

Лабораторная работа

Изучение законов прямолинейного движения на машине Атвуда.

Оборудование: машина Атвуда, набор грузов.

Описание целей работы

Конкретная цель	Критерии достижения цели
I. Изучение теории	
1. Основные понятия кинематики материальной точки	Студент может сформулировать определение и привести примеры понятий: механическое движение, система отсчета, материальная точка, траектория, путь, перемещение, радиус-вектор, скорость, ускорение.
2. Законы прямолинейного равноускоренного движения	Студент правильно отвечает на вопросы № 1-6
3. Теория эксперимента	Студент может объяснить вывод формул (4), (5).
II. Практические навыки	
Студент должен научиться: <ul style="list-style-type: none">- подготавливать установку к работе;- снимать измерения;- определять погрешность экспериментальных измерений.	

I. Необходимые теоретические сведения.

1.1 Изучив учебную литературу, сформулируйте определения понятий: механическое движение, система отсчета, материальная точка, траектория, путь, перемещение, радиус-вектор, скорость, ускорение. Проиллюстрируйте свой ответ примерами. Укажите единицы измерения перечисленных величин.

1.2 Изучив литературу, ответьте на следующие вопросы:

1. Какое движение называется прямолинейным равноускоренным? Приведите примеры.
2. Какой вид для прямолинейного равноускоренного движения имеет зависимость скорости от времени? Модуль перемещения от времени?
3. Как движется тело при $a > 0$? при $a < 0$?
4. Для каждой из ниже перечисленных зависимостей укажите:

а) $v = 10 + 2t$

д) $S = 10t + t^2$

$$\text{б) } v = 10 - 2t$$

$$\text{в) } v = 5t$$

$$\text{г) } v = -5t$$

$$\text{е) } S = 10t - t^2$$

$$\text{ж) } S = 12,5t^2$$

$$\text{з) } S = 5t^2$$

- вид зависимости;
 - равномерное или переменное движение описывается в данном выражении? Почему вы так решили?
 - какова начальная скорость движения?
 - каково ускорение движения?
 - как движется тело?
 - составьте зависимость $S(t)$ для случаев а, б, в, г ($S_0=0$);
 - составьте зависимость $v(t)$ для случаев д, е, ж, з;
- точки в конце пятой секунды.

1.3. Согласно закону инерции Галилео Галилея свободное тело (т.е. не испытывающее действия других тел) движется не меняя скорости, т.е. прямолинейно и равномерно. Причиной изменения скорости тела является действие на него других тел, характеризуемое физической величиной «сила». Второй закон динамики утверждает, что получаемое телом ускорение \vec{a} пропорционально действующей на тело силе и обратно пропорциональна массе тела (его инертности):

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1)$$

Если на тело действует несколько сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ и т.д. то в (1) имеется в виду равнодействующая сила $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$.

В данной работе предлагается проверить соотношение (1) на установке, называемой **машинной Атвуда**. На рис. 1 изображен внешний вид установки.

На основании 2 прибора укреплены вертикальная стойка 1 и миллисекундомер 10. На вертикальной стойке расположены три кронштейна: нижний 3, средний 4, верхний 5.

На верхнем кронштейне крепится блок с узлом подшипников качения, через который перекинута нить с грузами одинаковой массы. Электромагнит 7, с помощью фрикциона (при подаче на него напряжения), удерживает систему с грузами в неподвижном состоянии.

На среднем кронштейне крепится фотодатчик 8, который выдает электрический сигнал окончания счета времени равноускоренного движения грузов. Фотодатчик соединен кабелем с миллисекундомером. Кронштейн

имеет индекс, положение которого совпадает с оптической осью фотодатчика (риска на его корпусе).

Нижний кронштейн представляет собой площадку с резиновым амортизатором, о который ударяется груз при его остановке. Средний и нижний кронштейны имеют возможность свободного перемещения и фиксации на вертикальной стойке по всей ее свободной длине. На вертикальной стойке укреплена миллиметровая линейка 9, по которой определяют начальное и конечное положение грузов, следовательно, и пройденный путь. Начальное положение определяют визуально по нижнему срезу груза, конечное положение – по индексу среднего кронштейна.

Принцип работы установки состоит в том, что когда на концах нити висят грузы одинаковой массы M , система находится в положении безразличного равновесия. Если на один из грузов положить перегрузок массой m система выходит из равновесия и начинает двигаться равноускоренно. В комплект добавочных грузов входит несколько перегрузков, что позволяет исследовать движение с разными ускорениями.

Чтобы найти ускорение, определим силы, действующие на каждый груз (рис. 2).

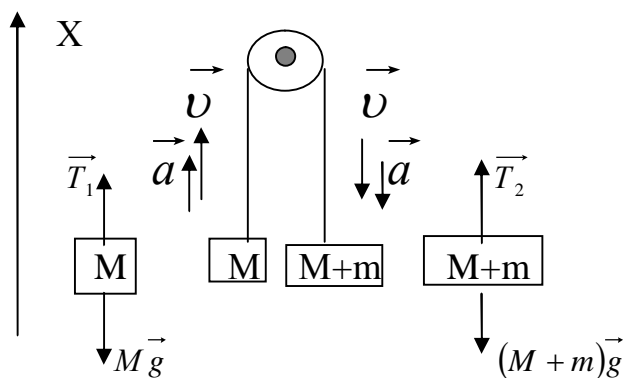


Рис.2

Если нить не растягивается, то очевидно, что оба груза движутся с одинаковым по модулю ускорением a . На левый груз действует притяжение Земли - сила тяжести $M\vec{g}$ и натяжение нити - сила упругости нити \vec{T}_1 . На правый груз - сила тяжести $(M+m)\vec{g}$ и сила

тяжести $(M+m)\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{T}_2 .

Применим второй закон Ньютона:

$$\begin{array}{ll} \text{для левого груза} & \text{для правого груза} \\ \text{а) } \vec{T}_1 + M\vec{g} = M\vec{a} & \text{б) } \vec{T}_2 + (M+m)\vec{g} = (M+m)\vec{a} \end{array} \quad (2)$$

Выберем произвольную ось x и спроецируем на нее уравнения (2).

Получим:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } T_1 - Mg = Ma & \text{б) } T_2 - (M+m)g = -(M+m)a \end{array} \quad (3)$$

Вообще говоря, T_1 и T_2 различны. Но если допустить, что

- нить и блок невесомы;
- трение в блоке отсутствует, тогда $T_1 = T_2 = T$.

Вычтем из (3а) (3б), получим:

$$a = \frac{mg}{(2M + m)} \quad (4)$$

Выражение (4) показывает, что система из двух грузов общей массой $2M+m$ движется с ускорением a под действием силы тяжести перегрузка m . Зная M и m можно вычислить значение a .

Значение ускорения a можно также определить экспериментально. Т.к. движение грузов происходит равноускоренно без начальной скорости, то пройденный каждым грузом путь

$$S = \frac{at^2}{2}$$

Измерив пройденный путь по линейке и время секундомером, найдем

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (5)$$

II. Порядок выполнения работы

1. Приведите подвижную систему в исходное состояние, установив правый груз в крайнем верхнем положении.
2. Нажмите на кнопку «сеть» миллисекундомера, при этом должен сработать фрикцион электромагнита.
3. Положите на правый груз один из перегрузков (разновесов).
4. Определите пройденный путь по шкале, как расстояние от верхнего положения груза до индекса среднего кронштейна.
5. Нажмите на кнопку «пуск» миллисекундомера. При этом отключается электромагнит и груз придет в движение. Одновременно включается миллисекундомер, который выключится в тот момент, когда груз дойдет до индекса на среднем кронштейне.
6. Запишите показания миллисекундомера - время движения груза.
7. По формуле (5) определите ускорение a .
8. Определите погрешность определения ускорения Δa .
9. Измените пройденный путь, передвинув средний кронштейн и вновь повторите п.п. 1-8.
10. Еще раз измените путь (не меняя перегрузка) и вновь найдите значение ускорения a и его погрешности Δa .
11. Найдите среднее значение ускорения и среднее значение абсолютной погрешности определения ускорения.
12. Сравните полученное значение ускорения с рассчитанными по формуле (4).
13. Возьмите другой перегрузок и повторите п.п. 1-12.
14. Объясните:
 - Почему ускорение не должно меняться с изменением длины пройденного пути?

- Почему ускорение можно определить по формуле (5)

