

Модель «Движущийся стержень»

Скриншот модели «Движущийся стержень».

Система отсчета O

- Показывать: Показывать
- Время по часам O: $t, c = 0.0000$
- Время по часам T: $t', c = 0.0000$
- Длина неподвижного стержня: $l_0 = 8.40$
- Движение точки A вдоль стержня:

$t =$	0.0000
$v =$	0.8000
$v*t =$	0.0000

Система отсчета O'

- Показывать: Показывать
- Время по часам O': $t', c = 0.0000$
- Длина стержня: l'
- Движение стержня вдоль точки A:

$t =$	0.0000
$v =$	0.8000
$v*t =$	0.0000
- Скорость O' относительно O, c:

-0.96	($\sqrt{0.9216}$)
-0.80	($\sqrt{0.64}$)
-0.60	($\sqrt{0.36}$)
-0.28	($\sqrt{0.0728}$)
-0	

Шаг вперед / Шаг назад

Назначение

Модель предназначена для демонстрации явления сокращения длины в СТО.

Технические комментарии

Скриншот модели показан на рисунке.

Смоделирован стержень, показанный в двух системах отсчета. В верхней половине экрана расположена $CO O$, в которой этот стержень покоится. В нижней – $CO O'$, которая относительно $CO O$ движется со скоростью, заданной регулятором. Регулятор позволяет установить скорость движения $CO O'$ относительно $CO O$ из указанного на нем набора скоростей. Эти скорости выбраны так, что длина движущегося стержня, при некоторых значениях длины неподвижного, оказывается равным числу с малым числом значащих цифр после запятой.

Из возможных способов измерения длины стержня выбран тот, который можно объяснить школьникам проще всего, не прибегая к сложным вычислениям и не опираясь на преобразования Лоренца. Это измерение происходит следующим образом. В начальный момент времени ($t = t' = 0$) у правого конца стержня расположена точка A, неподвижная в $CO O'$. Для наблюдателя в $CO O$ эта точка движется вдоль покоящегося стержня. Зная скорость v точки A в его системе отсчета и измерив время t , за которое точка дойдет до левого конца стержня, наблюдатель определит длину стержня l_0 как произведение $v*t$. Для наблюдателя в $CO O'$ этот же стержень скользит относительно точки A с той же по модулю скоростью (только направленной в противоположном направлении). В этой CO длина стержня $l' = v*t'$. Нетрудно видеть, что длина стержня, измеренного наблюдателем, относительно которого стержень движется, будет настолько короче длины неподвижного стержня, насколько медленнее идут используемые часы T' в сравнении с часами $CO O$.

(Обратим внимание учителя на то, что этот способ не работает при $v = 0$. Но если стержень покоится в обеих системах отсчета, то к нему можно просто приложить линейку и убедиться, что длина его неизменна.)

Регулятор, видимый только при показанной СО О, задает длину неподвижного стержня.

В каждой из систем отсчета включены следующие измерители: измеритель времени в данной СО; измеритель длины стержня, показывающий время и скорость движения точки А относительно стержня и их произведение.

В обеих СО существуют часы T' , размещенные в точке А. В СО О' они покоятся и видны всегда. В СО О показ этих часов и связанного с ними измерителя времени включается/отключается специальным чекбоксом.

Паузы в модели включены всегда. Модель устанавливается на паузу, когда в видимой в ходе эксперимента СО точка А совпадает с левым концом стержня.

Кнопки «Шаг назад» и «Шаг вперед» позволяют точно настроить модель на нужный момент времени. Их же удобно использовать сразу после открытия модели, чтобы начальные условия оказались вычисленными в нулевом кадре. Чекбокс «Формулы и расчеты» позволяет показать формулы, описывающие сокращение длины и расчеты его значения для установленной скорости движения СО О'.

Рекомендации по использованию

Перед первым запуском рекомендуется сохранить модель в следующем состоянии: чекбокс «Формулы и расчеты» и чекбокс «Показать часы T' » выключены; показ обеих СО отключен. Затем, включив показ только СО О (в которой стержень неподвижен), познакомить учащихся со способом измерения длины. Показать, что измеренная так длина стержня при любой скорости движения точки А, оказывается равной длине, заданной регулятором. (Чтобы получить числа, с которыми легко проводить расчеты, рекомендуем выбирать длину стержня равной 8,4 св. с или половину/четверть этого значения.) После этого обсудить с учащимися вопрос: какова будет длина стержня, измеренного наблюдателем СО О'?

Поскольку школьники уже знают, что движущиеся часы идут медленнее, естественно предположить, что часы наблюдателя СО О' будут показывать меньшее время в момент, когда поравняются с левым концом стержня. Включив показ часов T' это можно увидеть на модели. (Например, при длине стержня 4,2 и скорости 0,8, часы T' покажут 3,15 с, в то время как часы СО О – 5,25 с.)

После этого можно нажать кнопку «Сброс», включить показ СО О' и убедиться, что наблюдатель, измеряющий длину движущегося стержня, получит меньшее значение, чем наблюдатель, относительно которого стержень покоится.

Продемонстрировать затем, как изменяется длина стержня, при изменении скорости движения одной СО относительно другой.