



**ГБПОУ «Пермский политехнический колледж
имени Н.Г. Славянова»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОУД.13 ФИЗИКА**

для реализации Программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)
по специальности

**08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
промышленных и гражданских зданий
на базе основного общего образования
(технологический профиль профессионального образования)**

СОДЕРЖАНИЕ

1	Пояснительная записка	3
2	Содержание лабораторных занятий	
	Лабораторная работа № 1 Опытная проверка закона Гей-Люссака.	5
	Лабораторная работа № 2 Измерение влажности воздуха.	8
	Лабораторная работа №3 Измерение емкости конденсатора	10
	Лабораторная работа №4 Изучение смешанного соединения резисторов	13
	Лабораторная работа №5 Измерение электродвижущей силы источника тока и его внутреннего сопротивления	18
	Лабораторная работа №6 Изучение явления электромагнитной индукции	20
	Лабораторная работа №7 Исследование переменного тока в цепи из последовательно соединенных конденсатора, катушки и резистора	23
	Лабораторная работа №8 Определение показателя преломления стекла	26
	Лабораторная работа №9 Наблюдение сплошного и линейчатого спектров	29
3	Список источников и литературы	32

Методические указания по выполнению лабораторных занятий обучающимися по дисциплине ОУД.13 Физика предназначены для обучающихся по специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий.

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении лабораторных работ по дисциплине ОУД.13 Физика.

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий, направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ПК 1.1. Выполнять работы по вводу домовых силовых систем в эксплуатацию;

ПК 1.2. Выполнять работы по вводу домовых слаботочных систем в эксплуатацию;

ПК 2.1. Проверять техническое состояние муниципальных линий электропередач;

ПК 3.3. Выполнять проверку и наладку электрооборудования на объектах электроснабжения в промышленном и гражданском строительстве, в том числе с различными видами релейных защит;

ПК 4.2. Выполнять монтаж и наладку электрооборудования автоматизации систем управления вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, отопления.

В результате выполнения лабораторных занятий по дисциплине ОУД.13 Физика обучающиеся должны **уметь:**

- проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, выдвигать гипотезы и строить модели, применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ;

- практически использовать физические знания;

- оценивать достоверность естественнонаучной информации;

- описывать и объяснять физические явления и свойства тел: свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию, распространение электромагнитных волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;

- отличать гипотезы от научных теорий;

- делать выводы на основе экспериментальных данных;

- приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;

- определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле;

- измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей.

знать:

- смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения;

- смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд;

- смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта.

Описание каждой лабораторной работы содержит: раздел, тему, цель, количество часов, материальное обеспечение, теоретическую часть (при необходимости), порядок выполнения работы, содержание отчета, контрольные вопросы (при необходимости), критерии оценивания лабораторной работы.

На выполнение лабораторных занятий по дисциплине **ОУД.13 Физика** отводится 18 часов.

Критерии оценивания лабораторных занятий

Рекомендуется сначала сделать необходимые записи на черновике. Затем оформить лабораторные работы на чистовиках (отдельные листы или тетради). В конце каждой работы должна быть отметка преподавателя о защите.

Защита лабораторной работы происходит после выполнения экспериментальной части в полном объеме. Форма защиты: проверка отчета преподавателем как выполненной письменной работы (без участия обучающегося).

Оценка за выполнение лабораторной работы выставляется после защиты по пятибалльной системе и учитывается как показатель текущей успеваемости обучающихся.

Оценка «5» ставится, если обучающийся выполняет лабораторную работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; грамотно формулирует выводы о проделанной работе; в полном объеме и правильно отвечает на контрольные вопросы.

Оценка «4» ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки; отчет оформлен не в полном объеме, ответы на контрольные вопросы с ошибками.

Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

Опытная проверка закона Гей-Люссака

Раздел 2: Основы молекулярной физики и термодинамики.

Тема 2.1: Основы молекулярно-кинетической теории. Идеальный газ.

Цель: опытным путем проверить справедливость закона Гей-Люссака.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8-10 мм, цилиндрический сосуд длиной 600 мм и диаметром 40-50 мм, наполненный горячей водой ($t \approx 60^\circ\text{C}$), стакан с водой комнатной температуры, пластилин, термометр, линейка.

Теоретическая часть

Изобарный(или изобарический) процесс - это изменение термодинамической системы с условием не изменения давления ($p = \text{const}$). *Изобарой* называют линию, которая отображает изобарический процесс на графике. Этот процесс описывает закон Гей-Люссака.

Закон Гей-Люссака: для газа данной массы отношение объема к температуре постоянно, если давление газа не меняется.

$$P = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (1.1)$$

Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и проверить справедливость равенства

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{или} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1.2)$$

Это можно осуществить, используя воздух при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом вверх помещается на 3-5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой. В этом случае объем воздуха V_1 равен объему стеклянной трубки, а температура - температуре горячей воды T_1 . Это - первое состояние (рисунок 1.1а). Чтобы при переходе воздуха во второе состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином.

После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой и замазанный конец быстро опускают в стакан с водой комнатной температуры, а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься (рисунок 1.1в).

После прекращения подъема воды в трубке объем воздуха в ней станет равным $V_2 < V_1$. Для того чтобы давление воздуха в трубке осталось тем же, что и в первом состоянии, т.е. равным атмосферному, необходимо погрузить трубку на такую глубину, чтобы уровни воды в трубке и в стакане стали одинаковыми (рисунок 1.1с).

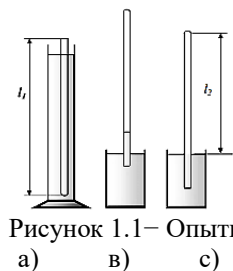


Рисунок 1.1 – Опыты
а) б) в)

Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре окружающего воздуха T_2 . Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях можно заменить отношением высот воздушных столбов в трубке в этих состояниях, если сечение трубки постоянно по всей длине ($V_1/V_2 = S \cdot l_1 / S \cdot l_2 = l_1 / l_2$). Поэтому в работе следует сравнивать отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 . Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура – термометром.

Измерение – это нахождение численного значения физической величины опытным путем с помощью средств измерений.

Измерения бывают прямыми и косвенными.

При *прямых измерениях* искомое значение величины находят непосредственно из основных (опытных) данных с помощью средств измерений.

Косвенное измерение – определение значения физической величины по формуле, связывающей её с другими физическими величинами, определяемыми прямыми измерениями.

При измерениях неизбежно возникают погрешности. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины есть *погрешность измерения*.

Истинные значения физических величин – это значения, идеальным образом отражающие свойства данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Они не зависят от средств нашего познания и являются абсолютной истиной.

Результаты измерений, напротив, являются продуктами нашего познания. Представляя собой приближенные оценки значений величин, найденные путем измерения, они зависят не только от них, но еще и от метода измерения, от технических средств, с помощью которых проводятся измерения, и от свойств органов чувств наблюдателя, осуществляющего измерения, и от условий измерений (внешнее влияние окружающей среды).

Абсолютная погрешность измерения – это модуль разности между измеренным и истинным значением измеряемой величины:

$$\Delta a = |a - a_0|, \quad (1.3)$$

где

Δa – абсолютная погрешность измерения,

a – это измеренное значение,

a_0 – это истинное значение.

Результат измерений физической величины записывают в виде $a = a_0 \pm \Delta a$.

Абсолютные погрешности имеют размерности измеряемой величины.

Относительная погрешность измерений – отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению, выраженное в процентах. Обозначается относительная погрешность буквой ε (эпсилон) или δ (сигма):

$$\delta = \frac{\Delta a}{a_0} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

Относительная погрешность является мерой точности измерения: чем меньше относительная погрешность, тем измерение точнее.

По абсолютной погрешности о точности измерения судить нельзя.

На практике абсолютную и относительную погрешности округляют до двух значащих цифр с избытком, т.е. всегда в сторону увеличения. Значащие цифры – это все верные цифры числа, кроме нулей слева. Результаты измерений записывают только значащими цифрами.

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 1.1) для записи результатов измерений и вычислений.
 - 2 Подготовьте стакан с водой комнатной температуры и сосуд с горячей водой.
 - 3 Измерьте длину l_1 стеклянной трубки и температуру воды t_1 в цилиндрическом сосуде.
 - 4 Приведите воздух во второе состояние так, как об этом сказано выше. Измерьте длину воздушного столба в трубке l_2 и температуру окружающего воздуха t_2 .
- Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура – термометром.
- 5 Вычислите отношения l_1/l_2 .
 - 6 Переведите градусы Цельсия в Кельвины $T_1 = t_1 + 273$, $T_2 = t_2 + 273$, вычислите отношение T_1/T_2 .
 - 7 Вычислите относительные (ε_1 и ε_2) и абсолютные (Δ_1 и Δ_2) погрешности по формулам:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}, \quad \Delta_1 = \frac{l_1}{l_2} \varepsilon_1;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2}, \quad \Delta_2 = \frac{T_1}{T_2} \varepsilon_2$$

- 8 Сравните отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 . Сформулируйте вывод о справедливости закона Гей-Люссака.

Таблица 1.1– Результаты измерений и расчётов

Измерено				Рассчитано									
$l_1, \text{мм}$	$l_2, \text{мм}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta l, \text{мм}$	T_1, K	T_2, K	$\Delta T, \text{K}$	l_1/l_2	$\varepsilon_1, \%$	Δ_1	T_1/T_2	$\varepsilon_2, \%$	Δ_2

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки экспериментов.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.

- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 При каких условиях справедлив закон Гей-Люссака?
- 2 Какая зависимость объема V газа от его температуры T ? Как называется этот график?
- 3 Как называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины? Укажите факторы, ухудшающие результат эксперимента.

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №2 Измерение влажности воздуха

Раздел 2: Основы молекулярной физики и термодинамики.

Тема 2.3: Свойства паров.

Цель: научиться с помощью психрометра и психрометрической таблицы определять относительную влажность воздуха в помещении.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: психрометр, психрометрическая таблица, таблица давления насыщенных водяных паров и их плотности при различных температурах.

Теоретическая часть

В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютная влажность ρ определяется массой водяного пара, содержащегося в 1 м^3 воздуха, т.е. плотностью водяного пара при данной температуре.

Абсолютную влажность можно определить по температуре *точки росы* – температуре, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным.

Насыщенный пар – это пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью. *Динамическое равновесие* – это состояние системы «пар – жидкость», при которой количество молекул, вышедших из жидкости (перешедших в пар), равно количеству молекул, которое вернулось из пара обратно в жидкость. Если же преобладает испарение над возвращением частиц обратно в жидкость, то такой пар, который находится над жидкостью, называется *ненасыщенным*.

Температура точки росы определяется с помощью гигрометра, а затем по таблице «Давление насыщенных паров и их плотность при различных температурах» находят соответствующую температуре точке росы плотность. Найденная плотность и есть абсолютная влажность окружающего воздуха.

Относительная влажность φ показывает, насколько плотность пара, содержащегося в воздухе близка или далека от плотности ρ_n водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} 100\% .$$

Психрометр состоит из двух термометров: сухого и смоченного (рисунок 2.1).

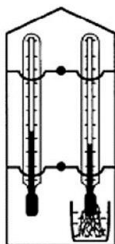


Рисунок 2.1– Психрометр

Резервуар одного из них остаётся сухим, и термометр показывает температуру окружающего воздуха. Резервуар другого обмотан полоской ткани, конец которой опущен в воду. Вода испаряется, благодаря чему термометр охлаждается. Чем больше относительная влажность воздуха, тем менее интенсивно идёт испарение и тем меньше разность показаний сухого и смоченного термометров. При относительной влажности равной 100% вода не будет испаряться и показания обоих термометров будут одинаковы. По разности температур сухого и смоченного термометров с помощью психрометрических таблиц определяется относительная влажность воздуха.

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 2.1) для записи результатов измерений и вычислений.
- 2 Определите температуру воздуха в помещении по показаниям сухого термометра.
- 3 Проверьте наличие воды в резервуаре психрометра и при необходимости долить её. Убедиться, что вода смачивает всю марлю, охватывающую шарик термометра.
- 4 Выждав 10-15 минут (пока показания влажного термометра перестанут изменяться), определите показания смоченного термометра.
- 5 Вычислите разность показаний сухого и смоченного термометров и по психрометрической таблице 2.2 определите относительную влажность воздуха.
- 6 Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 2.1.
- 7 Сформулируйте вывод.

Таблица 2.1–Результаты измерений и расчётов

Показания термометров		Разность показаний термометров $t_c - t_{cm}$	Относительная влажность воздуха ϕ , %
сухого $t, ^\circ C$	смоченного $t, ^\circ C$		

Таблица 2.1–Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, $^{\circ}C$	Разность показаний сухого и влажного термометра, $^{\circ}C$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
0	100	81	63	45	28	11	0	0	0	0	0
2	100	84	68	51	35	20	0	0	0	0	0
4	100	85	70	56	42	28	14	0	0	0	0
6	100	86	73	60	47	35	23	10	0	0	0
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	0	0
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	0
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	0
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок психрометра.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Вывод о выполненной работе.
- 6 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое влажность воздуха?

- 2 Какими приборами можно определить влажность воздуха?
- 3 Что называется относительной влажностью воздуха?
- 4 Можно ли определить давление с помощью термометра?
- 5 Что называется точкой росы?
- 6 Когда относительная влажность воздуха равна 100%?
- 7 Какое значение имеет влажность воздуха в природе и технике?
- 8 Относительная влажность воздуха вечером при температуре 15 °С равна 60%. Выпадет ли роса, если ночью температура понизится до 8 °С?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №3 Измерение электрической емкости конденсаторов

Раздел 3: Электродинамика

Тема 3.1: Электрическое поле

Цель: научиться опытным путем определять электроемкость конденсаторов.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник электрической энергии, миллиамперметр, перекидной ключ на два положения, эталонный конденсатор, конденсатор неизвестной емкости, набор проводов.

Теоретическая часть

Электроемкость (C), характеризует зависимость заряда наэлектризованного проводника от внешних условий, размеров и формы проводника и показывает способность проводника накапливать электрический заряд.

$$C = \frac{q}{U}, \quad \frac{K_1}{B} = (\Phi) \Phi_{арад}$$

Два проводника, разделенные слоем диэлектрика, называется *конденсатором* и служит для накопления электрических зарядов и энергии. Устройство простейшего плоского конденсатора представлено на рисунке 3.1

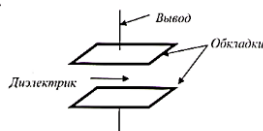


Рисунок 3.1– Устройство простейшего плоского конденсатора

Электроемкость конденсатора находят по формуле: $C = \frac{S}{d} = \frac{q}{U}$

На практике нередко используются *конденсаторные батареи* (рис. 3.2).

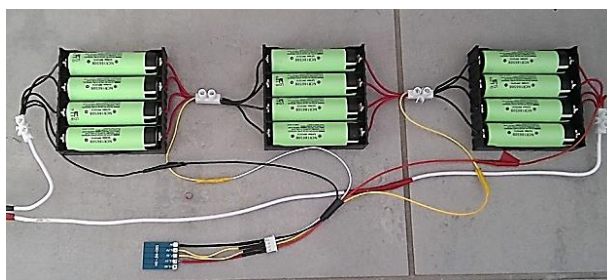


Рисунок 3.2– Конденсаторная батарея

Конденсаторная батарея представляет собой набор из нескольких конденсаторов постоянной емкости, соединенных между собой параллельно, последовательно или смешанно.

Формулы для расчета параллельного и последовательного типа соединения конденсаторов показаны на рисунке 3.3.

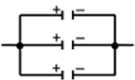
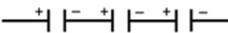
Параллельное соединение	Последовательное соединение
	
Заряд: $q = q_1 + q_2 + q_3$	Заряд: $q = q_1 = q_2 = q_3$
Напряжение: $U_1 = U_2 = U_3$	Напряжение: $U = U_1 + U_2 + U_3$
Емкость батареи: $C = C_1 + C_2 + C_3$	Емкость батареи: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

Рисунок 3.3– Формулы расчета соединений конденсаторов

Простейший способ проверки исправности конденсатора - внешний осмотр, при котором обнаруживаются механические повреждения. Если при внешнем осмотре дефекты не обнаружены, проводят электрическую проверку. Она включает: проверку на короткое замыкание, пробой, целостность выводов, проверку утечки (сопротивление изоляции), измерение емкости.

Примеры применения конденсаторов

- 1) Свойство накапливать на короткое время электрическую энергию и быстро ее отдавать используется - в импульсных конденсаторах, которые есть в составе схем зажигания люминесцентных ламп, фотовспышек, лазеров;
- в пусковых конденсаторах в электродвигателях для их быстрого и выключения.
- 2) Свойство не пропускать постоянный ток используется в разделительных конденсаторах в электрических и электронных схемах для работы различных устройств, например, усилителях высоких и низких частот.
- 3) Электроника - в блоках питания, процессорах и других микросхемах применяют для различных целей конденсаторы.



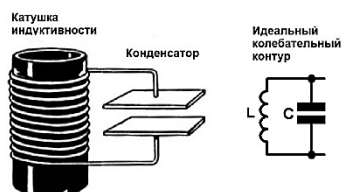
- 4) Для создания конденсатора большой емкости необходимо увеличить площадь пластин и уменьшить толщину слоя диэлектрика. Конденсаторы с емкостью в несколько фарад - ионисторы, используются в автомобилях, как источники питания двигателя.



- 5) Прохождение тока через сопротивление сопровождается выделением тепла - энергия электрического поля переходит в тепло. В машиностроении широко используют индукционный нагрев металлов токами высокой частоты (поверхностная закалка и легирование стали, ковка, штамповка и прокат, плавка металлов, пайка и т. п.). Для индукционного нагрева металлов служат электротермические установки, в составе которых есть силовые конденсаторы. На фотографии показан индукционный нагрев резцов.



- 6) Конденсаторы с переменной емкостью широко используются в радиотехнике. Например, изменяя емкость конденсатора в колебательном контуре, можно настраивать радиоприемник на нужную частоту.



10



Порядок выполнения работы

1 Собрать электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке 3.4, включив сначала конденсатор неизвестной емкости (эталонный).

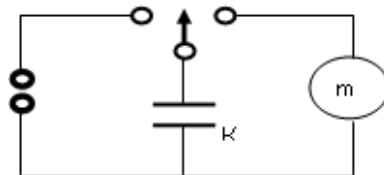


Рисунок 3.4 – Схема электрической цепи

2 Зарядить конденсатор, перебросив ключ К в положение 1, т. е. подключить конденсатор к источнику постоянного тока.

3 Перебросив ключ в положение 2 заряженный конденсатор соединить к миллиамперметру, в результате чего конденсатор разрядится через него. Отметить, на сколько делений отклонится стрелка прибора.

Опыт повторить несколько раз. Записать в таблицу среднее значение $n_{cp} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$.

4 Вычислить коэффициент по формуле: $k = \frac{n_{cp}}{C}$.

5 Заменить эталонный конденсатор С конденсатором неизвестной емкости C_x и проделать предыдущую работу (пункт 3), найдя n_x .

6 Определить C_x по формуле: $C_x = \frac{n_x}{n_{cp}} C$.

7 Провести те же измерения для других конденсаторов неизвестной емкости. Результаты занесите в таблицу 3.1.

8 Сравнив истинные значения емкостей с вычисленными, подсчитать абсолютную и относительную погрешности измерений.

$$\Delta C = C_m - C_{изм} \quad \varepsilon C = \frac{\Delta C}{C_m} 100\%$$

9 Сформулируйте вывод.

Таблица 3.1 – Результаты измерений и расчётов

№ опыта	п	к	С, мкФ	n_x	C_x , мкФ	C_m , мкФ	εC , %
1							
2							
3							

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок электрической схемы.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Какое устройство называется конденсатором, по какой формуле вычисляют его емкость?
- 2 Назовите типы соединения конденсаторов в батарею и формулы расчета.

- 3 Какой тип соединения конденсаторов выгоден для накопления большего заряда и почему?
- 4 Какие неисправности могут быть у конденсаторов?
- 5 Применение конденсаторов в специальности.

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №4 Изучение смешанного соединения резисторов

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.2: Законы постоянного тока.

Цели: изучить законы смешанного соединения проводников

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник тока, набор резисторов, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Теоретическая часть

Параллельным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором к одному зажиму источника подключаются начала сопротивлений, а к другому зажиму – концы (рисунок 4.1).

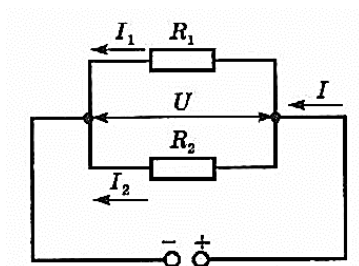


Рисунок 4.1 – Параллельное соединение сопротивлений

Так как начала всех сопротивлений сведены в одну общую точку, а концы – в другую, то очевидно, что разность потенциалов на концах любого из параллельно включенных сопротивлений равна разности потенциалов между общими точками.

Таким образом, при параллельном соединении *напряжения* на всех проводниках одинаковы и равны $U_1 = U_2 = U_n$.

Если разветвление подключено непосредственно к зажимам источника тока, то напряжение на каждом из сопротивлений равно напряжению на зажимах источника:

$$U_1 = U_2 = U_n = U \quad (4.1)$$

По закону Ома, напряжения U_1 и U_2 на проводниках равны:

$$U_1 = I \cdot R_1, \quad U_2 = I \cdot R_2 \dots \quad (4.2)$$

При параллельном соединении проводников электрическая цепь разветвляется. Поэтому часть общего заряда проходит через один проводник, а часть – через другой.

Сумма всех *токов*, протекающих по проводникам, равна току в неразветвленной цепи:

$$I = I_1 + I_2 \dots \quad (4.3)$$

Это следует из того, что в точках разветвления токов (узлах) в цепи постоянного тока не могут накапливаться заряды.

Еще одно свойство цепи с параллельным соединением заключается в том, что электрический ток распределяется по параллельным ветвям обратно пропорционально их сопротивлениям: чем больше сопротивление, тем меньше по нему пойдет ток:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (4.4)$$

Общее сопротивление для любого числа n параллельно включенных проводников определяется по формуле:

$$\frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n} \quad (4.5)$$

Если параллельно включено только два сопротивления, то их общее сопротивление можно определить по формуле:

$$R_{общ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (4.6)$$

Если параллельно включено любое количество проводников n одинаковых сопротивлений, то их общее сопротивление можно определить, если сопротивление одного проводника разделить на количество проводников:

$$R_{общ} = \frac{R_1}{n} \quad (4.7)$$

Таким образом, для параллельного соединения проводников справедливы следующие свойства:

- 1) напряжение на всех проводниках одинаково;
- 2) сила тока в месте соединения проводников равна сумме токов в отдельных проводниках;
- 3) величина, обратная сопротивлению всего соединения, равна сумме величин, обратных сопротивлениям отдельных проводников.

Преимуществом параллельного соединения является то, что при отключении одного из потребителей, остальные продолжают работать.

Последовательным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором конец первого сопротивления соединяется с началом второго, конец второго - с началом третьего и т. д. (рисунок 4.2).

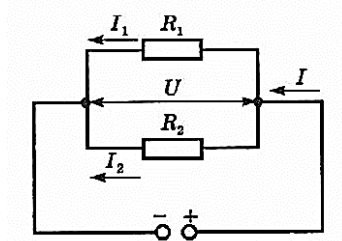


Рисунок 4.2 – Последовательное соединение сопротивлений

Первое свойство последовательно соединенных сопротивлений: *общее сопротивление* последовательно соединенных любого количества проводников равно сумме их сопротивлений:

$$R_{общ} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n \quad (4.8)$$

Общее сопротивление цепи $R_{общ}$, состоящей из n одинаковых проводников, каждый с сопротивлением R_1 , то $R_{общ}$ в n раз больше сопротивления одного проводника:

$$R_{общ} = R_1 \cdot n \quad (4.9)$$

Напряжение источника тока, приложенное к внешнему участку цепи, распределяется по участкам цепи прямо пропорционально сопротивлениям этих участков. Напряжение, приложенное к каждому из этих резисторов, определяется по формуле:

$$U = U_1 + U_2 + U_n \quad (4.10)$$

Напряжение на каждом проводнике по закону Ома равно:

$$U_1 = I \cdot R_1, \quad U_2 = I \cdot R_2 \dots \quad (4.11)$$

В таком случае общее напряжение равно:

$$U = I (R_1 + R_2 + \dots) \quad (4.12)$$

Так как в данной цепи отсутствует ответвление тока, то очевидно, что количество электричества, протекающее через поперечное сечение проводника за единицу времени в любой точке цепи будет одинаковым.

Следовательно, во всех точках последовательной цепи *величина тока* одинакова $I = I_1 = I_2 = I_n$ и рассчитывается по закону Ома:

$$I = U/R \quad (4.13)$$

Поэтому при последовательном соединении для измерения тока достаточно включать один амперметр на любом участке цепи.

Так как ток в последовательной цепи везде одинаков значит действительно напряжение на ее участках зависит от сопротивления: чем больше сопротивление, тем большее напряжение приложено к данному участку:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (4.14)$$

Таким образом, для последовательного соединения проводников справедливы следующие свойства:

- 1) сила тока во всех проводниках одинакова;
- 2) напряжение на всём соединении равно сумме напряжений на отдельных проводниках;
- 3) сопротивление всего соединения равно сумме сопротивлений отдельных проводников.

Недостатком последовательного соединения является следующее свойство: если на одном из участков цепи какой-либо из потребителей не работает (например, перегорела одна лампочка), тогда ток не течёт во всей цепи. Однако, это свойство используют для защиты электрических цепей от короткого замыкания и перегрузок. Последовательно с потребителями в цепь включают *электрический предохранитель*. Предохранитель перегорает и размыкает электрическую цепь, если сила тока превышает допустимое значение.

Для измерения силы тока в проводнике применяют электроизмерительный прибор - *амперметр*, который включают последовательно с этим проводником (рисунок 4.3). Угол отклонения стрелки амперметра зависит от силы тока в его измерительном механизме. Включение амперметра не должно вызывать изменения в режиме работы цепи, поэтому сопротивление амперметра должно быть малым по сравнению с сопротивлением соответствующего участка цепи.

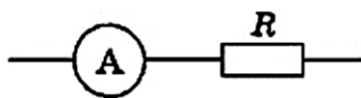


Рисунок 4.3 – Включение амперметра в электрическую цепь

Прибор для измерения напряжения называется *вольтметр*. Вольтметр присоединяют параллельно участку цепи, напряжение на котором необходимо измерить. Напряжение на вольтметре такое же, как и на участке цепи. Для того чтобы вольтметр не вносил заметных искажений в измеряемое напряжение, его сопротивление должно быть большим по сравнению с сопротивлением того участка цепи, параллельно которому он включается (рисунок 4.4).

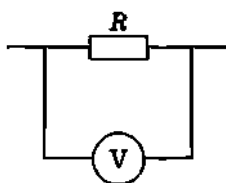


Рисунок 4.4 – Включение вольтметра в электрическую цепь

Смешанное (комбинированное) соединение проводников – это соединение, при котором в электрической цепи одновременно присутствуют и последовательное, и параллельное соединения проводников.

Для расчёта электрической цепи со смешанным соединением проводников (рис. 4.5) используют метод эквивалентных преобразований. Метод эквивалентных преобразований заключается в том, что электрическую цепь или ее часть заменяют более простой по структуре электрической цепью. При этом токи и напряжения в непреобразованной части цепи должны оставаться неизменными, т.е. такими, какими они были до преобразования. В результате преобразований расчет цепи упрощается и часто сводится к элементарным арифметическим операциям (рис. 4.6).

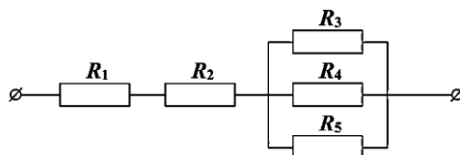


Рисунок 4.5 – Электрическая цепь со смешанным соединением проводников

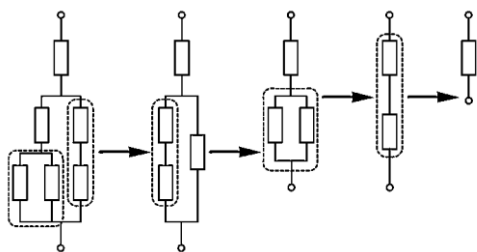


Рисунок 4.6 – Метод эквивалентных преобразований

Порядок выполнения работы

1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 4.1) для записи результатов измерений и вычислений.

Таблица 4.1 – Результаты измерений и расчётов

№п/п	Параллельное соединение		Последовательное соединение	
	1	2	3	4
I, (A)				
U, (В)				
R, (Ом)				

2 Соберите электрическую цепь по одной из схем по вариантам (рис. 4.6). Ключ перед началом работы должен быть разомкнут

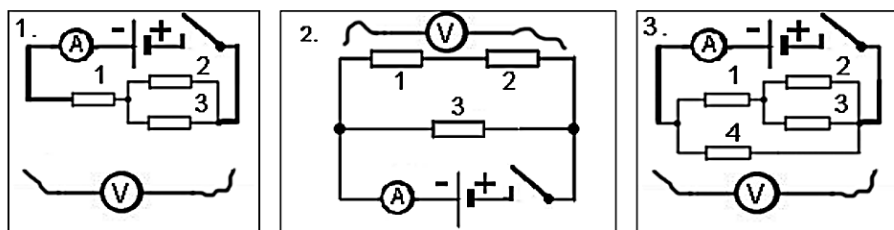


Рисунок 4.6 – Варианты электрических схем со смешанным соединением проводников

3 Измерение напряжения. Включите цепь. Измерьте, прикасаясь проводами вольтметра к клеммам резисторов справа и слева, напряжение на каждом из резисторов, а также на концах групп резисторов и общее

напряжение. Выключите цепь. Запишите данные в соответствующие ячейки таблицы 4.1 данные о напряжениях на отдельных участках и на всей цепи.

4 Измерение силы тока. Включите цепь, снимите показания амперметра для всей цепи. Выключите цепь. Запишите силу тока I_0 в таблицу 4.1. Измерьте силу тока, протекающую через каждый из резисторов, а также через группы резисторов. Выключите цепь, запишите данные в таблицу.

5 По данным силы тока и напряжения подсчитайте значения сопротивлений для каждого из участков.

6 Сформулируйте вывод о взаимосвязи каждой из трех величин в таблице (сила тока I , напряжение U , сопротивление R) на соответствующих участках: выполняются ли законы на участках параллельного и последовательного соединений при смешанном соединении проводников? Подтвердите свой вывод своими измерениями.

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки электрических схем.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Как соединены потребители электрической энергии в вашей квартире? Почему?
- 2 Как включается в электрическую цепь предохранитель? Нарисуйте его условное обозначение на электрических схемах.
- 3 Как называется прибор для измерения силы тока? Как он включается в электрическую цепь? Каково должно быть внутреннее сопротивление данного прибора? Как можно расширить диапазон измерения данного прибора? Нарисуйте схему.
- 4 Как называется прибор для измерения напряжения? Как он включается в электрическую цепь? Каково должно быть внутреннее сопротивление данного прибора? Как можно расширить диапазон измерения данного прибора? Нарисуйте схему.
- 5 Составьте схему, чтобы в резисторе получить половину тока и половину напряжения источника тока? Докажите формулами, что ваша схема верна.
- 6 Составьте схему, чтобы на резисторе получить десятую часть мощности от потребляемой всей цепью? Докажите формулами, что ваша схема верна.

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, таблица, вычисления, составлены электрические схемы, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №5

Измерение электродвижущей силы источника тока и его внутреннего сопротивления

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.2: Законы постоянного тока.

Цель: определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника постоянного тока.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник постоянного напряжения, мультиметр в режиме амперметра, набор резисторов, ключ, соединительные провода, переключки.

Теоретическая часть

Любые силы, которые действуют на электрически заряженные частицы, кроме сил электростатического происхождения (т.е. кулоновских), называют *сторонними силами*. Сторонние силы приводят в движение заряженные частицы внутри всех источников тока. Действие сторонних сил характеризуется важной физической величиной электродвижущей силой (ЭДС).

Электродвижущая сила в замкнутом контуре - отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

В источнике тока из-за действия сторонних сил происходит разделение зарядов. Так как они движутся, они взаимодействуют с ионами кристаллов и электролитов и отдают им часть своей энергии. Это приводит к уменьшению силы тока, таким образом, источник тока обладает сопротивлением, которое называют внутренним r . Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и полное сопротивление цепи.

Закон Ома для полной цепи: сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннего сопротивления источника:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Если к исследуемому источнику тока подключать поочерёдно два резистора с разными сопротивлениями, то, измеряя при этом силу тока в обоих случаях, можно записать два уравнения, из которых легко вычислить ЭДС и внутреннее сопротивление источника:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r} \quad \text{и} \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}.$$

Решая совместно эти уравнения, получим:

$$I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r;$$

откуда выразим формулы для внутреннего сопротивления и ЭДС источника тока:

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}; \quad \mathcal{E} = I_1 (R_1 + r), \quad \text{или} \quad \mathcal{E} = I_2 (R_2 + r).$$

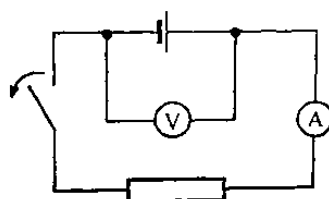
При *коротком замыкании*, когда внешнее сопротивление стремится к нулю, сила тока в цепи определяется именно внутренним сопротивлением и может оказаться очень большой. Тогда изоляция проводов может расплавиться, что приведет к опасным последствиям.

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 5.1) для записи результатов измерений и вычислений.
- 2 Нарисуйте электрическую схему видео опытов (рисунок 5.1).
- 3 Рассчитайте по формулам 5.1 внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока.
- 4 Сравните внутренне сопротивление источника тока r и внешнее сопротивление электрической цепи $R_{\text{общ}}$. Сформулируйте вывод.

Таблица 5.1 – Результаты измерений и расчётов

Измерено				Рассчитано		
$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$I_1, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$\mathcal{E}, \text{В}$	$r, \text{Ом}$	$R_{\text{общ}}, \text{Ом}$



Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок электрической схемы.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Аккумулятор мотоцикла имеет ЭДС 6 В и внутреннее сопротивление 0,5 Ом. К нему подключён реостат сопротивлением 5,5 Ом. Найдите силу тока в реостате в амперах (А).
- 2 ЭДС батарейки карманного фонарика - 3,7 В, внутреннее сопротивление 1,5 Ом. Батарейка замкнута на сопротивление 11,7 Ом. Каково напряжение на зажимах батарейки?
- 3 Составьте формулу силы тока при коротком замыкании. В чем опасность короткого замыкания?
- 4 Определите силу тока (А) при коротком замыкании батарейки с ЭДС 9 В, если при замыкании её на внешнее сопротивление 3 Ом ток в цепи равен 2 А.
- 5 Какие меры применяют для защиты электрических цепей от короткого замыкания?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №6 Исследование явления электромагнитной индукции

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.5: Электромагнитная индукция.

Цели: изучить явление электромагнитной индукции, проверить правило Ленца.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник тока, гальванометр, полосовой магнит, катушка, 2 катушки с общим сердечником, реостат, ключ, соединительные провода, алюминиевое кольцо.

Теоретическая часть

Магнитные взаимодействия описываются на основе представления о магнитном поле, существующем вокруг движущихся электрических зарядов. Электрические и магнитные поля порождаются одними и теми же источниками - электрическими зарядами. Можно предположить, что между ними есть связь. В 1831 году Майкл Фарадей подтвердил это экспериментально. Он открыл явление *электромагнитной индукции*, которое заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур (рисунок 6.1). Ток, возникающий при явлении электромагнитной индукции, называют *индукционным*.

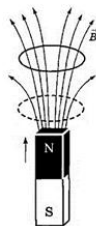


Рисунок 6.1–Явление электромагнитной индукции

Опыты Фарадея.

Первоначально была открыта индукция в неподвижных друг относительно друга проводниках при замыкании и размыкании цепи (рисунок 6.2). На одну непроводящую основу были намотаны две катушки:

витки первой катушки были расположены между витками второй. Витки одной катушки были замкнуты на гальванометр, а второй – подключены к источнику тока. При замыкании ключа и протекании тока по второй катушке в первой возникал импульс тока. При размыкании ключа также наблюдался импульс тока, но ток через гальванометр тек в противоположном направлении.

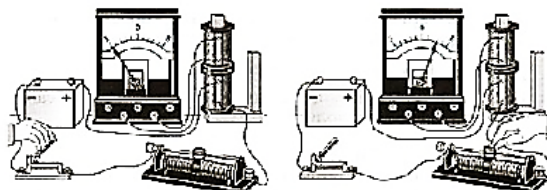


Рисунок 6.2 – Опыт Фарадея с неподвижными катушками при замыкании/размыкании ключа

Затем, Фарадей с помощью опытов доказал, что ток возникает при перемещении катушек относительно друг друга (рисунок 6.3).

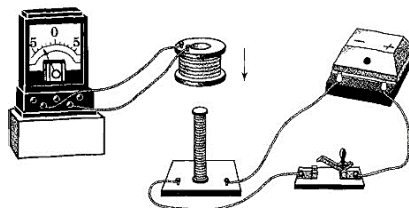


Рисунок 6.3 – Опыт Фарадея с подвижными катушками

Знакомый с трудами Ампера, Фарадей понимал, что магнит - это совокупность маленьких токов, циркулирующих в молекулах, так им был обнаружен индукционный ток в катушке во время вдвигания (или выдвигания) магнита (рисунок 6.4). В электрической цепи возникает индукционный ток, если есть движение магнита относительно катушки, или наоборот.

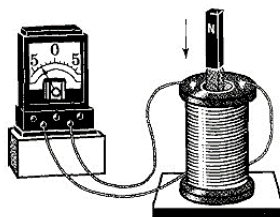


Рисунок 6.4 – Опыт Фарадея с постоянным магнитом

Правило Ленца.

Индукционный ток, возникший в проводнике, начинает взаимодействовать с породившим его током или магнитом. Если магнит приближать к замкнутому проводнику, то появляющийся индукционный ток своим магнитным полем обязательно отталкивает магнит (катушку). При удалении магнита возникает притяжение. Эти правила выполняются неукоснительно, иначе нарушился бы закон сохранения энергии. Отталкивание или притяжение магнита катушкой зависит от направления индукционного тока в ней.

Направление индукционного тока зависит как от направления движения магнита, так и от расположения его полюсов и определяется по *правилу Ленца*: индукционный ток, возбуждаемый в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, всегда направлен так, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызывающего индукционный ток.

Индукционный ток отсутствует, если нет относительного перемещения катушки и магнита в цепях *постоянного тока*.

Если катушка, в которой наводится ток, неподвижна относительно соседней катушки с *переменным током*, как, например, у трансформатора, то и в этом случае направление индукционного тока диктуется законом сохранения энергии. Этот ток всегда направлен так, что созданное им магнитное поле стремится уменьшить изменения тока в первичной обмотке.

В случае *сверхпроводников* компенсация изменения внешнего магнитного потока будет полной. Поток магнитной индукции через поверхность, ограниченную сверхпроводящим контуром, не меняется в течении очень длительного времени временем.

Сила индукционного тока пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

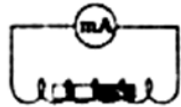
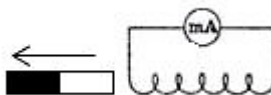
$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (6.1)$$

Чем больше скорость изменения магнитного поля, тем сильнее ток, возникающий в катушке. Знак «—» в формуле позволяет учесть направление индукционного тока.

Порядок выполнения работы

1 По теоретическому материалу и видео лабораторных работ: заполните таблицу 6.1.

Таблица 6.1—Явления электромагнитной индукции

№	Действия с магнитом и катушкой	Показания гальванометра, А	Направления отклонения стрелки микроамперметра (вправо, влево или не отклоняется)	Схема опыта с указанием направления индукционного тока (по правилу Ленца)
1	Вдвигать в катушку северный полюс магнита			
2	Оставить магнит в катушке неподвижным			
3	Выдвигать из катушки северный полюс магнита			
4	Вдвигать в катушку южный полюс магнита			
5	Выдвигать из катушки южный полюс магнита			

2 Сформулируйте вывод об явлениях электромагнитной индукции.

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Таблица.
- 4 Вывод о выполненной работе.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Начертите схему опыта Фарадея, состоящую из источника тока, двух катушек на общем сердечнике, ключа, реостата и гальванометра (первую катушку соедините с гальванометром, вторую катушку через реостат соедините с источником тока).
- 2 Изменится ли индукционный ток при изменении силы тока в цепи с помощью реостата? Если да, то каким образом?
- 3 Изменится ли индукционный ток при изменении скорости перемещения магнита в катушке? Если да, то каким образом?
- 4 Изменится ли индукционный ток, если вставить в катушку 2 магнита? Если да, то каким образом?



5 Какова связь правила Ленца с законом сохранения энергии?

Критерии оценивания лабораторной работы

1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.

2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №7 Исследование переменного тока в цепи из последовательно соединенных конденсатора, катушки и резистора

Раздел 4: Колебания и волны

Тема 4.3: Электромагнитные колебания.

Цели: экспериментальная проверка закона Ома для цепи переменного тока с последовательно соединёнными активным сопротивлением, ёмкостью и индуктивностью.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: резистор, катушка индуктивности, конденсатор, амперметр, вольтметр, источник питания.

Теоретическая часть

Электрическим током называется упорядоченное движение заряженных частиц.

Переменным называется ток, который с течением времени изменяет свою величину и/или направление.

В промышленности наибольшее распространение получил синусоидальный переменный ток, то есть ток, величина которого изменяется со временем по закону синуса или косинуса: $i = I_m \cos(\omega t + \varphi_0)$.

Синусоидальный переменный ток имеет целый ряд преимуществ перед постоянным током, что и объясняет его использование в промышленности и в быту:

- 1) от генератора постоянного тока получить высокие напряжения практически невозможно,
- 2) генератор и двигатель переменного тока значительно проще по конструкции, надёжнее и дешевле генератора и двигателя постоянного тока,
- 3) при необходимости переменный ток можно преобразовать в постоянный ток,
- 4) переменный ток можно трансформировать, то есть повышать или понижать его напряжение с помощью трансформаторов.

В цепях переменного тока, кроме процессов нагрева проводов имеются дополнительные процессы, обусловленные изменяющимися магнитными и электрическими полями. Изменение этих полей оказывает влияние на величину и форму тока в цепи и может приводить к дополнительным потерям энергии.

Величина и форма графика силы тока зависят не только от параметров электрической цепи, но и от частоты и формы приложенного напряжения. Поэтому анализ явлений, происходящих в цепях переменного тока, вследствие этого значительно усложняются.

Основные характеристики переменного синусоидального тока.

1) *Мгновенными значениями* силы тока i , напряжения u , ЭДС ε и мощности p в цепях переменного тока называют их значения в данный момент времени.

2) *Амплитудными значениями* силы тока I_m , напряжения U_m , ЭДС ε_m и мощности P_m в цепях переменного тока называют наибольшие мгновенные значения этих величин в случае синусоидального переменного тока за период.

3) *Периодом T* называется наименьший промежуток времени, через который переменный ток повторяет свои значения в той же самой последовательности.

4) *Частотой ν* переменного периодического тока называется величина обратная периоду: $\nu = 1/T$, $[\nu] = \text{Гц}$, герц

5) *Циклической частотой ω* переменного периодического тока называется величина, равная: $\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu$, $[\omega] = \text{радиан на секунду}$, с

Сила тока и напряжение переменного тока непрерывно изменяются по величине, поэтому возникла необходимость каким-либо образом сравнивать различные токи друг с другом. При этом необходимо использовать такое действие переменного тока, которое бы не зависело от его направления. В этом отношении наиболее удобным оказалось тепловое действие тока. Причём по тепловому действию тока можно сравнивать переменные токи с постоянными. В связи с этим возникло понятие эффективного значения переменного тока.

Эффективным (или действующим) значением переменного тока $I_{\text{эфф}}$ называется такая величина силы постоянного тока, который оказывал бы в цепи такое же тепловое воздействие. Для синусоидального тока: $I_{\text{эфф}} = I_m / \sqrt{2}$ и $U_{\text{эфф}} = U_m / \sqrt{2}$

Амперметры и вольтметры в цепях переменного тока показывают действующие значения силы тока и напряжения на участке электрической цепи.

Все элементы электрической цепи обладают сопротивлением. Различают два вида сопротивления: активное и реактивное.

Если при прохождении тока через элемент цепи происходит только необратимое превращение электрической энергии в теплоту, то сопротивление такого участка цепи называют *активным*. Если такого превращения не происходит, то сопротивление называют *реактивным*.

Элемент цепи с активным сопротивлением называется *резистором*. Реактивным сопротивлением – емкостным и индуктивным – обладают соответственно *конденсаторы* и *катушки индуктивности*.

Наличие реактивных сопротивлений в цепи переменного тока приводит к тому, что возникает *разность фаз* между изменениями напряжения и тока в цепи (то есть ток и напряжение не одновременно достигают своего максимального значения). Это обстоятельство значительно усложняет расчёты цепей переменного тока.

Закон Ома для электрических цепей.

1) Сопротивлением участка цепи постоянного тока называют величину равную: $R = U/I$

2) Рассмотрим последовательно соединённые R, L и C (рисунок 7.1).

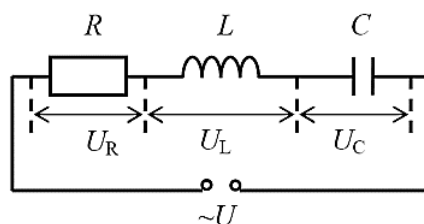


Рисунок 7.1–Электрическая цепь с активным и реактивными элементами

Закон Ома для такой цепи будет иметь вид:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} \quad (7.1)$$

Величина, равная

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \quad (7.2)$$

называется *полным сопротивлением* цепи.

Закон Ома для цепей переменного тока, можно сформулировать так: переменный ток в участке цепи прямо пропорционален переменному напряжению на этом участке и обратно пропорционален его полному сопротивлению.

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 7.1) для записи результатов измерений и вычислений.
- 2 Соберите электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых резистора R, ёмкости C и индуктивности L (рисунок 7.2)

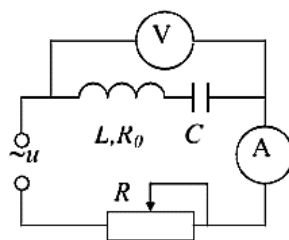


Рисунок 7.2–Электрическая цепь с последовательно соединёнными R, C и L

- 3 Измерьте напряжение на указанном участке цепи при 3 значениях тока (меняйте значение силу тока с помощью реостата), результаты запишите в таблицу 7.1.
- 4 Измерьте входное напряжение U.

6 Рассчитайте полное сопротивление $Z_{изм}$ участка цепи, содержащего L и C , для каждого измерения по формуле: $Z_{изм} = U/I$

Назовем его *измеренным* сопротивлением нагрузки L , C .

6 Найдите среднее измеренное значение $Z_{ср.изм}$

7 Зная значения L и C , вычислите сопротивление данного участка цепи Z по формуле 7.3. Будем называть найденное значение сопротивления *вычисленным*.

8 Сравните между собой измеренное и вычисленное значения сопротивления.

9 Рассчитайте по формуле силу тока $I = U/Z$ для $Z_{ср.изм}$ и Z . Сравните между собой измеренное и вычисленное значения силы тока.

10 Сформулируйте вывод.

Таблица 7.1 - Результаты измерений и расчётов

№	Измерено			Рассчитано			
	$U, В$	$U_{LC}, В$	$Z_{изм}, Ом$	$Z_{ср.изм}, Ом$	$Z, Ом$	$I_{изм}, Ам$	$I, А$
1							
2							
3							

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок электрической схемы опытов.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Какое сопротивление в электрических цепях переменного тока называется активным?
- 2 Какое сопротивление в цепях в электрических цепях переменного тока называется реактивным?
- 3 Какие значения силы тока и напряжения в электрических цепях переменного тока показывают амперметры и вольтметры?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №8 Определение показателя преломления стекла

Раздел 5: Оптика.

Тема 5.1: Природа света.

Цель: определить показатель преломления стекла с помощью плоскопараллельной пластинки.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: стеклянная пластина, имеющая форму трапеции; экран с прорезью (лазерная указка), лист картона, булавки, циркуль, транспортир.

Теоретическая часть

Геометрическая оптика - это раздел оптики, в котором рассматривают вопросы распространения света в различных оптических системах (линзах, призмах и т. д.) без учёта его волновых свойств.

Световой луч- линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

Световой луч- это пучок света, толщина которого много меньше расстояния, на которое он распространяется.

В геометрической оптике формулируются несколько законов распространения света.

Закон о прямолинейном распространении света: в однородной прозрачной среде свет распространяется прямолинейно. *По теореме Ферма:* свет распространяется по такому направлению, время распространения по которому будет минимально.

Закон независимости световых лучей: распространение световых лучей в среде происходит независимо друг от друга.

Законы отражения.

Луч падающий, отраженный и перпендикуляр в точке падения лежат в одной плоскости. Угол падения равен углу отражения.

Законы преломления света:

1) Падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред в точке падения лежат в одной плоскости.

2) Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред, равная относительному показателю преломления второй среды относительно первой:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (8.1)$$

где α и β - угол падения и угол преломления светового луча, соответственно.

При переходе света из оптически более плотной среды (с большим показателем преломления) в оптически менее плотную, начиная с некоторого угла падения преломленного луча не станет. Явление называется *полным отражением*. Наименьший угол, с которого начинается полное отражение, называется *предельным углом полного отражения*. При всех больших углах падения преломленная волна отсутствует.

При прохождении лучей различных длин волн через призму, они отклоняются на разные углы. Явление *дисперсии* связано с зависимостью показателя преломления среды от частоты распространяющегося излучения.

Границы применимости законов геометрической оптики заключаются в том, что необходимо учитывать размер препятствий для света. Свет характеризуется длиной волны, равной примерно 10^{-9} метра. Если препятствия больше длины волны, то можно использовать размеры геометрической оптики.

Порядок выполнения работы

1 Положите на стол лист картона, а на него – стеклянную пластинку так, чтобы одна из ее параллельных граней совпала с предварительно нанесенной линией на бумаге. Эта линия укажет границу раздела сред воздух – стекло (рисунок 8.1).

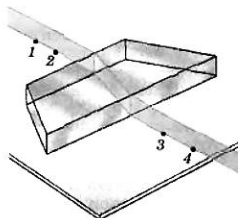


Рисунок 8.1– Линия границы раздела сред воздух – стекло

2 Проведите карандашом линию вдоль второй параллельной грани. Эта линия укажет границу раздела сред стекло – воздух.

3 На первую параллельную грань направить узкий световой пучок под каким-либо углом к грани.

4 Вдоль падающего на пластину и вышедшего из нее световых пучков воткните в картон булавки. Они будут отмечать направление падающего и преломленного лучей.

5 Уберите булавки, обведите пластину карандашом и в местах проколов листа картона булавками поставьте точки.

6 Начертите падающий луч 1-2, преломленный луч 2-3, а также перпендикуляр к границе пластинки.

7 Отметьте на лучах точки А и В такие, что $OA=OB$. Из точек А и В опустите перпендикуляры АС и ВD на перпендикуляр к границе пластинки

8 Циркулем провести окружность с центром в точке В и построить прямоугольные треугольники АВЕ и CBD (рисунок 8.2).

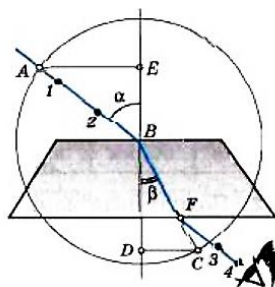


Рисунок 8.2 – Построение прямоугольных треугольников

Из соотношений для прямоугольных треугольников следует:

$$\sin \alpha = AE / AB, \sin \beta = CD / BC \text{ и } AB = BC.$$

Тогда формула 8.1 для определения показателя преломления стекла примет вид:

$$N = AE / DC \quad (8.2)$$

9 Измерив AC и BD, вычислите показатель преломления стекла, по формуле 8.2.

10 Повторите опыт и расчеты, изменив угол падения.

11 Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Результаты измерений и расчётов

№ опыта	Измерено		Рассчитано
	AC, мм	BD, мм	n
1			
2			

12 Сравните полученные результаты показателя преломления стекла с табличным (таблица 8.2).

Таблица 8.2– Абсолютные показатели преломления некоторых веществ

Вещество	n	Вещество	n
Ацетон	1.36	Органическое стекло	1.50
Алмаз	2.42	Серная кислота	1.43
Каменная соль	1.54	Скипидар	1.47
Вода	1.33	Слюда	1.58
Глицерин	1.47	Стекло (обычное)	1.48 - 1.53
Лед	1.31	Стекло (оптическое)	1.47 - 2.04

13 Сформулируйте вывод.

14 Измерьте транспортиром углы α и β .

15 Определите по таблице Брадиса $\sin \alpha$, $\sin \beta$.

16 Вычислите показатель преломления стекла n по формуле 8.1

17 Оцените полученный результат. Сформулируйте вывод о точности способов.

Содержание отчета

1 Тема и цель лабораторного занятия.

2 Оборудование.

3 Рисунки экспериментов.

4 Таблица результатов измерений и расчетов.

5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.

6 Выводы о выполненной работе.

7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1 Какие физические величины называют абсолютным и относительным показателями преломления? Запишите их формулы и определения. Что они характеризуют? Какой показатель преломления определялся в данной лабораторной работе?

2 Какое физическое явление называют полным внутренним отражением?

Критерии оценивания лабораторной работы

1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулированы выводы.

2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №9 Наблюдение сплошного и линейчатого спектров

Раздел 5: Оптика

Тема 5.2: Волновые свойства света

Цель: наблюдение сплошного спектра излучения электрической лампы и линейчатых спектров излучения ионизированных газов

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: спектроскоп прямого зрения или спектроскоп двухтрубный, набор спектральных трубок, выпрямитель или аккумуляторная батарея напряжением 6 В, прибор для зажигания спектральных трубок, лампа накаливания на подставке, люминесцентная лампа, ключ, реостат, соединительные провода, штатив, набор цветных карандашей, таблицы со спектрами излучения газов, находящихся в спектральных трубках.

Теоретическая часть

Спектр - это совокупность цветовых полос, получающихся при прохождении светового луча через преломляющую среду.

Различают *спектры испускания* (это спектр, получаемый при разложении света, излученного самосветящимися телами) и спектр поглощения, который получают, пропуская свет от источника со сплошным спектром, через вещество, атомы и молекулы которого находятся в невозбужденном состоянии. Спектры испускания разделяют на три сильно отличающихся друг от друга типа, которые определяются состоянием светящегося объекта.

Сплошные или непрерывные спектры, которые излучаются раскаленными твердыми и жидкими веществами, а также газами под большим давлением.

Линейчатые спектры, которые получают от светящихся атомарных газов.

Полосатые спектры, которые излучаются молекулярным газом.

Рассмотрим устройство спектроскопа прямого зрения и спектроскопа двухтрубного.

Спектроскопа прямого зрения (рис. 9.1). состоит из металлической трубки, в которой помещена призма, собирающая линза, закрепленная в подвижном держателе с винтом, коллиматорной щели и крышки с окулярным отверстием.

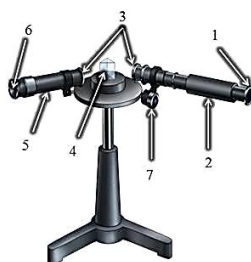
При наблюдении спектров спектроскоп направляют коллиматорной щелью на источник света и смотрят в окулярное отверстие. Резкость изображения спектра регулируют передвижением линзы за головку винта вдоль небольшой прорези в трубке.



Рисунок 9.1 – Устройство спектроскопа прямого зрения

Спектроскоп двухтрубный (рис. 9.2) состоит из окуляра, зрительной трубы, объективов, коллиматора, щели и микрометрического винта.

При наблюдении спектров щель направляют на источник света и с помощью объективов и окуляра добиваются появления четкого изображения. Вращением винта меняют видимую часть спектра.



Устройство двухтрубного спектрографа

1. Окуляр.
2. Зрительная труба.
3. Объектив.
4. Призма.
5. Коллиматор.
6. Щель.
7. Микрометрический винт.

Рисунок 9.2– Устройство спектрографа двухтрубного

Порядок выполнения работы

1 Укрепите спектроскоп в штативе таким образом, чтобы щель его коллиматора была расположена вертикально. Перед щелью на расстоянии нескольких сантиметров установите электрическую лампочку на подставке так, чтобы ее нить накаливания была на высоте щели, и подключите лампу через реостат к источнику тока.

2 Включите лампу и при полном накале наблюдайте сплошной спектр излучения нити.

3 Постепенно уменьшая накал нити, наблюдайте ослабление яркости спектра и постепенное исчезновение спектральных цветов, начиная с фиолетового. Зарисуйте цветными карандашами наблюдаемую картину спектра (рис. 9.3).

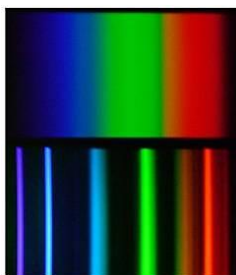


Рисунок 9.3 – Сплошной спектр излучения лампы накаливания

4 Направьте коллиматор спектрографа на светящуюся люминесцентную лампу, висящую на потолке. Рассмотрите ее спектр и зарисуйте его в тетради. Опишите, чем спектр люминесцентной лампы отличается от спектра лампы накаливания.

5 Рассмотрим спектры различных газов. Для этого необходимо вставить трубку с исследуемым газом, например с гелием, в держатель прибора для зажигания спектральных трубок и подключить прибор к источнику напряжения.

6 Зажгите спектральную трубку и рассмотрите в спектроскоп линейчатый спектр излучения гелия. После чего зарисуйте его цветными карандашами и опишите основные цвета в наблюдаемой последовательности.

7 Повторите наблюдение со спектральной трубкой, наполненной другим газом (например, водородом, неоном, аргоном или криптоном) и зарисуйте его спектр излучения.

8 Сравните полученные линейчатые спектры излучения с табличными спектрами соответствующих газов (рис. 9.4) и сформулируйте вывод.

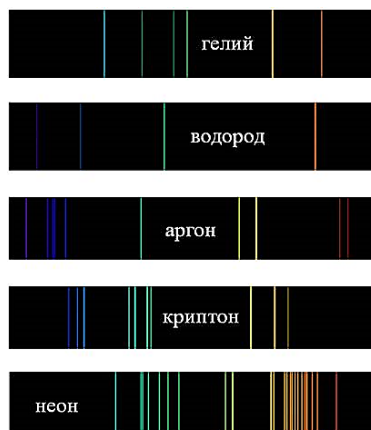


Рисунок 9.4 – Табличные спектры газов

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки электрических схем.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие вещества дают сплошной спектр?
- 2 Какие вещества дают линейчатый спектр?
- 3 Объясните, почему отличаются линейчатые спектры различных газов.
- 4 Почему отверстие коллиматора имеет вид узкой щели? Изменится ли вид наблюдаемого спектра (а если да, то как?), если отверстие сделать, например, в форме треугольника?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Список источников и литературы

Основные печатные издания

1. Мякишев, Г.Я. Физика. 10 класс. Базовый и углублённый уровни : Учебник / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под. ред. Н.А. Парфентьева — Москва : Просвещение, 2025. — 435 с. — ISBN 978-5-09-127073-0. — URL: <https://book.ru/book>. — Текст : электронный.
2. Мякишев, Г.Я. Физика. 11 класс. Базовый и углублённый уровни : Учебник / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под. ред. Н.А. Парфентьева — Москва : Просвещение, 2025. — 443 с. — ISBN 978-5-09-127063-1. — URL: <https://book.ru/book/959921>. — Текст : электронный.

Дополнительные источники

1. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.Ф. Дмитриева. — 5-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2018. — 448 с. — ISBN 978-5-446865703.
2. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля. Сборник задач: учеб. Пособие для студ. Учреждений сред. Проф. Образования / В.Ф. Дмитриева. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2018. — 256 с. — ISBN 978-5-446872909.

3. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 10-11 кл.: - М. : Дрофа, 2013. ISBN 978-5-358-11908-6 Физика. Задачник. 10—11 кл. : пособие для общеобразоват. учреждений / А. П. Рымкевич. — 17-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2013. — 188 с. : ил. — ISBN 978-5-358-11908-6.
5. Дистанционная обучающая система для подготовки к государственным экзаменам «Решу ЕГЭ». – Режим доступа: <http://решуегэ.рф>;
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/catalog/pupil/?subject>;
7. Научно-популярный физико-математический журнал «Квант» – Режим доступа: <https://kvant.mccme.ru/>
8. Платформа ЯКласс. – Режим доступа: <http://www.yaklass.ru/>;
9. Российская электронная школа. – Режим доступа: <http://www.reshe.edu.ru/>;
10. ФИПИ (ВПР 11 класс). – Режим доступа: <http://www.fipi.ru/>;
11. Электронная библиотечная система Book.ru – Режим доступа: <https://book.ru/>;
12. Электронный учебник – Режим доступа: <http://www.physbook.ru/>.
13. Платформа для быстрого формирования навыков «skills4u.ru».
14. Платформа «math-phys.ru» (тренажер формул по физике).