

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)
Лискинский техникум железнодорожного транспорта имени И.В. Ковалева
(ЛТЖТ – филиал РГУПС)

ФИЗИКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов
очной формы обучения
специальностей

23.02.01 «Организация перевозок и управление на транспорте (по видам)»
(железнодорожный транспорт)

23.02.06 «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог»

Методические рекомендации предназначены для студентов очной формы обучения специальностей 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог, 23.02.01 «Организация перевозок и управление на транспорте» (по видам). Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ студентами по дисциплине Физика.

Автор

Новиков Д.Е., Новикова Е.В. – преподаватели ЛТЖТ – филиала РГУПС.

Рецензент

Лапыгина С.Н. – преподаватель ЛТЖТ – филиала РГУПС

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии математических и общих естественно-научных дисциплин, протокол от «31» августа 2020г №1.

Рекомендовано методическим советом ЛТЖТ – филиала РГУПС, протокол от «01» сентября 2020 г №1.

Оглавление

Введение	4
Темы лабораторных работ	5
Критерии оценки выполнения лабораторных работ	6
Лабораторная работа №1	7
Лабораторная работа №2	9
Лабораторная работа №3	12
Лабораторная работа №4	16
Лабораторная работа №5	19
Лабораторная работа №6	21
Лабораторная работа №7	24
Лабораторная работа №8	27
Лабораторная работа №9	29
Лабораторная работа №10	32
Лабораторная работа №11	34
Лабораторная работа №12	37
Лабораторная работа №13	40
Лабораторная работа №14	42
Лабораторная работа №15	44
Лабораторная работа №16	47
Лабораторная работа №17	48
Лабораторная работа №18	53
Лабораторная работа №19	55
Лабораторная работа №20	58
Литература	62

ВВЕДЕНИЕ

Физика как наука о наиболее общих законах природы вносит существенный вклад в систему знаний об окружающем мире, способствует формированию современного научного мировоззрения, служит основой для изучения ряда дисциплин, формирующих технологические компетенции.

Физический эксперимент, позволяя на практике применить теоретические знания, является основной составляющей физического образования, а также способствует политехническому образованию (студенты знакомятся с некоторыми техническими приборами, с методами определения физических величин, встречающихся в технике, и пр.)

Выполнение лабораторных работ ставит своей целью помочь студентам глубже ознакомиться с некоторыми физическими явлениями, законами физики и приобрести необходимые навыки проведения эксперимента, а также овладеть основными методами обработки, представления и анализа полученных экспериментальных результатов. При выполнении лабораторных работ формируется самостоятельность при решении задач, связанных с экспериментом, что позволяет обеспечить достижение студентами результатов личностных (умение самостоятельно добывать новые для себя физические знания, используя доступные источники информации, умение управлять своей познавательной деятельностью), метапредметных результатов (использование основных интеллектуальных операций: постановки задачи, формулирования гипотез, анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации, формулирования выводов, умение генерировать идеи и определять средства для их реализации, умение анализировать и представлять информацию в различных видах)

Лабораторные работы выполняются студентами в группах по 2 человека, что способствует формированию умения выстраивать конструктивные взаимоотношения в команде по решению общих задач. Кроме того, значение лабораторного эксперимента заключается в том, что при его выполнении у учащихся вырабатываются такие важные личностные качества, как аккуратность в работе приборами; соблюдение чистоты и порядка на рабочем месте, в записях, которые делаются во время эксперимента, организованность, настойчивость в получении результата. У них формируется определенная культура умственного и физического труда.

К каждой работе представлена инструкция, содержащая: название, цель, список оборудования, краткую теорию, описание некоторых приборов, план выполнения работы, контрольные вопросы. После проведения работы студенты сдают отчет, который должен содержать: название работы, цель, оборудование, схему или рисунок установки, план выполнения работы, таблицу результатов, формулы, по которым вычислялись значения величин, вычисления погрешностей измерений, выводы. Ответы на контрольные вопросы могут быть выполнены письменно и прилагаться к отчету, или использоваться при устной защите работы.

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Тип занятия	Тема
Лабораторная работа №1.	Определение коэффициента жесткости пружины
Лабораторная работа №2.	Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости.
Лабораторная работа №3	Экспериментальная проверка закона сохранения механической энергии
Лабораторная работа №4	Определение концентрации молекул газа и их количества в помещении
Лабораторная работа №5	Экспериментальная проверка уравнения состояния идеального газа
Лабораторная работа №6	Определение влажности воздуха.
Лабораторная работа №7	Определение удельной теплоёмкости твёрдого тела
Лабораторная работа №8	Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости
Лабораторная работа №9	Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника напряжения.
Лабораторная работа №10	Определение удельного сопротивления проводника
Лабораторная работа №11	Проверка законов последовательного и параллельного соединения проводников.
Лабораторная работа №12	Определение температуры нити лампы накаливания.
Лабораторная работа №13	Определение коэффициента полезного действия нагревательного прибора
Лабораторная работа №14	Изучение явления электромагнитной индукции.
Лабораторная работа №15	Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити.
Лабораторная работа №16	Определение электроёмкости конденсатора
Лабораторная работа №17	Определение индуктивности катушки

Лабораторная работа №18	Определение показателя преломления стекла
Лабораторная работа №19	Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.
Лабораторная работа №20	Изучение спектров испускания и поглощения

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа должна быть выполнена в соответствии с инструкцией, при соблюдении техники безопасности.

Оценка “ОТЛИЧНО” ставится, если студент:

- выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- научно грамотно, логично описал наблюдения и сформулировал выводы из опыта. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- правильно выполнил анализ погрешностей.
- правильно ответил на контрольные вопросы.

Оценка “ХОРОШО” ставится, если студент выполнил требования к оценке “5”, но:

- опыт проводил в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений;
- допущены недочеты или негрубые ошибки.

Оценка “УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО” ставится, если студент:

- правильно определил цель опыта; работу выполняет правильно не менее чем наполовину, однако объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;
- опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью; или в отчёте были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т.д.)

Оценка “НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО” ставится, если результаты не позволяют сделать правильных выводов, если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно, нарушена техника безопасности.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение Лабораторной работы №1

ТЕМА: «Определение коэффициента жесткости пружины»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: найти жесткость пружины из измерений удлинения пружины при различных значениях силы тяжести, уравнивающей силу упругости на основе закона Гука

ПРИБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, проводить наблюдения, делать выводы, соблюдая правила по технике безопасности.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ТЕОРИЯ. Закон Гука: «Сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна его удлинению и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела при деформации».

Жесткостью называют коэффициент пропорциональности между силой упругости и изменением длины пружины под действием приложенной к ней силы. Согласно третьему закону Ньютона, приложенная к пружине сила по модулю равна возникшей в ней силе упругости. Таким образом жесткость пружины можно выразить как: $k = \frac{F}{|x|}$

где F - приложенная к пружине сила, а x - изменение длины пружины под ее действием.

Для груза, подвешенного на пружине, в состоянии покоя сила тяжести $\vec{F} = m\vec{g}$ уравнивает силу упругости. На основе закона Гука коэффициент жесткости можно определить по формуле: $k = \frac{F_{\text{упр}}}{|x|}$, где x- удлинение пружины.

В каждом из опытов жесткость определяется при разных значениях силы упругости и удлинения, т. е. условия опыта меняются. Поэтому для нахождения среднего значения жесткости нельзя вычислить среднее арифметическое результатов измерений. Воспользуемся графическим способом нахождения среднего значения, который может быть применен в таких случаях. По результатам нескольких опытов построим график зависимости модуля силы упругости $F_{\text{упр}}$ от модуля удлинения $|x|$. При построении графика по результатам опыта экспериментальные точки могут не оказаться на прямой, которая соответствует формуле

$$F_{\text{упр}} = k|x|$$

Это связано с погрешностями измерения. В этом случае график надо проводить так, чтобы примерно одинаковое число точек оказалось по разные стороны от прямой. После построения графика возьмите точку на прямой (в средней части графика), определите по нему соответствующие этой точке значения силы упругости и удлинения и вычислите жесткость k. Она и будет искомым средним значением жесткости пружины $k_{\text{ср}}$.

Результат измерения обычно записывается в виде выражения $k = k_{\text{ср}} \pm \Delta k$, где Δk — наибольшая абсолютная погрешность измерения. Из курса алгебры (VII класс) известно, что относительная погрешность (ε_k) равна отношению абсолютной погрешности Δk к значению величины k: $\varepsilon_k = \frac{\Delta k}{k}$, откуда $\Delta k =$

ε_k . Существует правило для расчета относительной погрешности: если определяемая в опыте величина находится в результате умножения и деления приближенных величин, входящих в расчетную формулу, то относительные погрешности складываются.

В данной работе $k = \frac{mg}{|x|}$. Поэтому $\varepsilon_k = \varepsilon_m + \varepsilon_g + \varepsilon_x$ (1)

ОБОРУДОВАНИЕ: набор грузов, масса каждого равна $m_0 = 0,100$ кг, а погрешность $\Delta m_0 = 0,002$ кг; линейка с миллиметровыми делениями, штатив с муфтами и лапкой; спиральная пружина.

ХОД РАБОТЫ

1. Закрепите на штативе конец спиральной пружины (другой конец пружины снабжен стрелкой-указателем и крючком (Рис.1)

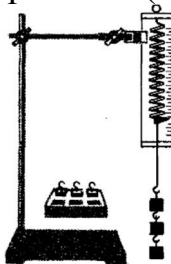


Рис. 1

2. Рядом с пружиной или за ней установите и закрепите линейку с миллиметровыми делениями.

3. Отметьте и запишите то деление линейки, против которого приходится стрелка-указатель пружины.

4. Подвесьте к пружине груз известной массы и измерьте вызванное им удлинение пружины.

5. К первому грузу добавьте второй, третий и т. д. грузы, записывая каждый раз удлинение $|x|$ пружины. По результатам измерений заполните таблицу:

№ опыта	m , кг	mg , Н	$ x $, м

6. По результатам измерений постройте график зависимости силы упругости от удлинения и, пользуясь им, определите среднее значение жесткости пружины k_{cp} .

7. Рассчитайте наибольшую относительную погрешность, с которой найдено значение k_{cp} (из опыта с одним грузом). В формуле (1)

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{0,002}{0,100} = 0,02$$

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x} = \frac{0,001\text{м}}{0,025\text{м}} = 0,04$$

8. Найдите абсолютную погрешность $\Delta k = \varepsilon_k k_{cp}$ и запишите ответ в виде:

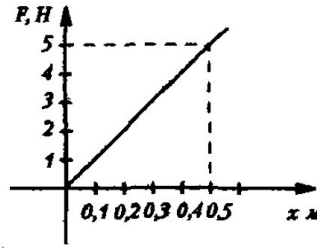
$$k = k_{cp} \pm \Delta k$$

9. Сделайте вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие бывают деформации?
2. Как направлена сила упругости?
3. Какую природу имеет сила упругости?
4. Сформулируйте закон Гука.

5. На графике изображена зависимость модуля силы упругости от удлинения пружины. Найти жесткость пружины.



6. Один конец проволоки жестко закреплен. С какой силой нужно тянуть за второй конец, чтобы растянуть проволоку на 5 мм? Жесткость проволоки известна и равна $2 \cdot 10^3$ Н/м.
7. Пружину, жесткость которой 100 Н/м, разрезали на две части. Чему равна жесткость каждой пружины?
8. Тело массой 2 кг тянут по гладкой горизонтальной поверхности с помощью пружины, которая при движении растянулась на 2 см. Жесткость пружины 200 Н/м. Определить ускорение, с которым движется тело.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение Лабораторной работы №2

ТЕМА: «Изучение движения тела по окружности под действием сил тяжести и упругости»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определение центростремительного ускорения шарика при его равномерном движении по окружности

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, уметь вычислять период обращения, определять массы тел на рычажных весах, определять центростремительное ускорение различными методами, проводить наблюдения, делать выводы, соблюдая правила по технике безопасности.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ТЕОРИЯ Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности радиуса R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. На шарик действуют две силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и натяжение нити \vec{F} (рис 1 а). Они создают центростремительное ускорение a_n , направленное по радиусу к центру окружности. Модуль ускорения можно определить кинематически. Он равен:

$$a_n = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \quad (1)$$

Для определения ускорения надо измерить радиус окружности и период обращения шарика по окружности.

Центростремительное (нормальное) ускорение можно определить также, используя законы динамики.

Согласно второму закону Ньютона $\overline{mg} + \overline{F} = \overline{ma}$.

Разложим силу \overline{F} на составляющие \overline{F}_1 и \overline{F}_2 направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх. Тогда второй закон Ньютона запишется следующим образом: $\overline{mg} + \overline{F}_1 + \overline{F}_2 = \overline{ma}$

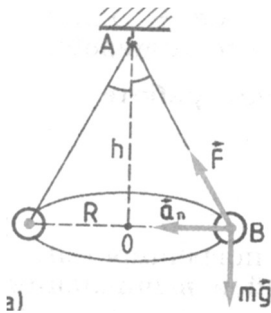


Рис 1(а)

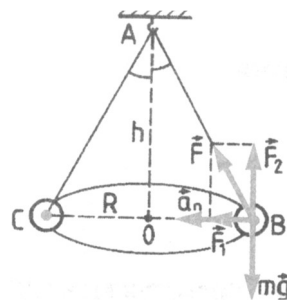


Рис 1(б)

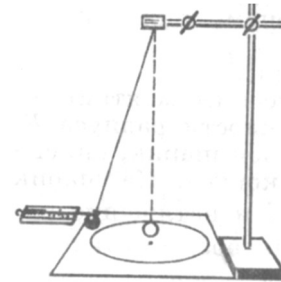


Рис 1(в)

В проекциях на оси координат уравнение движения шарика примет вид:

на ось Ox : $F_1 = ma_n$, на ось Oy : $F_2 - mg = 0$

на ось Oy : $F_2 - mg = 0$

Отсюда $F_2 = mg$: составляющая F_2 уравнивает силу тяжести mg .

$$a_n = \frac{F_1}{m} \tag{2}$$

Модуль составляющей F_1 можно определить различными способами. Во-первых, это можно сделать из подобия треугольников OAB и $FB F_1$:

$$\frac{F_1}{R} = \frac{mg}{h} \quad \text{Отсюда} \quad F_1 = \frac{mgR}{h}$$

$$a_n = \frac{gR}{h} \tag{3}$$

Во-вторых, модуль составляющей F_1 можно непосредственно измерить динамометром. Для этого оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу R окружности (рис 1 в), и определяем показание динамометра. При этом сила упругости пружины уравнивает составляющую F_1

Сопоставим все три выражения для a_n и убедимся, что они близки между собой.

В этой работе с наибольшей тщательностью следует измерять время. Для этого полезно отсчитывать возможно большее число оборотов маятника, уменьшая тем самым относительную погрешность.

Взвешивать шарик достаточно с точностью до 1 г. Высоту конуса и радиус окружности достаточно измерить с точностью до 1 см. При такой точности измерений относительные погрешности величин будут одного порядка.

ОБОРУДОВАНИЕ: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

ХОД РАБОТЫ

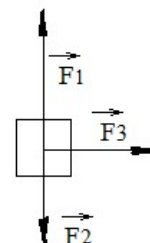
1. Определяем массу шарика на весах с точностью до 1 г.
2. Вычерчиваем на листе бумаги окружность, радиус которой около 20 см. Измеряем радиус с точностью до 1 см.
3. Штатив с маятником располагаем так, чтобы продолжение шнура проходило через центр окружности.
4. Отсчитываем время, за которое маятник совершает, к примеру, $N = 50$ оборотов. Вычисляем период.
5. Определяем высоту конического маятника. Для этого измеряем расстояние по вертикали от центра шарика до точки подвеса.
6. Находим модуль центростремительного ускорения по формулам (1) и (3)
7. Оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измеряем модуль составляющей F_1 . Затем вычисляем ускорение по формуле (2)
8. Результаты измерений заносим в таблицу.

№ опыта	R(м)	N	t(с)	T = $\frac{t}{N}$ (с)	h(м)	m(кг)	F ₁ (Н)	a _n = $\frac{4\pi^2 R}{T^2}$	a _n = $\frac{gR}{h}$	a _n = $\frac{F_1}{m}$

Сравнивая полученные три значения модуля центростремительного ускорения, убеждаемся, что они примерно одинаковы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Сформулируйте законы Ньютона.
2. На тело действуют три силы $F_1=7\text{Н}$, $F_2=3\text{Н}$, $F_3=3\text{Н}$, направления которых показаны на рисунке. Чему равна равнодействующая этих сил? Какое ускорение получит тело, если его масса 2 кг?



3. Под действием груза массой 100 г вертикальная пружина растянулась на 5 см. Чему равна жесткость пружины?

4. Заполните таблицу.

m	4 кг	3 кг		24 кг	7 т		8 г	300 мг	100 г
F	12 Н		0,56 Н	6 Н	3,5 кН	4 мН		6 мН	

a , м/с ²		0,2	0,28			2	10		0,4
---------------------------	--	-----	------	--	--	---	----	--	-----

5. Определите период обращения тела по окружности радиусом 20 см, если центростремительное ускорение 3 м/с².

6. Груз движется по окружности с постоянной по модулю скоростью. Равнодействующая сил, приложенных к грузу, равна 0,3 Н, масса его 0,2 кг, период обращения $T=2$ с. Чему равен радиус окружности?

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА на выполнение *Лабораторной работы №3*

ТЕМА: «**Экспериментальная проверка закона сохранения механической энергии**»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: измерить максимальную скорость тела, колеблющегося на пружине, с использованием закона сохранения энергии.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, уметь собирать экспериментальную установку по схеме, выполнять измерения, наблюдать, анализировать информацию, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: динамометр, штатив лабораторный, 2 груза массой 100 г, линейка измерительная, кусочек мягкой ткани или войлока.

ТЕОРИЯ

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1. Динамометр укреплен вертикально в лапке штатива. На штатив помещают кусочек мягкой ткани или войлока. При подвешивании к динамометру грузов растяжение пружины динамометра определяется положением указателя. При этом максимальное удлинение (или статическое смещение) пружины x_0 возникает тогда, когда сила упругости пружины с жесткостью k уравновешивает силу тяжести груза массой m :

$$kx_0 = mg \quad (1)$$

где $g = 9,81$ м/с² — ускорение свободного падения. Следовательно,

$$x_0 = \frac{mg}{k}$$

Статическое смещение характеризует новое положение равновесия O' нижнего конца пружины (рис. 2).

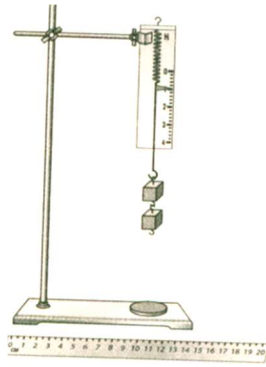


Рис 1

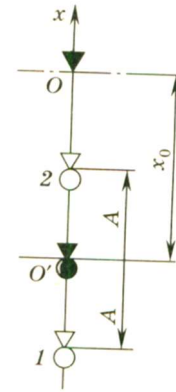


Рис 2

Если груз оттянуть вниз на расстояние A от точки O' и отпустить в точке 1, то возникают периодические колебания груза. В точках 1 и 2 скорость груза равна нулю. Максимальной скоростью груз будет обладать в средней точке O' .

На колеблющийся груз действуют две силы: постоянная сила тяжести и переменная сила упругости. Потенциальная энергия тела в гравитационном поле в произвольной точке с координатой x равна

$$E_{n1} = mgx \quad (2)$$

Потенциальная энергия деформированного тела соответственно равна

$$E_{n2} = \frac{kx^2}{2} \quad (3)$$

При этом за нуль отсчета потенциальной энергии для обеих сил принята точка $x = 0$, соответствующая положению указателя для нерастянутой пружины.

Полная механическая энергия груза в произвольной точке складывается из его потенциальной и кинетической энергии. Пренебрегая силами трения, воспользуемся законом сохранения полной механической энергии.

Приравняем полную механическую энергию груза в точке 2 с координатой $(x_0 - A)$ и в точке O' с координатой $(-x_0)$:

$$mg[-(x_0 - A)] + \frac{k[-(x_0 - A)]^2}{2} + \frac{m \cdot 0^2}{2} = mg(-x_0) + \frac{k(-x_0)^2}{2} + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (4)$$

Выполнив преобразования с учетом (1), приведем формулу (4) к виду

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (5)$$

Тогда модуль максимальной скорости грузов

$$v_{max} = A \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (6)$$

Жесткость пружины можно найти, измерив статическое смещение x_0 . Как следует из формулы (1),

Дополнительное задание. Измерить период колебаний тела на пружине и определить его максимальную скорость.

Как известно, период T колебаний пружинного маятника связан с его массой и жесткостью пружины соотношением

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (9)$$

Поэтому в формулу (6) можно ввести период колебаний

$$v_{max} = \frac{2\pi A}{T} \quad (10)$$

Период колебаний можно найти, измерив промежуток времени t , за который происходит N колебаний:

$$T = \frac{t}{N} \quad (11)$$

С учетом формулы (11)

$$v_{max} = \frac{2\pi AN}{t} \quad (10)$$

Измерьте амплитуду A и время t десяти колебаний маятника ($N=10$) и рассчитайте модуль максимальной скорости груза. Сравните результат с полученным ранее другим способом.

Сделайте вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По какой формуле рассчитывается кинетическая энергия тела?
2. По какой формуле можно рассчитать потенциальную энергию упруго деформированного тела?
3. По какой формуле рассчитывается потенциальная энергия тела поднятого над нулем отсчета?
4. От чего зависит значение потенциальной энергии?
5. Может ли тело обладать кинетической и потенциальной энергией одновременно? Приведите пример.
6. Что называется полной механической энергией системы?
7. Какая система тел называется консервативной?
8. В чем состоит закон сохранения механической энергии?
9. Как влияет на энергию системы тел действие внешней силы? Сохраняется ли в этом случае полная механическая энергия?

10. Камень массой 500 г, падая с высоты 10 м, имел в момент приземления скорость 12 м/с. Найдите работу сил сопротивления воздуха на этом пути.

11. При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину жесткостью 800 Н/м сжали на 5 см. Какую скорость приобретет пуля массой 20 г при выстреле в горизонтальном направлении?

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы №4*

ТЕМА: « **Определение концентрации молекул газа и их количества в помещении** »

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определение концентрации молекул газа и их числа в объеме комнаты.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, проводить наблюдения, делать выводы, соблюдая правила по технике безопасности.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ТЕОРИЯ Молекулярно-кинетическая теория изучает строение и свойства тел на основе молекулярного строения.

Основные положения МКТ и их опытное обоснование.

1. Все вещества (тела) состоят из микрочастиц - молекул, атомов или ионов.
2. Микрочастицы находятся в непрерывном движении.
3. Микрочастицы взаимодействуют друг с другом. Между частицами существуют силы притяжения и отталкивания.

Существование микрочастиц - молекул, атомов и ионов подтверждается непосредственным наблюдением в электронных микроскопах, растворимостью твердых тел в жидкостях, механическим дроблением твердых тел, сжимаемостью и проницаемостью веществ.

Непрерывность движения микрочастиц подтверждается диффузией, броуновским движением, способностью газов неограниченно расширяться и занимать весь предоставленный объем.

О взаимодействии микрочастиц позволяют утверждать прочность и упругость веществ, способность жидкостей смачивать некоторые твердые тела, поверхностное натяжение жидкостей и др.

Молярная масса - физическая величина, равная отношению массы вещества к количеству вещества.

$$\mu = \frac{m}{\nu}$$

где μ - молярная масса, m - масса вещества, ν - количество вещества.

Молярная масса численно равна массе одного моля вещества.

Единица измерения молярной массы - кг/моль.

$$\nu = \frac{N}{N_A}; \quad N = \frac{mN_A}{\mu}; \quad m_0 = \frac{\mu}{N_A}; \quad m_0 = \frac{m}{N}$$

где $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ - постоянная Авогадро,

N - число частиц системы,

m_0 - масса одной молекулы (для веществ атомарного строения - масса атома). Масса молекулы равна отношению массы всего вещества к количеству молекул в веществе или отношению молярной массы к постоянной Авогадро.

Средняя масса молекул 10^{-23} - 10^{-26} кг. Например, масса молекулы воды $m_0 \approx 3 \cdot 10^{-26}$ кг.

Концентрацией называют число молекул в единице объёма.

$$n = \frac{N}{V}$$

Единица измерения $[n] = \frac{1}{\text{м}^3} = \text{м}^{-3}$

Основное уравнение МКТ идеального газа.

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \overline{v^2}$$

$$P = \frac{2}{3} n W$$

$$P = nkT$$

Где P - давление газа, $[P] = \text{Па}$

\overline{v} - средняя квадратичная скорость молекулы, $[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$W = \frac{3}{2} kT$ - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул,

$T = t + 273$ - абсолютная температура, $[T] = \text{К}$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ - постоянная Больцмана.

ОБОРУДОВАНИЕ: инструкционная карта, термометр, барометр, таблица Менделеева.

ХОД РАБОТЫ

1. Измерьте температуру воздуха $t(^{\circ}\text{C})$ в помещении.

2. Выразите ее по шкале Кельвина (T, K)

3. Измерьте атмосферное давление ($p_{\text{атм}}, \text{Па}$) по барометру

m_0 , кг										
V , л	4	2		6	7	1		3	5	9

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы №5*

ТЕМА: «Экспериментальная проверка уравнения состояния идеального газа»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: подтвердить справедливость уравнения Клапейрона.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, проводить наблюдения, делать выводы, соблюдая правила по технике безопасности.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: гофрированный металлический сосуд переменного объема, жестяная банка объемом 3 литра, манометр, термометр, резиновый шланг.

ХОД РАБОТЫ

1. Расположить приборы на рабочем столе.
2. Соединить манометр с гофрированным сосудом с помощью резинового шланга.
3. На манометре закрыть выпускной кран.
4. Записать следующие результаты.
 - а) величину атмосферного давления P_1 ;
 - б) объем гофрированного сосуда V_1 ;
 - в) температуру воздуха t_1
6. Вычислить абсолютную температуру T_1 воздуха.
7. Вычислить выражение $\frac{P_1 V_1}{T_1}$ до значения третьего десятичного знака и округлить до сотых долей.
8. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу № 1.

Таблица № 1

P_1 , Па	V_1 , м ³	t_1 , °С	T_1 , К	$\frac{P_1 V_1}{T_1}$

9. Пользуясь рычагом, прикрепленным к винту гофрированного сосуда, уменьшаем его объем, устанавливая указатель против цифры 8. (*Выпускной кран на манометре закрыт*).

$t, ^\circ\text{C}$	52	61	44	67	75	77	59	65	68	72
$\mu, \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$										
$\nu, \text{МОЛЬ}$										
$\rho, \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$										
$V, \text{Л}$	40	20	24	32	27	19	26	32	50	29

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы №6*

ТЕМА: « **Определение влажности воздуха** »

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомиться с приборами для измерения влажности, определить влажность воздуха в кабинете.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: уметь использовать термометр для определения влажности, научиться пользоваться конденсационным гигрометром, гигрометром психрометрическим, психрометрическими таблицами, оценивать результат, проводить измерения, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности (работа со стеклом).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: инструкционная карта, стакан с водой, штатив, термометр, салфетка, нить, психрометр, психрометрическая таблица, гигрометр.

ТЕОРИЯ

Для характеристики содержания водяных паров в атмосфере, т.е. влажности, вводят следующие величины:

1. *Абсолютная влажность воздуха.* Под абсолютной влажностью воздуха понимают количество водяного пара в 1 м^3 воздуха или плотность водяного пара. Абсолютная влажность или плотность водяного пара находится

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

2. *Относительная влажность воздуха.* Относительная влажность воздуха определяется отношением плотности водяного пара, находящегося в воздухе, к плотности насыщенного пара при той же температуре. Она вычисляется

$$\beta = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

где β — относительная влажность воздуха, ρ — абсолютная влажность а ρ_0 — плотность насыщенного пара при данной температуре .

Относительная влажность воздуха измеряется в процентах. Плотность и давление насыщенного пара зависит от температуры воздуха. Для определения влажности воздуха используются гигрометры и психрометры.

Конденсационный гигрометр (Рис 1). Если воздух охлаждать, то водяной пар при некоторой температуре становится насыщенным и происходит конденсация водяных паров (выпадает роса). Температура, при которой водяной пар достигает состояния насыщения, называется точкой росы. Если в металлическую коробочку налить быстро испаряющуюся жидкость, то при быстром испарении жидкость и коробочка будут охлаждаться. Как только на стенках прибора появляется роса, определяется температура по термометру, помещенному в прибор, затем по таблице — абсолютная влажность.

Волосной гигрометр. Устройство основано на свойстве обезжиренного волоса. Он изменяет свою длину в зависимости от влажности. Изменение длины волоса фиксируется поворотным механизмом. Шкала прибора градуируется в процентах, т.е. прибор измеряет относительную влажность (рис 2)



Рис 1

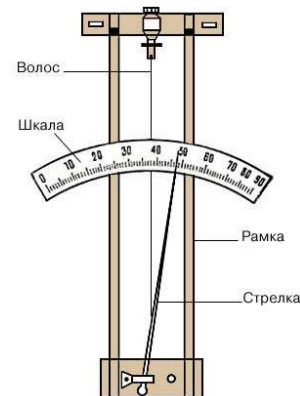


Рис 2

Психрометр (Рис 3). Прибор состоит из двух термометров, один из которых обернут кусочком ткани. Ткань опускается в сосуд с водой, поэтому термометр называют влажным. Вследствие испарения жидкости влажный термометр показывает более низкую температуру, чем сухой. Чем интенсивнее идет испарение, тем больше разность показаний термометров, а испарение зависит от влажности воздуха. Таким образом, используя разность показаний термометров и показания одного из термометров, можно определить влажность воздуха. Кроме указанных существуют другие приборы, в которых используются свойства тонких пленок и полупроводников (Рис 4).



Рис 3



Рис 4

ХОД РАБОТЫ

А). По термометрам

1. Обернуть кончик одного из термометров тряпочкой и обвязать ее нитью.
2. Укрепить термометр в штативе
3. Окунуть кончик термометра с тряпочкой в воду и вынуть.
4. Через 3-5 мин. снять показания сухого и влажного термометров. $T_{\text{сух}}$, $T_{\text{вл}}$
5. Найти разность показаний термометров.
6. По психрометрической таблице определить относительную влажность воздуха в кабинете .
7. По таблице найти плотность насыщенного водяного пара ρ_0 при температуре $T_{\text{сух}}$
8. Используя формулу (2) , определить абсолютную влажность

Б). По психрометру

1. Определить влажность по гигрометру психрометрическому и гигрометру конденсационному.
2. Сравнить показания, полученные в опытах А и Б

Данные занести в таблицу.

Показания термометров $^{\circ}\text{C}$		Разность показаний	Относительная влажность	Плотность насыщенного пара	Абсолютная влажность
сухого	влажного	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	$\beta(\%)$	$\rho_0(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3})$	$\rho(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3})$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют относительной влажностью и что она показывает?
2. Почему влажный термометр показывает меньшую температуру, чем сухой?
3. Как изменится абсолютная и относительная влажность в закрытом помещении при повышении температуры?
4. Сухой и влажный термометры показывают одинаковую

температуру. Что это означает?

5. Относительная влажность воздуха в комнате при 20°C составляет 44%. Какую температуру показывает влажный термометр? Какова должна быть температура оконного стекла, чтобы оно запотело?

6. Сколько пара содержится в комнате, объемом 200 кубических метров, если влажность воздуха 70%, а его температура 20°C (Ответ : 2,4 кг)

7. Заполните пустые клетки таблицы

Показание сухого термометра $t_{\text{сух}}, ^{\circ}\text{C}$	Показание влажного термометра $t_{\text{вл.}}, ^{\circ}\text{C}$	Разность показаний термометров $\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха $\varphi, \%$	Плотность насыщенного водяного пара ρ_0 (при температуре $t_{\text{сух.}}$)	Абсолютная влажность ρ (при температуре $t_{\text{сух.}}$)
15	12				
25	20				
	17	1			
	14	6			
19			58		
	12		37		
21			100		

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы № 7*

ТЕМА: «**Определение удельной теплоёмкости твёрдого тела**».

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: проводить измерения, анализировать полученные результаты, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности (работа со стеклом, нагревательными приборами).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: весы с разновесами, калориметр, термометр, стакан с водой комнатной температуры, металлический брусок, штатив с муфтой и лапкой, нить, сосуд с горячей водой, электрическая плитка, термометр.

ТЕОРИЯ

Удельная теплоёмкость — это отношение теплоёмкости к массе, теплоёмкость единичной массы вещества (разная для различных веществ); физическая величина, численно равная количеству теплоты, которое необходимо передать единичной массе данного вещества для того, чтобы его температура изменилась на единицу.

В Международной системе единиц (СИ) удельная теплоёмкость измеряется в джоулях на килограмм на кельвин, Дж/(кг·К). Иногда используются и внесистемные единицы: калория/(кг·°С) и т. д.

Удельная теплоёмкость обычно обозначается буквой c .

На значение удельной теплоёмкости влияет температура вещества и другие термодинамические параметры. К примеру, измерение удельной теплоёмкости воды даст разные результаты при 20 °С и 60 °С. Кроме того, удельная теплоёмкость зависит от того, каким образом позволено изменяться термодинамическим параметрам вещества (давлению, объёму и т. д.); например, удельная теплоёмкость при постоянном давлении (C_p) и при постоянном объёме (C_v), вообще говоря, различны.

Формула расчёта удельной теплоёмкости:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

где

c — удельная теплоёмкость,

Q — количество теплоты, полученное веществом при нагреве (или выделившееся при охлаждении),

m — масса нагреваемого (охлаждающегося) вещества,

ΔT — разность конечной и начальной температур вещества.

Металлический цилиндр известной массы помещают на некоторое время в сосуд с горячей водой. Затем быстро переносят в калориметр с водой комнатной температуры T_1 . Измеряют установившуюся температуру $T_{\text{общ}}$.

Составив уравнение теплового баланса, определяют удельную теплоёмкость цилиндра.

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{получ}}$$

$Q_{\text{отд}} = c_3 m_3 (T_3 - T_{\text{общ}})$ — количество теплоты, отданное цилиндром при охлаждении от температуры T_3 до $T_{\text{общ}}$.

$Q_{\text{получ}} = c_1 m_1 (T_{\text{общ}} - T_1) + c_2 m_2 (T_{\text{общ}} - T_2)$ — количество теплоты, полученное холодной водой и внутренним стаканчиком калориметра.

Т.к. $T_1 = T_2$, то $Q_{\text{получ}} = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (T_{\text{общ}} - T_1)$.

Из уравнения теплового баланса находим удельную теплоёмкость металлического цилиндра c_3 .

ХОД РАБОТЫ

1. Измерьте с помощью весов массу внутреннего стаканчика калориметра m_2

2. Налейте в калориметр воду массой $m_1 = 100-150$ г комнатной температуры. Измерьте температуру воды T_1 . Температура калориметра равна температуре воды в калориметре.

- Нагрейте цилиндр в сосуде с горячей водой. Измерьте ее температуру T_3 (эта температура и будет начальной температурой цилиндра). Затем опустите его в калориметр с водой.
- Измерьте установившуюся температуру воды в калориметре после опускания цилиндра $T_{\text{общ}}$
- С помощью весов определите массу металлического цилиндра m_3 , предварительно обсушив его.
- Составьте уравнение теплового баланса и определите удельную теплоёмкость металла.
- Найдите в таблице «Удельная теплоёмкость некоторых веществ» близкое к полученному значение. Вычислите относительную погрешность измерения.

Все данные измерений запишите в таблицу:

m_1 , кг	m_2 , кг	m_3 , кг	T_1 , К	T_3 , К	$T_{\text{общ}}$, К	c_1 , $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	c_2 , $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	c_3 , $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$c_{\text{таб}}$, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	ε , %

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Удельная теплоемкость – это...
- Укажите размерность удельной теплоёмкости вещества.
- В сосуды налиты имеющие одинаковые температуры жидкости равной массы: подсолнечное масло, вода и керосин. Какая из них нагреется меньше всего, если им сообщить одинаковые количества теплоты?
- В три сосуда налит кипяток порциями равной массы. В один из них опустили стальной шар, в другой — медный, в третий — железный. В каком из сосудов температура воды при этом понизится больше? (Начальные температуры и массы шаров одинаковы.)
- Какое количество теплоты потребуется для повышения температуры на 1°C кусков олова и меди массой по 1 кг?
- Одинаково нагретые алюминиевый и железный бруски равной массы внесены в холодное помещение. Какой из них выделит наибольшее количество теплоты?
- Для нагревания куса цинка массой 5 кг на 10°C необходимо количество теплоты, равное 20 кДж. Какова удельная теплоемкость цинка?
- Определите удельную теплоемкость латуни, если при остывании на 20°C ее стержня массой 400 г выделилось количество теплоты, равное 3,2 кДж

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы № 8*

ТЕМА: «Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: используя свойства капилляров, определить значение коэффициента поверхностного натяжения воды.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: проводить измерения, анализировать полученные результаты, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности (работа со стеклом).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: инструкционная карта, стакан с водой, таблица значений коэффициентов поверхностного натяжения, стеклянные трубки малых диаметров, линейка.

ТЕОРИЯ Поверхностное натяжение

Если молекула находится внутри жидкости, то силы, действующие на нее со стороны других частиц, можно считать уравновешенными и молекула находится в равновесии. Вблизи поверхности это равновесие нарушается. Взаимодействие частиц, расположенных у поверхности, с молекулами газа не может быть уравновешено взаимодействием молекул жидкости, расположенных ниже поверхностного слоя. В результате на каждую молекулу поверхностного слоя действует некоторая равнодействующая, направленная внутрь жидкости, а весь поверхностный слой будет создавать на жидкость давление, которое называют молекулярным. Это давление очень велико и всегда направлено внутрь жидкости. Для воды, к примеру, молекулярное давление составляет 11000 атмосфер или $1,1 \cdot 10^9$ Па.

Как показывают опыты, поверхностный слой жидкости находится в состоянии натяжения и обладает некоторым избытком внутренней энергии по сравнению со слоями, расположенными внутри жидкости, где такое натяжение отсутствует. Эту избыточную энергию поверхностного слоя назвали энергией натяжения или свободной. Пусть в единице площади поверхностного слоя заключена свободная энергия, величиной σ . Эту величину называют *коэффициентом поверхностного натяжения*. Он измеряется в Дж/м². Энергия всего поверхностного слоя будет

$$W = \sigma \cdot S \quad (1)$$

где S — площадь свободной поверхности.

Поверхностное натяжение характеризуется не только энергией, но и силой натяжения. Величина этой силы находится

$$F = \sigma \cdot l \quad (2)$$

σ — коэффициент поверхностного натяжения, который измеряется в Н/м.
 l — длина границы жидкости, на которую действует сила натяжения.

Поверхностное натяжение зависит не только от рода вещества и температуры, но и от наличия примесей.

При взаимодействии жидкости с твердым телом молекулы жидкости могут взаимодействовать с ним сильнее, чем между собой, или наоборот слабее. В первом случае жидкости смачивают твердое тело, во втором — нет. В связи с этим поверхность жидкости на границе с твердым телом искривляется, образуется мениск. При смачивании мениск вогнутый, при не смачивании — выпуклый. Искривление поверхности оказывает на поверхность давление, которое называют избыточным. Если мениск имеет сферическую форму, то $p_{л} = \frac{2\sigma}{r}$, где $p_{л}$ — избыточное давление, а r — радиус кривизны поверхности. Сферические мениски образуются в трубках с узким внутренним каналом, которые называют часто *капилляром*. При смачивании жидкость в такой трубке поднимается до тех пор, пока давление столба жидкости не уравнивает избыточное давление, т.е. $p_{л} = p_{ж}$

$$\frac{2\sigma}{r} = \rho gh \quad (3)$$

где ρ — плотность жидкости, а r — радиус капилляра. Отсюда получим следующую форму для расчета σ :

$$\sigma = \frac{\rho grh}{2} \quad (4)$$

ХОД РАБОТЫ

1. Измерить внутренний диаметр трубок d и вычислить их радиусы r
2. Смоченную трубку опустить вертикально в сосуд с водой. Измерить высоту столба воды над свободной поверхностью жидкости в сосуде h
3. Вычислить значения коэффициента σ в каждом случае.
4. Вычислить среднее значение $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4}{4}$
5. Определить табличное значение коэффициента поверхностного натяжения воды $\sigma_{таб}$
6. Данные занести в таблицу.

N опыта	d , м	r , м	h , м	σ , Н/м	σ_{cp} , Н/м	$\sigma_{таб}$, Н/м	Относительная погрешность δ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем особенность поверхностного слоя жидкости?
2. Что называют коэффициентом поверхностного натяжения жидкости?
3. От чего зависит поверхностное натяжение?
4. Что называется смачиванием? Капилляром?
5. Как определить высоту подъема жидкости в капилляре? От чего она зависит?
6. Найти высоту подъема воды в трубке диаметром 0,2 мм.

7. С помощью пипетки отмерили 152 капли минерального масла. Их масса оказалась равной 1,82 г. Определите диаметр шейки пипетки, если коэффициент поверхностного натяжения минерального масла $3 \cdot 10^{-2}$ Н/м.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА
на выполнение *Лабораторной работы № 9*

ТЕМА: «Определение электродвижущей силы и внутреннего сопротивления источника электрической энергии»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника электрической энергии.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: уметь собирать электрическую цепь по схеме, выполнять измерения тока, напряжения, находить значения ЭДС и внутреннего сопротивления источника, используя показания амперметра и вольтметра, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности (работа с электрическим током).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: источник электрической энергии, калиброванный реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

ТЕОРИЯ

А) Для поддержания тока в проводнике необходимо, чтобы разность потенциалов (напряжение) на его концах была неизменной. Для этого используется источник тока. Разность потенциалов на его полюсах образуется вследствие разделения зарядов на положительные и отрицательные. Работу по разделению зарядов выполняют сторонние силы (не электрического происхождения).

Величина, измеряемая работой, совершенной сторонними силами при перемещении единичного положительного электрического заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока (ЭДС) ε и выражается в вольтах.

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{q} \quad (1)$$

Когда цепь замыкается, разделенные в источнике тока заряды образуют электрическое поле, которое перемещает заряды во внешней цепи; внутри же источника тока заряды движутся навстречу полю под действием сторонних сил. Таким образом, энергия, запасенная в источнике тока, расходуется на работу по перемещению заряда в цепи с внешним R и внутренним r сопротивлениями:

$$A_{\text{стор}} = A_{\text{внеш}} + A_{\text{внутр}}$$

$$\frac{A_{\text{стор}}}{q} = \frac{A_{\text{внеш}}}{q} + \frac{A_{\text{внутр}}}{q}$$

$$\varepsilon = U_{\text{внеш}} + U_{\text{внутр}}$$

$$\varepsilon = IR + Ir \quad (2)$$

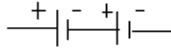
Формулировка закона Ома для полной цепи:

1) ЭДС источника цепи равна сумме падений напряжения на источнике и на внешней цепи (формула 2)

2) Сила тока прямо пропорциональна сумме ЭДС цепи, и обратно пропорциональна сумме сопротивлений источника и цепи, где ε – ЭДС, R – сопротивление цепи, r – внутреннее сопротивление источника (формула 3)

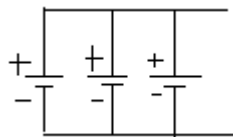
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (3)$$

Б).Соединение источников энергии в батарею.

При последовательном соединении два соседних источника соединяются разноименными полюсами.  При последовательном соединении э.д.с. батареи равна сумме э.д.с. отдельных источников.

Общее сопротивление батареи одинаковых источников равно сумме внутренних сопротивлений отдельных источников. Тогда по закону Ома, сила тока в такой цепи

$$I = \frac{n\varepsilon}{R + nr}$$



При параллельном соединении напряжение на разомкнутой батарее такое же, как на отдельном источнике. Значит, э.д.с. батареи равна э.д.с. одного источника.

Сопротивление батареи при параллельном соединении меньше, чем сопротивление одного источника. Если цепь

состоит из n одинаковых источников, то сопротивление батареи $r_0 = r/n$

Тогда, по закону Ома,

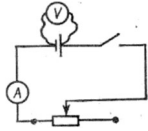
$$I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}$$

На практике параллельно соединяют всегда источники только с одинаковой э.д.с.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться с измерительными приборами и определить цену деления шкалы амперметра и вольтметра.
2. Измерить напряжение U_0 на источнике при разомкнутом ключе. Т. к. сопротивление вольтметра намного больше, чем внутреннее сопротивление источника тока, то ток в цепи мал, поэтому $\varepsilon \approx U_0$

3. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке.



4. С помощью реостата установить некоторое значение сопротивления внешней цепи R . После проверки схемы преподавателем, замкнуть цепь и зафиксировать силу тока в цепи I . Измерить напряжение U

5. Из закона Ома для полной цепи вычислить внутреннее сопротивление источника.

$$\varepsilon = I R + I r \quad \varepsilon = U + I r \quad r = \frac{\varepsilon - U}{I}$$

6. Определить погрешность измерений.

А) определить класс точности приборов k

Б) определить абсолютную погрешность измерений напряжения ΔU и тока ΔI из формул $k_u = \frac{\Delta U}{U_{max}}$ $k_I = \frac{\Delta I}{I_{max}}$

В) вычислить относительную погрешность при нахождении внутреннего сопротивления $\delta(r) = \frac{\Delta \varepsilon + \Delta U}{\varepsilon - U} + \frac{\Delta I}{I}$

Г) вычислить абсолютную погрешность $\Delta r = r \cdot \delta(r)$

7. Изменяя сопротивление цепи при помощи реостата, получить новые показания амперметра и вольтметра.

№ опыта	ЭДС ε , В	Сила тока I , А	Напряжение во внешней цепи U , В	Внутреннее сопротивление r , Ом	Абсолютные погрешности			Относительная погрешность $\delta(r)$ %	Абсолютная погрешность при измерении внутреннего сопротивления источника $\Delta r = r \cdot \delta(r)$, Ом
					ΔU , В	$\Delta \varepsilon$, В	ΔI , А		

Сделать вывод.

Контрольные вопросы.

1. Укажите условия существования электрического тока в проводнике.
2. Какова роль источника электрической энергии в электрической цепи?
3. Сформулируйте закон Ома для полной цепи.
4. От чего зависит напряжение на зажимах источника электрической энергии?
5. К источнику с ЭДС 18 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом подключен реостат, сопротивлением 8,8 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на зажимах источника.
6. Как изменится сопротивление батарейки для карманного фонаря, если три ее элемента соединить не последовательно, а параллельно?
7. Изменится ли показание вольтметра (рис. 2), если в участок, состоящий из нескольких параллельно соединенных резисторов, добавить еще один?

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА
на выполнение лабораторной работы №10

ТЕМА: « Определение удельного сопротивления проводника».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определить удельное сопротивление проводника, оценить погрешность измерений.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: уметь собирать электрическую цепь по схеме, выполнять измерения тока, напряжения, находить диаметр провода, используя масштабную линейку, оценивать величину удельного сопротивления, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности (работа с электрическим током).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: инструкционная карта, реостат или катушка с проводом, линейка, амперметр, вольтметр, источник электрической энергии, ключ, соединительные провода.

ТЕОРИЯ Основной электрической характеристикой проводника является сопротивление. Для металлического проводника сопротивление R прямо пропорционально его длине ℓ и обратно пропорционально площади поперечного сечения S :

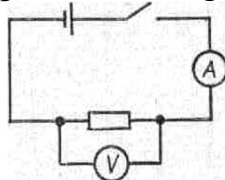
$$R = \rho \frac{\ell}{S},$$

где ρ — удельное сопротивление (выражается в Ом·м); оно выражает зависимость сопротивления от материала проводника, показывает, каким сопротивлением обладает проводник длиной 1 м и площадью сечения 1 м²:

$$\rho = \frac{RS}{\ell}$$

ХОД РАБОТЫ

1. Составить цепь по схеме, изображенной на рисунке.



2. После проверки преподавателем цепь замкнуть, измерить силу тока в реостате и напряжение на нем, когда реостат полностью введен в цепь.

Пользуясь формулой закона Ома, определить сопротивление: $R = \frac{U}{I}$

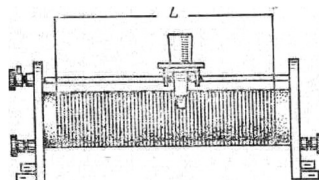
№ опыта	Сила тока $I, (A)$	Напряжение U, B	Сопротивление $R, Ом$

3. Вычислить среднее значение сопротивления $R_{cp} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$

4. Разобрать цепь.

5. Для измерения длины проволоки необходимо измерить диаметр D керамического цилиндра реостата и подсчитать число витков на нем n . Длина проволоки определяется по формуле $\ell = \pi Dn$

6. Для определения площади S поперечного сечения проволоки необходимо знать ее диаметр. Для этого следует измерить штангенциркулем длину обмотки реостата L ;



зная число витков n , определить диаметр проволоки d по формуле $d = \frac{L}{n}$

и площадь поперечного сечения S по формуле $S = \frac{\pi d^2}{4}$

7. Учитывая, что провод реостата изготовлен из нихрома, сравнить результат опыта с табличным значением удельного сопротивления нихрома и определить относительную

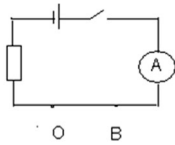
погрешность $\delta = \frac{|\rho_{таб} - \rho|}{\rho_{таб}} \cdot 100\%$

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Число витков в обмотке реостата	Диаметр витка	Длина провода	Длина обмотки Реостата	Диаметр провода	Площадь поперечного сечения	Сопротивление	Удельное сопротивление	Табличное значение удельного сопротивления	Относительная погрешность
n	$D, м$	$\ell, м$	$L, м$	$d, м$	$S, м^2$	$R(Ом)$	$\rho (Ом \cdot м)$	$\rho_{таб} (Ом \cdot м)$	$\delta(\%)$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить на основании электронной теории зависимость сопротивления проводника от его длины, площади поперечного сечения и материала.
2. Удельное сопротивление фехраля $1,1 \cdot 10^{-6}$ Ом-м. Что это значит? Где можно использовать этот материал?
3. Назвать известные вам методы определения сопротивления проводника.
4. Как изменится напряжение на участке ОВ электрической цепи (рис.), если медную проволоку на этом участке заменить никелиновой?



5. Определить сопротивление и длину медной проволоки массой 89 г и сечением 0,1 мм².

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы № 11*

ТЕМА: « Определение температуры нити накала лампы ».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: исследовать экспериментально зависимость электрического сопротивления нити накала лампы от температуры; результаты представить графически; определить температуру нити накала лампы.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: уметь собирать электрическую цепь по схеме, выполнять измерения тока, напряжения, находить значения табличных данных, оценивать величину сопротивления, температуры, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности (работа с электрическим током).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: инструкционная карта, электрическая лампа на подставке, амперметр, вольтметр, омметр, источник электрической энергии, ключ, реостат лабораторный, соединительные провода.

ТЕОРИЯ

Носителями свободных зарядов в металлах являются свободные электроны и поэтому такую проводимость называют электронной. Металлы имеют наибольшую проводимость среди проводников. Так как работа тока пропорциональна сопротивлению проводника, то для минимизации потерь при передаче электрической энергии всегда используют металлические провода. По той же причине из металлической проволоки изготавливают обмотки различных электродвигателей, генераторов, трансформаторов и электроизмерительных приборов.

Сопротивление металлических проводников увеличивается с ростом температуры. Это явление можно объяснить тем, что при нагреве возрастает амплитуда хаотических (тепловых) колебаний атомов, а значит, увеличивается число столкновений этих атомов со свободными электронами, которые упорядоченно движутся под действием электрического поля. Зависимость сопротивления R проводника от температуры имеет следующий вид (см. рис 1(а)):

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \quad (1)$$

R_0 – сопротивление при 0°C , R – сопротивление при температуре t , а α – постоянная, называемая *температурным коэффициентом сопротивления* данного вещества.

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \alpha \cdot \Delta T \quad (2)$$

где $\Delta T = T - T_0$, R и R_0 – сопротивление проводника при температурах T и T_0 соответственно.

Если в качестве R_0 взять сопротивление проводника при $T_0 = 273\text{ K}$, то у всех чистых металлов $\alpha \approx 1/273\text{ K}^{-1}$. Например, у вольфрама $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$. Это значит, что сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания, раскалённой до 2700 K , более чем в 10 раз превышает её сопротивление при комнатной температуре.

При очень низких температурах наблюдается замечательное явление – сопротивление многих металлов скачком обращается в нуль. Это явление, названное *сверхпроводимостью*, было открыто голландским физиком Камерлинг-Оннесом в 1911 году, когда он измерял сопротивление ртути при охлаждении её в жидком гелии. Оказалось, что сопротивление ртути при охлаждении сначала плавно уменьшалось, но когда её температура достигала 4 K , сопротивление скачком падало до нуля (рис 1 (б)).

Температура, при которой сопротивление резко падает до нуля, называют *критической*. В настоящее время известно много сверхпроводников с самыми разными критическими температурами – от долей градуса К до примерно 100 K .

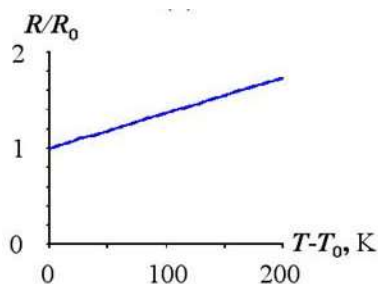
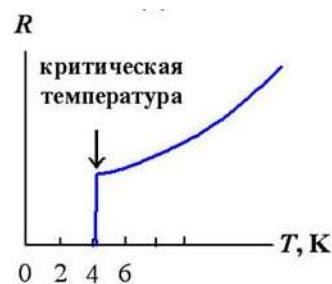


Рис 1. (а) – зависимость сопротивления металлического проводника от температуры;



(б) – зависимость сопротивления ртути вблизи критической температуры

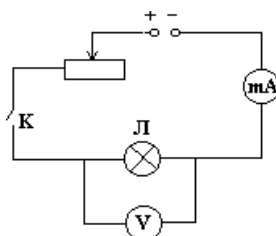
Объяснение физических процессов, лежащих в основе сверхпроводимости, было дано советским учёным Н.Н. Боголюбовым и американскими учёными Д. Бардиным, Л. Купером и Д. Шриффером на основе квантовой теории. Большой вклад в развитие теории

сверхпроводников внесли также российские учёные А.А. Абрикосов и В.Л. Гинзбург.

Для исследования зависимости электрического сопротивления нити накала лампы от температуры необходимо измерить напряжение на участке цепи, содержащем лампу, при различных значениях силы тока. Сопротивление R можно определить, используя показания миллиамперметра и вольтметра, применив закон Ома для участка электрической цепи.

ХОД РАБОТЫ

1. Измерьте электрическое сопротивление нити лампы накаливания при комнатной температуре с помощью омметра. Считайте полученное значение примерно равным электрическому сопротивлению R_0 нити лампы при 0 C°
2. Составить цепь по схеме



3. Перемещая движок реостата, снять показания приборов.
4. В каждом случае, пользуясь формулой закона Ома для участка цепи, определить сопротивление.
5. Из таблицы «Температурный коэффициент сопротивления некоторых веществ» выписать значение температурного коэффициента сопротивления для вольфрама.
6. Из формулы (2) определить изменение температуры нити накала лампы в каждом случае.
7. Данные занести в таблицу.

№ опыта	$R_0(\text{Ом})$	$I(\text{А})$	$U(\text{В})$	$R(\text{Ом})$	$\Delta R(\text{Ом})$	α, K^{-1}	$\Delta T, \text{K}$

8. По результатам измерений и вычислений построить график зависимости электрического сопротивления нити лампы от температуры.
9. По графику определить сопротивление нити лампы при 0° C и сравнить со значением, полученным в результате выполнения пункта 1
10. Сделать вывод

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое электрическая проводимость? Какой проводимостью обладают металлы?
2. Как электрическое сопротивление металлов зависит от температуры?

3. Каковы основные источники погрешностей измерений в данном эксперименте?
4. Почему в данной работе электрическое сопротивление нити лампы при комнатной температуре можно считать приблизительно равным ее электрическому сопротивлению при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$?
5. Как изменяется сопротивление сверхпроводника вблизи критической температуры?
6. Сопротивление медного провода при 0°C равно $4\text{ }\Omega$. Найдите его сопротивление при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, если температурный коэффициент сопротивления меди $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ (Ответ $4,9\text{ }\Omega$)
7. Где планируется использовать сверхпроводники?

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы №12*

ТЕМА «Изучение законов последовательного и параллельного соединений проводников»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: исследовать закономерности изменения параметров цепи при последовательном и параллельном соединении резисторов.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: уметь собирать электрическую цепь по схеме, выполнять измерения тока, напряжения, находить значения заданных параметров из формул, делать выводы, соблюдать правила по технике безопасности (работа с электрическим током).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: источник электрической энергии, резисторы (проволочные спирали на панелях с клеммами, сопротивление каждого резистора указано на панели), амперметр постоянного тока, вольтметр постоянного тока, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода, инструкционная карта.

ТЕОРИЯ

Обычно электрическая цепь состоит из нескольких резисторов, соединенных последовательно, параллельно или смешанно. Для простоты расчета электрических цепей все резисторы мысленно заменяют одним, при включении которого режим цепи не нарушился бы, т. е. и сила тока и напряжение остались бы прежними. Сопротивление этого резистора называют эквивалентным общему сопротивлению нескольких резисторов, образующих цепь. При последовательном и параллельном соединениях используют следующие законы:

Б. Параллельное соединение резисторов.

1. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис 2.
2. После проверки преподавателем цепь замкнуть, с помощью реостата установить силу тока в цепи 1,5—2 А
3. Переключить амперметр из магистрали в ту или иную ветвь и измерить силу тока в каждом резисторе. Проверить соотношение $I = I_1 + I_2 + I_3$ и сделать вывод.
4. Измерить напряжение на участке АВ и определить эквивалентное сопротивление: $R_{э\kappa\text{в}} = \frac{U_{AB}}{I}$
5. Проверить справедливость формулы

$$\frac{1}{R_{э\kappa\text{в}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

и сделать вывод.

6. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

Номер опыта	Сопротивление, Ом				Напряжение, В				Сила тока, А			
	R_1	R_2	R_3	$R_{э\kappa\text{в}}$	U_1	U_2	U_3	U_{AB}	I_1	I_2	I_3	I

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
2. Восемь резисторов соединили по два последовательно в четыре параллельные ветви. Начертить схему соединения. Найдите эквивалентное сопротивление полученной цепи, если сопротивление каждого резистора $R=4$ Ом
3. Что изменилось на данном участке цепи, если включенный последовательно с ним амперметр показал увеличение силы тока?
4. Студент при измерении напряжения на лампочке включил по ошибке амперметр вместо вольтметра. Что при этом произойдет?
5. Потребители электрической энергии соединены так, как показано на рис. 3. Определить эквивалентное сопротивление в этом случае, если $R_1=R_2=R_3=12$ Ом, $R_4=4$ Ом, $R_5=R_6=8$ Ом.
6. Определите напряжение на резисторе R_5 (по рис 3), если ток в неразветвленной части цепи равен 2 А.

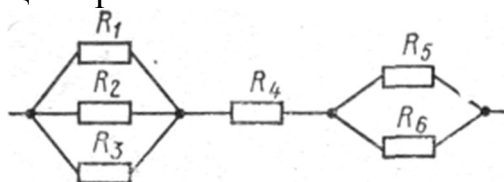


Рис. 3

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА
на выполнение *Лабораторной работы № 13*

ТЕМА: «Определение коэффициента полезного действия нагревательного прибора»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определить КПД электронагревателя, рассчитав количество теплоты, полученное водой и количество теплоты, выделившееся в результате прохождения тока через спираль нагревательного элемента.

ПРИБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, выполнять прямые измерения силы тока, напряжения, массы тел, выполнять обработку опытных данных и формировать представлений о численных значениях основных физических величин; формировать умение самостоятельно приобретать и применять знания, наблюдать и объяснять сущность физических явлений.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ТЕОРИЯ При протекании электрического тока силой I в неподвижном проводнике сопротивлением R , если этот процесс не сопровождается химическими реакциями, работа электрического тока A за время τ равна количеству теплоты Q_1 , выделяемому в проводнике.

$$A = Q$$
$$Q_1 = I^2 R \tau = \frac{U^2}{R} \cdot \tau = IU\tau \quad (1)$$

Лишь часть этого количества теплоты передается нагреваемому телу, в нашем случае – воде в калориметре. Остальное количество теплоты бесполезно теряется: идет на нагревание калориметра и передается окружающей среде.

Количество теплоты, полученное водой в калориметре, равно

$$Q_2 = cm\Delta T = cm(T_2 - T_1) \quad (2)$$

где c – удельная теплоемкость воды, m – ее масса, T_2 и T_1 – конечная и начальная температура воды, соответственно. Таким образом, коэффициент полезного действия нагревателя равен

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$$
$$\eta = \frac{cm\Delta T}{IU\tau} \quad (3)$$

ОБОРУДОВАНИЕ: калориметр, термометр, мерный цилиндр, источник тока, нагревательный элемент, амперметр, вольтметр, часы или секундомер, выключатель, соединительные провода.

ХОД РАБОТЫ.

1. Собрать электрическую цепь по приведенной схеме (Рис 1), проверить надежность электрических контактов, правильность включения вольтметра и амперметра.

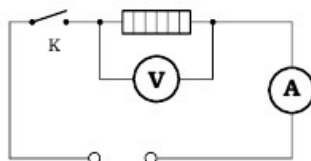


Рис 1.

2. Налить в калориметр 100-150 мл воды, опустить в воду нагревательный элемент и термометр.
3. Измерить начальную температуру воды T_1 .
4. Замкнуть цепь и пропускать электрический ток через нагревательный элемент в течение времени τ , отметив напряжение на нагревательном элементе и силу тока в цепи.
5. Измерить конечную температуру воды в калориметре T_2 .
6. Рассчитать мощность нагревателя P и количество теплоты Q , выделившееся в нем.

$$P = \frac{A}{\tau} = IU$$

7. Рассчитать количество теплоты Q_2 , полученное водой в калориметре.
8. Найти КПД нагревателя, используя формулу (3)

№ п/п	Масса воды	Напряжение	Сила тока	Температура воды		Время	Мощность	Количество теплоты		КПД нагревателя
								Выделяемое нагревателем	Нагретое воды	
	$m, \text{кг}$	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$T_1, \text{К}$	$T_2, \text{К}$	$\tau, \text{с}$	$P, \text{Вт}$	$Q_1, \text{Дж}$	$Q_2, \text{Дж}$	$\eta, \%$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. По каким формулам вычисляется работа электростатического поля по перемещению заряда? Запишите формулы работы электрического тока?
2. Дайте определение КПД.
3. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца.
4. Какое количество теплоты пошло на нагревание калориметра? Сколько процентов составляет эта величина от количества теплоты, выделившегося в нагревательном элементе? Масса внутреннего сосуда калориметра равна 40 г.

5. Какое количество теплоты рассеялось в окружающую среду? Сколько процентов составляет эта величина от количества теплоты, выделившегося в нагревательном элементе?
6. Во сколько раз увеличится или уменьшится количество теплоты, выделяемое в электрической плитке, если ток через ее спираль увеличить вдвое?
7. Нихромовая спираль длиной 5 м и площадью 0,5 мм² включена в сеть напряжением 110 В. Определите мощность тока. Удельное сопротивление нихрома $1,05 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{ м}$

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА
на выполнение *Лабораторной работы № 14*

ТЕМА: «Изучение явления электромагнитной индукции»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить условия возникновения индукционного тока, ЭДС индукции.

ПРИБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: уметь собирать электрическую цепь по схеме, выполнять измерения тока, владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом;
- умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы; соблюдать правила по технике безопасности (работа с электрическим током).

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: Гальванометр (миллиамперметр), источник питания, две катушки с сердечником, ключ, соединительные провода.

ТЕОРИЯ.

Явлением электромагнитной индукции называется явление возникновения тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур. А полученный таким способом ток, называется индукционным.

Закон электромагнитной индукции: среднее значение электродвижущей силы индукции в проводящем контуре пропорционально скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

Мгновенное значение ЭДС

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Знак минус в математической записи закона учитывает **правило Ленца**, согласно которому *электромагнитная индукция создает в контуре индукционный ток такого направления, что созданное им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызывающего этот ток.*

Если внешний магнитный поток возрастает, то индукционный ток своим магнитным полем стремится замедлить это возрастание. Если магнитный поток убывает, то индукционный ток своим магнитным полем стремится замедлить это убывание.

Применение правила Ленца

1. Показать направление вектора B внешнего магнитного поля;
2. Определить увеличивается или уменьшается магнитный поток через контур;
3. Показать направление вектора B_i магнитного поля индукционного тока (при уменьшении магнитного потока вектора B внешнего поля и B_i магнитного поля индукционного тока должны быть направлены одинаково, а при увеличении магнитного потока B и B_i должны быть направлены противоположно);
4. По правилу буравчика определить направление индукционного тока в контуре.

ХОД РАБОТЫ

1. Соединить катушку с гальванометром и, вдвигая в катушку и выдвигая из катушки магнит, следить за отклонением стрелки гальванометра. Объяснить, почему стрелка отклоняется в разные стороны. Проверить правило Ленца для разных полюсов магнита.

2. Приближая и удаляя с разной скоростью магнит к катушке, установить по показаниям миллиамперметра, как зависит величина индукционного тока от скорости изменения магнитного поля.

Сделать зарисовки проведенных опытов. Указать направление силовых линий внешнего магнитного поля, направление силовых линий магнитного поля индукционного тока, и направление индукционного тока в катушке.

№ п/п	Действия экспериментатора		Показания миллиамперметра	Направление отклонения стрелки миллиамперметра	Направление индукционного тока (схематический рисунок опыта)
1	Введите в катушку северный полюс магнита	Быстро			
2		медленно			
3	Удалите из	Быстро			

4	катушки северный полюс магнита	медленно			
5	Введите в катушку южный полюс магнита.	Быстро			
6		медленно			
7	Удалите из катушки южный полюс магнита	Быстро			
8		медленно			

3. Присоединить вторую катушку к источнику питания и поместить над ней первую так, чтобы оси совпадали. Замыкая и размыкая цепь при помощи ключа, следить за отклонением стрелки гальванометра. Проверить правило Ленца при замыкании и размыкании цепи.

4. Подключить вторую катушку к источнику тока, снова поместить над ней первую и, изменяя силу тока во второй катушке при помощи реостата с различной скоростью, замечать максимальную силу индукционного тока.

№ п/п	Действие экспериментатора	Результат опыта
1	Резко замкните электрическую цепь катушки 2	
2	Резко разомкните электрическую цепь катушки	
3	Увеличить силу тока в катушке 2	
4	Уменьшите силу тока в катушке 2 с помощью реостата	

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

9. Дать определение явления электромагнитной индукции.
10. Как читается правило Ленца? Как пользоваться правилом Ленца?
11. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
12. Магнитный поток, пронизывающий замкнутый проводящий контур равномерно изменяется со скоростью 2 Вб/с. Чему равна ЭДС индукции?
13. При вращении проволочной рамки в однородном магнитном поле пронизывающий рамку магнитный поток изменяется по закону $\Phi = 0,02 \sin 4\pi t$. Запишите формулу зависимости ЭДС от времени $e(t)$. Какова максимальная ЭДС индукции?

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы № 15*

ТЕМА: «Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: экспериментально выяснить характер зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити, построить график данной зависимости, определить значение ускорения свободного падения и сравнить с табличным значением, оценить погрешность измерений.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: уметь собирать установку по схеме, выполнять измерения длин, времени, периода колебаний, оценивать величину ускорения свободного падения, уметь обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы; соблюдать правила по технике безопасности

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: инструкционная карта, измерительная лента, штатив с держателем, груз с нитью длиной не менее 1 метра, пробка с прорезью в боковой поверхности, секундомер

ТЕОРИЯ

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью такого маятника может служить шарик, подвешенный на длинной нити.

На основании многочисленных опытов установлены законы колебания математического маятника:

1. Период колебаний не зависит от массы маятника и амплитуды его колебаний, если угол размаха не превышает 6° .

2. Период колебаний математического маятника прямо пропорционален корню квадратному из длины нити и обратно пропорционален корню квадратному из ускорения свободного падения:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

где l - длина нити.

ХОД РАБОТЫ

1. Поместить штатив с держателем на край стола. Укрепить свободный конец нити груза в прорези пробки и зажать пробку в держателе (рис 1).

2. Измерить длину нити. Длину маятника измерять — от нижнего края пробки до центра тяжести шарика (груза)

3. Отклонить груз на небольшой угол и отпустить. По секундомеру определить время t , за которое маятник совершит n полных колебаний, например 50.

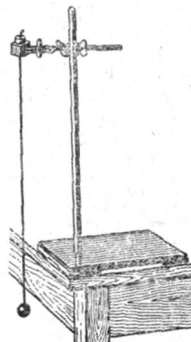


Рис 1

4. Вычислить период полного колебания маятника: $T = \frac{t}{n}$

5. Изменяя длину нити, опыт повторить 7-8 раз.

6. Данные занести в таблицу. Построить график зависимости периода колебаний от длины нити.

Номер опыта	Длина маятника	Число полных колебаний	Время полных колебаний	Период колебаний
№	l (м)	n	t(с)	T (с)

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ.

Используя формулу периода колебаний математического маятника, вычислить ускорение свободного падения.

1. Измерьте в нескольких экспериментах время, за которое маятник совершит 50 колебаний. Длина нити при этом должна быть не менее 1 м.

2. Вычислите $t_{cp} = \frac{t_1+t_2+\dots+t_n}{n}$

3. Вычислите среднюю абсолютную погрешность измерения времени:

$$\Delta t_{cp} = \frac{|t_{cp} - t_1| + |t_{cp} - t_2| + \dots + |t_{cp} - t_n|}{n}$$

4. Вычислите ускорение свободного падения по формуле

$$g_{cp} = \frac{4\pi^2 ln}{t_{cp}^2}$$

5. Определите относительную погрешность измерения ускорения свободного падения

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot \Delta t_{cp}}{t_{cp}} + \frac{\Delta l}{l}$$

где $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$

Для измерительной ленты абсолютная погрешность Δl_1 равна цене деления (0,5 см), Δl_2 - погрешность отсчёта равна половине цены деления.

6. Абсолютная погрешность $\Delta g = g_{cp} \cdot \varepsilon$

7. Результат запишите в виде

$$g_{cp} - \Delta g \leq g \leq g_{cp} + \Delta g$$

Сравнить результат опыта с табличным значением ускорения свободного падения для данной географической широты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. От каких параметров зависит период колебаний математического маятника? Пружинного маятника?

2. Частота колебаний равна 2000 Гц. Чему равен период колебаний?
3. Как связаны циклическая частота и период колебаний?
4. Наибольшая скорость у шарика в момент, когда он проходит положение равновесия. Каким по модулю и направлению при этом будет ускорение шарика?
5. В каких положениях действующая на шарик возвращающая сила будет максимальна? равна нулю?
6. Какова длина математического маятника, если период его колебаний равен 12,56 с?

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА
на выполнение *Лабораторной работы № 16*

ТЕМА: «Определение ёмкости конденсатора»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить работу цепи переменного тока, содержащей конденсатор; определить емкостное сопротивление и емкость конденсатора.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, выполнять прямые измерения силы тока, напряжения, массы тел, выполнять обработку опытных данных и формировать представлений о численных значениях основных физических величин; формировать умение самостоятельно приобретать и применять знания, наблюдать и объяснять сущность физических явлений.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОБОРУДОВАНИЕ: регулируемый источник постоянного и переменного тока, миллиамперметр, вольтметр, конденсатор.

ТЕОРИЯ:

К конденсатору с идеальным диэлектриком, т. е. в нем нет потерь энергии, подведено напряжение

$$U_C = U_{cm} \sin \omega t$$

Определим ток в цепи.

Заряд конденсатора пропорционален напряжению между его обкладками, поэтому изменение напряжения сопровождается изменением заряда.

$$q = CU$$

Сила тока – это скорость изменения заряда, т. е. производная заряда по времени

$$i = \frac{dq}{dt} = (CU_m \sin \omega t)' = CU_m \omega \cos \omega t = CU_m \omega \sin(\omega t + 90^\circ)$$

Сопоставляя U_C и i получаем, что ток через конденсатор по фазе опережает напряжение на конденсаторе на угол 90° .

Амплитуда тока $I_m = U_m \omega C$

Реактивное сопротивление конденсатора называют ёмкостным сопротивлением и вычисляют по формуле

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Ход работы.

1. Начертим схему цепи (см. рисунок 1)
2. Подключаем собранную цепь к источнику переменного тока, снимаем показания амперметра и вольтметра.

3. Вычислить полное сопротивление цепи по закону Ома $Z = \frac{U}{I}$

4. Вычислить циклическую частоту переменного тока ω :

$$\omega = 2\pi\nu$$

5. Вычислить ёмкостное сопротивление конденсатора

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

8. Вычислить ёмкость конденсатора из формулы ёмкостного сопротивления

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C}$$

Результаты записать в таблицу 2.

Таблица 2

	$R, \text{ Ом}$	$I, \text{ А}$	$U, \text{ В}$	$Z, \text{ Ом}$	$\nu, \text{ Гц}$	$\frac{\omega, \text{ рад}}{\text{с}}$	$X_C, \text{ Ом}$	$C, \text{ Ф}$
					50			

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие сопротивления бывают в цепи переменного тока? Укажите формулы, размерности.
2. Сформулируйте закон Ома для цепи переменного тока.
3. Ёмкость конденсатора 100 мкФ. Найдите его сопротивление при включении в цепь переменного тока частотой 100 Гц и 400 Гц.
4. Определить ток в цепи напряжением 220 В, если в нее включен конденсатор 200 мкФ. Активное сопротивление цепи 20 Ом.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение лабораторной работы № 17

ТЕМА: «Определение индуктивности катушки»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определить индуктивность катушки методом амперметра и вольтметра; определить индуктивность; исследовать влияние ферромагнитного сердечника на величину индуктивности катушки.

ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: организовывать собственную деятельность, работать в коллективе и в команде, выполнять прямые

измерения силы тока, напряжения, проводить наблюдения, делать выводы, соблюдая правила по технике безопасности.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ТЕОРИЯ. Считается, что элементы цепи, для которых средняя мощность переменного тока равна нулю, обладают реактивным сопротивлением (в отличие от обычного активного сопротивления R , на котором происходит выделение энергии).

Катушка индуктивности (соленоид) при отсутствии сопротивления R обладает только индуктивным сопротивлением.

Всякое изменение тока в катушке вызывает появление в ней ЭДС самоиндукции, препятствующей изменению тока. Величина ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна величине индуктивности катушки L и скорости изменения тока в ней $\frac{\Delta I}{\Delta t}$.

$$\varepsilon_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

Скорость изменения силы тока – это первая производная силы тока по времени, тогда мгновенное значение ЭДС самоиндукции

$$e_i = -Li'$$

Так как переменный ток непрерывно изменяется, то непрерывно возникающая в катушке ЭДС самоиндукции создает сопротивление переменному току. Она препятствует его возрастанию и, наоборот, поддерживает его при убывании. Таким образом, в катушке индуктивности, включенной в цепь переменного тока, создается сопротивление прохождению тока. Но так как такое сопротивление вызывается в конечном счете индуктивностью катушки, то и называется оно индуктивным сопротивлением.

Для определения формулы индуктивного сопротивления найдем ЭДС самоиндукции такой катушки в цепи переменного тока, меняющегося по гармоническому синусоидальному закону

$$I = I_m \sin \omega t \quad (2)$$

ЭДС самоиндукции катушки e_i равна по величине и противоположна по направлению напряжению u на ее концах, взятому с обратным знаком:

$$e_i = -Li' = -L\omega I_m \cos \omega t$$

Учитывая, что $u = -e_i$, то напряжение на концах катушки оказывается равным:

$$u = -e_i = L\omega I_m \cos \omega t = L\omega I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

где $U_m = L \omega I_m$ — амплитуда напряжения.

$$u = U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (3)$$

Следовательно, колебания напряжения на катушке опережают по фазе колебания силы тока на $\frac{\pi}{2}$ (рис. 1).

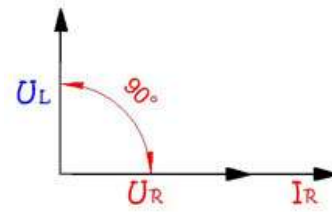
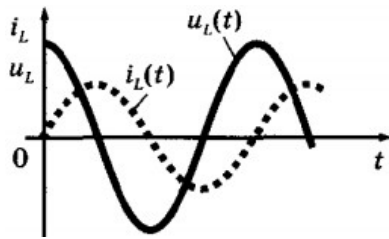


Рис.1

Дважды за период энергия накачивается внутрь катушки (это энергия магнитного поля) и дважды возвращается обратно источнику.

Амплитуда силы тока равна:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}$$

$$X_L = \omega L \quad (4)$$

Величина X_L и есть **индуктивное сопротивление**.

Индуктивное сопротивление X_L , действующее значение силы тока и действующее значение напряжения связаны соотношением:

$$I = \frac{U}{X_L} \quad (5)$$

Индуктивное сопротивление зависит от частоты ω . Чем больше частота, тем больше индуктивное сопротивление, тем меньше ток. При $\omega = 0$ индуктивное сопротивление $X_L = \omega L$ равно нулю. Постоянный ток вообще «не замечает» индуктивности катушки.

Цепи переменного тока с активным и индуктивным сопротивлениями

Реальную катушку можно представить в виде последовательного соединения индуктивного (X_L) и активного (R) сопротивлений (рис. 2).

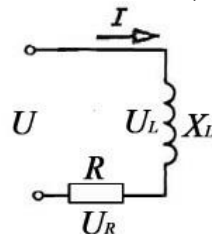


Рис. 2

На векторной диаграмме (рис. 3) видно, что напряжение на активном сопротивлении совпадает по фазе с током, а напряжение на катушке опережает ток на угол 90° .

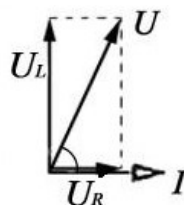


Рис. 3

Общее напряжение (U) равно векторной сумме активного и индуктивного напряжений и его можно определить по теореме Пифагора:

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

Треугольник со сторонами U_L , U_R , U – называется **треугольником напряжений** (рис. 4, а). Треугольнику напряжений подобны треугольники сопротивлений (рис.4, б) и треугольник мощностей (рис. 4, в).

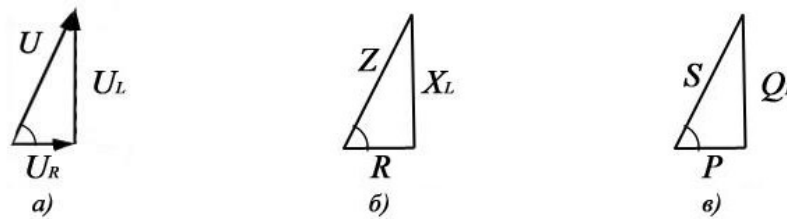


Рис. 4 Треугольники напряжений, сопротивлений, мощностей

Общее сопротивление обозначается буквой Z и определяется по теореме Пифагора:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (6)$$

Общая мощность обозначается буквой S и также определяется по теореме Пифагора:

$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} \quad (7)$$

где $P = I^2 R$ – активная мощность, $Q_L = I^2 X_L$ – реактивная мощность.

ОБОРУДОВАНИЕ: регулируемый источник постоянного и переменного тока, миллиамперметр, вольтметра, катушка индуктивности с вынимающимся ферромагнитным сердечником.

ХОД РАБОТЫ

1. Определить и записать класс точности и предел измерения амперметра и вольтметра.

Таблица 1

Предел измерения		Класс точности		Абсолютная погрешность	
I_m	U_m	k_I	k_U	$\Delta I = k_I I_m$	$\Delta U = k_U U_m$

2. Собрать цепь по схеме, подключив цепь к клеммам постоянного напряжения

3. Удалить сердечник из катушки.

4. Снять показания амперметра и вольтметра для трех положений регулятора источника и результаты измерений записать в таблицу 1 для постоянного тока без сердечника.

5. Вставить сердечник в катушку, повторить измерения, результаты внести в таблицу 2 для постоянного тока с сердечником.

6. Вычислить активное сопротивление катушки по закону Ома и усреднить результат. Оценить погрешность измерений по формуле

$$\Delta R = R \left(\frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} \right) \quad (8)$$

7. Сравнить результаты измерения активного сопротивления для катушки с сердечником и без сердечника. Сделать вывод о влиянии сердечника на величину активного сопротивления катушки.

Таблица 2

№ п/п	Постоянный ток, без сердечника					Постоянный ток, с сердечником				
	I, A	U, B	$R, \text{Ом}$	$R_{\text{ср}}, \text{Ом}$	$\Delta R, \text{Ом}$	I, A	U, B	$R, \text{Ом}$	$R_{\text{ср}}, \text{Ом}$	$\Delta R, \text{Ом}$
1										
2										
3										

1. Выключить источник питания, подключить цепь к клеммам переменного напряжения и снова включить источник.
2. Снять показания амперметра и вольтметра для трех положений регулятора источника и результаты измерений записать в таблицу 1 для переменного тока без сердечника.
3. Выключить источник питания, вложить ферромагнитный сердечник в катушку и снова включить источник. Снять показания приборов для катушки с сердечником.
4. Вычислить полное сопротивление катушки по закону Ома $Z = \frac{U}{I}$ и усреднить результат.
5. Вычислить циклическую частоту переменного тока ω :

$$\omega = 2\pi\nu$$

6. Вычислить индуктивное сопротивление катушки с сердечником и без него из формулы (6):

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

7. Вычислить индуктивность катушки с сердечником и без него из формулы (4):

$$L = \frac{X_L}{\omega}$$

Результаты записать в таблицу 2.

Таблица 2

№ п/п	I, A	U, B	$Z, \text{Ом}$	$Z_{\text{ср}}, \text{Ом}$	$\nu, \text{Гц}$	$\frac{\omega, \text{рад}}{\text{с}}$	$X_L, \text{Ом}$	$L, \text{Гн}$
<i>Без сердечника</i>								
1								
2								
3								
<i>С сердечником</i>								
1								
2								
3								

8. Найдите абсолютную погрешность измерений по формулам (9) и (10):

$$\Delta Z = Z_{\text{cp}} \left(\frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} \right) \quad (9)$$

$$\Delta L = L \cdot \sqrt{\frac{(Z\Delta Z)^2 + (R\Delta R)^2}{(Z^2 - R^2)^2} + \left(\frac{\Delta v}{v}\right)^2} \quad (10)$$

Где $\Delta v = 0,1$ Гц

9. Сделать вывод о влиянии сердечника на индуктивность катушки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем вызвано индуктивное сопротивление у катушки при подключении её в цепь переменного тока?
2. Почему на постоянном токе индуктивное сопротивление катушки равно нулю?
3. Как зависит индуктивность катушки от наличия сердечника.
4. Какой материал используется для изготовления сердечников.
5. В чем особенность ферромагнетиков
6. Как зависит сопротивление катушки от частоты переменного тока.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение лабораторной работы № 18

ТЕМА: «**Определение показателя преломления стекла**».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: наблюдать явление преломления света на границе «воздух-стекло», определить показатель преломления стекла.

ТЕОРИЯ. Свет при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, т. е. преломляется. Преломление объясняется изменением скорости распространения света при переходе из одной среды в другую. *Показатель преломления среды характеризует, во сколько раз скорость света в данной среде меньше, чем в вакууме.*

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в вакууме, v – скорость света в среде.

Законы преломления света:

1. Падающий и преломленный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным через точку падения луча к границе раздела двух сред.
2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для данных двух сред есть величина постоянная. Она называется относительным коэффициентом преломления второй среды относительно первой:

$$n = \frac{\sin i}{\sin \beta} \quad \text{или} \quad \frac{\sin i}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА

на выполнение *Лабораторной работы № 19*

ТЕМА: «**Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки**».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: получить дифракционный спектр и определить длины волн красного и фиолетового света.

ПРИБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом; умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы; проводить измерения длин, получать дифракционный спектр на экране, выполнять расчеты, соблюдать правила по технике безопасности

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА: прибор для определения длины световой волны, подставка для прибора, дифракционная решетка, лампа с прямой нитью накала в патроне со шнуром и вилкой (общая для всех студентов).

ТЕОРИЯ

Дифракционная решетка — оптическое устройство, представляющее собой совокупность большого числа параллельных, обычно равноотстоящих друг от друга, щелей. У хороших решеток параллельные друг другу штрихи имеют длину порядка 10 см, а на каждый миллиметр приходится до 2000 штрихов. При этом общая длина решетки достигает 10–15 см. Изготовление таких решеток требует применения самых высоких технологий. На практике применяются также и более грубые решетки с 50 – 100 штрихами на миллиметр, нанесенными на поверхность прозрачной пленки.

Суммарную ширину щели b_1 и промежутка b_2 между щелями (рис 1) называют *постоянной* или *периодом дифракционной решетки*:

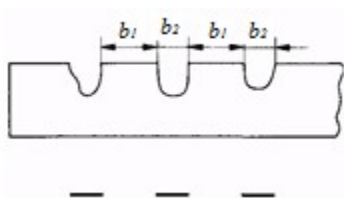


Рис 1

$$d = b_1 + b_2 \quad (1)$$

Пусть на решетку нормально падает плоскопараллельный пучок когерентных волн (рис 2).

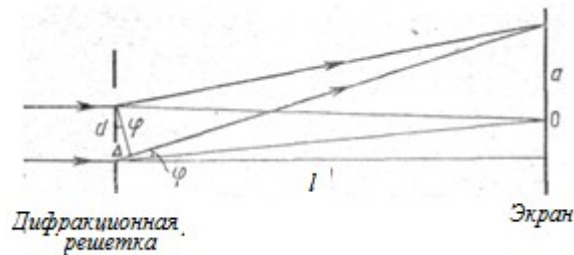


Рис 2

Выберем некоторое направление вторичных волн под углом φ относительно нормали к решетке. Лучи, идущие от крайних точек двух соседних щелей, имеют разность хода Δ . Такая же разность хода будет для вторичных волн, идущих от соответственно расположенных пар точек соседних щелей. Если эта разность хода кратна целому числу длин волн, то при интерференции возникнут *главные максимумы*, для которых выполняется условие

$$\Delta = k\lambda \quad (2)$$

где Δ —разность хода волн ; λ — длина световой волны; k — номер (порядок) максимума.

Центральный максимум называют нулевым; для него $\Delta = 0$. Слева и справа от него располагаются максимумы высших порядков.

Условие возникновения максимума (2) можно записать

$$d \sin \varphi = k\lambda \quad (3)$$

Здесь d — период дифракционной решетки; φ — угол, под которым виден световой максимум (угол дифракции).

Как следует из формулы дифракционной решетки, положение главных максимумов (кроме нулевого) зависит от длины волны λ . Поэтому решетка способна разлагать излучение в спектр, то есть она является **спектральным прибором**. Если на решетку падает немонахроматическое излучение, то в каждом порядке дифракции (т. е. при каждом значении k) возникает спектр исследуемого излучения, причем фиолетовая часть спектра располагается ближе к максимуму нулевого порядка.

Так как углы дифракции, как правило, малы, то для них можно принять $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$. Поэтому

$$d \frac{a}{l} = k\lambda \quad (4)$$

В данной работе формулу (4) используют для вычисления длины световой волны.

ХОД РАБОТЫ

1. Собрать установку (рис 3).

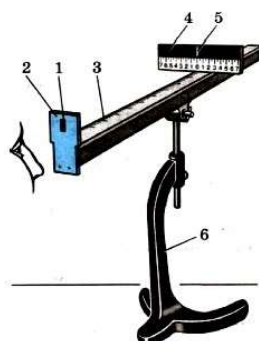


Рис 3

2. Установить на демонстрационном столе лампу и включить ее.
3. Смотря через дифракционную решетку, направить прибор на лампу так, чтобы через окно экрана прибора была видна нить лампы.
4. Экран прибора установить на возможно большем расстоянии, от дифракционной решетки и получить на нем четкое изображение спектров первого и второго порядков.
5. Измерить по шкале бруска расстояние ℓ от экрана прибора до дифракционной решетки.
6. Определить расстояние от нулевого деления шкалы экрана до середины фиолетовой полосы как слева (a_l), так и справа (a_n) для спектров 1 порядка и вычислить среднее значение a_{cp}
7. Опыт повторить со спектрами 2 порядка
8. Такие же измерения выполнить и для красных полос дифракционного спектра.
9. Определить длину волны фиолетовых лучей для спектров 1 и 2 порядков и длину волны красных лучей тех же спектров.
10. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

№ п/п	d, м	ℓ , м	k	Видимые границы спектра фиолетовых лучей			Видимые границы спектра красных лучей			Длина световой волны	
				a_l , м	a_n , м	a_{cp} , м	a_l , м	a_n , м	a_{cp} , м	$\lambda_{кр}$, м	$\lambda_{фиол}$, м

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. При каких условиях наблюдается дифракция?
2. При каком условии наблюдается максимум (минимум) интерференционной картины?

3. Почему нулевой максимум дифракционного спектра белого света — белая полоса, а максимумы высших порядков — набор цветных полос?
4. Почему максимумы располагаются как слева, так и справа от нулевого максимума?
5. Почему имеет радужную окраску лазерный диск?
6. Дифракционная решетка имеет 100 штрихов на каждый миллиметр длины. Рассчитайте длину волны монохроматического света, падающего перпендикулярно на дифракционную решетку, если угол между двумя максимумами первого порядка равен 8 градусов.

Лабораторная работа №19

ТЕМА «Изучение спектров испускания и поглощения»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомиться с видами спектров, спектральными аппаратами и принципом их действия.

ОБОРУДОВАНИЕ: спектроскоп, источник света, атлас спектров

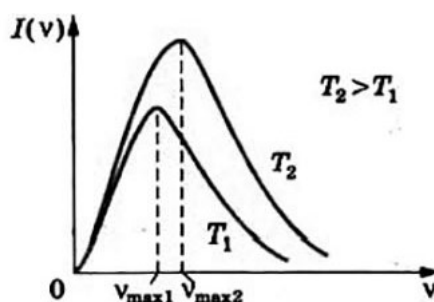
ТЕОРИЯ. Все спектры, как показывает опыт, можно разделить на три типа: непрерывные, линейчатые, полосатые

1. Непрерывные спектры

Солнечный спектр или спектр дугового фонаря является непрерывным. Это означает, что в спектре представлены волны всех длин волн.

В спектре нет разрывов, и на экране спектрографа можно видеть сплошную разноцветную полосу.

Распределение энергии по частотам, т. е. спектральная плотность интенсивности излучения, для разных тел различно. Например, тело с очень черной поверхностью излучает электромагнитные волны всех частот, но кривая зависимости спектральной плотности интенсивности излучения от частоты имеет максимум при определенной частоте ν_{\max} . Энергия излучения, приходящаяся на очень малые ($\nu \rightarrow 0$) и очень большие ($\nu \rightarrow \infty$) частоты, ничтожно мала. При повышении температуры тела максимум спектральной плотности излучения смещается в сторону коротких волн.



Непрерывные (или сплошные) спектры дают тела, находящиеся в твердом или жидком состоянии, а также сильно сжатые газы.

Для получения непрерывного спектра нужно нагреть тело до высокой температуры.

Характер непрерывного спектра и сам факт его существования не только определяются свойствами отдельных излучающих атомов, но и в сильной степени зависят от взаимодействия атомов друг с другом. Непрерывный спектр дает также высокотемпературная плазма. Электромагнитные волны излучаются плазмой в основном при столкновениях электронов с ионами.

2. Линейчатые спектры

Если внести в бледное пламя газовой горелки кусочек асбеста, смоченный раствором обыкновенной поваренной соли, то при наблюдении пламени в спектроскоп видно, как на фоне едва различимого непрерывного спектра пламени вспыхнет яркая желтая линия. Эту желтую линию дают пары натрия, которые образуются при расщеплении молекул поваренной соли в пламени. Каждый из спектров — это частокол цветных линий различной яркости, разделенных широкими темными полосами. Такие спектры называются линейчатыми. **Наличие линейчатого спектра означает, что вещество излучает свет только вполне определенных длин волн (точнее, в определенных очень узких спектральных интервалах).**

Линейчатые спектры дают все вещества в газообразном атомарном (но не молекулярном) состоянии. В этом случае свет излучают атомы, которые практически не взаимодействуют друг с другом. Это самый фундаментальный, основной тип спектров. **Изолированные атомы излучают свет строго определенных длин волн.**

Обычно для наблюдения линейчатых спектров используют свечение паров вещества в пламени или свечение газового разряда в трубке, наполненной исследуемым газом. При увеличении плотности атомарного газа отдельные спектральные линии расширяются, и, наконец, при очень большой сжатии газа, когда взаимодействие атомов становится существенным, эти линии перекрывают друг друга, образуя непрерывный спектр.

3. Полосатые спектры

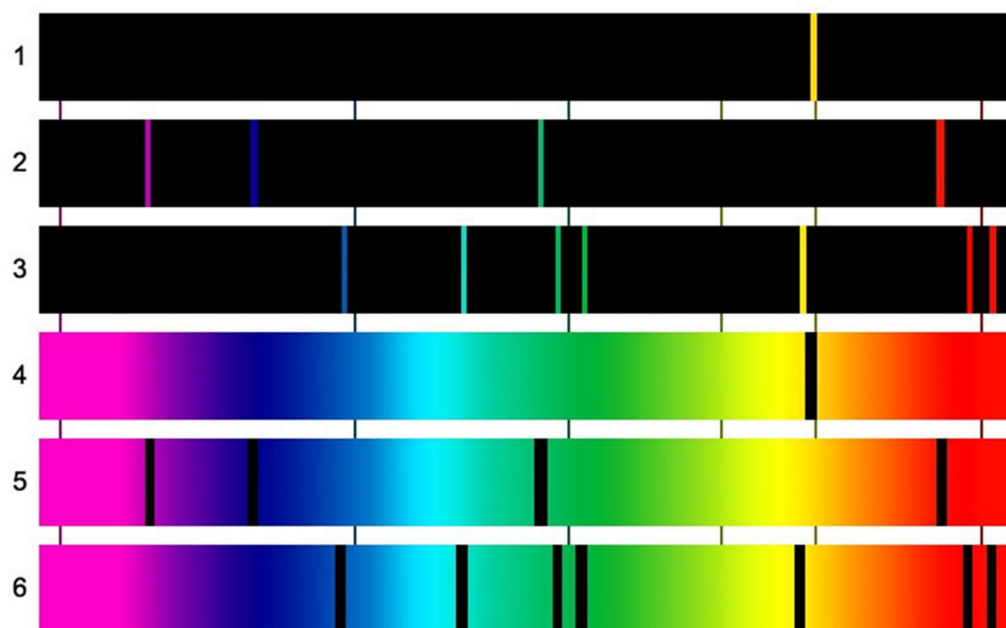
Полосатый спектр состоит из отдельных полос, разделенных темными промежутками. С помощью очень хорошего спектрального аппарата можно обнаружить, что каждая полоса представляет собой совокупность большого числа очень тесно расположенных линий.

В отличие от линейчатых спектров полосатые спектры образуются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом.

Для наблюдения молекулярных спектров так же, как и для наблюдения линейчатых спектров, используют свечение паров вещества в пламени или свечение газового разряда.

СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ

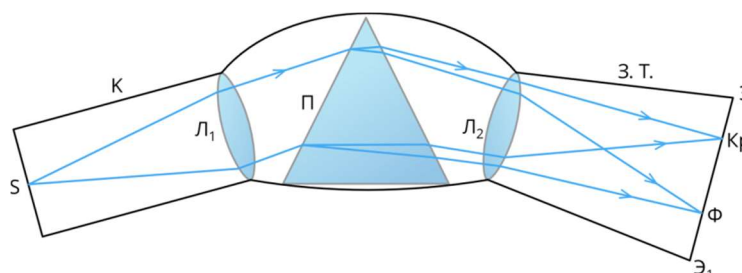
Если пропускать белый свет сквозь холодный, не излучающий газ, то на фоне непрерывного спектра источника появляются темные линии. Газ поглощает наиболее интенсивно свет именно тех длин волн, которые он сам испускает в сильно нагретом состоянии. Темные линии на фоне непрерывного спектра — это линии поглощения, образующие в совокупности спектр поглощения.



Спектры испускания: 1 - натрия; 2 - водорода; 3 - гелия.
Спектры поглощения: 4 - натрия; 5 - водорода; 6 - гелия.

СПЕКТРОСКОП И СПЕКТРОГРАФ

В настоящее время для получения чётких и ярких спектров используют специальные оптические приборы. Внешний вид и устройство одного из таких приборов — **двухтрубного спектроскопа** — показано на рисунке.



Для разложения света в спектр используется призма **П**. В трубе **К** (коллиматоре) имеется узкая щель **S**, расположенная в фокальной

плоскости линзы L_1 . Благодаря этому на призму падает параллельный пучок света. Из призмы выходят цветные пучки света. Поскольку показатель преломления для излучения данной длины волны одинаков, то пучки света одинаковой длины волны параллельны между собой. На рисунке показаны два пучка, у которых параллельны лучи одинакового цвета (два красных и два фиолетовых луча). Линза L_2 фокусирует параллельные лучи и даёт на экране множество изображений щели — спектр. Если вместо экрана поместить фотопластинку, то спектр можно сфотографировать. Прибор, в котором спектр получается на фотопластинке, называется **спектрографом**.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Получить с помощью призмы непрерывный спектр. Выполнить рисунок.
2. Описать устройство спектроскопа и спектрографа. Наблюдать спектры с помощью спектроскопа.
3. Выписать виды спектров, условия их получения, сделать рисунки, на которых отметить отличительные особенности
4. Описать применение спектрального анализа, его достоинства и недостатки.

Литература

Основные источники

1. Васильев, А. А. Физика : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Васильев, В. Е. Федоров, Л. Д. Храмов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 211 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05702-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449120>

2. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 265 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07177-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470581>

Дополнительные источники:

1. Горлач, В. В. Физика : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 215 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09366-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472638>
2. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
3. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
4. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для среднего профессионального образования / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 265 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-7003-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426398>