

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Рабочая тетрадь

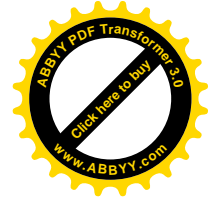
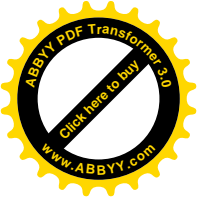
для лабораторных работ

Часть 1

Студента _____
Ф. И. О.

Специальность, курс, группа

п. Персиановский 2011 г.

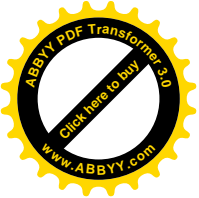


Е.Г. Баленко
Т. Ю. Тарусова

Рабочая тетрадь

для лабораторных работ

п. Персиановский 2011 г.



УДК 63(06):531/534

ББК 22.2

Б-20

Составители: кандидат с/х наук, доцент Баленко Е. Г.
ст. преподаватель Тарусова Т. Ю.

Баленко, Е. Г.

Рабочая тетрадь: Методические разработки к лабораторным работам по физике для студентов сельскохозяйственного ВУЗа./Е. Г. Баленко, Т. Ю. Тарусова//пос. Персиановский: ДонГАУ.- 2011.-56 с.

Методические разработки содержат описание и методику проведения лабораторных работ по основным разделам физики, а также ссылки на литературу, содержащую теорию по данной теме и список контрольных задач.

Таблиц - 8

Рис. (схем) – 11

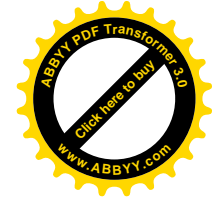
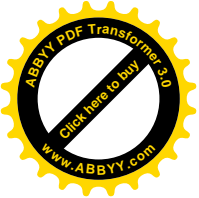
Рецензенты:Заведующий кафедрой «МО и ППП», доктор технических наук, профессор Коханенко В. Н; кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика и физика» Мокриевич А. Г.

Утверждено методической комиссией факультета БТЭТ (протокол № 6 от 10.05.2011г.)

Рекомендовано к изданию методическим советом ДонГАУ (протокол № 6 от 7.06.2011г.)

© Баленко Е. Г., Тарусова Т. Ю.

©Донской государственный аграрный университет, 2011 г.

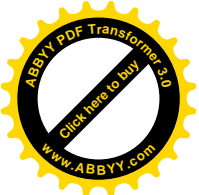


Введение

Данные методические разработки предназначены для студентов всех специальностей, изучающих курс «Физика» факультета БТЭТ.

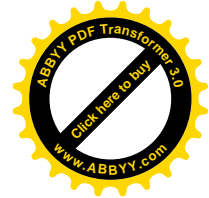
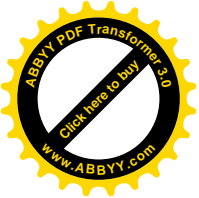
Они соответствуют требованиям типовых программ и государственным стандартам вышеуказанного курса и отражают многолетний опыт преподавания дисциплин для студентов первого и второго курсов в Дон ГАУ в течение I – III семестров.

Методические разработки охватывают основные разделы курса физики и знакомят студентов с сущностью физических явлений и методами измерения физических величин. Для удобства работы каждый новый раздел практикума включает в себя ссылку на теоретический материал, после изучения которого предлагается законспектировать ключевые определения и законы. После выполнения лабораторной работы студенту предлагается заполнить таблицу измерений, произвести вычисления по рабочей формуле, рассчитать погрешность и сделать вывод в специально отведенное для этого место, что не только учит студентов самостоятельности и аккуратности, но и позволяет экономить аудиторное время.



Лист успеваемости

№ п/п	Название лабораторной работы	Допуск	Выпол- нение	Защита	Дата	Подпись
1	Определение момента инерции тела динамическим методом					
2	Определение момента инерции тела с учетом силы трения в опоре					
3	Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника					
4	Определение коэффициента поверхностного натяжения по методу поднятия жидкости в капиллярной трубке					
5	Определение отношения молярной теплоемкости при постоянном давлении C_p к молярной теплоемкости при постоянном объеме C_v для воздуха					
6	Определение удельной теплоемкости твердого тела и изменения энтропии изолированной системы					
7	Определение коэффициента вязкости жидкости методом Стокса					



Раздел 1 «Механика»

Тема «Динамика вращательного движения»

Повторите теоретический материал

Грабовский Р. И.: Гл. 1, § 6, стр. 23-26; Гл. 4, § 21-23, стр. 71-80

Трофимова Т. И.: Гл. 1, § 4, стр. 11-13; Гл. 4, § 16-19, стр. 28-33

II Ответьте на контрольные вопросы

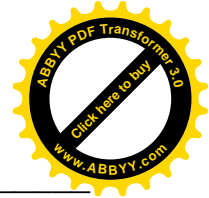
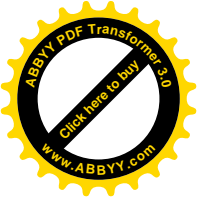
- 1) Запишите формулу и дайте определение углового пути, скорости и ускорения.

- 2) В каких единицах измеряется угловой путь, скорость и ускорение?

- 3) Каков физический смысл массы тела? Дайте определение инертной и гравитационной массы.

- 4) Дайте определение абсолютно твердого тела.

- 5) Напишите формулу и дайте определения момента инерции, момента силы, момента импульса.



6) В каких единицах измеряются моменты инерции, силы и импульса?

7) Напишите формулы для определения момента инерции сплошного цилиндра (диска) и шара.

8) Сформулируйте теорему Штейнера.

9) Запишите основной закон динамики вращательного движения.

10) Сформулируйте закон сохранения момента импульса.

11) Запишите формулу для кинетической энергии вращательного движения твердого тела и тела, катящегося по горизонтальной поверхности.

12) Напишите зависимость угловых и линейных величин.

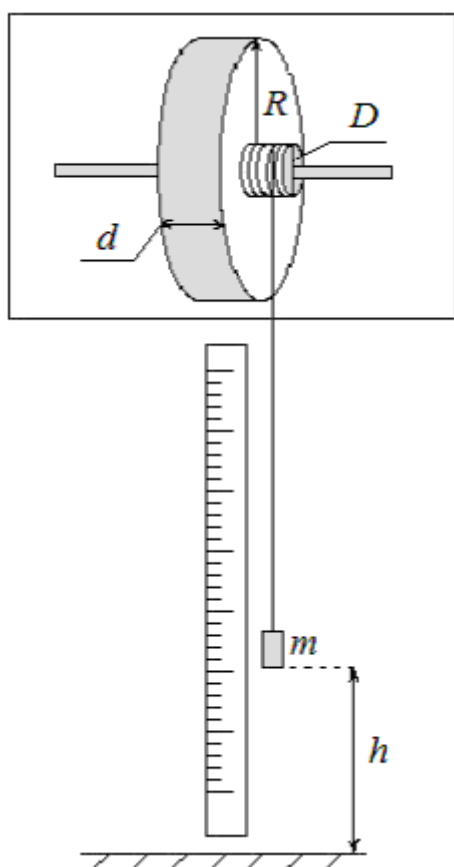
III Проведите лабораторный эксперимент

Лабораторная работа № 1 «Определение момента инерции тела динамическим методом»

Цель работы: научиться определять момент инерции сплошного диска (цилиндра) со шкивом и полученное опытное значение сравнить с теоретическим.

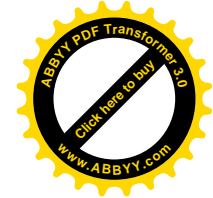
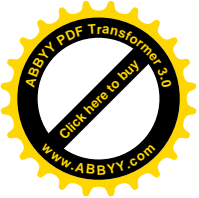
Приборы и материалы: диск, гири, секундомер, штангенциркуль.

1. Описание рабочей установки



Рабочая установка представляет собой штифт с ввинченным на него шкивом и соединенным с ним диском. На шкив намотана нить, на которую подвешен груз. На стене под установкой расположена миллиметровая шкала для определения высоты поднятия груза.

рис. 1



2. Вывод рабочей формулы

а) Вывод теоретической рабочей формулы.

Шкив, относительно диска, имеет небольшой радиус r и толщину d (см. рис. 1). Момент инерции этой системы определяется как сумма моментов инерций диска и шкива. Моментом инерции оси можно пренебречь, так как ее радиус во много раз меньше радиуса диска R .

Пусть R, d, m - соответственно радиус, толщина и масса диска, r, d_1, m_1 - радиус, толщина и масса шкива.

Моменты инерции диска и шкива определим по формуле для сплошных цилиндров:

$$I = \frac{1}{2} m R^2 \quad (1)$$

Тогда момент инерции системы равен:

$$I = \frac{1}{2} m R^2 + \frac{1}{2} m_1 r^2 \quad (2)$$

Массы диска и шкива выразим через их плотность и объемы:

$$m = \rho V = \rho \pi R^2 d, \quad m_1 = \rho \pi r^2 d_1 \quad (3)$$

Диск и шкив изготовлены из стали, поэтому $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Подставим значения масс m и m_1 , определенных по формулам (3) в уравнение (2):

$$I = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 d R^2 + \frac{1}{2} \rho \pi r^2 d_1 r^2 = \frac{1}{2} \rho \pi (R^4 d + r^4 d_1) \quad (4)$$

Поскольку $r \ll R$, то моментом инерции шкива можно пренебречь и вычислять момент инерции всей системы по приближенной формуле:

$$I = \frac{1}{2} \pi \rho R^4 d \quad (5)$$

Равенство (5) является формулой для теоретического определения момента инерции этой системы. В системе измерения физических единиц СИ единицей измерения момента инерции является:

$$[I] = [\text{кг} \cdot \text{м}^2]$$

б) Вывод рабочей формулы для опытного определение момента инерции.

Мерой взаимодействия в результате которого происходит вращательное движение является момент силы:

$$M = F \cdot r$$

Второй закон Ньютона для вращательного движения гласит, что

$$M = I \cdot \beta$$

В лабораторной установке момент силы возникает за счет гири массой m , подвешенной на нити, которая наматывается на шкив (рис. 1). При отпускании вся система приходит в равноускоренное вращательное движение с угловым ускорением β , и гиря опускается равноускоренно с линейным (тангенциальным) ускорением a_τ .

Угловое и тангенциальное ускорения связаны формулой:

$$\beta = \frac{a_{\tau}}{r} \quad (6),$$

где r - радиус шкива.

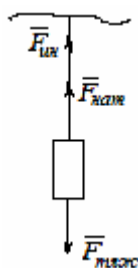


рис.2

Момент силы, вращающий установку, создается силой натяжения нити, которая равна разности между силой тяжести гири $F_{тяж} = mg$ и силой инерции $F_{ин} = ma_{\tau}$:
 $F_{нат} = F_{тяж} - F_{ин} = mg - ma_{\tau} = m(g - a_{\tau})$ (см. рис. 2).

Так как сила натяжения нити направлена по касательной к шкиву, то радиус шкива совпадает с направлением перпендикуляра из центра вращения на направление, вдоль которого действует сила натяжения. Поэтому вращающий момент силы равен:

$$M = F_{нат} \cdot r = m(g - a_{\tau})r$$

Но радиус шкива равен половине его диаметра D , и тогда предыдущая формула имеет следующий вид:

$$M = m(g - a_{\tau}) \frac{D}{2} \quad (7)$$

Выразим из основного закона динамики для вращательного движения момент инерции исследуемого тела:

$$I = \frac{M}{\beta}$$

и подставим в него выражения момента силы (7) и углового ускорения (6):

$$I = m(g - a_{\tau}) \frac{D}{2\beta} = m(g - a_{\tau}) \frac{D^2}{4a_{\tau}}$$

Ускорение a_{τ} выразим через высоту h , с которой опускается гиря, и через время t , в течение которого происходит это опускание. Это движение равноускоренное, поэтому

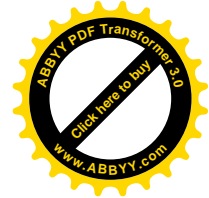
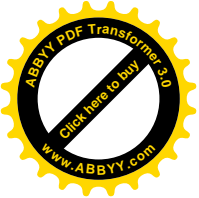
$$h = \frac{a_{\tau} t^2}{2} \Rightarrow a_{\tau} = \frac{2h}{t^2}$$

Подставим выражение тангенциального ускорения в формулу, выражающую момент инерции:

$$I = \frac{mD^2 \left(g - \frac{2h}{t^2} \right)}{4 \frac{2h}{t^2}} = \frac{mD^2 t^2}{8h} \left(g - \frac{2h}{t^2} \right)$$

Рабочая формула для опытного определения момента инерции диска:

$$I = \frac{mD^2 t^2}{8h} \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) \quad (8)$$



3. Порядок выполнения работы

- 1) Наматывая нить на шкив вращением диска, поднимите гирию на высоту h , заданную преподавателем (высота h определяется по сантиметровой шкале, изображенной на стене под установкой, по нижнему краю гири);
- 2) Отпустите диск и одновременно засеките секундомером время, за которое гирия достигнет пола с заданной высоты;
- 3) Штангенциркулем замерьте диаметр шкива D , толщину d и радиус R диска.
- 4) Выполните опыт три раза на одной и той же высоте, все измеренные величины занесите в таблицу;
- 5) Рассчитайте теоретическое значение момента инерции исследуемого тела по формуле (5) и три значения опытного момента инерции по формуле (8). Опытное значение должно получиться несколько больше теоретического, что объясняется наличием трения в подшипниках и сопротивлением воздуха.

4. Таблица результатов и измерений

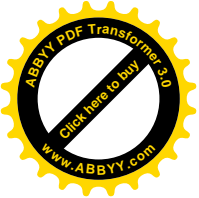
№ опыта	$m, \text{кг}$	$t, \text{с}$	$h, \text{м}$	$D, \text{м}$	$d, \text{м}$	$R, \text{м}$	$I_{\text{теор}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$I_{\text{оп}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$
1								
2								
3								

5. Оценка погрешности

- 1) Погрешность измерений:

Определите среднее значение момента инерции

$$\bar{I}_{\text{оп}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$



Вычислите среднеквадратичную ошибку среднего арифметического:

$$\Delta \bar{S}_I = \sqrt{\frac{(I_1 - \bar{I})^2 + (I_2 - \bar{I})^2 + (I_3 - \bar{I})^2}{n(n-1)}}$$

где n - число измерений, $n-1$ - число степеней свободы.

Абсолютную ошибку измерения ΔI определите как произведение среднеквадратического отклонения $\Delta \bar{S}_I$ на коэффициент Стьюдента t , который при надежности $\alpha = 0,95$, равен 4,3:

$$\Delta I = t \cdot \Delta \bar{S}_I$$

Окончательный результат запишите в таком виде:

$$I = \bar{I} \pm \Delta I$$

Относительную погрешность вычислите по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{\bar{I}} \cdot 100\%$$

2) Погрешность отклонения от истинного значения:

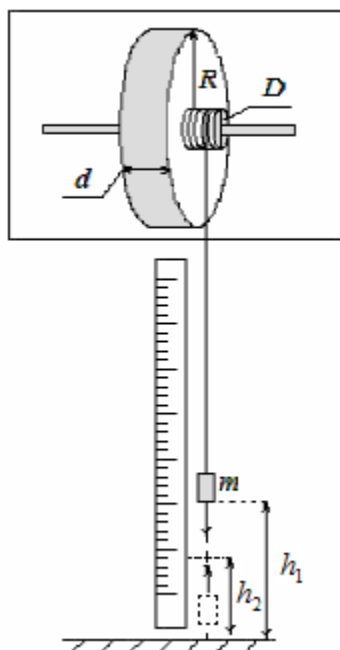
6. Вывод

Лабораторная работа № 2 «Определение момента инерции тела с учетом силы трения в опоре»

Цель работы: научиться определять момент инерции сплошного диска (цилиндра) со шкивом и полученное опытное значение сравнить с теоретическим.

Приборы и материалы: диск, груз, секундомер, штангенциркуль.

1. Описание рабочей установки



Рабочая установка представляет собой штифт с ввинченным на него шкивом и соединенным с ним диском. На шкив намотана нить, на которую подвешен груз. На стене под установкой расположена миллиметровая шкала для определения высоты поднятия груза.

рис. 3

2. Вывод рабочей формулы

а) Вывод теоретической рабочей формулы.

Шкив, относительно диска, имеет небольшой радиус r и толщину d (см. рис. 3). Момент инерции этой системы определяется как сумма моментов инерций диска и шкива. Моментом инерции оси можно пренебречь, так как ее радиус во много раз меньше радиуса диска R .

Пусть R, d, m - соответственно радиус, толщина и масса диска, r, d_1, m_1 - радиус, толщина и масса шкива.

Моменты инерции диска и шкива определим по формуле для сплошных цилиндров:

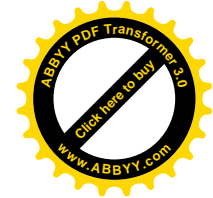
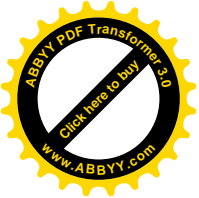
$$I = \frac{1}{2} m R^2 \quad (1)$$

Тогда момент инерции системы равен:

$$I = \frac{1}{2} m R^2 + \frac{1}{2} m_1 r^2 \quad (2)$$

Массы диска и шкива выразим через их плотность и объемы:

$$m = \rho V = \rho \pi R^2 d, \quad m_1 = \rho \pi r^2 d_1 \quad (3)$$



Диск и шкив изготовлены из стали, поэтому $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Подставим значения масс m и m_1 , определенных по формулам (3) в уравнение (2):

$$I = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 d R^2 + \frac{1}{2} \rho \pi r^2 d_1 r^2 = \frac{1}{2} \rho \pi (R^4 d + r^4 d_1)$$

Поскольку $r \ll R$, то моментом инерции шкива можно пренебречь и вычислять момент инерции всей системы по приближенной формуле:

$$I = \frac{1}{2} \pi \rho R^4 d \quad (4)$$

Равенство (4) является формулой для теоретического определения момента инерции этой системы. В системе измерения физических единиц СИ единицей измерения момента инерции является:

$$[I] = [\text{кг} \cdot \text{м}^2]$$

б) Вывод рабочей формулы для опытного определение момента инерции.

Диск приводится во вращательное движение грузом. Груз на высоте h_1 обладает потенциальной энергией mgh_1 . Если предоставить грузу свободно падать, то потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию поступательного движения груза $\frac{mv^2}{2}$, кинетическую энергию вращательного движения $\frac{I\omega^2}{2}$ и работу $A = Fh_1$ по преодолению силы трения в опоре.

По закону сохранения энергии:

$$mgh_1 = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + Fh_1 \quad (5),$$

где F - сила трения в опоре.

Движение груза равноускоренное без начальной скорости, поэтому линейная и угловая скорости соответственно равны: $v = \frac{2h_1}{t}$, $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2h_1}{tr}$, где t - время опускания груза с высоты h_1 .

После удара груза о пол диск, вращаясь по инерции, поднимает груз на высоту h_2 и потенциальная энергия будет mgh_2 . Убыль потенциальной энергии при подъеме груза равна работе по преодолению силы трения в опоре:

$$mgh_1 - mgh_2 = F(h_1 + h_2), \Rightarrow$$

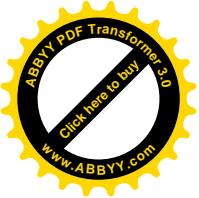
$$F = mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2}$$

Подставляя в формулу (5) значения v, ω, F , получим опытную рабочую формулу для определения момента инерции:

$$\begin{aligned}
 mgh_1 &= \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + Fh_1 \\
 \frac{I\omega^2}{2} &= mgh_1 - \frac{mv^2}{2} - Fh_1 \\
 \frac{4Ih_1^2}{2t^2r^2} &= mgh_1 - \frac{4mh_1^2}{2t^2} - mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} h_1 \\
 I &= \frac{t^2r^2 \left(mgh_1 - \frac{2mh_1^2}{t^2} - mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} h_1 \right)}{2h_1^2} \\
 I &= \frac{mt^2r^2 \left(gh_1t^2 - 2h_1^2 - g \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} h_1t^2 \right)}{2h_1^2t^2} \\
 I &= \frac{mr^2 \left(gt^2 \left(h_1 - \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} h_1 \right) - 2h_1^2 \right)}{2h_1^2} \\
 I &= \frac{mr^2 \left(gt^2 \cdot \frac{h_1(h_1 + h_2) - h_1(h_1 - h_2)}{h_1 + h_2} - 2h_1^2 \right)}{2h_1^2} \\
 I &= \frac{mr^2 \left(gt^2 \cdot \frac{2h_1h_2}{h_1 + h_2} - 2h_1^2 \right)}{2h_1^2} \\
 I &= \frac{mr^2 \left(gt^2 \cdot \frac{2h_1^2h_2}{h_1(h_1 + h_2)} - 2h_1^2 \right)}{2h_1^2} \\
 I &= mr^2 \left(gt^2 \cdot \frac{h_2}{h_1(h_1 + h_2)} - 1 \right) \quad (6)
 \end{aligned}$$

3. Порядок выполнения работы

- 1) Наматывая нить на шкив вращением диска, поднимите груз на высоту h_1 , заданную преподавателем (высота h_1 определяется по сантиметровой шкале, изображенной на стене под установкой, по нижнему краю груза);
- 2) Отпустите диск и одновременно засеките секундомером время, за которое груз достигнет пола с заданной высоты;
- 3) Определите высоту h_2 , на которую поднимется груз после удар о пол;
- 4) Штангенциркулем измерьте диаметр шкива D , толщину d и радиус R диска.



4) Выполните опыт три раза на одной и той же высоте, все измеренные величины занесите в таблицу;

5) Рассчитайте теоретическое значение момента инерции исследуемого тела по формуле (4) и три значения опытного момента инерции по формуле (6).

4. Таблица результатов и измерений

№ опыта	$m, \text{кг}$	$t, \text{с}$	$h_1, \text{м}$	$h_2, \text{м}$	$D, \text{м}$	$d, \text{м}$	$R, \text{м}$	$I_{\text{теор}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$I_{\text{оп}}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$
1									
2									
3									

5. Оценка погрешности

1) Погрешность измерений:

Определите среднее значение момента инерции

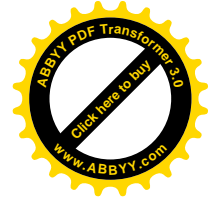
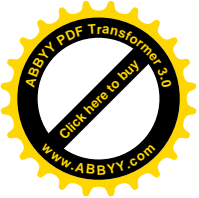
$$\bar{I}_{\text{оп}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

Вычислите среднеквадратичную ошибку среднего арифметического:

$$\Delta \bar{I} = \sqrt{\frac{(I_1 - \bar{I})^2 + (I_2 - \bar{I})^2 + (I_3 - \bar{I})^2}{n(n-1)}}$$

где n - число измерений, $n-1$ - число степеней свободы.

Абсолютную ошибку измерения ΔI определите как произведение среднеквадратического отклонения $\Delta \bar{I}$ на коэффициент Стьюдента t , который при надежности $\alpha = 0,95$, равен 4,3:



$$\Delta I = t \cdot \Delta \bar{S}_I$$

Окончательный результат запишите в таком виде:

$$I = \bar{I} \pm \Delta I$$

Относительную погрешность вычислите по формуле:

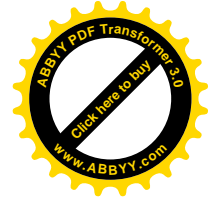
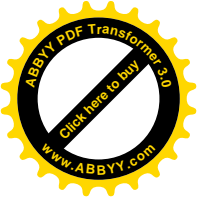
$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{\bar{I}} \cdot 100\%$$

2) Погрешность отклонения от истинного значения:

6. Вывод

IV Решите задачи

Сборник задач под ред. Грабовского Р. И.: 1.94, 1.95, 1.96, 1.97, 1.98, **1.99**, **1.100**, **1.101**, **1.102**, 1.103, 1.105, 1.106, 1.108, **1.111**, 1.113, 1.114, 1.116, 1.120, 1.123.



<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>	<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>			<hr/>		

<i>Ответ:</i>			<i>Ответ:</i>
<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>	
<hr/>			

Ответ:

Раздел 2 «Механические колебания и волны»

Тема «Гармонические колебания»

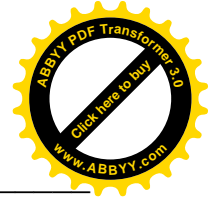
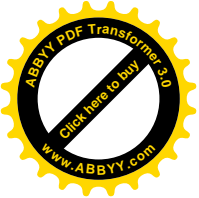
I Повторите теоретический материал

Грабовский Р. И.: Гл. 6, § 27-31, стр. 88-101

Трофимова Т. И.: Гл. 18, § 140-144, стр. 203-207

II Ответьте на контрольные вопросы

- 1) Дайте определение: колебание, свободное колебание, гармоническое колебание.



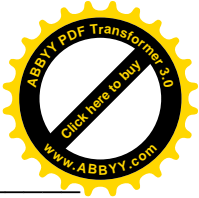
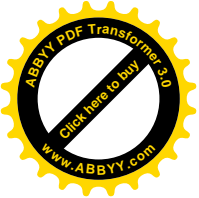
- 2) Запишите уравнение для смещения при гармоническом колебании и поясните физический смысл, входящих в него величин.

- 3) Запишите формулы и дайте определение периода, частоты, амплитуды и фазы колебаний.

- 4) Запишите формулу и дайте определение силы, под действием которой совершаются гармонические колебания.

- 5) Запишите формулы кинетической и потенциальной энергий при механических гармонических колебаний.

- 6) Выведите формулу скорости гармонических колебаний.



7) Выведите формулу ускорения гармонических колебаний.

8) Дайте определение гармонического осциллятора.

9) Дайте определение пружинного маятника и запишите его уравнение, потенциальную энергию и период колебаний.

10) Дайте определение физического маятника, выведите его уравнение и период колебаний.

11) Дайте определение математического маятника и выведите формулу для определения периода его колебаний.

12) Дайте определение биения.

13) Дайте определения механического резонанса.

III Проведите лабораторный эксперимент

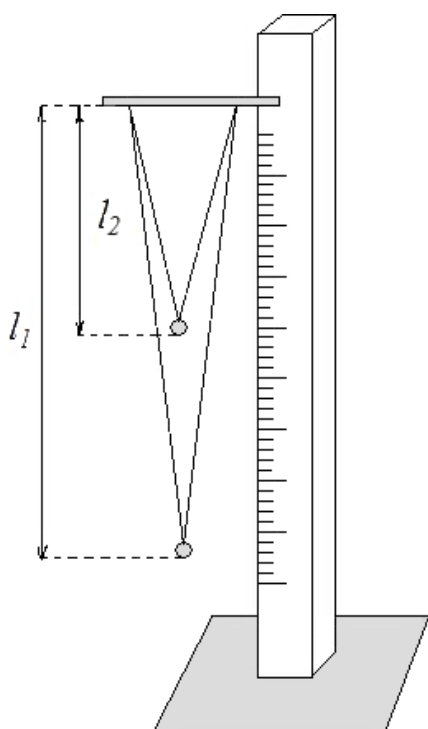
Лабораторная работа № 3 «Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника»

Цель работы: научиться определять ускорение свободного падения с помощью математического маятника и полученное опытное значение сравнить с теоретическим.

Приборы и материалы: математический маятник, секундомер, линейка

1. Описание рабочей установки

Рабочая установка представляет собой вертикальную стойку, на верхнем конце которой, на горизонтальной рейке, установлен математический маятник. Длину бифилярной (двойной) нити можно измерять по сантиметровой шкале, изображенной на стойке. В установке предусмотрен регулятор длины нити маятника.



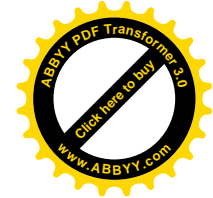
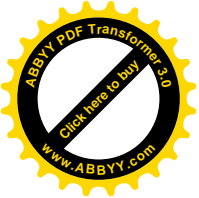
2. Вывод рабочей формулы

Период математического маятника вычисляется по формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Для длины нити l_1 период равен:

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{l_1}{g} \quad (1)$$



Соответственно, для l_2 :

$$T_2^2 = 4\pi^2 \frac{l_2}{g} \quad (2)$$

Вычтем почленно из равенства (1) равенство (2):

$$T_1^2 - T_2^2 = 4\pi^2 \frac{l_1 - l_2}{g}$$

$$\text{Из последнего равенства выразим } g : g = 4\pi^2 \frac{l_1 - l_2}{T_1^2 - T_2^2} \quad (3)$$

Рис. 4 Равенство (3) является рабочей формулой для определения ускорения свободного падения.

3. Порядок выполнения работы

- 1) Установите длину маятника l_1 , заданную преподавателем.
- 2) Отклоните его от положения равновесия на угол, не превышающий 6° .
- 3) Отпустите маятник и одновременно включите секундомер.
- 4) Отсчитайте 10 полных колебаний и выключите секундомер.
- 5) Определите период колебаний математического маятника по формуле:

$$T_1 = \frac{t_1}{10}$$

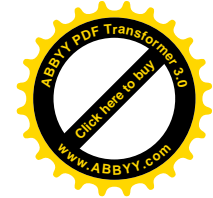
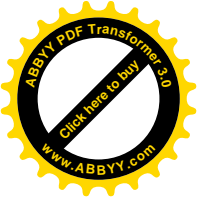
6) Укоротите длину нити до l_2 (≈ 2 раза) и определите таким же образом T_2 .

7) По формуле (3) рассчитайте опытное значение ускорения свободного падения.

8) Проведите опыт три раза, все измерения и вычисления занесите в таблицу.

4. Таблица результатов и измерений

№ опыта	T_1	T_2	T_1^2	T_2^2	$l_1 - l_2$	g
1						
2						
3						



5. Оценка погрешности

1) Погрешность измерений:

Определим среднее значение

$$\bar{g} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$$

Вычислим среднеквадратичную ошибку среднего арифметического:

$$\Delta \bar{S}_{\bar{g}} = \sqrt{\frac{(g_1 - \bar{g})^2 + (g_2 - \bar{g})^2 + (g_3 - \bar{g})^2}{n(n-1)}}$$

где n - число измерений, $n-1$ - число степеней свободы.

Абсолютную ошибку измерения Δg определим как произведение среднеквадратического отклонения $\Delta \bar{S}_{\bar{g}}$ на коэффициент Стьюдента t , который при надежности $\alpha = 0,95$, равен 4,3:

$$\Delta g = t \cdot \Delta \bar{S}_{\bar{g}}$$

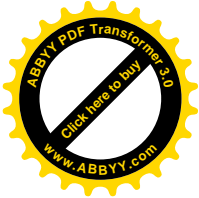
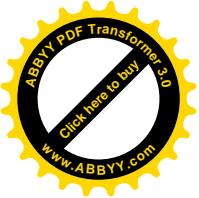
Окончательный результат запишем в таком виде:

$$g = \bar{g} \pm \Delta g$$

Относительную погрешность вычислим по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \cdot 100\%$$

2) Погрешность отклонения от истинного значения:



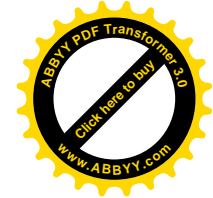
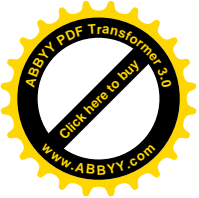
6. Вывод

IV Решите задачи

Сборник задач под ред. Грабовского Р. И.: 1.139, 1.141, 1.142, 1.145, 1.147, 1.148, 1.150, 1.151, 1.155.

<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:



<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

Раздел 3 «Основы молекулярной физики»

Тема «Свойства реальных жидкостей»

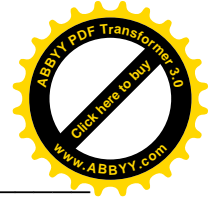
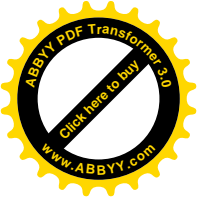
I Повторите теоретический материал

Грабовский Р. И.: Гл. 10, §66-69, стр. 99-101
Трофимова Т. И.: Гл. 9, § 61-63, стр. 191-202

II Ответьте на контрольные вопросы

1) Дайте определение молекулярного давления

2) Дайте определение и запишите формулу поверхностной энергии



3) Дайте определение и запишите формулу поверхностного натяжения

4) В каких единица в системе СИ измеряется коэффициент поверхностного натяжения

5) Поясните явление смачивания

6) Запишите условие полного смачивания и полного несмачивания

7) Дайте определение капиллярности

8) Какова роль капиллярных явлений в сельском хозяйстве

9) Запишите формулу Борелли-Жюрена

10) Какое явление описывает формула Лапласа, опишите его.
Запишите формулу Лапласа

III Проведите лабораторный эксперимент

Лабораторная работа № 4 «Определение коэффициента поверхностного натяжения по методу поднятия жидкости в капиллярной трубке»

Цель работы: научиться определять коэффициент поверхностного натяжения

Приборы и материалы: капиллярные трубки, сосуд с исследуемой жидкостью.

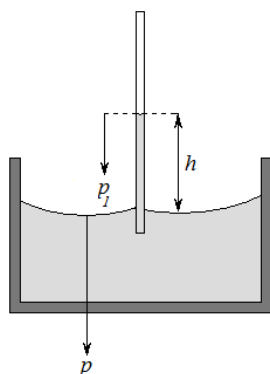


Рис. 5

1. Описание рабочей установки

Рабочая установка представляет собой капиллярные трубки разного диаметра, укрепленные в штативе и плоскопараллельный сосуд, в который налита исследуемая жидкость.

2. Вывод рабочей формулы

Если капиллярную трубку погрузить в широкий сосуд с водой или другой смачивающей жидкостью, то жидкость поднимется в трубке. Это явление объясняется тем, что молекулярное давление p на поверхность жидкости в широком сосуде больше, чем давление на жидкость p_1 в трубке, так как в ней мениск вогнутая поверхность радиуса R . Согласно формуле Лапласа, разность давлений $p - p_1 = \frac{2\alpha}{R}$ компенсируется гидростатическим давлением $\rho g h$ поднятого столбика жидкости высотой h (рис. 5):

$$\rho g h = \frac{2\alpha}{R} \quad (1),$$

где ρ - плотность жидкости;

R - радиус кривизны вогнутого мениска;

h - высота уровня жидкости в капиллярной трубке относительно уровня жидкости в широком сосуде;

α - коэффициент поверхностного натяжения.

Выразим из формулы (1) α :

$$\alpha = \frac{\rho g h R}{2} \quad (2),$$

Обозначим внутренний радиус капиллярной трубки буквой r .

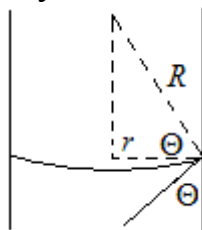


Рис. 6

Из рис. 6 видно, что этот радиус связан с радиусом сферы R следующим соотношением:

$$r = R \cos \Theta \Rightarrow R = \frac{r}{\cos \Theta},$$

где Θ - краевой угол.

Подставим значение R в формулу (2):

$$\alpha = \frac{\rho g h r}{2 \cos \Theta} \quad (3).$$

Если жидкость вполне смачивает стенки трубки, то краевой угол Θ равен нулю, тогда формулу (3) запишем в виде:

$$\alpha = \frac{\rho g h r}{2} \quad (4).$$

Формула (4) является рабочей формулой для определения коэффициента поверхностного натяжения.

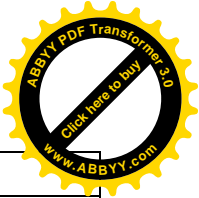
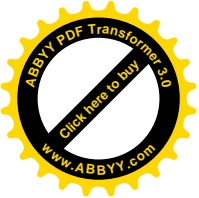
3. Порядок выполнения работы

- 1) Укрепите капиллярную трубку в штатив и подведите под нижний ее конец исследуемую жидкость в плоскопараллельном сосуде.
- 2) Измерьте разность уровней жидкости в сосуде и капилляре с помощью миллиметровых делений, нанесенных на трубке. Эта разность и есть высота поднятия h .
- 3) Рассчитайте по рабочей формуле (4) коэффициент поверхностного натяжения. Значение ρ необходимо взять из таблицы №7.6.
- 4) Проведите опыт три раза и занесите все данные в таблицу результатов и измерений.

Таблица №7.6 «Плотность некоторых веществ (при нормальных условиях)» (Сборник задач по физике под ред. Грабовский Р. И. (стр. 121))

4. Таблица результатов и измерений

№ опыта	Исследуемая	h	r	ρ	α
---------	-------------	-----	-----	--------	----------



	жидкость				
1					
2					
3					

5. Оценка погрешности

1) Погрешность измерений:

Определим среднее значение

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{3}$$

Вычислим среднеквадратичную ошибку среднего арифметического:

$$\Delta \bar{S}_{\bar{\alpha}} = \sqrt{\frac{(\alpha_1 - \bar{\alpha})^2 + (\alpha_2 - \bar{\alpha})^2 + (\alpha_3 - \bar{\alpha})^2}{n(n-1)}}$$

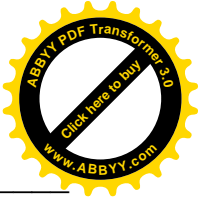
где n - число измерений, $n-1$ - число степеней свободы.

Абсолютную ошибку измерения $\Delta \alpha$ определим как произведение среднеквадратического отклонения $\Delta \bar{S}_{\bar{\alpha}}$ на коэффициент Стьюдента t , который при надежности $\alpha = 0,95$, равен 4,3:

$$\Delta \alpha = t \cdot \Delta \bar{S}_{\bar{\alpha}}$$

Окончательный результат запишем в таком виде:

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta \alpha$$



Относительную погрешность вычислим по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\alpha}{\bar{\alpha}} \cdot 100\%$$

2) Погрешность отклонения от истинного значения:

6. Вывод

IV Решите задачи

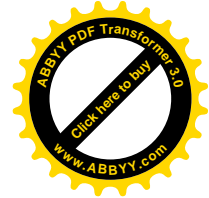
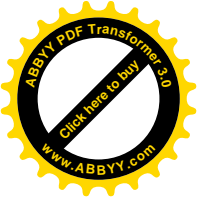
Сборник задач под ред. Грабовского Р. И.: 2.111, 2.112, 2.113, 2.114

Дано:

СИ:

Решение:

Ответ:



<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

Раздел 4 «Основы термодинамики»

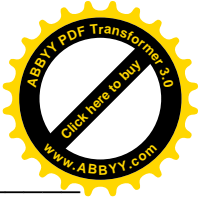
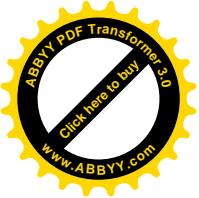
Тема «Первое начало термодинамики»

I Повторите теоретический материал

Грабовский Р. И.: Гл. 11, § 71-72, стр. 223-227
Трофимова Т. И.: Гл. 9, § 50-55, стр. 79-85

II Ответьте на контрольные вопросы

1) Дайте определение: число степеней свободы, внутренняя энергия.



2) Дайте определение термодинамического процесса.

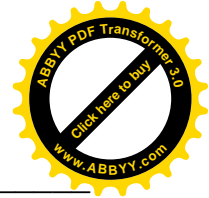
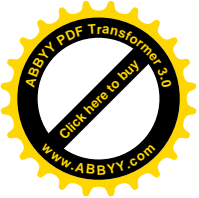
3) Сформулируйте первое начало термодинамики.

4) Каков физический смысл первого начала термодинамики?

5) Выведите формулу для работы газа при изменении его объема.

6) Дайте определение удельной и молярной теплоемкости и какая связь между ними?

7) Выведите формулы для молярных теплоемкостей при изохорном и изобарном процессах.



8) Запишите уравнение Майера.

9) Выведите физический смысл универсальной газовой постоянной.

10) Дайте определение изотермического, адиабатического и политропного процессов.

11) Выведите уравнение Пуассона.

12) Запишите коэффициент Пуассона и поясните его физический смысл.

III Проведите лабораторный эксперимент

Лабораторная работа № 5 «Определение отношения молярной теплоемкости при постоянном давлении C_p к молярной теплоемкости при постоянном объеме C_v для воздуха»

Цель работы: научиться определять опытным путем отношение молярной теплоемкости при постоянном давлении C_p к молярной теплоемкости при постоянном объеме C_v для воздуха и сравнить полученное значение с теоретическим.

Приборы и материалы: баллон, насос Камовского, манометр, миллиметровая линейка

1. Описание рабочей установки

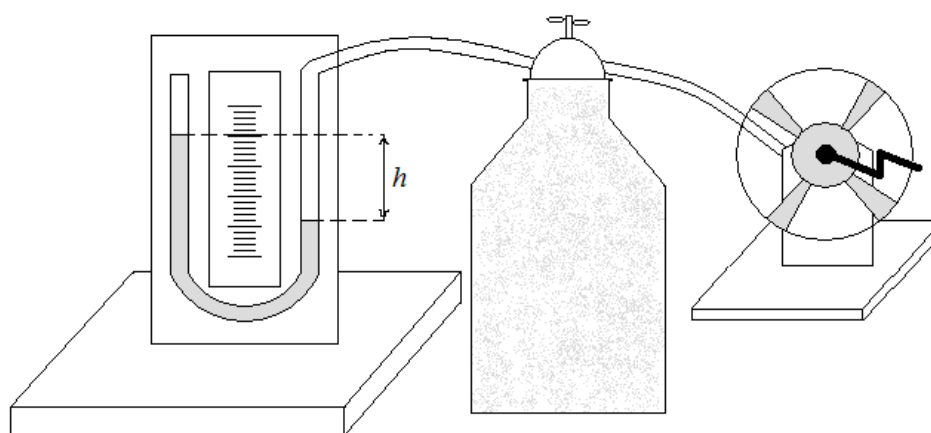


рис. 7

Рабочая установка представляет собой большой баллон соединенный краном с манометром и насосом. U-образный манометр имеет левый и правый мениски и закреплен на стойке, на которую нанесена миллиметровая шкала.

2. Вывод рабочей формулы.

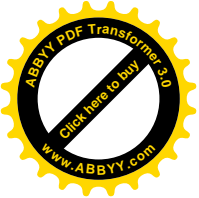
При нагнетании воздуха в баллон давление его в этом состоянии равно p_1 и объем равен V_1 :

$$p_1 = H + h_1, \quad V = V_1 \quad (\text{состояние 1}),$$

где H - атмосферное давление, h_1 - избыток давления воздуха в баллоне над атмосферным.

После выпуска воздуха давление в баллоне при открытом кране равно атмосферному:

$$p_2 = H, \quad V = V_2 \quad (\text{состояние 2}).$$



После закрытия крана давление в баллоне повысится до значения p_3 , объем воздуха остается таким же, как в состоянии (2):

$$p_3 = H + h_2, \quad V = V_2 \quad (\text{состояние 3}),$$

где h_2 - избыток давления воздуха в баллоне над атмосферным давлением.

Переход от состояния 1 к состоянию 2 совершается адиабатически, поэтому:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad (1)$$

В состояниях 1 и 3 термодинамические температуры одинаковые, т.е. это переход изотермический. Но необходимо иметь в виду, что законом Бойля-Мариотта можно воспользоваться только в том случае, если масса газа остается постоянной. Пусть масса воздуха в баллоне до начала накачивания в него равна M , накачанная масса m_1 . Тогда в состоянии 1 масса воздуха в баллоне равна $M + m_1$. При переходе к состоянию 2 выпускается из баллона масса m_2 , т.е. в состоянии 2 масса воздуха в баллоне равна $M + m_1 - m_2$. Эту массу можно считать постоянной, поскольку при переходе в состояние 3 она не меняется. В состоянии 1 повышенное давление h_1 обусловлено сжатием постоянной массы $M + m_1 - m_2$ за счет наличия дополнительной массы m_2 .

Учитывая все выше сказанное, можно записать:

$$p_1 V_1 = p_3 V_2 \quad (2)$$

Исключая из уравнений (1) и (2) отношение объемов, выразим γ .

Из уравнения (1):

$$\left[\frac{V_2}{V_1} \right]^\gamma = \frac{p_1}{p_2} \quad (1a)$$

Из уравнения (2):

$$\left[\frac{V_2}{V_1} \right]^\gamma = \left[\frac{p_1}{p_3} \right]^\gamma \quad (2a)$$

Приравняем правые части равенств (1a) и (2a):

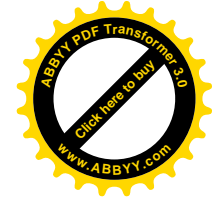
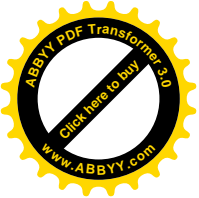
$$\begin{aligned} \frac{p_1}{p_2} &= \left[\frac{p_1}{p_3} \right]^\gamma \text{ или} \\ \frac{p_1}{p_2} &= \left[1 + \frac{p_1 - p_3}{p_3} \right]^\gamma \quad (3) \\ \frac{p_1 - p_3}{p_3} &\ll 1 \end{aligned}$$

Для вычисления выражения $(1 \pm \alpha)^n$, где $\alpha \ll 1$ и n - любое действительное число, теория приближенных вычислений дает следующее правило:

$$(1 \pm \alpha)^n = 1^n \pm n\alpha = 1 \pm n\alpha$$

Применим это правило к равенству (3):

$$\frac{p_1}{p_2} = 1^\gamma + \gamma \frac{p_1 - p_3}{p_3},$$



Перенесем $p_1 = 1$ в левую часть:

$$\frac{p_1}{p_2} - 1 = \gamma \frac{p_1 - p_3}{p_3}$$

Из последнего равенства выразим γ :

$$\gamma = \frac{(p_1 - p_2) \cdot p_3}{(p_1 - p_3) \cdot p_2}$$

Отношение $\frac{p_3}{p_2} \cong 1$, так как p_2 и p_3 очень мало отличаются друг от друга, поэтому:

$$\gamma = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_3} \text{ или } \gamma = \frac{H + h_1 - H}{H + h_1 - H - h_2} = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

Т.о. рабочая формула для определения γ :

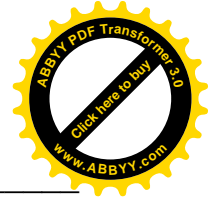
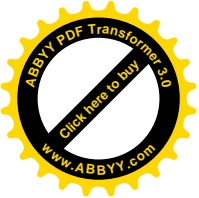
$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (4)$$

3. Порядок выполнения работы

- 1) В баллон нагнетаем насосом воздух при открытом кране, пока перепад h_1 между левым и правым коленом в водяном манометре над атмосферным давлением H станет на уровне 150 мм водяного столба и поворотом крана закройте баллон.
- 2) Выждите 2-3 минуты и определите разность столбов жидкости h_1 в манометре по миллиметровой линейке.
- 3) Очень быстро откройте кран и выпустите часть воздуха из баллона.
- 4) Как только пересекутся мениски правого и левого столбов жидкости, закройте кран.
- 5) Выждите 2-3 минуты и определите разность столбов жидкости h_2 в левом и правом коленях водяного манометра.
- 6) Значения h_1 и h_2 определяются с точностью до 1 мм по миллиметровой линейке, имеющейся на стоке манометра.
- 7) Занесите значения h_1 и h_2 в таблицу.
- 8) Выполните опыт три раза

4. Таблица результатов и измерений

№ опыта	h_1	h_2	γ
1			
2			
3			



5. Оценка погрешности

1) Погрешность измерений:

Определим среднее значение

$$\bar{\gamma} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3}{3}$$

Вычислим среднеквадратичную ошибку среднего арифметического:

$$\Delta \bar{S}_{\bar{\gamma}} = \sqrt{\frac{(\gamma_1 - \bar{\gamma})^2 + (\gamma_2 - \bar{\gamma})^2 + (\gamma_3 - \bar{\gamma})^2}{n(n-1)}}$$

где n - число измерений, $n-1$ - число степеней свободы.

Абсолютную ошибку измерения $\Delta\gamma$ определим как произведение среднеквадратического отклонения $\Delta \bar{S}_{\bar{\gamma}}$ на коэффициент Стьюдента t , который при надежности $\alpha = 0,95$, равен 4,3:

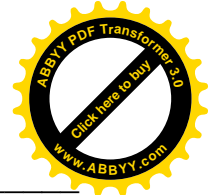
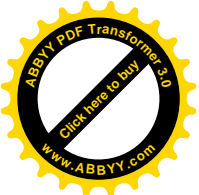
$$\Delta\gamma = t \cdot \Delta \bar{S}_{\bar{\gamma}}$$

Окончательный результат запишем в таком виде:

$$\gamma = \bar{\gamma} \pm \Delta\gamma$$

Относительную погрешность вычислим по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\gamma}{\bar{\gamma}} \cdot 100\%$$

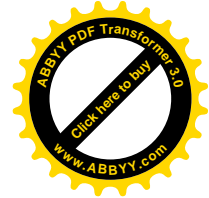
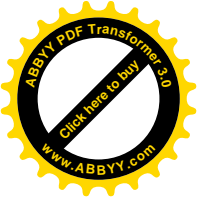


2) Погрешность отклонения от истинного значения:

6. Вывод

IV Решите задачи

Сборник задач под ред. Грабовского Р. И.: **2.41, 2.42, 2.43, 2.44, 2.45**, 2.118, 2.119. 2.121, 2.122, 2.123, 2.124, 2.126, 2.127, 2.130.



<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

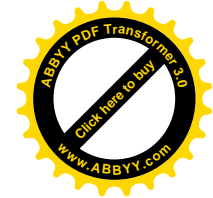
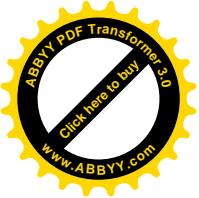
<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

Тема «Второе начало термодинамики»



I Повторите теоретический материал

Грабовский Р. И.: Гл. 11, § 73-75, стр. 232-240

Трофимова Т. И.: Гл. 9, § 56-59, стр. 86-92

II Ответьте на контрольные вопросы

- 1) Дайте определение: круговой процесс, обратимые и необратимые процессы.

- 2) Запишите формулу термического к.п.д. для кругового процесса.

- 3) Дайте определение приведенной теплоты и энтропии.

- 4) Сформулируйте второе начало термодинамики, отражая его термодинамический и статистический смысл.

- 5) Каков физический смысл второго начала термодинамики и энтропии?

6) Поясните понятие тепловой смерти Вселенной.

7) Дайте определение цикла Карно.

8) Дайте определение изоэнтропийного процесса.

III Проведите лабораторный эксперимент

Лабораторная работа №6 «Определение удельной теплоемкости твердого тела и изменения энтропии изолированной системы»

Цель работы: научиться определять удельную теплоемкость твердого тела и изменения энтропии изолированной системы

Приборы и материалы: исследуемое тело, калориметр, термометр, весы с разновесами, нагреватель, мерный цилиндр.

1. Описание рабочей установки

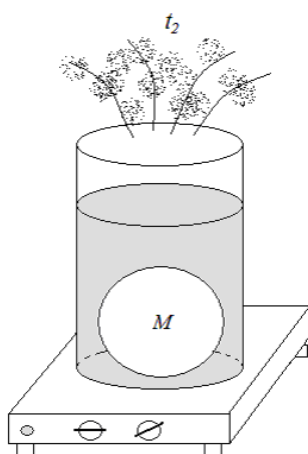


рис. 8

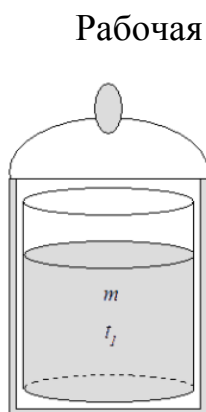
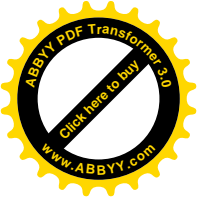


рис. 9

Рабочая установка представляет собой электрический нагреватель с сосудом (рис. 8) и калориметр (рис. 9). Калориметр – это прибор, в котором отсутствует теплообмен с окружающей средой, состоит из внешнего и внутреннего сосуда.

2. Вывод рабочей формулы



Внутренний сосуд калориметра с водой и погруженным в нее телом можно рассматривать как изолированную систему, так как теплообмен между сосудом и окружающей средой практически отсутствует. Поэтому общую энергию в сосуде можно считать постоянной, то есть количество теплоты, поглощаемое водой, равно количеству теплоты, отдаваемое охлаждающимся телом.

Количество теплоты, поглощаемое или отдаваемое телом, можно выразить формулой:

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

Количество теплоты, поглощаемое водой, равно:

$$Q_1 = cm(\theta - t_1),$$

где c - удельная теплоемкость воды, $c = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$,
 m - масса воды в калориметре.

Количество теплоты, отдаваемое телом, равно:

$$Q_2 = c_x M(t_2 - \theta),$$

где c_x - искомая удельная теплоемкость,
 M - масса исследуемого тела.

Так как $Q_1 = Q_2$, то

$$c_x M(t_2 - \theta) = cm(\theta - t_1)$$

Из последнего равенства выразим c_x :

$$c_x = \frac{m(\theta - t_1)}{M(t_2 - \theta)} \cdot c \quad (1)$$

Равенство (1) является рабочей формулой для определения удельной теплоемкости тела.

Выведем формулу для опытного расчета изменения энтропии изолированной системы. При помещении исследуемого тела во внутренний сосуд калориметра начнет происходить теплообмен между телом с температурой T_2 и водой с температурой T_1 . При теплообмене некоторое количество теплоты перейдет от тела с температурой T_2 к телу с температурой T_1 . При этом температура первого тела понизится от T_2 до T_2' , а температура второго тела повысится от T_1 до T_1' , т.е. более холодное тело нагреется, а более горячее – охладится. Определим изменение энтропии такой системы:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2,$$

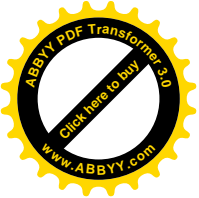
где ΔS_1 - изменение энтропии нагревающегося тела,
 ΔS_2 - изменение энтропии охлаждающегося тела.

Согласно формуле:

$$\Delta S = cm \ln \frac{T_2}{T_1},$$

получим:

$$\Delta S = c_x M \ln \frac{T_2'}{T_2} + cm \ln \frac{T_1'}{T_1}$$



Учитывая, что $T'_2 < T_2$, можно записать:

$$\begin{aligned}\Delta S &= cm \ln \frac{T'_1}{T_1} - c_x M \ln \frac{T_2}{T'_2} = cm \ln \left(\frac{T_1 + T'_1 - T_1}{T_1} \right) - c_x M \ln \left(\frac{T'_2 + T_2 - T'_2}{T'_2} \right) = \\ &= cm \ln \left(1 + \frac{T'_1 - T_1}{T_1} \right) - c_x M \ln \left(1 + \frac{T_2 - T'_2}{T'_2} \right)\end{aligned}$$

Согласно теории приближенных вычислений $\ln(1+x) \approx x$, если $x \ll 1$, поэтому

$$\begin{aligned}\ln \left(1 + \frac{T'_1 - T_1}{T_1} \right) &\approx \frac{T'_1 - T_1}{T_1} \\ \ln \left(1 + \frac{T_2 - T'_2}{T'_2} \right) &\approx \frac{T_2 - T'_2}{T'_2}\end{aligned}$$

Подставляя в выражение для изменения энтропии вместо логарифмов их значения, получим:

$$\Delta S = cm \frac{T'_1 - T_1}{T_1} - c_x M \frac{T_2 - T'_2}{T'_2}$$

Учитывая, что $T'_1 = T'_2 = \theta + 273$

$$\begin{aligned}T_1 &= t_1 + 273 \\ T_2 &= t_2 + 273\end{aligned}, \text{ получим:}$$

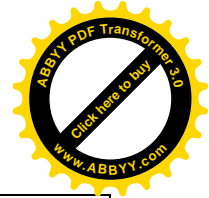
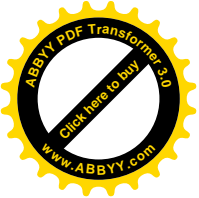
$$\Delta S = cm \frac{\theta - t_1}{t_1 + 273} - c_x M \frac{t_2 - \theta}{\theta + 273} \quad (2)$$

Формула (2) является рабочей формулой для определения изменения энтропии.

3. Порядок выполнения работы

- 1) Взвесьте испытываемое тело. Его масса равна M .
- 2) Перенесите тело в сосуд, в котором оно будет нагреваться.
- 3) Нагревайте воду с погруженным в нее телом до кипения. До полного нагревания тела дают ей кипеть 5 минут. Температуру кипящей воды t_2 принимаем равной 100°C .
- 4) Пока кипит вода, в мерный цилиндр залейте заданную преподавателем массу m воды и перелейте ее в пустой калориметр.
- 5) Измерьте температуру t_1 воды в калориметре.
- 6) Перенесите тело из сосуда, в котором оно нагревалось, во внутренний сосуд калориметра.
- 7) Закройте крышку калориметра, помешивайте воду и после выравнивания измерьте температуру θ .
- 8) Занесите значения M, m, t_1, t_2, θ в таблицу.
- 9) Выполните опыт три раза.
- 10) Рассчитайте значения $c_x, \Delta S$ по формулам (1) и (2).

4. Таблица результатов и измерений



№ опыта	M	m	t_1	t_2	θ	c_x	ΔS
1				$100^\circ C$			
2							
3							

5. Оценка погрешности

1) Погрешность измерений:

Определим среднее значение

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3}$$

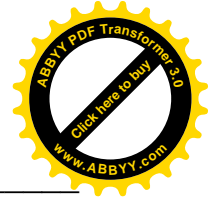
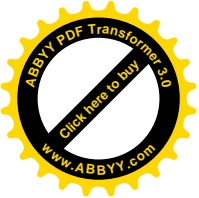
Вычислим среднеквадратичную ошибку среднего арифметического:

$$\Delta \bar{S}_{\bar{c}} = \sqrt{\frac{(c_1 - \bar{c})^2 + (c_2 - \bar{c})^2 + (c_3 - \bar{c})^2}{n(n-1)}}$$

где n - число измерений, $n-1$ - число степеней свободы.

Абсолютную ошибку измерения Δc определим как произведение среднеквадратического отклонения $\Delta \bar{S}_{\bar{c}}$ на коэффициент Стьюдента t , который при надежности $\alpha = 0,95$, равен 4,3:

$$\Delta c = t \cdot \Delta \bar{S}_{\bar{c}}$$



Окончательный результат запишем в таком виде:

$$c = \bar{c} \pm \Delta c$$

Относительную погрешность вычислим по формуле:

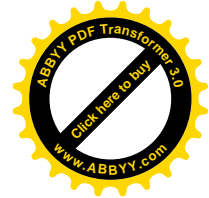
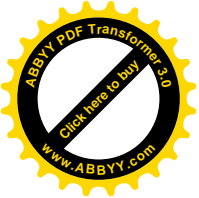
$$\varepsilon = \frac{\Delta c}{\bar{c}} \cdot 100\%$$

2) Погрешность отклонения от истинного значения:

6. Вывод

IV Решите задачи

Сборник задач под ред. Грабовского Р. И.: 2.134, 2.135, 2.136, 2.137, 2.138, 2.139, 2.140, **2.141, 2.142.**



<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

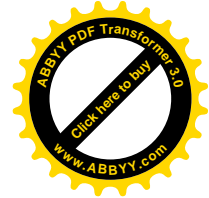
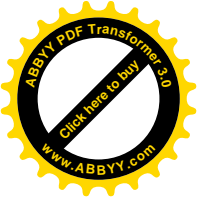
<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

Раздел 5 «Элементы неравновесной термодинамики»
Тема «Явления переноса»



I Повторите теоретический материал

Грабовский Р. И.: Гл. 9, § 57, 59, 60, стр. 180-182, 185-189

Трофимова Т. И.: Гл. 6, § 31-32, стр. 50-52; Гл. 8, § 48, стр. 75-77

II Ответьте на контрольные вопросы

1) Дайте определение явления переноса.

2) Дайте определение теплопроводности.

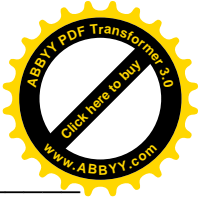
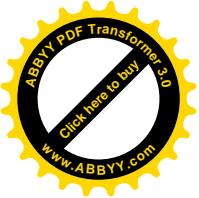
3) Запишите закон Фурье и поясните физический смысл коэффициента теплопроводности.

4) Дайте определение диффузии.

5) Запишите закон Фика и поясните физический смысл коэффициента диффузии.

6) Дайте определение внутреннего трения (вязкости).

7) Запишите закон Ньютона и поясните физический смысл коэффициента вязкости.



8) Дайте определение ламинарного и турбулентного течения жидкости.

9) Дайте определения и запишите формулы кинематической и динамической вязкости, какая существует между ними связь?

10) Дайте определение числа Рейнольдса. Напишите значения числа Рейнольдса при разных течениях жидкости.

11) В чем состоит метод Стокса определения коэффициента вязкости?

12) Запишите формулу Стокса.

13) В чем состоит метод Пуазейля определения коэффициента вязкости?

14) Запишите формулу Пуазейля.

III Проведите лабораторный эксперимент

Лабораторная работа № 7 «Определение коэффициента вязкости жидкости методом Стокса»

Цель работы: научиться определять коэффициент вязкости методом Стокса.

Приборы и материалы: стеклянный цилиндр на подставке с исследуемой жидкостью, микрометр, секундомер, тела сферической формы.

1. Описание рабочей установки

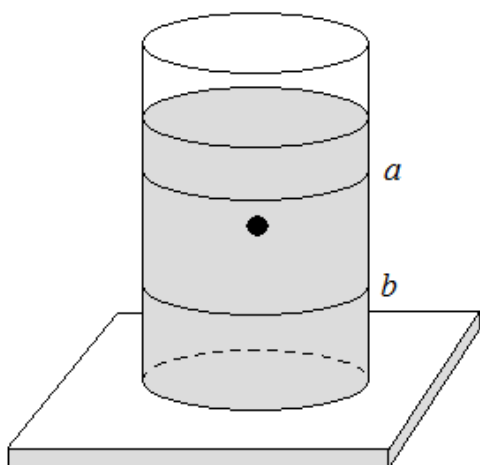
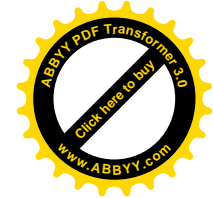
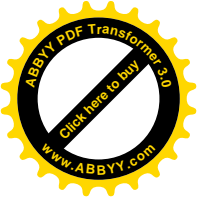


рис. 10

Рабочая установка представляет собой стеклянный цилиндр на подставке, заполненный вязкой жидкостью с подвижными метками длины a и b .

2. Вывод рабочей формулы



Метод Стокса основан на измерении скорости медленно движущихся в жидкости небольших тел сферической формы.

На тело, падающее в жидкости, действуют три силы:

1) сила тяжести:

$$F_{\text{тяж}} = mg$$

Учитывая, что $m = \rho V$, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, получаем:

$$F_{\text{тяж}} = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \quad (1),$$

где ρ - плотность тела.

2) сила Архимеда:

$$F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho' g \quad (2),$$

где ρ' - плотность жидкости.

3) сила сопротивления, эмпирически установленная Дж. Стоксом:

$$F_{\text{сопр}} = 6\pi\eta r v \quad (3),$$

где v - скорость движения жидкости,

η - коэффициент вязкости

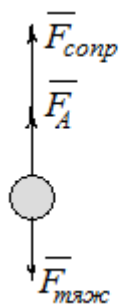


рис.11

При равномерном движении тела:

$$\bar{F}_{\text{тяж}} + \bar{F}_A + \bar{F}_{\text{сопр}} = 0$$

$$-F_{\text{тяж}} + F_A + F_{\text{сопр}} = 0 \Rightarrow$$

$$F_{\text{сопр}} = F_{\text{тяж}} - F_A$$

Подставляя в последнее уравнение формулы (1), (2) и (3), получим:

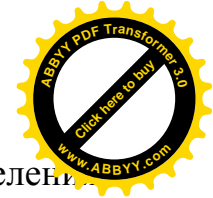
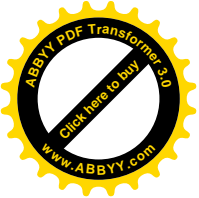
$$6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho' g$$

$$6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho - \rho') \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho - \rho')}{9v}$$

Так как в работе определяем диаметр шарика, то учтем, что $d = \frac{r}{2}$. Скорость выразим через расстояние, пройденное телом l и время t движения тела от метки a до метки b : $v = \frac{l}{t}$, тогда последняя формула примет вид:

$$\eta = \frac{(\rho - \rho') d^2 g t}{18l} \quad (4)$$



Формула (4) является рабочей формулой для определения коэффициента вязкости методом Стокса.

3. Порядок выполнения работы

- 1) Определите диаметр шарика d микрометром три раза по различным направлениям и среднее значение запишите в таблицу.
- 2) Опустите шарик в цилиндр с исследуемой жидкостью. В момент прохождения метки a включите секундомер, а в момент прохождения метки b отключите.
- 3) Измерьте масштабной линейкой расстояние между метками a и b .
- 4) Занесите в таблицу значения l и t .
- 5) Рассчитайте значение коэффициента вязкости по формуле (4).
- 6) Выполните опыт три раза.

4. Таблица результатов и измерений

№ опыта	d	l	t	η
1				
2				
3				

5. Оценка погрешности

- 1) Погрешность измерений:

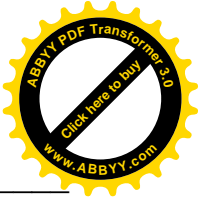
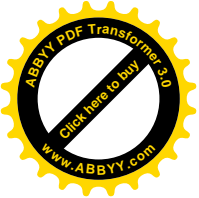
Определим среднее значение

$$\bar{\eta} = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}{3}$$

Вычислим среднеквадратичную ошибку среднего арифметического:

$$\Delta \bar{\eta} = \sqrt{\frac{(\eta_1 - \bar{\eta})^2 + (\eta_2 - \bar{\eta})^2 + (\eta_3 - \bar{\eta})^2}{n(n-1)}}$$

где n - число измерений, $n-1$ - число степеней свободы.



Абсолютную ошибку измерения $\Delta\eta$ определим как произведение среднеквадратического отклонения $\Delta\bar{S}_{\bar{\eta}}$ на коэффициент Стьюдента t , который при надежности $\alpha = 0,95$, равен 4,3:

$$\Delta\eta = t \cdot \Delta\bar{S}_{\bar{\eta}}$$

Окончательный результат запишем в таком виде:

$$\eta = \bar{\eta} \pm \Delta\eta$$

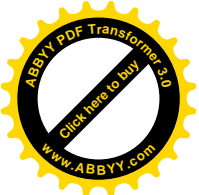
Относительную погрешность вычислим по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\eta}{\bar{\eta}} \cdot 100\%$$

2) Погрешность отклонения от истинного значения:

3. Вывод

IV Решите задачи



Сборник задач под ред. Грабовского Р. И.: 1.133, 1.134, 1.135, 2.52, 2.54, 2.56, 2.58, 2.59, 2.60, 2.61, 2.62.

<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

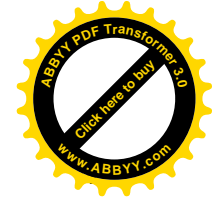
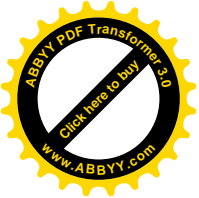
<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

<i>Дано:</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<hr/>		

Ответ:

Содержание



Введение

Лист успеваемости

5

Раздел 1 «Механика»

6

Тема «Динамика вращательного движения»

6

Лабораторная работа № 1 «Определение момента инерции тела динамическим методом»

8

Лабораторная работа №2 «Определение момента инерции тела с учетом силы трения в опоре»

13

Раздел 2 «Механические колебания и волны»

19

Тема «Гармонические колебания»

19

Лабораторная работа №3 «Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника»

21

Раздел 3 «Основы молекулярной физики»

26

Тема «Свойства реальных жидкостей»

26

Лабораторная работа №4 «Определение коэффициента поверхностного натяжения по методу поднятия жидкости в капиллярной трубке»

27

Раздел 4 «Основы термодинамики»

32

Тема «Первое начало термодинамики»

32

Лабораторная работа №5 «Определение отношения молярной теплоемкости при постоянном давлении \tilde{N}_p к молярной теплоемкости при постоянном объеме C_v для воздуха»

34

Тема «Второе начало термодинамики»

40

Лабораторная работа №6 «Определение удельной теплоемкости твердого тела и изменения энтропии изолированной системы»

41

Раздел 5 «Элементы неравновесной термодинамики»

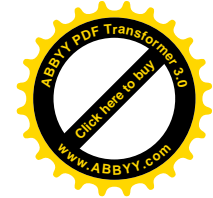
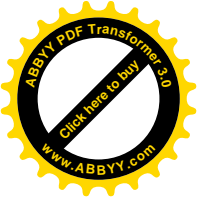
47

Тема «Явления переноса»

47

Лабораторная работа №7 «Определение коэффициента вязкости жидкости методом Стокса»

49



Правила работы студентов в лаборатории

1. Работа в учебной лаборатории начинается соответственно расписанию занятий в университете. Опоздавшие на занятия в лабораторию не допускаются.
2. Категорически запрещается появляться в лаборатории в верхней одежде.
3. Студент допускается к лабораторному практикуму только после проведения инструктажа и сдачи зачёта по технике безопасности.
4. Допуск к выполнению лабораторной работы студент получает после того, как преподаватель проверит, знает ли студент теорию, необходимую для выполнения задания, порядок выполнения лабораторной работы и технику безопасности в данной работе.
5. Студенты, не готовые к выполнению лабораторных работ, к занятиям в лабораторию не допускаются.
6. Получив допуск, студент приступает к выполнению лабораторной работы. За повреждение приборов и оборудования студент несёт административную ответственность.
7. Все результаты измерения и графики необходимо показать преподавателю, прежде чем оформлять отчёт. Показанный отчёт является подтверждением выполнения задания лабораторной работы.
8. По окончании работы студент должен разобрать схему, сдать оборудование лаборанту и привести в порядок рабочее место.

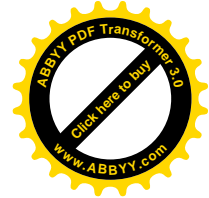
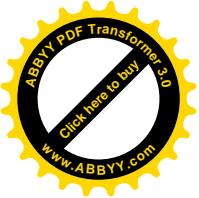
Литература

Основная:

1. Грабовский Р.И. Курс физики: Учебное пособие для с.-х. институтов – 6-е изд., перераб. и доп. – М: Высшая школа, 2002 - 607с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для технических вузов - 2-е издан. М: Высшая школа, 2001. – 478с.
3. Сборник задач по физике: Учебное пособие/Под ред. Р. И. Грабовского.- Спб.: Издательство «Лань», 2002.-128с.

Дополнительная:

4. Грибов Л.А., Прокофьева Н.И. Основы физики: Учебник для с.-х. и биологических спец. вузов. – М: Высшая школа, 1992 – 430с.
5. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: Учебное пособие для медицинских, сельскохозяйственных и биологических специальностей. – М: Высшая школа, 1992 – 616с.
6. Хитун В.А., Скляревич В.В. Практикум по физике для медицинских вузов. Изд.2-е, доп. Учебное пособие для институтов, М: Высшая школа, 1972 – 360с.



Елена Георгиевна Баленко
Татьяна Юрьевна Тарусова

Рабочая тетрадь. Методические разработки к лабораторным работам по физике для студентов сельскохозяйственного ВУЗа– пос. Персиановский, ДонГАУ, 2011 –56 с.

Учебно- методическое издание

Под редакцией Е.Г. Баленко

Компьютерная верстка:

Донской государственный аграрный университет
346493, пос. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская обл.