

НАГЛЯДНАЯ КИНЕМАТИКА

Ст. И.Хромюк, ХНУ им. В.Н. Каразина,

М. Конкин, с.ш. 9, г. Харьков

Рук.: доц. А.Р.Казачков, ХНУ им. В.Н. Каразина,
Assoc. Prof. Marián Kireš, Prírodovedecká fakulta UPJŠ,
Košice, Slovakia

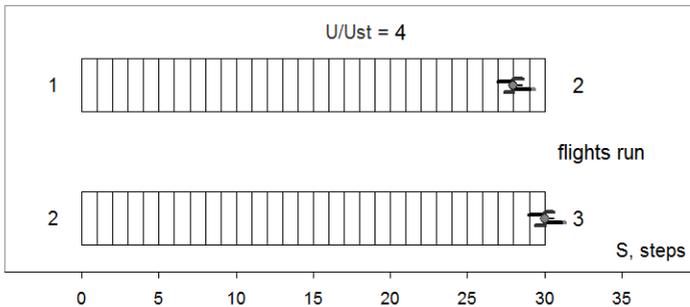
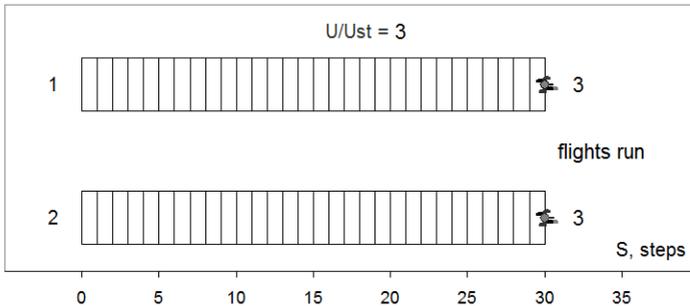
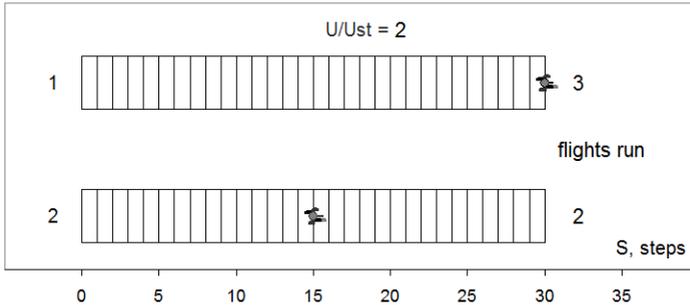
Правильность решения студентами задач кинематики может быть проверена путем сравнения полученного ответа с результатом соответствующего виртуального эксперимента. Для этой цели были построены компьютерные модели в электронных таблицах *Microsoft Office Excel*. Анимацию обеспечивают программные алгоритмы-макросы, ранее созданные студентами ХНУ им.В.Н.Каразина [1].

Задачи проекта формулировались как игровые соревнования. Например, *первый* спортсмен бежит по *неподвижной* лестнице, а *второй* по *движущемуся* эскалатору той же длины. Собственные скорости бегунов равны и постоянны по величине. Развернувшись в конце пролета, они возвращаются к месту старта, так что второй бегун движется то по ходу эскалатора то против хода. Требуется определить победителя забега при заданных скоростях бега U и движения эскалатора U_{st} . Интуитивно не очевидный ответ: при **четном** числе пролетов бегущий по неподвижной лестнице всегда выигрывает, хорошо иллюстрируется анимированной компьютерной моделью. Еще интереснее случай, когда бегуны финишируют после **нечетного** числа N пролетов, и по ходу эскалатора преодолевается на один пролет больше, чем против хода. При такой нарушенной симметрии результат забега определяется соотношением скоростей. Если: а) $U/U_{st} < N$ побеждает бегущий по неподвижной лестнице, б) $U/U_{st} > N$ побеждает бегущий по эскалатору, в) $U/U_{st} = N$ одновременный финиш.

Наглядность компьютерной анимации, моделирующей такие «забеги» обеспечивается, в частности, достаточно реалистичским изображением бегунов, наблюдаемых сверху. Движения рук и ног воспроизводятся в противофазе как гармонические, согласно [2, с.32] и нашим видео-измерениям. Показаны также ступни и головы бегунов, меняющие ориентацию при изменении направления бега:

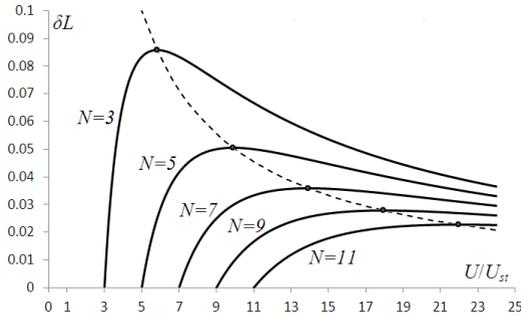


Ниже приведены скриншоты финишных кадров забега на три пролета для случаев а)-в) соотношений скоростей бегун/эскалатор.

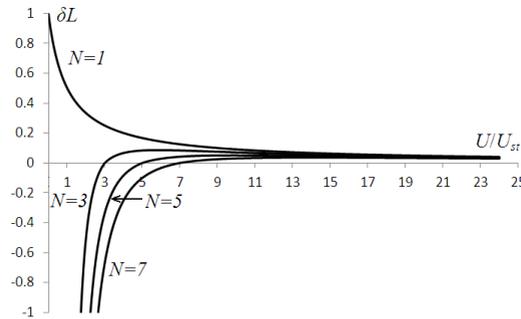


При «асимметричном» забеге с увеличением скорости бегунов (при неизменной скорости эскалатора) участник 2, движущийся по эскалатору, из проигрывающего становится победителем. Это не означает, однако, что его отрыв на финише ΔL тем больше, чем выше скорость бега. Анализ показывает, что максимальный относительный (нормированный на длину пролета лестницы/эскалатора) отрыв $\delta L = \Delta L/L$ второго бегуна достигается при $U/U_{st} = N + (N^2 - 1)^{0.5}$ и равен $\delta L_{max} = 0.5 / (1 + (N^2 - 1)^{0.5})$. Графики соответствующих зависимостей при-

ведены на рисунке ниже. Максимумы отмечены точками и соединены пунктирной линией $\delta L = 0.5 / (1 + ((U/U_{st})^2 - 1)^{0.5})$.



Отметим также, что в забеге на *один* пролет всегда побеждает участник на эскалаторе, добивающийся максимального отрыва $\delta L = 1$ при $U = 0$. При малых скоростях соревнующихся $U/U_{st} < N$ финишное преимущество бегущего по лестнице может достигать $N-1$ пролета и равняется равно одному пролету, если $U/U_{st} < (N)^{0.5}$, см. последний рис.



Работа выполнена в рамках проекта: Research and Education at UPJŠ – Heading towards Excellent European Universities, ITMS project code: 26110230056, supported by the Operational Program Education funded by the European Social Fund (ESF).

Литература:

1. Казачков А.Р., Аверков С.С., Игнатова О.С. Применение анимации в электронных таблицах Excel при решении задач по физике. Материалы студ. конференции «Актуальные проблемы физики и их информационное обеспечение», НТУ «ХПИ» - X., 2007, с. 20-22.
2. Swartz C. Back-of-the-Envelope Physics. - Baltimore, JHU Press, 2003.