

## Изучение прямолинейного равноускоренного движения во времени

### Цель работы

Целью работы являются:

Измерение скорости при помощи колесного блока, изучение зависимости скорости от времени при равноускоренном движении.

### Метод экспериментального исследования явления

При помощи вращающегося блока можно измерить скорость. Угол, образуемый одной спицей и одним пустым сектором колесного блока равен  $\Theta$ . Блок поворачивается на угол  $\Theta$  за время  $t=t_1$ , на угол  $2\Theta$  за время равное  $t=t_2$ , на угол  $3\Theta$  за время  $t=t_3$ .



Рис 1

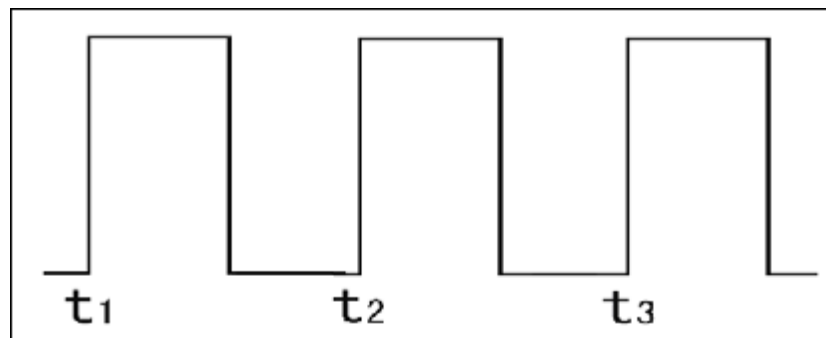


Рис. 2

$$T1 = \frac{t1 + t2}{2}; \quad T2 = \frac{t2 + t3}{2} \quad \text{- время}$$

$$\omega1 = \frac{\Theta}{t2 - t1}; \quad \omega2 = \frac{\Theta}{t3 - t2} \quad \text{- угловая скорость}$$

$$V1 = r\omega1; \quad V2 = r\omega2 \quad \text{- линейная скорость}$$

$$a = \frac{V2 - V1}{T2 - T1} \quad \text{- ускорение}$$

Время  $t_1$  определяется, как время, прошедшее от начала эксперимента, до первого прерывания потока света спицей блока, т.е. время, за которое блок повернулся на угол  $\Theta$ ,  $t_2$  – время за которое блок повернулся на два угла  $\Theta$  и т.д.

## Теория

Движение называется *прямолинейным*, если траекторией тела в данной системе отсчета является прямая линия. Для описания прямолинейного движения удобно совместить одну из осей координат (например, ось абсцисс  $Ox$ ) с направлением, вдоль которого происходит движение.

*Равномерным* называется движение, при котором перемещения (изменения координаты) тела за любые равные промежутки времени одинаковы. При равномерном прямолинейном движении скорость тела постоянна по величине и направлению. Зависимость координаты  $x$  тела от времени  $t$  имеет вид  $x = x_0 + v_0 t$ , где  $x_0$  — начальная координата тела;  $v_0$  — проекция скорости тела на координатную ось  $Ox$ .

Путь  $s$ , пройденный телом за промежуток времени  $t_2 - t_1$  при прямолинейном движении в одном направлении вдоль оси  $Ox$ , равен модулю разности координат:  $s = |x_2 - x_1|$ . Зависимость пути от времени можно найти, зная модуль проекции скорости  $v_0$ :  $s = |v_0| t$ .

Ожидаемые зависимости координаты тела, пройденного телом пути и скорости тела от времени при равномерном прямолинейном движении в одном направлении приведены на рисунке 1.

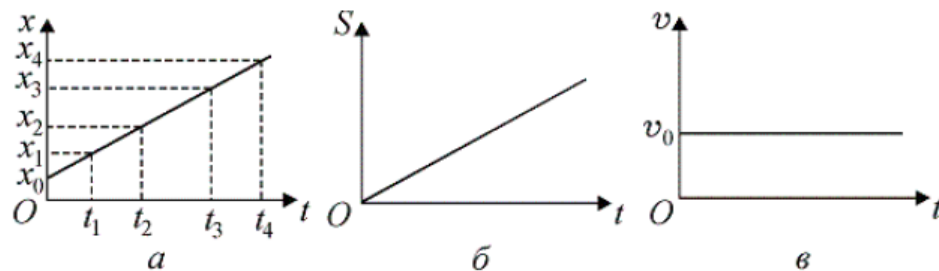


Рис. 1. Зависимости координаты тела (а), пройденного телом пути (б) и скорости тела (в) от времени при движении в одном направлении

Из рисунка 1, а видно, что за равные промежутки времени  $t_4 - t_3 = t_2 - t_1$  тело проходит одинаковые пути:  $x_4 - x_3 = x_2 - x_1$ .

Представляет интерес случай, когда при ударе тела (тележки) об ограничитель оно меняет направление движения на противоположное. Пусть удар произошел в момент времени  $t = \tau$ , а расстояние от ограничителя до начала координат равно  $l$ . Начиная с этого момента координата тела будет изменяться по закону:  $x = l - |v_1| (t - \tau)$ , где  $v_1$  — проекция скорости тела на координатную ось  $Ox$  после удара. Поскольку удар является не вполне упругим, то  $|v_1| < |v_0|$ . Путь, пройденный телом после удара, в любой произвольный момент времени  $t$  равен:  $s = l + |v_1| (t - \tau)$ .

Ожидаемые зависимости координаты тела, пройденного телом пути и скорости тела от времени за все время движения будут иметь вид, изображенный на рисунке 2.

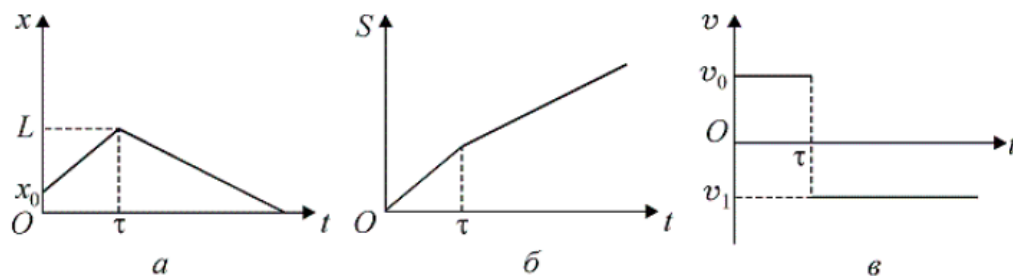


Рис. 2. Зависимости координаты тела (а), пройденного телом пути (б) и скорости тела (в) от времени за все время движения

## Контрольные вопросы

1. Какое движение называется прямолинейным?
2. Как определяется скорость тела при равноускоренном движении?
3. Как изменяется скорость движения тележки во времени?

## Оборудование экспериментальной установки

Датчик Ворота с фотоэлементом

Желоб длиной 110 см с магнитной подвеской.

Ограничитель.

Тележка на магнитной подвеске с пружинным бампером.

Уровень (приспособление для проверки горизонтальности плоскостей).



## Параметры экспериментальной установки

### Длительность проведения эксперимента

Рекомендуется провести по одному опыту для трех–пяти значений начальной скорости тележки. Весь цикл измерений может быть проведен за 2–3 мин.

На обсуждение содержания эксперимента и его результатов, ответы на вопросы во время выполнения измерений и после их окончания отводится 10–30 мин.

### Точность измерений

При строгом следовании рекомендациям разделов «Монтаж и настройка», «Подготовка приборов» и «Методика выполнения эксперимента» данный эксперимент позволяет измерить скорость движения тела с точностью до 0,1 м/с.

### Техника безопасности

Во время проведения эксперимента необходимо соблюдать все правила техники безопасности, указанные для персонального компьютера как электрического оборудования.

Используемое измерительное оборудование (система сбора данных, Датчик Ворота с фотоэлементом) экспериментальной установки рассчитано на питание от низковольтного напряжения, не представляющего опасности для человека.

Существует ряд методов установки датчика Ворота с фотоэлементом. В зависимости от требований эксперимента, его положение меняется. Убедитесь в том, что устройство точное.

Свет в пространстве (солнечный или от лампы) повлияет на результаты

В связи с тем, что датчик Ворота с фотоэлементом способен измерять большое количество физических величин, убедитесь в том, что вы установили экспериментальное программное обеспечение.

Выбирайте в программном обеспечении SensorLab правильный датчик Ворота с фотоэлементом, когда вы используете одновременно два прибора.

### Обеспечение наглядности результатов эксперимента

Направляющие следует устанавливать на демонстрационном столе в месте, позволяющем обеспечить хороший обзор проведения эксперимента для каждого ученика.

Для обеспечения удобства управления демонстрацией эксперимента компьютер необходимо располагать достаточно близко от установки (на расстоянии не более 1,5 м).

Экран компьютера рекомендуется продублировать с помощью проектора.

## Монтаж и настройка



Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке  
Откройте программное обеспечение, выбрать новый эксперимент или откройте шаблон «Изучение равноускоренного движения»

### Подготовка приборов

Перед началом проведения эксперимента необходимо выполнить следующее:

Внимательно прочитайте инструкции, подготовьте необходимое оборудование, соберите установку в соответствии с разделом «Монтаж и настройка».

Запустите программу **SensorLab ПО**.

Подключите датчик Ворота с фотоэлементом к аналоговому входу системы сбора данных.

Нажмите кнопку **Пуск**. На графике **Скорость** и **Время** отображается зависимость скорости, которое регистрирует датчик, от времени;

Для очистки графика можно использовать кнопку **Удалить данные**.

### Методика выполнения эксперимента

#### Проведение измерений

Поместите тележку на направляющие.

Отпустите тележку одновременно с нажатием кнопки **Пуск**. На графике **Скорость** и **Время** появляется прямая линия.

Подтолкните тележку рукой в направлении к датчику (сообщая ей начальную скорость 0,7–1,0 м/с). Программа начинает измерение скорости тележки. Измеренная скорость тележки, отображается на графике **Скорость** и **Время**.

После остановки тележки нажмите кнопку **Стоп**. Регистрация данных прекращается, на экран дисплея выводятся графики измеренных зависимостей пути, пройденного тележкой, и ее скорости от времени. Масштабы обоих графиков автоматически изменяются: начало отсчета совмещается с моментом начала движения.

На график зависимости скорости от времени накладывается аппроксимирующая ее линия, состоящая из следующих отрезков: до начала движения — отрезок, параллельный оси времени и соответствующий скорости от начала движения до точки разворота — отрезок, соответствующий положительной скорости; от точки разворота до остановки тела — отрезок, соответствующий отрицательной скорости.

#### Анализ результатов

Графики измеренных зависимостей пути, пройденного тележкой, и скорости тележки от времени, а также аппроксимирующий график зависимости скорости от времени появляются автоматически после остановки тележки. Никаких дополнительных действий для проведения анализа не требуется.

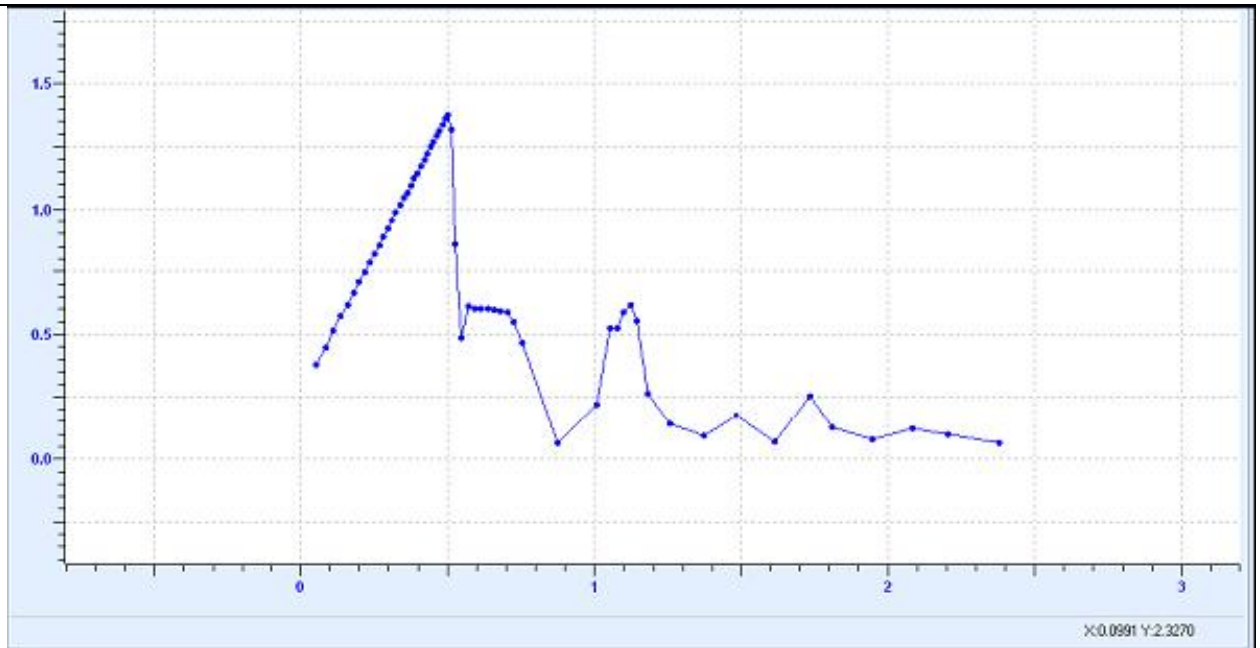


График движения тележки

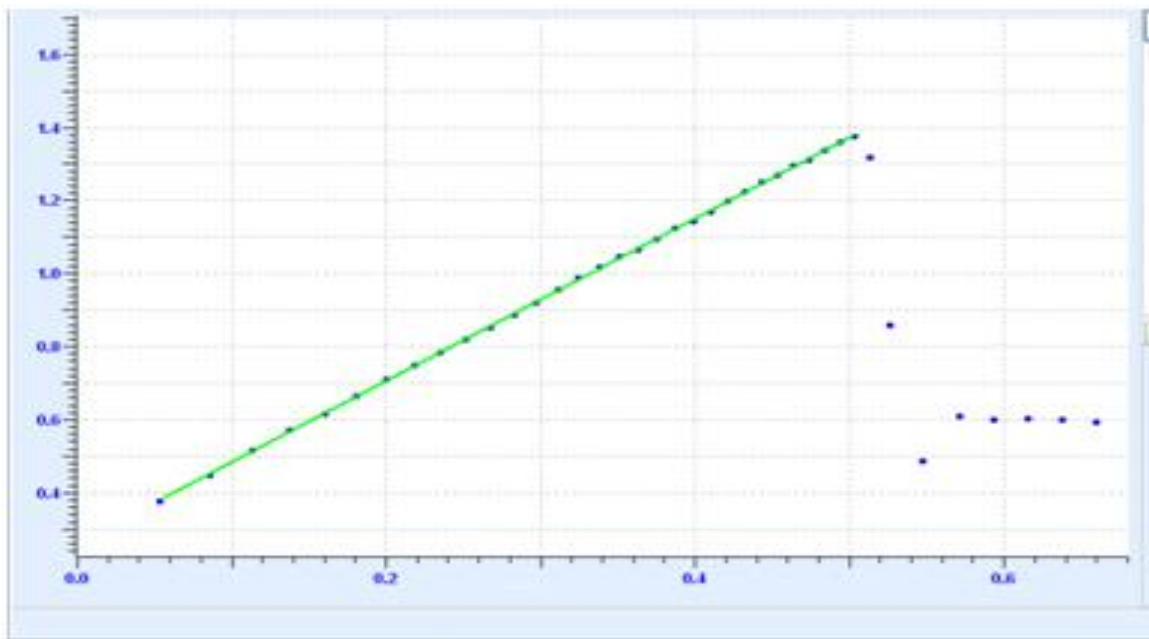


График равноускоренного движения тележки

Обратите внимание учащихся на то, что до удара тележки об ограничитель ее скорость практически постоянна; после удара об ограничитель скорость тележки меняет направление на противоположное и тележка продолжает равномерное прямолинейное движение. Объясните, что изменение вида зависимости координаты тележки от времени связано с изменением знака проекции скорости тележки после удара. Обратите внимание учащихся на то, что скорость тележки за пройденный путь монотонно возрастает.

### Повторные измерения

В начале проведения последующих измерений графики на экране дисплея очищаются автоматически (при нажатии кнопки **Пуск**).

Проведите несколько опытов, сообщая тележке разные по величине начальные скорости. На одной-двух зависимостях скорости тележки от времени, отображенных на экране дисплея, покажите учащимся, что на участках равноускоренного движения за равные промежутки времени тележка проходит одинаковые пути.

### Дополнительное задание

По изменению скорости на участках до и после удара об ограничитель оцените ускорение тележки.

## Справка

### Принцип действия используемых датчиков

#### Датчик Ворота с фотоэлементом

В сущности, датчик Ворота с фотоэлементом—это цифровой датчик с инфракрасным излучателем (ИИ) с одной стороны и инфракрасным поглотителем (ИП) с другой, соответственно. При нормальных условиях ИИ посылает инфракрасные лучи ИП, а когда ИП получает оптический сигнал, он трансформирует его в электронный. Если ИП получает лучи, фотозатвор будет внизу (открытый вариант\положение), если же нет, то вверх (закрытый вариант\положение).

Данный прибор используется для измерения времени, затраченного на одно действие или несколько. Если используется обычный световой барьер и его размер известен, то когда луч проходит через этот барьер система подсчитывает скорость. В случае если используются два фотозатвора, получается двойной световой барьер, который так же вычислит скорость.

В точки зрения кинематических испытаний, он использует различные испытательные инструменты, такие как динамическая система, т.е. сама структура фотозатвора, которая позволяет фиксировать его шурупами на различных 4 уровнях.

