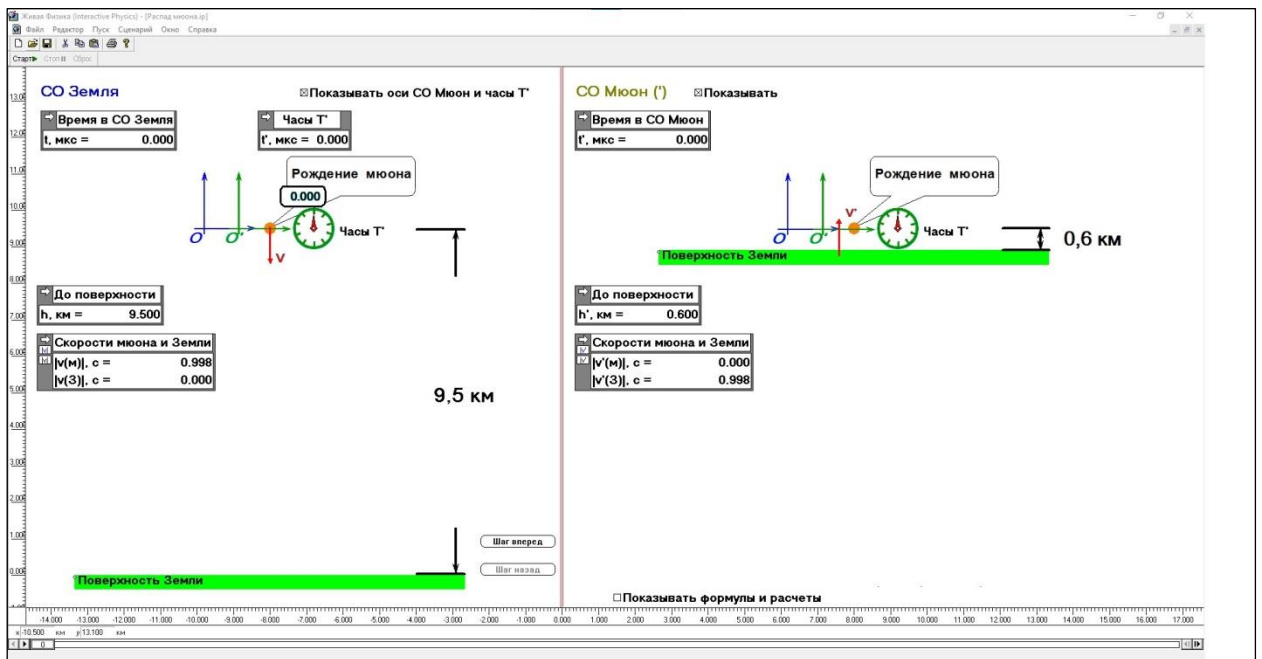


Модель «Распад мюона»



Назначение

Модель предназначена для демонстрации одного из первых экспериментальных подтверждений СТО.

Кратко опишем историю события. Мюон – элементарная частица, впервые обнаруженная при изучении космических лучей в 1937 году. Рождаются мюоны в атмосфере на высоте около 9,5 км, летят после рождения к Земле со скоростью, близкой к скорости света, и значительная их часть распадается на уровне поверхности Земли. Нетрудно посчитать, что даже свету для прохождения такого расстояния нужно около 30 мкс. Парадоксальность ситуации в том, что, когда мюоны научились получать в ускорителях, выяснилось, что время жизни мюона (имеющего небольшую скорость) немногим больше 2 мкс. Классическая механика не позволяла объяснить, как частица, «живущая» 2 мкс, может пролетать расстояние, для преодоления которого нужно больше 30 мкс. Объяснить наблюдаемые явления удалось только с помощью СТО.

Данные для моделирования взяты из работы [1].

Технические комментарии

Скриншот модели показан на рисунке.

Смоделировано движение мюона в двух системах отсчета, первой – связанной с Землёй и второй, связанной с мюоном. Поскольку в обеих СО движение происходит по вертикали, экран модели также разделен по вертикали. В левой половине экрана размещена СО «Земля». Ее начало отсчета, точка O, находится в месте рождения мюона, на высоте 9,5 км над поверхностью Земли. В правой половине размещена СО «Мюон», ее начало отсчета, точка O', расположено в момент рождения мюона на той же высоте, что и точка O.

В СО «Земля» размещен измеритель времени в этой СО, а также два измерителя: 1) расстояния от мюона до поверхности Земли и 2) скоростей мюона и поверхности Земли. Чекбокс «Показывать оси СО Мюон и часы T'» включает показ соответствующих объектов. Для удобства отслеживания часы T' представлены как движущимся стрелочным

циферблатом, дополненным скрепленным с ним цифровым измерителем, так и неподвижным измерителем времени по тем же часам.

В СО «Мюон» также размещен измеритель времени этой СО и аналогичные измерителям СО «Земля» измерители расстояния от мюона до поверхности Земли и скоростей мюона и поверхности Земли. Часы T' , в этой СО неподвижные, представлены только стрелочным циферблатом, поскольку их показания дублируются упомянутым выше измерителем времени в этой СО.

Чекбокс «Показывать» в СО «Мюон» позволяет скрыть эту СО от учащихся в той фазе демонстрации, когда все их внимание должно быть сосредоточено на происходящем в СО «Земля».

При запуске модели время в каждой СО идет до момента, когда мюон в ней достигает поверхности Земли и распадается. После этого часы (и движение объектов) СО останавливаются.

Кнопки «Шаг назад» и «Шаг вперед» позволяют точно настроить модель на нужный момент времени. Чекбокс «Формулы и расчеты» позволяет показать формулы и результаты расчетов по ним для происходящего в модели.

Рекомендации по использованию

Перед первым запуском рекомендуется сохранить модель в состоянии, когда все чекбоксы выключены. При этом учащиеся видят только происходящее в СО «Земля». Запустить модель и показать, что родившийся на высоте 9,5 км над поверхностью Земли и движущийся к ней со скоростью 0,998 с мюон распадается у поверхности, достигнув ее за время $t = 31,75$ мкс.

После этого можно выполнить «Сброс», включить чекбокс «Показывать оси СО Мюон и часы T' » и предложить учащимся предсказать, что будут показывать часы T' , неподвижные в СО «Мюон», в момент его распада. Из известной уже формулы замедления времени получается, что показания этих часов будут равны 2,005 мкс.

Затем повторить демонстрацию, включив чекбокс «Показать» для СО «Мюон». В этой СО часы T' неподвижны и идут «не замедленно». Зато поверхность Земли, движущаяся навстречу мюону со скоростью 0,998 с, из-за сокращения длины оказывается в момент рождения мюона на расстоянии всего 600 м от него. Соответственно распадается мюон в момент встречи с поверхностью через время $t = 2,005$ мкс после рождения.

Чекбокс «Показывать формулы и расчеты» можно включать в любой момент демонстрации, для напоминания нужных формул и/или проверки результатов расчетов.

Литература

1. [Гладун А.Д. Элементы релятивистской механики: учебно-методическое пособие по курсу Общая физика. 2-е изд. М.: МФТИ, 2012. – 37 с.](#)