МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДАРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ-ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

Кафедра технической механики и физики

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Часть 1. Механика

Зерноград - 2024

© Леонтьев Н.Г., Белоусов А.В.,
Гуриненко Л.А., Портаков А.Б.
© Азово-Черноморский
инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

Об издании – 1,2
Содержание

УДК 53.08(075)

Издается по решению методической комиссии
по специальностям среднего профессионального образования
социально-экономического и технического профиля
Азово-Черноморского инженерного института
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
в г. Зернограде.

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент Г.В. Степанчук
кандидат технических наук, доцент А.Б. Портаков

Леонтьев Н.Г. Лабораторный практикум по физике для обучающихся по программам СПО. [Электронный ресурс]: Ч.1. Механика / Н.Г. Леонтьев, А.В. Белоусов, Л.А. Гуриненко, А.Б. Портаков. - Электронное издание. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 21 с. – Режим доступа: Локальная сеть Библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ.

Учебное пособие «Лабораторный практикум по физике для обучающихся по программам среднего профессионального образования Часть 1 Механика» предназначено для студентов 1 курса СПО, обучающихся по специальностям 08.02.09, 21.02.19, 23.02.07, 35.02.05, 35.02.08, 35.02.16, 38.02.01, 38.02.08

Рекомендовано к изданию Методическим советом факультета среднего профессионального образования Протокол № 8 от 26.04.2024 г.

© Леонтьев Н.Г., Белоусов А.В.,
Гуриненко Л.А., Портаков А.Б.
© Азово-Черноморский
инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11 - СПО 5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12 - СПО 8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13 - СПО 10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14 - СПО 14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15 - СПО 17

ВВЕДЕНИЕ

Критерием успешного освоения физики является умение использовать полученные знания на практике. Поэтому важно не только знать теоретический материал, но и уметь объяснить явления природы, проводить опыты и решать физические задачи.

Цель данного учебного пособия – приобщить студентов к самостоятельной творческой работе, в процессе которой они научатся анализировать физические явления, выделять главные факторы, определяющие, тот или иной физический процесс, выбирать метод решения задачи.

Учебное пособие предназначено для обучения по следующим специальностям: 08.02.09 - Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий, 21.02.05 - Земельно-имущественные отношения, 21.02.19 - Землеустройство, 23.02.07 - Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей, 35.02.08 - Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК), 38.02.01 - Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям), 38.02.04 - Коммерция (по отраслям).

Часть первая «Механика» содержит пять лабораторных работ.

Учебное пособие полностью соответствует программе по физике для учреждений среднего профессионального образования. Оно может быть полезно также учащимся средних школ, лицеев и колледжей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11 - СПО
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ

Цель работы: определение момента силы натяжения нити и ускорения движения грузов.

Приборы и принадлежности: экспериментальная установка, грузплатформа с нитью и набором дополнительных грузов, штангенциркуль и линейка.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Всякое тело под влиянием сил, действующих со стороны других тел, приобретает ускорение или деформируется. Однако в некоторых случаях тело, находящееся под действием нескольких сил, может оставаться в покое. Если тело покоится, то говорят, что это тело находится в равновесии. Различают три вида равновесия. Если при выведении тела из положения равновесия возникает сила, стремящаяся вернуть тело в исходное положение, такое равновесие называется устойчивым (пример - шар на вогнутой поверхности). Если возникает сила, стремящаяся увести тело от исходного положения - это неустойчивое равновесие (пример - шар на выпуклой поверхности). Если при смене положения тела никакой силы не возникает – это безразличное равновесие (пример - шар на горизонтальной плоскости).

Все реальные тела под действием приложенных к ним сил деформируются. Если деформации тела незначительны, то ими можно пренебречь и вести расчёт так, как если бы тело было недеформируемым, т.е. абсолютно твёрдым.

Раздел механики, в котором изучается равновесие абсолютно твёрдых тел, называется статикой. Статика является частным случаем динамики, так как покой тел, когда на них действуют силы, есть частный случай движения.

Для того, чтобы тело находилось в равновесии, необходимо выполнение двух условий равновесия:

1) Тело находится в равновесии, если геометрическая сумма внешних сил, приложенных к нему, равна нулю.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n = 0 \qquad /11.1/$$

2) Тело находится в равновесии, если, сумма моментов всех внешних сил, действующих на него относительно любой оси, равна нулю.

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + ... + \vec{M}_n = 0 \qquad /11.2/$$

Здесь $\vec{M}_i$ – момент i-ой силы. Условия /11.1/, /11.2/ являются необходимыми и достаточными для равновесия твёрдого тела.

Моментом силы относительно оси вращения тела называется векторная мера вращательного движения. Момент силы численно равен произведение модуля силы на её плечо:

$M = Fd$, где F – модуль силы, d – плечо силы. Его размерность - [Нм].

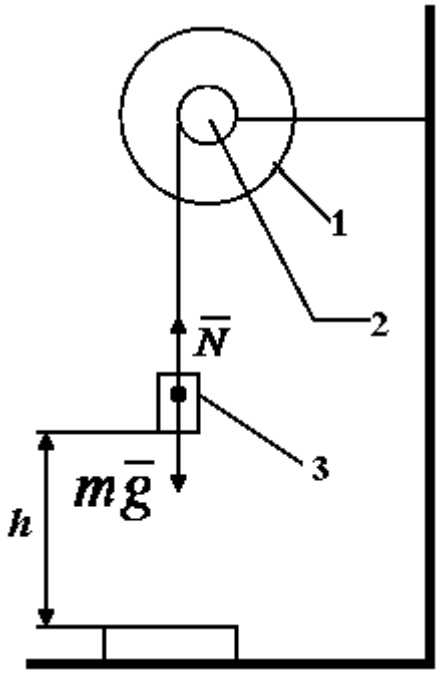


Рис. 11.1

Плечо силы – это расстояние от оси вращения до линии действия силы. Линия действия силы – прямая, на которой лежит вектор силы. Момент силы F считается положительным, если в отсутствии других сил она вызывает поворот тела против часовой стрелки, и отрицательным, если сила при тех же условиях может повернуть тело по часовой стрелке. Направление момента силы определяется правилом правого винта: если рукоятку винта вращать по направлению действия илы, то поступательное движения острия винта покажет направление момента силы.

Экспериментальная установка (рис. 11.1) данной лабораторной работы представляет вертикальную колонну, установленную на закрепленной на стене платформе. На колонне закреплён вращающийся на горизонтальной оси двухступенчатый шкив (1 и 2). На шкив намотана нить, петля на одном из концов которой одета на шпильку двухступенчатого шкива, а на втором конце нити закреплен груз (3). С обратной стороны шкива на платформе закреплен тормозной электромагнит, который удерживает маятник и грузы в состоянии покоя. При помощи грузов различной массы m шкив приводится во вращение.

Если пренебречь силами трения, то суммарный момент силы M, действующей на маятник, определяется моментом силы натяжения нити M_T:

$$M_T = rT, \qquad /11.3/$$

где T - сила натяжения нити, а r - радиус шкива.

Сила натяжения нити определяется из второго закона динамики поступательного движения:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{mg - T}{m}, \qquad /11.4/$$

где a - ускорение груза, g - ускорение свободного падения, m - масса груза. С учётом формулы /11.4/ получим

$$M_T = rm(g - a). \qquad /11.5/$$

Ускорение груза a находим из кинематического уравнения зависимости пути от времени для равноускоренного движения:

$$a = \frac{2h}{t^2}, \qquad /11.6/$$

где h - расстояние, пройденное грузом из состояния покоя до удара об ограничивающую платформу за время t.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерьте диаметр шкива штангенциркулем и запишите его радиус *r* в рабочую тетрадь.
2. Наденьте петлю, которой заканчивается нить груза-платформы, на штифт, имеющийся на шкиве. Намотайте на шкив нить, вращая его до тех пор, пока нижний край груза не установится на нужной высоте (ее определяют с помощью прямоугольного треугольника). Зафиксируйте шкив в исходном положении, нажав кнопку «тормоз» на блоке управления.
3. На полу в месте падения груза поместите контактный выключатель, установив его в верхнее (отжатое) положение.
4. Установить в нулевое положение стрелку электрического секундомера.
5. Нажмите кнопку «секунд». При этом включается секундомер и отключается электромагнит, удерживающий шкив. При падении груза на контактный выключатель электрическая цепь разорвется и секундомер остановится. Запишите время падения груза. Повторите измерения 5-6 раз, увеличивая высоту падения груза. Данные занесите в таблицу результатов измерений.
6. Рассчитайте по формулам /11.5/ и /11.6/ значения момента силы натяжения нити и ускорения падения груза для каждого опыта. Результаты занесите в таблицу.
7. Вычислите абсолютную и относительную погрешности для момента силы натяжения нити по формулам /11.7/ и /11.8/:

$$\Delta M_{CP} = \sqrt{\frac{\sum \Delta M_i^2}{n(n-1)}}, \qquad /11.7/ \qquad\qquad \varepsilon_M = \frac{\Delta M_{T.CP}}{M_{T.CP}}. \qquad /11.8/$$

8. Запишите окончательный результат с учётом погрешностей, в виде:

$$M_т = M_{т.ср} \pm \Delta M_{т.ср} \ ; \qquad \varepsilon_м = \ldots.\%$$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

m,кг	t,с	H,м	a,м $с^{-2}$	$M_Т$,10^{-2}Н м	$\Delta M_т 10^{-2}$Нм	$\Delta M_т^2 10^{-4}$ $Н^2м^2$

ВНИМАНИЕ! В данной лабораторной работе, и далее считать ускорение свободного падения равным g = 9,81 м/$с^2$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что изучает статика?
2. Назовите виды равновесия и дайте их определения.
3. Сформулируйте условия равновесия твёрдого тела.
4. Что называется моментом силы? Укажите единицы измерения.
5. Что такое плечо силы? Укажите единицы измерения.
6. Как определяется направление момента силы?

ЛИТЕРАТУРА

1. . Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§2.10.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - § 54 – 56.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12 - СПО
ИЗУЧЕНИЕ ВТОРОГО ЗАКОНА НЬЮТОНА
С ПОМОЩЬЮ МАШИНЫ АТВУДА

Цель работы: на опыте изучить действие основного закона динамики поступательного движения.

Приборы и принадлежности: установка «машина Атвуда» ФПМ-16, набор грузов.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Под действием сил, тело приобретает ускорение. При движении с ускорением, тело за равные промежутки времени совершает различные перемещения. Скорость тела при движении с ускорением изменяется. Быстроту изменения скорости в единицу времени характеризует физическая величина - ускорение.

Ускорение – векторная величина равная отношению изменения скорости к промежутку времени, за которое это изменение произошло:

$$\vec{a} = \Delta\vec{\upsilon} \big/ \Delta t;$$

/12.1/

Размерность ускорения [м/с^2].

Масса (m) – основная динамическая характеристика тела, количественная мера его инертности, т.е. способности тела приобретать определенное ускорение под действием силы. Её размерность [кг].

Сила ($\vec{F}$) – векторная мера взаимодействия тел. Её размерность [Н]. Сила характеризуется: величиной, направлением и точкой приложения. Равнодействующая сила - векторная сумма всех сил, действующих на тело:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n = \vec{F}_P, \qquad /12.2/$$

где n – число действующих на тело сил.

Связь между кинематическими и динамическими характеристиками движения описывает второй закон Ньютона: При постоянной массе тела m ускорение $\vec{a}$ тела прямо пропорционально величине равнодействующей силы $\vec{F}_P$ и обратно пропорционально массе данного тела.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \qquad /12.3/$$

Линейная зависимость ускорения от величины действующей силы может быть проверена экспериментально с помощью «машины Атвуда» ФПМ-16.

Через лёгкий блок перекинута тонкая нить, на концах которой подвешены грузы-платформы одинаковой массы М. На левый и правый грузы-платформы помещают перегрузки массами m_1 и m_2, причем $m_1 \neq m_2$. В этом случае система грузов придет в движение. Наличие шарикового подшипника в шкиве позволяет считать, что трение в шкиве пренебрежимо мало.

Результирующая сила, вызывающая ускорение движения этой системы грузов, равна разности сил тяжести перегрузков и грузов-платформ слева и справа от блока, откуда:

$$F_P = (M + m_1)g - (M + m_2)g = (m_1 - m_2)g \, . \qquad /12.4/$$

Изменяя массы перегрузков m_1 и m_2 так, чтобы общая масса системы сохранялась $2M + m_1 + m_2 = const$, получим несколько значений силы F, вызывающей ускорение системы. Для каждого значения силы определим ускорение движения и найдём зависимость величины ускорения от величины силы.

Величину ускорения грузов можно определить с помощью формулы

$$a = \frac{2h}{t^2}, \qquad /12.5/$$

где h – путь, пройденный грузами за время t после начала движения.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Расположите несколько перегрузов на грузах-платформах по обе стороны блока, фиксируя систему.
2. С помощью линейки на колонне измерьте расстояние h, которое проходят грузы. Время движения грузов t измерьте с помощью встроенного в установку секундомера. Для уменьшения погрешности измерения времени повторите эксперимент при одинаковых наборах перегрузков m_1 и m_2 5 раз и вычислите среднее значение времени движения грузов под действием данной силы.
3. Перекладывая по одному перегрузку с одного груза-платформы на другой, повторите эксперимент несколько раз. В каждом случае вычислите значение результирующей силы формуле /12.4/.
4. В каждом случае вычислите значения ускорения по формуле /12.5/.
5. На основании полученных данных постройте график зависимости a = f (F) и убедитесь в его линейности.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

$M+m_1$,кг	M_2+m_2,кг	F, Н	t_1, с	t_2, с	t_3, с	t_4, с	t_5, с	$t_{ср}$, с	h, м	a, м/с^2

ВНИМАНИЕ! В данной лабораторной работе, и далее считать ускорение свободного падения g = 9,81 м/с^2.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют равноускоренным движением? Дайте определение ускорения. В каких единицах измеряется ускорение?
2. Дайте определение массы. В каких единицах измеряется масса?
3. Дайте определение силы, чем характеризуется сила и в каких единицах измеряется?
4. Сформулируйте основное уравнение динамики поступательного движения и запишите его формулу.
5. Как с помощью построенного графика определить общую массу системы?

ЛИТЕРАТУРА

1. . Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§2.1-2.6.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - §13-16, 25-27,29.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - §3, 9.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13 - СПО
ПРОВЕРКА ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Цель работы: экспериментальная проверка справедливости закона сохранения энергии и оценка потерь механической энергии на трение.

Приборы и принадлежности: прибор Гримзеля, шар известной массы, листы чистой и копировальной бумаги, масштабная линейка.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Энергия Е – всеобщая скалярная мера движения. Размерность энергии - [Дж]. Поскольку материя может существовать только участвуя в движении. Отсюда вытекает закон сохранения и превращения энергии: энергия в природе не возникает ниоткуда и никуда не исчезает, она лишь переходит из одной формы в другую.

Работа есть мера изменения энергии. $A = \Delta E;$ /13.1/

Размерность работы - [Дж].

При поступательном механическом движении работа постоянной силы равна произведению модулей силы, перемещения и косинуса угла между ними:

$$A = F \cdot S \cdot \cos\alpha; \qquad /13.2/$$

где угол α – угол между направлениями векторов силы и перемещения.

Часто важно знать не только работу, но и время, в течение которого она произведена. Поэтому вводят физическую величину мощность - меру скорости совершения работы.

Мощность – равна отношению работы ΔA к промежутку времени Δt, за который эта работа совершена:

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t}\ ; \qquad /13.3/$$

Её размерность - [Вт].

Механическая энергия включает в себя потенциальную и кинетическую энергию.

Кинетическая энергия – это часть механической энергии, которая обусловлена относительным движением тела:

$$E_к = \frac{mv^2}{2}\ ; \qquad /13.4/$$

Потенциальная энергия – это часть механической энергии, которая обусловлена взаимодействием тел:

$$E_п = mgh\ ; \qquad /13.5/$$

Полная механическая энергия – сумма кинетической и потенциальной энергии тела:

$$E_м = E_к + E_п \qquad /13.6/$$

Согласно закону сохранения механической энергии: в замкнутой системе тел полная механическая энергия системы не меняется при отсутствии сил трения:

$$E_м = \text{const}\ . \qquad /13.7/$$

Если в начальном состоянии система обладает потенциальной энергией $П_1$, кинетической энергией T_1, а в конечном соответственно, $П_2$ и T_2, то по закону сохранения энергии:

$$П_1 + Т_1 = П_2 + Т_2 \qquad /13.8/$$

Это выражение можно переписать в виде $П_1 – П_2 = Т_2 – Т_1$ /13.9/

Этот результат можно сформулировать так: кинетическая энергия системы увеличивается за счет убыли ее потенциальной энергии.

При наличии в системе сил трения (система не является замкнутой) полная механическая энергия не сохраняется т.к. часть её затрачивается на совершение работы по преодолению сил трения. В этом случае закон сохранения энергии можно записать так:

$$E_{м1} = E_{м2} + A_{тр} \qquad /13.10/$$

Экспериментальную проверку выражения /13.10/ можно произвести на приборе Гримзеля, изображенном на рис. 13.1. Он состоит из вертикальной стойки (1), с шарнирно укрепленным на ней маятником (2), в котором устанавливается легко отделяющийся шар (3), ограничителя (4) и стола (5). Для приведения установки в исходное положение шар (3) вставляют в маятник (2) и отводят последний на некоторый угол. При этом шар обладает относительно стола потенциальной энергией.

$$П_1 = mgh_1, \qquad /13.11/$$

где m - масса шара, g - ускорение свободного падения, h_1 - высота шара над поверхностью стола, и кинетической энергией $T_1 = 0$.

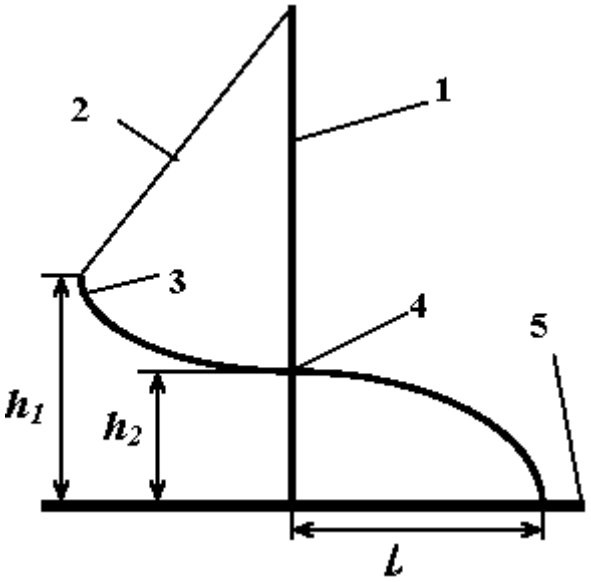


Рис. 13.1

При отпускании маятник в вертикальном положении останавливается и шар вылетает из него. В момент вылета шар обладает потенциальной энергией

$$П_2 = mgh_2 \qquad /13.12/$$

и кинетической энергией

$$T_2 = \frac{m\upsilon^2}{2} \qquad /13.13/$$

где υ - горизонтальная скорость шара в момент вылета.

Шар продолжает двигаться по параболической траектории и падает на лежащий на столе (5) лист бумаги, накрытый копировальной бумагой, оставляя на бумаге след (точку). Криволинейное движение шара согласно принципу независимости движений можно разбить на два прямолинейных: равномерное по горизонтали, причем пройденный путь l равен: $l = \upsilon t$, /13.14/

где t - время движения, и движение с постоянным ускорением без начальной скорости по вертикали, причем $h = \frac{gt^2}{2}$. /13.15/

Поскольку время в /13.14/ и /13.15/ одно и то же, можно вычислить начальную горизонтальную скорость $v = l \cdot \sqrt{\frac{g}{2h_2}}$ /13.16/

и конечную кинетическую энергию $T_2 = \frac{mgl^2}{4h_2}$. /13.17/

Поскольку изменение потенциальной энергии равно:

$$П_1 - П_2 = mg(h_1 - h_2),$$

/13.18/

то из /13.9/, /13.17/ и /13.18/ получим:

$$T_2 = \frac{mgl^2}{4h_2} = mg(h_1 - h_2), \qquad /13.19/$$

где все величины могут быть измерены в эксперименте.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Закрепите шар в зажиме маятника и измерьте его высоту над столом в момент отрыва (нижнее положение) h_2. Измерение высот производить от поверхности стола до нижней точки шара.
2. Масса шара задается заранее.
3. Отклоните маятник на некоторый угол, зафиксируйте его в отклоненном положении и измерьте высоту шара h_1 от поверхности стола до нижней точки шара.

4. На столе (5) закрепите кнопками лист бумаги и положите на него копировальную бумагу краской вниз.
5. Отпустите маятник и, после падения шара, измерьте расстояние от основания стойки до центра метки, оставленной шаром на бумаге. Опыт повторите пять раз.
6. Отклоните маятник на другой угол и повторить измерения по п.п. 3, 4 и 5. Измерения провести при 2 - 3 различных высотах h_1.
7. Результаты измерений h_1, h_2 и l занесите в таблицу результатов наблюдений 1, и вычислите для каждой высоты h_1 величину l_{CP},
8. По формулам /13.18/ и /13.19/ вычислите для каждого значения h_1 значения $П_1 - П_2$ и T_2. Результаты вычислений занесите в таблицу результатов наблюдений 2.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ 1

№	h_2, м	h_1, м	l_1, м
		n= 5	l_{CP} =
		n= 5	l_{CP} =
		n= 5	l_{CP} =

9. Вычислите величину энергии, теряющейся на трение, по формуле:

$$\Delta T_2 = (П_1 - П_2) - T_2, \qquad /13.20/$$

Результаты занесите в таблицу результатов наблюдений 2.
10. Вычислить какую часть от начальной энергии составляют потери энергии на трение по формуле:

$$\varepsilon = \frac{mgh_1}{\Delta T_2} \cdot 100\% \ ; \qquad /13.21/$$

Результаты занести в таблицу наблюдений 2.

ВНИМАНИЕ! В данной лабораторной работе, и далее считать ускорение свободного падения g = 9,81 м/с^2.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ 2

m, кг	h_2, м	h_1, м	$П_1$–$П_2$, Дж	l_{CP} ,м	T_2, Дж	ΔT_2, Дж	ε, %

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение энергии и работы. В каких единицах измеряются энергия и работа?
2. Сформулируйте закон сохранения и превращения энергии.
3. Дайте определения видов механической энергии (кинетической и потенциальной). Запишите формулы для этих видов механической энергии.
4. Сформулируйте закон сохранения полной механической энергии системы тел. В каких системах выполняется закон сохранения механической энергии?
5. Сформулируйте закон сохранения полной нергии при наличии сил трения?
6. Какие превращения энергии происходят в этой работе?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§3.5-3.9.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - §45-53.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - §18-19.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14 - СПО
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ

Цель работы: убедиться в справедливости закона Гука для упругих деформаций и вычислить коэффициент жесткости медной проволоки.

Приборы и принадлежности: экспериментальная установка, набор грузов, индикатор для измерений малых перемещений, микрометр.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Если на тело действуют силы, то тело деформируется. Под деформацией понимают изменение формы и размеров тела. Деформации можно разделить на несколько видов. По изменению формы тела: сжатие (растяжение), изгиб, кручение, сдвиг. Деформации сжатия-растяжения, отличающиеся только знаком, и изгиба называют простыми деформациями. Все остальные деформации можно

представить, как сумму этих простых деформаций. По физическим свойствам, деформации можно разделить на упругие и неупругие (пластические). Если после снятия внешней деформирующей силы, тело полностью восстанавливает первоначальную форму и размеры, то деформацию называют упругой. Если тело не восстанавливает первоначальную форму и размеры, или восстанавливает не полностью, то деформация неупругая (пластическая).

Связь силы упругости с величиной малых деформаций была открыта экспериментально английским физиком Робертом Гуком.

Закон Гука: при упругой деформации растяжения (или сжатия) модуль силы упругости прямо пропорционален абсолютному удлинению.

$$|F| = k\,|\Delta x| ; \qquad /14.1/$$

где $\Delta x = x - x_0$ абсолютное удлинение, разность между конечной x и начальной x_0 длиной тела; k – коэффициент жесткости пружины, который зависит от материала, размеров и формы пружины. Размерность абсолютного удлинения - [м], а коэффициента жесткости - [Н/м]. Такая же закономерность наблюдается при растяжении однородных стержней из твёрдых упругих материалов.

Причиной возникновения силы упругости является электромагнитное взаимодействие между молекулами тела. Силы взаимодействия между молекулами таковы, что на малых (сравнимых с размерами молекул) расстояниях молекулы отталкиваются, а на больших - притягиваются. В недеформированном теле молекулы находятся на таком расстоянии друг от друга, что силы притяжения и отталкивания взаимно компенсируются. Но если мы растягиваем или сжимаем тело, расстояния между молекулами увеличиваются или уменьшаются, поэтому начинают преобладать либо силы притяжения, либо силы отталкивания. В результате возникает сила упругости направленная так, чтобы уменьшить величину деформации тела.

Экспериментальная установка представлена на рис. 14.1. Образец медной проволоки (1) длиной $X \approx 1.6$ м подвешен на кронштейне. Корпус (2) измерительного блока закреплён неподвижно. В его отверстии помещается основной груз (3), центрируемый подпружиненными шариками. Дополнительные грузы (4), создающие абсолютное удлинение ΔX, помещаются на основной груз сверху. Индикатор малых перемещений (5) установлен посредине основного груза снизу с помощью штыря и планки. Перемещение основного груза при удлинении проволоки вызывает поворот большой стрелки индикатора с ценой деления 10^{-5} м. Малая стрелка указывает число целых миллиметров. Установка индикатора в нулевое положение производится поворотом шкалы большой стрелки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Индикатор установите в нулевое положение, проверяя правильность установки постукиванием по корпусу. При этом большая стрелка индикатора не смещается из нулевого положения.

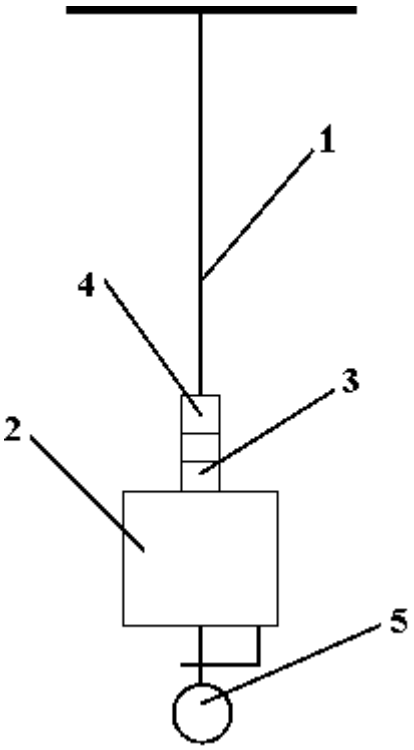


Рис. 14.1

2. Установите на основной груз дополнительные грузы. Увеличивая их величину, измеряйте абсолютное удлинение ΔX нарастающим итогом. Опыт произведите несколько раз. Данные занесите в таблицу результатов наблюдений.

3. Постройте график зависимости $\Delta X = f(mg)$, откладывая на оси абсцисс нагрузку mg, а по оси ординат абсолютное удлинение ΔX. Проведите через полученные точки прямую наилучшим образом. Определите координаты двух точек на графике $(m_1 g, \Delta x_1)$ и $(m_2 g, \Delta x_2)$ и вычислите коэффициент жесткости проволоки по формуле:

$$k = \frac{m_2 g - m_1 g}{\Delta x_2 - \Delta x_1} \ . \qquad /14.2/$$

ВНИМАНИЕ! В данной лабораторной работе, и далее считать ускорение свободного падения равным g = 9,81 м/с^2.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

m, кг	mg, Н	ΔX , 10^{-5}м			
		1	2	3	сред.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое деформация? Что такое упругие и пластические деформации?
2. Какие существуют виды деформации с точки зрения изменения формы тела? Приведите примеры.
3. Что такое абсолютная деформация (удлинения), в каких единицах она измеряется?
4. Как соотносятся между собой деформирующая сила и сила упругости?
5. Почему возникают силы упругости?
6. Сформулируйте закон Гука. Когда он справедлив?
7. От чего зависит коэффициент жесткости пружины? В каких единицах измеряется коэффициент жесткости?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§2.10.

2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - §36,37.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - §8.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15 - СПО
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ПОКОЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ МЕТОДОМ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

Цель работы: экспериментальное изучение закономерностей трения скольжения и определение значений коэффициентов трения покоя и скольжения тел.

Приборы и принадлежности: экспериментальная установка в виде наклонной плоскости с различными материалами покрытий (дерево, сталь, прорезиненная ткань транспортера и др.), бруски из различных материалов.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

При движении соприкасающихся твердых тел друг относительно друга между ними возникают силы внешнего трения. В результате действия таких сил кинетическая энергия относительного движения тел уменьшается.

Различают два вида такого внешнего трения - трение скольжения и трение качения. В каждом случае возможно сухое трение и трение со смазкой из какой-либо жидкости (обычно масла). В последнем случае силы трения значительно меньше.

Силы трения складываются из:

- упругих сил, возникающих при взаимодействии неровностей поверхностей двух тел;
- сил, возникающих при взаимодействии молекул поверхностных слоев соприкасающихся тел;
- сил, возникающих вследствие молекулярных неоднородностей на поверхностях соприкасающихся тел;.

Все эти силы имеют электрическую природу.

Согласно закону Амонтона - Кулона для явления внешнего сухого трения скольжения справедливы следующие закономерности:

- имеет место сила трения покоя $F_{TP.П}$ - тело начинает двигаться, если сила тяги $F_T \geq F_{TP.П}$;
- сила трения не зависит от площади соприкасающихся тел;
- сила трения не зависит от относительной скорости тел при малых скоростях;
- сила трения покоя и сила трения скольжения прямо пропорциональны силе нормального давления $F_{ТР.П} = \mu_п F_{ДАВЛ}$ и $F_{ТР.С} = \mu_С F_{ДАВЛ}$. /15.1/

Поскольку по третьему закону Ньютона силы нормального давления и реакции опоры равны по абсолютной величине, то

$$F_{ТР.П} = \mu_П N \quad \text{и} \quad F_{ТР.С} = \mu_С N . \qquad /15.2/$$

Здесь $\mu_П$ и $\mu_С$ - коэффициенты трения покоя и скольжения.

Коэффициенты трения покоя и скольжения зависят от:

- материала соприкасающихся поверхностей;
- качества обработки соприкасающихся поверхностей;
- состояния соприкасающихся поверхностей (температуры, влажности, наличия загрязнений и смазки).

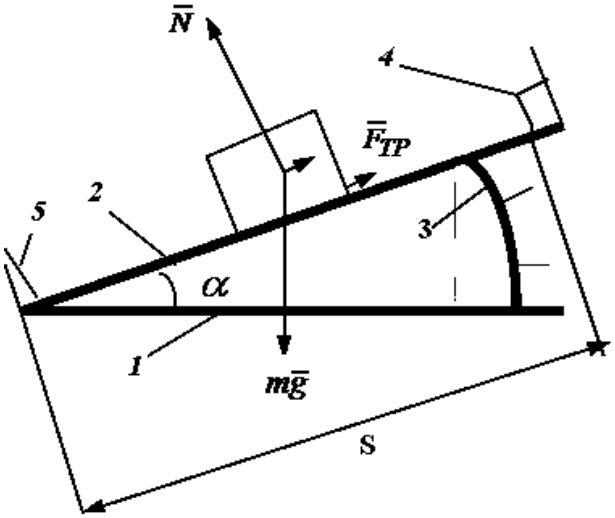


Рис. 15.1

Экспериментальная установка по определению коэффициентов трения покоя и скольжения, представленная на рис.15.1, состоит из основания (1), наклонной плоскости (2), транспортира для определения угла наклона плоскости (3), электромагнита (4), концевого микровыключателя (5) и электронного блока управления с кнопками «Электромагнит» и «Пуск».

На тело, находящееся на наклонной плоскости, действуют, как показано на рис.15.1, следующие силы:

■ сила тяжести - $\overline{F_T} = m\bar{g}$;

■ сила реакции опоры $\overline{N}$;

■ сила трения - $\overline{F_{TP}}$

Следствие из второго закона Ньютона имеет вид:

$$m\bar{a} = m\bar{g} + \overline{N} + \overline{F}_{TP} \qquad /15.3/$$

или в проекциях на направления параллельно (OX) и перпендикулярно (OY) наклонной плоскости получим

$$\begin{aligned} OX &: ma = mg\sin\alpha - F_{TP} \\ OY &: 0 = mg\cos\alpha - N. \end{aligned} \qquad /15.4/$$

Если тело находится в покое и его ускорение равно нулю, то геометрическая сумма всех сил, действующих на тело, равна нулю. С учетом того, что $F_{TP.П} = \mu_П N$, получим:

$$\mu_{TP.П} = tg\alpha_o, \qquad /15.5/$$

где α_o - максимальный угол, при котором тело еще остается в покое на наклонной плоскости. В таблице 1 приведены значения коэффициента трения покоя $\mu_{TP.П}$ для некоторых материалов.

При $\alpha \triangleright \alpha_o$ геометрическая сумма всех сил, действующих на тело, не равна нулю. Тогда тело движется равноускоренно и из /15.4/ следует:

$$\mu_С = tg\alpha - \frac{a}{g\cos\alpha}. \qquad /15.6/$$

Таблица 1.

Значения коэффициента трения покоя для некоторых пар материалов

Материалы	$\mu_{TP.П}$
Металл по металлу	0,15...0,30
Металл по дереву	0,50
Дерево по дереву	0,65
Кожа по металлу	0,60

Величину ускорения a можно определить из зависимости пути S от времени t для равноускоренного движения без начальной скорости

$$S = \frac{at^2}{2}, \qquad /15.7/$$

откуда

$$\mu_C = tg\alpha - \frac{2S}{gt^2 \cos\alpha}. \qquad /15.8/$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По заданию преподавателя, определить значение начального угла наклона плоскости для брусков из различных материалов и семян растений (3-4 варианта) на различных покрытиях (транспортерная лента, дерево, металл, пластмасса и т.п.). Для этого положить тело на наклонную плоскость так, чтобы оно находилось в покое, и медленно увеличивая угол наклона плоскости до значения α_o, когда тело начинает движение. Определите коэффициент трения покоя по формуле /15.5/.
2. Для определения коэффициента трения скольжения для указанной преподавателем пары тело (брусок) - покрытие наклонной плоскости установите угол наклона плоскости $\alpha \triangleright \alpha_o$.
3. Включите кнопку «Электромагнит» и закрепить тело на наклонной плоскости. Электрический секундомер установите на ноль.
4. Измерить длину наклонной плоскости S от нижнего края бруска до микровыключателя.
5. Нажмите кнопку «Пуск». При этом отключается электромагнит, включается секундомер и тело движется по наклонной плоскости до микровыключателя. При ударе тела о микровыключатель секундомер остановится. Результаты измерения α, S и t занесите в таблицу результатов наблюдений.
6. По формуле /15.8/ вычислите экспериментальные значения μ_C и занесите их в таблицу результатов наблюдений. Рассчитайте среднее значение коэффициента трения скольжения μ_C, среднюю абсолютную $\Delta\mu_C$ и среднюю относительную ε_K погрешности, по формулам:

$$\mu_{C.CP} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\mu_i, \quad /15.9/ \qquad \Delta\mu_{C.CP} = \sqrt{\frac{\sum \Delta\mu_i^2}{n(n-1)}}, \quad /15.10/ \qquad \varepsilon_K = \frac{\Delta\mu_{C.CP}}{\mu_{C.CP}}. \quad /15.11/$$

Данные запишите в таблицу результатов наблюдений. Результат представьте в виде

$$\mu = \mu_C \pm \Delta\mu_C \qquad , \quad \varepsilon_K = \ldots\ldots\%$$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Тело, покрытие	№	α, град	S, м	t, с	μ_{Ci},	$\Delta\mu_{Ci}$	$\Delta\mu_{Ci}^2$
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите виды трения. Приведите примеры возникновения трения в природе и технике.
2. Укажите природу сил трения.
3. Сформулируйте закон Амонтона - Кулона для внешнего сухого трения скольжения.
4. Укажите размерность коэффициента трения скольжения.
5. От чего зависит коэффициент трения скольжения?
6. Как зависит коэффициент трения скольжения от длины наклонной плоскости, угла ее наклона, времени движения бруска, ускорения свободного падения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§2.10.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - §38-40.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - §14.

Учебное издание

Леонтьев Николай Георгиевич
канд. физ. мат. наук, доцент
Белоусов Александр Васильевич
канд. физ. мат. наук, доцент
Гуриненко Людмила Александровна
канд. техн. наук, доцент
Портаков Александр Борисович
канд. техн. наук, доцент

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Часть 1. Механика

Редакция авторская

Объём ЭИ: 0,722 Мб.
Формат ЭИ: Portable Document Format (PDF).

© Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г. ЗЕРНОГРАД Ростовской области, ул. Ленина,21.