

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 06.06.2022 12:49:52

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d088

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра общей и прикладной физики



### ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ДВИЖЕНИЯ НА УСТАНОВКЕ АТВУДА

Методические указания к выполнению  
лабораторной работы №1  
по разделу «Механика и молекулярная физика»  
для студентов инженерно-технических специальностей

Курск 2015

УДК 531

Составители: Т.И. Аксенова, Г.В. Карпова, Е.В. Пьянков

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор *Н.М.Игнатенко*

**Изучение законов движения на установке Атвуда:** методические указания к выполнению лабораторной работы №1 по разделу «Механика и молекулярная физика»/Юго-зап. гос. ун-т; сост.: Т.И. Аксенова, Г.В. Карпова, Е.В. Пьянков.- Курск, 2015.- 9с.: ил.1, табл. 3. -Библиогр.: с.9.

Содержат сведения из теории кинематики и динамики поступательного движения тел. Предлагаются методы практического определения зависимости пройденного пути и скорости от времени при равноускоренном движении, а также методика для проверки второго закона Ньютона.

Методические указания соответствуют требованиям Федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС), Федерального компонента цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин, а также рабочим учебным планам и рабочим программам по курсам разделов общей физики всех технических специальностей (направлений) подготовки ЮЗГУ.

Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл.печ. л.0,5 . Уч.-изд. л. 0,5. Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Лабораторная работа №1

**Изучение законов движения на установке Атвуда**

Приборы и принадлежности: установка Атвуда, набор грузов, секундомер.

Цель работы: исследовать зависимость пройденного пути и мгновенной скорости от времени для равноускоренного движения, проверить опытным путем справедливость второго закона Ньютона.

**Краткая теория**

Известны следующие зависимости для равноускоренного движения без начальной скорости:  $V = at$ ,  $S = \frac{at^2}{2}$ .

Следовательно, мгновенные скорости равноускоренного движения пропорциональны времени движения:  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1}{t_2}$ , а пути про-

порциональны квадрату времени движения  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$ .

Из второго закона Ньютона  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$  (где  $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$  - результирующая всех сил, действующих на тело), следует, что при **m=const** ускорение тела (системы тел) пропорционально действующей силе:

$$\frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|} = \frac{|\vec{F}_1|}{|\vec{F}_2|}.$$

Эти закономерности и исследуются в данной работе на установке Атвуда.

## Описание установки

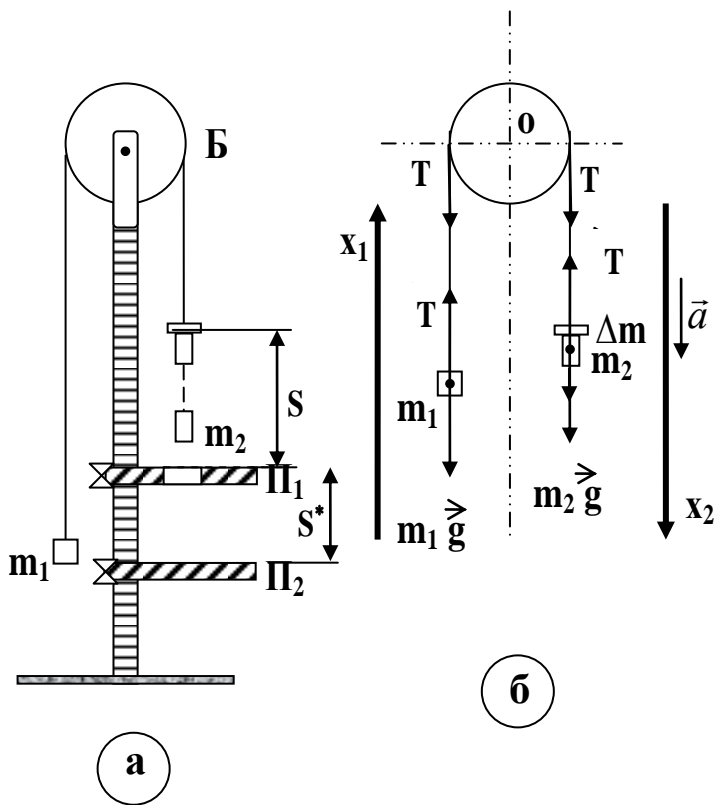


Рис. 1

Установка состоит из вертикальной рейки со шкалой, на которой закрепляются две полочки: сплошная  $\Pi_2$  и с кольцевым отверстием  $\Pi_1$  (рис. 1-а). В верхней части рейки имеется легкий блок  $\text{Б}$ , через который переброшена нить с двумя грузами одинаковой массы ( $m_1 = m_2 = m$ ).

Если на груз  $m_2$  положить перегрузок  $\Delta m$ , то равновесие системы будет нарушено, и она начнет двигаться с некоторым постоянным ускорением  $\vec{a}$ . Его можно определить из следующих рассуждений.

На каждый из грузов действуют две силы: сила тяжести  $mg$  и сила натяжения нити  $\vec{T}$  (рис. 1-б).

Будем считать нить невесомой, нерастяжимой скользящей по блоку без трения (массой и вращением блока можно пренебречь). В этом случае ее натяжение одинаково по всей длине

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = |\vec{T}|.$$

Т.к. нить практически нерастяжима, то ускорения грузов одинаковы по величине  $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}|$ .

Запишем второй закон Ньютона для каждого из грузов  $m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i$ :

$$\text{для груза } \mathbf{m}_1 \quad m_1 \vec{g} + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a}_1,$$

$$\text{для груза } \mathbf{m}_2 \quad (m_2 + \Delta m) \cdot \vec{g} + \vec{T}_2 = (m_2 + \Delta m) \cdot \vec{a}_2 .$$

Спроецируем полученные уравнения на оси  $X_1$  и  $X_2$ , направления которых совпадают с направлением движения грузов

$$T - m_1 g = m \cdot a$$

$$(m_2 + \Delta m) \cdot g - T = (m_2 + \Delta m) \cdot a$$

Решая эти уравнения относительно  $\mathbf{a}$ , получим:

$$a = \frac{\Delta m g}{2m + \Delta m} .$$

### ***Задание №1.***

#### ***Исследование зависимости пройденного пути $S$ от времени движения $t$ при постоянном ускорении $a$***

**1.** Кладут на груз  $m_2$  большой перегрузок  $\Delta m$ . При этом удерживают груз  $m_1$  так, чтобы система оставалась неподвижной.

**2.** Отпускают систему грузов ( см.рис.1) и одновременно включают секундомер. Система приходит в равноускоренное движение.

**3.** В момент снятия перегрузка  $\Delta m$  полочкой  $\Pi_1$  секундомер выключают и записывают его показания  $t_1$ . Опыт повторить 3 раза и найти среднее время  $\langle t_1 \rangle$ .

**4.** Все действия, указанные в пунктах 1-3 повторяют еще для двух положений груза  $(m_2 + \Delta m)$  относительно полочки  $\Pi_1$  (расстояний  $S_2$  и  $S_3$ ) при неизменной массе перегрузка  $\Delta m$  (что гарантирует одинаковость ускорения). Находят соответствующие

средние показания секундомера  $\langle t_1 \rangle$ ,  $\langle t_2 \rangle$ ,  $\langle t_3 \rangle$ . Данные измерений заносят в таблицу 1.

**5. Сравнивая соотношения**

$\frac{S_1}{S_2}$  и  $\frac{\langle t_1 \rangle^2}{\langle t_2 \rangle^2}$ ,  $\frac{S_2}{S_3}$  и  $\frac{\langle t_2 \rangle^2}{\langle t_3 \rangle^2}$ ,  $\frac{S_1}{S_3}$  и  $\frac{\langle t_1 \rangle^2}{\langle t_3 \rangle^2}$  сделать вывод о зависимости

проходимого телом пути от времени при равноускоренном движении без начальной скорости.

Таблица 1

№	S, м	t, с			$\langle t \rangle$ , с	$\frac{S_1}{S_2}, \frac{S_2}{S_3}, \frac{S_1}{S_3}$			$\frac{\langle t_1 \rangle^2}{\langle t_2 \rangle^2}, \frac{\langle t_2 \rangle^2}{\langle t_3 \rangle^2}, \frac{\langle t_1 \rangle^2}{\langle t_3 \rangle^2}$		
1											
2											
3											

**Задание №2.**

**Исследование зависимости скорости  $V$  от времени движения  $t$  при постоянном ускорении  $a$**

1. Установить кольцевую полочку  $\Pi_1$  на расстоянии  $S^*$  от сплошной полочки  $\Pi_2$  ( $S^*$  по рекомендации преподавателя).

2. Положить на груз  $m_2$  тот же перегрузок  $\Delta m$ , что был использован в задании 1, который не проходит через кольцевое отверстие в  $\Pi_1$ . Систему при этом удерживают в равновесии. Положения груза ( $m_2 + \Delta m$ ) от полочки  $\Pi_1$  задаем такими же, как и в задании №1 ( $S_1, S_2, S_3$ )

3. Отпустить удерживаемый груз. Время его движения  $\langle t_1 \rangle, \langle t_2 \rangle, \langle t_3 \rangle$  было определено при выполнении задания 1 и занесено в таблицу 1.

4. Измерить времена  $t_1^*, t_2^*, t_3^*$  движения груза  $m_2$  от кольцевой полочки  $\Pi_1$  (с момента снятия перегрузка  $\Delta m$ ) до сплошной полочки  $\Pi_2$  (до момента удара о  $\Pi_2$ ). Опыт повторить 3 раза для каждого ( $S_1, S_2, S_3$ ) и найти  $\langle t_1^* \rangle, \langle t_2^* \rangle, \langle t_3^* \rangle$ .

5. Определить мгновенные скорости  $|\vec{V}_1|$ ,  $|\vec{V}_2|$ ,  $|\vec{V}_3|$  движения груза  $m_2$  в момент снятия перегрузка  $\Delta m$  на кольцевой полке можно следующим образом. Начиная с момента снятия перегрузка  $\Delta m$  движение системы из равноускоренного переходит в равномерное со скоростью  $|\vec{V}|$ , равной мгновенной конечной скорости в конце пути  $S$ . С этой же скоростью  $|\vec{V}|$  она уже равномерно движется между полочками  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  и следовательно может быть рассчитана по формуле  $|\vec{V}| = \frac{S^* - h}{\langle t_1^* \rangle}$ , где  $h$  – высота цилиндрического груза.

6. Рассчитать  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  при неизменной массе перегрузка  $\Delta m$  (это гарантирует одинаковость ускорения, при неизменном расстоянии  $S^*$ ). Данные занести в таблицу 2.

7. Сравнить соотношения

$$\frac{|\vec{V}_1|}{|\vec{V}_2|} \text{ и } \frac{\langle t_1 \rangle}{\langle t_2 \rangle}, \quad \frac{|\vec{V}_2|}{|\vec{V}_3|} \text{ и } \frac{\langle t_2 \rangle}{\langle t_3 \rangle}, \quad \frac{|\vec{V}_1|}{|\vec{V}_3|} \text{ и } \frac{\langle t_1 \rangle}{\langle t_3 \rangle}$$

и сделать вывод о зависимости скорости от времени при равноускоренном движении без начальной скорости.

Таблица 2

№ п/ п	S, м	$\langle t \rangle$ , с	S*, м	$t^*$ , с			$\langle t^* \rangle$ , с	$ \vec{V} $ , м/с	$\frac{ \vec{V}_1 }{ \vec{V}_2 }$	$\frac{ \vec{V}_2 }{ \vec{V}_3 }$	$\frac{ \vec{V}_1 }{ \vec{V}_3 }$	$\frac{t_1}{t_2}$	$\frac{t_2}{t_3}$	$\frac{t_1}{t_3}$
1														
2														
3														

Примечание: колонку в табл. 2 со значениями  $\langle t \rangle$  взять из табл. 1.

### Задание №3.

#### Проверка второго закона Ньютона

1. Определить взвешиванием массы перегрузков  $\Delta m_1$  и  $\Delta m_2$ .

2. На груз  $m_1$  поместить перегрузок  $\Delta m_1$ , а на груз  $m_2$  второй перегрузок  $\Delta m_2$  ( $\Delta m_2 > \Delta m_1$ ). Систему при этом удерживать в





### ***Контрольные вопросы***

1. Что понимают под перемещением, мгновенной и средней скоростью? Как рассчитывается мгновенная и средняя скорости, зная, например, функцию  $S(t)$ ?
2. Что такое ускорение? Назовите составляющие полного ускорения при криволинейном движении. По каким формулам они рассчитываются?
3. Приведите уравнения равномерного и равнопеременного движения вдоль оси ОУ. Приведите графики этих движений.
4. Сформулируйте законы Ньютона. Укажите границы их применимости. Понятия силы, массы.
5. Приведите примеры составления уравнений движения тел по второму закону Ньютона при движении связанных тел.

### ***Библиографический список***

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие. -М.: Академия, 2015. - 560 с.
2. Савельев И.В. Курс физики: учебное пособие: в 3 т. Т. 1: Механика. Молекулярная физика. – СПб.: Лань, 2011, – 352 с.
3. Полунин В.М., Сычев Г.Т. Физика. Основы механики: конспект лекций / Курск. гос. техн. ун-т.- Курск, 2003. -180 с.