

## Рекомендации по использованию моделей «Два события» и «Два события (обратные)»

Все интересующие нас в школьном курсе кинематические релятивистские эффекты следуют из преобразований Лоренца и, в принципе, могут быть продемонстрированы на описанных в этой группе первых двух моделях. Но такая демонстрация потребует, в большинстве случаев, как минимум двух запусков модели. И от учеников потребуются дополнительные усилия для сопоставления результатов этих двух запусков. Модель же «Два события» и модель «Два события (обратные)» позволяют за один запуск увидеть интересующее нас соотношение непосредственно на экране.

В зависимости от моделируемого эффекта события будут разными и важно, чтобы учащиеся понимали, какие именно события моделируются в том или ином случае. Так для демонстрации замедления времени события – это начало и конец «тика» часов, для демонстрации сокращения длины – совпадения с некоторой точкой концов стержня и т.п... В описаниях демонстраций это пояснено.

### Относительность одновременности

Ее продемонстрировать проще всего. Можно использовать как модель «Два события», так и модель «Два события (обратные)». Зададим регуляторами время обоих событий одинаковым, а их координаты по оси  $X$  – различными. Запустив модель увидим, что во второй системе отсчета – события будут уже не одновременны.

Дополнительно можно показать, что если в какой-либо системе отсчета события не только одновременны, но и «одноместны», то такими же они будут и в других системах отсчета. А также то, что для «разноместных», но одновременных в какой-либо СО событий можно выбором направления движения другой СО получить, что в ней «Событие 1» происходит либо раньше, либо позже, чем «Событие 2».

### Замедление времени

Смоделируем часы, неподвижные в одной системе отсчета и движущиеся в другой. Точнее – будем моделировать один «такт» часов, в случае покоящихся часов длящийся одну секунду. Здесь, опять же, можно использовать как модель «Два события», так и модель «Два события (обратные)».

В одной СО выставим координаты двух событий одинаковыми, а времена – такими, что второе событие происходит на одну секунду позже первого. Запустив модель, увидим, что при относительной скорости СО, отличной от нуля, второе событие в СО, в которой часы движутся, происходит в момент времени по ее часам позже, то есть движущиеся часы идут медленнее неподвижных.

### Сокращение длины:

Будем моделировать ситуацию, когда длина движущегося стержня измеряется путем одновременной постановки отметок у его концов. Такая постановка отметок – это и будут события 1 и 2 в СО  $O'$ , в которой стержень, покоящийся в СО  $O$ , движется. При этом в СО  $O$  моменты времени (поскольку концы стержня в ней не меняют своего положения) не важны, расстояние между событиями в ней – это и есть длина покоящегося стержня.

Если для демонстрации использовать модель «Два события», то предварительно нужно подобрать такую длину неподвижного стержня, при которой для выбранных скоростей можно задать времена событий в СО  $O$  такими, что в СО  $O'$  они будут одновременны. (Такой подбор требуется потому, что Живая Физика позволяет вводить в уставку значения не более чем с двумя значащими цифрами после десятичной точки.)

Приведем, в качестве примера, возможную таблицу для длины покоящегося стержня 4 св. с.

V (вправо)	t1	t2	$l' = x'_2 - x'_1$
0	0	0	4
0.28	0	1.12	3.84
0.60	0	2.4	3.2
0.80	0	3.2	2.4
0.98	0	3.84	1.12

Если в модели задать скорость СО  $O'$  и времена  $t_1$  и  $t_2$  из какой-либо строки этой таблицы, то события  $t'_1$  и  $t'_2$  будут одновременны. Тем самым расстояние между ними и окажется длиной движущегося стержня.

#### Закон сложения скоростей

Пусть у нас есть движущийся с постоянной скоростью  $v$  в некоторой СО объект, а нам нужно узнать, какова его скорость  $v'$  в другой СО, движущейся со скоростью  $V$  относительно первой. Ответ на этот вопрос и дается релятивистским законом сложения скоростей. События, которые мы моделируем, это совпадения координат движущегося объекта с концами стержня заданной длины. Скорость объекта в данной СО равна при этом разности координат событий, деленной на разность их времен.

#### Инвариантность интервала

Интервал (полное название «интервал пространства-времени») между событиями в СО – это, как известно, расстояние в пространстве-времени между событиями, величина которого определяется по формуле

$$s^2 = (t_1 - t_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 \quad (1)$$

Задав в модели «Два события» значения  $t_1$  и  $t_2$  для времени событий в СО  $O$  и значения  $x_1$  и  $x_2$  для их координат, вычислим по формуле (1) интервал между этими событиями. Запуская теперь модель с разными скоростями и вычисляя интервал между этими событиями в СО  $O'$ , легко убедиться в том, что интервал между ними остается постоянным.

Подбирая подходящие значения, можно продемонстрировать свойства пространственноподобных, времениподобных и светоподобных интервалов.

В заключение отметим, что для всех упомянутых выше эффектов, эти модели можно использовать для постановки и/или проверки решения задач соответствующей тематики.