) є провідником, має вільні електрони, які під дією електричного поля створюють струм;

не срібло, не метал, але провідник (наприклад вугілля) має вільні електрони, які під дією електричного поля створюють струм;

не срібло, не метал, не провідник (наприклад сірка) не має вільних електронів і не виробляє електричного струму.

На відміну від Джевонса і Хрущова О.М.Щукар'юв бачив у машині не звичайний шкільний посібник, а технічний засіб механізації операцій, пов'язаних з мисленням, які піддаються формалізації. В історії розвитку інформаційних технологій в Україні ім'я О.М.Щукар'юва пов'язане з активною пропагандою важливості і можливості механізації деяких сторін логічного мислення, які формалізуються. Його погляди на це окремими вченими розцінювались вкрай негативно.

## **Електроннообчислювальна машина**



Феномен науково-технічного прогресу другої половини ХХ ст. пов'язаний з мікроелектронікою та її технологічними процесами. Джерела технічної революції цього століття виходять саме з двадцятих років, коли було винайдено вакуумну лампу. Створена на початку 20-х років, вона стала першим електронним конструктивним



*Сергій Олексійович  
Лебедєв*

елементом, на зміну якої у сорокові роки прийшов транзистор. Без них сучасний прогрес був би неможливим. Передісторія вакуумної лампи починається з початку 80-х років ХІХ ст., коли Едісон взявся за удосконалення лампи накаливання.

Винахід наприкінці 40-х років ХХ ст. транзистора став однією з визначних віх в історії електроніки. За 50 років застосування транзисторів у них не з'явилося серйозних конкурентів. Першовідкривачем фізичних ефектів, на використанні яких ґрунтується дія

транзистора, став український фізик В.Є.Лашкар'юв (1903-1974 рр.). Він по праву мав би разом з групою американських учених (Джон Бардин, Вільям Шоклі, Уолтер Браттейн) одержати у 1956 р. Нобелівську премію з фізики за відкриття транзисторного ефекту.

Починаючи з 1939 р. В.Є.Лашкар'юв послідовно і результативно займався дослідженням властивостей транзисторів. Його повідомлення у пресі про появу напівпровідникового підсилювача з'явилося на сім років раніше винахідників зі США. Під керівництвом В.Є.Лашкар'юва на початку 50-х років в Інституті фізики АН УРСР було організовано виробництво точкових транзисторів. Ним сформована наукова школа в галузі фізики напівпровідників, одна з провідних у Радянському Союзі. Її наукові результати були визнаними і у 1960 р. створено Інститут напівпровідників АН УРСР, директором якого був В.Є.Лашкар'юв. Можна стверджувати, що український учений є піонером інформаційних технологій в Україні і у колишньому Радянському Союзі і одним з фундаторів транзисторної мікроелектроніки.

Електронні лампи, що винайдені до транзистора, мали багато недоліків. З ускладненням радіоапаратури і підвищенням вимог до неї ці недоліки загострювались. Серед них такі, як: неміцність ламп, малий термін їх служби, великі габарити, невисокий коефіцієнт корисної дії з причин великих теплових втрат на аноді. Тому, коли на зміну вакуумним лампам у другій половині ХХ ст. прийшли напівпровідникові елементи, що не мали ні одного з вказаних недоліків, у радіотехніці і електроніці відбувся справжній переворот.

Електронні прилади і обладнання знайшли широке розповсюдження у сфері зв'язку, автоматиці, вимірювальній техніці і багатьох інших галузях. Роль детонатора у науково-технічному розвитку виконали добре відомі ЕОМ. Це сталося наприкінці 40-х років, коли на історичну арену вийшла кібернетика. Еволюція ЕОМ є характерною рисою для НТП сучасного періоду. У 1946 р. була створена перша ЕОМ у США, у 1949 р. – в Англії.

Комп'ютери з'явилися між двома технічними подіями у світі: винаходом атомної бомби і запуском першого штучного супутника Землі. Обидві події уособлюють сучасну НТР. Розумні творіння, якими є ЕОМ, що спочатку були створені на вакуумних лампах і лампах з гарячим катодом, удосконалені таким чином, що їх технічний розвиток дав можливість інтегрувати у чіпи цілі процеси.

Основні ідеї і принципи побудови першої ЕОМ в теоретичних роботах сформулював Джон фон Нейман. Така машина займала площу 170 квадратних метрів. Її вага 10 т. Споживала вона 150 кВт.год. енергії. Налічувала 18 тис. електронних ламп, півтори тисячі реле і величезну кількість резисторів, конденсаторів та інших схемних елементів. Надійність першої ЕОМ виявилась невеликою. Вона ламалась кожні 15–20 хв.

Засновником вітчизняної електроннообчислювальної техніки є С.О.Лебедев. З 1948 по 1950 рр. колективом з 30 чоловік в Інституті електротехніки Академії наук України під його безпосереднім керівництвом було створено першу в континентальній Європі малу електроннообчислювальну машину (МЕОМ). Вона була результатом оригінальної творчості науковців і спеціалістів, значно відрізнялась в кращий бік від першої машини США. За нею з'явилась ВЕОМ – найпродуктивніша в Європі і одна з надійніших у світі. Це був надійний, перспективний напрямок науково-технічного прогресу, який давав змогу Радянському Союзу йти ходою НТР поряд з іншими розвинутими країнами.

З появою такої ЕОМ на якісно новому рівні почали розв'язуватись найважливіші науково-технічні



*Мала електронна лічильна машина "МЕОМ"*

завдання в галузі ядерної фізики, динаміки космічних польотів і ракетної техніки, далеких ліній електропередач, механіки, статичного контролю якості тощо. С.О.Лебедевим створено кістяк обчислювального центру Академії наук України. Його наукова школа в галузі кібернетики стала відомою далеко за межами країни. Основні наукові праці С.О.Лебедева увійшли до скарбниці світової науки і техніки. Його ім'я стоїть поряд з іменами видатних вчених сучасності Курчатова, Корольова, Келдиша. У цьому ж ряду стоїть ім'я В.М.Глушкова, який зробив вагомий внесок у математику, кібернетику та обчислювальну техніку. Він зумів спрямувати свої знання, творчу діяльність керованого ним наукового колективу на розробку інформаційних технологій. Після від'їзду С.О.Лебедева до Москви В.М.Глушков очолив його лабораторію і у 1956 р. вдало закінчив розробку лампової ЕОМ «Київ». Ця машина цілком відповідала вимогам часу. Одна з таких машин працювала в Обчислювальному центрі академії наук України, створеному на базі лабораторії, друга – в Об'єднаному центрі ядерних досліджень у Дубні (Росія).

У 60–70-і рр. в Інституті кібернетики АН України, утвореного з Обчислювального центру, розгорнулись масштабні піонерські дослідження зі створення нових засобів обчислювальної техніки, інформаційних мереж, периферії і компонентів до них, з розробки системного та прикладного програмного забезпечення, а також зі створення систем керування обробкою інформації у різних галузях людської діяльності. По суті, були охоплені всі напрямки розвитку інформаційних технологій. Слідом за ЕОМ «Київ» була реалізована ідея В.М.Глушкова по розробці напівпровідникової ЕОМ. Вона стала першою у Радянському Союзі напівпровідниковою керуючою машиною. ЕОМ «Дніпро» почала працювати у липні 1961 р. У цей же час аналогічна машина була запущена у виробництво в США.

Дві ЕОМ «Дніпро» керували великим екраном, на якому відтворювались події спільного космічного польоту радянських і американських космонавтів на кораблі «Союз-Аполон». Ця машина працювала у багатьох соціалістичних країнах. Підкреслимо, що це був той час у напрямку створення обчислювальної техніки, коли СРСР і США в історичному змаганні на фоні науково-технічної революції йшли поруч. Відставання почалось після цього періоду, але не з причин відсутності ідей, вітчизняного творчого потенціалу.

Та робота, що виконувалась першими ЕОМ – гігантами, сьогодні виконується комп'ютером, що перевершує перші зразки і за швидкодією, і за надійністю, і навіть за обсягом пам'яті, але уміщається такий комп'ютер у портфелі. Споживає він від батарейок відсотки вата.

Персональні комп'ютери являють собою обчислювальні системи, усі ресурси яких повністю спрямовані на забезпечення діяльності одного робочого місця. Цей вид техніки вже став незамінним у діловодстві, в бізнесі, військовій справі, науці, техніці, в сотнях інших сфер професійної діяльності. Вони наблизили інформаційну революцію. Комп'ютер відіграє роль того магічного ключика, за допомогою якого окремих індивід через глобальні комп'ютерні мережі зможе отримати доступ до всіх багатств накопиченої людством інформації.

Історично комп'ютер зобов'язаний розвитку обчислювальної техніки. ЕОМ першого покоління – жорстким і тихохідним обчислювачам, що стали піонерами комп'ютерної техніки. Вони були ненадійні і дорого коштували, важко програмувались. Елементною базою другого покоління ЕОМ, як вже відзначалось, стали напівпровідники. Швидкості переключення вже у перших недосконалих транзисторів були в сотні раз вище, ніж у вакуумних ламп, надійність і економічність – також на декілька порядків вище. Їх одразу ж стали встановлювати на літаках і кораблях.

Перші серійні ЕОМ на транзисторах з'явилися у 1958 році одночасно в США, Федеративній Республіці Німеччина і Японії. В 1962 р. почалося масове виробництво інтегральних мікросхем, але вже у наступному році була створена ЕОМ на 587 мікросхемах. У 1964 р. фірма ІВМ налагодила виробництво машин ІВМ-360 – першої масової серії ЕОМ на інтегральних елементах. Вперше тоді стало можливим пов'язати машини і комплекси і без усяких переробок переносити програми, що написані для однієї ЕОМ, на будь-яку з цієї серії. Так була здійснена стандартизація апаратного і програмного забезпечення ЕОМ. Всього в серію входило 9 машин різного рівня складності з часом виконання операції складання від 206 до 0,18 мікросекунд. За декілька років було реалізовано 19 тис. комп'ютерів цієї серії різних класів. З появою машин третього покоління потреби на ЕОМ зросли ще більше. Створені у 1971 р. мікропроцесори фірми «Інтел» мали надзвичайний комерційний успіх, тому що за невеликої вартості забезпечували вирішення досить великого кола оперативних завдань. У 1976 р. з'явилися перші машини четвертого покоління на великих інтегральних схемах – американські «Крей-1» і «Крей-2» зі швидкістю 100 млн. операцій на секунду. Вони містили біля 300 тис. чіпів (мікросхем).

Такою є передісторія персонального комп'ютера. Він з'явився несподівано. В 1976 році два заповзятливих двадцятирічних американських техніків, що не мали спеціальної освіти, Стефан Возняк і Стів Джобс, у примітивній майстерні, що розташована у звичайному гаражі, створили перший маленький, але багатообіцяючий персональний комп'ютер «Еппл» («Яблуко»). Він

призначався для ігор, хоча і мав можливості для програмного забезпечення. Фірмою «Епл комп'ютер» було налагоджено їх виробництво. Потреба була великою. Їх почали виробляти і на інших фірмах. У 1981 році свій перший персональний комп'ютер виготовила фірма ІВМ. Успіх виявився великий завдяки дуже якісному 16-розрядному мікропроцесору Intel-8088 і чудово розробленому програмному забезпеченню фірми Microsoft. Наступна модель РС/ХТ, що вироблена у 1983 р., мала оперативну пам'ять 640 Кб, жорсткий диск і високу швидкодію. Через три роки з'явилась ще більш досконала модель РС ХТ/286. Наприкінці 80-х років комп'ютери фірми ІВМ стали самими наймасовішими і популярними.

### **Нейрокомп'ютери**

Технологія мікропроцесорів вже наближається до фундаментальних обмежень. Закон-прогноз Гордона Мура стверджує, що щільність транзисторів у мікросхемі подвоюється кожних півтора роки. Відповідно до цього закону передбачалось, що до 2001–2002 рр. розміри транзистора повинні зменшитися до 4–5 атомів. У зв'язку з цим розглядається багато альтернатив. До технологій, що здатні істотно збільшити потужність комп'ютера, слід віднести: молекулярні або атомні технології; ДНК та інші біологічні матеріали; трьохмірні технології; технології, що засновані на фотонах замість електронів і, нарешті, квантові технології, в яких використовуються елементарні часточки.

У ХХІ ст. обчислювальна техніка поєднується не тільки із засобами зв'язку і машинобудуванням, а і з біологічними процесами. Це відкриває такі можливості, як створення штучних імплантів, інтелектуальних тканин, розумних машин, «живих» комп'ютерів і людино-машинних гібридів.

Нейрокомп'ютери – один з найперспективних напрямків у мікроелектроніці. Їх побудова відмінна від звичайних обчислювальних машин. Мікросхеми наближені за будовою до нейронних мереж людини. Саме звідси і пішла їх назва.

Уже наприкінці 80-х років у США, Японії та країнах Європейського Економічного Співтовариства (ЄС) було розпочато широкі дослідження, які мали за мету створення нейрокомп'ютерів – нової генерації інтелектуальних ЕОМ на основі штучних нейронних мереж. Вже отримані перші результати у створенні біокомп'ютера спеціалістами Японії. Його «нейрочіпи» втілюють будь-яку інформацію. Цей комп'ютерний мозок можна порівняти з «багажем» ста тисяч нейроклітин. У людському мозку функціонує трохи менше чотирнадцяти мільярдів нейроклітин. Створений комп'ютерний мозок

«подібний» до мозку дитини. Поки що йде його «навчання». Після одержаної інформації нейрокомп'ютер не буде відчувати потреби в постійних підказуваннях і вказівках. Він сам здатний буде аналізувати інформацію власними «клітинами», оцінювати можливі результати, розраховувати варіанти дій і вибирати з них найбільш оптимальні.

Якщо нейрокомп'ютер здатний до навчання, то він може впорюватись із завданнями, які не під силу звичайному комп'ютеру. Розв'язання задач він може здійснювати без чіткого алгоритму або з величезними потоками інформації. Тому нейрокомп'ютери використовують вже сьогодні на фінансових біржах. Тут вони допомагають прогнозувати коливання курсу валют і акцій. Їх властивості використовують і військові. Нейрокомп'ютери, розпізнаючи образи, корегують політ ракет за заданим маршрутом.

У цьому напрямку є певні досягнення вчених України. В Інституті проблем математичних машин і систем НАН України розроблено ефективний спосіб навчання нейромереж. Тут створено експериментальний нейрокомп'ютер, здатний запам'ятовувати нові дані в темпі їх надходження. Академік В.М.Глушков і його колеги ще на початку 80-х років випередили час на декілька десятиліть, сформулювавши основні напрямки у розвитку обчислювальної техніки і штучного інтелекту. У цій же науковій установі внаслідок синтезу технологій обробки інформації у зростаючих семантичних мережах, нейронних мережах та інтелектуальних системах розроблена нова технологія обробки інформації – новий клас нейронних мереж (нейроподібні зростаючі мережі), що не мають аналогів у світі. На основі цієї технології можлива розробка:

1. *Інтелектуального процесора*, що містить багато обчислювальних елементів, в яких інформація обробляється відповідно з новою технологією;

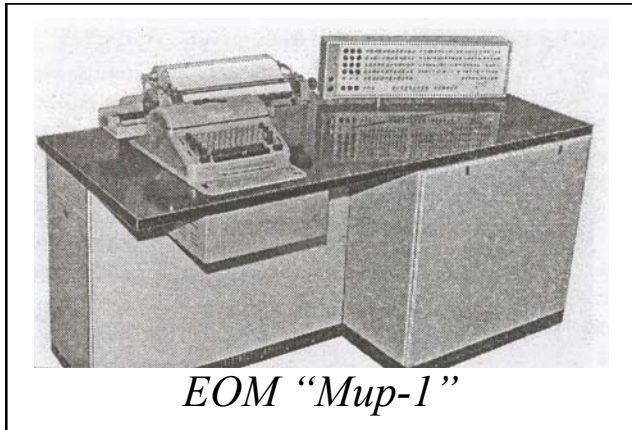
2. *Нового класу інтелектуальних багатопроцесорних обчислювальних засобів з модульною структурою*, що забезпечує нарощування потужності від рівня персональної ЕОМ до супер ЕОМ;

3. *Інтелектуальних роботів і систем* – від найпростіших пристроїв до пристроїв з інтелектом і органами почуттів, що наближені до людських. В основу розробки закладаються принципи обробки інформації, які засновані на новій інформаційній технології.

Порівняно з відомими інтелектуальними системами і роботами, поведінка яких відповідна запрограмованим функціям, інтелектуальні системи, що засновані на новій технології, забезпечують можливість генерувати власні функції поведінки шляхом аналізу інформації, яка поступає із зовнішнього середовища.

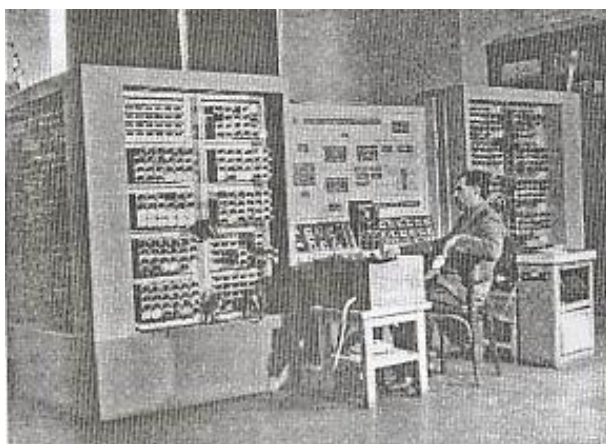
## **Суперкомп'ютери**

У 1996 р. у Англії опубліковано статтю, де вперше за історію існування комп'ютерів було визнано, що російська серія суперкомп'ютерів ВЕОМ, яка розроблена понад 40 років тому, може свідчити про брехню Сполучених Штатів Америки щодо технологічної переваги протягом років холодної війни. Кампанія проти кібернетики, яка розгорнулася в Радянському Союзі, загальмувала ходу розвитку власне його науки.



*ЕОМ "Мир-1"*

Середина 60-х років була «зоряною порою» в історії радянської обчислювальної техніки. У 1964 р. С.О.Лебедев, засновник радянських швидкодіючих ЕОМ, який ніколи не називав себе кібернетиком, працюючи у Москві, створив ВЕОМ-6, яка стала вінцем його наукової діяльності. Ця машина надала можливість Радянському Союзу досягти світового рівня продуктивності і ступеню складності машин другого покоління. Згодом було виготовлено знаменитий «Ельбрус». В.М.Глушков створив чудову Машину Інженерних Розрахунків – МІР-2 (прообраз персонального комп'ютера), що не має до сьогодні західних аналогів. До кінця 70-х років у СРСР не вироблялись інші великі ЕОМ. Радянський Союз – найсерйозніший суперник американців у галузі кібернетики добровільно «став у фарватер Західних країн».



*Спеціалізована електронна лічильна машина  
"СЭСМ"*

Зміна курсу Радянського Союзу з шляху саморозвитку на копіювання західних стандартів вже наприкінці 80-х років визнано помилковим з причин відсутності наукових знань у керівництва держави. Як це важливо, щоб наукові знання були у керівників усіх рівнів і щоб вони спирались на них у прийнятті рішень.

Незважаючи на те, що оригінальні, несхожі на західні ЕОМ Лебедева, забезпечили досягнення успіхів Курчатовим і Корольовим,

керівництво держави взяло хибний курс - орієнтація на досягнення західних спеціалістів. На радянських ЕОМ, крім задач балістики і ядерної фізики, робились розрахунки задач інших фундаментальних наук, вирішення яких обіцяли злет у практиці, в народному господарстві. За внесок в оборону держави і її прогрес, за пріоритет у космічних польотах Лебедев був удостоєний високих нагород: Герой Соціалістичної праці, лауреат Сталінської, Ленінської і Державної премій, кавалер трьох орденів Леніна, ордена Жовтневої Революції, орденів Червоного і бойового Червоного Прапора.

У 1991 р. в Російській Федерації побудовано супермашину «Ельбрус-3». Логічна швидкість цієї машини значно вища, ніж у всіх існуючих. Вона надає можливість у декілька разів прискорити виконання задачі. Машина «Ельбрус-3» була у два рази швидше найшвидшої американської супермашини того часу Cray Y MP.

Спочатку суперкомп'ютер створювався для складних розрахунків, пов'язаних з ядерними і ракетними дослідженнями. Але мало кому відомо, що суперкомп'ютери допомогли зберегти екологічний баланс на планеті. У роки «холодної війни» комп'ютери моделювали зміни, які здійснювались у ядерних зарядах. Такі експерименти врешті-решт надали можливість супердержавам відмовитись від реальних випробувань атомної зброї. Успіху переговорів по припиненню ядерних досліджень насправді сприяли не дипломати, а комп'ютерники.

Масштабні обчислення необхідні при проектуванні авіаційної техніки. Моделювання параметрів літака вимагає величезних потужностей – наприклад, для розрахунку поверхні літака потрібно розраховувати параметри повітряного потоку у кожній точці крила і фюзеляжа, на кожному квадратному сантиметрі. Іншими словами, треба розв'язати рівняння для кожного квадратного сантиметра, а поверхня крила літака – десятки квадратних метрів. При зміні поверхні все потрібно перераховувати знову. Причому, ці розрахунки повинні бути зроблені швидко, тому що затягнеться процес проектування. Щодо космонавтики, то вона почалась не з польотів, а з розрахунків. У суперкомп'ютерів тут велике поле їх використання.

Суперкластери розробляються сьогодні замовниками на виконання конкретних задач у розвинутих країнах. Так, у корпорації «Боїнг» така машина використовується для моделювання поведінки палива в ракеті, що призначена для запуску супутників різного призначення. Кластер складається з 96 серверів, заснованих на процесорах, що зв'язані між собою за допомогою високошвидкісних Ethernet-сполучень.

У суперкомп'ютерному центрі на Гавайях 512-процесорний кластер обчислювальною потужністю 478 мільярдів операцій на секунду виконує завдання Пентагона. Крім цієї організації кластер



будуть використовувати і інші федеральні відомства та наукові установи. Зокрема, кластер для прогнозування швидкості й напрямку розповсюдження пожеж. Така система включає 256 тонких серверів, які містять по два процесори. Сервери сполучені за допомогою механізму кластеризації.

Сфера використання суперкомп'ютерів не обмежується військово-промисловим комплексом, космічною галуззю діяльності, у фундаментальних наукових дослідженнях, глобальних прогнозуваннях погоди. Вони використовуються у тих галузях, де треба обробити великі обсяги даних. Наприклад, у банківській справі, туризмі, транспорті.

Вони знайшли застосування при розшифровці генома людини, створенні нових медичних препаратів. Ще не так давно створення нового виду ліків займало 5–7 років і вимагало колосальних фінансових витрат. Сьогодні ліки моделюються на потужних комп'ютерах, які не тільки «будують» препарати, а і оцінюють їх вплив на людський організм. Імунологи США створили на комп'ютері препарат, здатний боротись з 160 вірусами. Він був змодельований на комп'ютері протягом півроку. Інший спосіб його створення вимагав декількох років напруженої роботи.

У Лос-Аламоській Національній лабораторії всесвітня епідемія СНІДа була «прокручена» назад до її витоків. Дані про копії цього віруса були закладені у суперкомп'ютер. Таким чином виявлено час появи найпершого віруса – 1930 рік.

На середину 90 –х років утворився ще один великий ринок суперкомп'ютерів. Він викликаний появою Інтернета. Обсяг інформації в мережі досяг небачених розмірів і продовжується збільшуватись. Причому інформація в Інтернеті зростає нелінійно. Поряд зі збільшенням обсягу даних змінюється і форма їх подачі – до тексту і малюнків додається музика, відео, анімація. Внаслідок виникло дві проблеми – де зберігати так швидко зростаючий обсяг даних і як скоротити час пошуку потрібної інформації.

З розповсюдженням Інтернета виникла ідея «розподільних обчислень». Вона полягає в тому, щоб обчислювальні вузли суперкомп'ютера конструктивно не об'єднувати в один загальний корпус, а представити їх окремими самостійними комп'ютерами. Незважаючи на те, що зв'язки між окремими вузлами у такій мережі важко назвати швидкодіючими, самих вузлів можна набрати практично необмежену кількість: будь-який комп'ютер у будь-якому районі планети можна залучити до виконання задачі, що висунута на протилежному кінці земної кулі.

Ефективно продемонстрував можливості розподільних обчислень студент-математик зі США Колін Персіваль. За 2,5 роки він за допомогою 1742 добровольців з 50 країн світу встановив

одразу три рекорди у специфічному змаганні, метою якого є визначення нових наступних цифр числа « $\pi$ , 3,14...». Раніше йому вдалось вирахувати п'яти- і сорокатрильйонний знак після коми, а останнім разом йому вдалось встановити, яка цифра стоїть на квадрильйонній позиції.

### **Наслідки взаємодії людини з комп'ютером**

Результат розвитку інформаційних технологій – електронне диво «Інтернет» породжує цілий ряд юридичних і етичних проблем. Це диво істотно впливає на економічну, політичну, соціальну і культурну діяльність людини. Англійський вчений М.Вуллакотт відзначає «...надзвичайні надії, які покладаються людиною на «Інтернет». Вони набувають цікавий релігійний відтінок. Це «нова релігія». Вона всепроникаюча, подібно Святому Духу, – нематеріальна і все ж присутня всюди. Вона переносить своїх споживачів невагомо і без зусиль в межах своєї реальної географії. Спочатку була мережа? Однак, як нам дають зрозуміти, ця нова форма комунікацій викличе вибух розвитку, розповсюдження знань і засоби для всесвітньої демократії, що необхідна світу. І все ж обіцянки Мережі туманні, а реальність важкого сьогодні і, можливо, ще гіршого завтра не ясна».

Збільшення кількості тих, хто користується «Інтернетом веде до того, що руйнуються традиційні уявлення моралі, стають неефективними правові норми, зокрема, через дії психів і маньяків у кіберпросторі». У загальному плані Інтернет та інші комп'ютерні мережі генерують віртуальну реальність, функціонування якої приводить до появи «світів задзеркалля», що змінюють і посилюють силу уяви, фантазії і почуттів. Виникає проблема адекватності віртуальної інформації реальній дійсності, що нерозривно пов'язана з виникненням культури інтерфейса. Адже об'єкти комп'ютерної віртуальної реальності не володіють яким-небудь абстрактним буттям. Парадоксальність такого буття полягає в тому, що «існує» те, чого насправді нема.

Немаловажною є проблема гібрида людини і комп'ютера, яка може істотно змінити майбутнє людства і проявляє себе знаком епохи нового «осьового» часу. У лабораторії Каліфорнійського університету вперше одержано єдиний діючий комплекс клітин людини з вживленням у них мікрочіпів. Це є революційний прорив у науці, що стирає межі між людиною і комп'ютером. У літературі висловлюється припущення, що на зміну Homo sapiens прийде надлюдина, яка являє собою неорганічний, комп'ютероподібний інтелект. Це означає, що основною суттю процесу розвитку мозку є

звільнення його від давніх стереотипів детермінованої поведінки шляхом атрофування центрів рефлекторно-інстинктивної поведінки, домінантного розвитку переднього мозку (нової кори), заснованого на самореалізації людиною своєї особистості через вищі психічні функції (пізнання), без інстинктивно-емоційного компонента.

Наскільки це віддалено від нашого буття, покаже час.

### **Чому визнано руйнівний характер науки і техніки?**

Не зовсім повністю, але треба погодитись з тим, що НТР – це і антисоціальне явище. Як зрозуміти таке ствердження? Чи справедливе воно? На цей бік НТР вимушені звернути пильну увагу тому, що разом з нею людство вступило у таку стадію свого існування, коли потужність створених людиною засобів стала загрозою знищення всього живого і неживого навколо нас. При такому стані справ наявність руйнівних елементів у системі наука, що матеріалізовані в техніці і технології, знання zdeформували цю систему. Вони перекреслюють її гуманну сутність, загрожують існуванню світу.

Що ж несе в собі найбільшу небезпеку перетворення творчого потенціалу в руйнівний? Це найпрактичне питання наших днів, питання першорядної ваги, тому що з кожним роком зростає потенціал могутності, котрим володіє людство, прихований потенціал руйнування. Насамперед тому, що гігантські матеріальні і людські ресурси залучені на обслуговування війни. Протягом тисячоліть держави розв'язували свої спори за допомогою зброї. Але у період НТР війна стала безглуздою. Вона перестала бути засобом розв'язання конфліктів. Безглуздість і у тому, що самі найкваліфікованіші кадри, надвеликі капіталовкладення спрямовуються у галузі військово-промислового комплексу. Цей комплекс не тільки забирає ресурси, але і позбавляє можливостей розв'язувати інші завдання, які є не менш важливими для нашого існування на Планеті.

Гонка озброєнь поглинає величезні матеріальні ресурси. Витрати усіх країн світу на озброєння вже складають трильйон доларів щорічно. Це перевершує усі види витрат на виробництво продуктів харчування в світі. Біля половини населення країн, які розвиваються, нездатні задовольнити свої самі найелементарніші життєві потреби. Якщо у розвинутих країнах населення стурбоване хворобами, пов'язаними з переїданням, то у країнах, що розвиваються, біля 50 млн. чоловік щорічно (цифра жертв у Другій світовій війні) вмирають від голоду, а 500 млн. чоловік недоїдають. У гонку озброєнь прямо або побічно залучено біля одного мільйона наукових працівників. Мілітаризація zdeформувала науку та її

гуманне покликання. Заради чого? Тільки заради того, щоб вбивати людей? Л.М.Толстой у романі «Війна і мир» висловив таку думку: «Від часів створення світу визнано, що війна це і фізично, і морально недобре. Є інша думка – попередити вбивство і в ім'я цього поєднати думки людей про мир».

У двадцятому столітті, що назване атомним (ядерним), коли від збереження миру залежить майбутнє всього людства, слова Л.М.Толстого повинні були стати повчальними. Але вони не стали уроком для політичних лідерів окремих держав і на початку ХХІ ст. Навіть звичайна сучасна зброя, яка використовується в локальних війнах, після 1945 р. забрала життя сотень тис. людей. Вона удосконалюється на основі новітніх досягнень НТР. Змінюються параметри озброєння. Його швидкодія досягла таких показників, що техніка залишила людині на прийняття мозкових рішень всього якусь мить. Цим багаторазово збільшена імовірність прорахунків.

НТП надає в розпорядження людству все нові й нові засоби і можливості впливу на Природу. Питання полягає в тому, чи будуть вони використані з метою творення, чи руйнування? На благо людей, чи принесуть численні біди людству. Трагічні наслідки використання отруйних речовин світовій історії відомі. Але ще з давніх давен їх застосування проти людини вважалось злочином. Ще юристи Давнього Риму відзначали: «Війна ведеться зброєю, а не отрутою». Внаслідок використання хімічної зброї під час Першої світової війни постраждало біля 1,3 млн. чоловік. 100 тис. з них загинуло. У роки Другої світової війни гітлерівці також намагались використати проти людей отруйні речовини. Вони надали колосальних збитків людям і природі у в'єтнамській війні, збройному конфлікті в Югославії, в Перській затоці та інших регіонах планети.

У промислово розвинутих країнах здійснюється широке використання хімічних добрив, меліорація і механізація сільського господарства. Відомо, що сільське господарство – найрозповсюдженіший вид землекористування в усьому світі. У другій половині ХХ ст. здійснювався стрімкий розвиток нових видів сільськогосподарської техніки з одночасним залучення у господарський оборот все нових земель. Прагнення задовольнити зростаючий попит на продукти харчування привело до різкого збільшення продуктивності сільського господарства. Ніхто не буде заперечувати величезної користі від використання сучасних схем ведення сільськогосподарських робіт. Але ці вигоди виявились дуже дорогими для життя людей і навколишнього середовища. Деякі з витрат, що принесені в ім'я цих вигод, зараз настільки серйозні і довгострокові, що сьогодні потрібно думати, а чи не варто змінювати схеми ведення сільськогосподарської діяльності, змирившись, можливо, при цьому зі зниженням її продуктивності і

рівня спеціалізації. З цієї ж причини, можливо, знову треба вирішувати питання про те, чи є сільське господарство в ряді регіонів Європи найбільш раціональною формою землекористування.

Згадане викликане і тим, що зміни у землекористуванні в другій половині ХХ ст. привели до змін в атмосфері нашої планети, а також у складній структурі видів живих істот, які населяють нашу Землю. У багатьох країнах різке погіршення з забезпеченням природними ресурсами потягло за собою значні економічні й соціальні наслідки, усвідомлені лише зараз. Вони для багатьох народів дорого коштували і піддають ризику їх благополуччя. Зміни у землекористуванні підірвали природну очистку вод. З причин порушення водопостачання земель і природних дренажних систем народи стали перед загрозою паводків і грязьових зсувів, а змив добрив у водостоки сприяв росту небезпечних морських водоростей, наніс серйозну шкоду рибному господарству, створив загрозу здоров'ю людей. Вплив людей на навколишнє середовище колись носив локальний і зворотний характер, але сьогодні він все більше набуває яскраво виражених регіональних і навіть глобальних масштабів і стає незворотним.

Бурхливе зростання промислового виробництва породило складну проблему максимального використання копалин, переробки відходів. Часто вони ядовиті. Гине ґрунт. Нехтується не тільки економічний, а й екологічний ефект. При видобутку вугілля в Україні у 70-і роки його втрати становили 20–26 %, руд чорних і кольорових металів – 20–25 %. Тільки в надрах Криворізького басейну щорічно втрачалось 3–10 млн. т багатих руд.

Дефіцит сировини не веде до зменшення її видобутку. Протягом 80-х років ХХ ст. з глибин Землі взято набагато більше, ніж за всю людську історію від «неоліту до теодоліта». Щорічно з неї витягують біля 35 млрд. т гірських порід. Використовується тільки 3–5 % того (за іншими даними – всього 2%), що видобуто. Решта – у відходи. Сьогодні на кожного жителя Землі припадає біля 20 т відходів щорічно.

Цивілізована хода країн розширює межі пустель. На паливо століттями використовується деревина, чагарники. У 1980 р. спалено 400 млн. кубометрів деревини. Це дорівнює приблизно 180 млн. т натурального вугілля. Інтенсивність вирубки лісу зростає. Наприкінці ХХ ст. знищувалось 50 гектарів лісу щохвилини. Наслідком цього є не лише порушення водного балансу, ерозія ґрунтів, але і падіння врожайності, з кожним роком загострюється продовольча проблема. Бурхливий розвиток НТР загострив проблему питної води не тільки для пустельних районів Планети. Окремі вчені західних країн попереджали, що до 2000 р. прісна вода стане так само дефіцитною і дорогою, як нафта. Їх прогноз стверджується. Сьогодні

питну воду завозять для населення Голландії, Кіпру, деяких країн Близького Сходу. Понад 30 млн. латиноамериканців постійно відчують нестачу питної води. Склад води вже давно не відповідає її формулі  $H_2O$  (з включенням і мінеральних її складових). Вона містить важкі метали, інші шкідливі для організму добавки, що проникли до її складу внаслідок науково-виробничої діяльності людини, отрути водоймищ, хижацького знищення лісів.

Найбільш складною проблемою великих міст, що в свою чергу породжує інші проблеми, є надзвичайно велика густина в них населення. Тут і проблема водопроводу, каналізації, транспорту тощо. За ними – умови проживання і здоров'я людей. Забруднення атмосфери призводить до погіршення здоров'я, втрати працездатності, загибелі людей. Ми не завжди помічаємо, що причини захворювання приховуються в складі атмосфери. Статистика і надзвичайні ситуації рельєфно відображають справжній стан справ. Для великих міст надзвичайно шкідливим став автомобіль. З усіх транспортних засобів він є рекордсменом по забрудненню навколишнього середовища. 75 % усіх захворювань у США, наприклад, від забруднення повітря автотранспортом. Це далеко не повний перелік негативного впливу на навколишній світ НТР, що стрімко розвивається.

Реконструкція існуючих, будівництво нових промислових об'єктів, застарілі енергоємні виробничі потужності в Україні забруднили воду, повітря, ґрунт і стали зворотним боком НТП. Нові технології довгобудів не принесли покращання соціально-побутових умов і благ українському суспільству. Зазнало відчутних втрат рослинництво і тваринний світ колись однієї з квітучих місцевостей Планети. Найбільш сильно це відчувають великі промислові центри, де густина розміщення виробничих фондів у 8 разів більше, ніж у цілому по колишньому СРСР. Особливо це відчутно в районах зосередження об'єктів металургійної, хімічної, паливно-енергетичної, машинобудівної галузей промисловості. Гранично висока концентрація населення і виробництва спровокували підвищення екологічної напруги в Донбасі, Придніпров'ї, Північному Криму, Києві, Харківській та деяких інших областях. Питна вода з усіх джерел України (річок, водоймищ, свердловин) забруднена настільки, що небезпечна для вживання організмом людини.

Великі збитки і шкоду наносять людству швидке науково неперевірене застосування техніки. Одним з прикладів такого підходу є відділення затоки Кара-Богаз від Каспійського моря і «електронно-іонна технологія» зберігання фруктів і овочів у середовищі, збагаченому озоном. Новинки виявились уявними, а витрати сил і грошей на їх освоєння на практиці – дійсними.

У 1980 р. було прийнято рішення спасіння Каспія від обміління, а його риби – від загибелі у надто солоному Кара-Богазі. Затоку відділили від моря греблею. Про наслідки не подумали. Затока почала висихати, розчинена у ній природна сировина для об'єднання «Карабогазсульфат» настільки змінилась, що постало питання про закриття підприємства. Почалось засолення ґрунтів, порушено екологічну ситуацію у районі. Каспій почав загрозово підніматись, заливати пристані, портові споруди, селища, які розташовані у прибережній зоні.

«Електронно-іонну технологію» широко впровадили, незважаючи на заключення спеціалістів. У Білорусії впровадили для зберігання картоплі, у Молдавії – черешні. І це незважаючи на те, що лабораторні дослідження показали: озон не зменшує, а інколи збільшує втрати, понижує харчову цінність овочів, псує їх смак.

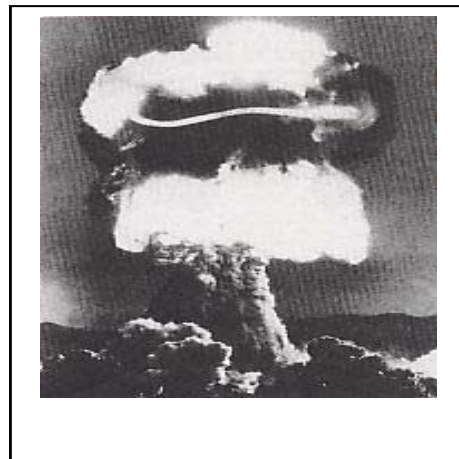
### Атомна енергія

Наукові відкриття можуть приносити людям користь і у той же час бути на озброєнні у злочинців, які підштовхують народи до війн,



*Апаратура Отто Гана,  
на якій відкрито атомний  
вибух*

засобом для масових вбивств і спустошливих руйнувань. Без перебільшення можна визнати, що найвеличнішим досягненням ХХ ст. стало розщеплення атомного ядра, звільнення колосальної кількості енергії. У 1937 р. Резерфорд був впевнений, що атомну енергію



*Атомний вибух*

не вдасться використати практично. Менш ніж за рік його учень Отто Ган довів, що вдасться: тільки невідомо, в якому вигляді вона з'явиться на практиці. Ще через два роки американці розпочали створювати атомну бомбу. В 1945 р. у Німеччині група Гейзенберга–Віртца двічі трохи не здійснила ланцюгову реакцію: наприкінці січня у Берліні і на початку березня в печері біля селища Хайгерлох, куди групу терміново евакуювали через бомбардування радянської авіації.

Обидва рази їй для «успіху» не вистачило одного–двох днів, а також невеликої кількості урану і важкої води, які у німців були, але не були вчасно доставлені в лабораторію.

Наприкінці 1942 р. запрацював перший дослідницький реактор, що є науковим подвигом представників різних країн, різних національностей, різних професій. Серед них Резерфорд, Ган, Фермі, Синельников, Вальтер, Лейпунський та багато інших.

В історії наука принесла людству величезну користь. З нею пов'язаний весь його прогрес і, насамперед, соціальний. На превеликий жаль розвиток науки супроводжувався і негативними наслідками, які затьмарюють гуманну її сутність. Так, атомна енергія увійшла в нашу свідомість не через творення для людини, а через загибель сотень тисяч мирного населення.

16 липня 1945 р. вперше в Аламогордо відбулось випробування атомної бомби. За цим, за декілька днів до закінчення війни з Японією, президент США Трумен санкціонував один з найвеличезних злочинів двадцятого століття. 6 серпня 1945 р. о 2 годині 45 хвилин військовий бомбардувальник «Енола Гей» піднявся в повітря з аеродрому на острові Тініан і взяв курс на місто Хіросіма. О 9 годині 9 хвилин льотчик побачив ціль свого польоту. Ще через шість з половиною хвилин він натиснув на пусковий пристрій. Атомна бомба, глузливо названа ліричним ім'ям «Малюк», була скинута на місто. Літак різко розвернувся і на повній швидкості спрямував на авіаційну базу. Через 50 секунд потужна хвиля гігантського вибуху досягла «Енолу Гей». Але літак вже був на відстані 24 кілометрів від Хіросіми. Декілька годин смертоносна радіоактивна смуга огортала японське місто. Полум'я виднілось через хмари атомного вибуху. У Хіросімі загинуло 70 тис. чоловік і біля 130 тис. покалічено. Аналогічна доля спіткала інше японське місто - Нагасакі. Відповідно до планів США на його жителів скинуто атомну бомбу «Товстун». Це сталось 9 серпня 1945 р.



*Перша радянська атомна бомба*

Як відомо, історія не визнає умовностей. І все ж спробуємо припустити таке. Чи застосували б Сполучені Штати Америки проти Японії атомну бомбу, якби нею володів і Радянський Союз? Чи не стало б це стримуючим фактором у застосуванні атомної зброї у серпні 1945 р.? Адже відомо, що «холодна війна», яка розгорнулась між США і СРСР після закінчення Другої світової війни, не



переросла у збройну сутичку між ними і їх прихильниками тому, що у озброєнні цих країн був паритет. Часто цей фактор був найбільш вагомим у попередженні виникнення воєнного конфлікту між двома наддержавами. Але Радянський Союз загубив пріоритет у створенні атомної зброї.

У 1940 р. вчені і наукові співробітники Українського фізико-технічного інституту Ф.Ланге, В.Шпінель і В.Маслов офіційно подали заявку на створення атомної бомби і отримали авторське свідоцтво. Відзначимо, що про створення плутонієвої бомби вперше заговорили також харківські вчені. Перший її проект запропонований у 1950 р. О.Лаврентьєвим – науковим співробітником цієї ж наукової установи Харкова. З боку науковців було здійснено ряд кроків до прискорення впровадження винаходу. Їх пропозиції «потонули» у лабіринтах бюрократії і наукової безграмотності. Пропозиції вчених передавались по інстанціях – з відділу винахідництва в Управління воєнно-хімічного захисту Народного Комісаріату Оборони, у Науково-дослідний хімічний інститут Робітничо-селянської Червоної Армії, потім знову повернулись в Управління, а згодом – у Радієвий інститут Академії наук СРСР. Тут його директор академік В.Хлопін дав заключення про те, що заявка харківських науковців не має реальних підстав. Наступне звернення вчених Харкова до міністра оборони країни залишилось без відповіді. Роботи в напрямку створення бомби розгорнулись лише після закінчення Великої Вітчизняної війни, коли США випробували таку зброю.

Таким чином, інтелектуальні ресурси людства, досягнення фізичної і хімічної науки були спрямовані на створення атомної і термоядерної зброї, промислових реакторів. Вони дали державам заряди для атомних бомб, реактора першої в світі атомної електростанції, реактора для атомного підводного човна, різних типів потужних енергетичних, ізотопних та інших реакторів.

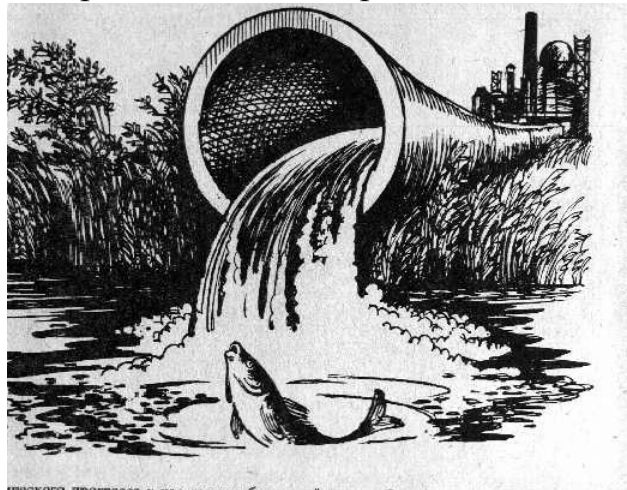
Відповідальність і ризик, що пов'язаний з проникненням людини в усі таємниці Природи, величезні. Аварії на американських, англійських та інших атомних станціях викликали у людей негативне ставлення до атомної енергетики. Індустріалізація території України, забруднення природного середовища відходами виробництва, експлуатація невідтворюваних запасів сировини викликали небезпечну екологічну ситуацію для соціального почуття населення – здоров'я значної частини людей, негативно відбивається на їх настрої, долі майбутніх поколінь. Проблема екології в Україні набула надто високої актуальності. Загальновизнаним є те, що вона стала зоною екологічного лиха. Те, що сталося на Чорнобильській АЕС у ніч на 26 квітня 1986 р. назавжди увійде в історію людства як трагедія, наслідки якої стали відчутними далеко за межами України і відбиватимуться на долі багатьох поколінь.

У республіці, яка понад 60 років була складовою частиною радянської держави і займала менше 3% її території, природно-кліматичні умови найбільш сприятливі для підвищення ролі і значення харчової і легкої промисловості, агропромислового комплексу в структурі народного господарства. На початку 80-х років на її території було розташовано біля 40% усіх реакторів АЕС колишнього СРСР – Чорнобильської, Хмельницької, Рівенської, Запорізької, Південно-Української АЕС.

За сумарною потужністю ядерних енергоблоків (12 880 МВт) Україна посіла восьме місце у світі, 14 – за виробництвом на них електроенергії. Однак за якісними показниками, з погляду екологічної безпеки, як визнала МАГАТЕ, її ядерна енергетика займає одне з останніх місць у світі. На атомних об'єктах України наприкінці 80-х років щорічно вироблялось біля трьох мільйонів кубічних метрів рідких радіоактивних відходів. Але для них не було зведено стаціонарних сховищ-могильників. У цілому ж її територія за природними умовами непридатна для сховища рідких радіоактивних відходів.

Зоною атомізації Україна стала за неповних два десятиліття - у 70-80-і роки. Але тут з початку 80-х років додатково розпочалось будівництво

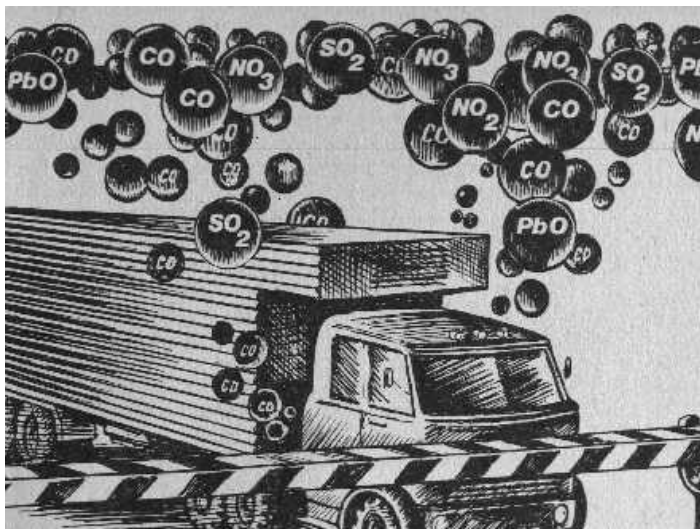
Кримської, Одеської, Чигиринської АЕС. Разом з цим виникли проблеми з забезпеченням міцності споруд уже діючої – Рівенської АЕС. Переважна більшість станцій призначалась для енергопостачання споживачів східноєвропейських країн і побудована у басейнах Дніпра і Південного Бугу. З їх появою виник дефіцит водних ресурсів



до 6 кубічних кілометрів щорічно. Ташлинське водосховище виявилось неспроможним забезпечити водою роботу навіть двох блоків Південно-Української АЕС. Незважаючи на це, Мінатоменерго СРСР запланувало тут будівництво п'ятого і шостого енергоблоків, мало намір звести на Південному Бугу дамбу висотою 45 метрів і спорудити нове Костянтинівське водосховище. Це вело до скорочення нерестилищ, втрати цінних порід риб, осолонення води, зменшення її рівня в ріках, знищення історичних пам'яток і краси краю. У густозаселеному районі Запорізької АЕС, де тільки у великих містах проживає біля одного мільйона чоловік, її стоками забруднюється Каховське водосховище, накопичуються радіонукліди.

Від наслідків трагедії в Чорнобилі підраховані тільки матеріальні збитки. Моральні ж, на превеликий жаль (як і в усіх випадках, наслідком яких є втрата людей, їх здоров'я, вплив на генофонд нації), ніколи не будуть підраховані. Уроком Чорнобиля має стати те, що сьогодні, в період НТР, середовище життя людства стало єдиним планетарним цілим. Аварія у будь-якій частині планети віддзеркалиться на її населенні.

Поставимо питання: а чи є підстави для відкидання розвитку атомної енергетики? Ось що писав з цього приводу академік В.Легасов, один з тих науковців, що були біля колиски її розвитку у Радянському Союзі: «Глибоко переконаний, що атомні електростанції – вершина досягнень енергетики. Це фундамент для чергового етапу розвитку людської цивілізації». Що він мав на увазі? При нормальній роботі ядерні джерела енергії набагато вигідніші теплових. Вони екологічно чисті і готують базу для наступного ривка у технології. Майбутнє немислиме без мирного використання атомної енергії. Тому багато країн намагались розвивати цю галузь. Після подій у Чорнобилі в окремих з них в законодавчому порядку прийняли мораторій на розширення будівництва об'єктів атомної енергетики.



Безперечно, Чорнобиль – це попередження, і не тільки в ядерній енергетиці. Ми просто не навчилися культурі використання науково-технічних досягнень. Не навчилися прогнозувати можливі варіанти наслідків їх використання з

опорою на науку. На земній кулі, як і у космосі, тісно взаємодіють природні і соціальні фактори. І незалежно від того, в якій частині земної кулі політики і військові намагаються приховати результати науково-технічної діяльності, населення Планети не застраховане від самознищення.

Інакше чим пояснити такі факти? США намагаються ядерні звалища розташувати подалі від своєї території. Чи надовго вони віддаляють негативний вплив радіоактивних відходів на населення своєї країни? З 1946 р. Америка використовує Тихий океан для поховання радіоактивних відходів. Острів Руніт перетворено у звалище таких відходів. Його покрили залізобетонним панцирем з

написом, який рекомендує триматися подалі від цього місця 15 тис. років. Окремі контейнери вже зруйнувались. Рівень радіації у воді і осадочних породах перевищив норми.

Сьогодні людина має справу з найскладнішими технічними системами. Потужні гідроелектростанції, газові сховища, хімічні комбінати, авіація, шахти та ін. – усе це крупні промислові системи. Небезпечність можливих аварій на них така ж сама, як і на атомних станціях. Але наслідки на перших, як підтверджує історія, можуть бути не менш масштабними і глобальними. Робота таких великих систем часто залежить від декількох операторів, від їх кваліфікації і майстерності. Ми забуваємо про те, що живемо у техногенну епоху.

А вона вимагає освіченості, дисципліни, високої культури в роботі. Не менше потребується і мудрості, компетентності, почуття відповідальності і гуманності державних діячів, чиновників у розв'язанні організаційних завдань використання досягнень науки і техніки. Чи багато для цього потрібно? Виявляється, ні. З цього приводу академік М.М.Амосов рекомендував державним діячам спиратись на наукові знання, людині дати освіту. На жаль, для перших наука закінчується у вищому навчальному закладі. І справа не тільки в тому, що у них не вистачає спеціальних знань. Справа усугубляється ще ось чому. Переважна частина державних діячів, чиновників нездатна абстрактно мислити, синтезувати знання і прогнозувати наслідки рішень, які вони приймають. Не кажучи вже про те, що не вважають за необхідне інколи повернутись до теорії.

Перелік усього того, що дісталось у спадщину людині від науково-технічної діяльності можна було б продовжити. Але давайте замислимося, а чи не є це результатом протиставлення людини і Природи. Проблеми, з якими сьогодні людство зіткнулось, є наслідком порушення гармонії між наукою і технікою, з одного боку, і культурою, з другого. Матеріальне витиснуло духовне. Магістральний шлях відродження гармонії між людиною і Природою пролягає через відродження загальної культури. Сюди треба віднести і культуру спілкування, і загальну професійну, технічну культуру, і культуру праці. Дуже важливо при створенні нового виробити вміння за частковим бачити загальне, за фактами – висновки, за узагальненнями – живу Природу і людину, яка її пізнає. Це загальне повинне поєднувати в процесах розвитку складні фізичні, хімічні, політичні, економічні, соціальні системи. Тільки за цієї умови можна передбачити оптимальні шляхи розвитку подій і одержати важелі управління процесами розвитку. Усе це вимагає гуманізації освіти на всіх її рівнях. Для виховання нового світогляду потрібно десятки років. Треба серцем сприйняти сучасні проблеми, що народжені науково-технічною діяльністю. Навчитись попереджати і здійснювати конкретні заходи з нейтралізації негативних наслідків.

На сторінках преси багатьох країн в останні два десятиліття зустрічаються сумні прогнози у зв'язку з прогресом науки і техніки. Висловлюються найсерйозніші побоювання з приводу наслідків розвитку технічних творінь людини. Вони, на думку їх авторів, протистоять людині, завдають їй багато клопоту, загрожують її існуванню. Частково це так і є. Чи це не означає, що людство повинне загальмувати науково-технічну ходу свого розвитку? Можливо і відмовитись від благ, що створюють наука і техніка? Де ж вихід?

У свій час Вернадський, Рассел, Ейнштейн, перший президент «Римського клубу» Печеї, десятки інших, хто попереджував про небезпеку, яка загрожує людству, закликали до невідкладності у формуванні нового мислення. Настав час, коли потрібно більш конкретно говорити про людину, формування її конкретних потреб. І говорити не просто про задоволення ними, а й про цілеспрямовані зміни. Але це може здійснюватись не від зовнішніх причин, а не інакше, як від зміни моральної (Ф.Достоевський). Історичний досвід стверджує, що техніка сама по собі ні добра, ні лиха. Все залежить від людей, від суспільно-економічної формації, до якої вони належать. Надвелика складність полягає в тому, щоб за гонитвою у розв'язанні окремої проблеми, досягнутої традиційними методами, не усугубити стану багатьох інших систем і компонентів, які створюють найскладніший комплекс «людина – її господарська діяльність – біосфера». Не можна погодитись з думкою про те, що людина вичерпала можливості фізичного та інтелектуального розвитку, передала свої функції техніці і тепер залежна від неї. Вона була і залишається началом, центром, вінцем НТР. З нею творець пов'язує своє майбутнє. Така логіка розвитку людства у ХХІ ст. НТП і пов'язане з ним зростання сил, які має в розпорядженні людство, зупинити неможливо і не потрібно намагатись це зробити. Треба розумно і ретельно контролювати використання досягнень науки і техніки в гармонії з Природою, з урахуванням кожного кроку. Необхідність цього вже усвідомлено. Бездумне продовження минулої науково-технічної політики стало неприпустимим. Саме тому екологічні питання і шляхи виходу з кризи обговорюються і коментуються. Невідкладні рішення може дати лише наука. Чому? Тому що в основі наукових рекомендацій, підкреслював вчений-природодослідник В.В.Докучаєв, є вивчення Природи, досліди, розрахунки і, найголовніше, вони перевірені. Практика без опору на науку некерована, ненадійна, стихійна.

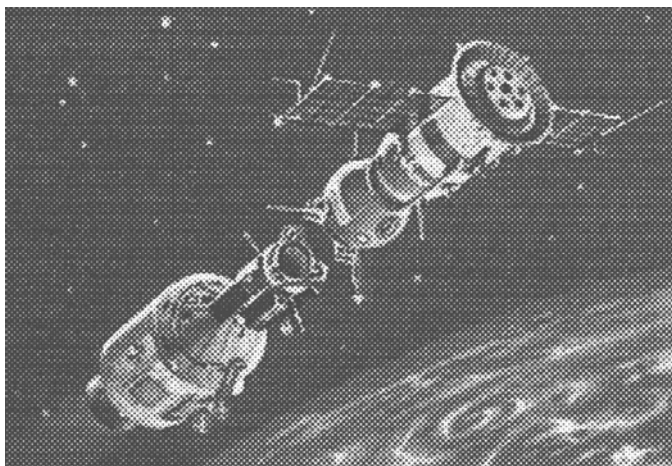
Таким чином, проблеми, які сьогодні супроводжують людство, є наслідком технократичних підходів у використанні досягнень науки і техніки, ігнорування необхідності партнерських стосунків з Природою, порушення збалансованості, гармонії “наука–культура”,

відходу техногенної цивілізації від культури. Це вже не тільки усвідомлено. Вища школа модернізує навчальний процес майбутніх фахівців в напрямку потреби для них синтеза знань, єдності науки і культури.

## СВОЄРІДНІСТЬ НАУКОВО–ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ НА РУБЕЖІ ХХ – ХХІ СТОЛІТЬ

### Особливості і тенденції науково-технічного розвитку

Друга половина двадцятого століття у розвитку науки і техніки має особливі риси порівняно з першою половиною цього ж періоду історії. Перш за все, вони полягають в тому, що дослідники одержали можливість численні спостереження і виміри проводити в космічному просторі. Поряд з цим, з космічного простору стало



*Космічна станція "Союз"*

можливим вести спостереження за фізичними явищами на Землі. Наприклад, разючі екологічні зміни, що сталися за останні десятиліття, обумовили необхідність оперативного спостереження за ними, використання аерокосмічної

зйомки. Аерокосмічний контроль за екологічними ресурсами, насамперед такими, як рослинництво, ґрунти і тваринний світ здійснюється на різних рівнях управління від їх інвентаризації і картографування до стеження за глобальними екологічними змінами і зонами екологічного лиха. Подібний контроль здійснюється у рамках Міжнародної програми ЮНЕСКО. Такий підхід багато в чому обумовив розвиток і народження нових напрямків науки і техніки.

Однією з особливостей процесів досліджень стало їх проведення на стику наук з широким використанням найтонших методів дослідження. *Виключне місце зайняло природознавство. Провідну роль в цьому залишилось за математикою. Вона стала справжньою мовою сучасної науки.* На її основі досягнуто прогресу усіх наук. Через сім століть підтвердились пророцькі слова Роджера Бекона про те, що математика є необхідною у науковому пізнанні, є корисною для практики, є наукою про красу. І це зрозуміло, тому що на математиці, насамперед, базується формулювання закономірностей фізики, хімії, біології, всі технічні та економічні розрахунки. Вивчення явищ Природи, технічних процесів і з точки зору якості, і з кількісного боку вимагає широкого використання математичних засобів.

Протягом тисячоліть математика в своєму розвитку пройшла складний шлях. Вона зазнавала змін за змістом, характером і стилем

використання. Від перших уявлень про відрізок прямої, як найкоротшу відстань між двома точками, і про цілі числа в межах першої десятки математика розвинулась у цілу самостійну обширну науку.

Однією з характерних рис математики, як відомо, є її абстрактність, зовнішня відособленість. Минуло багато тисячоліть від тих часів, коли люди з великою напругою складали два-три предмети і підійшли до сучасних знань. Математика не має законів, в ній не експериментують, не провадять спостережень, як в інших науках. Вона абстрактна. Байдужість до предмету висунула її в ранг загальнонаукового знання, надаючи їй незалежність у спілкуванні з реальним світом. У наші дні без математики неможливо описати усі досягнення наук. Вона проникла в усі галузі природознавства, стала основою пізнання багатьох природних закономірностей, технічних знань. Як далеко передбачив Леонардо да Вінчі, коли ще майже півтисячоліття тому стверджував: *«Ніяке людське дослідження не може бути назване справжньою наукою, якщо воно не пройшло через математичні докази»*.

Математизація істотно вплинула на розробку проблем інформації. У свою чергу, інтенсивний розвиток і використання інформаційних уявлень створили благодатний ґрунт й істотно сприяють математизації багатьох наук, в які раніше математичні прийоми не проникали.

Знання математики дає можливість робити попереджувальні розрахунки руху небесних тіл, здійснювати розрахунки внутрішньоатомних явищ. Більше того – в ході виробничого процесу визначати характер і розмір втручання з метою протікання процесу в бажаних для нас межах. ЕОМ протягом секунди здатні зробити сотні тисяч і навіть мільйони арифметичних і логічних операцій. Вони замінили камінці та зарубки, за допомогою яких люди глибокої давнини здійснювали розрахунки.

XX – XXI ст.ст. стали виключно бурхливим для розвитку науки, техніки, економіки. Математика з її розгалуженими розділами, гнучкими методами і засобами охопила різноманітні сторони усіх сфер людської діяльності. Особливо це стало помітним з впровадженням ЕОМ у розв'язання не тільки наукових, але і виробничих процесів, управлінських задач, побутових проблем. Прикладний характер математики, її методи допомагають удосконалювати управління виробництвом, економікою, проникати в глибину явищ Природи. Разом з тим, ми спостерігаємо зворотний процес. В сучасний період прикладні питання активно впливають на розвиток теоретичної думки математиків.

На заводах, в наукових установах, на транспорті та в інших галузях ви можете спостерігати різні автоматичні пристрої. Вони



регулюють режими тих чи інших процесів, виконують складні операції: керують рухом корабля і літака, космічної станції, роботою атомної і теплової електростанції, дією приладів тощо. Усе це викликано серйозними економічними потребами і технікою безпеки. Ручне управління механізмами дає можливість тільки незначну частку часу підтримувати оптимальний виробничий процес, при якому найраціональніше використовуються обладнання і сировина. Вміле використання математичних методів приносить не тільки теоретичний успіх, а і прямі економічні результати. Зокрема, математичне моделювання надає можливість запобігти матеріальних витрат, оскільки дослідження проводяться не з об'єктами в лабораторії, а шляхом розв'язання відповідних диференціальних рівнянь.

Вже з початку ХХІ ст. людство почало переосмислювати багато з того, що визначало його розвиток протягом останніх десятиліть другого тисячоліття. Причому переоцінці підлягають процеси науково-технічного розвитку у взаємозв'язку їх з розвитком у політичній, економічній, соціальній, культурній і духовній сферах. *Двадцяте століття показало: людина переступила межу «людських» можливостей, де вона могла розраховувати на свою фізичну силу і розумові здібності, і перейшла у світ залежності від машин. Останні збільшили її силу в мільйони разів.*

Були часи, коли вчені намагались пізнати людину і уподібнювали її до машини. Вони прагнули, як вже відзначалось, звести особистість до законів фізики і механіки. На сучасному етапі, коли людина має справу з машинами, до останніх ми часто застосовуємо людські мірки. Говоримо про чутливість приладів, про пам'ять та інтелект комп'ютерів, про надійність техніки. Надійність машин (людини) – це є не що інше, як ступінь довір'я до них.

Проблема надійності для спеціалістів виникла тоді, коли почали створювати і експлуатувати складне електронне обладнання. Звичайна рахівниця практично безвідмовна. Таке не можна сказати про комп'ютер. Він складається з декількох тисяч деталей. Можливість поломки будь-якої з них може перешкодити виконанню роботи. *Тому з ускладненням техніки з'явилась спеціальна наука – теорія надійності.* Головним завданням цієї науки є прогнозування можливих аварій з метою їх попередження або зведення до мінімуму.

Складність сучасного світу викликає до життя нові наукові напрямки. Досягнення теоретичної думки сприяли стрімкому розвитку кібернетики, теорії інформації, програмування та інших дисциплін, що тісно пов'язані з НТР. Потреби практики стимулювали розвиток знань, появу нових напрямків наукового пошуку. Один з них є *інформатика*. Вона стала третім, після матеріалів і енергії, китом матеріального виробництва. Майже неможливо вказати яку-

небудь галузь знань, де б не вживались поняття інформації і не могли б бути використані математичні засоби її виміру. Здавалося б, проблема інформації – це суто проблема теорії інформації та кібернетики. Насправді ж, ця проблема загальнонаукова – її вирішують усі науки.

Інформація завжди відігравала важливу роль в житті суспільства. Майстри передавали відомості про ремесло своїм учням. Селянські покоління успадковували мудрість попередніх поколінь. Астрономи складали атласи зоряного неба. Мандрівники малювали карти невідомих земель. Економісти складали плани. Уся ця інформаційна діяльність до певних часів не викликала якихось особливих проблем. Тим більше, що до послуг людей були рукописи, книгодрукування, телефон, телеграф, радіо та інші засоби комунікації.

З вступом людства в етап НТР стало очевидним, наскільки навколишній світ ускладнився. Складність економічних, організаційних і технічних проблем народжувала зростаючі потоки інформації. Про динаміку цього процесу ми вже згадували.

Потрібно особливо підкреслити, що *інформатика стала «фундаментальною природничою наукою, яка вивчає процеси передачі та обробки інформації»*. Вона є однією з центральних навчальних дисциплін вищої технічної школи. Правда, в різних галузях знань інформація сприймається по своєму, не будучи зведеною до кола питань, які цікавлять, наприклад, спеціалістів у галузі кібернетики. Якщо колись людство освоювало матеріальне виробництво, згодом – енергетику, то *зараз ми ввійшли в третій період – освоєння інформаційної картини світу*. Глобальне планування, підтримка політичної і воєнної рівноваги, економічний баланс людства і біосфери – усе це вимагає обробки і передачі величезних інформаційних потоків.

Але сама інформатика вступає в свої права тільки тоді, коли для фрагменту світу, який вивчається, побудована його інформаційна модель, тобто вказані взаємозв'язки не тільки якісні, але і кількісні, між усіма важливими факторами.

Основа нашого змісту інформатики – машинна обробка інформації. Сучасні ЕОМ виключають людину з цього процесу. Вони стали найбільш досконалими кібернетичними пристроями, які засновані на процесах переробки інформації. Сьогодні темпи науково-технічного прогресу і розвитку всього людства значною мірою визначаються тим, яка швидкість переробки інформації. Як колись потреби суспільства покликали до життя нові джерела енергії – парову і електричну силу, двигун внутрішнього згоряння, так і потреба у переробці величезних потоків інформації стимулювала створення ЕОМ. Відомі прийоми обробки і підготовки інформації

себе вже вичерпали. Підраховано, наприклад, що у США переробкою інформації зайнято понад 100 тис. ЕОМ. Без них необхідно було б залучити для обробки інформації 500 млрд. чоловік. Це більш ніж у сто разів перевершує населення планети.

Комп'ютерна революція привела до того, що аналіз первинної інформації і прийняття рішень практично в усіх сферах суспільного життя можливі тільки за умови використання ЕОМ. Виникла нагальна необхідність в організації комп'ютерної освіти населення.

Перші кроки до осмислення інтелектуальних здібностей ЕОМ зроблено понад тридцять років тому. Вчені використали новітні методи аналізу і за допомогою такої машини розшифрували рукописи стародавнього народу майя. Він населяв Центральну Америку. У XVI–XVII ст.ст. іспанські завойовники потопили в крові державу цього народу. Надзвичайно жорстоко протягом декількох сотень років знищували їх тисячолітню цивілізацію. Загублено і писемність майя. Ті рукописи, що залишились, стали загадкою. Відповідь на неї протягом 120 років шукали вчені багатьох країн. Ретельний аналіз рукописів за допомогою ЕОМ дав можливість встановити, що понад 90% ієрогліфів є схожими з іншими джерелами слів мови майя. Це означає, що ЕОМ успішно можуть використовуватись в історичних та інших гуманітарних дослідженнях.

У співдружності з генетиками історики і археологи можуть розкрити таємниці глибокої історії заселення окремих континентів, створення і загибелі великих культур і цивілізацій. Це робиться за допомогою ДНК-аналізу. За його допомогою виявилось, що лише 6% населення європейського континенту є прямими нащадками тих предків, які 45 тис. років тому вперше потрапили на наш континент з Близького Сходу. Основна маса їх, а саме 80 %, з'явилась на континенті від 30 до 2 тис. років тому, перед останнім льодниковим періодом. А ще 10% прижились в Європі не пізніше 10 тис років тому, коли почався розвиток сільського господарства. А взагалі історія людства (за уявленням генетиків) почалась 150-200 тис. років тому з невеличкої популяції, яка вперше з'явилась у Африці. Там її нащадки і мешканці проживали безв'їздно півтори сотні тис. років, поки не розбрелись по всьому світу, включаючи і Європу.

Ми можемо вже спостерігати, що настає час, коли прогрес обчислювальних засобів і електрозв'язку, штучного інтелекту і робототехніки в союзі з наукою про людину, яка розвивається, створять вичерпну інформаційну модель вищої нервової і свідомої діяльності людини, довівши до повного розвитку положення про єдність процесів обробки інформації.

Однією з ознак такого положення є шлях до створення квантових комп'ютерів – нового покоління ЕОМ. Але шлях до їх

створення пролягає через молекулярні ЕОМ і ДНК-комп'ютери. Вони ж можуть створюватись лише мікро– і нанотехнологіями.

Впевнено можна заявити, що вже в недалекому майбутньому багато сучасних медичних процедур стануть анахронізмом. Вони поширять ділянки, які потрібно берегти, втручаючись в організм людини. В головному клінічному госпіталі Міністерства оборони України вже освоєні унікальні нейрохірургічні операції, які проводяться за допомогою ендоскопічної техніки. Успішно ця техніка використовується в Київському інституті урології та нефрології.

Сьогодні величезна кількість комп'ютерних мереж світу переробляє для своїх споживачів такі обсяги інформації, які навіть важко уявити – майже так само, як важко або навіть неможливо уявити Нескінченність або Всесвіт. Значна частина цієї інформації стосовно досягнень кібернетики, інформатики, електронної техніки, постійного розширення їх перспективи. Так наприклад, компанії, що продукують автомобілі, сьогодні за допомогою комп'ютерів випробовують нові моделі у так званих штучних катастрофах без людських манекенів, які коштують досить дорого. Європейські дослідники в рамках проекту «Europort» Комісії ЄС, з'єднавши в одну систему багато комп'ютерів, отримали можливість обчислювати безліч варіантів і деталей наслідків штучної катастрофи. Можливості і системи паралельних комп'ютерів намагаються використати не тільки в машинобудуванні, але і у розробці нових ліків і навіть для створення мультфільмів.

Надмініатюризація компонентів технічних засобів з одночасним зростанням їх функціональної швидкості і зменшенням собівартості започаткувала мікроелектронні розробки. Їх можливості поширюються в комп'ютерах п'ятого покоління. Напівпровідники стали основою супер-ЕОМ. Ці машини здатні вести паралельну обробку даних, мати штучний інтелект і працювати з природною мовою. Систему комп'ютерного інтелекту стисло можна визначити як систему мікроелектронних структур, допоміжного обладнання і активної організованої інформації, здатної виявляти інтелектуальні властивості та активну поведінку, що сприяє користувачеві у розв'язанні певних задач. Такі властивості використали в Електротехнічній лабораторії міста Цукубі (Японія) і розпочали побудову надшвидкодійної машини п'ятого з половиною поколінь. Така ЕОМ має бути здатною думати.

Ідея створення розумних машин виникла ще на зорі комп'ютерної ери. Це породило чимало філософських дискусій. Але вже у третьому тисячолітті в тій же лабораторії міста Цукубі планують зробити ЕОМ шостого покоління. Машина має бути наділена пам'яттю з можливостями логічних дій людського мозку. В

біокомп'ютері будуть використані біочіпи, що здатні зберігати мільярди біт інформації, а також технології, котрі розроблені для ЕОМ п'ятого покоління. Це такі, як штучний інтелект, розпізнавання образів, база знань. У зв'язку з цим розгортаються роботи в галузі біотехнологій, біоелектроніки зокрема.

Чи заслуговує такої ретельної уваги і величезних витрат ідея створення штучного інтелекту? Чи не є це нездійсненою мрією фантазерів? Давайте спробуємо провести деякі історичні аналогії.

Аналізуючи з позицій історії і прогностики діяльність вченого-ченця XIII ст. Роджера Бекона, задаємось питанням, звідки він міг знати, що у майбутніх століттях будуть винайдені автомобіль, телефон, літак, телескоп, що атом подільний? Чи візьмемо утопію Томмазо Кампанелли «Місто Сонця», де він пророкує винахід телескопа і радіо – «інструмента для ока, щоб спостерігати невидимі зірки, та інструмента для вуха, щоб слухати гармонію планетних рухів». Телескоп винайшов сучасник Кампанелли Галілей у 1609 році. Але до винаходу радіо залишалось ще три століття.

Згадаймо гіперболоїд інженера Гаріна (фантастичний роман О.М.Толстого «Гіперболоїд інженера Гаріна»), який за допомогою променю на відстані руйнував заводи. Це було фантастичним. Сьогодні лазерний промінь виконує аналогічну роль в багатьох галузях, ставши на користь людства.

Ще не таке далеке історичне минуле романів Жюль Верна з його підводними човнами, повітряними пілотованими апаратами, польотами на Місяць здавалось плодом нестримної фантазії автора. Вважалось, якщо ці ідеї і реалізуються, то через багато століть. Виявилось, що «бездумні», «маячні», «абсолютно відірвані від дійсності» писання Жюль Верна були здійснені в столітті, до якого він дожив. Потрібен був «Проект повітроплавного приладу» народовольця М.І.Кибальчича. Цей прилад сьогодні називають прообразом сучасних пілотованих ракет. Проект приладу знайшов продовження у роботах К.Е.Цюлковського. Він науково обгрунтував можливість польотів у космос за допомогою ракет. Потім з'явилися праці ентузіастів, що вірили в реальність космічних польотів, – І.В.Мещерського, Ю.В.Кондратюка, Ф.А.Цандера, М.О.Риніна, О.М.Ісаєва, Годдарда. Були С.П.Корольов і М.К.Тихонравов і, нарешті, Ю.О.Гагарін, який першим проклав шлях у космос. За ним зробили подорож у космос А.Шепард і Д.Глен. Потім здійснена висадка астронавтів США на Місяць.

Тепер особливу увагу науковців привертають дві планети Сонячної системи – Венера і Марс. Вони є сусідами Землі. Після Місяця перші міжпланетні рейси будуть прокладені саме до них. Фізичні умови на обох планетах дають підстави вважати, що на них є життя. Не будемо до таких прагнень наших науковців ставитись як

до фантастичних. Історія свідчить, що наука спирається не тільки на факти, але ще і на фантазію, на мрію. Недовгий той час, коли ми буденніше сприймемо повідомлення про політ на Марс і Венеру, ніж політ Гагаріна у космос. Після таких аналогій у нас немає підстав не вірити в силу людської думки – створити щось подібне, втілене в біокомп'ютері. Будемо вірити в спроможність науки розв'язати ці проблеми.

### **Основні напрямки наукових досліджень**

Напрямки розвитку фундаментальних і прикладних досліджень у сучасному суспільстві формуються під впливом різноманітного і взаємопов'язаного комплексу факторів. Найважливішими з них є: внутрішня логіка наукового пізнання; практичні потреби розвитку виробничих сил; зворотний зв'язок між наукою і практикою.

Серед багатьох факторів варто виділити фактор відтворення науки. Він є найвпливовішим на формування пріоритетів наукових досліджень, розв'язання комплексних проблем, в тому числі і глобальних. В них можна виділити три аспекти: техніко-економічний, що пов'язаний з виснаженням природних ресурсів земної кулі; екологічний, що пов'язаний з біологічною рівновагою людини і живої природи; соціально-політичний. Навколо глобальних проблем зосереджуються фундаментальні дослідження в усіх розвинутих країнах світу. До цих проблем відносяться такі.

1. **Забезпечення життєдіяльності суспільства.** Воно включає безперервне економічне, що не загрожує економічній рівновазі, надходження традиційних енергоносіїв, пошук нових рішень в галузі ядерної енергетики. Сюди ж треба віднести удосконалення техніки і технології, яка трансформує і споживає енергію.
2. **Забезпечення виробництва засобами праці шляхом удосконалення існуючих і створення нових технічних засобів для виробничої і невиробничої сфери.** Характерною рисою сучасного технічного розвитку є зростаюча активна роль технології в структурі і взаємодії основних елементів виробництва. Наукові відкриття проникають у виробництво все частіше саме через технологію. Технологічні рішення стали провідними, вихідними при проектуванні виробництв. Вже стало очевидним, що саме технологія у поєднанні з технологічним і допоміжним обладнанням визначає характер і зміст праці.
3. **Удосконалення традиційних і створення нових матеріалів при систематичному зменшенні матеріаломісткості суспільного виробництва.** В сучасних

умовах все гостріше відчутні проблеми матеріальних ресурсів внаслідок виснаження багатьох родовищ, а також використання родовищ з невеликим вмістом корисної речовини. У зв'язку з цим набуло неабиякого значення повне і комплексне використання корисних копалин, усіх компонентів природних ресурсів. Крім того, обсяги виробництва, стрімке поширення спектру виробів різного призначення обумовлюють підвищення вимог до технічних і якісних характеристик матеріальних ресурсів.

4. **Забезпечення продовольством та іншими умовами життєдіяльності людей.** Проблема продовольства сьогодні стала актуальною, в основному для країн, що розвиваються. Переважна більшість з них імпортує продовольчі товари. В перспективі продовольча проблема набуде глобального характеру і її розв'язання пов'язане з розвитком фундаментальних і прикладних досліджень.
5. **Система інформаційної індустрії та зв'язку.** Прогрес розподілу праці у промислово розвинених країнах стрімко і безперервно ускладнюється міжгалузевими, внутрішньогалузевими і внутрішньовиробничими зв'язками. Ця тенденція визначає ключове значення для розвитку виробництва, усієї життєдіяльності суспільства відповідно до оснащення його новітньою технікою системи комунікацій. Очевидно, що з прогресом людини і суспільства вимоги до засобів інформаційної індустрії будуть неухильно зростати. Такі вимоги диктуються, як індивідуальними потребами, так і різноманістю зв'язку.

Одним з центральних завдань для Західної Європи сьогодні, наприклад, є створення єдиного європейського радіотелефонного зв'язку. Нова система має забезпечити можливість використання одного апарата на всьому зв'язку від Мадрида і до Стокгольма. Натиском кнопки можна буде вести розмову з колегами Англії, Італії або Греції.

В Японії намагаються створити «розумні готелі», «розумні житла». Їх мешканці одержать можливість за сотні кілометрів від постійного проживання включати кондиціонери, наповнювати ванни тощо.

6. **Система транспортних комунікацій.** Вона охоплює комунікації наземні, підземні і трубопроводні, водні і повітряні. Ця система, як і система електричного зв'язку в розвинутих країнах, створена і функціонує. Але вона вимагає постійного удосконалення. Перш за все – це стосується збільшення пропускної здатності, підвищення економічності і надійності. Разом з інформаційною

індустрією обидві системи є найважливішою складовою і характеристикою індустріальної потужності економіки.

7. Особливе місце в системі фундаментальних досліджень займають комплексні проблеми освоєння нових просторових сфер: Світового Океану, Космосу, глибин земної кори, важкодоступних у кліматичному розумінні районів. Самостійною, до того ж особливої ваги, є проблема вивчення екологічних умов життєдіяльності людини.

Ми відмітили сім найбільш важливих проблем, що визначають напрямки розвитку фундаментальних наук. Ключова з них, як не важко помітити, є енергетична проблема. Спільний їх вплив на розвиток окремих наукових дисциплін чи галузей сучасної науки формує пріоритети. На них і концентруються зусилля фундаментальних і прикладних наук.

Якщо двадцяте століття було назване століттям матерії, двадцять перше століття, імовірно, треба позначити століттям життя. Досягнення в медицині і біології, а також прориви, що стали можливими завдяки поєднанню цих галузей з такими, як математика, фізика, хімія, матеріалознавство, інформатика, зараз вселяють надії на краще життя для всіх. Разом з тим, породжуючи безпрецедентні прогнози і очікування, прогрес біомедичних наук є одним з джерел розгубленості і збентеження кожного разу, коли піднімаються питання етики. Прогрес, що досягнутий у вивченні ДНК, включаючи розшифровку людського гена, відкриває можливість використання нових результатів у нетрадиційних сферах, не тільки в медицині, а і в біотехнології, сільському господарстві, аквакультурі, а також у промисловості. І хоча області застосування поширюються зараз все швидше, відповідні технології часто до цього не готові.

Тепер, коли нами виділено основні проблеми фундаментальних досліджень, давайте прослідкуємо, в яких напрямках вони реалізуються. Одразу ж відзначимо, що найважливішу роль у визначенні цілеспрямованої діяльності відіграє держава. Її характер обумовлює підпорядкування наукової діяльності в інтересах суспільства чи в антигромадських цілях. Особливо наочно це проявляється у військовій галузі. Держави продовжують узурпувати значну частину наукової діяльності великої кількості талановитих вчених. Військово-промисловий комплекс надав науці протиприродного для неї напрямку. В цьому неважко впевнитись з щоденних повідомлень преси, радіо, телебачення, з повсякденного життя планети.

Сучасна статистика ресурсного забезпечення науки дає можливість спрогнозувати міждисциплінарні пропорції фінансування (державою) фундаментальних досліджень, спираючись на досвід розвинутих країн. Ці країни показують приклад забезпечення науки



фінансами, виділяючи на їх розвиток порівняно значні суми з державного бюджету. Причому, пропорції витрат постійно переглядаються в бік їх збільшення.

У США, наприклад, за три десятиліття було зроблено помітний ухил на перебудову міждисциплінарних пропорцій і висунення на перше місце серед них наукового напрямку «наука про життя». Ця галузь включає в себе біологію, медицину, сільськогосподарські науки. Врешті-решт напрямок зорієнтовано на збереження «якості життя» і підтримку процесу відтворення кваліфікованої робочої сили. Правда, збільшено виділення коштів на розвиток математики і обчислювальної техніки, технічних наук.

Що ж собою являє поняття «якість життя», на підвищення якої у США за 80–і роки збільшили асигнування більш ніж у півтора рази?

Французький соціолог Ж. Фрадье «якість життя» визначає як сукупність відношень, що пов'язують індивіда, суспільство і природне середовище таким чином, щоб кожний з цих елементів мав властиві йому характер і потреби. Високу якість життя неможливо досягти, якщо не враховувати стан екосистеми людини і суспільних відносин, котрі вона в процесі виробничої і науково-технічної діяльності має сама формувати для свого власного проживання.

Безперечно, проблема якості життя і захисту навколишнього середовища по різному оцінюється для різних країн. Одна справа – індустріально розвинуті країни, де внаслідок НТР сталися зміни у біосфері. Інша – країни, де головне питання – забезпечення основних умов існування людей. Адже є регіони екологічно чисті, але там тиняються голодні без притулку. Наскільки ця проблема актуальна для сучасного світу, показують такі дані. Щорічно на планеті від голоду вмирає, як вже згадувалось, близько 50 млн. чоловік. Майже половина з них – діти. Тривалість життя в розвинутих країнах на середину 80–х років була на 16 років більше, ніж у країнах, які віднесено до тих, що розвиваються. Вона зросла з 45 років у 1960 р. до 60 у 1985 р. У розвинутих країнах тривалість життя за цей період зросла з 70 до 76 років.

Спробуємо тепер розглянути деякі напрямки прикладних досліджень, розробки і оновлення техніки з проблемами, про які ми щойно вели розмову. Цільове призначення прикладних досліджень, науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт цього напрямку обумовлене станом економіки, гострою конкурентною боротьбою на ринках постачання, а також наявністю зареєстрованих науково-технічних ідей, технологічних принципів. Такий підхід і визначає, що прикладні дослідження і дослідно-конструкторські розробки практично в усіх розвинених країнах фінансуються і виконуються, як правило, приватними фірмами і науковими

організаціями. Характерним є те, що в умовах великих темпів економічного зростання прикладні дослідження орієнтуються на створення нових виробів і нових технологій. Разом з тим зменшується частина витрат на удосконалення продукції.

Така тенденція, імовірно, буде зберігатись і надалі. Вона диктується ринком і потребами людини.

У зв'язку з усім тим, що викладено, давайте прослідкуємо, які ж перспективи і особливості розвитку НТП цивілізованих країн. У прогнозах спеціалістів виділяється два аспекти проблеми науково-технічного розвитку. *Перший*. Він супроводжується впровадженням науково-технічних досягнень в короткі терміни. *І другий*. Цей аспект має довгостроковий характер. У господарській практиці обидва аспекти проявляються вже сьогодні.

Короткостроковий аспект у прогнозах передбачає впровадження технологій, що дають можливість більш економно витрачати відомі види сировини і підвищувати ефективність використання енергоресурсів. До них треба віднести технології, які використовують низькосортну сировину, розраховані на видобуток копалин у важкодоступних місцях і утилізацію відходів.

Обмежимося одним прикладом. Міське сміття – це побутові відходи. У деяких країнах Заходу проблема їх переробки вирішена успішно. Технологічний процес полягає в тому, щоб на конвеєрі відібрати все з відходів для можливого їх використання: прилади з кольоровими металами, апаратуру – телевізори і телефонні апарати тощо. Решта потрапляє в подрібнювач. Сталеві жорна перетворюють шматки дерева, шкіри в кучу сміття. Воно надходить у «біологічну» піч. При температурі 170°C починається процес розкладання сировини. Тут, як це прийнято в біотехнології, використовується послід з птахофабрик, різний мул, фекалії – тобто на промисловому рівні відтворюються всі ті процеси, які проходять у природних умовах в концентрованому вигляді. Через шість днів, а не через мільйони років, тут отримують органічний компост. Його одразу ж можна використовувати як добриво в теплицях. Творці технології потягли ланцюжок далі і створили штучний ґрунт.

До проблем другого аспекту, розв'язання яких можливе в більш далекій перспективі, потрібно віднести такі.

1. *Промислове освоєння принципово нових джерел енергії і способів її передачі та трансформації*. Актуальність посилюється тим, що традиційні джерела енергії не тільки виснажені. Вони стали головною причиною, що супроводжує нашу Планету до межі екологічної катастрофи.

2. *Широке розповсюдження штучних матеріалів і синтетичної сировини*.

3. *Принципово нова ступінь автоматизації виробничих процесів.* Розвиток мікроелектроніки відкрив нові перспективи використання ЕОМ. Мікрокомп'ютери, що вмонтовані в різні технічні обладнання, стають наче б то мозком і нервовою системою і якісно перетворюють виробництво. Внаслідок контролю таких виробництв комп'ютерами забезпечуються оптимальні режими їх роботи: оптимальні витрати енергоресурсів, належна продуктивність праці, зменшуються ризики аварій.

4. *Безвідходне використання сировини.*

5. *Створення технологій замкнутого типу, що є безпечними з екологічної точки зору.*

На таких напрямках були зосереджені основні зусилля вчених в останні десятиліття другого тисячоліття. Вони ж стали в центрі уваги науковців на початку ХХІ ст.

## **БІОТЕХНОЛОГІЯ**

### **Проблеми ресурсного забезпечення людства**

У досягненні високої якості життя і розв'язанні проблем людства глобального плану, які ми відзначили через основні напрямки фундаментальних і прикладних досліджень, надзвичайно велику роль відіграє *біотехнологія*. Однозначно дати вичерпне визначення цього нового напрямку НТР важко. Його розвиток вимагає великого проміжку часу. Він пов'язаний з подоланням «психологічних бар'єрів» – недовір'я, сумнівів і коливань, так само, як це спостерігалось у ставленні в свій час до мікробіологічної промисловості.

Труднощі, про які ми згадували при розгляді історії розвитку генетики, стали гальмом у розвитку і біотехнології. Докорінні зрушення у біологічній науці були б неможливі без успіхів у розробці інструментальних методів дослідження, заснованих на використанні найдосконаліших приладів. Останні, в свою чергу, базуються на новітніх досягненнях фізики. Тому сам факт виникнення і розвитку біотехнології у першій половині двадцятого століття не є випадковим. Це є закономірним наслідком поступового розвитку НТП в цілому.

*Сучасна біотехнологія проявляє себе двояко. Вона поєднує в собі сферу наукової і промислової діяльності.* Характерно, що кожна з них стимулює розвиток одна одної. Таким стимулюванням визначається їх спрямованість не тільки на розв'язання поточних проблем, але і на віддалену перспективу. І все ж, лідерство у цьому взаємозбагаченні належить фундаментальній науці, її випереджаючому розвитку. Сучасна біотехнологія є великою

галуззю. Вона поєднує в собі звичайні і молекулярні методики. Широко використовується в охороні здоров'я, намічається її розповсюдження використання у сільському господарстві, промисловості, енергетиці, екології і освоєнні космосу.

Промислова біотехнологія, основу якої, наприклад, складає широке застосування мікроорганізмів – *гамма бактерій, клітин, грибів, дріжджів* – це всього десятий відсоток проценту від загальної кількості відомих біологічній науці. За їх допомогою вона здатна не лише виробляти нову продукцію. Спираючись на хімічну технологію, вона може стати, а дуже часто і стверджує себе як засіб технічного переозброєння переважної більшості сфер матеріального виробництва.

*Генетична, клітинна, білкова інженерія та інженерна ензімологія (метод хімічної модифікації ферментів, їх іммобілізація)* – це головні галузі і методи біотехнології, котрі сьогодні визначають результативність практично всіх згаданих раніше напрямків НТП. Але розмову поведемо тільки навколо окремих з них, а саме тих, які вимушують суспільство надавати їм пріоритетного розвитку. Таке визначення зроблено тому, що досягнення сучасної біотехнології різні і значущі у багатьох галузях. Прогнозувати можливі напрямки її подальшого розвитку завдання не з легких. Пророкувати можна тільки ті, які можуть вже сьогодні давати відчутну вигоду.

Неперевершене значення біотехнології в тому, що вона, будучи багатогранною, відкриває нові шляхи розв'язання глобальних проблем. Серед них такі, як обмеженість і реальне виснаження традиційних джерел сировини, енергії, харчових ресурсів і, нарешті, забруднення навколишнього середовища. Технологічне використання досягнень біологічних наук у промисловості вже на етапі НТР знаменує собою становлення принципово нового напрямку НТП – біологізації суспільного виробництва. До цього досягнення біологічних наук розповсюдились у сільському господарстві і медицині. *В останній чверті двадцятого століття слідом за фізикою і хімією біологія перетворилась у «матір виробництва».* Світовий досвід засвідчує, що біотехнологія і біологізація суспільного виробництва перебувають на початку бурхливої стадії становлення і розвитку.

Ідея створення індустрії мікробіологічного синтезу ще у двадцятому столітті здавалась незбутньою мрією. Мрія перетворилась в індустріальне виробництво білка, амінокислот, вітамінів, ферментів, антибіотиків. За допомогою найдрібніших істот–мікробів людина створює ці багатства. Вона навчилась вирощувати штучні родовища заліза, марганцю, сірки, будівельних матеріалів. Вже є плани створення ділянок в океані і заселення їх мікроорганізмами-концентраторами. Вони і будуть постачати людину

рідкими елементами. Спеціалісти в галузі біотехнології передбачали, що на початку XXI ст. третина всіх енергоємних хімічних процесів може бути замінена відповідними біотехнологічними.

Біотехнології відкривають шлях до неосяжного їх використання для вирішення гострих і болючих проблем сучасності. Коли ми говоримо про наукове і господарське освоєння океанів, то обов'язково враховуємо своєрідність фізичних і хімічних властивостей їх величезної водної маси. Водний простір Планети займає 70% поверхні земної кулі (362 млн. квадратних кілометрів). У морях і океанах об'єм води дорівнює 1370 млн. кубічних кілометрів. Чи завжди ми уявляємо цю величину? Мабуть було б правильніше нашу планету називати не “планета Земля”, а “планета Океан”.

Величезна поверхня і об'єм водної маси океану, його геологічна древність, складність і відносна постійність хімічного складу води, що накопичувалась мільярди років, – усе це робить океан потужним стабілізатором і регулятором багатьох процесів. Ці процеси, в свою чергу, мають глобальне значення. Вони, в основному, визначаються особливостями водної маси, а саме: великим об'ємом, перемішуваністю, теплоємністю, ідеальною здатністю розчиняти різні хімічні сполучення, наявністю в ній солей, насиченістю її життям, рештками і продуктами життєдіяльності живих організмів. Усі процеси і явища у Світовому Океані взаємопов'язані і взаємообумовлені – *і сейсмічні, і акустичні, і оптичні явища, і формування відкладень, і хімічні реакції*, що проходять в тісному зв'язку його з рослинним і тваринним світом.

Зробимо порівняння. Потужність родючого ґрунтового шару суші дуже невелика – в середньому не більше 0,5–1 м. В морях і океанах поверхову зону, що населена рослинами, визначають приблизно у 100–200 м. Можна вважати, що об'єм ґрунтів земної кулі, що виробляють зелену рослинну масу, у тисячу разів менший, ніж виробнича товща гідросфери. А якщо до цього додати, що морські рослини майже повністю складаються з «благородних» металів, то різниця стане ще більшою. Річна продукція донних організмів у прибережній смузі морів і океанів помірних зон часто досягає 1000–1500 центнерів з гектара. У водному середовищі безперервно йде процес руйнування і створення нових організмів. Планктонні водорості також можуть давати з одного гектара поверхні моря декілька центнерів щорічно.

Отже, Світовий Океан – це справжня величезна комора білкових речовин у вигляді різних морепродуктів. Більше того, його багатства складають такі корисні копалини, як нафта, газ, кам'яне вугілля, фосфористі, руди кольорових металів, алмази та ін. Нові технічні можливості періоду НТР створили сприятливі умови для видобутку величезних ресурсів Світового Океану. Де ж, в якому

напрямку зосередити зусилля науки і промисловості, щоб найбільш ефективно використати ці ресурси?

## Харчування

Очевидно, що з усіх умов зовнішнього впливу на організм людини фактору харчування належить найбільш значна роль. Його вплив є визначальним у забезпеченні оптимального росту і розвитку організму людини, її працездатності, адаптації до дії різних агентів зовнішнього середовища, здоров'я і довголіття. Ось чому з другої половини двадцятого століття характерним є посилення уваги наукової громадськості до проблем харчування і підняття їх на державний і міжнародний рівень.

Аналізуючи розвиток науки про харчування, треба підкреслити, що продовольча проблема загострюється не з десятиліттями, а з роками. Швидкими темпами збільшується населення Землі. 200 років тому воно складало біля одного мільярда чоловік. На початку третього тисячоліття людство досягло шестимільярдного рубежу. Внаслідок цього на планеті, особливо в місцях, зручних для проживання, стало не тільки тісніше, але потрібно більше зусиль для забезпечення усіх харчуванням. Приблизно в такому ж стані є проблема забезпечення людства непродовольчими товарами тривалого користування: одягом, взуттям, притулком, що є продукцією промислового виробництва. Розв'язання згаданих проблем також залежить від здійснення заходів у галузі енергетики, технології, техніки і матеріалів.

Проблеми забезпечення харчуванням населення вимушують вчених вести інтенсивні пошуки нових джерел харчових речовин. Зрозуміло, що основний напрямок – *пошук білка*. Людина відноситься до всеїдних. Вона вживає і рослинну, і тваринну їжу. У другому випадку харчувальний ланцюжок складається з трьох кілець: рослина-тварина-людина. Хіміків, біологів, економістів, соціологів давно захоплює ідея, яким чином в цьому процесі зробити непотрібним середнє кільце. Чому?

Відомо, скільки сил і праці витрачається на виробництво зерна та інших продуктів сільського господарства. Але навіть хороший корм використовується з низьким коефіцієнтом корисної дії. Одна калорія тваринної речовини, наприклад, утворюється внаслідок вживання і трансформації семи калорій рослинної речовини. Все це і ще деякі інші фактори призводять до високої вартості білка у продуктах тваринництва. Очевидна економічна вигода виключення з цього ланцюжка сільськогосподарської тварини. Але на шляху здійснення цього великі наукові, технічні і психологічні труднощі. Яким же чином їх подолати?

Великий французький вчений П.Бертло (Бертело) стверджував, що проблема продуктів харчування – *це проблема хімії*. Така думка була висунута ним ще наприкінці ХХ ст. Він вважав, що при наявності дешевої енергії стане можливим здійснити синтез продуктів харчування з вуглецю (добутого з води), з азоту і кисню (добутих з атмосфери). Більше того, окремі вчені вважають, що через 100 – 150 років масове виробництво зникне. Його знову замінить натуральне господарство на черговому витку діалектичної спіралі розвитку виробництва продуктів. Кожна сім'я отримає у своє розпорядження таку машину, реплікатор, яка буде з найпростіших елементів повітря, води, ґрунту синтезувати усе потрібне для своїх власників. Фантастика? Так, поки що це фантастично, але близько до реалій. Це ми можемо стверджувати, спираючись на могутність хімії і біохімії.

Мікробіологія і хімія в творчій співдружності здатні створити сучасну технологію одержання харчових речовин і, насамперед, самої цінної і найбільш важливої їх частини – *білка на основі нехарчових сировинних ресурсів*. Для цього використовують воду, повітря, копалини і сонячне тепло. Джерелом білка для збагачення харчових продуктів можуть бути дріжджі. Вони є продуктом не сільськогосподарського, а промислового виробництва.

В історії створення харчових продуктів вже відомо: одержання цукру з абсолютно сухої деревини. Одержані з неї чисті розчини цукру придатні для виробництва харчового мікробного білка, харчової глюкози, пекарських дріжджів, вітамінів, харчового етилового спирту-ректифікату та ін.

Відкрита можливість промислового одержання виноградного цукру-глюкози шляхом хімічного гідролізу неділової березової і хвойної деревини – відходів виробництва целюлози. Кінцевим товарним продуктом, як передбачається, буде не глюкоза, а суміш. По солодкості вона буде рівнозначна сахарозі і цілком може замінити буряковий цукор у харчових виробництвах.

Йдучи шляхом створення продуктів штучно, хіміки і мікробіологи намагаються зробити їх смачними та різними порівняно зі звичними. В США, Японії, країнах Західної Європи та деяких інших промислове виробництво налічує біля ста видів штучних м'ясопродуктів, а також різних молочних, круп'яно-макаронних і кондитерських виробів. У США діє масове конвеєрне виробництво продуктів, які схожі на м'ясні, але в них зовсім немає м'яса. Джерелом білка тут переважно є *концентрований або ізольований білок сої*. З його розчинів одержують холодець. Продукти проходять відповідний технологічний процес. Після нього одержують волокна, що подібні до м'яса тварин, риби і птиці. Їм надають зовнішній

вигляд, запах і смак звичних м'ясних, рибних виробів і виробів з птиці.

Таким чином, збагачуючи харчові продукти і корми рослинного походження *дріжджами і дефіцитними амінокислотами*, підвищуючи ефективність рослинного білка, є можливість збільшити у декілька разів кількість рослинної і тваринної білкової їжі при тих же масштабах землеробства. Використання повноцінного харчування із застосуванням білкових та інших харчових речовин мікробіологічного синтезу може здійснюватись практично у необмеженій кількості.

## **ГМ продукти**

Історично склалось так, що живі організми і біологічні процеси у практичному житті людина почала використовувати ще з давних давен. Дріжджевий хліб, пиво, вино, кефір – все це продукти біотехнології. Саме слово *«біотехнологія»* з'явилося 100 років тому. Новітня біотехнологія нараховує всього чверть століття, коли в лабораторіях США виведені перші рослини з використанням методів генетичної інженерії. В 1994 р. тут з'явилися генетично модифіковані помідори, в наступному році – трансгенна соя.

Переважній більшості американців на думку не спадає, що вони вживають продукти з генетично модифікованими (ГМ) добавками. Це кукурудзяні чіпси, солодощі, одним з компонентів яких є сойове борошно, соус з сої, рослинна олія з сої і рапса. Такі продукти виготовлені по харчовій біотехнології і відповідають тим самим вимогам, що висуваються до органічних продуктів харчування. Тому вони не маркуються – за їх походженням. Відповідне маркування в США вимагається лише в тому випадку, якщо у продукті є протеїн, білок або який-небудь інший компонент, що може бути потенційним алергеном. Найрозповсюдженішими *алергенами є молоко, горіхи*.

Так, наприклад, якщо здійснено перенос гена протеїну горіха, який сам по собі є алергеном для деяких споживачів, то в такому випадку виникає питання про його алергенність і продукт маркують. За контролем якості і безпеки продуктів харчування в Америці склалась досить надійна система. Вона базується на трьох потужних відомствах – Адміністрація по надзору за якістю харчових продуктів і ліків, Департамент сільського господарства і Агенство по охороні навколишнього середовища. Понад 9000 їх співробітників контролюють 90 тис. виробників. Існують науково-аналітичні підрозділи і лабораторії. Вони наглядають за дотриманням стандартів якості в національній мережі і стандартів чистоти навколишнього середовища. Якщо до цього додати ефективну і гнучку нормативно-



правову і законодавчу базу, то зрозуміло – інтереси споживачів захищені.

Підкреслимо, що вищезгадані відомства США у регуляторному процесі керуються принципами безпеки для здоров'я і охорони навколишнього середовища. Тут ГМ-культурами засаджено понад 100 тис. гектарів. Але більшість американських громадян дуже мало знають про це. Регулюється законодавство для того, щоб ГМ-продукти, що мають характеристики, які передбачають можливість виникнення алергічних реакцій, призначались на корм тваринам. Вони були вилучені з продажу населенню. Наприклад, кукурудзяні хлібці, які містять ГМ-продукти (упаковка ТАКО), придатні тільки на корм тваринам.

Америка давно для себе зробила висновок: майбутнє за біотехнологією. За останні 15 років минулого століття тут досягнуто фантастичних успіхів – в країні створена сучасна біотехнологічна індустрія. Вона торкнулась головних сфер інтересів американця – сільського господарства і фармації, харчування і ліків. Біотехнологічна казка перетворилася на бувальщину, що дало потужний поштовх сучасній біотехнології.

Шляхом генетичної інженерії вже створено ряд сільськогосподарських рослин, стійких до захворювань, гербіцидів і шкідників-комах. У них задані фізіологічні характеристики – знижений вміст жирних кислот, збільшений вміст білка, змінні терміни визрівання. Отримані лікувальні сорти кукурудзи і сої, які сприяють росту і зміцненню кісток у дітей і молодих тварин. Виводяться сорти солодкої картоплі і риса з підвищеним вмістом протеїну, рапс з підвищеним вмістом вітаміна А, фрукти і овочі з підвищеним вмістом антиоксидантів. Передбачається, що у 2005 р. з'являться рослини, що понижують холестерин у крові, врятовують від атеросклероза і навіть попереджуватимуть окремі види ракових захворювань.

Основні сільськогосподарські культури, які сьогодні вирощені із застосуванням сучасної біотехнології - соя, кукурудза, бавовна, рапс, пшениця, картопля. Однак і в Європі, Японії, Китаї також багато уваги приділяється з боку держави створенню трансгенних культур.

Проблема громадського сприйняття ГМ-продукції дуже актуальна для країн, де біотехнологія існує не тільки в наукових лабораторіях. Психологічно часто важко дати відповідь на можливі ризики. Тут переплетені питання біології, генетики, екології. Сприйняття ризику, його оцінка залежать від культури нації. Можна заперечувати, що і робиться певними громадськими організаціями проти ГМ-рослин у сільському господарстві. Тут можна визнати безпеку стійких до гербіцидів рослин. Але ніхто не заперечує проти

генно-інженерного інсуліну. Діабетики віддають перевагу йому перед «свинячим».

Дослідження в США і Канаді на предмет громадського сприйняття біотехнології показали: 63 % населення цих країн не знає, що таке біотехнологія, 15 % - чули про неї, 22 % - не знають нічого. 51 % висловились «за» розвиток цієї галузі науки. 17 % респондентів відповіли, що мало чули, тому відносяться з упередженням, решта - не визначились. У зв'язку з цим з 1999 р. в США почала працювати спеціально створена Рада по інформації питань, що торкаються біотехнології і ГМ-продуктів.

Трохи інформації про картоплю «зелений лист» – *трансгенну картоплю*. Українські вчені спільно з американськими протягом ряду років вели роботи по виведенню українських сортів βт-картоплі. Для України це диктувалось певними умовами: тут 40 % картоплі йде на “харчування” колорадського жука. Війна проти ГМ-продукції в США вимусила «Мак Дональдс» відмовитись від використання трансгенної картоплі в ресторанах. І в Україні була ініційована кампанія боротьби з трансгенною картоплею. Внаслідок фірмі-виробнику довелось знищити понад 1000 т посівної βт-картоплі.

Єврокомісія у 2002 р. зняла заборону на вирощування ГМ рослин і виробництво з них продуктів харчування. В лабораторіях багатьох європейських країн активно продовжуються дослідження трансгенних сортів рослин. Болгарія і Румунія є лідерами в реєстрації ГМ-культур для вирощування або вживання. В Болгарії, наприклад, ще не так давно агрономи не могли ров'язати проблему боротьби з бур'янами у кукурудзі. Впала врожайність. І лише впровадження βт-кукурудзи поклало кінець втратам.

Дослідження в галузі генетичної інженерії в Україні розпочались ще у 70-і роки в лабораторії, яка потім була перетворена в Інститут клітинної біології і генетичної інженерії. Вже у 1984 р. тут були створені вперше в Радянському Союзі трансгенні рослини – горох, цукровий буряк, картопля, що стійкі до вірусних захворювань, злакові культури. Але історичні події, що позначені глибокою кризою в усіх сферах суспільного життя, розвал системи радянського господарювання, відсутність підтримки наукових установ державою, від'їзд вчених за кордон призупинили ці роботи. Зараз в Україні продовжуються дослідження *трансгенних сортів цукрового буряка, рапса, кукурудзи та інших культур*. І проблема боротьби з бур'янами дуже актуальна. Наприклад, вони знищують понад 37 % врожаю цукрового буряка. Якщо врахувати кількість ручної праці, яка використовується при його вирощуванні, то вийде, що впровадження трансгенного буряка наполовину скоротить витрати на його виробництво.

Географія установ, діяльність яких змінюється відповідно до потреб суспільства, що пов'язана з біотехнологіями, поширюється. Вчені науково-дослідного інституту «Монсанто» (США) – в минулому хімічна компанія, яка спеціалізувалась на роботі з пестицидами, – почала займатись біотехнологіями. Послідовність їх діяльності: *на першому етапі* ГМ-сільськогосподарські культури відрізнялись від агрономічних стійкістю до гербіцидів, комах і шкідників. *На другому етапі* – підвищення вмісту білка або олії в соєвих, зниження рівня жирних кислот, збільшення вітамінів у фруктах і овочах і т.п.

В чому полягає генетичне конструювання? Невидима для нашого ока ниточка розрізається, зшивається і модифікується ферментами. Вбудовуються у таку ниточку чужорідні гени. Внаслідок цього модифікована ДНК використовується для трансформації рослинних клітин, започатковуючи генетично модифіковані їх клони. Остаточний відселекціонований клітинний матеріал поміщають у спеціальні бокси, де вирощується культура ГМ-рослин. Пророслу стеблинку з тендітними світло-зеленими листками висаджують у теплиці.

Вчені почали вивчати вплив ГМ-рослини на живі організми і навколишнє середовище. Є результати, що пов'язані з використанням рослин для отримання «живих» ліків. Так, на людині пройшли клінічні дослідження проти гепатиту В, що одержаний з трансгенної картоплі. Вакцинація проти цього захворювання – з'їсти картоплину, а краще лікарняний банан. Сьогодні в Україні проводяться цікаві і перспективні розробки з метою отримання фармацевтичних білків з рослин. Вони характеризуються меншими побічними ефектами.

Стурбованість громадськості з приводу безпеки ГМ продукції для здоров'я і навколишнього середовища цілком виправдана. Вона викликана турботою про те, а чи не прийде на зміну хімічному забрудненість біологічна? Як ГМ-продукти вплинуть на майбутні покоління? Однозначної відповіді на ці питання вчені поки що дати не можуть. Тому зрозумілою є обережність до вживання продуктів, які вирощені біотехнологічно.

Навіть у країнах, де не спостерігається стурбованості населення, експерти висловлюють думку про те, щоб не поспішати з використанням ГМ-культур для виробництва продуктів харчування (залишити на стадії експеримента і накопичення наукових знань), а застосовувати генні технології на технічних культурах. Наприклад, для одержання вже пофарбованого бавовника і льону, тканина з якого не буде м'ятись.

Сьогодні у розвинутих країнах світу паралельно з розвитком біотехнології у сільському господарстві поширюється сектор

органічного землеробства (за рахунок невеликих фермерських господарств, продукція яких користується великим попитом).

У Великобританії нараховується біля півтисячі ферм, де виробляється екологічно чиста продукція. В 2000 р. 10 % австрійського сільського господарства було органічним. У 2005 р. тут вже передбачається 20 %, швейцарського – 7,8 %. Данія поставила за мету 20 %-й показник досягти у 2010 р. За деякими прогнозами через 10 років 30 % сільськогосподарських земель в Європі будуть використовуватись під органічне вирощування продуктів харчування.

Історичний досвід засвідчує про наявність ще невичерпних можливостей використання селекційних методів виправлення положення із забезпеченням населення країн органічно вирощеною продукцією. На початку 70-х років на сторінках світової преси з'явилися слова «зелена революція». Розпочалась вона у Мексиці під час Другої світової війни. В той час ця країна імпортувала для своїх потреб більше половини пшениці. Власний врожай був низьким – у середньому сім з половиною центнерів з гектара. Причому, більша частина земель, де росла пшениця, орошувалась. Тоді до роботи по виведенню більш врожайних сортів залучили вчених з різних країн, роботу яких очолив американський вчений-агроном Норман Борлауг. Вони то і розпочали вирощувати по два покоління пшениці в різних кліматичних умовах, відбираючи кращі і передаючи їх на ферми. Внаслідок такої роботи були створені сорти, які невідчутні до тривалості дня, пристосовувались до різних умов, стійкі до хвороб. Почали збільшуватись врожаї. Починаючи з 1956 р. Мексика почала забезпечувати себе пшеницею. Врожаї зросли до 45 центнерів з гектара.

Але подальше зростання врожайності припинилось з причин полеглості хлібів. Тоді, взявши за основу японський сорт і шляхом ряду схрещувань, вчені отримали декілька сортів, що відповідали місцевим умовам. Сукупність цих сортів отримала назву мексиканської карликової пшениці. Її розповсюдження почалось у 1961 р. Через 7 років середня врожайність пшениці тут подвоїлась. Через два роки ці експерименти були перенесені в Індію і Пакистан. Тут врожаї також значно збільшились.

Цей стрибок у виробництві зерна в декількох особливо бідних країнах і отримав назву «зеленої революції». Наведений приклад є демонстрацією того, що можуть зробити селекціонери для того, щоб населення світу не голодало чи недоїдало.

## **Біотехнології в металургії та енергетиці**

Біотехнологія, продукти мікробіологічного синтезу і ферментативні процеси перетворення речовин несуть у собі багато нового і часто несподіваного не тільки в сільському господарстві і медицині. Більш ясно викреслюються можливості їх використання навіть у таких галузях, як металургія і енергетика.

«Професії» мікробів-металургів різні. Так, за допомогою *бактерій* можна вилучати миш'як з олов'яно-мідно-миш'якових концентратів, розділяти мідно-цинкові та деякі інші концентрати, виділяти золото з арсенопіриту і навіть видобувати уран з морської води. У вчених є думки щодо створення автоматизованих рудників та інших підприємств по видобутку, збагаченню і розділу кольорових і рідкісних металів на основі біотехнології без участі людей у технологічному процесі. В деяких країнах зарубіжжя вже успішно використовують мікробіологічні способи витягнення кольорових і рідкісних металів з бідних руд.

Розвиток цивілізації, виробництво синтетичних продуктів харчування вимагають все більше і більше енергії. Тут є серйозна небезпечність, яку треба мати на увазі. Справа в тому, що біля половини енергії, що виробляється енергетичними установками, губиться у вигляді тепла. Великі міста середньої європейської зони за рахунок цього «тепліші» оточуючої їх місцевості на 2–3° С. Це рівнозначно тому, що їх перемістили на Південь на одну широту.

Нафта і горючі гази продовжують відігравати велику роль у сучасному технічному прогресі. З нафти одержують біля 700 різних продуктів. І це не вичерпує усіх її можливостей. Нафта і газ поки що найбільш динамічні джерела енергії. Труднощі полягають не тільки в ускладненні їх видобутку, але і у виснаженні запасів. Це загальносвітова проблема. Ведуться серйозні наукові пошуки для успішного її розв'язання в багатьох країнах світу. З цією метою увага вчених привернута до практичного використання мікробіологічних методів і вирішення глобальних проблем енергетики. На першому етапі це означає одержання традиційними методами ферментації висококалорійних палив – етилового спирту, метану, водню з природно відтворюваних ресурсів, що містять целюлозу і крахмальну сировину – деревина, зерно кукурудзи, відходи переробки сільськогосподарської сировини і гною. На другому етапі передбачається перейти на трансформацію сонячної енергії мікробіологічними системами каталізу.

У Бразилії, США для автомобільного палива використовують газохол – суміш бензину і 10–20 % етилового спирту. Його виробляють, в основному, з крохмалю кукурудзяного зерна. З цією метою у США мають намір створити енергетичні плантації. На них за скороченим циклом будуть вирощувати для біохімічної переробки в етанол дерева пород, які швидко ростуть.

Багато наукових установ світу вже працюють над створенням культур мікроорганізмів, методів і апаратів для використання енергії Сонця. За її допомогою передбачається виділяти водень з води і на його основі одержувати електричну енергію у біологічних паливних елементах. Це в повному розумінні слова *мікробіологічна, біотехнологічна сонячна енергетика – енергетика безмашинна*. Лабораторні моделі біологічних паливних елементів уже діють.

У майбутньому мікробіологічні конвертори, імовірно, стануть важливим ланцюгом замкнутих систем життєзабезпечення для космічних кораблів під час тривалих міжпланетних перельотів. У таких системах асоціації культур мікроводоростей, бактерій і грибів будуть утилізувати вуглекислоту і органічні «відходи життєдіяльності» (можливо і тварин). Вони перетворять їх у білково-вітамінні вуглецеві речовини. Останні і складуть частину харчового раціону екіпажу. Крім того, ці асоціації мікробів разом з рослинами, що будуть культивуватись на борту корабля, зможуть забезпечувати екіпаж киснем для дихання. Корисними стануть і біологічні паливні елементи як додаткове джерело до сонячних батарей електроенергії для живлення різних приладів і агрегатів космічного корабля.

На альтернативні джерела сьогодні покладають надії енергетики, екологи, економісти, державні діячі. В останнє десятиліття ХХ ст. проблема набула ширшого використання таких джерел, стала ключовою ланкою у перегляді енергетичної політики. Нагадаємо, що енергетичний сектор займає четверту частину всіх витрат людства.

В Україні, наприклад, з усіх видів відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової, геотермальної, біомаси), найперспективнішою є вітрова енергетика. Сьогодні над спектром різних проблем вітроенергетики працюють Інститут електродинаміки НАН України, АТ «Енергопроект», конструкторське бюро «Південне» та інші установи.

У Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» під керівництвом професора Б.Т.Бойка ведуться серйозні дослідження в галузі виробництва та експлуатації геліоенергетичного устаткування. Тут налагоджена плідна співпраця в цьому напрямку з науковцями Німеччини. Межі цієї співпраці розширюються з метою створення сумісних підприємств по виробництву для України сучасних пристроїв з використання сонячної енергії в побуті, промисловості та сільському господарстві для одержання гарячої води і електрики. Тут є намір підготувати для уряду України проект науково-технічної програми з розвитку геліоенергетики країни.

Відзначимо, що в десяти країнах Європи, а також у США та Японії вже більше тридцяти фірм випускають вітроенергетичні

установки номінальною потужністю від 10 до 100 кВт, які працюють з постійною і змінною швидкостями обертання вітроколеса. Сьогодні в Україні є досвід створення вітросилової установки потужністю 600 кВт.

Але ще на початку 30-х років у Харкові Юрій Кондратюк (Сергій Шаргей) на замовлення радянського уряду організував невеличкий творчий колектив, який за неймовірно короткий термін у Харкові створив дерзновенний проект вітроелектростанції потужністю 12 тис. кВт. Вона мала бути побудована в Криму на горі Ай-Петрі. Спеціальні автоматичні пристрої повинні були повертати башту в напрямку вітру залежно від його напрямку, підтримуючи частоту електричного струму, що виробляється, і його синхронізацію зі струмом промислової мережі, гасити коливання башти від поривів вітру.

Декілька відомостей про шляхи можливого розвитку енергетики, що не пов'язані з біотехнологією. Дослідження електромагнітної індукції, що проведене Фарадеєм ще на початку XIX ст., наштовхнуло вчених на думку про використання в електрогенераторах провідної рідини. До тих пір поки потреби промисловості задовольнялись генераторами з твердими металевими провідниками, увага цій ідеї не приділялась з причин недостатнього рівня технічної бази. Пропозиції по створенню пристроїв, що працюють на провідній рідині, так званих магніто-гідродинамічних генераторів (МГД), у патентній літературі з'явилися у 1910 р. Корпорацією Вестінгауз вперше в 1941–1946 рр. був створений складний МГД-генератор. Провідною рідиною в ньому став гарячий іонізований газ.

Принцип дії МГД-генератора полягає в тому, що електропровідний газ продувається через канал поперек магнітного поля. Струм, що наведений у газі, виходить на зовнішнє навантаження через електроди, які містяться в стінці каналу. Передумовою невдалого експерименту була невизначеність фізичного уявлення про процеси у гарячому газі, що протікає у магнітному полі. Фізичні дослідження на початку 50-х років обумовили бурхливий розвиток досліджень МГД-методу. На прикладі вестінгаузського експерименту стало зрозуміло, що МГД-генератор є тепловою машиною, яка дає на виході не механічну, а електричну потужність. Цей генератор об'єднує функції турбіни і звичайного роторного електрогенератора. Для створення необхідної провідності потрібна така висока температура газу, при якій іонізується помітна кількість атомів.

Ця ідея була підхоплена і в СРСР. На дослідження проблем з МГД-генераторами витрачено було не менше коштів, ніж на космічну програму. Але результатів не досягнуто. Тому не випадково

прогнозування західних спеціалістів у області економічної рентабельності МГД–генераторів поки що дуже обережні. До кінця двадцятого століття вони не стали конкурентами електростанціям. До цього ж періоду на стадії експериментів у лабораторіях залишилось термоелектричне і термоіонне виробництво електроенергії. Передбачалось і те, що водень, як джерело енергії, стане технічною можливістю до 2000 р.

Не виключено, що електроніка великих потужностей відкриє можливості для передачі електричного струму спрямованим у простір пучком без усяких хвильоводів, подібних радіохвилям (у фантастичних романах це можна знайти). Тоді можна буде безперервно жити електричною енергією супутники і космічні станції, не загромождаючи їх складною апаратурою автономного енергозабезпечення. Лазери, як вже доведено, є першим кроком до реалізації такої наукової думки.

Видобуток урану для потреб енергетики з морської води принципово можливий. Але це є дуже дорогий спосіб. Найбільш реальними і практично здійсненими є нові розробки в галузі енергетики – це створення паливних елементів і паротурбогенераторів потужністю понад два мільйони кіловат.

Геліоенергетика може стати економічно рентабельною вже найближчим часом. Технічна можливість використання температурного градієнта води морів і океанів майже реалізована. Але широке використання цього способу можливе тільки у другій половині двадцять першого століття.

Ні з чим не порівняні можливості у задоволенні людства енергією відкриються тоді, коли вчені оволодіють управлінням термоядерною реакцією. Проблема полягає в тому, що при такій реакції виділяється величезна кількість тепла, а температура в її зоні досягає сотень мільйонів градусів. Зрозуміло, що стінки «термоядерної топки» миттєво можуть перетворитися на пару. Один з шляхів розв'язання цієї проблеми запропонували фізики. Вони висунули принцип магнітної ізоляції, що зменшує тепловіддачу стінкам «топки» і забезпечує здійснення реакції. Потужним імпульсом струму вдалось на мить нагріти речовину до температур, що недостатні для початку термоядерної реакції. Це дало можливість перевірити основні принципи магнітної ізоляції. Питання про здійснення безперервної термоядерної реакції, якою можна управляти, поки що не вирішене. Але у XXI ст., як запевняють вчені, це стане реальним.

## **Кібернетика**



Тих, хто створював нові напрямки у науці, мало. Ще менше людей, які створили нові науки. Один з таких є великий, визначний американський математик Норберт Вінер – творець кібернетики. У другій половині ХХ – на початку ХХІ ст.ст. вона стала потужним інтелектуальним напрямком. Нова наука виникла з різних дисциплін, які раніше не пересікались – математики, біології, соціології, економіки. Вона оголосила єдиний підхід до проблем зв'язку і управління, містить цілий комплекс нових ідей, що надихнули американського вченого Вінера на винахід для неї спеціальної назви – *кібернетика* (від грецької *kybernetes* – «керманич»). Вчений США визначив кібернетику як науку про «управління і зв'язки в тваринах і машинах».

Передісторія розвитку теорії і практики управління процесами охоплює відомості про зародження великої кількості регуляторів, систем і комплексів, що були створені вченими, інженерами і винахідниками за багато століть. Вони і проклали шлях до появи нових напрямків у науці, одним з яких стала кібернетика. Цей шлях позначений появою перших автоматів у давнину і бурхливим їх розвитком у середньовіччі. В наші дні такі пристрої, як відомо, використовуються людиною у багатьох сферах її діяльності.

Математики Леонард Ейлер (1707–1783 рр.) і Д.Бернуллі (1700–1782 рр.) за допомогою законів механіки описали основні процеси руху людини і обґрунтували можливість їх відтворення механізмами. Створена ними теорія покладена в основу методів проектування маніпуляторів, які стали широко використовуватись у промисловості тільки всередині ХХ ст.

Відомий французький медик Жюльєн де Ламетрі написав книгу «Людина-машина». Автор стверджував, що майже усі функції живого організму можна реалізувати за допомогою механізмів. При цьому зверталась увага на великі технічні труднощі вирішення даної проблеми. Ламетрі вважав, що неможливо здійснити лише процес розмноження механізмів. Через 200 років Нейман торетично обґрунтував можливість організації процесів їх розмноження.

Кібернетики були математиками, нейробіологами, дослідниками соціальних явищ, інженерами. Їх зацікавив рівень описання цих явищ. Концентруючись на паттернах зв'язку (*паттерн* – від грецької – піфагорейська назва числа, що обмежує матерію і надає їй форму), особливо в замкнених ланцюгах і мережах. Дослідження кібернетиків привели до появи понять зворотного зв'язку, саморегуляції і згодом самоорганізації.

Вінер усвідомив, що висунуті ним поняття *повідомлення, управління і зворотнього зв'язку*, які віднесені до паттерн організації, тобто до нематеріальних сутностей, надзвичайно важливі для

наукового описання життя. Він розширив поняття паттерна - від паттернів зв'язку і управління, властивих тваринам і машинам, до загальної ідеї паттерна, як ключової характеристики життя.

Під час Другої світової війни Вінер майже цілком присвятив себе науковій творчості у військовій справі. Він досліджує задачі руху літака при зенітному обстрілі. Обдумування і експериментування переконали його в тому, що система управління вогнем зенітної артилерії має бути системою зі зворотнім зв'язком, який відіграє істотну роль у людському організмі. Все більшу роль починають відігравати прогнозуючі процеси, здійснюючи які не можна покладатись на людську свідомість.

Існуючі на той час обчислювальні машини необхідною швидкістю не володіли. Це вимусило Вінера сформулювати ряд вимог до таких машин. По суті, ним були спрогнозовані шляхи, якими в подальшому пішла електроннообчислювальна техніка. Обчислювальні прилади, на його думку, «повинні складатись з електронних ламп, а не з зубчастих передач чи електромеханічних реле. Це необхідне для забезпечення достатньо швидкої дії». Наступна вимога полягала в тому, що в обчислювальних пристроях «повинна використовуватись більш економічна двоїчна, а не десятирична система обчислення». Машина, на думку Вінера, повинна сама корегувати свої дії. У неї необхідно виробити здатність до самонавчання. Для цього їй треба наділити блоком пам'яті, де б відкладались сигнали, що керують, а також ті відомості, які машина отримує під час роботи. Іншими словами, якщо раніше машина була тільки виконавчим органом, що цілком залежить від людини, то зараз вона стає тією, що думає і набуває певну долю самостійності. В 1943 р. Вінер у співавторстві з двома вченими опублікував статтю «Поведінка, цілеспрямованість і телеологія», що являє собою ескіз кібернетичного методу.

У 1946 р. у Вінера визріла думка написати книгу і розповісти в ній про загальні закони, що діють в галузі автоматичного регулювання, організації виробництва і в нервовій системі людини. У 1948 р. з'явилась його книга «Кібернетика», яка одразу ж привернула увагу несподіваними висновками. Її поява стала помітною і приголомшливою для громадської думки. В історії кібернетики, як і в будь-якій іншій науці, можна відзначити два періоди: накопичення матеріалу і оформлення його в нову науку.

Вихід у світ книги «Кібернетика» миттєво перетворив Вінера з вченого-працівника у фігуру громадського значення. Кібернетика одразу ж набула популярності – стала модою, проникла у фантастику.

Засновником сучасної теорії керування сам Вінер вважав Максвелла. Теорія автоматичного регулювання була в основному

сформульована ним, а також І.О.Вишнеградським, О.М.Ляпуновим і А.Стодолою. Можливо книга Вінера відображає відомості, що зібрані в єдиний відомий, але розрізнений матеріал.

Наприкінці ХІХ ст. інженер А.Стодола опублікував в одному з швейцарських журналів статтю, присвячену теорії регулювання. Вона розглядає принцип керування за допомогою зворотного зв'язку. Своєрідність обчислювальної техніки знаменна тим, що перші обчислювальні машини одразу ж відкрили перед людиною можливість механізації розумової праці. «Математичне дослідження логіки» Джорджа Буля започаткувало розробку алгебри логіки, якою сьогодні користується кібернетика. Коли ж у теорії імовірностей виник новий розділ - теорія інформації, універсальність нової теорії поступово стала зрозумілою усім. Виявилось, наприклад, відповідність між кількістю інформації та мірою перетворення різних форм енергії у теплову – ентропією. Вперше на це вказав у 1929 р. Л.Сціллард. Згодом теорія інформації стала однією з важливих основ у кібернетиці.

У ХІХ ст. помітні досягнення і у фізіології вищої нервової діяльності. Особливо в дослідженнях процесів навчання тварин. У 30-х роках ХХ ст. явищем стала теорія фізіологічної активності Беркштейна, трохи пізніше – принцип функціональної системи Анохіна.

Разом з прогресом здійснюється зближення технічних засобів, які використовуються і у фізіології, і в автоматичі. Таке зближення супроводжується взаємним обміном принципами побудови структурних схем, ідеями моделювання, методами аналізу і синтезу систем. Подібну тенденцію одним з перших відчув російський філософ О.О.Богданов. Він передбачив появу загальної теорії систем – однієї з ключових концепцій кібернетики. Російський вчений обгрунтував і принцип зворотного зв'язку. Він дав йому назву «механізм подвійного взаємного регулювання».

Вже у 1936 р. англійський математик А.Тьюрінг опублікував роботу, в якій описано абстрактну обчислювальну машину. Деякі положення його праці багато в чому передбачали різні проблеми кібернетики.

Однак вирішальне слово в народженні нової науки сказав Вінер. Його заслуга полягає в тому, що він вперше зрозумів принципове значення інформації в процесах керування. Говорячи про керування і зв'язки живих організмів, Вінер бачив головне не просто в словах «керування» і «зв'язок», а в їх сполученні, так само, як у теорії відносності важливий не сам факт кінцевості швидкості взаємодії, а сполучення цього факту з поняттям одночасності подій, що здійснюються в різних точках простору. Кібернетика – наука про

інформаційне керування. Вінера можна вважати повноправним творцем цієї науки.

Усі роки після виходу «Кібернетики» Вінер пропагував її ідеї. В 1950 р. вийшло продовження – «Людське використання людських почуттів», у 1958 р. – «Нелінійні задачі в теорії випадкових процесів», у 1961 р. – друге видання «Кібернетики», а в 1963 р. – своєрідний кібернетичний твір «Акціонерне суспільство, Бог і Голем».

В останні роки допитливий розум Вінера проник у біологію, нейрологію, електроенцефалографію, генетику.

### **Інформаційні мережеві технології**

Інтенсивний розвиток інформаційних технологій пов'язаний з широким розповсюдженням з початку 80-х років персональних комп'ютерів. Вони поєднують у собі порівняно низьку вартість з достатньо широкими для непрофесійного споживача можливостями. Це є надто актуальним для громадянина відкритого інформаційного суспільства.

Процеси світової глобалізації охопили практично всі сфери людського життя: економіку, культуру, інформаційний простір, технології і керування і багато іншого. Усе це дає підстави говорити про розвиток відкритого інформаційного суспільства. В такому суспільстві неавтоматизована (традиційна) інформаційна система витискується автоматизованою. Наочно ці дві системи можна подати таблицею.

Таблиця 4.

<b>Традиційна (паперова) система</b>	<b>Система, заснована на інформаційних технологіях</b>
Документи зберігаються у паперових файлах	Документи зберігаються в комп'ютерній базі даних
Аналіз і побудова графіків здійснюються вручну	Аналіз і побудова графіків здійснюються у табличному редакторі в РС
Щомісяця підсумки відсилаються відповідному персоналу	Щомісяця персонал отримує підсумки по e-mail
Необхідні відомості відшукуються при пошуку паперових папок	Необхідні відомості відшукуються шляхом гнучкого пошуку в комп'ютерних БД
Тривале зберігання в архівах	Тривале зберігання на комп'ютерних дисках

В інформаційному суспільстві більшість працюючих або зайнято виробництвом, збереженням і переробкою і реалізацією інформації, або нездатні виконувати свої виробничі обов'язки без цих процесів. Це означає, що володіють певною інформаційною

культурою – умінням працювати з інформацією і використовувати для її отримання, обробки і передачі комп'ютерні інформаційні технології. Інформаційному суспільству властивим є мережевий спосіб взаємодії між людьми на всіх напрямках їх діяльності.

Результатом його розвитку стало, наприклад, створення віртуальних компаній, співробітники яких розташовані в різних куточках світу і можуть вести спільний бізнес за допомогою «віртуального офіса», поява засобів масової інформації нового типу, розвиток електронної комерції, виникнення «персоніфікованої реклами», покращання соціальної адаптації інвалідів за рахунок можливостей працювати, не виходячи з дому, та багато іншого. Для того щоб скористатися перевагами відкритого інформаційного суспільства, необхідно бути членом інформаційної мережі, мати відповідну інфраструктуру і відповідні засоби комунікації. Означені фактори, разом з певною психологічною інертністю є стримуючими для багатьох практиків і навіть для значної частини вчених і освітян України на шляху залучення до очевидних досягнень світової цивілізації.

У розвинутих країнах широко використовуються можливості обчислювальних ресурсів міжнародних наукових центрів, здійснення наукових досліджень у режимі віртуальних лабораторій, проведення дистанційного навчання, оскільки мережа дає можливість здійснювати обмін і обробку аудіо-, відео- і графічної інформації великих розмірів в інтеративному режимі.

За показником універсальності і масштабами розповсюдження комп'ютерні мережі умовно можна поділити на три групи. Дамо характеристику кожної з них.

*Перша група.* Глобальна комп'ютерна мережа Інтернет – це всесвітня мережа, інформаційне та інтелектуальне наповнення якої охоплює всі сфери людського життя.

Характеризуючи масштаби розповсюдження світової інформаційної системи Інтернет, відзначимо, що на середину 2002 р. загальна кількість її індивідуальних користувачів перевищила 800 млн., а кількість так званих хост-серверів (головних серверів) – 197 млн. Найбільша кількість індивідуальних користувачів і головних серверів – у США, Японії, Великобританії, Німеччині.

Україна, де було створено у 1990 р. перший комп'ютер у континентальній Європі, помітно відстає за згаданими показниками: від Росії – у 15–30 разів; Німеччини – майже на два порядки. Щодо США, то тут навіть не можна порівнювати.

Європейський ринок у галузі інформаційних технологій і електронної комерції складає всього третину відповідного ринку США. Така ситуація поглиблюється надто високими тарифами на комунікації в Європі, а також нестачею підготовлених спеціалістів. У

2002 р. їх дефіцит складав 800 тис., у 2003 р. (за прогнозом) – у 3 рази.

*Друга група.* Національні комп'ютерні мережі Єнтранет. Вони, як правило, створюються в межах однієї країни і наповнюються інформацією та знаннями, що відносяться до певної сфери діяльності цієї країни.

Найбільш розповсюдженими прикладами таких мереж, створених у багатьох країнах світу є національні мережі науки і освіти, мережі, що відносяться до космічної діяльності. Зокрема, в Європі на середину 2000 р. нараховувалось 23 науково-освітні мережі. Вони об'єднуються в загальноєвропейські наукові мережі, головними з яких є GEANT s SINSEE (Scientific Information Network South East Europe).

*Третя група.* Корпоративні комп'ютерні мережі. Вони створюються для групи компаній або організацій і наповнюються даними та знаннями, які мають відношення до специфічної сфери їх діяльності. Наприклад, у реалізації інформаційних технологій забезпечення управлінської діяльності у великих фінансових і виробничих організаціях, які використовують велику кількість споживачів у рамках однієї функції (біржеві і банківські системи, бронювання і продаж квитків для надання транспортних послуг населенню тощо).

Виникає питання: чому розвинуті країни додатково до Інтернету вимушені створювати національні або корпоративні телекомунікаційні мережі у певних сферах діяльності? Чи не може Інтернет взяти на себе функції інших видів мереж і повністю їх замінити? Може, але це недоцільно з декількох причин.

*Перша причина.* Національні і корпоративні мережі мають власну інформаційну сферу у певній сфері діяльності. Ця сфера характерна для конкретної країни або конкретної групи компаній чи організацій.

*Друга причина.* У зв'язку з тим, що національні і корпоративні мережі не використовують сервери і канали зв'язку глобальних мереж, обсяги інформації, якими обмінюються користувачі, можуть бути значно більшими, а вартість істотно нижчою.

*Третя причина.* У національних і корпоративних мережах досягається значно висока ступінь захисту інформації, ніж у глобальній мережі Інтернет.

*Четверта причина.* Для забезпечення оптимального доступу до інформації, яка розташована на інформаційних серверах національних чи корпоративних мережах, їх інформаційна і технічна (телекомунікаційна) складова створюється за єдиними принципами, на єдиній технологічній платформі. В той же час користувачі

національних і корпоративних мереж автоматично забезпечуються доступом до глобальної мережі Інтернет.

Таким чином, Інтернет – це всесвітня комунікаційна інфраструктура на базі електрики. Її широке розповсюдження є не що інше, як подальший розвиток «електрифікованого способу життя». Інтернет формує цілком новий спосіб життя, який можна назвати «веб-стилем». Для веб-стилю, як і для електрифікованого образу життя, буде характерним стрімке поява нових додатків. Досягнувши критичної маси, швидкісна комунікаційна інфраструктура дала поштовх створенню нових програмних і апаратних засобів, які різко змінять життя людини.

Комп'ютери та інші інтелектуальні пристрої стають все більш потужними і все менш дорогими. Оскільки їх робота програмується, вони можуть використовуватись для самих різноманітних цілей. У розвинутих країнах світу люди стрімко освоюють веб-стиль. Все більше людей звикає звертатись до Інтернету для того, щоб узнати свіжі новини, отримати ті чи інші знання, розважитись або зв'язатись з потрібними людьми. У недалекому майбутньому це стане так само природно, як сьогодні переговорити по телефону з приятелем. Мережа буде використовуватись для оплати рахунків і управління фінансами, спілкування з лікарями і ведення бізнесу. Кожен зможе носити при собі один або декілька компактних пристроїв, що забезпечиватимуть безпроводний зв'язок і ведення електронного бізнесу у будь-якій точці земної кулі.

Перехід до веб-стилю, веб-культури – це серйозний культурний переворот і він значною мірою пов'язаний зі зміною поколінь.

## Лазер

Слово «лазер» створено з початкових букв довгої фрази англійською мовою, що дослівно означає в перекладі: *«посилення світла за допомогою вимушеного випромінювання»*. Незажаючи на порівняно просту будову лазера, процеси, які покладені в основу його роботи, надзвичайно складні і не піддаються поясненню з точки зору класичної фізики. Максвелл і Герц довели, що електромагнітне і, зокрема, світлове випромінювання, мають природу хвиль. Ця теорія добре пояснювала більшість оптичних і фізичних явищ. Але вже наприкінці XIX ст. стало незрозумілим з точки зору класичної фізики, наприклад, явище фотоефекту. У 1900 р. спробував це пояснити німецький фізик лауреат Нобелівської премії Макс Планк. Він припустив, що електромагнітне випромінювання і зокрема світло здійснюються не безперервно, а окремими мікроскопічними порціями (їх потім стали називати *“квантами”*). Ідею Планка у 1905 р. підкріпив Альберт Ейнштейн, розробляючи теорію фотоефекту.

Він довів, що кванти в багатьох випадках поводять себе не як хвилі, а як часточки, не гублячи при цьому властивостей хвиль (*дуалізм*).

Самовільне випромінювання світла атомами здійснюється завдяки тому, що збуджений яким-небудь способом електрон знову



повертається з верхніх електронних оболонок атома на нижні. В 1917 р. Ейнштейн у статтях «Випромінювання і поглинання випромінювання за квантовою теорією» і «До квантової теорії випромінювання» теоретично довів, що якби можна було збудити всі електрони тіла, які належать до одного певного енергетичного рівня, а потім вимусити їх разом

випромінювати кванти в одному напрямку, то можна було б одержати надзвичайно потужний і в той же час виключно однорідний імпульс випромінювання. Це випромінювання, спрямоване на кристал, може викликати одночасне повернення на вихідні орбіти одразу декількох десятків тисяч



збуджених електронів,

що буде супроводжуватись потужним осліплюючим яскравим спалахом світла практично однієї хвилі, або, як кажуть фізики, монохроматичного світла. Обидві роботи Ейнштейна були майже забуті фізиками. Їх тоді більше займало дослідження побудови атома.



У 1939 р. радянський вчений В.О.Фабрикант повернувся до введеного Ейнштейном у фізику поняття вимушеного випромінювання. Його

дослідження заклали міцний фундамент для створення лазера. Але лише у 50-і роки він був створений завдяки працям радянських вчених О.М.Прохорова, Г.М.Басова і вченого США Чарлза Харда Таунса. В 1964 р. вони стали лауреатами Нобелівської премії за



фундаментальні дослідження в галузі квантової електроніки, що привело до створення мазерів і лазерів.

В роботі Всесвітнього конгресу по застосуванню лазерів і оптоелектроніки, що відбувся в 2000 р., обговорювались питання еволюції лазерної техніки за останні 10 років. У його роботі взяло участь майже 900 спеціалістів. Однак те, що було представлено на конгресі, дає підстави стверджувати: минуле десятиліття для лазерної техніки було не еволюційним, а революційним. І ось чому.

Перші квантові генератори – це установки, коефіцієнт корисної дії яких десяти і навіть соті долі відсотка. Перетворення в них електричної енергії в світлову здійснюється з колосальними втратами. Тому такі “мостодонти” обладнані потужною системою охолодження.

Коефіцієнт корисної дії напівпровідникових або діодних лазерів на один–два порядки вище. У дуже потужних системах він складає 30–40 %, а в малопотужних – 80 %. Відсутність втрат надає можливість виготовляти лазери надзвичайно компактними.

Один діодний лазер дає потужність, що



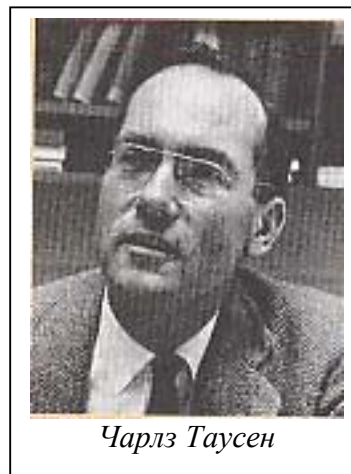
*Налагодження потужного лазера*

вимірюється долями мілівата. Але якщо зібрати в матрицю десятки, сотні і навіть тисячі подібних лазерів, то можна створити систему у декілька кіловат. Потужність таких лазерів досягне потужності величезної установки. За розмірами вони будуть не більше коробки з-під взуття. Такі апарати ріжуть, зміцнюють, легують, роблять

наплавки, виміри, маркують.

Отже, лазер, як потужний промінь, що проникає всюди, створений фантазією О.Толстого (згадаймо гіперболоїд інженера Гаріна) став реальністю наших днів. Таким квантовим генератором, що величиною з невелику коробочку, можна не

тільки пропалювати танкову броню, але і відправляти промінь у



*Чарлз Таусен*



*Газовий лазер*

космос, на Місяць. Можна сподіватись, що за системою, яка створена на діодних матрицях, – майбутнє і у спеціалістів немає ніякого сумніву, що вона зробить переворот у багатьох галузях.

Ізраїльський професор Кумару Пател створив надпотужний лазер на вуглекислому газі, який використовують в усьому світі. Як і практично кожна новинка, він насамперед знайшов застосування у військових. В Ізраїлі за допомогою такого лазера знищували палестинські ракети типу «Катюша». Він характеризується надшвидкою дією. Для цього ракету засікають лазером на позиції, а потім знищують протиракетною. Невидимий промінь потужного вуглекислого лазера наводиться звичайною радіолокаційною системою і об'єкт (ракета) розтрощується на шматочки.

Але і в мирних цілях застосовується лазер досить ефективно. В США, наприклад, за допомогою 100-кіловатного лазера легко розрізають сталевий зливok товщиною у декілька метрів. Це дуже дорогий захід. 100 секунд експлуатації, використання такого суперпотужного лазера коштує 33 тис. дол. Але йому знайшли застосування у промисловості. Подібну систему використали для зміцнення штампа, яким виготовляють великі деталі кузова автомобіля. Опромінювання суперпотужним лазером штампа протягом 100 с багаторазово збільшило його стійкість до спрацьовування і разом з тим багаторазово окупилося. Адже виготовлення самого штампа коштує сотні тисяч доларів. Його зміцнення надає можливість виготовляти десятки тисяч деталей автомобільного кузова.

У Каліфорнійському науковому центрі США, де займаються лазерними термоядерними реакціями і програмами «зоряних війн», лазер розглядається як стратегічна зброя. Його передбачається використовувати і як захист проти терористичних атак. Головне при цьому – системі наземного чи космічного базування перехопити ракету на першій стадії. Її пуск може відбутися за багато тисяч кілометрів. Але система дзеркал миттєво спрямовує лазерний промінь на ціль. Ніщо так швидко не розповсюджується як світло. Ядерний заряд вибухає недалеко від місця запуску ракети. Творці таких лазерних систем з Каліфорнійського наукового центру вже зробили конкретні кроки в реалізації ідеї використання лазера як стратегічної зброї.

За допомогою лазера, наприклад, можна видаляти прошарки матеріалу товщиною 0,32 А, що навіть менше, ніж нанометр. Саме цю точність лазер забезпечує при ідеальній поліровці. Така поліровка (0,32 А) під силу тільки лазера. Японський професор Ешіхару Намба, який є учнем професора національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» В.С.Коваленка, приймає участь у створенні рентгенівського телескопа для пошуку

нових галактик. Поверхня деяких деталей у цьому унікальному приладі повинна бути фантастичною (0,32 А). Поліровка поверхні тут ведеться на рівні молекул і атомів. Очевидно, що техніку для цього можна створити за допомогою безконтактних інструментів. А вся сучасна мікротехнологія заснована на використанні лазера.

Лазер став служити і меті широкого використання його можливостей у медицині. Не так давно з'явився лазерний душ. У його розпилювачі міститься матриця з діодів, і промені спрямовуються по струмочках води. Але цей душ корисний ще й тим, що випромінювання червоного кольору характеризується бактеріцидними властивостями. Але ще більшу роль він відіграє у хірургії, офтальмології, гінекології, дерматології. З цією метою в національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» навчають спеціалістів по лазерних системах у медицині та біології. За декілька десятиліть навчальний заклад підготував 500 інженерів-лазерщиків, 60 магістрів.

За кордоном йде справжнє полювання за такими спеціалістами. В США, Канаді лазерщики котируються більше, ніж програмісти. Потрібні такі спеціалісти і для американської кампанії, яка виробляє найпотужніші у світі квантові генератори. Спеціалісти-лазерщики потрібні і Франції. Стосовно України, то на спеціалістів-лазерщиків тільки почали робити заявки вітчизняні виробники.

### **Можливості нанотехнології**

Однією з перспективних новітніх технологій є *нанотехнологія*, що народжена останнім часом і несе з собою суперечливі соціокультурні наслідки. Нанотехнологія – це галузь знання, що займається процесами і явищами, які проходять у світі, вимірюваному нанометрами – мільйонними долями міліметра. Для наочності слід уявити, що один нанометр складають розташовані впритул один за одним саме більше 10 атомів. У 1959 р. вчений-фізик зі США Р.Фейман висловив припущення, що вміння будувати електричні ланцюги з декількох атомів могло б мати «велику кількість технологічних застосувань». Однак це припущення ніхто не сприйняв серйозно, сприйняли його як черговий жарт майбутнього нобелівського лауреата, що був відомий своїми чисельними жартами.

Міжнародний інститут машинобудування і приладобудування (CIRP) є організацією, головна мета якої – стимулювання перспективних наукових досліджень для розвитку всіх аспектів виробничих технологій. У даному випадку нано-, як і мікротехнології є багатообіцяючими, перспективними. Чи потрібні нанотехнології для виробництва мікроскопічних деталей?

Виявляється навіть дуже потрібні. Насамперед для ефективного використання ресурсів у машинобудуванні. Ці технології надали б можливість набагато легше виготовити фотоапарат, комп'ютер.

Зараз у різних країнах проектують, будують машини і пристрої, компоненти яких у 10–100 разів тонше людської волосини і які є гігантами у світі нанотехнології. На II Міжнародній конференції по нанотехнології, що відбулася в 1998 р. у Москві, її учасники вели розмову про появу незабаром агрегатів, які будуть на порядок менше. Останніми роками спеціалістами створено експериментальні перемикачі з поодиноких атомів. Маніпулювати окремими «цеглинками» речовини їм надає можливість унікальний науковий інструмент – скануючий тунельний мікроскоп. За допомогою найтонкішого вістря і електричних полей він може перебирати атоми і молекули поштучно. Це вже продемонстровано у Каліфорнійській лабораторії – на металевій поверхні розміщено декілька атомів ксенону так, щоб вони утворили скорочену назву їх фірми IBM висотою всього 5 нм. Такими дрібними буквами можна вписати те, що міститься у 100 млн. томів усіх можливих довідників на пластинку величиною з журнальну сторінку.

Нанотехнології допоможуть створювати складні автоматичні системи і повністю змінити обличчя медицини. У найкрупніших клініках світу вже наприкінці першого десятиліття XXI ст. буде застосована техніка, яка поки що уявляється фантастичною навіть для хірургів–новаторів. Як назвати наноробота, який зможе рухатись по кровоносних судинах, потрапляти всередину органів і за командою лікаря або програмою, що складена заздалегідь, робити найскладніші операції? Такий наноробот надасть можливість хірургам відмовитись від розрізання у людини порожнечі для відновлення пошкоджених тканин, вищипання тромбів, вирізання пухлин, каміння з нирок і печінки. Мікророботи, які будуть уведені у вени, будуть виконувати всі хірургічні операції. За допомогою нанороботів найближчим часом можна буде знищити всі небезпечні віруси і клітини старіння організму і тим самим продовжити на довгі роки життя людей. Винахідник зі США К.Дрекслер винайшов такі лікувальні машини – мікроскопічні «підводні човни», які подорожують по кровоносним судинам і керуються молекулярними комп'ютерами.

Фірмою «Хітачі» створено перший поодинокий тунельний транзистор на основі кремнію, який маніпулює окремими електронами і діє лише при наднизьких температурах, що забезпечують режим надпровідності. Залишається тільки досягти того, щоб подібного роду прилади могли функціонувати і при кімнатній температурі.

У науково-дослідному інституті Росії «Дельта» створено пристрій, який назвали «скатеркою-самобранкою». Такий агрегат з атомів і молекул з навколишнього середовища (повітря, води і ґрунту) буде збирати і синтезувати все, починаючи з їжі, напоїв і закінчуючи унікальними ювелірними виробами. Подібні агрегати можуть бути «змонтовані» найближчим часом. Підставою для даного ствердження може бути те, що в Росії і за кордоном десятки інститутів ведуть роботи з кластерної хімії, де дослідники виробляють різні види крихітних кульок або трубок, що складаються від 10 до 100 атомів. Вони входять, наприклад, до структури так званого молекулярного дротика, який є одночасно і якісним провідником з металевою провідністю, і нормальною молекулою. Такого роду структури можна використати для створення мікроконденсатора та інших електронних компонентів. Не менш цікавим напрямком у розвитку нанотехнології є побудова квантових комп'ютерів і квантових систем комунікації.

Список можливого використання кластерів практично нескінчений. У США ведуться обчислення, розрахунки можливого використання нанотехнології у військових цілях. Вважається, що самовідтворюючі наномеханізми здатні викликати масові руйнування, створити разом з використанням інтелектуальних роботів і генної інженерії «технологічний Армагедон». Тому і викликає занепокоєння, що застосування нанотехнології на практиці може нести з собою небезпеку, можливо навіть більшу, ніж атомна зброя або генетичні експерименти, які вийшли з-під контролю.

Таким чином, нанотехнологія може бути оцінена і з позитивного і з негативного боку.

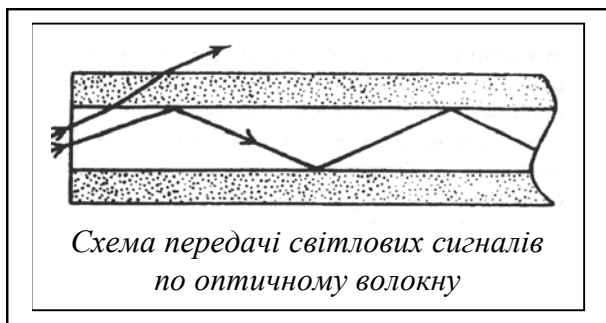
### **Волоконно-оптичні лінії зв'язку**

У ХХ ст. людство стало свідком стрімкого стрибка у розвитку різних видів зв'язку, особливо телефонії, радіо і телебачення. Завдяки їм, а також супутниковій космічній системі зв'язку сучасна людина одержала недоступну минулим поколінням можливість зв'язуватись з найвіддаленішими і глухими куточками планети, бачити, слухати і знати про все, що здійснюється в світі. Але при перевазі традиційних ліній зв'язку кожному з них властивий і ряд недоліків, які стають все більш відчутними з нарощуванням обсягів інформації, що передається.

Не зважаючи на новітні технології, які надають можливість значно ущільнити інформацію, що передається кабелем, магістральні телефонні мережі все ж часто виявляються перевантаженими. Приблизно те ж саме можна сказати про радіо і телебачення, в яких інформаційні сигнали переносяться за допомогою електромагнітних

хвиль: кількість телеканалів і радіостанцій, переговорних і службових, привела до виникнення взаємних перешкод, до ситуації, яка отримала назву «тіснота в ефірі». Це стало одним з поштовхів до освоєння все більш короткохвильових діапазонів радіохвиль. Відомо, чим коротші хвилі, що використовуються для віщання, тим більше радіостанцій без взаємних перешкод може розміститись у даному діапазоні.

Другий недолік традиційних видів зв'язку полягає в тому, що для передачі інформації взагалі не вигідно користуватись хвилями, що випромінюються в простір. Адже енергія, яка припадає на певну площу фронту такої хвилі, зменшується зі збільшенням фронту хвилі. Для сферичної хвилі це ослаблення обернено пропорціональне квадрату відстані від джерела хвилі до приймача. Внаслідок цього в сучасній радіотехніці витрачаються величезні кошти на виділення і посилення корисного сигналу. Зовсім інша картина була б у тому випадку, якби інформація посилювалась вузьким спрямованим пучком або променем. Втрат при цьому було б набагато менше.



Згадані недоліки вимушують допустити, що людство знаходиться на порозі важливої революції в системі зв'язку, яка приведе до того, що у XXI ст. основним її видом стане оптоелектроніка, яка

не має цих недоліків. Очікується, що вже у перші десятиліття XXI ст. усі нові телефонні, телевізійні і обчислювальні системи будуть об'єднані волоконно-оптичними кабелями з використанням носія інформації, яким є лазерне випромінювання.

Винахід лазерів породив надію на швидке і легке подолання проблем «ефірної тісноти». Адже застосування мікрохвиль видимого світла для потреб зв'язку замість сантиметрових і міліметрових радіохвиль створило можливість майже безмежно розширити обсяг інформації, що передається. Наприклад, система зв'язку на гелій-неоновому лазері має полосу пропускання, в якій одночасно можна розмістити біля мільйона каналів. Однак, вже перші досліди розвіяли

райдужні ілюзії. Встановлено, що земна атмосфера дуже активно поглинає і розсіює оптичне випромінювання і що лазери можуть використовуватись для потреб зв'язку лише на невеликі відстані (у середньому не більше 1 кілометра). Усі спроби подолати таку перешкоду виявились марними.

У 1966 р. два японських вчених Као і Хокема запропонували використати для передачі світлового сигналу довгі скляні волокна, які вже застосовувались у ендоскопії та інших галузях. Їх статтю започатковано основи волоконно-оптичного зв'язку. На чому ж заснована дія світловодів?

З оптики добре відомо: якщо спрямувати світловий промінь з більш щільного середовища у менш щільне (наприклад, з води або скла у повітря), то значна частина його відіб'ється назад від межі двох середовищ. При чому, чим менше кут падіння променя, тим більша частина світлового потоку виявиться відбитою. Шляхом експерименту можна підібрати такий похилий кут, при якому відіб'ється все світло і лише мізерна його частина попаде з більш щільного середовища у менш щільне. Світло при цьому виявиться наче замкненим у щільному середовищі і розповсюджується у ньому, повторюючи усі його згини. Цей ефект «утримання» світла можна спостерігати на прикладі його розповсюдження всередині струменя води, яку він не може залишити, постійно відбиваючись від межі води і повітря. Точно так само здійснюється передача світлового сигналу по оптичному скляному волокну. Увійшовши в його середину, світловий промінь розповсюджується у різних напрямках. Промені, які йдуть під малим кутом до межі двох середовищ, повністю відбиваються від неї. Таким чином, оболонка міцно утримує їх, забезпечуючи світлонепроникний канал для передачі сигналі практично зі швидкістю світла.

В ідеальних світловодах, що виготовлені з абсолютно прозорого і однорідного матеріалу, світлові хвилі повинні розповсюджуватись не слабіючи. Але практично усі реальні світловоди більш або менш сильно поглинають і розсіюють електромагнітні хвилі через свою непрозорість й неоднорідності (у вигляді нагрівання світловоду і частково вилучення хвиль за межі волокна). Скло, яке здається таким прозорим у вікнах, вітринах, насправді виявляється далеко неоднорідним (містить невелику частку домішок заліза і міді). Навіть астрономічні і фотографічні об'єктиви, що виготовлені з найчистішого скла, мають велику кількість забарвлених домішок. У перших світловодах, виготовлених з такого скла, втрати енергії були дуже великі. На один метр світловоду втрати склали понад 50 % уведеного до нього світла. Навіть за такої якості вдалось створити прилади, що надавали можливість пропускати світло через вигнуті канали, спостерігати внутрішні поверхні металевих порожнин,

вивчати стан внутрішніх органів людського тіла і т.п.. Але для магістральних ліній зв'язку такі світловоди були малопримдатні.

Необхідно було майже 10 років для того, щоб створити лабораторні зразки волоконних світловодів, здатних передавати на 1 км 1 % уведеної до них потужності світла. Наступним завданням було виготовлення з такого волокна світловодного кабелю, здатного для практичного застосування, розробити джерела і приймачі випромінювання.

Найпростіший волоконний світловод – тонка нитка з прозорого діелектрика. Світлові хвилі, що передаються по ньому, йдуть під малими кутами до осі світловода і зазнають повного внутрішнього відбиття від його поверхні. Але використати такий світловод можна тільки в лабораторії, тому що незахищена поверхня скла у звичайних умовах поступово покривається пилинками, на ній з'являється безліч дефектів – мікротріщини, нерівності, які порушують умови повного внутрішнього відбиття світла всередині волокна, дуже сильно поглинають і розсіюють промені. Істотні додаткові втрати виникають у місцях контакту світловоду з опорами, які підтримують незахищений кабель.

Радикальна зміна ситуації пов'язана зі створенням двошарових світловодів. Вони складаються зі світловодної жили, що міститься у прозорій оболонці, показник заломлення якої менший, ніж показник заломлення жили. Якщо товщина прозорої оболонки перевершує декілька довжин хвиль світлового сигналу, який передається, то ні пил, ні властивості середовища істотно не впливають на процес розповсюдження світлової хвилі у двошаровому світловоді. Такі світловоди можна покривати полімерною оболонкою і перетворювати їх у світловедучий кабель, придатний для практичного використання. Але для цього необхідно створити високу досконалість межі між жилою і прозорою оболонкою. Найбільш проста технологія виготовлення світловоду полягає в тому, що скляний стрижень-серцевина вставляється у щільно підігнану скляну трубку з меншим показником заломлення. Потім ця конструкція нагрівається.

У 1970 р. вперше було розроблено скляні світловоди, що здатні передавати світлові сигнали на великі відстані. А на середину 70-х років були створені світловоди з найчистішого кварцового скла, інтенсивність світла в яких зменшувалась удвічі лише на відстані 6 кілометрів. Наскільки прозоре таке скло, видно з наступного прикладу: якщо уявити собі, що у вікно вставлено надчисте оптичне скло товщиною 10 кілометрів, то воно буде пропускати світло так само, як звичайне віконне товщиною в один сантиметр.

Оптична система зв'язку поки що відносно дорога, що стримує її широке розповсюдження, але немає сумніву, що це лише тимчасова



перешкода. Її переваги настільки очевидні, що вона неодмінно повинна в майбутньому отримати повсюдне використання. Насамперед, волоконно-оптичні кабелі дуже стійкі до перешкод і мають малу вагу. При освоєнні технології масового їх виробництва вони можуть стати набагато дешевші електричних кабелів, які зараз використовуються, оскільки сировина для них вже сьогодні набагато дешевша. Але найважливіші переваги їх полягають у тому, що вони мають величезну пропускну здатність - за одиницю часу через них можна пропускати такі величезні обсяги інформації, які неможливо передати ні одним з відомих зараз способів зв'язку. Всі ці якості повинні забезпечити волоконно-оптичним лініям зв'язку багатогранне використання насамперед у блоках ЕОМ, в кабельному телебаченні. Вже накопичено великий досвід створення мікросхем, в яких використовуються мікроскопічні світловоди. Швидкодія таких мікросхем приблизно в 1000 разів більша, ніж у звичайних. Згодом відбудеться заміна телефонних кабелів на магістральних лініях і створення телевізійних кабелів. У перспективі очікується об'єднання усіх цих мереж в єдину інформаційну мережу.

Такі переваги відчутними стали в країнах, де телефонні лінії замінені на світловоди. Практикується створення міських оптико-волоконних мереж.

## Контрольні запитання і завдання для самоперевірки

Визначаючи перелік питань і завдань, що викладені у навчальному посібнику, ми ставили за мету стимулювати мозок читача до пошуку відповідей на проблеми сьогодення. Відзначили, що всі питання впливають зі змісту книги, не зважаючи на те, що окремі з них, на перший погляд, не можуть бути знайдені на її сторінках. Це є також методологічним прийомом, за допомогою якого читач може перевірити себе у повноті знань з тієї чи іншої теми.

1. Що собою являє об'єкт «історія науки і техніки»?
2. В чому полягає завдання історії науки і техніки?
3. Як і чим можна пояснити, що наука і техніка впливають на державне, соціальне і громадське життя?
4. Охарактеризуйте можливості науки.
5. Як ви розумієте поняття «техніка»?
6. В чому полягає відмінність наукових знань доантичного світу і Давньої Греції та Риму?
7. Наведіть приклади, як наука античного світу пов'язана з сучасністю.
8. Чи можна довести, що в античній цивілізації не тільки наука, а й техніка була складовою культури?
9. Чим можна підтвердити близькість до нас досягнень науковців Античного світу?
10. Що і як визначало рівень науки і техніки у давні часи і у середньовіччі в Індії та Китаї?
11. Дайте загальну характеристику наукових і технічних досягнень, наслідки їх використання в епоху середньовіччя.
12. Яким чином винахід книгодрукування в середньовіччі вплинув на прогрес людства?
13. Звідки, якими творами (за змістом) і як комплектувався фонд бібліотек середньовічної Європи?
14. Охарактеризуйте періоди історії хімії.
15. Як і чому виникла перша хімічна теорія – теорія флогістона?
16. В чому полягає суть наукової революції в хімії?
17. Які бувають хімії?
18. Як формувалась атомно-молекулярна теорія?
19. Розкрийте передумови народження періодичної системи елементів.
20. Як еволюціонувало формування людини про навколишній світ (від геоцентричної до геліоцентричної системи Всесвіту)?

21. Сутність наукової революції XVII ст.
22. Дайте характеристику еномічних, технічних і соціальних змін, що привели до промислового перевороту наприкінці XVIII – на початку XIX століть.
23. Як і ким експериментально підтверджено теорію електромагнітного поля?
24. Сутність наукової революції у природознавстві наприкінці XIX – на початку XX століть.
25. Особливості науково-технічного прогресу у першій половині XX століття.
26. Сутність наукової революції в генетиці.
27. Чи знаєте ви, що математизація знань є найкоротшим шляхом до оволодіння сучасними методами дослідження, розвитку творчих здібностей? Чому?
28. Чим відрізняється інформаційне суспільство від традиційного?
29. Як можна пояснити те, що вивчення джерел друкарського мистецтва багато в чому може «нейтралізувати» негативні наслідки комп'ютерної революції?
30. Наскільки вивчення історії науки і техніки має значення для теорії і практики людської діяльності?
31. Чи не є перебільшеним ствердження, що теорія відкриває інженеру, науковцю нові горизонти невідомого?
32. Чи знаєте ви, які вимоги висуває до спеціаліста ринок інтелектуальної праці?
33. Біологізація і хімізація наприкінці XX ст. стали основою технічного переоснащення виробництва. Як це розуміти?
34. Як інформаційні мережеві установи впливають на підвищення культури спеціаліста?
35. Чим пояснити стрімкий прогрес розвитку мікроелектроніки?
36. Як запобігти виникненню негативних наслідків у використанні досягнень науки і техніки?
37. Чим пояснити неперевершене значення біотехнологій у XXI ст?
38. Які б заходи ви використали для біологічної безпеки людини?
39. Чи згодні ви з тим, що наука і техніка несуть в собі руйнування навколишнього світу і знищення живого на Землі?

40. Навіщо людина частину своїх кращих властивостей - надійність, чутливість, інтелект тощо – передає приладам, якими користується? Чи не збіднює цим вона себе?
41. Що конкретно ви взяли для себе з вивчення курсу “історія науки і техніки”?
42. Про яку загрозу людству попереджали Вернадський, Рассел, Ейнштейн, Сахаров, «Римський клуб»?
43. Як розуміти ствердження, що сучасна людина повинна змінитись від зміни «моральної», а не від зовнішніх причин?
44. Чим ви можете пояснити, що сучасний спеціаліст потребує синтезу наукових знань, єдності знань з літератури, мистецтва, науки і техніки?
45. Наскільки історія науки і техніки могла б запобігти і як помилкам у використанні їх досягнень?
46. Чому у вчених і письменників з'являються «маячні» ідеї, реалізація яких не під силу їх сучасникам?
47. Чим ви можете пояснити, що початок ХХ століття став бурхливим для розвитку науки і техніки?
48. Чому все гостріше постає питання про необхідність розвитку синергетичного мислення спеціаліста?
49. Охарактеризуйте основні напрямки наукових досліджень наприкінці ХХ – на початку ХХІ століть.
50. Чому сьогодні є важливим формування екологічної свідомості людини?
51. Людина є частка Космосу. Як це розуміти?
52. Спробуйте простежити еволюцію зростання інтелектуальної сили розуму людини під впливом науково-технічних перетворень.
53. Як би ви порівняли фізичну та інтелектуальну силу людини у створенні цивілізацій?
54. Яку роль у системі культури відіграє наука і техніка?
55. Що було властиво науковій школі кібернетиків та інформатиків В.М.Глушкова?
56. Дайте загальну картину зародження науки про кібернетику.
57. Яку роль в системі культури відіграло відкриття транзисторного ефекту?
58. В чому полягають проблеми підвищення інноваційної культури спеціаліста?
59. На основі чого і як створюється матеріальний і духовний фундамент життя людини?
60. Охарактеризуйте можливі наслідки взаємодії людини з Інтернетом і комп'ютером.

## Хронологія основних подій і відкрить

Хронологія основних подій і відкрить певною мірою є доповненням до навчального посібника «Історія науки і техніки». У загальних рисах вона надає можливість читачеві мати уявлення про зміст цієї книги. На відміну від хронологій у літературі з окремих галузей науки і техніки, де простежується чітка система викладок за роками, тут охоплено вибірковий фактологічний матеріал з усіх галузей, починаючи з глибокої давнини і до кінця ХХ ст. Правда, деякий матеріал поданий без конкретних дат, оскільки і в хронології по конкретних науках він поданий з розбіжністю в роках. Таким чином створено одну методологічну особливість. Читач може у випадку зацікавленості звернутись до інших джерел з метою поглиблення знань з історії конкретної галузі науки і техніки.

Джерелами хронології посібника є література, що використана для написання книги. Усі відомості з неї порівняні з біографічними довідками: Бородин А.И., Бугай А.С. «Выдающиеся математики». К., 1987; Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. Выдающиеся химики мира. – М., 1991; Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. Астрономы. Биографический справочник. –К, 1986. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. – М., 1983 та інші видання.

Таблиця 5.

IV тис. до н.е. 28 травня 584 р. до н.е.	В Єгипті створені перші морські вітрильники. Грецьким філософом Фалесом Мілетським науково зпрогнозовано затемнення Сонця. Сформульовано перший «теоретично» встановлений факт – Земля має форму кулі.
VI ст. до н.е.	Зародження писемності у Греції – родоначальниці писемності багатьох слов'янських народів. Природознавець Гіпподам Мілетський. Створення системи планування міст. У Китаї видана перша в світі книга з медицини «Нейцзін». У Китаї почалось будівництво Великого каналу, яке продовжувалось подан 2 тис. років
VI – IV ст. до н.е.	Трьохсотлітній період удосконалення у Давній Греції астрономії, як науки (від Фалеса Мілетського до Євдокса). Трьохсотлітній період удосконалення в Давній Греції математики як науки (від Піфагора до Євкліда).

Продовження таблиці 5.

V – IV ст. до н.е.	Діяльність Архита Тарентського, який науково почав розробляти механіку. Виникнення ідеї про дискретну будову речовини. Атомістична теорія Демокріта.
--------------------	--

IV ст. до н.е.	Євклід написав «Начала» («Елементи»), що об'єднані у 15 книг, чим закладено будову геометрії. Діяльність Аристотеля. Поділ наукових знань на окремі галузі. Їх класифікація. Заснування Александрії – центру наукової думки, її Академії, «Музейона».
III ст. до н.е.	Бі Шен склав зоряний каталог на 807 зірок. «Коперник античності» Аристарх Самоський поставив Сонце, а не Землю в центр Всесвіту. Діяльність Архімеда. Зародок наукових основ механіки, оптики, інтегрального обчислення, некінченно малих. Зроблено відкриття по обчисленню кола Земної кулі. Грецький вчений Ктесібій створює дерев'яний циліндр з шкіряним поршнем для нагнітання води або повітря. Герон (I–II ст. н.е.) винайшов до нього клапан і перетворив винахід Ктесібія у насос.
II ст. до н.е.	Гіппарх найбільш повно розробив теорію епіциклів, склав зоряний каталог на тисячу зірок, підрахував відстань від Землі до Місяця, заснував математичну географію, склав таблицю хорд, винайшов астролябію.
II-I ст. до н.е.	Чжан Цан і Цзін Чоу-чан написали книгу «Арифметика у дев'яти главах». Поява методу розв'язання рівнянь I-го ступеня з двома і трьома невідомими, способу добування квадратних і кубічних коренів, поняття від'ємних чисел.
77-78 pp.	Пліній Старший написав 36 книг, шість з них – твори з вичерпними (на той час) даними про неорганічну природу, про виникнення у надрах Землі мінералів і металів.
II ст. н.е.	Клавдій Птолемей написав твір “Велика математична побудова астрономії” у XIII книгах. Герон Александрійський детально описав важель, ворот, клин, гвинт і блок, установив правило важеля і блока, згідно з яким виграш у силі за допомогою цих механізмів супроводжується втратою часу, описав прилад, що є прообразом сучасної турбіни.
105 p.	У Китаї Цай-Лунь винайшов спосіб виробництва паперу з кори дерева, коноплі, ганчірок та іншої сировини.
II-III ст.	У Китаї написана перша в світі книга «Фармакологія». Винайдено наркоз, голкотерапію.
III ст.	У Китаї винайдено компас (у Європі - наприкінці 12 ст.).
III–V ст.	У Китаї винайдено фарфор.
476 p.	Падіння Західної Римської імперії – початок середньовіччя.
Середина V ст. Кінець VIII – початок IX ст.	У творах Зосіми з Панополіса з'явився термін «хімія». Джабір ібн Гайян застосував кристалізацію і фільтрування для очистки хімічних речовин; описав одержання сірчаної, азотної кислот і царської горілки (виявив її здатність розчиняти золото); виготовив нітрат срібла, сулему, нашатир і білий миш'як (миш'яковиста кислота).
VI–XIII століття	Розповсюдження використання водяного колеса як універсального робочого органа у різних галузях

	промисловості.
VII ст.	У Китаї засновано палату вчених (у 14 ст. вона перетворена на Ханьлінську академію, яка проіснувала до 1911 р.).
VII ст. I	У Китаї винайдено рульове керування сучасної конструкції (у Європі – у XIII ст.).
XII ст.	У Європі школи реформовані в університети. Перші переклади латинською мовою арабських рукописів з математики, астрономії, алхімії. У середині століття Альберт Великий опублікував працю «П'ять книг про метали і мінерали» і «Книгу про алхімію».
1180 р.	У Середній Азії з'явився курс фізики Альхазена. В ньому подані таблиці питомої ваги деяких тіл у твердому і рідкому стані.
Середина XIV ст. 1392 р.	Використання сили вітру для вітряного млина в Нормандії. Зародження доменного процесу в Лотарингії. Вперше в Кореї методом литва отримали металеві літери У 1409 р. вперше таким методом надрукована перша книга.
1400 р.	Застосування вітряного двигуна для осушування болот у Нідерландах.
1450 р.	Петро Шеффер одержав сплав Hartblei, який задовольняв усім вимогам друкарського мистецтва.
1455 р.	Йоганном Гутенбергом вперше друкарським способом надруковано 180 примірників Біблії (2 томи).
1492 р. Кінець XV ст.	Відкриття Колумбом Америки. Леонардо да Вінчі створив принципову схему вертольота. У 1754 р. М.Ломоносов розвинув її, пояснивши принцип створення механізму підйому в повітря. В 60-і р. XIX ст. О.Лодигін створив проект електрільота, позитивно оцінений Н.Л.Кирпичовим. У 30-і р. XX ст. вертольот піднявся у небо.
Початок XVI ст.	Парацельс розвинув найважливіші уявлення ятрохімії, вважаючи, що одне з завдань хімії - служити медицині.
1543 р.	Видано в світ працю М.Коперника «Про обертання небесних сфер», яка містить викладку геліоцентричної системи світу, що відображає істинну картину побудови Всесвіту і яка привела до революційних перетворень у світогляді і природознавстві.
Середина XVI ст.	І.Кардано обгрунтував думку про роз'єднання електричного і магнітного притягання.
1556 р.	Вийшов у світ твір Г.Агріколи «12 книг про метали», де узагальнено відомості про руди, мінерали і метали; описані металургічні процеси; наведена систематика металів за зовнішніми ознаками.
1564 р.	У Москві Іван Федоров надрукував першу книгу під назвою «Апостол».
1600 р.	У.Гільберт видав свій трактат «Про магніт, магнітні тіла і про великий магніт Землю», в якому закладені основи електро– і магніто–статисти.

- 1609 р. У роботі І.Кеплера «Нова астрономія» викладаються перші два закони руху планет і висловлюється думка про те, що вага тіла становить загальну тенденцію всіх тіл до сполучення.
- 1610 р. Г.Галілей сконструював зорову трубу і застосував її як телескоп для астрономічних спостережень.
- 1618 р. Вийшов у світ трактат І.Кеплера «Гармонія світу», в якому міститься третій закон руху планет.
- 1620 р. Я. Ван Гельмонт спостерігав виділення «лісного газу» (вуглекислий газ). Дав йому назву «газ».
- 1632 р. Вийшла в світ праця Г.Галілея «Діалог про дві основні системи світу – птолемеєвої і коперникової», де, зокрема, містяться два важливих принципи сучасної фізики – принцип інерції і принцип відносності.
- 1643 р. Відкриття Е.Торрічеллі атмосферного тиску, способу одержання вакууму і створення першого барометра.
- 1645 р. Б.Паскаль створив першу у світі обчислювальну машину.
- 1646–1647 рр. Б.Паскаль підтвердив існування атмосферного тиску, повторивши дослід Е.Торрічеллі, і експериментально виявив зменшення атмосферного тиску з висотою.
- 1661 р. Р.Бойль опублікував книгу «Хімік–скептик», де сформулював основне завдання хімії (дослідження складу різних тіл, пошук нових елементів), розвив уявлення про поняття «хімічний елемент» і підкреслив важливість експериментального методу в хімії.
- 1662 р. Р.Бойль відкрив закон про обернену пропорційність об'єму і тиску повітря. Через 14 років його ж встановив Едм Маріотт.
- 1666 р. Відкриття І.Ньютоном явища розкладу білого світла в спектр (дисперсія світла).
- 1667 р. І.Бехер опублікував книгу «Підземна фізика», де відображено його ідеї про складові першооснов складних речовин.
- 1668 р. І.Ньютон сконструював перший дзеркальний телескоп (телескоп–рефлектор).
- 1669 р. Алхімік Бранд вперше відкрив хімічний елемент – фосфор.  
Дж.Мейов вивчав склад селітри і дійшов висновку, що її складова частина («повітряний спирт селітри») є головним джерелом життя і дихання, а також бере участь у процесах горіння.
- 1672 р. О.Геріке опублікував роботу «Нові, так звані, магдебурзькі досліди про порожній простір».
- 1687 р. Вийшла у світ фундаментальна праця І.Ньютона «Математичні принципи натуральної філософії» («Начала»). Цією роботою відкрито новий період в історії фізики. Тут вперше подана закінчена система механіки, закони якої керують великою кількістю процесів у природі.
- 1693-1703 рр. Г.Шталь заклав основи теорії флогістону як матеріального початку горючості. У 1723 р. у книзі «Основи хімії» детально розвинув уявлення про флогістон.



1694 р.	Лейбніц створив знаменитий 12-розрядний арифмометр.
1702 р.	Севері розпочав виготовлення машин власної конструкції для відкачки води з рудників і шахт. Його паровий насос «друг рудокопів» працював без поршня – всмоктування води здійснювалось шляхом конденсації пари і створення розрідженого простору над рівнем води у посудині.
1706-1710 рр.	Ф. Гауксбі сконструював першу електричну машину і почав досліджувати електричні розряди. У 1710 році ним відкрито явище світіння повітря в скляній трубці при електричному розряді. Він є винахідником електроскопа з льняних ниток.
1733 р.	Ш.Дюфе відкрив два види електрики, визначив притягання різнорідних і відштовхування однорідних зарядів.
1735 р.	Г.Брандт відкрив новий металевий елемент кобальт (перше датоване відкриття металу).
40–і роки XVIII ст.	Грей підтвердив існування явища електростатичної індукції і показав, що заряд розподіляється по поверхні тіла. Виявив електропровідність тіла людини. Після винаходу конденсатора розпочались дослідження впливу електрики на людину. У 1732 р. Ш.Ф.Дюфе вивчає досягнення попередників, систематизує накопичене, узагальнює закономірності і публікує першу в історії статтю «Історія електрики». У 1733 р. відкриває два види електрики - «скляний» і «смоляний». Встановив, що однакові види електрики відштовхуються, а різнорідні - притягуються. Перший в історії провів дослід наелектризування людини. У 1735 р. висловив думку про електричне походження блискавки і грому.
1741 р.	М.В. Ломоносов дав визначення елемента (атома), корпускули (молекули), простих і змішаних речовин і почав розробку своєї корпускулярної теорії.
1745 р.	П.Мушенбрук винайшов електричний конденсатор - лейденську банку.
1747 р.	Дослідження Б.Франкліном атмосферної електрики, доказ електричної природи блискавки, що підтвердило думку Ньютона (1716 р.). Подібні дослідження провели у 1752-1753 рр. М.Ломоносов і Г.Ріхман.
Друга половина XVIII ст.	Б.Франклін сформулював теорію електрики і закон збереження електричного заряду. Висунув гіпотезу, що електрика складається з найдрібніших однакових частин. Відкрив стікання електричного заряду з вістря. Довів, що електрика при терті не народжується заново, а тільки перерозподіляється між тілами. Франклін створив теорію про виникнення штормових вітрів. Провів дослідження швидкості, ширини і глибини Гольфстріма (його назва). Ця назва ним нанесена на географічну карту.
1752 р.	М.В. Ломоносов визначив поняття «фізична хімія».
1763 р.	М.В. Ломоносов дає основи горної справи і пробірничого мистецтва, описав способи одержання металів з руд.

- І.І.Ползунов розробив проект парової машини (1765 р. –початок її експлуатації).
- 1766 р. Г.Кавендіш опублікував свою першу роботу «Досліди зі штучним повітрям».
- 1772 р. Д.Резерфорд і Г.Кавендіш, незалежно один від одного відкрили «мефітичне повітря» (азот)
- 1773–1774 рр. Г.Кавендіш відкрив «вогневе повітря» (кисень).
- 1774 р. Дж.Прістлі відкрив «дефлогістоване повітря» (кисень); описав властивості амміаку.
- 1775 р. А.Лавуазьє (незалежно від Дж.Прістлі) відкрив кисень і детально описав його властивості.  
А. Вольта побудував електрофорну машину (машина Гольца).
- 1775-1777 рр. А.Лавуазьє експериментально встановив склад атмосферного повітря, а також склад вуглекислого газу, підтвердив елементарну природу вуглецю. У 1777 р. запропонував назву «кисень», сформулював основи кисневої теорії горіння і розвинув кисневу теорію кислот
- 1782-1783 рр. А.Лавуазьє і П.Лаплас сконструювали льодовий термометр і вимірили теплоємність деяких рідких і твердих тіл.
- 1783 р. А.Лавуазьє показав, що відношення об'ємів кисню і водню у воді складає 1:2.
- 1783 р. Піднялись у повітря перші повітроплавці Пілатр де Розьє і Д'арланд.
- 1784 р. А.Лавуазьє і Ж.Меньє здійснили термічний розклад води.
- 1784–1785 Г.Кавендіш синтезував оксиди азоту, пропускаючи електричний розряд через повітря.
- 1785 р. Встановлення Ш.Кулоном основного закону електричної взаємодії.
- 1789 р. А.Лавуазьє опублікував фундаментальну працю «Початковий підручник хімії», в якому запропонував визначення хімічного елемента як межі розкладу речовини хімічним шляхом і дав першу класифікацію елементів – «Таблицю простих тіл»; вказав на аналогію соляної і плавикової кислот.
- 1794 р. Дальтон описав дефект зору – дальтонізм.
- 1797 р. А.Вольта довів виникнення електричного струму при контакті різних металів. Довів, що «залізна пластина – м'язова тканина – мідний гачок» являє собою не що інше, як електричний ланцюг.
- 1798 р. Г.Деві відкрив «веселящий газ» (один з оксидів азоту).
- 1800 р. А.Вольта створив перше хімічне джерело постійного струму. Сконструював першу хімічну батарею.
- 1800–1803 рр. Закладені наукові основи електротехніки. Вчені розпочали вивчати дії електричного струму. Здійснено перші кроки практичного використання електрики: у 1800 р. А.Фуркруза спостерігав теплову дію електричного струму; У.Нікольсон, А.Карлейль та І. Дейман відкрили явище розкладання води за допомогою електрики; у 1802 р. У.Волластон виявив хімічну, а У.Нікольсон – світлову дію

- електричного струму; В.В.Петровим відкрита електрична дуга і проведено досліді використання її для плавлення металу, спалювання різних речовин.
- 1802 р. Дж.Дальтон відкрив два закони (у 1803 р. – третій), які склали сутність його фізичної атомістики: парціальних тисків газів (1802 р.); залежність розширення газів при постійному тиску від температури (1802 р., цей закон встановлено незалежно від Гей-Люссака); залежність розчинності газів від їх парціальних тисків (1803 р.). Ці роботи привели його до вирішення проблеми співвідношення складу і побудови речовин.
- 1803 р. Дж.Дальтон сформулював основні положення хімічної атомістики (атомної теорії), зокрема увів поняття атомної ваги (маси). Склав таблицю атомних ваг водню, азота, вуглецю, сірки і фосфора беручи атомну вагу водню за одиницю. Відкрив закон залежності розчинності газів від їх парціальних тисків.
- 1804 р. Дж.Дальтон запропонував систему хімічних знаків для «простих» і «складних атомів».
- 1808 р. Г.Деві продемонстрував принцип дії дугової лампи.
- 1808–1827 рр. Дж.Дальтон написав книгу «Нова система хімічної філософії», що отримала визнання в усьому світі.
- 1811 р. А.Авогадро заклав основи молекулярної теорії, зокрема сформулював закон, який носить його ім'я.
- 1812 р. Відкриття Х.Ерстедом магнітної дії електричного струму.
- 1812–1819 рр. Й.Берцеліус розвинув електрохімічну теорію спорідненості – заклав принципи електрохімічної класифікації елементів; розвинув дуалістичну теорію побудови речовини; розробив класифікацію сполук і мінералів; розповсюдив стехіометричні закони на органічні сполуки.
- 1813–1814рр. Й.Берцеліус увів сучасні символи для позначення хімічних елементів, склав таблицю атомних ваг елементів; запропонував удосконалений метод аналізу органічних сполук.
- 1815–1836 рр. М.Фарадей зробив ряд відкриттів у хімії: проводив хімічний аналіз вапняка; досліджував вплив домішок на якість сталі. У 1823 р. отримав у рідкому стані хлор, сірководень, діоксид вуглецю, аміак і діоксид азоту. У рідкому стані отримав миш'яковий, йодистий, бромистий і фосфористий водень, етилен. У 1824–1830 рр. працював над удосконаленням оптичного скла. Отримав важке свинцеве скло, за допомогою якого відкрив явище магнітного обертання площини поляризації. У 1825 р. відкрив бензол, вивчив його фізичні і деякі хімічні властивості. Намагався синтезувати аміак з азоту і водню дією гідроксиду калію в присутності металів. У 1826 р. отримав  $\alpha$  - і  $\beta$ -сульфокислоти нафталіну і приготував 15 їх солей. У 1826 р. започаткував дослідження натурального каучуку. Показав можливість фотохімічного хлорування етилену. У 1828 р. вперше отримав етилсірчану кислоту взаємодією етилена і сірчаної кислоти. В 1833–1836 рр. встановив

- кількісні закони електролізу.
- 1820 р. Ампер увів термін «електричний струм». Висловив ідею використання електромагнітних явищ для передачі сигналів.  
Х.Ерстед виявив дію електричного струму на магнітну стрілку. Цим відкриттям започатковано нову галузь фізики - електромагнетизм-електродинаміка.
- 1821–1844 рр. Де ля Руї створив першу платинову лампу нажарювання.  
М.Фарадеєм вдало здійснено дослідження з обертання магніту навколо провідника зі струмом, а потім – навпаки. Таким чином, у 1821 р. створено лабораторну модель електродвигуна. У 1831 р. він провів п'ять дослідів і розкрив таємницю електромагнітної індукції.  
У наступні роки Фарадей розкрив зв'язки між електрикою, магнетизмом, теплотою і світлом. Відкрив екстраструми при замиканні та розмиканні, встановив їх спрямованість. Довів тотожність відомих на той час видів електрики: «тваринної», «магнітної», термоелектрики, електрики, що виникає шляхом тертя, гальванічної електрики. Висунув ідею електричного і магнітного полів.
- 1822 р. Чарльз Беббідж виготовив діючу модель – спеціальну обчислювальну машину для складання астрономічних і навігаційних таблиць.
- 1825 р. Г.Ерстед відкрив алюміній.  
19 вересня Стефенсон урочисто провів свій перший поїзд з 34–х вагонів вагою 90 тон.
- 1831 р. М.П.Аносов застосував мікроскоп для вивчення структури сплавів.
- 1832 р. Відкриття М.Фарадеєм явища електромагнітної індукції.  
Створення П.Л.Шиллінгом першого електромагнітного телеграфа.
- 1838 р. Винахід Б.С.Якобі гальванопластики.  
У вересні на Неві пройшов випробування човен з електричним двигуном Б.С.Якобі.  
У жовтні 1838 р. Б.С.Якобі повідомив Академію наук у Петербурзі про розробку ним способу одержання точних копій різних предметів.
- 1840 р. Видано працю Б.С.Якобі «Гальванопластика, або спосіб одержання зразка виробляти мідні вироби з мідних розчинів за допомогою гальванізму».
- 1852 р. У повітря піднявся перший дирижабль.
- 1855 р. Каселле розробив основи телевізійної дротової передачі.  
Апарат для такої передачі побудував Сенлек у 1877 р. (через 4 роки після відкриття принципу селенового фотоелементу). У 1901 р. Фесседен сконструював радіотелевізійну антену.
- 1857 р. Д.Максвелл опублікував першу з основних його робіт з електромагнетизму «Про фарадееві силові лінії» і переслав її М.Фарадею.
- 1858 р. С.Канніццаро на основі закону Авогадро чітко розмежував поняття «атом», «молекула», «еквівалент» і обґрунтував доцільність вживання шкали атомних мас, де атомна маса

	Н принята за 1.
1859 р.	Ю.Плюккер відкрив і описав катодні промені.
1860 р.	Міжнародний Конгрес хіміків у Карлсруе, де розглянуті питання: про відмінність між атомами і молекулами; про атомні та молекулярні ваги; про формули хімічних сполук та ін., що сприяло прискоренню відкриття Д.І.Менделєєвим “періодичної системи елементів”.
1861–1864 рр.	Д.Максвелл публікує другу і третю з основних робіт з електромагнетизму: «Про фізичні лінії сил» і «Динамічна теорія електромагнітного поля».
1865–1866 рр.	Г.Мендель на основі результатів своїх дослідів сформулював закони, якими започаткована генетика.
1866–1870 рр.	Д.Максвелл завершує основні теоретичні дослідження з теорії електромагнітного поля і теорії теплоти.
1869 р.	Д.І.Менделєєв 1 березня закінчив складання таблиці «Досвід системи елементів, що заснована на їх атомній вазі і хімічній спорідненості».
1871–1898 рр.	Винахід легованих сталей: 1871 р. – Муше винайшов інструментальну сталь, леговану вольфрамом, ванадієм, марганцем; 1882 р. – марганцева сталь Хадфілда; 1888 р. – нікелева сталь Шнейдера; 1898 р. – Тейлором і Уайтом винайдено швидкорізальну сталь.
1872 р.	Винахід О.М.Лодигіним електричної лампи розжарювання.
1873 р.	Виходять у світ роботи Максвелла з теорії електромагнітного поля «Трактат з електрики і магнетизму» і «Матерія і рух». Максвелл теоретично обчислив тиск світла. Ф.Піроцький продемонстрував свою схему електричної дороги.
1876 р.	Винахід П.М.Яблочковим першого практично придатного джерела електричного освітлення.
1879 р.	Виходять у світ праці Г.Кавендіша, що підготував до друку Д.Максвелл. Піроцький підготував проект першого трамвая. В наступному році його було випробувано.
28 квітня 1874 р.	З цього періоду почав здійснювати польоти на повітряній кулі М.Лаврентьев у Харкові, а згодом у Москві, Одесі, Ростові–на Дону.
1881 р.	М.Бенардосом відкрито дугове зварювання вугільними стрижнями.
1884 р.	Німецький студент Ніпков запатентував скануючий диск.
1886–1890 рр.	Холл і Еру у 1886 р. винайшли електролітичний спосіб виробництва алюмінію. В 1890 р. з’явився дюралюміній – сплав алюмінію з міддю. Він забезпечив високе співвідношення міцності та ваги.
1888 р.	Г.Герц дослідним шляхом виявив електромагнітні хвилі. Розвиваючи теорію Максвелла, Герц рівнянням електродинаміки надав форми, за допомогою якої можна визначити повний взаємозв’язок між електричними і магнітними явищами (електромагнітна теорія Максвелла–Герца).

- Створення М.І.Доліво-Добровольським трифазного струму.
- 1889 р. Даймлер виготовив перший автомобіль з бензиновим двигуном.
- 1890 р. Винахід М.І.Доліво-Добровольським трансформатора трифазного струму.
- 1891 р. Н.Тесла винайшов високочастотний трансформатор.  
М.Слав'янов отримав привілею на спосіб зварювання металів за допомогою металевого електрода.
- 1893–1896 рр. Винахід німецьким інженером Дизелем двигуна внутрішнього згорання, який носить його ім'я.
- 1894 р. О.С.Попов винайшов антену.  
Д.І.Менделєєв висловив здогадку, що атоми можна подати як подібність малої Сонячної системи, яка безперервно рухається.
- 1894–1898 рр. Виявлення “благородних газів”: аргону, гелію, неону, кріптонію, ксенону і визначення їх властивостей.
- 1895 р. Відкриття Х-променів, які Марія-Склодовська Кюрі назвала «рентгенівськими».  
О.С.Попов винайшов радіо.
- 1896 р. 13 лютого і 5 березня І.Пулюй публікує дві статті в «Повідомленнях Віденської Академії наук», де стверджує, що частинки (у наступному році відкритий Дж.Томсоном електрон) вириваються з поверхні катода і, прискорені електричним полем, бомбардують молекули антикатода, збуджують їх оболонки.  
А.Беккерель відкрив природну радіоактивність урану.  
Марія-Склодовська і П'єр Кюрі відкрили явище радіоактивності.
- 1897 р. Кінцевий доказ Дж. Дж. Томсоном існування електрона як найдрібнішої від'ємно зарядженої частки матерії – четвертого стану речовини.
- 1897–1898 рр. Система передачі і розподілу електроструму Н.Тесли вперше впроваджена на Ніагарській гідроелектростанції.
- 1899 р. П.М.Лебедев експериментально довів існування тиску світла на тверді тіла, а ще через 8 років - на гази. Це стало прямим доказом електромагнітної теорії світла.
- 1900 р. Макс Планк увів квант дії, що започаткувало квантову теорію.  
Цеппелін побудував першу жорстку конструкцію дирижабля і здійснив на ньому політ
- 1901 р. А.Беккерель і П.Кюрі виявили фізіологічну дію радіоактивного випромінювання.  
Г.Марконі здійснив першу трансатлантичну радіопередачу (послав радіосигнал).
- 1903 р. Е.Резерфорд і Ф.Содді створили теорію радіоактивного розпаду і сформулювали закон радіоактивних перетворень.  
Уведення П.Кюрі поняття «період напіврозпаду».  
Брати Райт здійснили перший в історії людства стійкий керований політ на літаку з бензиновим двигуном потужністю 12 к.с.

- 1905 р. А.Ейнштейн запропонував спеціальний принцип відносності і принцип постійності швидкості світла і на їх основі створив спеціальну теорію відносності, яка містить нові просторово-часові уявлення. Разом з квантовою теорією вона склала фундамент фізики ХХ ст.  
А.Ейнштейн відкрив закон взаємозв'язку маси і енергії.  
А.Ейнштейн увів уявлення про дискретну, квантову структуру світлового випромінювання. Він розглядав його як потік квантів, або фотонів. Йому належить теоретичне відкриття фотона, який експериментально виявлений у 1922 р. американським фізиком Карлом Тейлором Комптоном.
- 1907 р. Б.Л.Розінг винайшов першу електронну систему отримання телевізійного зображення за допомогою електроннопроменевої трубки (в 1911 р. продемонстрував прийом простих геометричних фігур).  
Встановлено регулярний радіозв'язок між Європою і Америкою
- 1910–1915 Виявлено, що гени – це фізичні тіла, і їх локалізацію у певних місцях хромосом.
- 191 р.3 Г.Брілії винайшов нержавіючу сталь.
- 1914 р. Демонстрація в Москві О.М.Щукарьовим «машини логічного мислення», здатної механічно робити прості логічні висновки, відштовхуючись від вихідних смислових посилок.
- 1920 р. Е.Резерфорд висунув гіпотезу про існування нейтрона.
- 1923 р. А.Ейнштейн запропонував варіант єдиної теорії поля, розробкою якого він займався усі останні роки.
- 1924 р. Г.Марконі встановив короткохвильову станцію для спрямованого радіозв'язку між домініонами і Індією.  
Регулярний трансатлантичний зв'язок встановлено у 1926 р.
- 1926 р. Дж.Д.Берд створив першу практично діючу систему телебачення. У 1929 р. Британська радіомовна корпорація (Бі-Бі-Сі) розпочала регулярні експериментальні телепередачі на механічному розгортанні.
- 1927 р. М.К.Кольцовим висловлена гіпотеза про хромосому як молекулярну структуру.
- 1931 р. В.К.Зворикін (США) і С.І.Катаєв (Росія) подали заявки на «передаючу телевізійну трубку (іконоскоп) з накопиченням електричних зарядів на мозаїчному фотокатоді».
- 1932 р. Дж.Чедвік відкрив нейтрон і обчислив його масу.  
Дж.Кокфорт і Е.Уолтон в Англії здійснили першу ядерну реакцію з штучно прискореними протонами – трансмутацію ядер літію. Через декілька місяців ця реакція була здійснена в СРСР (А.К.Вальтер, К.Д.Лейпунський, Г.Д.Лейпунський, Г.Д.Латишев).
- 1933 р. Під керівництвом Ю.Кондратюка у Харкові створено вітросилову установку потужністю 12 тис. кВт.
- 1938 р. Німецькі вчені Ган і Штрассман відкрили процес поділу ядер урану.

1940 р.	Харківські вчені Ф.Ланге, В.Шпінель і В.Маслов офіційно подали заявки на створення атомної бомби і отримали авторські свідоцтва.
1941 р.	В.Є.Лашкар'єв надрукував статтю «Дослідження замикаючих шарів методом термозонда», чим по суті зроблено відкриття транзисторного ефекту.
1941–1946 рр.	Корпорація Вестінгауз створила складний МГД-генератор, провідною рідиною електричного струму в якому став іонізований газ. Фізичні дослідження МГД-методу активізувались з початку 50–х років.
40–і роки	Виникнення кібернетики як вищого стану автоматизації й механізації виробництва.
1942 р.	У США 2 грудня під керівництвом Фермі здійснена керована ядерна реакція - ланцюгова атомна реакція поділу ядер урану.
1945р.	У США створені перші атомні бомби. 6 і 9 серпня вони скинуті на японські міста Хіросіму і Нагасакі.
1945–1946 рр.	У США побудована перша електронна цифрова обчислювальна машина.
1948 р.	Сумнозвісна сесія ВАСГНІЛ, що нанесли нищівний удар по генетиці в Радянському Союзі.
1949 р.	29 серпня випробувана перша радянська атомна бомба.
1950 р.	О.Лаврен'євим запропоновано перший проект водневої бомби.
1950 р.	Початок НТР – якісного стрибку в структурі і динаміці розвитку виробничих сил, докорінної перебудови технічних основ матеріального виробництва. Її напрямки (50–60-і роки) – комплексна механізація й автоматизація виробництва, контроль управління ним, відкриття і використання нових конструкційних матеріалів, властивості яких заздалегідь визначені; 70-80-і роки - електронна автоматизація наукових досліджень і виробництва; кінець 80–х років – інформаційний етап розвитку НТР. С.О.Лебедевим створено першу в континентальній Європі ЕОМ.
1952 р.	Створено першу промислову ЕОМ фірми ІВМ – ІВМ-701.
1953 р.	Наукова революція в генетиці – розкриття таємниці ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота).
1956 р.	Під керівництвом В.М.Глушкова закінчена розробка ЕОМ «Київ».
1957 р.	У Радянському Союзі здійснено запуск першого в історії людства штучного супутника Землі.
1958 р.	З'явилися перші ЕОМ другого покоління на транзисторах.
1961 р.	Перший в історії людства пілотований космічний політ радянського космонавта Ю.Гагаріна. Початок виробництва ЕОМ «Дніпро».
1964 р.	Фірма ІВМ почала виробляти ЕОМ на інтегральних схемах.
1965 р.	Створена С.О.Лебедевим і вперше виготовлена у 1967 р. ВЕОМ-6.



- 1966 р. Стаття Као і Хокема, де викладена ідея волоконно-оптичного зв'язку.
- 1976 р. Перші міські цифрові волоконно-оптичні системи зв'язку в Атланті і Джорджії (США).
- 1981 р. Фірма ІВМ виготовила свій перший персональний комп'ютер.
- 1983 р. У США створена територіальна інформаційна мережа Internet.
- 1988 р. Уведена до дії перша трансатлантична волоконно-оптична лінія зв'язку. В 1998 р. її пропускна спроможність досягла 600 тис. одночасних телефонних розмов проти 36 у першої провідної лінії, що прокладена в 1956 р.
- 2000 р. Уведена в експлуатацію волоконно-оптична лінія зв'язку «Москва–Санкт–Петербург–Стокгольм», що дала Росії доступ в Internet.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамский В.Б. Притча о португальском короле и испанской королеве, о Васка да Гама и Христофоре Колумбе, о планомерном исследовании и рискованной авантюре // Вестник истории естествознания и техники. – М., 1994, – № 1.
2. Академік С.О.Лебедев – засновник вітчизняної обчислювальної техніки // Вісник Академії наук України. – 1993. – №2. – С.14–27.
3. Академія наук прогнозувала і попереджала (До 10–річчя чорнобильської трагедії) // Вісник Національної Академії наук України. – 1996. – №3–4. – С.20–25.
4. Аксиомы для нащадків. Українські імена у світовій науці. Зб. нарисів. – Львів, 1992.
5. Актуальные проблемы формирования личности. – Харьков, 1995.
6. Александров А.Д. Проблемы науки и позиция ученого. – Л., 1988.
7. Алинин А.Я. Счастливые судьбы. – К., 1979.
8. Анисимов А.И. Наш политехнический. – М., 1983.
9. Антонова Н.С., Дроздова Н.В. Свобода всего дороже // Вестник Российской академии наук. – 1993. – №3. – С.259–267.
10. Арист Л.М. Одна – но пламенная страсть. – Днепропетровск, 1989.
11. Арлазоров М.С. Дорога на космодром. – М., 1980.
12. Асташенков П.Т. Курчатов. – М., 1967.
13. Ахиезер А.И. В старом УФТИ // Нариси з історії природознавства і техніки. Вип.41. – К., 1994.
14. Ахиезер А.И. Развивающаяся физическая картина мира. – Харьков, 1998.
15. Балабанов О.С. Комп'ютерний інтелект: можливості і реальність // Вісник Національної Академії наук України. – 1997. – №9–10. – С.16–21.
16. Баландин Р.К. Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие. 2–е изд., доп. – М., 1988.
17. Белонучкин В.Е., Кеплер, Ньютон и все–все–все... – М., 1990.
18. Бернал Дж. Наука в истории общества. – М., 1956.
19. Бесов Л.М. К проблеме гуманизации инженерного образования // Політехнік. – 1995. – №15.
20. Бесов Л.М. История науки і техніки. З найдавніших часів до кінця двадцятого століття. Текст лекцій. – Х., 2000.

21. Блинов В.И., Урвалов В.А. Б.Л.Розинг. – М., 1991.
22. Боголюбов А.Н. Роберт Гук. – М., 1984.
23. Боголюбов А.Н. Социальная история математического естествознания // Нариси історії природознавства і техніки. – 1994. – №41. – С.3–16
24. Богомоллов С.И., Даниленко Л.С. Инженер XXI века – самая гуманная специальность на Земле // Політехнік. – 1995. – № 12.
25. Большая Советская Энциклопедия. Т.10. – М., 1972. С.645–647.
26. Большая Советская Энциклопедия. Т.12. – М., 1973. С.664–667.
27. Большая Советская Энциклопедия. Т.17. – М., 1975. С.344.
28. Большая Советская Энциклопедия. Т.21. – М., 1975. С.91–93.
29. Боргош Ю. Фома Аквинский. Пер. с польского. Изд.2–е. – М., 1975.
30. Борн М. Физика в жизни моего поколения. – М., 1963.
31. Бородин А.И., Бугай А.С. Выдающиеся математики. – К., 1987.
32. Бродель Ф. Игры обмена. Материальная цивилизация, экономика и капитализм. XV–XVIII вв. Т.2. – М, 1988.
33. Бродель Ф. Время мира. Материальная цивилизация, экономика и капитализм. XV–XVIII вв. Т.3. – М, 1992.
34. Будущее науки. – М., 1982.
35. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. М.-Л., 1945.
36. Вавилов Ю.Н., Рокитянский Я.Г. Голгофа. Архивные материалы о последних годах жизни Н.И.Вавилова (1940–1943) // Вестник Российской академии наук. – 1993. – №9. – С.830–846.
37. Вакула В. Биотехнология. Что это такое? – М., 1989.
38. Валянский С.И., Калужный Д.В. Другая история. От Аристотеля до Ньютона. – М, 2003.
39. Василега–Дерибас М., Лещук Р. Велич і трагедія обкраденого генія // Шлях перемоги. – 1995. – 28 січня.
40. Великие русские XX века. – М., 2003.
41. Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. – М., 1981.
42. Веселовский И.Н., Белый Ю.А. Коперник. – М., 1974.
43. Викт. П. Визгин. Научная революция в химии: Факторы запаздывания // Вестник истории естествознания и техники. – М., 1993. – № 1.

44. Виноградов Б.В. Аэрокосмическая съёмка как инструмент экологического контроля // Вестник Российской академии наук. – 1994. – №5. С.417–424.
45. Виргинский В.С. История науки и техники. Т.1. – М., 1973.
46. Виргинский В.С. Очерки истории науки и техники. – М., 1984.
47. Виргинский В.С. Очерки истории науки и техники XVI–XIX вв. – М., 1984.
48. Волков В.А. У колыбели науки. – М., 1971.
49. Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. Выдающиеся химики мира. – М., 1991.
50. Волчек О. Мария Склодовская–Кюри. – Варшава, 1981.
51. Гайденок В.П. Западноевропейская наука в средние века. – М., 1989.
52. Гастев А.А. Ленонардо да Винчи. – М., 1982.
53. Гершкович А.А. От структуры к синтезу белка. – К., 1989. – 192 с.
54. Глазичев В.Л. Замість мегаполіса – екополіс // Вісник Національної Академії наук України. – 1997. – №7–8. – С.74–77.
55. Гнеденко Б.В. Введение в специальность математика. М., 1991. – 240 с.
56. Гнедина Г. Открытие Джи–Джи. – М., 1973.
57. Годин В.В., Корнеев И.К. Управление информационными ресурсами. – М., 1999.
58. Голованов Я. Этюды об ученых. – М., 1976.
59. Голованов Я. Королев. Кн. первая. – М., 1973.
60. Горфункель А.Х. Томмазо Кампанелла. – М., 1969.
61. Грабовский М.П. Атомный аврал // История науки и техники. – М.: Научтехлитиздат. – 2002. – №9.
62. Гумилевский Л. Русские инженеры. – М., 1953.
63. Гумилевский Л. Чаплыгин. – М., 1969.
64. Грехэн Л. Социально-политический контекст доклада Б.М.Гессена о Ньюtone // Вопросы истории естествознания и техники. – М., 1993. – №2.
65. Григорьян А.Т. Михаил Васильевич Остроградский - выдающийся русский ученый. – М., 1953.
66. Джуа М. История химии. – М., 1975.
67. Дильс Г. Античная техника. – М.: Л. 1934.
68. Дмитриев И.С. Охота на зеленого льва: алхимия в творчестве И.Ньютона // Вестник истории естествознания и техники. – М. 1993. – №2.

69. Добров Г.М. Наука о науке: Начало науковедения, 3-е изд. – К., 1989.
70. Доллежалъ Н.А. У истоков рукотворного мира. – М., 1989.
71. Дубинин В.П. Вечное движение. – М., 1989.
72. Дудинцев В. Белые одежды. – М., 1988.
73. Зайков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда. – М., 1991.
74. Зацаринный В.П., Акопов А.И. Атланты держат небо. – М., 1979.
75. Згуровский М.З. Информационные сетевые технологии в науке и образовании // Зеркало недели. – 2002. – №25. – С.15.
76. Зворыкин А.А., Осьмова Н.И., Чернышев В.И., Шухардин С.В. История техники. – М., 1962.
77. Зубов В.П. Леонардо да Винчи. 1452–1519. – М.-Л., 1961.
78. Егоров Н.С., Олескин А.В., Самуилов В.Д. Проблемы и перспективы. – М. 1987.
79. Иванов В.Н., Экология и автоматизация. – К., 1990.
80. Емельянов В.С. О науке и цивилизации: Воспоминания, мысли и размышления ученого. – М., 1986.
81. Из истории науки и техники в странах Востока. – М., 1963.
82. История древнего мира. Ранняя древность. – М., 1989.
83. История механики в России. – К., 1987.
84. История средних веков. – М., 1980.
85. История средних веков. Т.2. – М., 1991.
86. Из истории современной научно-технической революции в СССР: Сб. статей. – М., 1989.
87. Из истории университетов Европы XIII–XV вв.: Межвуз. сб. научн. тр. – Воронеж, 1984.
88. Кавецкий В, Симонов А. Ставка – на енергію вітру // Вісник Національної Академії наук України. – 1997. – №7–8. – С.26.
89. Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М., 1987.
90. Капустинская К.А. Анри Беккерель. – М., 1965.
91. Карцев В.П. Ньютон. – М., 1987.
92. Кедров Ф. Капица: жизнь и открытия. – М., 1984.
93. Кедров Ф. Цепная реакция идей. Изд. 2-е, дораб. и доп. М., 1985.
94. Келле В.Ж. Наука как компонент социальной системы. М., 1989.
95. Кириллин В.А. Страницы истории науки и техники. М., 1986.
96. Кирсанов В.С. Научная революция 17 века. М., 1987.

97. Кирсанов В.С. Ранние представления И.Ньютона о тяготении /1665–1669гг. // Вестник истории естествознания и техники. – 1993. – №2.
98. Кляус Е.М., Франкфурт У.И., Френк А.М. Нильс Бор. 1885–1962. – М., 1977.
99. Клапцов Н.А. Павел Николаевич Яблочков. 1894-1944. – М.: Л. 1944.
100. Кнорре Д.Г. Приоритетность наук о жизни // Вестник Российской академии наук. – 1994. – №4. – 305–310.
101. Князев В.Н. Технология и человек. – К., 1990.
102. Коган В.С. Его называли КД. – Харьков, 1990.
103. Козлов Б.И. Возникновение и развитие технических наук: опыт историко–технического исследования. – Л., 1988.
104. Колмогоров А.Н. Математика в ее историческом развитии. – М., 1991.
105. Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. Астрономы. Биографический справочник. – К, 1986.
106. Кондратюк Ю.В. (Шаргей О.Г.). Вибрані твори. – Дніпрпетровськ, 1997.
107. Копиленко О.Л. Влада інформації. – К., 1991.
108. Кошманов В.В. Карно, Клаузис. – М., 1985.
109. Космодемьянский А.А. Константин Эдуардович Циолковский. 1857–1935. 2–е изд. перераб. и доп. – М., 1987.
110. Краткая Всемирная история. – М., 1967.
111. Кривич М., Ольгин О. Мастерские науки. – М., 1988.
112. Крик Э. Введение в инженерное дело. – М., 1970.
113. Кудря С. Альтернативна енергетика - вимога часу // Вісник Національної академії наук України. – 1997. – №7–8. – С.18–25.
114. Кудрявцев Б.Б. Василий Владимирович Петров. – М., 1952.
115. Кузнецов В.Б. Эйнштейн. Жизнь, смерть, бессмертие. – М., 1979.
116. Леге Жан-Мари. Кого страшит развитие науки? Научные работники, политика и общество. – М., 1988.
117. Лилли С. Люди, машины, история. – М., 1990.
118. Лишевский В.П. Гений точного естествознания // Вестник Российской академии наук. – 1993. – №1. – С.33–37.
119. Лишевский В.П. Охотники за истиной. Рассказы о творцах науки. – М., 1990.
120. Лишевский В.П. Торричелли и его «соавторы» // Вестник Российской академии наук. – 1993. – №12. – С.1101–1102.

121. Лишевский В.П. Ученые – популяризаторы науки. – М., 1987.
122. Любичев А.А. В защиту науки. Статьи и письма. 1953–1972. – Л., 1991.
123. Макареня А.А., Рысев Ю.А. Д.И.Менделеев. – М., 1983.
124. Малая энциклопедия открытий. – М., 2001.
125. Малиновський Б.М. Відоме і невідоме в історії інформаційних технологій в Україні. – К., 2001.
126. Математическое естествознание: фрагменты истории. – К., 1992.
127. Малицкий Б.А. Наука и технологическое применение её применение в общественной практике - ключевой фактор исторического процесса. – К., 2003.
128. Матеріали міжнародної науково-методичної конференції «Роль вузів у вирішенні проблем безперервної освіти та виховання особистості /від шкільної до післядипломної/», 16–20 травня 1995 р. Т.2. Проблеми гуманізації, гуманітаризації та екологізації освіти. – К., 1995.
129. Мезенин В.К. Парад всемирных выставок. – М., 1990.
130. Методологические проблемы истории техники и научно-технической революции: Сб. статей. – М., 1989.
131. Методологические проблемы создания новой техники и технологии. – Новосибирск, 1989.
132. Мойсеев Н.Н. Пути к созиданию. – М., 1992.
133. Мойсеев Н.Н. Слово о научно-технической революции. – М., 1985.
134. Монологи о Капице: Академик Ж.И.Алферов // Вестник Российской академии наук. – 1994. – №6. – С.511–513.
135. Моравский А., Файн М. Огонь в упряжке. – М., 1990.
136. Морозов В.В., Ковалевский В.В., Бесов Л.М., Николаенко В.И. История науки и техники. – Харьков, 1997.
137. Надточаев А.С. Философия и наука в эпоху античности. – М., 1990.
138. Наука и техника современного капитализма: Социально-экономический справочник. – М., 1987.
139. Наука та наукознавство. – 2003. – №3. – С.5–126. (Наукове видання, присвячене 80-річчю від дня народження В.М.Глушкова).
140. Научное наследство. Т.16. Евграф Степанович Фёдоров. Переписка. Неизданные и малоизвестные работы. – Л., 1991.
141. Научное предвидение общественных процессов (методологический анализ). – К., 1990.

142. Научно-методические проблемы активизации познавательной деятельности студентов. – Харьков, 1994.
143. Ньютон и философские проблемы физики XX века. – М., 1991.
144. Околотин В.С. Вольта. – М., 1986.
145. Оноприенко В.И., Щербань Т.А. Становление высшего технического образования на Украине. – К., 1990.
146. От машин до роботов. Кн.2. – М., 1990.
147. Очерки истории отечественной астрономии. С древнейших времен до начала XX века. – К., 1992.
148. Павлов Б.В. Трудись, компьютер. – М., 1991.
149. Павлова Г.Е., Федоров А.С. Михаил Васильевич Ломоносов. М., 1988.
150. Павлова Г.Е. Организация науки в России в первой половине XIX в. М., 1990.
151. Павленко Ю.В., Ранюк Ю.Н., Храмов Ю.А. «Дело» УФТИ. 1935-1938. К., 1998.
152. Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. – М., 1989.
153. Пархоменко А.А., Федоров А.С. Сражающаяся наука. – М., 1990.
154. Пекелис В. Кибернетическая смесь. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М., 1991.
155. Петросьянц А.М. Атом не должен служить войне. – М., 1986.
156. Петрянов-Соколов И.С., Сутугин А.Г. Аэрозоли. – М., 1989.
157. Пікашова Т.Д., Шашкова Л.О. Основи історії науки і техніки. –К., 1997.
158. Поликарпов В.С. История науки и техники. – Ростов–на–Дону, 1999.
159. Поль де Крюи. Охотники за макробами. Борьба за жизнь. – М., 1987.
160. Понтекорво Б. Энрико Ферми. – М., 1971.
161. Пошатаев В.В. Человек в эпоху НТР. – М., 1987.
162. Проценко А.Н. Энергия будущего.(2-е издание). – М., 1985.
163. Пути в неизвестное: Сборник очерков. – М., 1986.
164. Регирер Е.И. Развитие способностей исследователя. – М., 1969.
165. Резник С.Е. Николай Вавилов. – М., 1968.
166. Реннеберг Р., Реннеберг И. От пекарни до биофабрики. – М., 1991.



167. Рюгемер В. Новая техника – старое общество: Кремниевая долина. – М., 1988.
168. Рожанский И.Л. Развитие естествознания в эпоху античности. – М., 1979.
169. Сапожников Л. Силуети винахідників. – К., 1987.
170. Сердюк А.М. Непростые заботы человечества: научно-технический прогресс, здоровье человека, экология. – М., 1989.
171. Сидоров А.И. Очерки из истории техники. – М.: Гос. техн. изд-во, 1925.
172. Слинько М.Г. Задачи математического моделирования процессов биотехнологии // Катализ в промышленности. – М.: Калвис. – 2002. – №5.
173. Современная научно-техническая революция (историческое исследование). – М., 1970.
174. Социальные и методологические проблемы современной науки. – М., 1987.
175. Степанов Б. История великого закона. – М., 1952.
176. Стражева И. Тюльпаны з космодрому. – К., 1980.
177. Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики. – М., 1990.
178. Суржик Л. Биотехнологии – шанс или выбор? // Зеркало недели. – 2002. – №44. – С.14.
179. Сухотин А.К. Превратности научно-технических идей. – М., 1991.
180. Таннери П. Исторический очерк развития естествознания в Европе (с 1300 по 1900 гг.). – М.: Л., 1934.
181. Тарасов Б.Н. Паскаль. 2-е изд. – М., 1982.
182. Тацуно Ш. Стратегия – технополисы. – М., 1989.
183. Твое электронное Я. Научная фантастика. – М., 1991.
184. Техника в ее историческом развитии. – М., 1979.
185. Топчиев Ю.И. История создания устройств и систем автоматического управления // История науки и техники. – М.: Научтехлитиздат. – 2002. – №8.
186. Трифонова М.К. Современная научная революция: Содержание и гносеологические корни. – К., 1987.
187. Урсул А.Д. Проблема информации в современной науке. – М., 1975.
188. Проблема информации в современной науке. (Философские очерки). – М., 1985.
189. Рожанский И.Д. Развитие естествознания в эпоху античности. – М., 1979.

190. Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники. – М., 1995.
191. Храмов Ю.А. Биография физики: Хронолог. справ. – К., 1983.
192. Храмов Ю.А. История формирования и развития физических школ на Украине. – К., 1991.
193. Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – К., 1989.
194. Храмов Ю.А. Петр Николаевич Лебедев и его школа // Успехи физических наук. Т.150.
195. Хёсле В. Философия и экология. – М., 1993.
196. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. – М., 1983.
197. Цей всюдисущий інтелект // Вісник Національної академії наук України. – 1997. – № 11–12. – С.92.
198. Цыганкова З.Г. У истоков дизайна. – М., 1977.
199. Чеканов А.А. Виктор Львович Кирпичёв. – М., 1983.
200. Чолаков В. Нобелевские лауреаты. Ученые и открытия. – М., 1986.
201. Фигуровский Н.А. Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX в. – М., 1969.
202. Филонович С.Р. Судьба классического закона. – М., 1990.
203. Философский энциклопедический словарь. – М., 1989.
204. Френкель В.Я. Пауль Эренфест. – М., 1971.
205. Фриш С.З. Сквозь призму времени. – М., 1992.
206. Фролов В.Ф. Эндогенное дыхание - медицина третьего тысячелетия. – Новосибирск, 1999.
207. Шухардин С.В. История науки и техники. Ч.2. – М., 1978.
208. Шухардин С.В. и др. Техника в ее историческом развитии. – М., 1962.
209. Эдберг Рольф. Капли воды - капли времени // Наука и жизнь. – 1989. – №11. – С.18–25.
210. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. – М., 1990.
211. Яншин А.Л., Мелуа А.И. Уроки экологических просчетов. – М., 1991.
212. Япония: Экономика, общество и НТП: Сборник статей. М.. – 1988.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	3
Загальні положення про навчальну дисципліну	
“історія науки і техніки”	7
Об'єкт, мета і завдання навчального курсу	7
Синтезуючий характер історії науки і техніки	13
Зміст навчальної дисципліни	15
Методологічні аспекти розвитку науки, техніки і технології	16
Основні вимоги до спеціаліста інформаційного суспільства	25
<b>СТАН НАУКОВИХ ЗНАТЬ ДО АНТИЧНОГО СВІТУ</b>	30
Єгипет	30
Вавілон	33
<b>НАУКОВА ДУМКА ДАВНЬОЇ ГРЕЦІЇ ТА РИМУ</b>	37
Етапи розвитку античної науки	37
Вироблення наукових знань і формування теорій	42
Астрономія	42
Математична побудова Всесвіту	47
Математика	49
Піфагор	50
Послідовники Піфагора	52
Євклідова геометрія	54
Аристотель	57
Архімед	61
<b>АНТИЧНА ТЕХНІКА</b>	65
<b>ПРИРОДНИЧІ І ТЕХНІЧНІ НАУКИ СХОДУ ДО НОВОЇ ЕРИ І СЕРЕДНЬОВІЧЧІ</b>	74
Індія	74
Китай	76
<b>ПРОГРЕСС ЛЮДСЬКОЇ ДУМКИ В ЕПОХУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ</b>	81
Технічні досягнення і соціальні наслідки епохи	81
Розповсюдження використання сили води і вітру	84
Досягнення в галузі транспортних засобів	86
Історичні передумови виникнення книгодрукування	88
Винахід і соціальні наслідки розповсюдження книгодрукування	90
<b>ВИНИКНЕННЯ І СТАНОВЛЕННЯ ХІМІЇ ЯК НАУКИ</b>	99
Загальна характеристика хімії	99
Періодизація історії хімії	101
Які бувають хімії?	103
Джерела зародження хімії	104
Рабовласницьке суспільство	106
Античні натурфілософські вчення	110
Алхімічний період	115
Греко-єгипетська алхімія	118
Арабська алхімія	120
Алхімія західної Європи	125
<b>ФОРМУВАННЯ ХІМІЇ У XVI-XVIII СТ.</b>	130
Ятрохімія	131

Технічна хімія	133
Алхімія у XVII ст.	135
Перша хімічна теорія	141
Хімічна революція	146
<b>ХІМІЯ У ХІХ СТ.</b>	149
Формування атомно-молекулярної теорії	149
Народження періодичної системи елементів	151
<b>НАУКОВА РЕВОЛЮЦІЯ XVII СТ.</b>	157
Особливості наукової революції	157
Коперник	162
Кеплер	164
Галілей	170
Декарт	175
Ньютон	178
<b>НАУКА І ТЕХНІКА XVII-XIX СТОЛІТЬ</b>	184
Парова машина	186
Зародження сучасної металургії	195
<b>ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ</b>	200
Характеристика технічних і соціальних змін	200
Чинники стимулювання розвитку промисловості	202
Етапи промислової революції	203
Англія	204
США	206
Західна Європа	208
Росія	210
Наслідки технічного перевороту	211
<b>ЗАРОДЖЕННЯ НАУКИ ПРО ЕЛЕКТРИКУ.</b>	
<b>ВПРОВАДЖЕННЯ ЇЇ ДОСЯГНЕНЬ У ПРАКТИКУ</b>	213
Накопичення знань, теоретичних і експериментальних даних	213
Використання досягнень електрики	226
<b>НОВІТНЯ РЕВОЛЮЦІЯ У ПРИРОДОЗНАВСТВІ НАПРИКІНЦІ ХІХ</b>	
<b>- НА ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТТЯ</b>	232
Історичні передумови пізнання таємниці атомного ядра	232
Розкриття таємниці атома	237
<b>НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗВИТОК У ПЕРШІЙ</b>	
<b>ПОЛОВИНІ ХХ СТ.</b>	253
Особливості і напрямки технічних перетворень	253
Еволюція автомобілебудування	255
Еволюція повітроплавання	259
Радіо	266
Телебачення	267
Зародження генетики	270
Генетика у ХХ столітті	274
<b>НАУКОВО-ТЕХНІЧНА РЕВОЛЮЦІЯ</b>	280
Сутність, функції науково-технічної революції	280
Джерела науково-технічної революції	281
Особливості науково-технічної революції	284
Джерела інформаційних технологій	289
Електроннообчислювальна машина	292
Нейрокомп'ютери	297
Суперкомп'ютери	298

Наслідки взаємодії людини з комп'ютером	302
Чому визнано руйнівний характер науки і техніки	303
Атомна енергія	307
<b>СВОЄРІДНІСТЬ І ПРОНОЗИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ НА РУБЕЖІ ХХ-ХХІ СТ.</b>	314
Особливості і тенденції науково-технічного розвитку	314
Основні напрямки наукових досліджень	321
Біотехнологія	326
Проблеми ресурсного забезпечення людства	326
Харчування	329
ГМ продукти	331
Біотехнології у металургії та енергетиці	336
Кібернетика	340
Інформаційні мережеві технології	344
Лазер	347
Можливості нанотехнології	351
Волоконно-оптичні лінії зв'язку	353
Контрольні затаня та завдання	359
Хронологія основних подій і відкриттів	361
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b>	374

Навчальне видання

БССОВ Леонід Михайлович

**ІСТОРІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ**

Навчальний посібник

Роботу до друку рекомендував О.М.Поступной

Редактори: М.П.Єфремова,  
В.М.Баранов

Свідоцтво про реєстрацію ДК №116 від 10.07.2000 р.

План 2003 р., п.114

Підписано до друку 8.07.03. Формат 60x84 /16  
Друк.–ризографія. Ум.–друк. арк. 21,5. Обл.–вид. арк. 26,0  
Наклад 1000 прим. Зам. №

---

Видавничий центр НТУ «ХП», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21  
Свідоцтво про реєстрацію ДК №116 від 10.07.2000 р.

---

Друкарня НТУ «ХП», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21



Бесов Леонід Михайлович. Доктор історичних наук, професор, академік АН ВШ України. Закінчив Харківський політехнічний інститут. Завідуючий кафедрою історії науки і техніки НТУ “ХПІ”. Автор понад 70 наукових праць, 7 винаходів. Винахідник СРСР. Одноосібно і у співавторстві опублікував 6 монографій і навчальних посібників. Започаткував у НТУ “ХПІ” дослідження з історії науки і техніки. Член двох спеціалізованих рад із захисту докторських дисертацій. Член редколегій журналів “Нариси з історії природознавства і техніки”, “Дослідження з історії техніки”, “Історія української науки на межі тисячоліть”. Голова Харківського відділення Всеукраїнського товариства істориків науки.