

Лабораторная работа № 1.2.

Изучение законов динамики поступательного движения на приборе Атвуда

Принадлежности: 1) прибор Атвуда (при нем набор основных и добавочных грузов).

Цель работы: изучить законы кинематики и динамики поступательного движения, определить на опыте ускорение свободного падения.

Теоретические сведения.

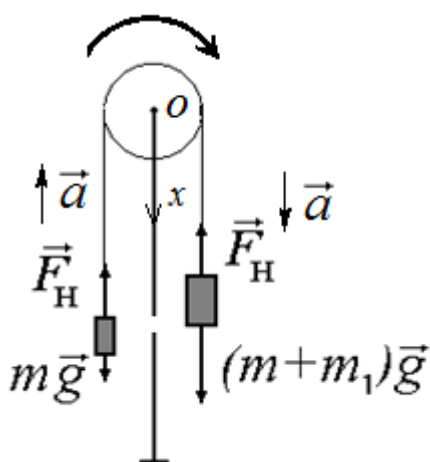


Рис. 1.

Пусть через легкий блок перекинута невесомая нерастяжимая нить, на концах которой висят грузы массами m и $m + m_1$ (рис. 1).

Согласно *второму закону Ньютона* произведение массы материальной точки на ее ускорение равно векторной сумме сил, действующих на нее

$$ma = \sum F_i \quad (1)$$

Запишем уравнение движения (1) для каждого груза, суммируя соответствующие силы.

Левый груз массой m приобретает ускорение a , направленное вертикально вверх, под действием двух вертикальных сил: силы натяжения нити F_H (направлена вверх) и силы тяжести mg (направлена вниз):

$$ma = mg + F_H. \quad (2)$$

На правый груз массой $m + m_1$ действуют, соответственно, сила тяжести $(m + m_1)g$ и сила натяжения нити F_H , под действием которых правый груз приобретает ускорение a , направленное вертикально вниз:

$$(m + m_1)a = (m + m_1)g + F_H, \quad (3)$$

Вследствие нерастяжимости нити модуль ускорения a обоих тел одинаков.

По *третьему закону Ньютона* при взаимодействии двух тел одно из них действует на другое с такой же силой, но противоположно направленной, как другое – на первое. Силы эти направлены в противоположные стороны вдоль прямой, соединяющей эти тела (материальные точки) (рис.

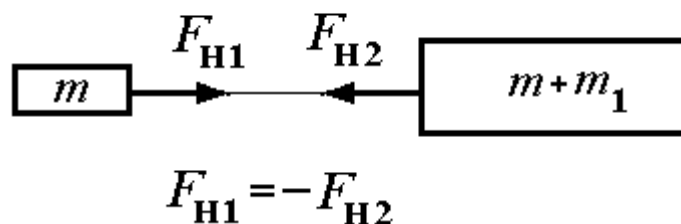


Рис. 2

2).

Невесомый блок и невесомая нить не изменяют *величины* этих сил взаимодействия, а только изменяют их *направление*. Обе силы $F_{н1} = F_{н2} = F_n$ становятся направленными вверх (рис. 1).

Выберем произвольно положительное направление оси Ox , например, вертикально вниз и запишем для обоих грузов второй закон Ньютона в проекциях на эту ось:

$$\begin{cases} -ma = mg - F_n, \\ (m + m_1)a = (m + m_1)g - F_n, \end{cases} \quad (4)$$

Совместное решение этих уравнений дает величину ускорения свободного падения

$$g = \frac{2m + m_1}{m_1} a \quad (5)$$

Описание прибора и метода измерений g

Прибор Атвуда показан на рис. 3. Он состоит из вертикальной стойки, на которой нанесена шкала. На верхнем конце стойки укреплен легкий блок, вращающийся с малым трением вокруг горизонтальной оси. Через блок перекинута тонкая нить с прикрепленными к ее концам грузами одинаковой массы m .

Прибор Атвуда дает возможность получать равномерное и равноускоренное движение грузов.

Если массы m обоих грузов одинаковы, то система находится в равновесии – либо грузы неподвижны, либо грузы движутся с постоянной скоростью.

Если же на один из грузов, например, правый, положить дополнительный

небольшой груз (перегрузок) массой m_1 , то оба груза начнут двигаться равноускоренно. Причем оба груза будут иметь одинаковое по величине ускорение.

Вдоль стойки могут перемещаться три кронштейна. Верхний кронштейн служит для установки стартового положения правого груза.

В среднем кронштейне имеется отверстие, через которое правый груз свободно проходит, а перегрузок при этом снимается на ходу. Поскольку массы грузов при этом уравниваются, дальнейшее их движение происходит без ускорения, т.е. с постоянной скоростью.

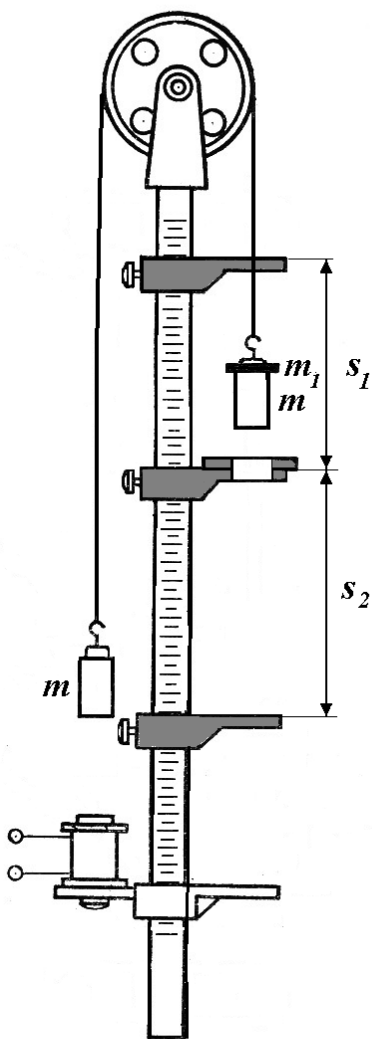


Рис. 3.

Нижний кронштейн отмечает конец пути правого груза.

Можно задавать расстояния:

- s_1 , на котором грузы движутся равноускоренно;
- s_2 , на котором грузы движутся равномерно.

При этом с помощью электронного секундомера, который включается и выключается автоматически с помощью фотоэлектрических датчиков, можно измерить промежуток времени t , в течение которого грузы проходят расстояние s_2 , двигаясь равномерно.

Если перегрузок во время движения снять (это достигается с помощью среднего кольцевого кронштейна), то дальнейшее движение системы будет происходить с постоянной скоростью v , равной скорости в момент снятия перегрузка. А она равна конечной скорости, приобретенной грузами при равноускоренном движении на пути s_1 . Согласно формулам кинематики

$$v^2 = 2as_1. \quad (6)$$

Далее на участке s_2 движение равномерное, поэтому скорость равна пути, деленному на время,

$$v = \frac{s_2}{t}. \quad (7)$$

Из уравнений (5) - (7) можно выразить ускорение свободного падения

$$g = \frac{(2m + m_1)s_2^2}{2m_1t^2s_1}. \quad (8)$$

Эта формула является рабочей.

Измерения.

1. Перевести правый груз в верхнее положение, совместить его нижнее основание с чертой на верхнем кронштейне, зафиксировать его электромагнитным тормозом, нажав кнопку "СБРОС".

2. Положить на правый груз один из перегрузков m_1 .

3. Средний кронштейн установить на некотором расстоянии s_1 от верхнего и s_2 от нижнего кронштейнов. Измерить по шкале и записать расстояния s_1 и s_2 .

4. Нажать кнопку «ПУСК» и по электронному секундомеру определить время t движения большего груза на пути s_2 .

5. Возвратить систему в исходное состояние. Для этого нажать клавишу «СБРОС», переместить правый груз в верхнее положение и отжать клавишу «ПУСК».

6. Изменяя перегрузки, повторить опыт 3 раза с каждым из них.

7. Вычислить по формуле (8) ускорение свободного падения g . Данные измерений занести в таблицу. Ответ записать в виде

$$g = (\langle g \rangle \pm \Delta g) \text{ м/с}^2 \quad \text{при } \alpha = \dots$$

Контрольные вопросы.

1. Приведите формулы пути при равномерном и равноускоренном движении.
2. Сформулируйте второй закон Ньютона.
3. Почему на участке S_1 груз движется равноускоренно, а на участке S_2 - равномерно?
4. Какими упрощающими предположениями пользуются в данной работе при выводе формулы ускорения свободного падения? Почему при этих предположениях силы натяжения нитей по обе стороны блока равны?
5. Будут ли равны силы натяжения нитей по обе стороны блока, если массой блока нельзя пренебрегать? Почему?
6. Как изменится ускорение грузов, если нить полагать весомой?

№ п/п	m_1 , кг	s_1 , м	s_2 , м	t , с	g_i м/с ²	$\langle g \rangle$ м/с ²	Δg_i м/с ²	$(\Delta g_i)^2$	$S_{\langle g \rangle}$ м/с ²	α	$t_{\alpha, n}$	Δg , м/с ²	E , %	m =
1.														
2.														
3.														
4.														
5.														
6.														

Литература.

1. М. Кучерук та ін. Загальний курс фізики. Т.1. К. 1999.
2. И.П.Гаркуша, В.П.Куриной. Физика. Ч.1 Механика. Д. НГУ. 2011.