

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Г.А. Рахманкулова, А. В. Саразов

Лабораторный практикум по физике ОГЭ

Электронное учебно-методическое пособие



Волжский
2024

УДК 53(07)
ББК 22.3я73
С 273

Рецензент:

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Капля Е.В.;

к.т.н., начальник отдела УВР образовательных программ цифровых технологий в промышленности, руководитель службы информационных технологий и цифровых проектов ГБПОУ «Волгоградский колледж управления и новых технологий им. Ю. Гагарина»

Александрова А.Ю.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Рахманкулова, Г. А.

Лабораторный практикум по физике ОГЭ [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Г. А. Рахманкулова, А. В. Саразов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 253 КБ). – Волжский, 2024. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-4897-5

Учебно-методическое пособие содержит указания к выполнению лабораторных работ по физике. Тестовые задания также могут быть использованы преподавателями для организации учебных занятий и для самоподготовки.

Предназначено для абитуриентов, слушателей подготовительных курсов физико-математического профиля

Илл. 91, табл. 27, библиограф.: 9 назв.

ISBN 978-5-9948-4897-5

© Волгоградский государственный
технический университет, 2024
© Волжский политехнический
институт, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Основные эксперименты по гидростатике (комплект 1).....	8
Лабораторная работа № 1 «Измерение средней плотности вещества»	Ошибка! Закладка не найдена.
Лабораторная работа № 2 «Измерение архимедовой силы»	10
Лабораторная работа №3 «Исследование зависимости архимедовой силы от объёма погружённой части тела»	13
Лабораторная работа № 4 «Исследование зависимости архимедовой силы от плотности жидкости».....	14
Лабораторная работа №5 «Исследование независимости выталкивающей силы от массы тела»	15
Глава 2. Эксперименты по механическим явлениям (комплект 2).....	16
Лабораторная работа № 1. «Измерение жесткости пружины».....	16
Лабораторная работа № 2 «Измерение коэффициента трения скольжения» ...	19
Лабораторная работа № 3 «Измерение работы силы трения»	22
Лабораторная работа № 4. «Измерение работы силы упругости».....	23
Лабораторная работа № 5 «Исследование зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления».....	23
Лабораторная работа №6 «Исследование зависимости силы трения скольжения от рода поверхностей».....	24
Лабораторная работа №7 «Исследование зависимости силы упругости от степени деформации пружины».....	25
Глава 3. Эксперименты по электричеству (комплект 3).....	26
Лабораторная работа № 1. «Измерение электрического сопротивления резистора».....	27
Лабораторная работа № 2 «Измерение мощности электрического тока».....	31
Лабораторная работа № 3 «Измерение работы электрического тока».....	32
Лабораторная работа № 4 «Исследование зависимости силы тока возникающего в проводнике от напряжения на концах проводника».....	33
Лабораторная работа № 5 «Исследование зависимости сопротивления проводника от длины».....	34
Лабораторная работа №6 «Исследование зависимости сопротивления проводника от площади поперечного сечения провода».....	36
Лабораторная работа №7 «Исследование зависимости сопротивления проводника от удельного электрического сопротивления».....	37
Лабораторная работа №8 «Проверка правила напряжений при последовательном соединении».....	38
Лабораторная работа №9 «Проверка правила силы тока при параллельном соединении».....	39
Глава 4. Эксперименты по геометрической оптике (комплект 4).....	40
Лабораторная работа № 1. «Измерение оптической силы собирающей линзы».....	40
Лабораторная работа № 2 «Измерение фокусного расстояния собирающей линзы».....	43
Лабораторная работа №3 «Измерение показателя преломления стекла».....	44

Лабораторная работа №4«Исследование свойства изображения с помощью собирающей линзы».....	47
Лабораторная работа № 5 «Измерение фокусного расстояния двух сложенных вместе собирающих линз».....	51
Лабораторная работа №6 «Измерение зависимости угла преломления от угла падения на границе раздела двух сред воздух-стекло».....	51
Глава 5. Эксперименты по механическим явлениям (комплект 5).....	52
Лабораторная работа №1 «Измерение средней скорости движения бруска по наклонной плоскости».....	53
Лабораторная работа № 2«Измерение ускорения бруска при движении по наклонной плоскости».....	55
Лабораторная работа №3 «Измерение частоты математического маятника»...	57
Лабораторная работа №4«Измерение периода математического маятника»...	60
Лабораторная работа № 5«Измерение частоты пружинного маятника».....	61
Лабораторная работа №6«Измерение периода пружинного маятника».....	62
Лабораторная работа №7 «Исследование зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей».....	62
Лабораторная работа №8«Исследование зависимости частоты колебания математического маятника от длины».....	64
Лабораторная работа №9 «Исследование зависимости периода колебания математического маятника от длины».....	65
Лабораторная работа №10«Исследование зависимости частоты колебания пружинного маятника от жесткости».....	66
Лабораторная работа №11«Исследование зависимости периода колебания пружинного маятника от массы».....	67
Лабораторная работа №12«Исследование зависимости периода колебания математического маятника от массы».....	68
Глава 6. Эксперименты по простым механизмам (комплект 6).....	69
Лабораторная работа №1«Работа силы упругости при подъеме груза с помощью неподвижного блока».....	69
Лабораторная работа № 2«Работа силы упругости при подъеме груза с помощью подвижного блока».....	71
Лабораторная работа №3«Измерение момента силы, действующего на рычаг».....	73
Лабораторная работа №4 «Проверка условия равновесия рычага».....	74
Глава 7. Эксперименты по тепловым явлениям (комплект 7).....	75
Лабораторная работа №1 «Измерение удельной теплоемкости металлического цилиндра».....	76
Лабораторная работа №2 «Измерение количества теплоты, полученного водой комнатной температуры и фиксированной массы, в которую опущен горячий цилиндр».....	79
Лабораторная работа №3 «Измерение количества теплоты, отданного горячим цилиндром после опускания его в воду с комнатной температурой».....	80
Лабораторная работа №4 «Исследование изменения температуры воды при различных условиях».....	81
Приложение.....	84

Справочный материал.....	84
Знаменитые ученые и открытия.....	85
Измерительные приборы.....	87
Краткий список формул ОГЭ по физике.....	90
Список литературы.....	96

Введение

В пособии рассмотрены лабораторные работы по физике для учащихся школ с углубленным изучением предмета. Использование материала, представленного в пособии, поможет учителю организовать учебную деятельность по подготовке экспериментальных заданий ОГЭ.

В пособии приводятся типовые экзаменационные экспериментальные задания из банка открытых материалов для подготовке к экзамену по физике на государственной итоговой аттестации выпускников 9-х классов.

Учебный материал разбит по главам в соответствии со спецификацией ОГЭ по перечню комплектов оборудования. Особенность комплектов состоит в том, что один комплект предназначен для выполнения целой серии экспериментальных заданий. Главы разбиты по принципу принадлежности выполняемых лабораторных работ к комплекту оборудования.

Первая глава пособия открывает раздел «Гидростатика» с кратким изложением теории в рамках школьной программы: определение плотности вещества и изучение силы Архимеда.

Во второй главе рассматриваются эксперименты по механическим явлениям. В основном закономерности силы упругости, трения, а также оценивается работа этих сил.

В третьей главе описываются типовые экспериментальные задания по разделу «Электричество» – это, прежде всего, определение сопротивления резистора, мощности, работы тока, проверка закона Ома и последовательного и параллельного соединения резисторов.

В четвертой главе рассматриваются оптические явления, такие как преломление света на границе двух прозрачных сред, изучение изображения в линзах.

В пятой главе представлены экспериментальные работы по механическим явлениям: определение средней скорости и ускорения, определение частоты и периода математического и пружинного маятников.

Шестая глава рассматривает простые механизмы: рычаг, подвижный и неподвижные блоки.

В седьмой главе рассматриваются тепловые явления: проверка уравнения теплового баланса, определение удельной теплоемкости вещества.

Перед каждой лабораторной работой есть краткий теоретический материал, а после приведён список контрольных вопросов и задач, позволяющих оценить уровень подготовки к экзамену.

В приложении есть необходимый справочный материал, краткий справочник формул, а также для выполнения 18 экзаменационного задания представлен список ученых и их открытия.

Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания организатора экзамена.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения организатора экзамена.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своём рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
4. Перед выполнением работы внимательно изучите её содержание и порядок выполнения.
5. При проведении опытов не допускайте предельных нагрузок измерительных приборов.
6. При сборке экспериментальных установок используйте провода (с наконечниками и предохранительными чехлами) с прочной изоляцией без видимых повреждений. Запрещается пользоваться проводником с изношенной изоляцией.
7. При сборке электрической цепи избегайте пересечения проводов.
8. Источник тока к электрической цепи подключайте в последнюю очередь. Собранный цепь включайте только после проверки и с разрешения организатора экзамена.
9. Не производите отсоединение в цепях до отключения источника электропитания.
10. Пользуйтесь инструментами с изолирующими ручками.
11. По окончании работы отключите источник электропитания, после чего разберите электрическую цепь.
12. Не уходите с рабочего места без разрешения организатора экзамена.
13. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом организатору экзамена.

Глава 1. Основные эксперименты по гидростатике (комплект 1)

Необходимое оборудование: весы электронные с пределом измерения не менее 200г, мензурка с пределом измерения 250мл с ценой деления 2мл, стакан, вода, динамометр №1 с пределом измерения 1Н и ценой деления 0,02Н, динамометр №2 с пределом измерения 5Н с ценой деления 0,1Н, поваренная соль и палочка для перемешивания, стальной цилиндр №1 $V=(25,0\pm0,3)\text{см}^3$, $m=(195\pm2)\text{г}$, алюминиевый цилиндр №2 $V=(25,0\pm0,7)\text{см}^3$, $m=(70\pm2)\text{г}$, пластиковый цилиндр №3 с шкалой длиной 80мм с ценой деления 1 мм $V=(56,0\pm1,8)\text{см}^3$, $m=(66\pm2)\text{г}$, алюминиевый цилиндр №4 $V=(34,0\pm0,7)\text{см}^3$, $m=(95\pm2)\text{г}$.

Лабораторная работа № 1 «Измерение средней плотности вещества» (цилиндры № 1–4)

Краткая теория

Инертность – это физическое свойство, заключающееся в том, что любое тело оказывает сопротивление изменению ее скорости (как по модулю, так и по направлению).

Проявление инертности чаще наблюдается в движущемся транспорте. Например, при резком увеличении скорости все пассажиры отклоняются назад; при торможении – вперед; при повороте направо все отклоняются налево и т.д.

Масса m (кг) – это скалярная величина, являющаяся мерой инертности тела. Измерительный прибор – весы.

Плотность ρ (кг/м³) – масса одного кубического метра данного вещества. Для некоторых веществ плотность можно найти в справочных таблицах.

Формула для нахождения плотности вещества:

$$\rho = \frac{m}{V};$$

где m – масса тела, V – объем.

Значения плотности известных тел можно найти в справочных таблицах.

Объем цилиндрического тела определяется по формуле:

$$V = S \cdot L;$$

где S – площадь основания цилиндра, L – длина образующей цилиндра.

Объем прямоугольного параллелепипеда определяется по формуле:

$$V = a \cdot b \cdot c;$$

где a , b , c – стороны прямоугольного параллелепипеда.

Основные единицы измерения массы, объема, плотности представлены в таблице.

Масса	Объем	Плотность
1т=1000кг	1л=0,001м ³	1г/см ³ =1000кг/м ³
1г=0,001кг	1см ³ =0,000001 м ³	
1мг=0,000001кг	1 мм ³ =0,000000001м ³	

Экзаменационное задание и описание установки

Используя электронные весы (или рычажные весы с разновесом), мензурку, стакан с водой, цилиндр № 2, соберите экспериментальную установку для измерения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 2. Абсолютную погрешность измерения массы принять равной ± 1 г, абсолютную погрешность измерения объема ± 2 мл.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок или описание экспериментальной установки для определения объема тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите с учётом погрешности результаты измерения массы цилиндра и его объема;
- 4) запишите числовое значение плотности материала цилиндра.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

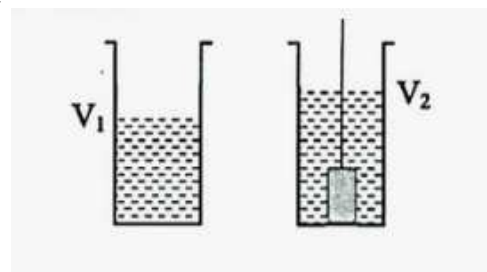
1. Схема экспериментальной установки;

2. $\rho = \frac{m}{V}$;

3. $m = (70 \pm 1) \text{ г}$;

$$V = V_2 - V_1 = (25 \pm 2) \text{ мл} = (25 \pm 2) \text{ см}^3.$$

4. $\rho = 2,8 \text{ г/см}^3 = 2800 \text{ кг/м}^3$.



Примечание: В задании могут использоваться цилиндры № 1, 2, 4, поэтому значения могут отличаться от представленного образца.

Контрольные вопросы и задачи

- 1) Запишите формулу плотности вещества.
- 2) В каких единицах в СИ измеряется величина?
- 3) Где можно взять значения плотности веществ? Как можно ее измерит экспериментально.
- 4) Определите объем кирпича, если его масса 5 кг? (Ответ: $0,0028 \text{ м}^3$)
- 5) Как изменится работа, совершенная силой тяжести, если масса падающего тела уменьшится?
- 6) Определите массу стальной детали объемом 120 см^3 . (Ответ: 936г.)
- 7) Размеры двух прямоугольных плиток одинаковы. Какая из них имеет большую массу, если одна плитка чугунная, другая – стальная? (Ответ: чугун)
- 8) Полый медный куб с длиной ребра $a = 6 \text{ см}$ имеет массу $m = 810 \text{ г}$. Какова толщина стенок куба? (Ответ: 5 мм.)
- 9) Масса пробирки с водой составляет 50 г. Масса этой же пробирки, заполненной водой, но с куском металла в ней массой 12 г составляет 60,5 г. Определите плотность металла, помещенного в пробирку. (Ответ: 8000 кг/м^3)
- 10) Длина стального листа 120 см, ширина 60 см, толщина 10 мм. Определить массу одного листа. (Ответ: 56 кг)

Лабораторная работа № 2 «Измерение архимедовой силы»

Краткая теория

Архимедова сила (выталкивающая сила, подъемная сила) F_A – это сила, действующая на погруженную в жидкость или газ тела.

Причина возникновения выталкивающей силы: нижняя грань тела находится на большей глубине, чем верхняя, поэтому сила давления жидкости снизу больше чем сверху. Разность в силах давления вызывает выталкивающую силу, которая всегда направлена вверх.

Закон Архимеда: выталкивающая сила равна весу вытесненной жидкости или газа:

$$F_A = P_{\text{жид.}}$$

Способы расчета Архимедовой силы:

1) Полное погружение тела: $F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{т}}$, где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости или газа, $V_{\text{т}}$ – объем полностью погруженного тела.

2) Частичное погружение тела: $F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{п.ч.}}$, где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости или газа, $V_{\text{п.ч.}}$ – объем погруженной части тела.

3) Разность сил давления: $F_A = F_{\text{н}} - F_{\text{в}}$, $F_{\text{н}}$ – сила давления, действующая на нижнюю грань, $F_{\text{в}}$ – сила давления, действующая на верхнюю грань.

4) Разница в весе в воздухе и в жидкости: $F_A = P_{\text{воз}} - P_{\text{ж}}$, где $P_{\text{воз}}$ – вес тела в воздухе, $P_{\text{ж}}$ – вес тела в жидкости.

Если тело плавает в воде при частичном погружении, то $F_A = F_{\text{тяж}}$, подставляя в равенство значения силы Архимеда и массы тела, то приходим к виду:

$$\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{пч}} = \rho_{\text{т}} \cdot g \cdot V_{\text{т}}$$

Из последнего равенства, получим соотношение между плотностями тела и жидкости:

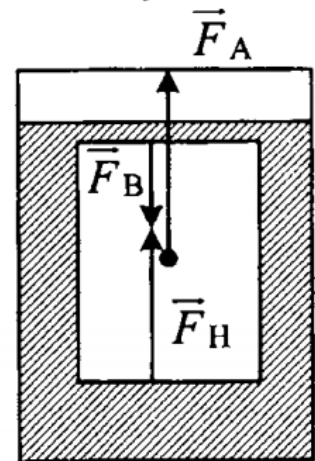
$$\frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{V_{\text{пч}}}{V_{\text{т}}}$$

На поверхности плавают только те тела, плотность которых меньше плотности жидкости.

Если изменяется масса тела, плавающего на поверхности, то происходит изменение выталкивающей силы. Например, при разгрузке судов сила тяжести и Архимедова сила уменьшается.

При изменении плотности жидкости происходит изменение объема погруженной части. Например, если корабль переходит из реки с пресной водой в море с соленой водой, то увеличивается плотность жидкости, а осадка судна уменьшается. Архимедова сила и сила тяжести при этом не меняется.

Возможные варианты движения тела, погруженного в жидкость или газ:



Условия плавания тел:	Математическая формула
<i>Тело тонет:</i> • при условии, если сила Архимеда меньше силы тяжести • если плотность жидкости меньше плотности тела	$F_A < F_{\text{тяж}};$ $\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{т}} < \rho_{\text{т}} \cdot g \cdot V_{\text{т}};$ $\rho_{\text{ж}} < \rho_{\text{т}}.$
<i>Тело плавает внутри жидкости:</i> • при условии, если сила Архимеда равна силе тяжести • если плотность жидкости меньше плотности тела	$F_A = F_{\text{тяж}};$ $\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{т}} = \rho_{\text{т}} \cdot g \cdot V_{\text{т}};$ $\rho_{\text{ж}} = \rho_{\text{т}}.$
<i>Тело всплывает:</i> • при условии, если сила Архимеда больше силы тяжести • если плотность жидкости больше плотности тела	$F_A > F_{\text{тяж}};$ $\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{т}} > \rho_{\text{т}} \cdot g \cdot V_{\text{т}};$ $\rho_{\text{ж}} > \rho_{\text{т}}.$

Экзаменационное задание и описание установки

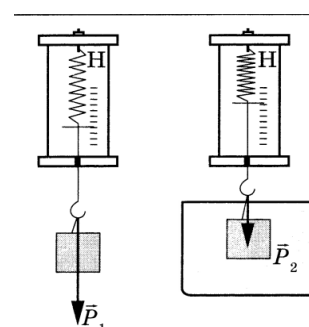
Используя динамометр, стакан с простой водой, цилиндр № 2, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$ Н.

В бланке ответов;

- 1) сделайте рисунок или описание экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта выталкивающей силы;
- 3) укажите результаты измерений веса цилиндра в воздухе и веса цилиндра в воде с учётом абсолютной погрешности измерения;
- 4) запишите численное значение выталкивающей силы.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1. Схема экспериментальной установки;
2. $P_1 = mg$, $P_2 = mg - F_{\text{выт}}$, $F_{\text{выт}} = P_1 - P_2$;
3. $P_1 = (0,70 \pm 0,1)\text{Н}$, $P_2 = (0,45 \pm 0,1)\text{Н}$;
4. $F_{\text{выт}} = 0,25\text{Н}$.



Примечание: В задании могут использоваться цилиндры № 2, 4, поэтому значения могут отличаться от представленного образца.

Контрольные вопросы и задачи

- 1) Запишите формулу для расчета Архимедовой силы.
- 2) При каком условии тело тонет? Всплывает? Плавает?
- 3) Если корабль переходит из соленой воды в пресную, то как изменится Архимедова сила?
- 4) Определить выталкивающую силу, действующую на деревянный плот объемом 12 м^3 , погруженный в воду на половину своего объема. (Ответ: 60 кН)
- 5) Какую силу надо приложить, чтобы удержать под водой бетонную плиту, масса которой 720 кг ? (Ответ: $4,2 \text{ кН}$)
- 6) Вес тела в воздухе равен 26 кН , а в воде – 16 кН . Каков объем тела? (Ответ: 1 м^3)
- 7) Какую силу нужно приложить, чтобы удержать в воде кусок гранита объемом 40 дм^3 ? (Ответ: 627 Н)
- 8) Определите объем куска меди, который при погружении в керосин выталкивается силой 160 Н . (Ответ: $0,02 \text{ м}^3$)
- 9) Медный шар в воздухе весит $1,96 \text{ Н}$, а в воде $1,47 \text{ Н}$. Сплошной этот шар или полый? (Ответ: полый)
- 10) Плоская льдина плавает в воде, выступая над уровнем воды на 3 см . Человек массой 70 кг зашел на льдину. В результате, высота выступающей части над льдиной уменьшилась в 3 раза. Найти площадь льдины. (Ответ: $3,5 \text{ м}^2$)
- 11) Изменится ли (и если изменится, то как) выталкивающая сила, действующая на плавающий в керосине деревянный брусок, если брусок переместить из керосина в воду?
- 12) Брусок плавает при полном погружении в воде. Изменится ли (и если изменится, то как) выталкивающая сила, действующая на брусок, если его переместить в керосин?
- 13) Каково значение силы Архимеда, действующей на полностью погруженный в воду медный брусок массой 890 г ? (Ответ: 1 Н)
- 14) Куб из материала плотностью 3500 кг/м^3 и объемом 600 см^3 полностью погружён в воду. Определите силу Архимеда, действующую на куб. (Ответ: 6 Н)
- 15) Лифт движется с ускорением 5 м/с^2 вниз. В лифте стоит сосуд с водой, а в сосуде плавает деревянный брусок массой 3 кг . Определите силу Архимеда, действующую на брусок. (Ответ: 15 Н)
- 16) Тело массой 600 г плавает в очень глубоком сосуде на поверхности жидкости,грузившись в неё на $3/4$ своего объёма. К телу прикладывают направленную вертикально вниз силу, модуль которой равен 3 Н . Чему через достаточно большое время после этого станет равен модуль силы Архимеда, действующей на тело? (Ответ: 8 Н)

Лабораторная работа №3 «Исследование зависимости архимедовой силы от объёма погружённой части тела» (цилиндр № 3)

Краткая теория и контрольные вопросы представлены в лабораторной работе 2.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя динамометр, стакан с простой водой, цилиндр № 3, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости архимедовой силы, действующей на цилиндр от объема погруженной части. Определите вес цилиндра в воде, погружая ее поочередно на 2, 4, 6 и 8см в воду Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$ Н.

В бланке ответов

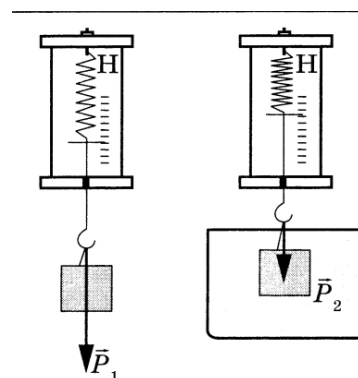
- 1) сделайте рисунок или описание экспериментальной установки;
- 2) запишите с учетом погрешности результаты измерения веса цилиндра и архимедовой силы для четырех случаев, в виде таблицы или графика;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости архимедовой силы от объема погруженной части тела.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1) Схема экспериментальной установки представлена на рисунке.

2) $P_1 = mg, P_2 = mg - F_{\text{выт}}, F_{\text{выт}} = P_1 - P_2;$

3) Значения измерений представлены в таблице:



№ п.п.	Вес цилиндра в воздухе P_1 (Н)	Вес цилиндра в воде P_2 (Н)	Объем погруженной части $V_{\text{п}}$ (см ³)	Выталкивающая сила $F_{\text{выт}}$ (Н)
1	0,9	0,7	1/4V	0,2±0,1
2	0,9	0,5	1/2V	0,4±0,1
3	0,9	0,3	3/4V	0,6±0,1

Вывод: выталкивающая сила, действующая на погруженную в воду цилиндр, увеличивается прямо пропорционально увеличению объема погруженной части.

Лабораторная работа №4 «Исследование зависимости архимедовой силы от плотности жидкости» (цилиндры № 1 и № 2)

Краткая теория и контрольные вопросы представлены в лабораторной работе 2.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя динамометр № 1, стакан с пресной водой, стакан с раствором соли в воде, цилиндр № 1, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр, поваренная соль. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$ Н. Исследуйте зависимость архимедовой силы от плотности жидкости.

В бланке ответов

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Запишите результаты прямых измерений с учетом абсолютной погрешности веса тела в воздухе в воде и в соляном растворе.
- 3) Запишите формулу для расчета Архимедовой силы.
- 4) Найдите значения Архимедовой силы.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

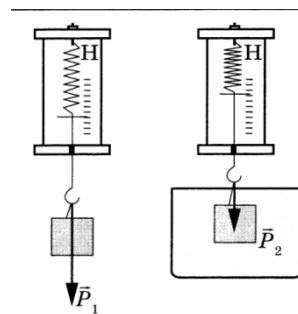
1) Схема установки

2) Результаты измерений:

Жидкость	$P_{\text{воз}}, \text{Н}$	$P_{\text{воде}}, \text{Н}$	$F_A, \text{Н}$
Пресная вода	$2,0 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$
Раствор соли	$2,0 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$

3) $F_A = P_{\text{воз}} - P_{\text{воде}}$.

4) Результаты Архимедовой силы представлены в таблице. Чем больше плотность жидкости, тем большая выталкивающая сила действует на погружённое в эту жидкость тело.

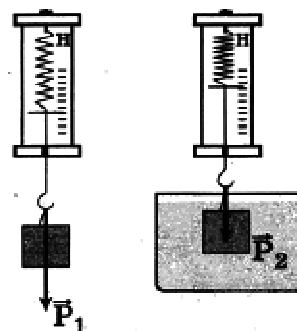


Лабораторная работа №5 «Исследование независимости выталкивающей силы от массы тела»

Краткая теория и контрольные вопросы представлены в лабораторной работе 2.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя динамометр № 1, стакан с пресной водой, стакан с раствором соли в воде, цилиндр пластиковый № 1 и 2, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$ Н. Исследуйте зависимость архимедовой силы от объема погружённой части тела и от плотности жидкости. С помощью оборудования поставьте опыт, демонстрирующий, что выталкивающая сила, действующая на тело, погружённое в воду, не зависит от массы тела.



В бланках ответов

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Напишите результаты проведённых прямых и косвенных измерений.
- 3) Сформулируйте вывод по результатам опыта.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема установки
- 2) Результаты проведённых прямых и косвенных измерений:

$$F_{\text{выт}} = P_1 - P_2.$$

Для цилиндра №1:

$$P_1 = 1,9 \text{ Н}; P_2 = 1,6 \text{ Н};$$

$$F_{\text{выт } 1} = (0,3 \pm 0,2) \text{ Н}.$$

Для цилиндра №2:

$$P_1 = 0,68 \text{ Н}; P_2 = 0,42 \text{ Н};$$

$$F_{\text{выт } 2} = (0,26 \pm 0,04) \text{ Н}.$$

3) Вывод: значение выталкивающей силы, действующей на цилиндр №1, принадлежит интервалу $(0,3 \pm 0,2) \text{ Н}$, для цилиндра №2 такой интервал имеет вид $(0,26 \pm 0,04) \text{ Н}$. Эти интервалы перекрываются. Следовательно, выталкивающая сила не зависит от массы тела.

Глава 2. Эксперименты по механическим явлениям (комплект 2)

Необходимое оборудование: штатив лабораторный с держателем, пружина №1 с жесткостью (50 ± 2) Н/м, пружина №2 с жесткостью (100 ± 2) Н/м, блок подвижный и неподвижный, нить, 3 груза (№1, №2, №3) массой по $100\text{г} \pm 2\text{г}$ каждый, груз №4 массой $(60 \pm 1)\text{г}$, груз №5 массой $(70 \pm 1)\text{г}$, груз №6 массой $(80 \pm 1)\text{г}$, динамометр №1 предел измерения 5Н с ценой деления 0,1Н, №2 динамометр предел измерения 1Н с ценой деления 0,02Н, линейка длиной 30см с миллиметровыми делениями, транспортир, брусок с крючком и нитью массой $(80 \pm 1)\text{г}$, направляющая длиной не менее 500 мм. поверхность «А» – приблизительно 0,2, поверхность «Б» – приблизительно 0,6.

Лабораторная работа № 1 «Измерение жесткости пружины»

Краткая теория

В повседневной жизни мы часто встречаем, как любое тело деформируется (меняет форму или размер), ускоряется или замедляется, падает. В общем, чего только с разными телами в реальной жизни не происходит. Причиной любого действия или взаимодействия является сила.

Сила – это физическая векторная величина, которая является мерой действия одного тела на другое. Она измеряется в ньютонах – это единица измерения названа в честь Исаака Ньютона.

Сила – величина векторная. Это значит, что, помимо модуля, у нее есть направление. От того, куда направлена сила, зависит результат действия этой силы.



Деформация – это изменение формы и размеров тела (или части тела) под действием внешних сил.

Происходит деформация из-за различных факторов: при изменении температуры, влажности, фазовых превращениях и других воздействиях, вызывающих изменение положения частиц тела.

По характеру приложенной к телу нагрузки виды деформации подразделяют следующим образом: деформация растяжения; деформация сжатия; деформация сдвига; деформация при кручении; деформация при изгибе

Деформацию можно назвать упругой (при которой тело стремится вернуть свою форму и размер в изначальное состояние) и неупругой (когда тело не может вернуться в исходное состояние).

При деформации возникает сила упругости – это та сила, которая стремится вернуть тело в исходное состояние, в котором оно было до деформации.

Сила упругости, возникающая при упругой деформации растяжения или сжатия тела, пропорциональна абсолютному значению изменения длины тела. Выражение, описывающее эту закономерность, называется законом Гука.

Закон Гука

$$F_{\text{упр}} = kx,$$

где $F_{\text{упр}}$ – сила упругости [Н]; k – коэффициент жесткости [Н/м]; x – изменение длины (деформация) [м]. Изменение длины может обозначаться по-разному в различных источниках. Варианты обозначений: x , Δx , Δl . Это равноценные обозначения – можно использовать любое удобное.

Закон Гука можно представить в виде графика. Это график зависимости силы упругости от изменения длины и по нему очень удобно можно рассчитать коэффициент жесткости.

В Законе Гука есть такая величина, как коэффициент жесткости – это характеристика тела, которая показывает его способность сопротивляться деформации. Чем больше коэффициент жесткости, тем больше эта способность, а как следствие из Закона Гука – и сила упругости.

Чаще всего эта характеристика используется для описания жесткости пружины. Но если мы соединим несколько пружин, то их суммарную жесткость нужно будет рассчитать.

Последовательное соединение характерно наличием одной точки соединения пружин.

При последовательном соединении общая жесткость системы уменьшается. Формула для расчета коэффициента упругости будет иметь следующий вид:

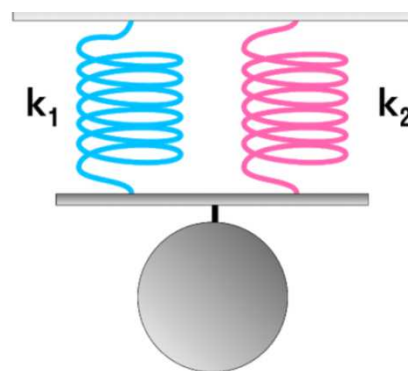
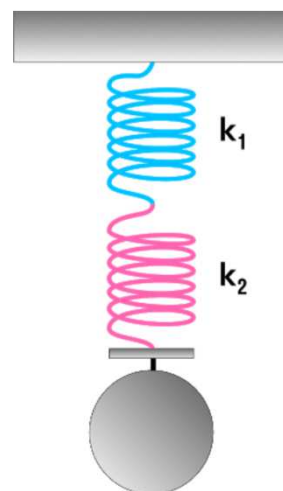
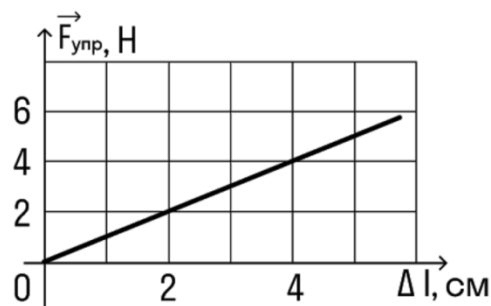
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2},$$

где k_1 , k_2 – жесткости 1 и 2-ой пружины, k – общая жесткость системы последовательно соединенных пружин.

Последовательное соединение характерно наличием двух точек соединения пружин. В случае, когда пружины соединены параллельно, величина общего коэффициента жесткости системы будет увеличиваться. Формула для расчета будет выглядеть так:

$$k = k_1 + k_2,$$

где k_1 , k_2 – жесткости 1 и 2 ой пружины, k – общая жесткость системы параллельно соединенных пружин.



Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр, линейку и один груз, соберите экспериментальную установку для измерения жесткости

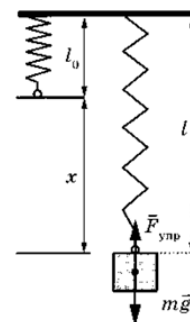
пружины. Определите жесткость пружины, подвесив к ней один груз. Для измерения веса груза воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета жесткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите числовое значение жесткости пружины.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема установки:
- 2) Формула для расчёта: $F_{упр} = mg = P$; $F_{упр} = kx$; $k = \frac{P}{x}$.
- 3) Результат измерений: $x = (38 \pm 2) \text{ мм} = (0,038 \pm 0,002) \text{ м}$;
 $P = (1,9 \pm 0,1) \text{ Н}$;
- 4) Жёсткость пружины равна: $k = 50 \text{ Н/м}$.



Контрольные вопросы и задачи

- 1) Запишите формулы силы упругости?
- 2) Какие виды деформации существуют? Для каких видов деформации выполняется закон Гука?
- 3) В каких единицах в системе СИ измеряется жесткость пружины? От чего зависит жесткость пружины?
- 4) В каком случае при параллельном или последовательном соединении жесткость пружины увеличивается?
- 5) Под действием груза в 200 Н пружина динамометра удлинилась на 0,5 см. Каково удлинение пружины под действием груза в 700 Н? (Ответ: 1,75 см)
- 6) Под действием силы давления вагона 50 кН буферные пружины между вагонами сжимаются на 1 см. С какой силой давит вагон, если пружины сжались на 4 см? (Ответ: 200кН)
- 7) На сколько удлинится пружина под нагрузкой 12,5 Н, если под нагрузкой в 10 Н пружина удлинилась на 4 см? (Ответ: 5см)
- 8) Две пружины равной длины, скрепленные одними концами, растягивают за свободные концы руками. Пружина жесткостью 200 Н/м удлинилась на 4 см. Какова жесткость второй пружины, если ее удлинение равно 2 мм? (Ответ: 4000Н/м)
- 9) На сколько удлинится рыболовная леска жесткостью 0,3 кН/м при равномерном (без ускорения) поднятии вверх рыбы весом 300 г? (Ответ: 1см)
- 10) Какова жесткость системы из двух пружин, жесткости которых $k_1 = 100 \text{ Н/м}$, $k_2 = 200 \text{ Н/м}$, соединенных: а) параллельно; б) последовательно? (Ответ: а) 300Н/м; б) 66,7Н/м.)

Лабораторная работа №2 «Измерение коэффициента трения скольжения»

Краткая теория

С силой трения мы сталкиваемся повсюду. Каждый раз, когда взаимодействуем с любой поверхностью – идем по асфальту, сидим на стуле, пьем чай из чашки – на нас действует сила трения.

Трение – это и есть взаимодействие в плоскости соприкосновения двух поверхностей.

Чтобы перевести трение на язык физики, вводится понятие «сила трения».

Сила трения – это величина, которая характеризует процесс трения по величине и направлению.

Возникает сила трения по двум причинам.

Различные шероховатости, царапины и прочие «несовершенства» поверхностей. Эти дефекты задевают друг друга при соприкосновении, и создается сила, тормозящая движение.

Когда контактирующие поверхности практически гладкие (до идеала довести невозможно, но стремиться к нему – значит устремлять силу трения к нулю), то расстояние между ними становится минимальным. В этом случае возникает взаимное притяжение молекул вещества этих поверхностей. Притяжение обусловлено взаимодействием между электрическими зарядами атомов. В связи с этим можно часто услышать формулировку «Сила трения – сила электромагнитной природы».

Направлена сила трения всегда против скорости тела.

Различают силу трения покоя, скольжения и качения. Рассмотрим трение покоя. Если вы решите сдвинуть с места грузовик, вряд ли у вас это получится. Не то, чтобы мы в вас не верим — просто это невозможно сделать из-за того, что масса человека во много раз меньше массы грузовика, да еще и сила трения мешает это сделать.

В случае, когда сила трения есть, но тело не двигается с места, мы имеем дело с силой трения покоя.

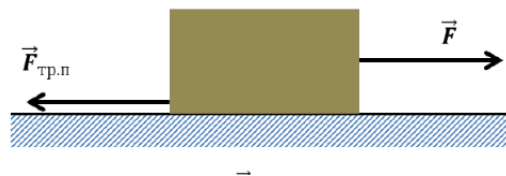
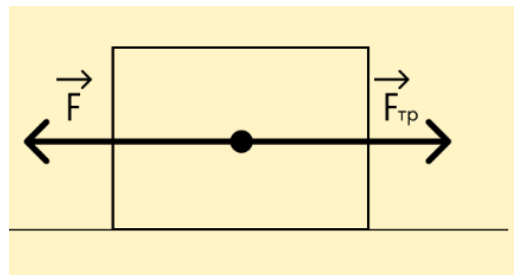
Сила трения покоя равна силе тяги.

$$F = F_{\text{тр.п.}}$$

Например, если вы пытаетесь сдвинуть с места санки, действуя на них с силой тяги 10 Н, то сила трения будет равна 10 Н.

При скольжении одного тела по поверхности другого возникает сила трения скольжения. Если мальчик скользит на коньках по льду. Каток достаточно гладкий, но, как мы уже выяснили, сила трения все равно будет присутствовать и вычисляться будет по формуле:

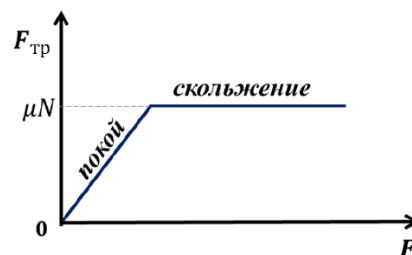
$$F_{\text{тр}} = \mu N,$$



где $F_{\text{тр}}$ – сила трения скольжения [Н], μ – коэффициент трения [—], N – сила реакции опоры [Н]

Сила трения, которую мы получим по этой формуле, будет максимально возможной – то есть больше уже некуда.

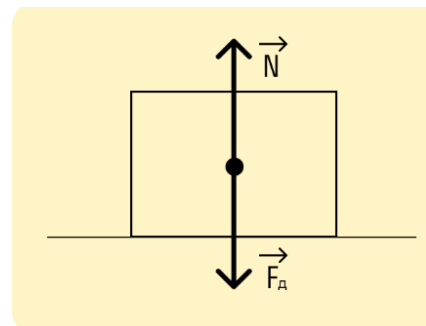
На рисунке представлен график зависимости силы тяги от силы трения. Если приложенная сила меньше значения μN , то тело не сдвинется с места и приложенная сила равна силе трения покоя. Если приложенная сила больше значения μN , то тело будет скользить по поверхности и равна по модулю μN .



Сила реакции опоры – это сила, с которой опора действует на тело. Она численно равна силе нормального давления и противоположна по направлению.

Силу трения можно определить по формуле $F_{\text{тр}} = \mu F_{\text{нд}}$.

Также, если тело находится на горизонтальной поверхности, сила реакции опоры будет равна силе тяжести: $N = mg$.



μ -коэффициент трения – это характеристика поверхности. Он определяется экспериментально, не имеет размерности и показывает, насколько поверхность гладкая – чем больше коэффициент, тем более шероховатая поверхность. Коэффициент трения положителен и чаще всего меньше единицы.

Способы уменьшения силы трения: выравнивание поверхностей, введение смазки, замена трения скольжения трением качения. Сила трения скольжения не зависит от площади соприкосновения.

Про колесо совершенно точно нельзя сказать, что оно скользит или покоится. При этом сила трения явно возникает, так как существует соприкосновение двух поверхностей.

В этом случае мы говорим о трении качения – сопротивлению движения, если одно тело катится по поверхности другого. При равных силах нормального давления сила трения скольжения больше силы трения качения. Это явление часто используют, например, ставя колесики на чемодан. Да и вообще, ставя колесики куда угодно.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя каретку (брусек) с крючком, динамометр №2, два груза, направляющую рейку 1, соберите экспериментальную установку для измерения коэффициента трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки. Абсолютная погрешность измерения силы составляет $\pm 0,1$ Н.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;

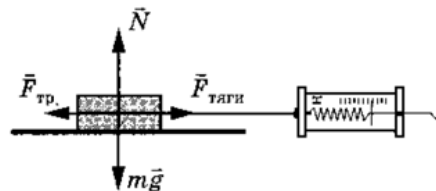
- 3) укажите результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите числовое значение коэффициента трения скольжения.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1) Схема установки:

2) Формула для расчёта: $F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}}$;

3) $F_{\text{тр}} = \mu N$; $N = P = mg$; $F_{\text{тр}} = \mu mg$ $\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{mg}$



$F_{\text{тяги}} = (0,6 \pm 0,1) \text{ Н}$; $P = (3,0 \pm 0,1) \text{ Н}$;

4) $\mu = \frac{0,6}{3,0} = 0,2$.

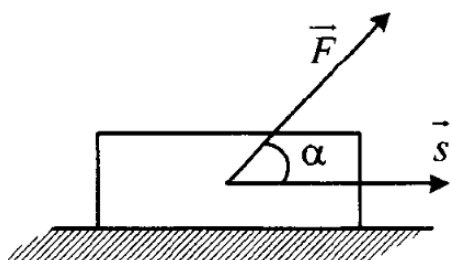
Контрольные вопросы и задачи

- 1) Какую силу мы называем силой трения? Назовите виды трения.
- 2) Запишите формулу для расчета силы трения скольжения и трения покоя.
- 3) Назовите способы увеличения силы трения. Зависит ли сила трения скольжения от площади соприкасающихся поверхностей?
- 4) От чего зависит коэффициент трения?
- 5) Автомобиль массой 5 т движется с постоянной скоростью по прямой горизонтальной дороге. Коэффициент трения шин о дорогу равен 0,03. Определите силу тяги, развиваемую двигателем. (Ответ: 1470Н)
- 6) Сани со стальными полозьями перемещают равномерно по льду, прилагая горизонтальное усилие 2 Н. Каков вес саней? (Ответ: 100Н)
- 7) Автомобиль движется со скоростью 10 м/с по гладкой горизонтальной дороге. Пройдя с выключенным мотором расстояние 150 м, автомобиль останавливается. Сколько времени автомобиль двигался с выключенным мотором, и каков коэффициент трения при его движении? (Ответ: 30с; 0,033)
- 8) Брусok массой 5 килограмм скользит по горизонтальной поверхности. Сила трения скольжения равна 20 Н. Найдите силу трения, если масса бруска уменьшится в два раза, а коэффициент трения останется неизменным. (Ответ: 10Н)
- 9) Лыжник массой 60 кг, имеющий в конце спуска скорость 10 м/с, останавливается через 40 с после окончания спуска. Определите силу трения и коэффициент трения (Ответ: 15Н, 0,025)
- 10) Ящик массой 10 кг стоит на горизонтальном полу. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н. Какова сила трения между ящиком и полом? (Ответ: 16Н)

Лабораторная работа №3 «Измерение работы силы трения»

Краткая теория

Теория о силе трения представлена в лабораторной работе 2 по комплекту 1.



Механическая работа. Если под действием некоторой силы тело перемещается, то при этом совершается механическая работа A (Дж), равная произведению модуля силы на модуль перемещения и на косинус угла между вектором силы и перемещением.

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

где F (Н) – модуль силы, S (м) – перемещение, α – угол между силой и перемещением.

$$F_{\text{упр}} = (2,0 \pm 0,1) \text{ Н}$$

Значение косинусов некоторых углов

Угол α	0°	30°	45°	60°	90°	180°
cos	1	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	1/2	0	-1

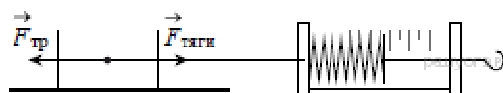
Экзаменационное задание и описание установки

Используя брусок с крючком, динамометр с пределом измерения 1 Н, груз №4 массой 60 г, направляющую, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы трения при равномерном движении бруска с грузом по горизонтальной плоскости. Определите работу силы трения при равномерном движении бруска с грузом на расстояние 50 см. брусок с крючком и нитью.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения.
- 3) Укажите результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки с учётом абсолютных погрешностей измерений.
- 4) Запишите числовое значение коэффициента трения скольжения.

Образец оформления лабораторной
работы по экзаменационным
требованиям



- 1) Схема экспериментальной установки;
- 2) $A = -F_{\text{тр}} S$; $F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}}$ (при равномерном движении);
- 3) $F_{\text{упр}} = (0,6 \pm 0,1) \text{ Н}$; $S = (40,0 \pm 0,5) \text{ см} = (0,400 \pm 0,005) \text{ м}$.
- 4) $A = 0,6 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м} = 0,24 \text{ Дж}$.

Контрольными вопросами и задачами можно воспользоваться лабораторной работой 1 из комплекта 2.

Лабораторная работа №4 «Измерение работы силы упругости»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 1 и 3 по комплекту 2.

Экзаменационное задание и описание установки

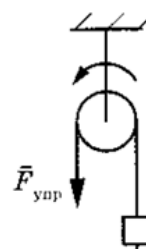
Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, нить, линейку, груз № 1 и динамометр с пределом измерения 1 Н, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме груза с использованием неподвижного блока. Определите работу, совершаемую при подъёме на высоту 10 см. Абсолютная погрешность измерения длины составляет ± 1 мм. Абсолютная погрешность измерения силы равна цене деления динамометра.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Запишите формулу для расчёта работы силы упругости.
- 3) Укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути.
- 4) Запишите числовое значение работы силы упругости.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема экспериментальной установки:
- 2) $A = F_{\text{упр}} S$,
- 3) $F_{\text{упр}} = (0,72 \pm 0,1) \text{ Н}$; $S = (0,100 \pm 0,001) \text{ м}$;
- 4) $A = 0,72 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,072 \text{ Дж}$.



Контрольными вопросами и задачами можно воспользоваться лабораторной работой 1 из комплекта 2.

Лабораторная работа №5 «Исследование зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 2 по комплекту 2.

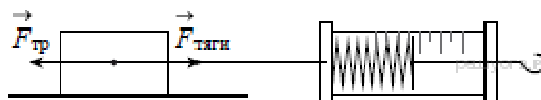
Экзаменационное задание и описание установки

Используя брусок с крючком, динамометр №2, набор грузов 100г каждый и направляющую, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы трения скольжения между бруском и поверхностью горизонтально расположенной направляющей от силы нормального давления.

Определите силу трения скольжения, помещая на брусок поочерёдно один, два и три груза. Для определения силы нормального давления бруска с грузами на поверхность направляющей воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Укажите результаты измерения силы нормального давления и силы трения скольжения.
- 3) Для трёх случаев в виде таблицы (или графика).
- 4) Сформулируйте вывод о зависимости силы трения скольжения между бруском и поверхностью направляющей от силы нормального давления.



Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема экспериментальной установки:
- 2) Результаты измерений:

Количество грузов	0	1	2	3
N, Н	0,64	1,7	2,6	3,6
F _{тр} , Н	0,14	0,32	0,52	0,68

3) Вывод: при увеличении силы нормального давления сила трения скольжения, возникающая между бруском и поверхностью направляющей, также увеличивается.

Контрольными вопросами и задачами можно воспользоваться лабораторной работой 2 из комплекта 2

Лабораторная работа №6 «Исследование зависимости силы трения скольжения от рода поверхностей»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 2 по комплекту 2.

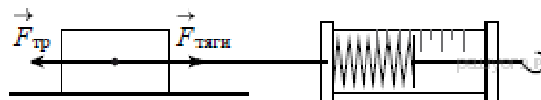
Экзаменационное задание и описание установки

Используя брусок с крючком, динамометр №2, набор грузов 100г каждый, направляющую, соберите экспериментальную установку для ис-

следования зависимости силы трения скольжения между бруском и поверхностью, горизонтально расположенной направляющей от рода поверхности. Определите силу трения скольжения сначала на стороне «А», затем на стороне «Б».

В бланке ответов:

1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.



2) Укажите результаты измерения силы трения скольжения для каждой из сторон направляющей.

3) Сформулируйте вывод о зависимости силы трения скольжения между бруском и поверхностью направляющей от рода поверхности.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1) Схема экспериментальной установки;

2) Результаты измерений:

Поверхность	$F_{\text{тр}}$, Н
А	0,8
Б	0,4

3) Вывод: сила трения скольжения, возникающая между бруском и поверхностью направляющей, зависит от рода поверхности.

Контрольными вопросами и задачами можно воспользоваться лабораторной работой 2 из комплекта 2.

Лабораторная работа №7 «Исследование зависимости силы упругости от степени деформации пружины»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 1 по комплекту 2.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр с пределом измерения 5 Н, линейку и набор из трёх грузов по 100 г каждый, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от степени растяжения пружины. Определите растяжение пружины, подвешивая к ней поочередно один, два и три груза. Для определения веса грузов воспользуйтесь динамометром. Абсолютная

погрешность измерения длины составляет ± 1 мм. Абсолютная погрешность измерения силы составляет $\pm 0,1$ Н.

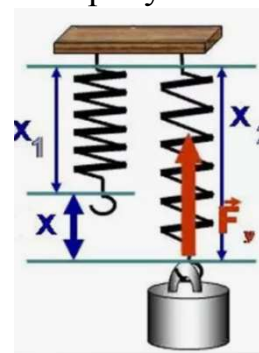
В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Укажите результаты измерения веса грузов и удлинения пружины для трёх случаев в виде таблицы (или графика) с учётом абсолютных погрешностей измерений.
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от степени растяжения пружины.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема экспериментальной установки изображена на рисунке.
- 2) Результаты измерения

№	$F_{\text{упр}} = P$, Н	x , мм
1	1,0	25
2	2,0	50
3	3,0	75



- 3) Вывод: при увеличении растяжения пружины сила упругости, возникающая в пружине, также увеличивается.

Глава 3. Эксперименты по электричеству (комплект 3)

Необходимое оборудование: источник питания постоянного тока (выпрямитель с входным напряжением от 36 до 42В или батарейный блок от 1,5-7,5В с возможностью регулировки входного напряжения), вольтметр двухпредельный (с пределом измерения 3В и ценой деления 0,1В и с пределом измерения 6В и ценой деления 0,1В), амперметр двухпредельный (с пределом измерения 3А и ценой деления 0,1А и с пределом измерения 0,6А и ценой деления 0,02А), резистор R_1 сопротивлением $(4,7 \pm 0,5)$ Ом, резистор R_2 сопротивлением $(5,7 \pm 0,6)$ Ом, резистор R_3 сопротивлением $(8,2 \pm 0,8)$ Ом, набор проволочных резисторов (резисторы обеспечивают проведение исследования зависимости сопротивления от длины, площади поперечного сечения и удельного сопротивления проводника), лампочка напряжением 4,8В и сила тока 0,5А, реостат с сопротивлением 10Ом, соединительные провода, ключ.

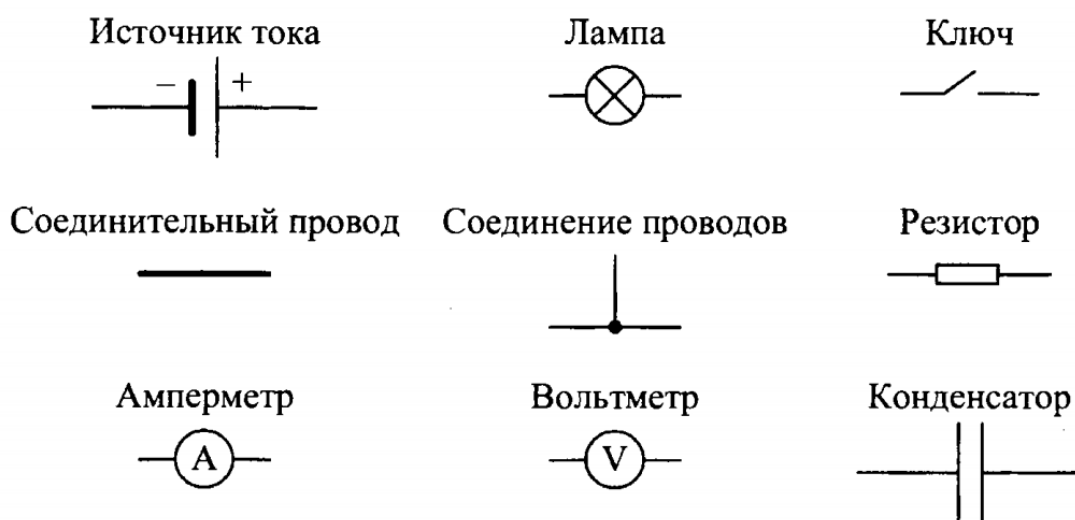
Лабораторная работа №1 «Измерение электрического сопротивления резистора»

Краткая теория

Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц. Для того чтобы в проводнике существовал электрический ток, необходимы два условия: 1) наличие свободных заряженных частиц, 2) электрическое поле, которое создаёт их направленное движение. Проходя по цепи, происходит действие электрического тока (тепловое, магнитное, химическое).

При существовании тока в разных средах: в металлах, жидкостях, газах – электрический заряд переносится разными частицами. В металлах этими частицами являются *электроны*, в жидкостях заряд переносится *ионами*, в газах – электронами, положительными и отрицательными ионами.

Ниже представлены графические изображения некоторых элементов электрической цепи.



Постоянный электрический ток – это электрический ток, который с течением времени не изменяется по величине и направлению.

Сила тока I [А] – это физическая величина, которая показывает, какой заряд прошел через проводник за единицу времени.

$$I = \frac{q}{t},$$

где q [Кл] – заряд прошедший через поперечное сечение проводника, t [с] – время.

Заряд, прошедший через поперечное сечение проводника равен:

$$q = Nq_e,$$

где $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; N – число электронов проходящих через поперечное сечение проводника.

Напряжение проводника U [В] – характеризует работу электрического поля по перемещению положительного заряда:

$$U = \frac{A}{q},$$

где A [Дж] – работа электрического поля, q [Кл] – заряд.

Сопротивление R [Ом] – характеризует тормозящее действие положительных ионов кристаллической решетки на движение свободных электронов.

$$R = \frac{\rho l}{S},$$

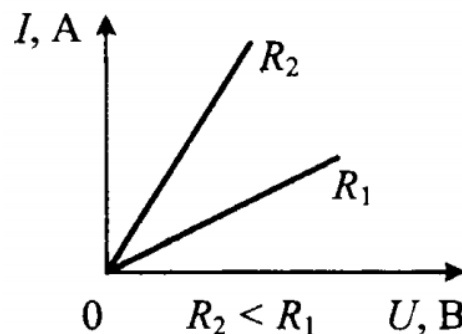
где l [м] – длина проводника, S [мм²] – площадь поперечного сечения проводника, ρ [Ом·мм²/м] – удельное электрическое сопротивление, показывает какое сопротивление имеет проводник длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм², изготовленный из определенного материала (значения определяются по справочным данным).

Закон Ома: сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

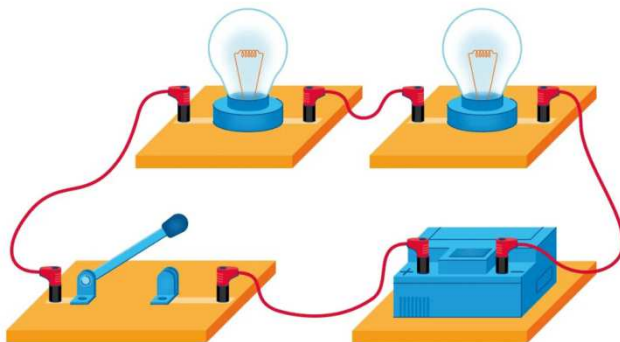
$$I = \frac{U}{R},$$

где I [А] – сила тока, U [В] – напряжение, R [Ом] – сопротивление.

Зависимость силы тока от напряжения иначе называют вольтамперной характеристикой проводника. По графику можно определить сопротивления проводов, а также можно их сравнивать.



Проводники в электрической цепи могут соединяться последовательно и параллельно. При последовательном соединении конец первого проводника соединяют с началом второго, конец второго – с началом третьего и т.д.



При последовательном соединении сила тока в любых частях цепи одна и та же:

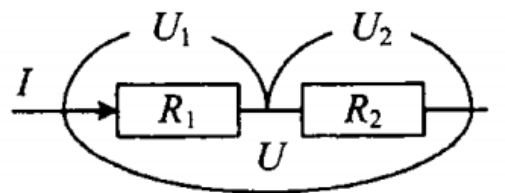
$$I = I_1 = I_2 .$$

Общее сопротивление цепи равно сумме сопротивлений отдельных проводников:

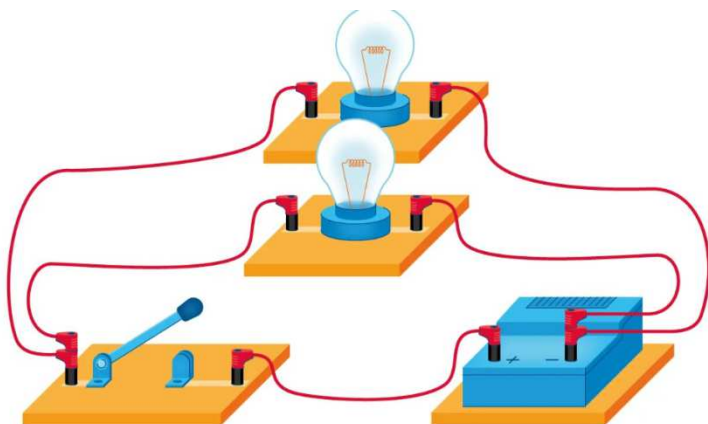
$$R = R_1 + R_2 .$$

Общее напряжение цепи равно сумме напряжений на отдельных участках:

$$U = U_1 + U_2 .$$



При параллельном соединении начала всех проводников соединяются в одной общей точке электрической цепи, а их концы – в другой.



Напряжение при параллельном соединении в любых частях цепи одинаково:

$$U = U_1 = U_2 .$$

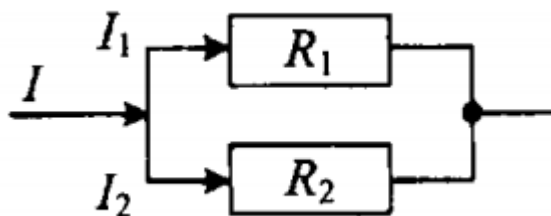
Сила тока при параллельном соединении (в неразветвленной части цепи) равна сумме сил тока в отдельных параллельно соединенных проводниках:

$$I = I_1 + I_2$$

Электрический ток растекается по ветвям обратно пропорционально их сопротивлениям. Если сопротивления в ветвях равны, то и ток при параллельном соединении делится между ними поровну.

Общее сопротивление цепи определяется по формуле:

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2$$



Для двух параллельно соединенных проводников формулу можно записать иначе:

$$R = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2).$$

Если N одинаковых проводников, каждый из которых имеет сопротивление R_1 , соединены параллельно, то общее сопротивление участка цепи можно найти, разделив сопротивление одного из проводников на их количество:

$$R = R_1 / N.$$

Работа электрического тока A [Дж] на участке электрической цепи равна произведению заряда q [Кл] и напряжения U [В] на этом участке [Дж]

$$A = q \cdot U.$$

С учетом закона Ома работу тока можно рассчитывать по формулам:

$$A = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t.$$

Закон Джоуля–Ленца: при прохождении электрического тока на проводнике выделяется количество теплоты, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению и времени прохождения тока.

$$Q = I^2 R t.$$

Мощность электрического тока P [Вт] – это работа, совершаемая током за единицу времени:

$$P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

При вычислении электрической энергии $A = Q = Pt = W$.

Экзаменационное задание и описание установки

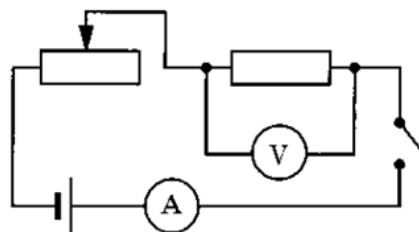
Используя источник тока, двухпредельный вольтметр с пределом измерения 3 В, амперметр с пределом измерения 3 А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_1 , соберите экспериментальную установку для определения электрического сопротивления резистора R_1 . При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,5 А. Абсолютную погрешность амперметра принять $\pm 0,1$ А, абсолютную погрешность вольтметра принять $\pm 0,2$ В.

В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте электрическую схему эксперимента.
- 2) Запишите формулу для расчёта электрического сопротивления.
- 3) Укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,65 А.
- 4) Запишите численное значение электрического сопротивления.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Электрическая схема:



- 2) Формула для расчёта электрического сопротивления резистора: Закон Ома $I = \frac{U}{R}$;
 $R = \frac{U}{I}$.

- 3) Результаты измерения: $I = (0,65 \pm 0,1)$ А, $U = (2,8 \pm 0,2)$ В.
- 4) $R = 2,8 \text{ В} / 0,65 \text{ А} = 4,3 \text{ Ом}$.

Контрольные вопросы и задачи

- 1) Что называется электрическим током? Назовите условия существования электрического тока.
- 2) Дайте определение силы тока? В каких единицах измеряется?
- 3) Что такое напряжение? В каких единицах измеряется?
- 4) Что такое электрическое сопротивление? В каких единицах измеряется? От каких величин зависит?
- 5) Как изменяется электрическое сопротивление, если длину провода увеличить в 2 раза? Площадь поперечного сечения увеличить 2 раза?
- 6) Зависит ли электрическое сопротивление от материала провода?

7) Длина алюминиевого провода 500 м, площадь его поперечного сечения 4 мм^2 . Чему равно сопротивление провода? Удельное сопротивление алюминия $0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. (Ответ: 3,5 Ом)

8) Сопротивление проволоки длиной 1 км равно 5,6 Ом. Определите напряжение на каждом участке проволоки длиной 100 м, если сила тока в ней 7 мА. (Ответ: 3,92 мВ)

9) Сопротивление проволоки, у которой площадь поперечного сечения $0,1 \text{ мм}^2$, равно 180 Ом. Какой площади поперечного сечения надо взять проволоку той же длины и из того же материала, чтобы получить сопротивление 36 Ом? (Ответ: $0,5 \text{ мм}^2$)

10) Чему равно сопротивление спирали электрической лампы в рабочем состоянии, у которой на цоколе написано 6,3 В, 0,22 А? (Ответ: 28,6 Ом)

Лабораторная работа №2 «Измерение мощности электрического тока»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 1 по комплекту 3.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_1 , соберите экспериментальную установку для определения мощности, выделяемой на резисторе. При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,3 А. Абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2 \text{ В}$, а силы тока $\pm 0,1 \text{ А}$.

В бланке ответов

- 1) Нарисуйте электрическую схему эксперимента.
- 2) Запишите формулу для расчёта мощности электрического тока.
- 3) Докажите результаты измерения напряжения с учётом абсолютной погрешности измерения при силе тока 0,3 А.
- 4) Запишите численное значение мощности электрического тока.

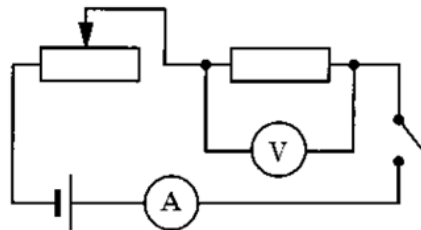
Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема экспериментальной установки:
- 2) Формула для расчёта: $P = U \cdot I$
- 3) Результаты измерений: $I = (0,3 \pm 0,1)$

А

$U = (3,6 \pm 0,2) \text{ В}$.

4) $P = 3,6 \cdot 0,3 = 1,08 \text{ Вт}$.



Контрольные вопросы и задачи

- 1) Дайте определение мощности? В каких единицах измеряется мощность?
- 2) Напишите формулу работы электрического тока.
- 3) Напишите формулу мощности электрического тока.

- 4) Определить мощность тока в электрической лампе, если при напряжении 110 В сила тока в ней 200 мА. (Ответ: 22Вт)
- 5) Определить силу тока в лампе электрического фонарика, если напряжение на ней 6 В, а мощность 1,5 Вт. (Ответ: 0,25А)
- 6) Ветряной двигатель, приводит в действие электрогенератор мощностью 8 кВт. Сколько лампочек мощностью 40 Вт можно питать от этого источника тока, если 5% мощности расходуется в подводящих проводах? (Ответ: 0,25А) (Ответ: 190)
- 7) Какова работа электрического тока в паяльнике, если сила тока в цепи равна 3 А, а сопротивление паяльника – 40 Ом? Время работы паяльника – 30 минут. Какое количество теплоты выделится в паяльнике за это время? (Ответ: 648 кДж)
- 8) Рассчитайте расход энергии электрической лампой, включенной на 10 мин в сеть напряжением 127 В, если сила тока в лампе 0,5 А. (Ответ: 38,1 кДж)
- 9) Резисторы с сопротивлениями 12 Ом, 20 Ом и 30 Ом соединены параллельно и подключены к источнику постоянного напряжения 60 В. Какова мощность тока в каждом из резисторов? Во всей цепи? (Ответ: 300 Вт, 180 Вт, 120 Вт, 600 Вт).
- 10) Два проводника, сопротивлением по 5 Ом каждый, соединены сначала последовательно, а потом параллельно и в обоих случаях включены под напряжение 4,5 В. В каком случае работа тока за одно и то же время будет больше и во сколько раз? (Ответ: 4)

Лабораторная работа №3 «Измерение работы электрического тока»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 1 по комплекту 3.

Экзаменационное задание и описание установки

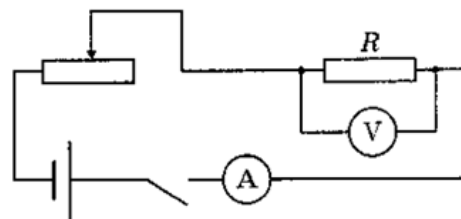
Используя источник тока, вольтметр с пределом измерения 3В, амперметр с пределом измерения 3А, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для определения работы электрического тока на резисторе, совершаемой в течение 10 мин. Абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2$ В, а силы тока $\pm 0,1$ А

В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте электрическую схему эксперимента.
- 2) Запишите формулу для расчёта электрического сопротивления.
- 3) Укажите результаты измерения напряжения и силы тока.
- 4) Запишите численное значение электрического сопротивления.

Образец оформления лабораторной работы
по экзаменационным требованиям

- 1) Схема электрической цепи:
- 2) Формула для расчёта: $A = U \cdot I \cdot t$.
- 3) Результат измерений: $I = (0,9 \pm 0,1) \text{ A}$,
 $U = (3,8 \pm 0,2) \text{ В}$;
- 4) Работа за 10 мин:
 $A = 3,8 \text{ В} \cdot 0,9 \text{ А} \cdot 600 \text{ с} = 2052 \text{ Дж}$



Контрольными вопросами и задачами можно воспользоваться лабораторной работой 2 из комплекта 3.

Лабораторная работа №4 «Исследование зависимости силы тока, возникающего в проводнике от напряжения на концах проводника»

Экзаменационное задание и описание установки

Используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах. Абсолютная погрешность измерения силы тока составляет $\pm 0,1 \text{ A}$, абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2 \text{ В}$.

В бланке ответов:

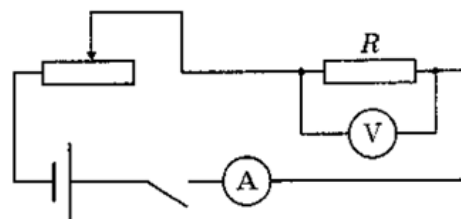
- 1) Нарисуйте электрическую схему эксперимента.
- 2) Установив с помощью реостата поочерёдно силу тока в цепи $0,4 \text{ A}$, $0,5 \text{ A}$ и $0,6 \text{ A}$ и измерив в каждом случае значение электрического напряжения на концах резистора, укажите результаты измерения силы тока и напряжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика) с учётом абсолютных погрешностей измерений.
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах.

4)

Образец оформления лабораторной работы
по экзаменационным требованиям

- 1) Схема электрической цепи:
- 2) Результаты измерений:

№	I A	U В
1	$0,4 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,2$



2	$0,5 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,2$
3	$0,6 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,2$

Вывод: при увеличении напряжения на концах проводника сила тока в проводнике также увеличивается.

Контрольные вопросы и задачи

- 1) Запишите закон Ома для участка цепи?
- 2) Как выглядит график зависимости силы тока от времени?
- 3) Чему равна сила тока в электрической лампе карманного фонаря, если сопротивление нити накала $16,6 \text{ Ом}$ и лампа подключена к батарее напряжением $2,5 \text{ В}$? (Ответ: $0,15 \text{ А}$)
- 4) Сопротивление вольтметра равно 12000 Ом . Какова сила тока, протекающего через вольтметр, если он показывает напряжение, равное 12 В ? (Ответ: $0,001 \text{ А}$)
- 5) При напряжении $1,2 \text{ кВ}$ сила тока в цепи одной из секций телевизора 50 мА . Чему равно сопротивление цепи этой секции? (Ответ: 240 кОм)
- 6) Показание вольтметра, присоединённого к горячей электрической лампе накаливания, равно 120 В , а амперметра, измеряющего силу тока в лампе, $0,5 \text{ А}$. Чему равно сопротивление лампы? Начертите схему включения лампы, вольтметра и амперметра. (Ответ: 240 Ом)
- 7) Электрический утюг включён в сеть с напряжением 220 В . Какова сила тока в нагревательном элементе утюга, если сопротивление его равно $48,4 \text{ Ом}$? (Ответ: $4,5 \text{ А}$)
- 8) Вольтметр показывает напряжение $2,5 \text{ В}$ на концах участка цепи сопротивлением $1,4 \text{ Ом}$. Включенный в эту же цепь амперметр показывает силу тока $1,8 \text{ А}$. Верно ли показание амперметра? (Ответ: верно)
- 9) Сила тока на участке электрической цепи $I = 75 \text{ мА}$. Определите сопротивление участка цепи, если напряжение на нём $U = 0,12 \text{ кВ}$. (Ответ: 1600 Ом)
- 10) На проводнике, сопротивление которого $R = 40 \text{ Ом}$, напряжение $U = 12 \text{ В}$. Определите число электронов, прошедших через поперечное сечение проводника за промежуток времени $t = 0,5 \text{ мин}$. (Ответ: $5,6 \cdot 10^{19}$)

Лабораторная работа №5 «Исследование зависимости сопротивления проводника от длины»

Экзаменационное задание и описание установки

Используя источник тока, вольтметр с пределом измерения 6 В , амперметр с пределом измерения $0,6 \text{ А}$, реостат, ключ, соединительные провода, набор проволочных резисторов p, l, S , соберите электрическую схему и проверьте экспериментально, увеличится ли электрическое сопротивление

проводника с увеличением длины проводника. Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволоки одинакового диаметра и с одинаковым удельным сопротивлением, но имеют разные длины ($l_2 = 2l_1$). Абсолютная погрешность измерения силы тока составляет $\pm 0,1$ А, абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2$ В.

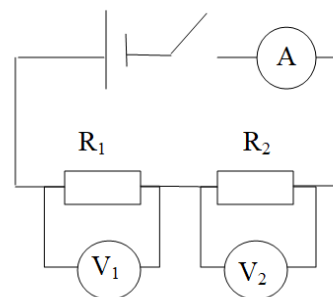
В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки.
- 2) Измерьте силу тока и напряжение на резисторах R_1 и R_2 .
- 3) Напишите формулу для расчёта сопротивления и посчитайте электрическое сопротивление для каждого резистора.
- 4) Сравните отношение рассчитанных сопротивлений и сделайте вывод о зависимости сопротивления от длины проводника.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема электрической цепи:
- 2) Результаты измерений:

	R_1	R_2
I, А	$(0,3 \pm 0,1)$	$(0,3 \pm 0,1)$
U, В	$(1,5 \pm 0,2)$	$(3,0 \pm 0,2)$
R, Ом	5	10



3) $R = \frac{U}{I}$

Вывод: электрическое сопротивление проводника увеличивается с увеличением длины проводника.

Контрольные вопросы и задачи

- 1) Напишите формулу для расчета силы тока при последовательном соединении резисторов.
- 2) Как рассчитывается напряжение при последовательном соединении?
- 3) От чего зависит сопротивление проводника? Что происходит с электрическим сопротивлением при увеличении длины проводника?
- 4) Зависит ли сопротивление проводника от напряжения или силы тока?
- 5) Рассмотрим следующую задачу: надо определить силу тока в проводнике, длина которого 100 м, а сечение этого проводника – $0,5 \text{ мм}^2$. (Ответ: 2А)
- 6) По вольфрамовой проволоке протекает электрический ток. Длина проволоки – 4 м, сила тока составляет 0,05 А. Напряжение, под которым

находится данный проводник, составляет 5 В. Необходимо определить величину площади поперечного сечения. (Ответ: $0,0022\text{мм}^2$)

7) Вычислите сопротивление стального провода участка ЛЭП (Линии электропередачи) длиной 100 км с площадью поперечного сечения 500мм^2 . Удельное сопротивление стали $0,15\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$. (Ответ: 30 Ом)

8) Электрическое сопротивление проводки длиной 75 м составляет 0,85 Ом, а площадь поперечного сечения этой проводки равна $1,5\text{мм}^2$. Каким удельным сопротивлением обладает металл, из которого сделан проводка? (Ответ: $0,017\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$)

9) Длина алюминиевого провода 400 м, площадь его поперечного сечения 5мм^2 . Чему равно электрическое сопротивление провода? (Ответ: 2,24 Ом)

10) На велосипеде установлен генератор, вырабатывающий электрическую энергию для двух последовательно соединенных ламп. В каждой лампе сила тока 0,3 А при напряжении на каждой лампе 6 В. Чему равна работа тока генератора за 2 часа? (Ответ: 25,92 кДж)

Лабораторная работа №6 «Исследование зависимости сопротивления проводника от площади поперечного сечения провода»

Экзаменационное задание и описание установки

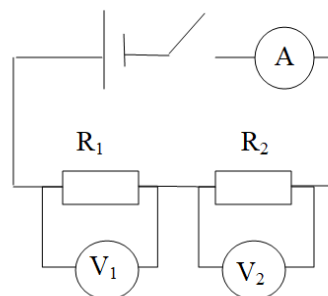
Используя источник тока, вольтметр с пределом измерения 6 В, амперметр с пределом измерения 0,6 А, реостат, ключ, соединительные провода, набор проволочных резисторов ρ , l , S , соберите электрическую схему и проверьте экспериментально, уменьшается ли электрическое сопротивление проводника с увеличением площади поперечного сечения проводника. Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволоки одинаковой длины и с одинаковым удельным сопротивлением, но имеют разные площади поперечного сечения ($S_2 = 2S_1$). Абсолютная погрешность измерения силы тока составляет $\pm 0,1\text{А}$, абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2\text{ В}$.

В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки.
- 2) Измерьте силу тока и напряжение на резисторах R_1 и R_2 .
- 3) Напишите формулу для расчёта сопротивления и посчитайте электрическое сопротивление для каждого резистора.
- 4) Сравните отношение рассчитанных сопротивлений и сделайте вывод о зависимости сопротивления от площади его поперечного сечения.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема электрической цепи:
- 2) Результаты измерений:



	R_1	R_2
I	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$
U	$1,1 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,2$
R	5	2,5

$$R = \frac{U}{I}$$

3) Вывод: электрическое сопротивление проводника увеличивается с уменьшением площади поперечного сечения проводника.

Контрольными вопросами и задачами можно воспользоваться лабораторной работой 5 из комплекта 3.

Лабораторная работа №7 «Исследование зависимости сопротивления проводника от удельного электрического сопротивления»

Экзаменационное задание и описание установки

Используя источник тока, вольтметр с пределом измерения 6 В, амперметр с пределом измерения 0,6 А, реостат, ключ, соединительные провода, набор проволочных резисторов ρ , l , S , соберите электрическую схему и проверьте экспериментально, как зависит электрическое сопротивление проводника от материала. Резисторы R_1 и R_2 изготовлены из проволоки одинаковой длины и с одинаковой площадью поперечного сечения, но разным удельным сопротивлением. Абсолютная погрешность измерения силы тока составляет $\pm 0,1$ А, абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2$ В.

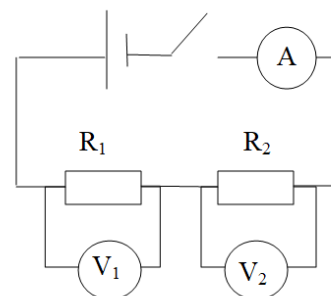
В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки.
- 2) Измерьте силу тока и напряжение на резисторах R_1 и R_2 .
- 3) Напишите формулу для расчёта сопротивления и посчитайте электрическое сопротивление для каждого резистора.
- 4) Сравните отношение рассчитанных сопротивлений и сделайте вывод о зависимости сопротивления от материала.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема электрической цепи:
- 2) Результаты измерений:

	R_1	R_2
I	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$



U	1,2 ± 0,2 нихром	0,2 ± 0,2 сталь
R	3	0,5

3) $R = \frac{U}{I}$

4) Вывод: электрическое сопротивление проводника увеличивается с увеличением длины проводника.

Контрольными вопросами и задачами можно воспользоваться лабораторной работой 5 из комплекта 3.

Лабораторная работа №8 «Проверка правила напряжений при последовательном соединении»

Экзаменационное задание и описание установки

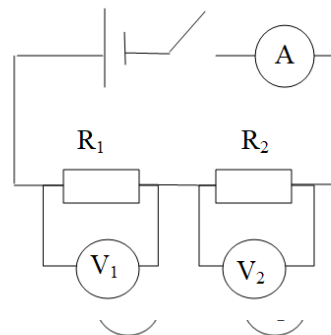
С помощью источника тока, вольтметра с пределом измерения 3 В, амперметра с пределом измерения 0,6 А, а также используя ключ, реостат и соединительные провода, резисторы, обозначенные R_2 и R_3 , проверьте экспериментально правило для электрического напряжения при последовательном соединении проводников. Абсолютная погрешность измерения силы тока составляет $\pm 0,1$ А, абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2$ В.

В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки.
- 2) С помощью реостата установите силу тока в цепи 0,4 А измерьте электрическое напряжение на каждом из резисторов и общее напряжение на концах электрической цепи из двух резисторах при их последовательном соединении.
- 3) Сравните общее напряжение на двух резисторах с суммой напряжений на каждом из резисторов, учитывая погрешность прямых измерений.
- 4) Сделайте вывод об ошибочности или справедливости проверяемого правила.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1)	Схема электрической цепи:		
2)	Результаты измерения: $I = 0,4$ А		
U_1 , В	U_2 , В	U , В	$U_1 + U_2$, В
2,3	3,4	5,7	5,7



Вывод: правило сложения напряжений при последовательном соединении $U = U_1 + U_2$ выполняется.

Лабораторная работа №9 «Проверка правила силы тока при параллельном соединении»

Экзаменационное задание и описание установки

Используя источник тока, амперметр, реостат, ключ, соединительные провода, резисторы, обозначенные R_1 и R_2 , проверьте экспериментально правило сложения силы электрического тока при параллельном соединении двух проводников: R_1 и R_2 . Абсолютная погрешность измерения силы тока составляет $\pm 0,1$ А, абсолютная погрешность измерения напряжения составляет $\pm 0,2$ В.

В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки.
- 2) С помощью реостата установите силу тока в неразветвлённой части цепи 0,7 А и измерьте силу электрического тока в каждом из резисторов при их параллельном соединении.
- 3) Сравните общую силу тока (до разветвления) с суммой сил тока в каждом из резисторов (в каждом из ответвлений) с учётом абсолютных погрешностей измерений.
- 4) Сделайте вывод о справедливости или ошибочности проверяемого правила.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1) Схема экспериментальной установки:

2) Результаты измерений: $I = 0,7$ А.

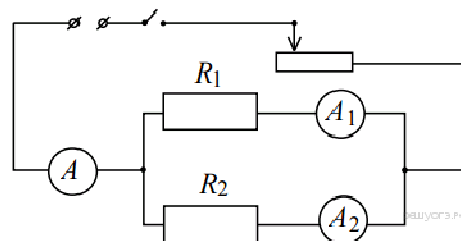
Сила тока в резисторе R_1 : $I_1 = 0,25 \pm 0,05$ А.

Сила тока в резисторе R_2 : $I_2 = 0,40 \pm 0,05$ А.

Сумма сил тока: $I_1 + I_2 = 0,65 \pm 0,10$ А.

С учётом погрешности измерений сумма сил тока в резисторах находится в интервале от 0,55 до 0,75 А. Значение общей силы тока (0,7 А) попадает в этот интервал значений.

3) Вывод: при параллельном соединении резисторов общая сила тока до разветвления равна сумме сил тока в каждом из ответвлений.



Глава 4. Эксперименты по геометрической оптике (комплект 4)

Необходимое оборудование: источник питания постоянного тока (выпрямитель с входным напряжением от 36 до 42В или батарейный блок от 1,5-7,5 В с возможностью регулировки входного напряжения), собирающая линза №1 с фокусным расстоянием $F = (100 \pm 10)$ мм, собирающая линза №2 с фокусным расстоянием $F = (50 \pm 5)$ мм, собирающая линза №3 с фокусным расстоянием $F = (75 \pm 5)$ мм, линейка длиной 30 см с миллиметровыми делениями, экран, оптическая скамья, модель предмета, осветитель (обеспечивает опыты с линзами и возможность получения узкого пучка для опыта с полуцилиндром), полуцилиндр с диаметром (50 ± 5) мм, показатель преломления 1,5, планшет на плотном листе с круглым транспортиром с обозначением места для полуцилиндра.

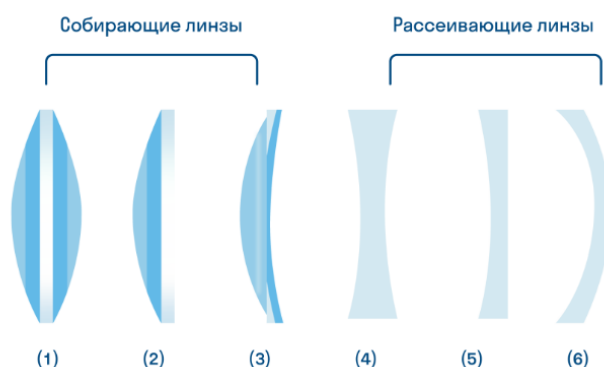
Лабораторная работа №1 «Измерение оптической силы собирающей линзы»

Краткая теория

Линза – прозрачное тело, ограниченное либо двумя сферическими поверхностями, либо одной сферической и одной плоской.

Действие линз основано на законах преломления света. Параллельные пучки световых лучей, проходя через линзу, преломляются и меняют свое направление: они могут сходиться в одной точке или же рассеиваться в разные стороны.

Линзы делятся на две группы: рассеивающие и собирающие, чье назначение понятно из названия. В свою очередь, и рассеивающие, и собирающие линзы бывают различных видов по своему строению. На рисунке представлены следующие линзы: (1) – двояковыпуклые; (2) – выпуклые; (3) – выпукло-вогнутая; (4) – двояковогнутая; (5) – вогнутые; (6) – вогнуто-выпуклые.



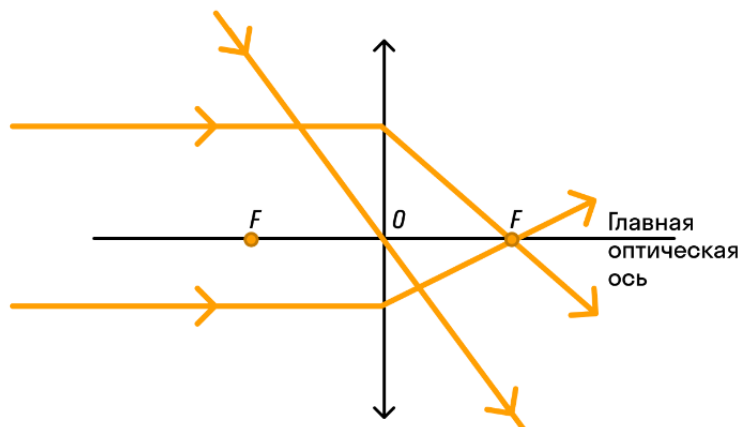
Запомните и еще одно отличие: в собирающих линзах середина толще краев, а в рассеивающих — края толще середины.

При решении физических задач мы не будем прописывать строение линзы или определять: это вогнуто-выпуклая или выпукло-вогнутая. Мы будем использовать схематичное изображение для собирающей и рассеивающей линзы, где сразу будет понятно, с чем мы имеем дело: 1 – собирающая линза, 2 – рассеивающая линза.

Основные понятия, связанные с линзой. *Главная оптическая ось* – воображаемая линия, которая проходит через центр линзы и перпендикулярна плоскости линзы. Точка О – оптический центр линзы. Лучи света, которые проходят

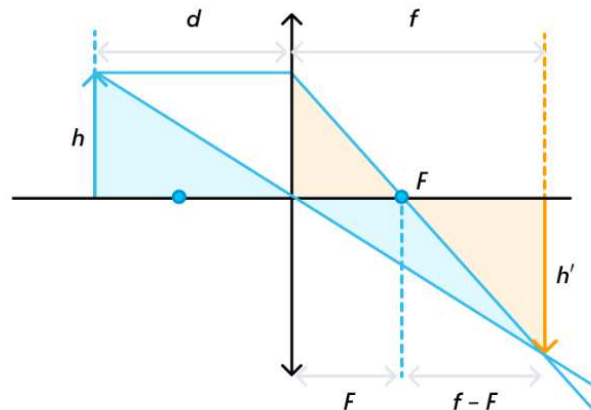


через эту точку, не будут преломляться.



Фокус линзы – точка, в которой пересекутся лучи, которые проходят параллельно главной оптической оси. Точка фокуса есть и справа, и слева от линзы. Фокус, который располагается левее линзы, называют мнимым фокусом – в нем при определенных условиях могут пересечься не сами лучи, а только их продолжения, и в этой плоскости мы получим только мнимое изображение. *Фокусное расстояние* – расстояние от точки F до оптического центра линзы. На главной оптической оси располагают и точку 2F, но тут все просто – мы ставим ее на двойном фокусном расстоянии. Расстояние от объекта до линзы обозначают буквой d , а от линзы до изображения – буквой f . В зависимости от того, как близко стоит объект перед линзой, мы будем получать разные по размеру действительные и мнимые изображения объекта.

Чтобы характеризовать увеличивающую способность линзы, ввели понятие «оптическая сила».



Оптическая сила линзы – это величина, характеризующая преломляющую способность линзы. Эта величина зависит от радиусов кривизны сферических поверхностей линзы и от показателя преломления материала, из которого она сделана.

Эта физическая величина обозначается латинской буквой D и измеряется в диоптриях. Сокращенное обозначение – дптр.

Оптическая сила – это величина, обратно пропорциональная фокусному расстоянию, следовательно, ее можно рассчитать в диоптриях по формуле:

$$D = \pm 1/F.$$

Так как фокусное расстояние измеряется в метрах, можно сделать логичное заключение: $[дптр] = [1/м] = [м^{-1}]$.

Для собирающих линз впереди оптической силы ставится знак «+», а для рассеивающих – знак «-».

Для системы тонких линз оптическая сила рассчитывается как алгебраическая сумма оптических сил каждой линзы:

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n.$$

Экзаменационное задание и описание установки

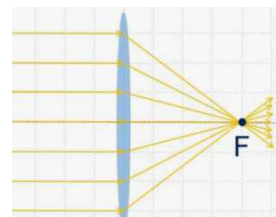
Используя оптическую скамью, собирающую линзу, обозначенную 1, экран и держатель для экрана, соберите экспериментальную установку для определения оптической силы линзы. В качестве предмета используйте освещённое окно.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Запишите формулу для расчёта оптической силы линзы.
- 3) Укажите результат измерения фокусного расстояния линзы с учётом абсолютной погрешности измерения.
- 4) Запишите значение оптической силы линзы.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема экспериментальной установки:
- 2) $D = 1/F$
- 3) $F = (60 \pm 1) \text{ мм} = (0,060 \pm 0,001) \text{ м}$
- 4) $D = 1/0,06 = 17 \text{ дптр.}$



Контрольные вопросы и задачи

- 1) Запишите формулу для расчета оптической силы линзы? В каких единицах в системе СИ она рассчитывается?
- 2) Что происходит с лучами после прохождения линзы, которые падают параллельно главной оптической оси?
- 3) Что происходит с лучами после прохождения линзы, которые проходят через оптический центр линзы?
- 4) Если фокусное расстояние линзы 20 см, то чему равны оптическая сила собирающей и рассеивающей линзы? (Ответ: 5 дптр)
- 5) Если линзы расположены вплотную друг к другу, то как рассчитывается оптическая сила линзы?
- 6) Фокусное расстояние рассеивающей линзы 2,5м. Чему равна оптическая сила линзы? (Ответ: -0,4 дптр)
- 7) Имеются две линзы, у одной оптическая сила 5дптр, у другой – 3дптр. Их сложили вплотную. Выясните, какова оптическая сила системы. (Ответ: 2 дптр)

8) Во сколько раз фокусное расстояние собирающей линзы с оптической силой 1,5 дптр больше фокусного расстояния линзы с оптической силой 6 дптр? (Ответ: 6)

9) Оптическая сила первой собирающей линзы 6 дптр, второй собирающей линзы 2 дптр. Определите оптическую силу и фокусное расстояние системы двух линз, если они выставлены вплотную друг к другу. (Ответ: 8 дптр, 12,5 см)

10) Оптическая сила первой линзы 4 дптр, у второй – 2 дптр. У какой линзы больше фокусное расстояние? (Ответ: у второй)

Лабораторная работа №2 «Измерение фокусного расстояния собирающей линзы»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 1 комплект 4.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя собирающую линзу, экран, линейку и лампу в качестве источника света, соберите экспериментальную установку для определения фокусного расстояния линзы.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Укажите результаты измерения фокусного расстояния линзы.
- 3) Оцените погрешность проведённых измерений.

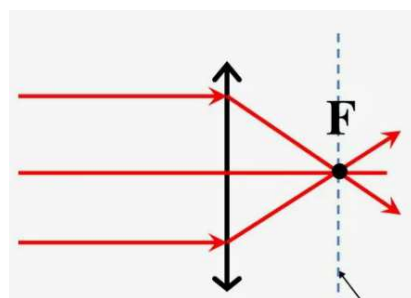
Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

- 1) Схема экспериментальной установки.

Лампу необходимо расположить как можно дальше от линзы. Изображение удалённого источника света формируется практически в фокальной плоскости линзы:

- 2) $F = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}$.

3) Для оценки погрешности измерения фокусного расстояния необходимо подвигать линзу и определить, на сколько можно ее сместить для того, чтобы изображение источника на экране продолжало казаться чётким. Оценка для погрешности получается примерно $\pm 5 \text{ мм}$



Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 1 комплект 4.

Лабораторная работа №3 «Измерение показателя преломления стекла»

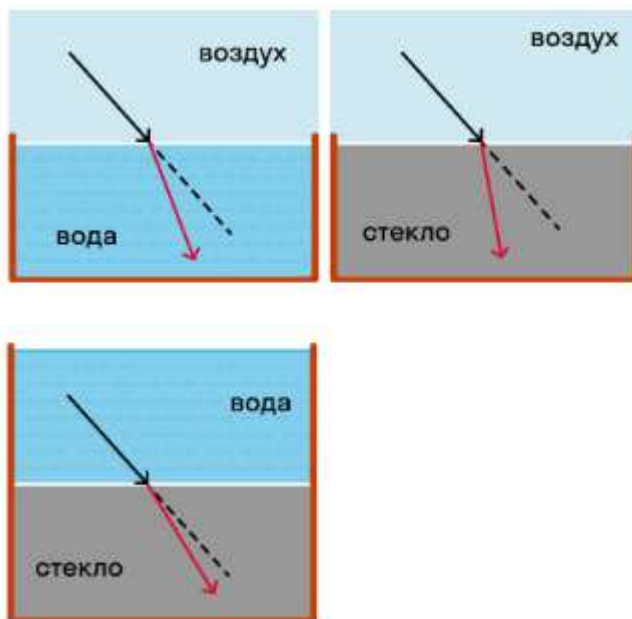
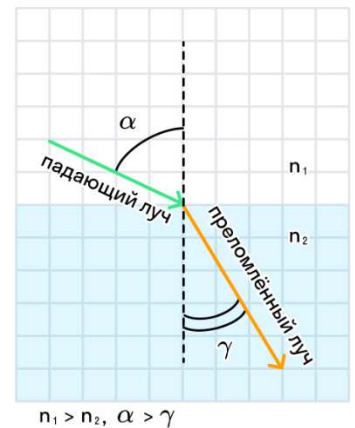
Краткая теория

Преломление света – это явление, при котором световые лучи изменяют направление движения при переходе из одной среды в другую.

Здесь мы будем говорить только о прозрачных средах и веществах. Например, о воздухе, воде, стекле, прозрачных кристаллах. То есть если лучи света из одной прозрачной среды переходят в другую прозрачную среду, то луч света в месте их соприкосновения исказится. Он изменит направление, в котором распространяется его движение.

Давайте посмотрим на процесс преломления с точки зрения геометрии. Для этого обратимся к схеме ниже. Угол α на картинке – угол падения – это угол между падающим лучом и перпендикуляром, проведенным в точку падения луча на границу раздела сред. Угол γ – угол преломления – это угол между преломленным лучом и перпендикуляром, проведенным в точку падения луча на границу раздела сред.

Теперь рассмотрим картинку ниже и разберемся, как меняется угол преломления света при переходе в вещества разной плотности оптической среды.



Из иллюстрации можно сделать следующие выводы.

- 1) При переходе света из менее плотной оптической среды в более плотную скорость уменьшается, и угол преломления меньше угла падения.
- 2) При переходе света из более плотной оптической среды в менее плотную скорость увеличивается, и угол преломления больше угла падения.

3) При переходе света из одной среды в другую с такой же оптической плотностью скорость распространения не изменяется, и угол падения равен углу преломления.

Абсолютный показатель преломления – безразмерная величина, показывающая отношение скорости света в вакууме к скорости распространения в среде.

Абсолютный показатель преломления обозначается буквой $[n]$. Его можно рассчитать по формуле:

$$n = c/v,$$

где c – скорость света в вакууме ($c=3 \cdot 10^8$ м/с), v – скорость распространения света в среде. Эта величина показывает, во сколько раз меняется скорость света при переходе из вакуума в воздух, воду, стекло и т.д. Абсолютный показатель преломления n некоторых веществ можно найти в справочных таблицах. К примеру, для воздуха она равна 1, для воды 1,33, для стекла 1,5.

Относительный показатель преломления – безразмерная величина, показывающая отношение абсолютных показателей преломления двух сред.

Этот показатель указывает на то, во сколько раз изменится скорость распространения луча при переходе из одной среды в другую. Его можно рассчитать по такой формуле:

$$n_{21} = n_2/n_1,$$

где n_1 – показатель преломления 1-й среды, n_2 – показатель преломления 2-й среды.

Закон преломления света

1) Падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.

2) Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления γ – это постоянная величина для двух данных сред:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Экзаменационное задание и описание установки

Используя источник тока, соединительные провода, ключ, осветитель, диафрагму с одной щелью, планшет, стеклянный полуцилиндр, соберите экспериментальную установку для определения показателя преломления стекла.

В бланке ответов:

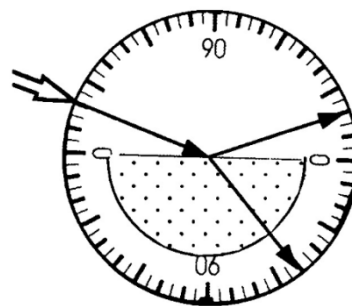
- 1) Нарисуйте схему эксперимента.
- 2) Установите поочерёдно угол падения в 20, 30, 60 и измерьте в каждом случае значения угла преломления, укажите результаты измерения угла падения и угла преломления для трёх случаев в виде таблицы.
- 3) Запишите формулу для расчета показателя преломления среды.
- 4) Рассчитайте значение показателя преломления среды.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1) Схема установки:

2) Результаты измерения:

№	α , град	γ , град	n
1	20	14	1,41
2	30	20	1,46
3	60	35	1,5



3) $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n.$

4) Среднее значение показателя преломления стекла $n=1,46$.

Контрольные вопросы и задачи

- 1) В чем заключается явление преломления света?
- 2) Сформулируйте закон преломления света?
- 3) В чем физический смысл абсолютного и относительного показателя преломления среды?
- 4) Если луч попадает из менее плотной оптической среды в более плотную к примеру (из воздуха в стекло), то можно сказать о величине угла преломления? (больше или меньше угла падения)
- 5) Если луч попадает из более плотной оптической среды в менее плотную, к примеру (из стекла в воздух), то можно сказать о величине угла преломления? (больше или меньше угла падения)
- 6) В вакууме или в стекле больше скорость света?
- 7) Луч света падает на плоскую границу раздела двух сред. Угол падения равен 40° , угол между отраженным лучом и преломленным 110° . Чему равен угол преломления? (Ответ: 30°)
- 8) Луч света падает на границу раздела сред воздух – жидкость под углом 45° и преломляется под углом 30° . Определите показатель преломления жидкости? При каком угле падения угол между отраженным и преломленным лучами составит 90° ? (Ответ: 1,41; 54°)
- 9) Определите, на какой угол отклоняется луч света от своего первоначального направления при переходе из стекла в воздух, если угол падения 30° , а показатель преломления стекла 1,5. (Ответ: 19°)
- 10) Угол между отраженным лучом и преломленным 100° . Чему равна сумма углов падения и преломления? (Ответ: 80°)

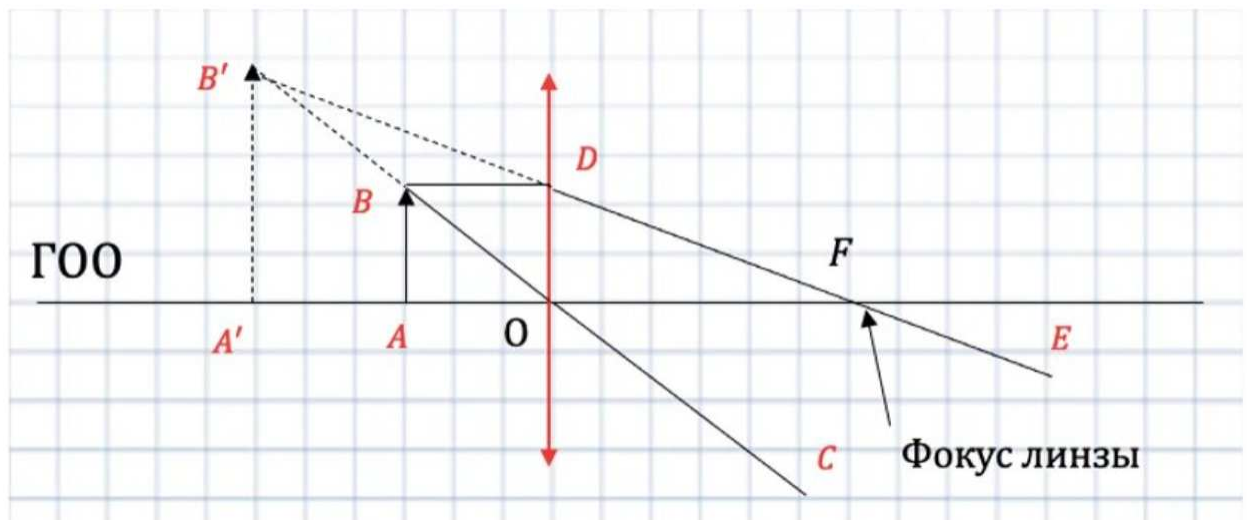
Лабораторная работа №4 «Исследование свойства изображения с помощью собирающей линзы»

Краткая теория

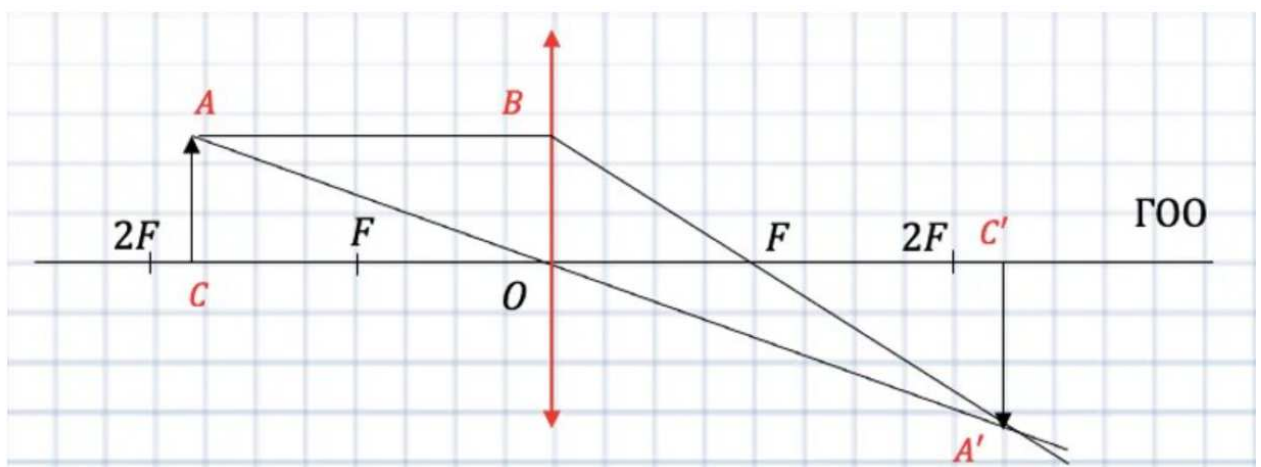
Рассмотрим всевозможные варианты полученных изображений в собирающей линзе. Для выполнения построения воспользуемся правилом построения изображения в собирающей линзе:

- 1) Луч, проходящий через центр, не изменит свое направление.
- 2) Луч, параллельный главной оптической оси – преломится, и проходит через фокус линзы.

Предмет АВ расположен между собирающей линзой и фокусом данной собирающей линзы. Выполнив построения, получим *изображение мнимое, прямое, увеличенное*.

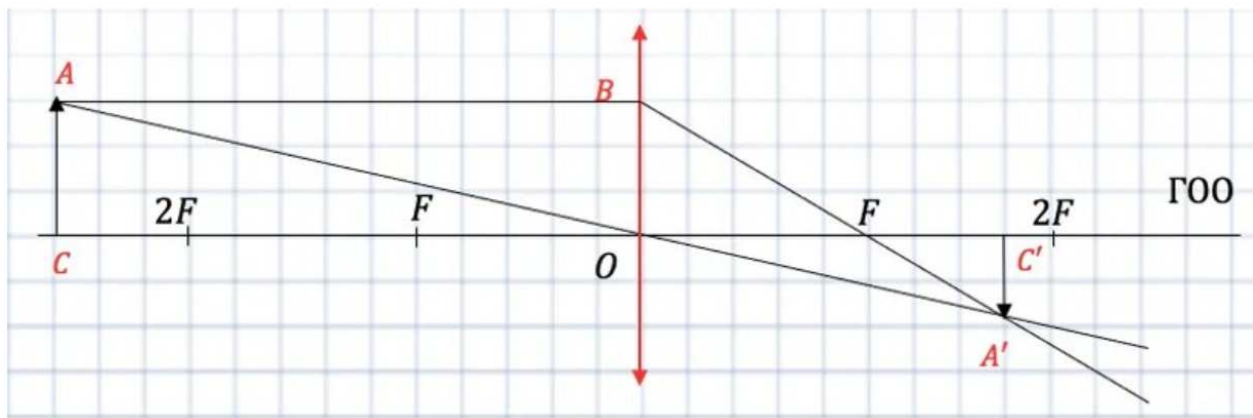


Предмет АВ расположен между двойным фокусом и фокусом данной собирающей линзы. Выполнив построения, получим *изображение действительное, перевернутое, увеличенное*.



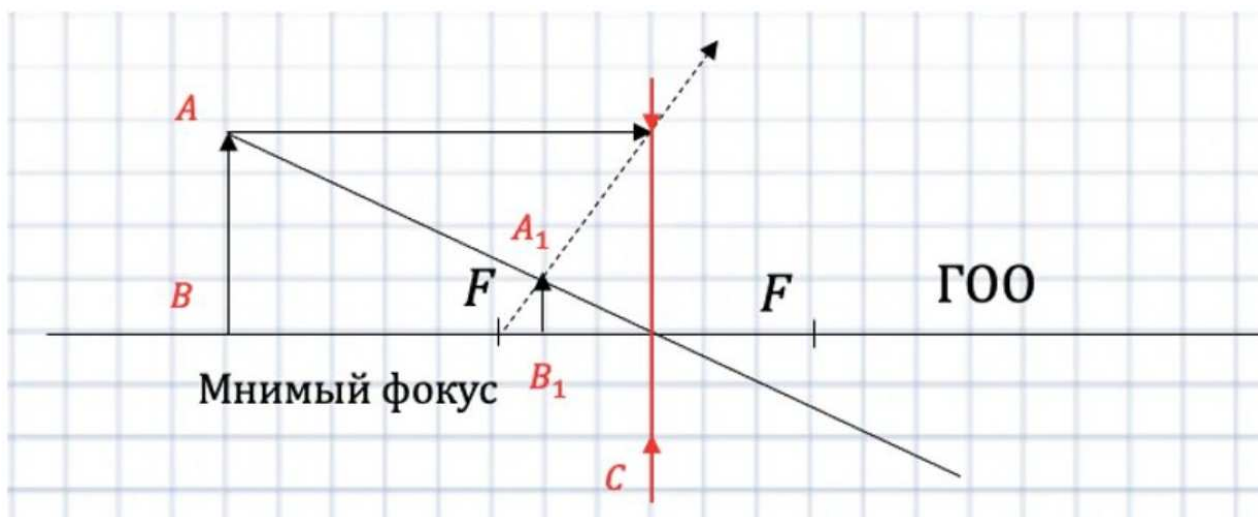
Предмет АВ расположен в двойном фокусе данной собирающей линзы. Выполнив построения, получим *изображение действительное, перевернутое, равное предмету*.

Предмет АВ расположен за двойным фокусом данной собирающей линзы.



Выполнив построения, получим *изображение действительное, перевернутое, уменьшенное.*

Рассмотрим вариант построения изображения в рассеивающей линзе.

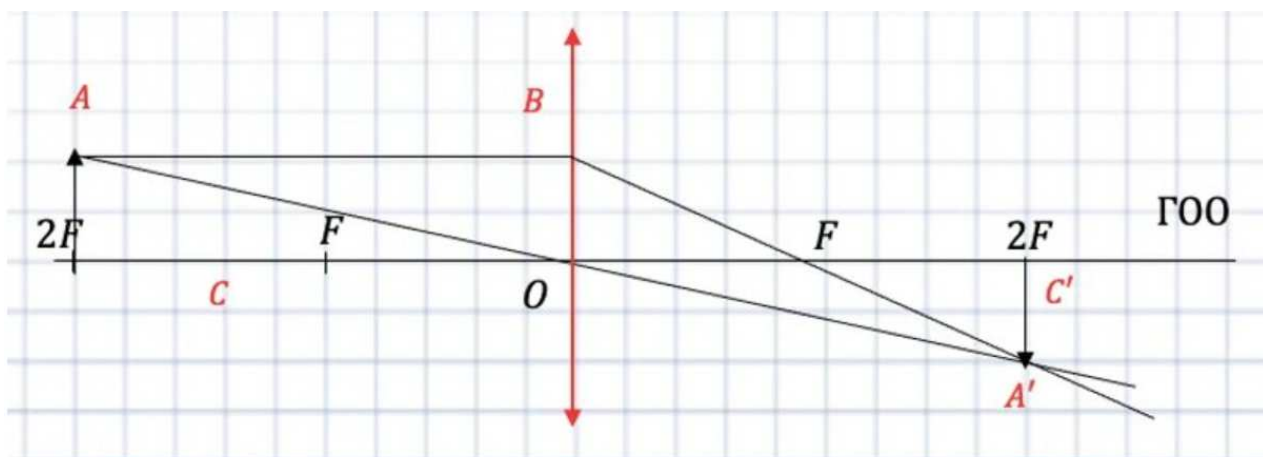


Изображение в рассеивающей линзе всегда уменьшенное прямое мнимое.

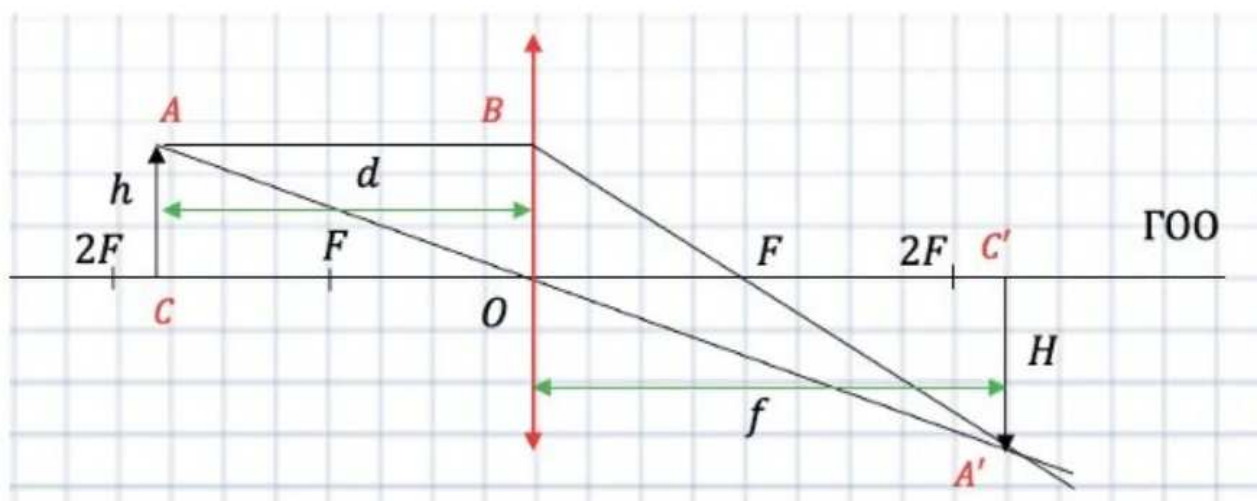
Для определения положения изображения в тонких линзах, можно воспользоваться формулой:

$$\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F},$$

где d – расстояние от предмета до линзы, f – расстояние от линзы до изображения, F – фокусное расстояние линзы.



Увеличение линзы: $\Gamma = \frac{H}{h}$, где H – размер изображения, h – размер предмета.



Экзаменационное задание и описание установки

Используя собирающую линзу №1, экран, лампу на подставке, источник тока, соединительные провода, ключ, линейку, соберите экспериментальную установку для исследования свойств изображения, полученного с помощью собирающей линзы от лампы, расположенной от центра линзы на расстоянии 15 см.

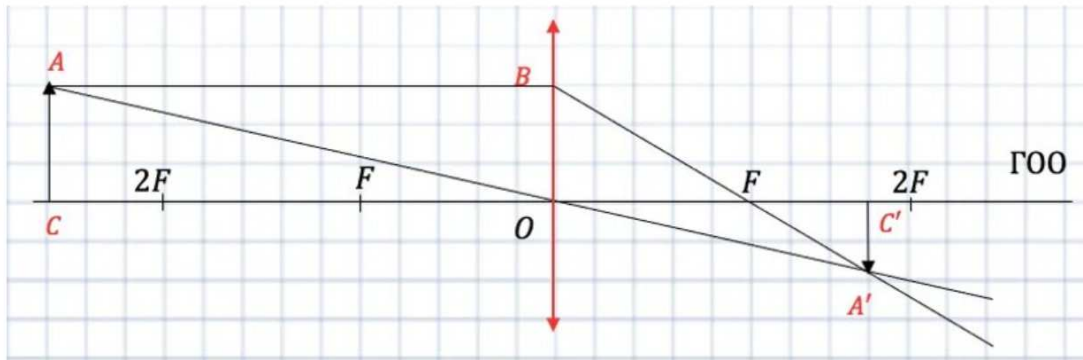
В бланке ответов

- 1) Сделайте схематический рисунок экспериментальной установки для наблюдения изображения лампы, полученного с помощью собирающей линзы.
- 2) Передвигая экран, получите чёткое изображение лампы и перечислите свойства изображения (мнимое или действительное, уменьшенное или увеличенное, прямое или перевёрнутое).

3) Сформулируйте вывод о расположении лампы относительно двойного фокусного расстояния линзы.

Образец оформления задания в бланке ответов

1) Схема установки:



2) Передвинув экран, получим чёткое изображение: изображение получилось перевёрнутое, уменьшенное, действительное.

3) Вывод: по характеру полученного изображения, получим что лампа расположена за двойным фокусным расстоянием от центра линзы.

Контрольные вопросы и задачи

- 1) Какие можно получить изображения с помощью собирающей линзы?
- 2) Какие можно получить изображения с помощью рассеивающей линзы?
- 3) Если предмет находится в двойном фокусе собирающей линзы, то что можно сказать о ее изображении по сравнению с предметом.
- 4) Если предмет находится в двойном фокусе рассеивающей линзы, то что можно сказать о ее изображении по сравнению с предметом.
- 5) Если предмет находится в фокусе собирающей линзы, то что можно сказать об изображении.
- 6) Определите фокусное расстояние рассеивающей линзы, если предмет находится от линзы на расстоянии 15 см, а его изображение получается на расстоянии 6 см от линзы. (Ответ: -0,1м)
- 7) Если расстояние предмета от линзы 36 см, то высота изображения 10 см. Если же расстояние предмета от линзы 24 см, то высота изображения 20 см. Определить фокусное расстояние линзы. (Ответ: 0,12м)
- 8) При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 6 см получают мнимое изображение рассматриваемой монеты на расстоянии 18 см от линзы. На каком расстоянии от линзы размещена монета? (Ответ: 0,045м)
- 9) На каком расстоянии от линзы с фокусным расстоянием 12 см надо поставить предмет, чтобы его действительное изображение было втрое больше самого предмета? (Ответ: 0,16м)
- 10) Расстояние от предмета до экрана 90 см. Где надо поместить между ними линзу с фокусным расстоянием 20 см, чтобы получить на экране отчетливое изображение предмета? (Ответ: 0,3м и 0,6м от экрана)

Лабораторная работа №5 «Измерение фокусного расстояния двух сложенных вместе собирающих линз»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 4 по комплекту 4.

Экзаменационное задание и описание установки

Для выполнения работы нам предлагается оборудование из комплекта № 4 в составе: собирающие линзы № 1 и № 2, экран и линейка (или оптическая скамья с миллиметровой шкалой). Погрешность фокусного расстояния линзы № 1 ± 10 мм, фокусного расстояния линзы № 2 ± 5 мм.

В бланке ответов

1) Сделайте схематический рисунок экспериментальной установки для определения фокусного расстояния линзы № 1 и № 2.

2) Запишите значения в виде таблицы фокусного расстояния № 1 и № 2 линзы.

3) Запишите формулу для расчета фокусного расстояния двух сложенных вместе линз.

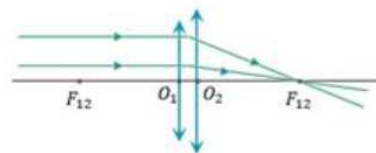
4) Сделайте вывод относительно фокусных расстояний сложенных вместе линз.

Образец оформления задания в бланке

ответов

1) Схема установки:

2) Таблица измерений фокусных расстояний:



Фокусное расстояние линзы № 1 (мм)	Фокусное расстояние линзы № 2 (мм)	Фокусное расстояние вместе сложенных линз (мм)
100 $\pm$ 10	50 $\pm$ 5	33 $\pm$ 5

1) Формула для расчета фокусного расстояния двух сложенных линз:

$$F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2}.$$

2) Вывод: фокусное расстояние системы двух разных линз, в пределах погрешности измерения, не зависит от порядка расположения линз и оказалось меньше наименьшего из фокусных расстояний двух линз.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 4 по комплекту 4.

Лабораторная работа №6 «Измерение зависимости угла преломления от угла падения на границе раздела двух сред воздух-стекло»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 3 по комплекту 4.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя источник тока, осветитель, диафрагму с одной щелью, соединительные провода, планшет, стеклянный полуцилиндр, соберите экспериментальную установку для исследования преломления от угла падения на границе «воздух – стекло».

В бланке ответов

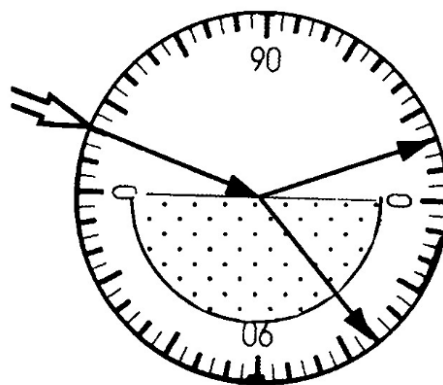
- 1) Нарисуйте схему эксперимента.
- 2) Установите поочерёдно угол падения в 20, 30, 60 и измерьте в каждом случае значения угла преломления, укажите результаты измерения угла падения и угла преломления для трёх случаев в виде таблицы.
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости угла преломления от угла падения.

Образец оформления задания в

бланке ответов

1) Схема установки:

2) Результаты измерения:



№	α , град	γ , град
1	20	14
2	30	20
3	60	35

3) Вывод: при увеличении угла падения угол преломления также увеличивается. Зависимость не является прямой пропорциональной. При увеличении угла падения в 1,5 раза угол преломления увеличивается в 1,4. При увеличении угла падения в 3 раза угол преломления возрастает всего в 2,5 раза.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 по комплекту 4.

Глава 5. Эксперименты по механическим явлениям (комплект 5)

Необходимое оборудование: секундомер электронный с датчиками, направляющая со шкалой (обеспечивает установку датчиков положения и установку пружины маятника), брусок деревянный с пусковым магнитом

масса бруска (50 ± 2) г (одна из поверхностей бруска имеет отличный от других коэффициент трения скольжения), штатив с креплениями для наклонной плоскости, транспортер, нитяной маятник с грузом с пусковым магнитом и возможностью измерения длины нитей (длина нитей не менее 50см), 4 груза массой (100 ± 2)г, пружина №1 с жесткостью (50 ± 2)Н/м, пружина №2 с жесткостью (20 ± 2)Н/м, мерная лента.

Лабораторная работа №1 «Измерение средней скорости движения бруска по наклонной плоскости»

Краткая теория

Механические явления являются одними из самых распространённых физических явлений в мире. И чаще всего в повседневной жизни мы сталкиваемся с таким явлением, как неравномерное движение.

Неравномерное движение – это такое движение, при котором тело за любые равные промежутки времени совершает разные перемещения. Для описания быстроты изменения положения тела с течением времени при неравномерном движении вводится понятие средней скорости. Она показывает, какое перемещение в среднем совершало тело за единицу времени:

$$\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

Но пользоваться этой формулой для определения модуля средней скорости можно лишь в том случае, если тело движется вдоль прямой в одну сторону. Во всех остальных случаях эта формула не работает.

Поэтому на практике пользуются понятием средней путевой скорости. Напомним, что средняя путевая скорость определяется отношением пути к промежутку времени, за который этот путь пройден:

$$v_{cp} = \frac{s}{t}.$$

В системе СИ скорость измеряется [м/с]. Рассмотрим пример перевода из км/ч в м/с.

$$36\text{км/ч} : 3,6 = 10\text{м/с}.$$

Экзамнационное задание и описание установки

Используя оборудование из комплекта № 5 в составе: штатив с креплением для наклонной плоскости, направляющая со шкалой, деревянный брусок с пусковым магнитом, электронный секундомер с датчиками, три груза, массой по сто граммов каждый, линейка и транспортер определите среднюю скорость движения бруска по наклонной плоскости. Погрешность измерения времени $\pm 0,05\text{с}$, погрешность измерения линейки $\pm 2\text{мм}$.

В бланке ответов

- 1) Нарисуйте схему эксперимента.

2) Установите с помощью транспортира угол наклона плоскости 30° . Измерьте путь пройденный бруском с учетом погрешностей. Измерьте время движения бруска вдоль наклонной плоскости с учетом погрешностей. Найдите среднее значение времени.

3) Запишите формулу для расчета средней скорости движения.

4) Выполните необходимые расчеты.

Образец оформления задания в бланке ответов

1) Схема установки:

$$S = (40 \pm 1) \text{ см} = (0,40 \pm 0,01) \text{ м};$$

$$\Delta t = (1,54 \pm 0,05) \text{ с};$$

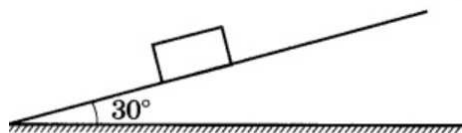
$$\Delta t = (1,48 \pm 0,05) \text{ с}; \Delta t = (1,43 \pm 0,05) \text{ с}.$$

Среднее значение времени

$$t_c = \frac{1,54 + 1,48 + 1,43}{3} = 1,48 \text{ с}$$

2) Средняя скорость $v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$.

$$3) v_{\text{ср}} = \frac{s}{t} = \frac{0,40}{1,48} = 0,27 \text{ м/с}$$



Контрольные вопросы и задания

- 1) Какое движение называется механическим?
- 2) Дайте определение средней скорости. В каких единицах в СИ измеряется скорость?
- 3) Как направлена средняя скорость?
- 4) Автомобиль ехал первую половину пути со скоростью 40 км/ч, а вторую половину пути – со скоростью 60 км/ч. Найдите среднюю скорость движения автомобиля на всем пути. Ответ дайте в км/ч. (Ответ: 48 км/ч)
- 5) Путешественник переплыл океан на яхте со средней скоростью 30 км/ч. Обрато он летел на самолете со скоростью 570 км/ч. Найдите среднюю скорость путешественника на протяжении всего пути. Ответ дайте в км/ч. (Ответ: 57 км/ч)
- 6) Автомобиль двигался половину времени со скоростью 80 км/ч, а вторую половину времени – со скоростью 100 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всем пути. Ответ дайте в км/ч. (Ответ: 90 км/ч)
- 7) Первые 120 км автомобиль ехал со скоростью 60 км/ч, следующие 120 км – со скоростью 80 км/ч, а затем 150 км – со скоростью 100 км/ч. Найдите СК автомобиля на протяжении всего пути. Ответ дайте в км/ч.
- 8) Первый час автомобиль ехал со скоростью 100 км/ч, следующие два часа – со скоростью 90 км/ч, а затем два часа – со скоростью 80 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на протяжении всего пути. Ответ дайте в км/ч.
- 9) Первые два часа автомобиль ехал со скоростью 50 км/ч, следующий час – со скоростью 100 км/ч, а затем два часа – со скоростью 75 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на протяжении всего пути. Ответ дайте в км/ч.
- 10) Половину времени, затраченного на дорогу, автомобиль ехал со скоростью 74 км/ч, а вторую половину времени – со скоростью 66 км/ч.

Найдите среднюю скорость автомобиля на протяжении всего пути. Ответ дайте в км/ч.

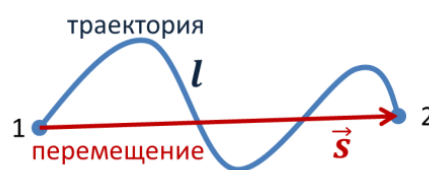
Лабораторная работа №2 «Измерение ускорения бруска при движении по наклонной плоскости»

Краткая теория

Неравномерное движение – это такое движение, при котором тело, за любые равные промежутки времени совершает разные перемещения.

Из всех видов неравномерного движения в школе изучают самое простое – прямолинейное равноускоренное движение. Так называют движение, при котором за любые равные промежутки времени скорость тела изменяется на одну и ту же величину, а траекторией движения тела является прямая линия.

Траектория – линия, вдоль которой движется тело. *Путь* (l) – длина траектории (м). *Перемещение* ($\vec{S}$) – вектор, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением (м).



Для того чтобы описать, насколько быстро меняется скорость тела, в физике ввели величину, которую назвали ускорением тела. Ускорение – это физическая векторная величина, равная отношению изменения скорости к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t},$$

где $\vec{v}_0$ – начальная скорость тела, $\vec{v}$ – конечная скорость, t – время движения. В системе Си измеряется [м/с²].

Анализ оборудования нам говорит о том, что для определения ускорения мы с вами должны воспользоваться формулой, для определения перемещения тела при его равноускоренном движении:

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2},$$

где $\vec{v}_0$ – начальная скорость тела, $\vec{a}$ – ускорение тела, t – время движения. В системе Си перемещение измеряется [м].

Если прямолинейное равноускоренное движение происходит без начальной скорости, при котором направление векторов перемещения и ускорения совпадают, то мы с вами можем записать, что модуль вектора перемещения прямо пропорционален квадрату промежутка времени, в течение которого это перемещение было совершено:

$$S = \frac{at^2}{2}.$$

Экзаменационное задание и описание установки

Используя оборудование из комплекта № 5 в составе: штатив с креплением для наклонной плоскости, направляющая со шкалой, деревянный

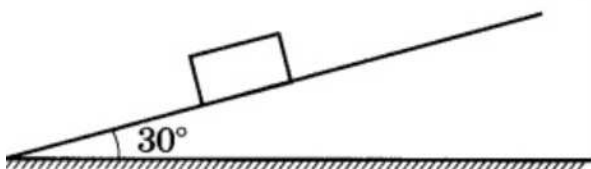
брусок с пусковым магнитом, электронный секундомер с датчиками, линейка и транспортир, определите ускорение бруска. С помощью транспортира установите угол наклона плоскости 45° . Погрешность измерения времени $\pm 0,05$ с, погрешность измерения линейки ± 2 мм.

В бланке ответов

- 1) Нарисуйте схему эксперимента;
- 2) Установите с помощью транспортира угол наклона плоскости 45° . Измерьте путь пройденный бруском с учетом погрешностей. Измерьте время движения бруска вдоль наклонной плоскости с учетом погрешностей. Найдите среднее значение времени.
- 3) Запишите формулу для расчета средней скорости движения.
- 4) Выполните необходимые расчеты.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:



$$2) S = (40 \pm 1) \text{ см} = (0,40 \pm 0,01) \text{ м}; \Delta t = (0,41 \pm 0,05) \text{ с};$$

$$\Delta t = (0,40 \pm 0,05) \text{ с}; \Delta t = (0,42 \pm 0,05) \text{ с}.$$

Среднее значение времени

$$t_c = \frac{0,41 + 0,40 + 0,42}{3} = 0,41 \text{ с}$$

$$3) \text{ Перемещение тела при равноускоренном движении } S = \frac{at^2}{2}.$$

$$\text{Ускорение тела } a = \frac{2S}{t^2}.$$

$$4) a = \frac{2 \cdot 0,40}{0,41^2} = 4,76 \text{ м/с}^2.$$

Контрольные вопросы и задания

- 1) Дайте определение траектории, пути и перемещения.
- 2) Что называем ускорением тела? В каких единицах в СИ измеряется ускорение?
- 3) Напишите формулу перемещения тела с начальной скоростью и без начальной скорости.
- 4) Автомобиль, двигаясь с ускорением $-0,5 \text{ м/с}^2$, уменьшил свою скорость от 54 до 18 км/ч. Сколько времени ему для этого понадобилось? (Ответ: 20с)

5) При подходе к станции поезд начал торможение с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$, имея начальную скорость 90 км/ч . Определите тормозной путь поезда, если торможение длилось 1 мин . (Ответ: 1320 м)

6) Движение тела задано уравнением $x(t) = 5 + 10t - 0,5t^2$. Определите: а) начальную координату тела; б) проекцию скорости тела; в) проекцию ускорения; г) вид движения (разгоняется тело или тормозит); д) определите значение координаты и скорости в момент времени $t = 4 \text{ с}$. (Ответ: а) 5 м ; б) $V_x = 10 - 2t$; в) $a_x = -2 \text{ м/с}^2$; г) торможение; д) 37 м)

7) Трамвай двигался равномерно прямолинейно со скоростью 6 м/с , а в процессе торможения – равноускоренно с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$. Определите время торможения и тормозной путь трамвая. (Ответ: 10 с ; 30 м)

8) Тело, имея некоторую начальную скорость, движется равноускоренно. За время $t = 2 \text{ с}$ тело прошло путь $S = 18 \text{ м}$, причём его скорость увеличилась в 5 раз. Найти ускорение и начальную скорость тела. (Ответ: 6 м/с^2 ; 3 м/с)

9) Поезд, идущий со скоростью $v_0 = 36 \text{ км/ч}$, начинает двигаться равноускоренно и проходит путь $S = 600 \text{ м}$, имея в конце этого участка скорость $v = 45 \text{ км/ч}$. Определить ускорение поезда a и время t его ускоренного движения. (Ответ: $0,05 \text{ м/с}^2$; 53 с .)

10) Автомобиль начинает движение по прямой из состояния покоя с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. За какое время он приобретет скорость 20 м/с ? (Ответ: 100 с .)

Лабораторная работа №3 «Измерение частоты математического маятника»

Краткая теория

Колебание – это изменение какой-либо физической величины, которое точно или приблизительно повторяется через определенные промежутки времени.

Колебаниями являются перепады температуры и освещенности в течение суток, смена сигналов светофора, движение крыльев бабочки при полете, рук и ног человека при ходьбе. Этот список можно продолжить, так как колебания – распространенное явление.

Механические колебания – это периодические изменения физических величин, которые характеризуют механическое движение: координат тела, скорости его движения, ускорения.

Свободные колебания – это колебания, которые происходят под действием внутренних сил в колебательной системе.

Любое колебательное движение можно описать величинами: период, частота, амплитуда, фаза колебаний.

Период – это время одного полного колебания. Измеряется в секундах и обозначается буквой T .

Формула периода колебаний:

$$T = \frac{t}{N},$$

где t – время колебания, N – число колебаний. В системе СИ измеряется $[с]$.

Также есть величина, обратная периоду – частота. Она показывает, сколько колебаний совершает система в единицу времени.

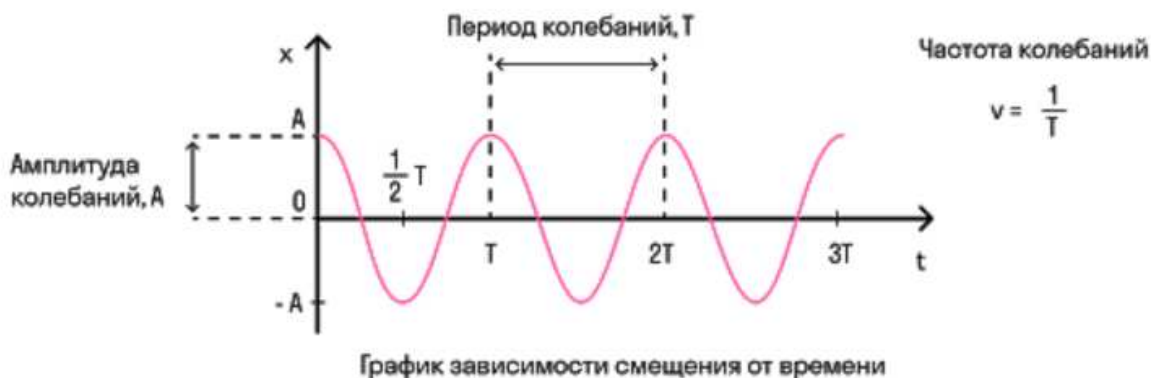
Формула частоты колебаний:

$$\nu = \frac{N}{t},$$

где t – время колебания, N – число колебаний. В системе СИ измеряется [с⁻¹, Гц].

Амплитуда – это максимальное отклонение от положения равновесия. Измеряется в метрах и обозначается A .

Она используется в уравнении гармонических колебаний:

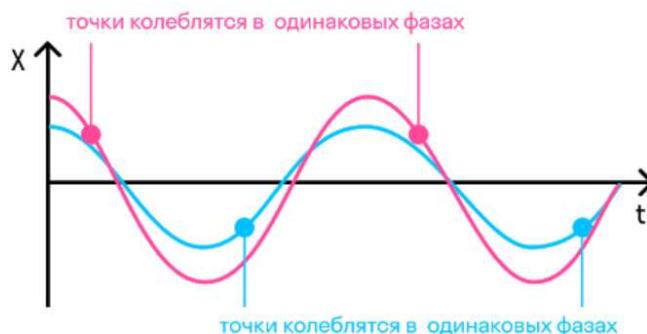


Простейший вид колебательного процесса – простые гармонические колебания, которые описывают уравнением:

$$x = A \cos(2\pi \nu t),$$

где x – координата в момент времени t [м], A – амплитуда [м], ν – частота [Гц], t – момент времени [с]; $\pi = 3,14$, $\varphi = (2\pi \nu t)$ – это фаза [рад].

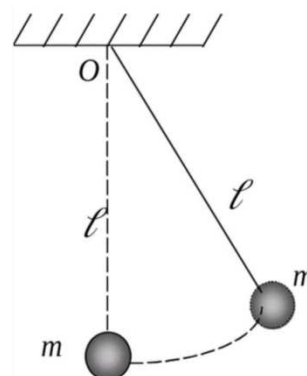
Фаза колебаний – это физическая величина, которая показывает отклонение точки от положения равновесия. Посмотрите на рисунок, на нем изображены одинаковые фазы.



Математический маятник – отличный пример гармонических колебаний.

Математическим маятником называется система, которая состоит из материальной точки массой m и невесомой нерастяжимой нити длиной l , на которой материальная точка подвешена, и которая находится в поле силы тяжести (или других сил).

Период малых колебаний математического маятника в поле силы тяжести Земли определяется по формуле:



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

где l – длина математического маятника, g – ускорение свободного падения на Земле.

Пружинный маятник – это груз, прикрепленный к пружине, массой которой можно пренебречь.

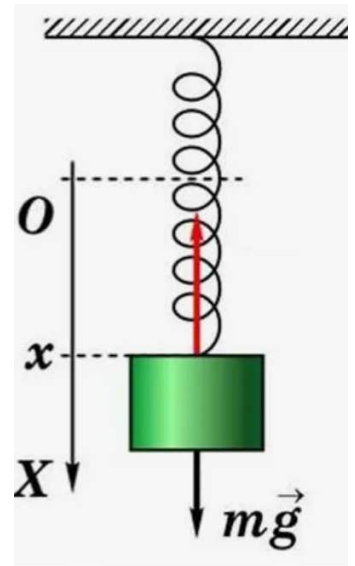
В пружинном маятнике колебания совершаются под действием силы упругости.

Пока пружина не деформирована, сила упругости на тело не действует.

Формула периода колебания пружинного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

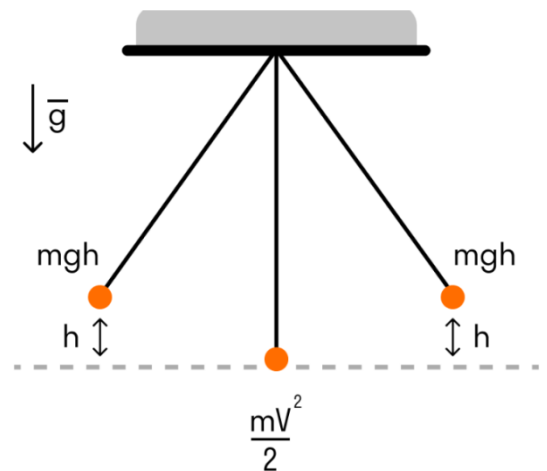
где m – масса подвешенного груза, k – жесткость пружины.



Закон сохранения энергии для гармонических колебаний следует из закона сохранения механической энергии.

Рассмотрим его на примере математического маятника. Когда маятник отклоняют на высоту h , его потенциальная энергия максимальна.

Когда маятник опускается, потенциальная энергия переходит в кинетическую. Причем в нижней точке, где потенциальная энергия равна нулю, кинетическая энергия максимальна и равна потенциальной энергии в верхней точке. Скорость груза в этой точке максимальна. Закон сохранения энергии справедлив и для пружинного маятника. Для пружинного маятника используется потенциальная энергия пружины $kx^2/2$.



Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, груз, прикрепленный к нему нитью, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте частоту колебаний для случая, когда длина нити 50 см. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 5 с.

В бланке ответов

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;

- 2) Запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- 3) Укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности;
- 4) Запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:
- 2) Формула частоты колебания $\nu = \frac{N}{t}$.
- 3) $t = (42 \pm 5) \text{ с}$, $N = 30$.
- 4) $\nu = 0,7 \text{ Гц}$.



Контрольные вопросы и задачи

- 1) Что называется механическим колебанием? Приведите примеры механических колебаний из жизни.
- 2) Как рассчитывается частота колебаний? В каких единицах в СИ измеряется частота.
- 3) От каких величин зависит период математического маятника? Зависит ли от массы груза период математического маятника?
- 4) От каких величин зависит период пружинного маятника? Зависит ли от массы груза период пружинного маятника?
- 5) Какие колебания называют гармоническими?
- 6) Перечислите характеристики гармонических колебаний?
- 7) Шарик на нити совершил 60 колебаний за 2 мин. Определите период и частоту колебаний шарика. (Ответ: 2с, 0,5 Гц)
- 8) Амплитуда незатухающих колебаний точки струны 2 мм, частота колебаний 1 кГц. Какой путь пройдет точка струны за 0,4 с? Какое перемещение совершит эта точка за один период колебаний? (Ответ: 3,2м, 0м)
- 9) Какова длина математического маятника, совершающего гармонические колебания с частотой 0,5 Гц на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на поверхности Луны $1,6 \text{ м/с}^2$. (Ответ: 0,16м)
- 10) Как и во сколько раз изменится период колебаний пружинного маятника, если шарик на пружине заменить другим шариком, радиус которого вдвое меньше, а плотность – в два раза больше? (Ответ: 2раза)

Лабораторная работа №4 «Измерение периода математического маятника»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, груз прикрепленный к нему нитью, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника.

Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте период колебаний для случая, когда длина нити 50 см. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 5 с.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета периода колебаний;
- 3) Укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности;
- 4) Запишите численное значение периода колебаний маятника.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:
- 2) Формула периода колебания: $T = \frac{t}{N}$.
- 3) $t = (60 \pm 5)$ с, $N = 30$.
- 4) $T = 2$ с.



Контрольные вопросы и задачи в лабораторной работе 3 комплект 5.

Лабораторная работа №5 «Измерение частоты пружинного маятника»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

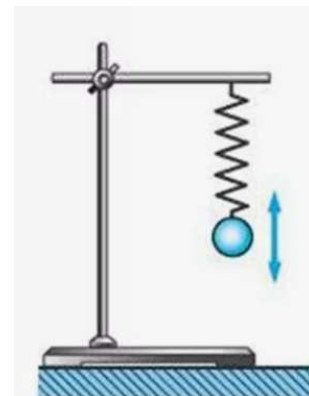
Используя штатив с муфтой и лапкой, груз, пружина, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте частоту колебаний для случая, когда подвешены 2 груза. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 5 с.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- 3) Укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности;
- 4) Запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:



- 2) Формула частоты колебания $\nu = \frac{N}{t}$.
- 3) $t = (15,8 \pm 5) \text{ с}$, $N = 30$.
- 4) $\nu = 1,9 \text{ Гц}$.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 комплект 5.

Лабораторная работа №6 «Измерение периода пружинного маятника»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, груз, пружина, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте период колебаний для случая, когда подвешены 2 груза. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной $\pm 5 \text{ с}$.

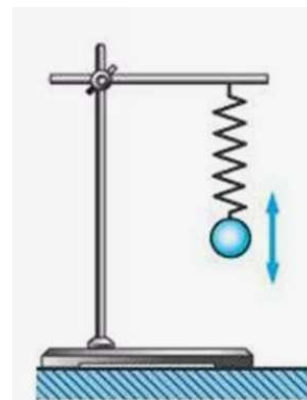
В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- 3) Укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности;
- 4) Запишите численное значение периода колебаний маятника.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:
- 2) Формула периода колебания $T = \frac{t}{N}$.
- 3) $t = (15,8 \pm 5) \text{ с}$, $N = 30$.
- 4) $T = 0,52 \text{ с}$.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 комплект 5.



Лабораторная работа №7 «Исследование зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя оборудование из комплекта № 5 в составе: штатив с креплением для наклонной плоскости, направляющая со шкалой, деревянный брусок с пусковым магнитом, два груза, массой по 100 г каждый, электронный секундомер с датчиками, линейка и транспортир, определите ускорение бруска. Погрешность измерения времени $\pm 0,05$ с, погрешность измерения линейки ± 2 мм.

На штативе закрепите наклонную плоскость. После этого, используя транспортир, установите направляющую под углом 25° к поверхности стола.

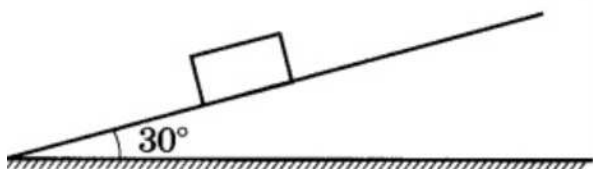
Установите на направляющей датчики секундомера: первый расположим в точке 0, а второй – в 40 см. При пуске бруска пусковой магнит мы установим на 0,5 см выше первого датчика. Измерьте время движения бруска вдоль наклонной плоскости. Опыт повторите для значений угла 35° , 45° .

В бланке ответов:

- 1) Зарисуйте схему эксперимента;
- 2) Установите с помощью транспортира угол наклона плоскости 25° . Измерьте путь пройденный бруском с учетом погрешностей. Измерьте время движения бруска вдоль наклонной плоскости с учетом погрешностей. Значения занесите в таблицу. Опыт повторите для значений угла 35° , 45° .
- 3) Запишите формулу для расчета ускорения движения. Выполните необходимые расчеты.
- 4) Сделайте вывод о зависимости ускорения движения бруска от угла наклона плоскости.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:



$$2) S = (40 \pm 1) \text{ см} = (0,40 \pm 0,01) \text{ м}; \Delta t = (1,33 \pm 0,05) \text{ с};$$

$$\Delta t = (0,76 \pm 0,05) \text{ с}; \Delta t = (0,34 \pm 0,05) \text{ с}.$$

Перемещение тела при равноускоренном движении $S = \frac{at^2}{2}$. Ускорение тела, $a = \frac{2S}{t^2}$.

- 3) Измерения и расчеты представлены в таблице:

№п.п	Угол α	Пройденный путь S , м	Время движения t , с	Ускорение a , м/с ²
1	25°	$(0,40 \pm 0,01)$	$(1,33 \pm 0,05)$	0,45
2	35°	$(0,40 \pm 0,01)$	$(0,76 \pm 0,05)$	0,39
3	45°	$(0,40 \pm 0,01)$	$(0,34 \pm 0,05)$	6,92

4) Вывод: с увеличением угла наклона направляющей, ускорение бруска также увеличивается.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 2 комплект 5.

Лабораторная работа №8 «Исследование зависимости частоты колебания математического маятника от длины»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, шарик, прикрепленный к нему нитью, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости частоты свободных колебаний нитяного маятника. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте частоту колебаний для случая, когда длина нити равна соответственно 1м, 0,5м и 0,25м. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 4 с.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета частоты колебаний. Укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности; вычислите частоту колебаний маятника для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости частоты свободных колебаний нитяного маятника от длины.

Образец оформления задания в бланке ответов

1) Схема установки:

2) Формула частоты колебания $\nu = \frac{N}{t}$. Результаты прямых измерений представлены в таблице



№ п.п	Длина нити l , м	Число колебаний N	Время колебаний, t с	Частота колебаний, ν Гц
1	1	30	60 ± 4	0,5
2	0,5	30	42 ± 4	1,4
3	0,25	30	30 ± 4	1

3) Вывод: при уменьшении длины нити период свободных колебаний уменьшается.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 комплект 5.

Лабораторная работа №9 «Исследование зависимости периода колебания математического маятника от длины»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, шарик, прикрепленный к нему нитью, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости частоты свободных колебаний нитяного маятника. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте частоту колебаний для случая, когда длина нити равна соответственно 1м, 0,5м и 0,25м. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 4 с.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета частоты колебаний; укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности; вычислите частоту колебаний маятника для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости частоты свободных колебаний нитяного маятника от длины.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:
- 2) Формула частоты колебания $T = \frac{t}{N}$. Результаты прямых измерений представлены в таблице



№ п.п	Длина нити l , м	Число колебаний N	Время колебаний, t с	Период колебаний, T , с
1	1	30	60 ± 4	2
2	0,5	30	42 ± 4	0,7
3	0,25	30	30 ± 4	1

- 3) Вывод: при уменьшении длины нити частота свободных колебаний увеличивается.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 комплект 5.

Лабораторная работа №10 «Исследование зависимости частоты колебания пружинного маятника от жесткости»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, груз массой 100г, прикрепленный к нему пружиной, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости частоты свободных колебаний пружинного маятника от жесткости. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте частоту колебаний для случая, когда груз подвешивается на пружину №1 с жесткостью 50 Н/м, затем на пружину №2 жесткостью 20 Н/м. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 4 с.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета частоты колебаний. Укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности; вычислите частоту колебаний маятника для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости частоты свободных колебаний нитяного маятника от длины.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:
- 2) Формула частоты колебания $\nu = \frac{N}{t}$. Результаты прямых измерений представлены в таблице



№ п.п	Жесткость пружины k , Н/м	Число колебаний N	Время колебаний, t с	Частота колебаний, ν Гц
1	50	30	9 ± 4	3,3
2	20	30	13 ± 4	2,3

- 4) Вывод: при уменьшении жесткости пружины частота свободных колебаний уменьшается.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 комплект 5.

Лабораторная работа №11 «Исследование зависимости периода колебания пружинного маятника от массы»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, 3 груза массой по 100г, прикрепленный к нему пружиной, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от массы. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте частоту колебаний для случая, когда груз подвешивается на пружину №1 с жесткостью 50 Н/м, затем проделать опыт с двумя грузами и с тремя грузами. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 4 с, погрешность измерения массы ± 2 г.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета периода колебаний. Укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности; вычислите период колебаний маятника для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от массы.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:
- 2) Формула частоты колебания $T = \frac{t}{N}$. Результаты прямых измерений представлены в таблице

№ п.п	Масса груза, кг	Число колебаний N	Время колебаний, t с	Период колебаний, T, с
1	0,100 $\pm$ 0,002	30	9 $\pm$ 4	0,3
2	0,200 $\pm$ 0,002	30	12 $\pm$ 4	0,4
3	0,300 $\pm$ 0,002	30	14 $\pm$ 4	0,47



- 3) Вывод: при увеличении массы груза период свободных колебаний увеличивается.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 комплект 5.

Лабораторная работа №12 «Исследование зависимости периода колебания математического маятника от массы»

Краткая теория рассмотрена в лабораторной работе 3 комплект 5.

Экзаменационное задание и описание установки

Используя штатив с муфтой и лапкой, шарик, прикрепленный к нему нитью, метровую линейку и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний нитяного маятника от массы подвешенного груза. Определите время 30 полных колебаний и подсчитайте период колебаний для случая, когда длина нити равна соответственно 1м, а грузы массой 100г каждый, затем повторяете опыт с двумя грузами и с тремя грузами. Абсолютную погрешность измерения времени принять равной ± 4 с, погрешность измерения массы ± 2 г.

В бланке ответов:

- 1) Сделайте рисунок и описание экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета периода колебаний; укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний с учетом абсолютной погрешности; вычислите период колебаний маятника для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости частоты свободных колебаний нитяного маятника от массы груза.

Образец оформления задания в бланке ответов

- 1) Схема установки:
- 2) Формула частоты колебания $T = \frac{t}{N}$. Результаты прямых измерений представлены в таблице



№ п.п	Масса груза, кг	Число колебаний N	Время колебаний, t с	Период колебаний, T, с
1	0,100 $\pm$ 0,002	30	60 $\pm$ 4	2
2	0,200 $\pm$ 0,002	30	60 $\pm$ 4	2
3	0,300 $\pm$ 0,002	30	60 $\pm$ 4	2

- 3) Вывод: при изменении массы груза период свободных колебаний нитяного маятника не изменяется.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе 3 комплект 5.

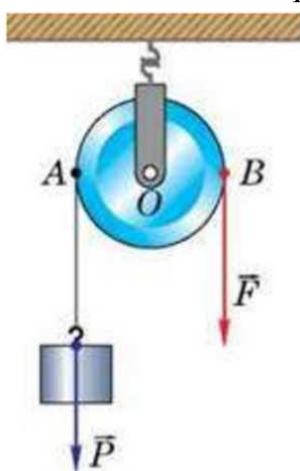
Глава 6. Эксперименты по простым механизмам (комплект 6)

Необходимое оборудование: штатив лабораторный с держателем, рычаг длиной не менее 40см, с креплениями для грузов, блок подвижный и неподвижный, нить, 3 груза массой по $100\text{г} \pm 2\text{г}$ каждый, динамометр предел измерения 5Н с ценой деления 0,1Н, линейка длиной 30см с миллиметровыми делениями, транспортер.

Лабораторная работа №1 «Работа силы упругости при подъеме груза с помощью неподвижного блока»

Краткая теория

Блок – это колесо с желобом, по которому пропущена веревка или трос. Используется блок, как и все простые механизмы, для преобразования силы – т.е. изменения направления и модуля приложенной силы.

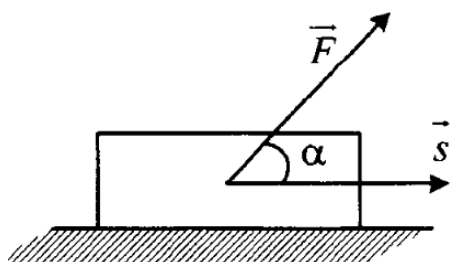


Неподвижный блок – блок, ось которого закреплена и при подъеме грузов не поднимается и не опускается.

Неподвижный блок можно рассматривать как рычаг, плечи которого равны $AO=OB$. Согласно правилу равновесия рычага, силы, приложенные к блоку, также равны $P=F$.

Неподвижный блок *не дает выигрыша в силе*, но позволяет изменить направление действия силы.

«Золотое правило механики». При использовании простых механизмов (рычага, подвижного блока, наклонной плоскости) мы выигрываем в силе, но проигрываем в расстоянии, поэтому выигрыша в работе простые механизмы не дают.



Механическая работа. Если под действием некоторой силы тело перемещается, то при этом совершается механическая работа A (Дж), равная произведению модуля силы на модуль перемещения и на косинус угла между вектором

силы и перемещением.

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

где $F(\text{Н})$ – модуль силы, $S(\text{м})$ – перемещение, α – угол между силой и перемещением.

$$F_{\text{упр}} = (2,0 \pm 0,1)\text{Н}$$

Значение косинусов некоторых углов

Угол α	0°	30°	45°	60°	90°	180°
cos	1	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	1/2	0	-1

Коэффициент полезного действия простых механизмов определяется по формуле:

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{зат}}} 100\%,$$

где $A_{\text{полез}}$ – полезная работа, $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа. Для блока при равномерном подъеме $A_{\text{полез}} = mgh$.

Экзаменационное задание и описание установки

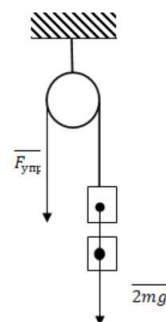
Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, нить два груза и динамометр, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъеме грузов с использованием неподвижного блока. Определите работу, совершаемую силой упругости при подъеме двух соединенных вместе грузов на высоту 10 см. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$.

В бланке ответов:

1. сделайте рисунок для описания экспериментальной установки;
2. запишите формулу для расчета силы упругости;
3. укажите результаты прямых измерений силы упругости (с учетом абсолютной погрешности) и пути;
4. запишите числовое значения работы силы упругости.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям:

- 1) Схема экспериментальной установки;
- 2) $A = F_{\text{упр}} \cdot S$;
- 3) $F_{\text{упр}} = (2,0 \pm 0,1) \text{ Н}$; $S = 0,1 \text{ м}$.
- 4) $A = 2,0 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ Дж}$.



Контрольные вопросы и задачи

- 1) В каком случае сила совершает работу?
- 2) Что принимают за единицу работы в СИ? Какой физический смысл единицы работы?
- 3) Как определить работу силы?
- 4) Как изменится работа, совершенная силой упругости, если время его равномерного движения увеличится?
- 5) Как изменится работа, совершенная силой тяжести, если масса падающего тела уменьшится?
- 6) В каком случае работа силы положительна? Отрицательна? Равна нулю?
- 7) Пойманного на крючок карпа массой 0,8 кг рыбак поднял на леске удочки на высоту 1,2 м. Какую минимальную работу совершила при этом сила упругости лески? (Ответ: 9,6 Дж)

8) Подъемный кран поднимает плиту массой 0,50т с постоянной скоростью 0,40м/с в течение времени 30 с. Какую работу совершает за это время сила натяжения троса крана? (Ответ: 60кДж)

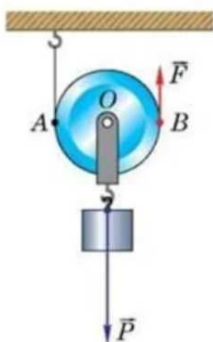
9) Какую работу совершает человек при подъеме с помощью неподвижного блока груза на высоту 3 м, если к свободному концу веревки он прикладывает силу 300 Н? (Ответ: 9кДж)

10) На неподвижном блоке равномерно поднимают груз весом 250 Н, прилагая усилие 270 Н. Определите КПД блока. (Ответ: 93%)

Лабораторная работа №2 «Работа силы упругости при подъеме груза с помощью подвижного блока»

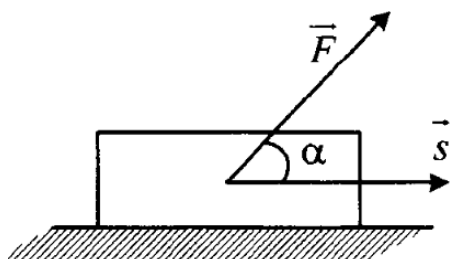
Краткая теория

Блок – это колесо с желобом, по которому пропущена веревка или трос. Используется блок, как и все простые механизмы, для преобразования силы – т.е. изменения направления и модуля приложенной силы.



Подвижный блок – блок, ось которого поднимается или опускается вместе с грузом.

А точка опоры рычага. ОА – плечо силы Р, АВ – плечо силы F. По рисунку АВ=2 ОА. Подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза.



«Золотое правило механики». При использовании простых механизмов (рычага, подвижного блока, наклонной плоскости) мы выигрываем в силе, но проигрываем в расстоянии, поэтому выигрыша в работе простые механизмы не дают.

Механическая работа. Если под действием некоторой силы тело перемещается, то при этом совершается механическая работа A (Дж), равная произведению модуля силы на модуль перемещения и на косинус угла между вектором силы и перемещением.

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

где F (Н) – модуль силы, S (м) – перемещение, α – угол между силой и перемещением.

Значение косинусов некоторых углов

Угол α	0°	30°	45°	60°	90°	180°
cos	1	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	1/2	0	-1

Коэффициент полезного действия простых механизмов определяется по формуле:

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{зат}}} 100\%,$$

где $A_{\text{полез}}$ – полезная работа, $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа. Для блока при равномерном подъеме $A_{\text{полез}} = mgh$.

Экзаменационное задание и описание установки

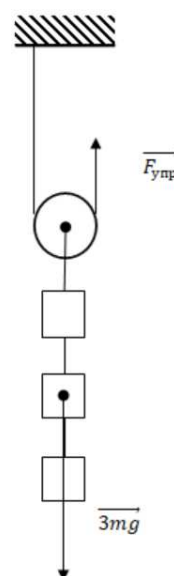
Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, нить, 3 груза и динамометр, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъеме грузов с использованием подвижного блока. Определите работу, совершаемую силой упругости при подъеме трех соединенных вместе грузов на высоту 20 см. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок для описания экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости (с учетом абсолютной погрешности) и пути;
- 4) запишите числовые значения работы силы упругости.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1. Схема экспериментальной установки (рис.)
2. $A = F_{\text{упр}} \cdot S$;
3. $F_{\text{упр}} = (3,0 \pm 0,1)\text{Н}$; $S = 0,1\text{м}$.
4. $A = 3,0\text{Н} \cdot 0,1\text{м} = 0,3\text{ Дж}$.



Контрольные вопросы и задачи

- 1) В каком случае сила совершает работу?
- 2) Что принимают за единицу работы в СИ? Какой физический смысл единицы работы?
- 3) Как определить работу силы?
- 4) Как изменится работа, совершенная силой упругости, если время его равномерного движения увеличится?
- 5) Как изменится работа, совершенная силой тяжести, если масса падающего тела уменьшится?
- 6) В каком случае работа силы положительна? Отрицательна? Равна нулю?
- 7) Определите КПД подвижного блока, с помощью которого равномерно поднимают груз массой 40 кг, действуя на веревку с силой 260 Н. (Ответ: 77%)
- 8) С помощью подвижного блока поднимают груз весом 400 Н на высоту 4 м, действуя на веревку с силой 220 Н. Чему равен КПД блока? (Ответ: 91%)
- 9) Какую работу необходимо совершить для подъема гранитной плиты объемом 4 м^3 на высоту 2 м с помощью механизма с КПД 60%? (Ответ: 347 кДж)

10) С помощью подвижного блока поднимают груз массой 200 кг, прикладывая силу 1200 Н. Чему равен КПД блока? (Ответ: 98%)

Лабораторная работа №3 «Измерение момента силы, действующего на рычаг»

Краткая теория

Момент силы – M (Н·м) – физическая величина, модуль которой равен произведению модуля силы на плечо силы:

$$M = F \cdot d,$$

где F – модуль силы; d – плечо силы.

Плечо силы d (м) – кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы (рис)

d_1 – плечо силы F_1 ;

d_2 – плечо силы F_2 .

Условие равновесия рычага для двух сил:

$$M_1 = M_2 \text{ или } F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2,$$

где M_1 – момент силы, вызывающей вращение рычага по часовой стрелке, M_2 – момент силы, вызывающей вращение рычага против часовой стрелки.

Условие равновесия твердого тела

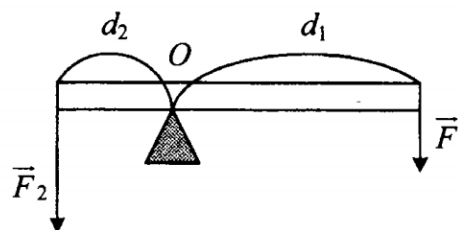
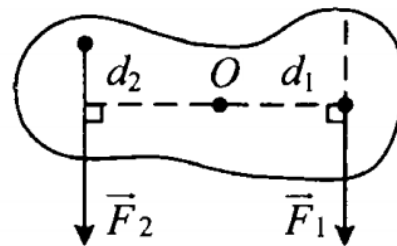
Твердое тело находится в равновесии при выполнении двух условий:

1. Сумма всех сил действующих на тело равна нулю:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0.$$

2. Сумма всех моментов действующих сил равна нулю:

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = 0.$$



Экзаменационное задание и описание установки

Используя рычаг, три груза, штатив и динамометр, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева от оси вращения рычага следующим образом: два груза на расстоянии 6 см и один груз на расстоянии 12 см от оси. Определите момент силы, которую необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 6 см от оси вращения рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении. Абсолютную погрешность измерения сил с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$ Н, абсолютную погрешность измерения расстояния с помощью линейки принять равной ± 2 мм.

В бланке ответов:

1) зарисуйте схему экспериментальной установки;

- 2) запишите формулу для расчета момента силы;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите числовое значение момента силы.

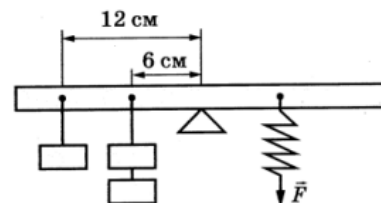
Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным
требованиям

1. Схема экспериментальной установки (рис);

2. $M = F \cdot d$;

3. $F = (4,0 \pm 0,1)\text{Н}$, $d = (0,060 \pm 0,0002)\text{м}$;

4. $M = 0,024 \text{ Н} \cdot \text{м}$



Лабораторная работа №4 «Проверка условия равновесия рычага»

Краткая теория представлена в лабораторной работе 3 комплект 6

Экзаменационное задание и описание установки

Используя рычаг, три груза, штатив и динамометр, соберите установку для исследования условия равновесия рычага. Два груза подвесьте слева от оси вращения рычага на расстоянии 6 см и один груз подвесьте справа от оси, таким образом, чтобы система находилась в равновесии. Запишите значения сил действующих на рычаг и их плечи с учетом погрешностей. Абсолютную погрешность измерения сил с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1\text{Н}$, абсолютную погрешность измерения расстояния с помощью линейки принять равной $\pm 2\text{мм}$.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета моментов сил;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите числовое значение моментов сил, приложенных справа и слева от оси вращения рычага.

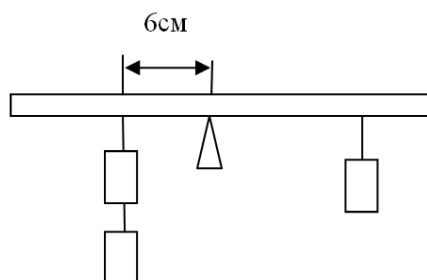
Образец оформления лабораторной работы по
экзаменационным требованиям

1. Схема экспериментальной установки
(рис);

2. $M_1 = F_1 \cdot d_1$, $M_2 = F_2 \cdot d_2$;

3. $F_1 = (2,0 \pm 0,1)\text{Н}$,

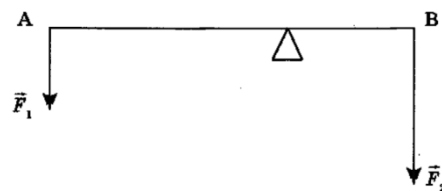
$d_1 = (0,060 \pm 0,0002)\text{м}$, $F_2 = (1,0 \pm 0,1)\text{Н}$, d_2



4. $M_1 = 0,12 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $M_2 = 0,12 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Контрольные вопросы и задачи к лабораторным работам 3 и 4

1) Рычаг находится в равновесии под действием двух сил. Сила $F_1 = 4 \text{ Н}$. Чему равна сила F_2 , если длина рычага – 25 см, а плечо силы F_1 равно 15 см? (Ответ: 7,2Н)



2) Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия рычага. Результаты для сил и их плеч, которые он получил, представлены в таблице. (Ответ: 100Н)

$F_1, \text{Н}$	$l_1, \text{см}$	$F_2, \text{Н}$	$l_2, \text{см}$
?	0,3	50	0,6

3) На меньшее плечо рычага действует сила 300 Н, на большее – 20 Н. Длина меньшего плеча 5 см. Определите длину большего плеча. (Ответ: 75см)

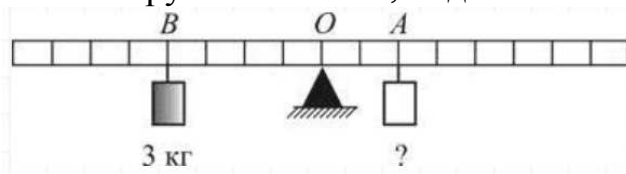
4) Стержень цилиндрической формы длиной $l = 40 \text{ см}$ состоит на половину своей длины из свинца и наполовину – из железа. Найти расстояние от центра тяжести до центра симметрии стержня. Плотность свинца $\rho_1 = 11,4 \text{ г/см}^3$, плотность железа $\rho_2 = 7,8 \text{ г/см}^3$. (Ответ: 1,9см)

5) Что можно использовать в качестве рычага?

6) Зависит ли момент силы от точки приложения данной силы и ее направления?

7) Почему дверная ручка располагается в противоположной стороне от дверных петель?

8) Груз какой массы надо подвесить к лёгкому рычагу в точке А, чтобы уравновесить груз массой 3 кг, подвешенный в точке В? (Ответ: 6кг)



9) Каким образом легче резать картон с помощью ножниц: помещая картон у кончиков лезвий или ближе к их середине? Ответ поясните.

10) Неравноплечные чашечные весы (одно плечо больше другого) уравнивают, положив на одну из чашек небольшой грузик. Нарушится ли равновесие, если теперь на чашки весов положить одинаковые по массе гири? Ответ поясните.

Глава 7. Эксперименты по тепловым явлениям (комплект 7)

Необходимое оборудование: калориметр, термометр, весы электронные, мензурка с пределом измерения 250мл и ценой деления 1мл,

стальной цилиндр №1 $V=(25,0\pm0,1)\text{см}^3$ и массой $m=(189\pm2)\text{г}$, алюминиевый цилиндр №2 $V=(25,0\pm0,1)\text{см}^3$, $m=(68\pm2)\text{г}$, чайник с горячей водой и термостатом (температура 70°C), графин с водой с комнатной температурой.

Лабораторная работа №1 «Измерение удельной теплоемкости металлического цилиндра»

Краткая теория

Состояние термодинамической системы можно двумя способами. Первый характеризуется передачей энергии в процессе механического взаимодействия тел. Такую форму передачи энергии в термодинамике (как и в механике) называют *работой*.

Второй способ передачи энергии осуществляется при непосредственном обмене энергией между хаотически движущимися частицами взаимодействующих тел. Если, например, привести в соприкосновение два тела с разными температурами, то частицы более нагретого тела будут передавать часть своей энергии частицам более холодного тела. В результате внутренняя энергия первого тела уменьшается, а второго – увеличивается.



Совершение работы



Теплопередача

Количество теплоты – скалярная физическая величина, равная изменению внутренней энергии тела в процессе теплопередачи без совершения механической работы, называется количеством теплоты.

Количество теплоты, полученное телом при его нагревании (или отданное им при охлаждении) зависит от трёх факторов: рода вещества, из которого изготовлено тело, массы тела и разности температур тела в конечном и начальном состояниях.

Формула для расчета количества теплоты:

$$Q = c m \Delta t,$$

где Q [Дж] – количество теплоты, m [кг] – масса тела, Δt [$^\circ\text{C}$] – изменение температуры тела.

В записанной формуле c [Дж/кг $\cdot^\circ\text{C}$] – это удельная теплоёмкость вещества. Она равна количеству теплоты, которое нужно сообщить телу массой 1 кг для его нагревания на 1°C . Значение удельной теплоемкости веществ можно найти в справочных таблицах.

Уравнение теплового баланса: при теплообмене между телами, образующими теплоизолированную систему, суммарное количество теплоты, полученное ими, равняется нулю:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$

В записанной формуле количество теплоты считается положительным, если тело получает энергию (нагревается), и отрицательным – если тело энергию отдаёт (то есть остывает).

Рассмотрим методику выполнения лабораторной работы. Изобразим рисунок нашей экспериментальной установки (если этого будет требовать условие). Для начала нарисуем стакан с водой – наш калориметр. Внутри калориметра вставим термометр, на котором укажем начальную температуру воды. Рядом нарисуем ещё один калориметр с водой и термометром. Однако теперь внутри калориметра дорисуем цилиндр. На термометре укажем конечную температуру воды.

Далее необходимо записать формулы, которыми будем пользоваться при выполнении работы. Во-первых, запишем формулы для определения количества теплоты, которое выделяется при остывании цилиндра, и количества теплоты, которое получает вода:

$$Q_1 = c_m m_m (t - t_1); Q_2 = c_v m_v (t - t_2),$$

где c_m – удельная теплоёмкость металла, из которого изготовлен цилиндр (искомая величина); m_m – масса цилиндра, которую можно определить с помощью весов; t_1 – температура горячей воды и, соответственно, начальная температура цилиндра; $c_v = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ – это удельная теплоёмкость воды (табличная величина); m_v – масса воды; t_2 – начальная температура холодной воды, измеренная с помощью термометра; t – конечная температура воды и цилиндра, измеренная с помощью термометра.

В процессе теплообмена сумма количества теплоты, полученное водой и количества теплоты, которое отдал металлический цилиндр, должна равняться нулю:

$$Q_1 + Q_2 = 0; c_m m_m (t - t_1) + c_v m_v (t - t_2) = 0.$$

Решаем полученное уравнение относительно искомой величины – удельной теплоёмкости цилиндра:

$$c_m = - \frac{c_v m_v (t - t_2)}{m_m (t - t_1)}.$$

Также запишем формулу, по которой можно определить массу воды, зная её плотность $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ (это табличное значение) и объём:

$$m_v = \rho_v V_v$$

Тогда расчётная формула примет тот окончательный вид:

$$c_m = - \frac{c_v \rho_v V_v (t - t_2)}{m_m (t - t_1)}$$

Экзаменационное задание и описание установки

Используя экспериментальную установку, определите удельную теплоёмкость металлического цилиндра и установите, из какого материала он изготовлен. Для выполнения этой работы используется оборудование из комплекта № 7 в составе: измерительный цилиндр (мензурка), термометр,

калориметр, весы электронные и металлический цилиндр № 1 с нитью. На столе дополнительно: чайник с термостатом, термометр, измеряющий температуру воздуха в помещении, и графин с водой комнатной температуры. Абсолютная погрешность измерения массы $\pm 2\text{г}$, абсолютная погрешность измерения объема $\pm 0,1\text{см}^3$, абсолютная погрешность измерения температуры $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

В бланке ответов:

- 1) Зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) Укажите с учетом погрешности результаты прямых измерений комнатной температуры, температуры горячей воды, объема воды;
- 3) Запишите формулу для расчета теплоемкости вещества, из которого изготовлен цилиндр;
- 4) Запишите значение теплоемкости вещества, из которого изготовлен цилиндр.

Образец оформления лабораторной
работы по экзаменационным
требованиям

1) Схема установки:

2) Объем воды $V_{\text{в}} = (150,0 \pm 0,1)\text{см}^3 =$

$= (150,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Начальная температура воды $t = (24,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Масса цилиндра $m = (0,189 \pm 0,002)\text{г}$. Начальная температура цилиндра $t = (70,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Конечная температура $t = (30,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

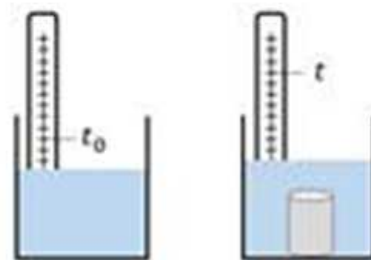
3) Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 = 0$;

$c_{\text{м}} m_{\text{м}} (t - t_1) + c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t - t_2) = 0$. Масса воды $m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} V_{\text{в}}$.

Расчетная формула: $c_{\text{м}} = -\frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} (t - t_2)}{m_{\text{м}} (t - t_1)}$. Из справочных таблиц плотность воды

$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ – удельная теплоемкость воды.

4) $C_{\text{м}} = 500 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ – цилиндр изготовлен из стали.



Контрольные вопросы и задачи

- 1) Дайте определение количества теплоты. Запишите единицу измерения в СИ.
- 2) Запишите формулу, по которой можно рассчитать количество теплоты, необходимое для нагревания тела.
- 3) В чем заключается физический смысл удельной теплоемкости вещества?
- 4) Запишите уравнение теплового баланса.
- 5) В железный котёл массой 5 кг налита вода массой 10 кг. Какое количество теплоты нужно передать котлу с водой для изменения их температуры от 10 до 100 °C? (Ответ: 4МДж)

6) Смешали воду массой 0,8 кг, имеющую температуру 25 °С, и воду при температуре 100 °С массой 0,2 кг. Температуру полученной смеси измерили, и она оказалась равной 40 °С. Вычислите, какое количество теплоты отдала горячая вода при остывании и получила холодная вода при нагревании. Сравните эти количества теплоты. (Ответ: 50,4 кДж)

7) Стальная деталь массой 3 кг нагрелась от 25 до 45 °С. Какое количество теплоты было израсходовано? (Ответ: 30 кДж)

8) В сосуде содержится 3 л воды при температуре 20 °С. Сколько воды при температуре 45 °С надо добавить в сосуд, чтобы в нём установилась температура 30 °С? Необходимый свободный объём в сосуде имеется. Теплообменом с окружающей средой пренебречь. (Ответ: 2л)

9) Для нагревания медного бруска массой 3 кг от 20 до 30 °С потребовалось 12000 Дж теплоты. Какова удельная теплоемкость меди? (Ответ: 400 Дж/кг⁰С)

10) Какое количество теплоты получили алюминиевая кастрюля массой 200 г и находящаяся в ней вода объемом 1,5 л при нагревании от 20 °С до кипения при температуре 100 °С? (Ответ: 519кДж)

**Лабораторная работа №2 «Измерение количества теплоты,
полученного водой комнатной температуры и фиксированной массы, в
которую опущен горячий цилиндр»**

Краткая теория представлена в лабораторной работе №1 комплекта №7.

Экзаменационное задание и описание установки

Используется экспериментальная установка для измерения количества теплоты, полученного водой комнатной температуры, и фиксированной массы, в которую опущен металлический цилиндр. Для выполнения этой работы используется оборудование из комплекта № 7 в составе: измерительный цилиндр (мензурка), термометр, калориметр, весы электронные и стальной цилиндр № 1 с нитью. На столе дополнительно: чайник с термостатом, термометр, измеряющий температуру воздуха в помещении, и графин с водой комнатной температуры. Абсолютная погрешность измерения массы ± 2 г, абсолютная погрешность измерения объема $\pm 0,1$ см³, абсолютная погрешность измерения температуры $\pm 0,1$ °С.

В бланке ответов:

1. Зарисуйте схему экспериментальной установки;
2. Укажите с учетом погрешности результаты прямых измерений комнатной температуры, температуры горячей воды, объема воды;
3. Запишите формулу для расчета количества теплоты, полученной холодной водой и количества теплоты отданное горячим цилиндром;
4. Запишите значение количества теплоты, полученное холодной водой и отданное горячей водой. Сравните их значения.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным требованиям

1) Схема установки:

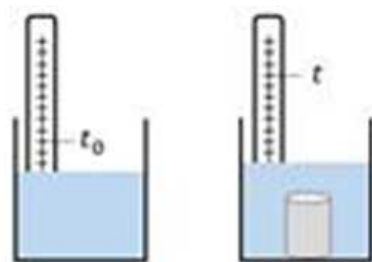
2) Объем воды $V_B = (100,0 \pm 0,1) \text{ см}^3 =$

$= (100,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Начальная температура воды $t_1 = (22,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Масса цилиндра $m = (0,189 \pm 0,002) \text{ г}$. Начальная температура цилиндра $t_2 = (70,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Конечная температура $t = (31,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

$$3) Q_1 = c_m m_m (t - t_1) \quad Q_2 = c_B m_B (t - t_2).$$

Масса воды $m_B = \rho_B V_B$. Из справочных таблиц плотность воды $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$, $c_B = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ – удельная теплоемкость воды, $c_m = 500 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ – удельная теплоемкость воды

4) $Q_1 = c_m m_m (t - t_2) = 500 \cdot 0,189 \cdot (31 - 70) = -3685,5 \text{ Дж}$ – количество теплоты, отданное горячим цилиндром.
 $Q_2 = c_B m_B (t - t_1) = 4200 \cdot 0,1 \cdot (31 - 22) = 3780 \text{ Дж}$. Количество теплоты отданное горячим цилиндром примерно равно количеству теплоты полученной холодной водой.



Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе № 1 по комплекту 7.

Лабораторная работа №3 «Измерение количества теплоты, отданного горячим цилиндром после опускания его в воду с комнатной температурой»

Краткая теория представлена в лабораторной работе №1 комплекта №7.

Экзаменационное задание и описание установки

Используется экспериментальная установка для измерения количества теплоты, отданного горячим цилиндром после опускания в воду комнатной температуры. Для выполнения этой работы используется оборудование из комплекта № 7 в составе: измерительный цилиндр изготовленный из стали (мензурка), термометр, калориметр, весы электронные и стальной цилиндр № 1 с нитью. На столе дополнительно: чайник с термостатом, термометр, измеряющий температуру воздуха в помещении, и графин с водой комнатной температуры. Абсолютная погрешность измерения массы $\pm 2 \text{ г}$, абсолютная погрешность измерения объема $\pm 0,1 \text{ см}^3$, абсолютная погрешность измерения температуры $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

В бланке ответов:

1. Зарисуйте схему экспериментальной установки;

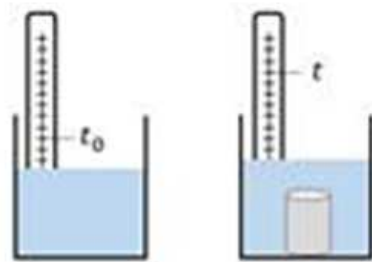
2. Укажите с учетом погрешности результаты прямых измерений комнатной температуры, температуры горячей воды, объема воды;
3. Запишите формулу для расчета количества теплоты, отданного горячим цилиндром после опускания его в воду с комнатной температурой;
4. Запишите значение количества теплоты, отданного горячим цилиндром после опускания его в воду с комнатной температурой.

Образец оформления лабораторной работы по экзаменационным
требованиям

1) Схема установки:

2) Объем воды $V_B = (100,0 \pm 0,1) \text{ см}^3 =$

$= (100,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Начальная температура воды $t_1 = (22,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Масса цилиндра $m = (0,189 \pm 0,002) \text{ г}$. Начальная температура цилиндра $t_2 = (70,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Конечная температура $t = (31,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.



3) $Q_1 = c_m m_m (t - t_1)$ Из справочных таблиц найдем удельную теплоемкость стали $c_m = 500 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ – удельная теплоемкость воды

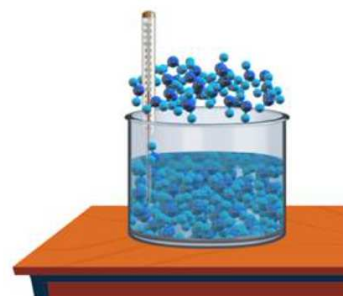
4) $Q_1 = c_m m_m (t - t_2) = 500 \cdot 0,189 \cdot (31 - 70) = -3685,5 \text{ Дж}$ – количество теплоты, отданное горячим цилиндром.

Контрольные вопросы и задачи представлены в лабораторной работе № 1 по комплекту 7.

**Лабораторная работа №4 «Исследование изменения температуры воды
при различных условиях»**

Краткая теория

Очевидно, что если на долгое время жидкость, например воду, оставить в открытом сосуде, то со временем её количество уменьшится. Почему так происходит? Для ответа на эти вопросы давайте вспомним, что молекулы вещества в любом его агрегатном состоянии находятся в тепловом движении. При этом модули и направления скорости молекул меняются самым случайным образом. Несмотря на то, что среднее значение кинетической энергии молекул при заданной температуре имеет определённое значение, скорость отдельной молекулы может быть как больше, так и меньше средней. Наиболее быстрые молекулы, находящиеся в верхних слоях жидкости, могут преодолеть силы притяжения к другим молекулам и покинуть жидкость. А так как молекулы с большой энергией есть всегда, то со временем количество жидкости в сосуде будет уменьшаться, а над жидкостью будет



образовываться пар.

Явление превращения жидкости в пар называют *парообразованием*.

Принято различать два вида парообразования – испарение и кипение. Напомним, что *испарение* – это процесс парообразования, происходящий со свободной поверхности жидкости, граничащей с газообразной средой или вакуумом.

При испарении жидкость покидают молекулы с большой энергией. А это значит, энергия оставшихся молекул жидкости уменьшается. Следовательно, уменьшается и температура жидкости.

Скорость испарения жидкости зависит от многих факторов. Например, она зависит от рода жидкости. Это и понятно, ведь у разных жидкостей силы взаимодействия молекул неодинаковые.

Скорость испарения жидкости зависит от её температуры: чем она выше, тем скорость испарения жидкости больше. Чем выше температура, тем больше скорость движения молекул, и, соответственно, их кинетическая энергия. Значит, большее число молекул способно преодолеть силы притяжения и выйти за пределы поверхности жидкости.

Скорость испарения жидкости зависит от её площади свободной поверхности: чем больше площадь, тем больше скорость испарения. В этом случае большее число молекул оказывается на поверхности жидкости. Значит и большее число молекул способны преодолеть взаимное притяжение и вылететь из жидкости.

Наконец, скорость испарения зависит от движения воздуха над свободной поверхностью жидкости. Объясняется это тем, что при испарении молекулы не только покидают поверхность жидкости, но и возвращаются обратно. А поток воздуха уносит вылетевшие из жидкости молекулы, освобождая место другим.

Запишем формулу, по которой будем рассчитывать скорость остывания воды. Итак, скорость остывания равна отношению разности температур в начальном и конечном состояниях к промежутку времени, за который произошло это изменение температуры:

$$v = \frac{t_n - t_k}{\tau},$$

где t_n – начальная температура горячей воды, t_k – температура воды в момент времени τ .

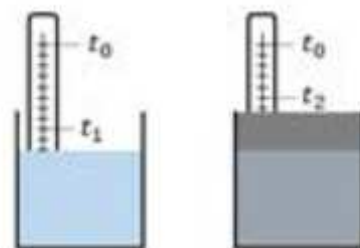
Экзаменационное задание и описание установки

Используя экспериментальную установку, сравните скорость изменения температуры остывающей воды в стакане и в калориметре; а также установите зависимость изменения температуры от времени. Для выполнения этой работы используется оборудование из комплекта № 7 в составе: измерительный цилиндр (мензурка), два термометра, секундомер, калориметр и стеклянный стакан. На столе дополнительно: чайник с термостатом и термометр, измеряющий температуру воздуха в помещении.

В бланке ответов:

- 1) Нарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) Запишите с учетом погрешности результаты прямых измерений температуры горячей воды, времени остывания через каждые 2 минуты в таблицу. Время проведения опыта 12 мин. Одновременно проведите опыт с остыванием горячей воды в стакане и в калориметре.
- 3) Запишите формулу для определения скорости остывания воды и рассчитайте скорость остывания воды в стакане и в калориметре за время от 1-4 мин и от 8-12 мин;
- 4) Сравните скорости остывания воды в калориметре и в стакане.

Образец оформления лабораторной работы по
экзаменационным требованиям



- 1) Схема установки:
- 2) Скорость остывания воды $v = \frac{t_n - t_k}{\tau}$,
- 3) Результаты прямых измерений
представлены в таблице.

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12
$t^{\circ}\text{C} \pm 0,1$ (стакан)	80,0	75,0	70,0	66,0	62,0	58,0	54,0
$t^{\circ}\text{C} \pm 0,1$ (калориметр)	80,0	76,0	73,0	70,0	68,0	66,0	64,0

Определим скорость остывания воды по формуле $v = \frac{t_n - t_k}{\tau}$, и значения представим в таблице:

	Скорость остывания воды за время от 0-4 мин, $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$	Скорость остывания воды за время от 8-12 мин, $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$
стакан	2,5	2
калориметр	1,75	1

Вывод: при одинаковых условиях скорость остывания воды в стакане выше, чем скорость остывания воды в калориметре. Чем больше разность температуры воды и окружающей среды, тем скорость остывания воды выше.

Приложение

Справочный материал

Десятичные приставки			
Наименование		Обозначение	Множитель
гига		Г	10 ⁹
мега		М	10 ⁶
кило		к	10 ³
гекто		г	10 ²
санти		с	10 ⁻²
милли		м	10 ⁻³
микро		мк	10 ⁻⁶
нано		н	10 ⁻⁹
Константы			
ускорение свободного падения на Земле			$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная			$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
скорость света в вакууме			$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м / с с}$
элементарный электрический заряд			$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Плотность (кг/м³)			
бензин	710	древесина (сосна)	400
спирт	800	парафин	900
керосин	800	лёд	900
масло машинное	900	алюминий	2700
вода	1000	мрамор	2700
молоко цельное	1030	цинк	7100
вода морская	1030	сталь, железо	7800 з
глицерин	1260	медь	8900 з
ртуть	13 600	свинец	11 350

Удельная			
теплоёмкость воды	4200 Дж/кг ⁰ С	теплота парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
Теплоёмкость спирта	2400 Дж/кг ⁰ С	теплота парообразования спирта	$9,0 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$
теплоёмкость льда	2100 Дж/кг ⁰ С	теплота плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
Теплоёмкость алюминия	920 Дж/кг ⁰ С	теплота плавления стали	$7,8 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
теплоёмкость стали	500 Дж/кг ⁰ С	теплота плавления олова	$5,9 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$

теплоёмкость цинка	400 Дж/кг ⁰ С	теплота плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/кг
теплоёмкость меди	400 Дж/кг ⁰ С	теплота сгорания спирта	2,9·10 ⁷ Дж/кг
теплоёмкость олова	230 Дж/кг ⁰ С	теплота сгорания керосина	4,6·10 ⁷ Дж/кг
теплоёмкость свинца	130 Дж/кг ⁰ С	теплота сгорания бензина	4,6·10 ⁷ Дж/кг
теплоёмкость бронзы	420 Дж/кг ⁰ С		
Температура плавления		Температура кипения при нормальном атмосферном давлении	
свинца	327 °С	воды	100 °С
олова	232 °С	спирта	78 °С
льда	0 °С		
Удельное электрическое сопротивление			
серебро	0,016 Ом·мм ² /м	никелин	0,4 Ом·мм ² /м
медь	0,017 Ом·мм ² /м	нихром (сплав)	1,1 Ом·мм ² /м
алюминий	0,028 Ом·мм ² /м	фехраль	1,2 Ом·мм ² /м
железо	0,10 Ом·мм ² /м		
Нормальные условия: давление 10 ⁵ Па, температура 0 °С			

Знаменитые ученые и открытия

Ампер, Андре Мари (1775-1836) – французский физик и математик – исследовал магнитное взаимодействие двух проводников с током и выдвинул гипотезу молекулярных токов в постоянных магнитах (в атомах и молекулах вещества в результате движения электронов возникают кольцевые токи).

Архимед (287-212 до н.э.) – древнегреческий учёный и инженер – открыл законы плавания тел в жидкости (закон Архимеда).

Беккерель, Антуан Анри (1852-1908) – французский физик – открыл явление естественной радиоактивности.

Бор, Нильс (1885-1962) – датский физик – сформулировал два постулата, описывающие водородоподобный атом.

Броун, Роберт (1773-1858) – британский ботаник – открыл явление непрерывного беспорядочного движения частиц, взвешенных в жидкости или газе (броуновское движение).

Вольт, Алессандро (1745-1827) – итальянский физик и химик – создал первый гальванический элемент.

Галилей, Галилео (1564-1642) – итальянский физик – сформулировал закон инерции.

Гейзенберг, Вернер (1901-1976) – немецкий физик – предложил протонно-нейтронную модель строения ядра.

Герц, Генрих Рудольф (1857-1894) – немецкий физик – экспериментально открыл электромагнитные волны.

Гук, Роберт (1635-1703) – английский изобретатель – установил зависимость силы упругости от величины деформации (закон Гука).

Гюйгенс, Христиан (1629-1695) – голландский физик – исследовал волновые свойства света.

Демокрит (460-370 до н.э.) – древнегреческий философ – предположил, что все тела состоят из мельчайших частиц.

Джоуль, Джеймс Прескотт (1818-1889) – британский физик – открыл закон, позволяющий рассчитать количество теплоты, выделяемое в проводнике с током (закон Джоуля–Ленца).

Дизель, Рудольф (1858-1913) – немецкий инженер – создал двигатель внутреннего сгорания.

Иваненко, Дмитрий Дмитриевич (1904-1994) – советский физик – предложил протонно-нейтронную модель строения ядра.

Иоффе, Абрам Федорович (1880-1960) – русский и советский физик – экспериментально определил величину элементарного электрического заряда.

Кавендиш, Генри (1731-1810) – британский физик и химик – экспериментально определил значение гравитационной постоянной.

Королев, Сергей Павлович (1907-1966) – советский ученый – конструктор ракетно-космических систем (ракетостроитель).

Ленц, Эмилий Христианович (1804-1865) – российский физик – сформулировал правило, определяющее направление индукционного тока, открыл закон, позволяющий рассчитать количество теплоты, выделяемое в проводнике с током (закон Джоуля–Ленца).

Максвелл, Джеймс Клерк (1831-1879) – британский физик – создал теорию электромагнитного поля, теоретически обосновал существование электромагнитных волн, определил скорость электромагнитных волн в вакууме.

Милликен, Роберт (1868-1953) – американский физик – экспериментально определил величину элементарного электрического заряда.

Монгольфье, Жак-Этьен (1740-1810) и **Жозеф-Мишель** (1745-1799) – французские физики – изобрели воздушный шар.

Ньютон, Исаак (1643-1727) – английский физик и математик – сформулировал три закона динамики, открыл закон всемирного тяготения и изучал явление дисперсии света.

Ом, Георг Симон (1789-1854) – немецкий физик – открыл закон, выражающий зависимость силы тока в цепи от напряжения на концах участка цепи и сопротивления этого участка (закон Ома).

Паскаль, Блез (1623-1662) – французский физик и математик – открытие закона передачи давления производимого на жидкость или газ (закон Паскаля).

Планк, Макс (1858-1947) – немецкий физик – выдвинул гипотезу, что атомы испускают энергию отдельными порциями – квантами.

Попов, Александр Степанович (1859-1906) – русский физик – создал радио.

Резерфорд, Эрнест (1871-1937) – английский физик – обнаружил неоднородность радиоактивного излучения (α -, β - и γ -частицы), предложил планетарную модель строения атома, открыл атомное ядро и протон.

Склодовская-Кюри, Мария (1867-1934) – польская и французская ученоя – открытие радиоактивных элементов полоний и радий.

Синелиус В. – закон преломления света.

Томсон, Джозеф Джон (1856-1940) – английский физик – предложил модель атома «кекс с изюмом» («пудинг с изюмом»), открыл электрон.

Торричелли, Эванджелиста (1608-1647) – итальянский физик и математик – измерил атмосферное давление, создал первый жидкостный (ртутный) барометр.

Уатт, Джеймс (1736-1819) – шотландский инженер – создал универсальную паровую машину.

Фарадей, Майкл (1791-1867) – английский физик и химик – открыл явление электромагнитной индукции.

Франклин, Бенджамин (1706-1790) – американский политик и ученый – изобрел громоотвод.

Циолковский, Константин Эдуардович (1857-1935) – русский и советский ученый – выдвинул идею использования ракет для космических полетов, открыл теорию реактивного движения.

Чедвик, Джеймс (1891-1974) – американский физик – открыл нейтрон.

Эйнштейн, Альберт (1879-1955) – немецкий физик – открыл закон взаимосвязи массы и энергии, создал специальную и общую теории относительности.

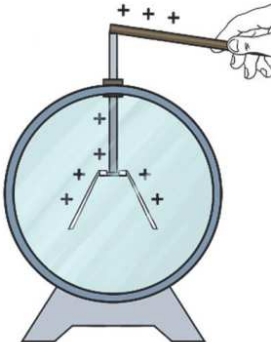
Эрстед, Ханс Кристиан (1777-1851) – датский ученый – обнаружил существование магнитного поля вокруг любого проводника с током (магнитное действие электрического тока).

Яблочков, Павел Николаевич (1847-1894) – русский инженер и изобретатель – сконструировал первый генератор переменного тока, изобрел трансформатор.

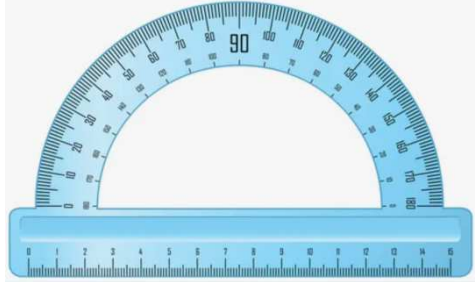
Якоби, Борис Семенович (1801-1874) – российский физик – создал первый электродвигатель.

Измерительные приборы

№ п.п	Величина-прибор-единица измерения в СИ	№ п.п	Величина-прибор-единица измерения в СИ
1	Длина-линейка-[м] 	11	Давление в жидкостях или газах-манометр-[Па] 

2	Время-часы (секундомер)- [с] 	12	Влажность воздуха - гигрометр, психрометр - [%] 
3	Температура- термометр-[°C] 	13	Электрический заряд- электроскоп - [Кл]  Электроскоп определяет заряжено тело или нет. Величину заряда не определяет
4	Скорость-спидометр-[м/с] 	14	Сила тока - амперметр-[А] 
5	Ускорение-акселерометр- [м/с²]	15	Напряжение-вольтметр-[В]

			
6	Масса-весы- [кг] 	16	Сопротивление-омметр-[Ом] 
7	Объем-мензурка- [м ³] 	17	Мощность-ваттметр-[Вт] 
8	Сила-динамометр-[Н] 	18	Количество теплоты- калориметр-[Дж] 

9.	Плотность- аэрометр-[кг/м ³]		19	Уровень радиации-дозиметр-- [Зв/с]	
10.	Атмосферное давление- барометр-анероид-[Па]		20	Угол-транспортир-[°]	

Краткий список формул для ОГЭ- по физике

Физическая величина / обозначение	Единица измерения в СИ	Формула для расчета
Путь / S	м – метр	$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $s = vt$
Координата / x	м – метр	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $x = x_0 + v_x t$
Скорость / v	м/с – метр в секунду	$v = v_0 + at$ $v = \frac{s}{t}$
Ускорение / a	м/с ² – метр в секунду ²	$a = \frac{v - v_0}{t}$
Центростремительное ускорение / a_u		$a_u = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$
Масса / m	кг	$m = \rho V$
Плотность / ρ (табличная величина,	кг/м ³	$\rho = \frac{m}{V}$

по названию вещества)		
Сила $/F$ (мера взаимодействия тел)	Н – Ньютон	$F=mg$ – сила тяжести
		$F_a=\rho gV$ – сила Архимеда
		$F_L=qvB\sin\alpha$ – сила Лоренца
		$F_a=IBl\sin\alpha$ – сила Ампера
		$F_{упр}=k(l-l_0)$ – сила упругости
		$F_{тр}=\mu N$ – сила трения
Давление $/p$	Па – Паскаль	$p = \frac{F}{S}$ $p = \rho gh$
Вес $/P$	Н – Ньютон	$P=F_{тяж}$
Импульс $/p$	кг·м/с	$p=mv$
Работа $/A$	Дж – Джоуль	$A=Fscos\alpha$
Мощность (механическая)/ N	Вт – Ватт	$N = \frac{A}{t}$
Мощность (электрическая)/ P	Вт – Ватт	$P=IU=I^2Rt=U^2t/R$
Кинетическая энергия/ E_k	Дж – Джоуль	$E_k = \frac{mv^2}{2}$
Потенциальная энергия/ E_p	Дж – Джоуль	$E_p = mgh$ $E_p = \frac{k\Delta l^2}{2}$
Коэффициент полезного действия $/\eta$	%/ безразмерная величина	$\eta = \frac{A_{полезная}}{A_{затраченная}} = \frac{Q}{A_{затраченная}}$
Внутренняя энергия/ $E_{внутр}/U$	Дж – Джоуль	
Температура/ t	$^{\circ}C$ /Кельвин	
Количество теплоты/ Q	Дж – Джоуль	$Q=qm$ –сгорание топлива
		$Q=cm\Delta t$ – при нагревании/охлаждении
		$Q=\lambda m$ – плавление/кристаллизация
		$Q=Lm$ – кипение/конденсация
		$Q=I^2Rt = IUt$ – при прохождении электрического тока
Удельная теплоемкость $/C$ (табличная величина, по названию вещества)	Дж/(кг· $^{\circ}C$)	$C = \frac{Q}{m\Delta t}$

Удельная теплота плавления / λ (табличная величина, по названию вещества)	Дж/кг	$\lambda = \frac{Q}{m}$
Удельная теплота парообразования / L (табличная величина, по названию вещества)	Дж/кг	$L = \frac{Q}{m}$
Удельная теплота сгорания топлива / q (табличная величина, по названию вещества)	Дж/кг	$q = \frac{Q}{m}$
Влажность воздуха/ φ (относительная)	%/ безразмерная величина	$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{н.п.}}} 100\%$
Абсолютная влажность воздуха / ρ	Кг/м ³	$\rho = \frac{m}{V}$
Электрический заряд/ q	Кл – Кулон	$q = It$ или $q = \frac{I_1 + I_2}{2} t$
Сила тока/ I	А – Ампер	$I = \frac{q}{t}$
Напряжение/ U	В – Вольт	$U = \frac{A}{q}$
Сопротивление/ R	Ом	$R = \frac{\rho l}{S}$
Работа электрического тока/ A	Дж – Джоуль	$A = IUt$
Фокусное расстояние линзы/ F	м – метр	$F = \frac{1}{ D }$
Оптическая сила линзы/ D	дптр – диоптрия	$D = \pm \frac{1}{F}$
Момент силы/ M	Н·м – Ньютр·метр	$M = F \cdot l$
Магнитная Индукция/ B	Тл – Тесла	
Длина волны/ λ	м – метр	$\lambda = \frac{v}{T} = v \cdot \nu$
Период/ T	с – секунда	$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}$
Частота / ν	Гц – Герц	$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$
Индуктивность / L	Гн – Генри	-
Время/ t	с – секунда	
Магнитный поток/	Вб – Вебер	$\Phi = BS \cos \alpha$

Механические явления

Траектория – линия, вдоль которой движется тело.

Путь (l) – длина траектории

Перемещение (s) – вектор,

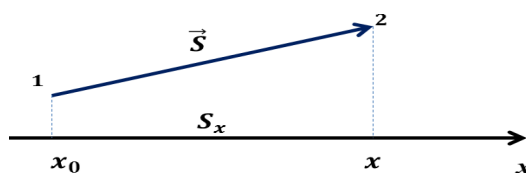
соединяющий начальное положение тела с его конечным положением (м).



Средняя скорость $v_{\text{ср}} = \frac{l_{\text{весь}}}{t_{\text{все}}}$, где $l_{\text{весь}}$ – весь путь, $t_{\text{все}}$ – все время.

Вектор скорости тела при равномерном прямолинейном движении: $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$, где $\vec{s}$ – перемещение тела, t – время движения.

Проекция скорости тела при равномерном прямолинейном движении: $v_x = \frac{s}{t}$.

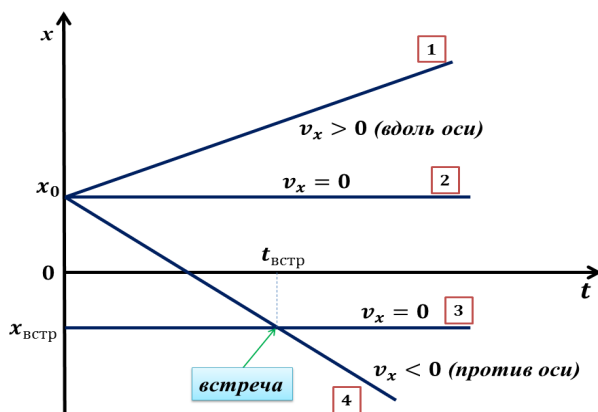


Перемещение тела $S_x = x - x_0$

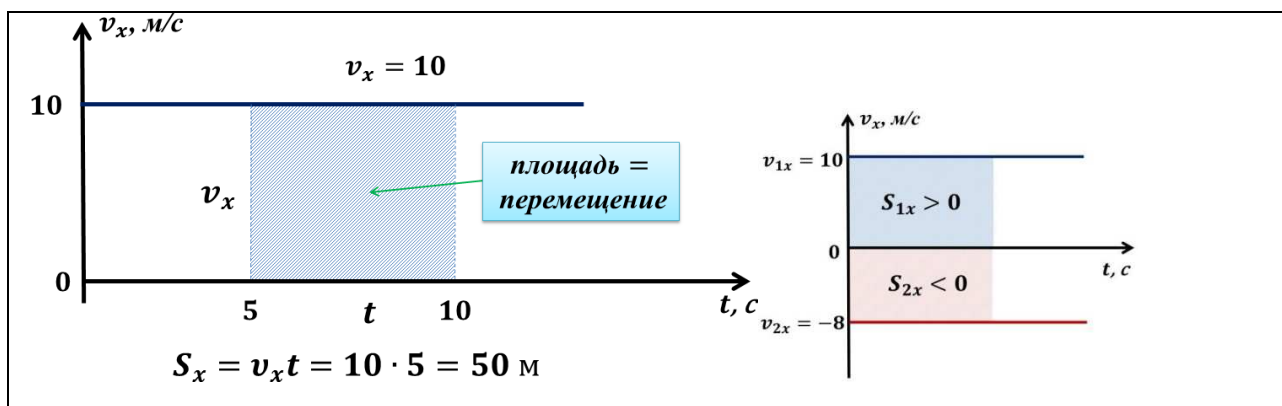
$$S_x = v_x t$$

Зависимость координаты от времени при равномерном прямолинейном движении: $x = x_0 + v_x t$

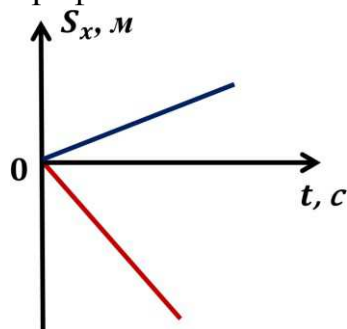
График зависимости координаты от времени при равномерном прямолинейном движении: $x = x_0 + v_x t$



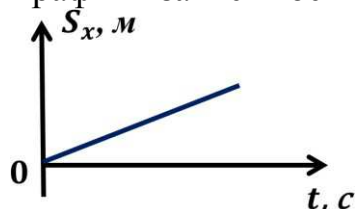
Графики зависимости проекции скорости от времени: $v_x = \text{const}$



Графики зависимости проекции перемещения от времени: $S_x = v_x t$



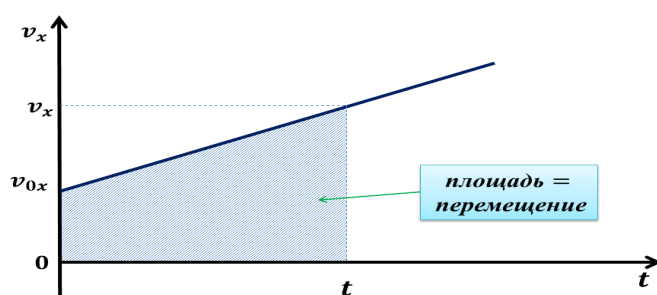
Графики зависимости пути от времени: $S = vt$



Вектор ускорения при равноускоренном движении: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$, где $\vec{v}$ – конечная скорость; $\vec{v}_0$ – начальная скорость движения; t – время.

Проекция ускорения при равноускоренном движении: $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$.

Скорость при равноускоренном прямолинейном движении: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$.
Проекция скорости $v_x = v_{0x} + a_x t$.



Проекция перемещения при равноускоренном прямолинейном движении:

$$S_x = v_{0x}t + \frac{at^2}{2}.$$

$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

$$S_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t$$

Зависимость координаты от времени при равноускоренном прямолинейном движении: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{at^2}{2}$

Список использованной литературы

1. Демоверсия ОГЭ по физике 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fipi.ru/>
2. Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки обучающихся для проведения основного государственного экзамена по физике // Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный институт педагогических измерений», 2024 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fipi.ru/>
3. Образовательный портал для подготовки к экзаменам РЕШУ ОГЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phys-oge.sdamgia.ru/>
4. ОГЭ 2019. Физика: сборник заданий: 800 заданий с ответами / Н.К. Ханнанов [Текст]. – М.: Эксмо, 2018. - 352 с. - (ОГЭ. Сборник заданий).
5. ОГЭ. Физика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов / под ред. Е.Е. Камзеевой [Текст]. – М.:Издательство «Национальное образование», 2023. - 336 с. : ил. - (ОГЭ. ФИПИ - школе).
6. Открытый банк заданий ОГЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oge.fipi.ru/>
7. Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2023 году основного государственного экзамена по физике // Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный институт педагогических измерений», 2023 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fipi.ru/>
8. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования : приказ М-ва образования и науки РФ от 17 декабря 2010 г. № 1897 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://old.mon.gov.ru/dok/fgos/7195>.
9. Физика: ГИА: сборник экспериментальных заданий для подготовки к государственной итоговой аттестации в 9 классе [Текст] / Г. Г. Никифоров, Е. Е. Камзеева, М. Ю. Демидова; под ред. М. Ю. Демидовой. – 3-е изд., перераб. – М.: – СПб.: Просвещение, 2014. – 173 с.

Электронное учебное издание
Галия Алиевна **Рахманкулова**
Александр Васильевич **Саразов**

Лабораторный практикум по физике ОГЭ

Учебно-методическое пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.
Темплан 2024 г. Поз. № 23.
Подписано к использованию 19.06.2024. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 6,1.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.