

КАЛМЫЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра экспериментальной и общей физики

Лабораторная работа № 3

«ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ПАДЕНИЯ НА МАШИНЕ АТВУДА»

Лаборатория № 210

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ПАДЕНИЯ НА МАШИНЕ АТВУДА

Цель работы: исследование прямолинейного равномерного и равноускоренного движений, определение ускорения свободного падения.

Оборудование: машина Атвуда, набор грузов, электронный секундомер, масса основного груза $M = 62$ г.

Т е о р и я.

Ускорение свободного падения g можно найти с помощью простого опыта: бросить тело с известной высоты h и измерить время падения t , а затем из формулы $h = g \cdot t^2 / 2$ вычислить g .

Трудности опыта связаны с большим значением ускорения свободного падения ($g \approx 9,8$ м/с²). Так как ускорение большое, то тело быстро набирает скорость, а при этом или время падения мало и его трудно точно измерить, или сама формула $h = g \cdot t^2 / 2$ не точна (не учитывает сопротивления воздуха).

Уменьшить ускорение можно с помощью устройства, которое называется *машиной Атвуда* (рис. 1). Через блок перекинута нить, на которой закреплены грузы одинаковой массы M каждый. Если на один из грузов положить перегрузок массой m , то вся система начнет двигаться равноускоренно.

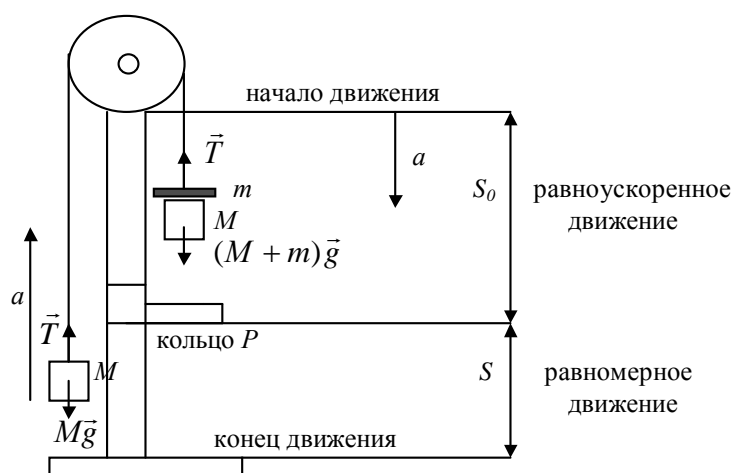


Рис. 1.

Ускорение грузов легко найти, если ввести следующие предположения (выбрать модель):

- 1). блок и нить невесомы, т.е. их массы равны нулю,
- 2). нить нерастяжима,

3) трением тел о воздух и трением между блоком и его осью можно пренебречь.

С учетом этих предположений по второму закону Ньютона уравнения движения грузов имеют вид:

$$\text{левый груз} \quad M \cdot g - T = - M \cdot a \quad (1)$$

$$\text{правый груз} \quad (M + m) \cdot g - T = (M + m) \cdot a$$

где T - сила натяжения нитей, a - ускорение грузов, g - ускорение свободного падения. Из уравнения (1) получаем величину ускорения:

$$a = m \cdot g / (2M + m) \quad (2)$$

Как видно из формулы (2), система будет двигаться с ускорением, меньшим, чем ускорение свободного падения. Увеличивая перегрузок m , можно и увеличить и ускорение системы. Если перегрузок во время движения снять, то дальнейшее движение системы будет происходить с постоянной скоростью, равной скорости в момент снятия перегрузки.

На участке равноускоренного движения система грузиков, состоящая из двух грузиков M и перегрузка m , пройдет путь

$$S_0 = a \cdot t_0^2 / 2 \quad (3)$$

На кольце P перегрузок m будет снят и грузики M , двигаясь теперь уже равномерно с приобретенной к этому моменту скоростью

$$v = a \cdot t_0 \quad (4)$$

пройдут путь

$$S = v \cdot t \quad (5)$$

Решение системы уравнений (3), (4), (5) дает ускорение

$$a = S^2 / (2 \cdot S_0 \cdot t^2) \quad (6)$$

где S_0 - путь равноускоренного движения системы двух грузиков и перегрузка,

S - путь равномерного движения грузиков M ,

t - время, в течение которого грузики M пройдут путь S .

Подставив (6) в (2), получим формулу для определения ускорения свободного падения

$$g = (2M + m) / m \cdot S^2 / (2 \cdot S_0 \cdot t^2) \quad (7)$$

З а д а н и е.

1. Проверьте экспериментально, что движение системы трех грузов является равноускоренным, т.е. при одном и том же перегрузке m ускорение системы одинаково, поэтому выполняется соотношение $a_1 = a_2 = a_3$, где

$$a_1 = S_1^2 / (2 \cdot S_{01} \cdot t_1^2), \quad a_2 = S_2^2 / (2 \cdot S_{02} \cdot t_2^2), \quad a_3 = S_3^2 / (2 \cdot S_{03} \cdot t_3^2).$$

Измерение проводите при одном выбранном перегрузке m . Изменяя положение среднего кронштейна, получите для трех различных расстояний S времени t , оп-

ределяемые как среднее из четырех измерений при одном и том же значении S . Результаты заносятся в таблицу 1.

Таблица 1.

№	S_0 , м	S , м	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t , с	Δt , с	a , м/с ²	Δa , м/с ²
1.									
2.									
3.									

$$\bar{t} = \frac{\sum_i^n t_i}{n}, \quad \Delta t = \sqrt{\frac{\sum_i^n (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}} \quad (n = 3)$$

Используя (6), определите погрешность Δa . Окончательный результат запишите в виде $a_i = a_i \pm \Delta a_i$, ($i = 1, 2, 3$).

2. Определите ускорение свободного падения g , пользуясь формулой (7). Измерения проводите при одном фиксированном значении пути S ($S = 25 - 27$ см) для трех перегрузков m различной массы. Для каждого значения повторите измерения времени падения t три раза и найдите среднее t_{cp} . С помощью соотношения (7) вычислите ускорение свободного падения g и погрешность Δg . Результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2.

№	m , кг	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_{cp} , с	g , м/с ²	g_{cp} , м/с ²	Δg , м/с ²	Δg_{cp} , м/с ²	σ , %

$$t_{cp} = (t_1 + t_2 + t_3) / 3, \quad g_{cp} = (g_1 + g_2 + g_3) / 3$$

$$\Delta g_1 = g_1 - g_{cp}, \quad \Delta g_2 = g_2 - g_{cp}, \quad \Delta g_3 = g_3 - g_{cp}$$

$$\Delta g_{cp} = (|\Delta g_1| + |\Delta g_2| + |\Delta g_3|) / 3$$

Оцените точность измерений по формуле

$$\sigma = |g_{cp} - g_T| / g_T \cdot 100 \% , \quad \text{где } g_T = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Дайте определение перемещения, скорости и ускорения в векторной и координатной формах.
2. Сформулируйте второй закон Ньютона.
3. Напишите уравнение движения материальной точки.
4. Как находится земное ускорение?
5. Как определены погрешности измерений?

Л и т е р а т у р а

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М. Высшая школа.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики (механика). М.: Наука, 1974.
3. Хайкин С.Э. Физические основы механики. М.: Наука, 1974.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1982.