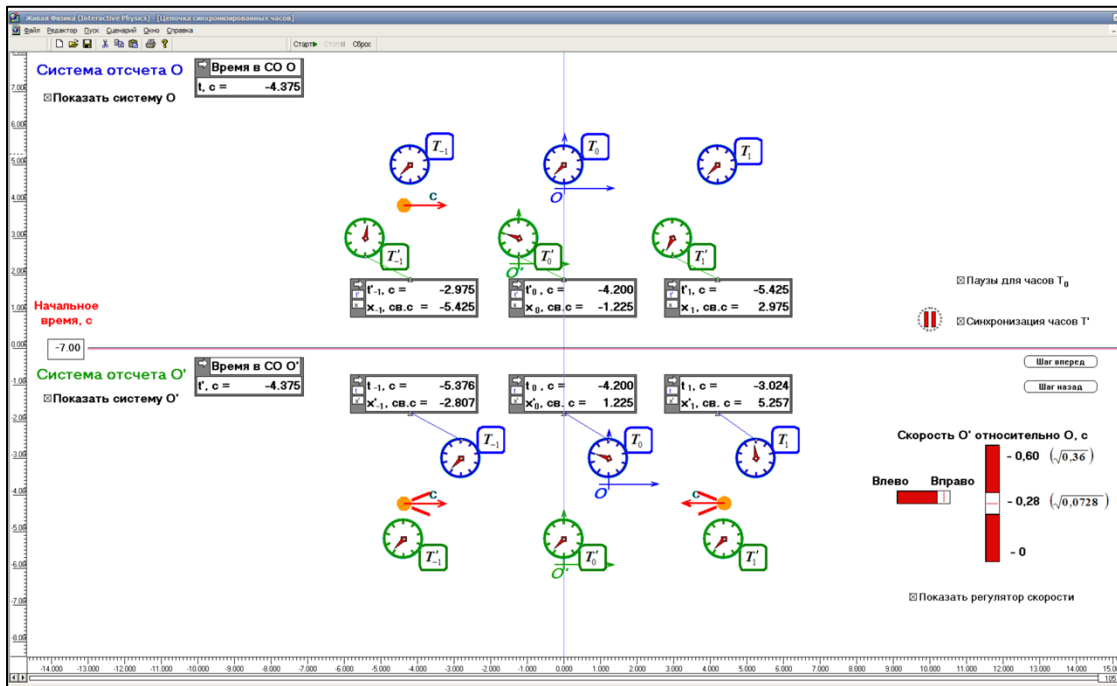


Модель «Цепочка синхронизированных часов»



Назначение

Модель предназначена для изучения двух цепочек часов, каждая из которых синхронизирована в своей системе отсчета.

Технические комментарии

Скриншот модели показан на рисунке.

В верхней половине экрана расположена СО О, условно считаемая покоящейся. В нижней – СО О', которая относительно СО О движется со скоростью, заданной регулятором. Регулятор – двойной, первая рукоятка задает направление движения (вправо или влево), вторая – позволяет задать одно из трех значений модуля скорости: 0 или 0.28 или 0.6 с.

Уставка «Начальное время» у левого края экрана служит для задания времени в обеих СО в начальный момент моделирования. Это время пользователь может вводить (обязательно целым числом!) в диапазоне от -20 до +20 секунд.

В обеих системах отсчета показаны их начала координат, помеченные «О» и «О'».


В СО О расположены трое неподвижных в ней часов (T_{-1} , T_0 и T_1), причем часы T_0 расположены в начале координат, а двое других – на расстоянии ± 4.20 световой секунды по оси x от них.

В СО О' помещены также трое неподвижных в ней часов (T'_{-1} , T'_0 и T'_1), при этом в начале ее координат расположены часы T'_0 , а расстояние от них до двух других зависит от относительной скорости систем отсчета и задается таким, чтобы в СО О эти часы были от «центральных» на том же расстоянии ± 4.20 световой секунды. (Нетрудно рассчитать, что при скорости равной нулю это расстояние будет ± 4.20 , при 0.28 – ± 4.375 , а при 0.6 – ± 5.25 св. с.)

Таким образом, в каждой из двух половин экрана видно две цепочки из трех часов, трое – неподвижных и трое – движущихся. Неподвижная тройка часов в своей СО синхронизирована, а вторая (при ненулевой относительной скорости) уже показывает разное время. Время по неподвижным часам показывают точно измерители с названиями «Время в СО О» и «Время в СО О'», в верхних левых сторонах половин экрана. Для каждого же движущихся часов создан свой отдельный измеритель, показывающий и время по этим часам, и их координату в текущей СО. Названий эти измерители не имеют. А для того, чтобы было проще понять, к каким часам который измеритель относится, каждый из измерителей соединен тонкой линией со «своими» часами.

В правой части экрана размещены еще два чекбокса. Первый называется «Синхронизация часов T' ». Когда он включен, в СО О' у часов T'_{-1} и T'_1 происходят две вспышки и два световых импульса начинают двигаться к часам T'_0 . Эти вспышки достигают часов T'_0 одновременно (в момент времени $t' = 0$), демонстрируя тем самым, что эти часы в СО О' – синхронизированы. В СО О, однако, вспышка у одних часов (T'_{-1} или T'_1 , в зависимости от направления движения) происходит раньше, а у вторых – позже. В этой СО цепочка часов T' оказывается не синхронизированной. В момент каждой из вспышек, а также в момент прихода импульсов к «центральному» часам, работа модели приостанавливается на паузу.

Второй чекбокс «Паузы для часов T_0 » включает постановку модели на паузу в те моменты, когда в которой-либо видимой СО координата часов T_0 совпадает с координатой каких-либо из часов T' . (Паузы при его включении возникают, только если относительная скорость систем отсчета не равна нулю.)

Чтобы пользователю было проще понять, который из чекбоксов вызвал паузу, перед ним при срабатывании появляется значок .

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.

Назначение остальных элементов модели понятно из скриншота.

Рекомендации по использованию

Модель может быть использована несколькими способами.

Первый – для рассмотрения процесса синхронизации часов. Здесь это можно сделать более детально, чем с помощью группы моделей «Поезд Эйнштейна».

Второй – для демонстрации того, что для наблюдателя, находящегося в одной системе отсчета, часть объектов другой, движущейся системы, находится в ее (этой системы) будущем, а часть – в ее прошлом.

Третий – для (еще одного) объяснения парадокса близнецов.

Подробности можно найти, например, в книге С.С. Степанова «Релятивистский мир», том 1. URL <http://synset.com>.