

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**  
по общеобразовательной дисциплине  
**«Физика»**  
для специальности **15.02.14 Оснащение средствами автоматизации**  
**технологических процессов и производств (по отраслям)**  
профиль обучения: **технологический**  
  
**ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»**

Челябинск, 2023

## РЕЦЕНЗИЯ

**на методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Физика» для специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)**

**технологического профиля,  
разработанные преподавателем**

**ГБПОУ «Южно-Уральский государственный технический колледж»  
Меньковой В.В.**

Лабораторные и практические занятия являются важным элементом общеобразовательной дисциплины. В процессе выполнения лабораторных и практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов. Лабораторные опыты дают возможность обучающимся экспериментально на практике закрепить приобретенные теоретические знания.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ предлагается использовать для проведения лабораторных и практических занятий с обучающимися.

Методические рекомендации содержат: пояснительную записку, перечень лабораторных и практических работ, требования к оформлению отчета, критерии оценивания лабораторной и практической работы, правила техники безопасности при проведении лабораторных и практических работ, литературу (основные печатные и электронные издания, дополнительные источники), приложение.

Каждая работа включает: номер и название, перечень необходимого оборудования, теоретические основы необходимые для проведения работы, порядок проведения работы с пошаговым описанием, таблицы, контрольные вопросы, позволяющие оценить качество усвоения теоретического материала.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по общеобразовательной дисциплине «Физика» могут быть использованы в учреждениях СПО для специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям).

Рецензент:

преподаватель ГБПОУ «Южно-  
Уральский многопрофильный  
колледж»



Н.А. Полоскова

## Содержание

<b>1.</b>	Пояснительная записка.	5
<b>2.</b>	Перечень лабораторных и практических работ.	9
<b>3.</b>	Требования к оформлению отчёта.	10
<b>4.</b>	Критерии оценивания лабораторной и практической работы.	10
<b>5.</b>	Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.	11
<b>6.</b>	Лабораторные работы:	13
	Лабораторная работа № 1	
	Лабораторная работа № 2	
	Лабораторная работа № 3	
	Лабораторная работа № 4	
	Лабораторная работа № 5	
	Лабораторная работа № 6	
	Лабораторная работа № 7	
	Лабораторная работа № 8	
	Лабораторная работа № 9	
	Лабораторная работа № 10	
	Лабораторная работа № 11	
	Лабораторная работа № 12	
<b>7.</b>	Практические работы:	48
	Практическая работа № 1	
	Практическая работа № 2	
<b>8.</b>	Литература.	54
<b>9.</b>	Приложение.	55

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по общеобразовательной дисциплине «Физика» предназначены для обучающихся специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям) технологического профиля, участвующей в реализации Федерального проекта «Профессионалитет».

Лабораторные и практические занятия являются важным элементом общеобразовательной дисциплины. В процессе выполнения лабораторных и практических работ, обучающиеся получают навыки работы с измерительными приборами, производят математическую обработку результатов эксперимента и погрешностей измерения, а также систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Рабочей программой общеобразовательной дисциплины «Физика» предусмотрено выполнение 12 лабораторных работ и 2 практических работ, которые направлены на достижение следующих **целей**:

- формирование у обучающихся представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира, о системообразующей роли физики в развитии естественных наук, техники и современных технологий, понимания физической сущности наблюдаемых явлений;
- формирование у обучающихся умения распознавать физические явления и процессы, объяснять их на основе изученных закономерностей;
- формирование у обучающихся умений владения основными методами научного познания, используемыми в физике;
- формирование у обучающихся умения анализировать физические процессы, используя основные положения, законы и закономерности;
- формирование у обучающихся умений исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, проводить самостоятельные исследования в реальных и лабораторных условиях, читать и анализировать характеристики приборов и устройств, объяснять принцип их работы.

Выполнение лабораторных и практических работ дисциплины «Физика» обеспечивает достижение следующих результатов обучения:

### ***личностных:***

- ЛР 24. Готовность к активной деятельности технологической и социальной направленности, способность инициировать, планировать и самостоятельно выполнять такую деятельность;

### ***метапредметных:***

*универсальных учебных познавательных действий:*

- МРП 01 самостоятельно формулировать и актуализировать проблему, рассматривать ее всесторонне;

- МРП 02 устанавливать существенный признак или основания для сравнения, классификации и обобщения;
- МРП 03 определять цели деятельности, задавать параметры и критерии их достижения;
- МРП 04 выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых явлениях;
- МРП 05 вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям, оценивать риски последствий деятельности;
- МРП 18 уметь интегрировать знания из разных предметных областей;

*универсальных коммуникативных действий:*

- МРК 03 владеть различными способами общения и взаимодействия;
- МРК 04 аргументированно вести диалог, уметь смягчать конфликтные ситуации;
- МРК 05 развернуто и логично излагать свою точку зрения с использованием языковых средств;
- МРК 08 принимать цели совместной деятельности, организовывать и координировать действия по ее достижению: составлять план действий, распределять роли с учетом мнений участников, обсуждать результаты совместной работы;

*универсальных регулятивных действий:*

- МРР 01 самостоятельно осуществлять познавательную деятельность, выявлять проблемы, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;
- МРР 05 делать осознанный выбор, аргументировать его, брать ответственность за решение;
- МРР 06 оценивать приобретенный опыт;
- МРР 08 давать оценку новым ситуациям, вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям;
- МРР 11 уметь оценивать риски и своевременно принимать решения по их снижению;
- МРР 16 социальных навыков, включающих способность выстраивать отношения с другими людьми, заботиться, проявлять интерес и разрешать конфликты;
- МРР 18 принимать мотивы и аргументы других людей при анализе результатов деятельности;
- МРР 19 признавать свое право и право других людей на ошибки;

***предметных:***

- ПРБ 06 владение основными методами научного познания, используемыми в физике: проводить прямые и косвенные измерения физических величин, выбирая оптимальный способ измерения и используя известные методы оценки погрешностей измерений, проводить исследование зависимостей физических величин с использованием прямых измерений, объяснять полученные результаты, используя физические теории, законы и понятия, и делать выводы; соблюдать

правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента и учебно-исследовательской деятельности с использованием цифровых измерительных устройств и лабораторного оборудования; сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний;

- ПРб 07 сформированность умения решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью, используя физические законы и принципы; на основе анализа условия задачи выбирать физическую модель, выделять физические величины и формулы, необходимые для ее решения, проводить расчеты и оценивать реальность полученного значения физической величины; решать качественные задачи, выстраивая логически непротиворечивую цепочку рассуждений с опорой на изученные законы, закономерности и физические явления;
- ПРб 10 овладение умениями работать в группе с выполнением различных социальных ролей, планировать работу группы, рационально распределять деятельность в нестандартных ситуациях, адекватно оценивать вклад каждого из участников группы в решение рассматриваемой проблемы;
- ПРу 07 сформированность умений исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, проводить самостоятельные исследования в реальных и лабораторных условиях, читать и анализировать характеристики приборов и устройств, объяснять принципы их работы;
- ПРу 08 сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний; владение умениями самостоятельно формулировать цель исследования (проекта), выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами; планировать и проводить физические эксперименты, описывать и анализировать полученную при выполнении эксперимента информацию, определять достоверность полученного результата;
- ПРу 09 сформированность умения решать расчетные задачи с явно заданной и неявно заданной физической моделью: на основании анализа условия выбирать физические модели, отвечающие требованиям задачи, применять формулы, законы, закономерности и постулаты физических теорий при использовании математических методов решения задач, проводить расчеты на основании имеющихся данных, анализировать результаты и корректировать методы решения с учетом полученных результатов; решать качественные задачи, требующие применения знаний из разных разделов школьного курса физики, а также интеграции знаний из других предметов естественнонаучного цикла: выстраивать логическую цепочку рассуждений с опорой на изученные законы, закономерности и физические явления;

- ПРy 12 овладение организационными и познавательными умениями самостоятельного приобретения новых знаний в процессе выполнения проектных и учебно-исследовательских работ, умениями работать в группе с выполнением различных социальных ролей, планировать работу группы, рационально распределять деятельность в нестандартных ситуациях, адекватно оценивать вклад каждого из участников группы в решение рассматриваемой проблемы;

**элементов ОК и ПК:**

- ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;
- ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;
- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения.

Целью данного пособия является оказание помощь обучающимся в подготовке и выполнении лабораторных и практических работ.

Пособие содержит описание лабораторных и практических работ, предусмотренных рабочей программой для специальностей технологического профиля. Каждая работа содержит: номер работы, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения работы знания и умения, краткие теоретические сведения, перечень необходимого оборудования, порядок проведения работы, таблицы, графики, контрольные вопросы. Для большей чёткости порядок проведения работы дан в виде отдельных пунктов, в каждом из которых предлагается проделать одну вполне определённую операцию.

Проводить лабораторные и практические занятия целесообразно в порядке изучения программного материала.

В ходе лабораторной работы необходимо строго соблюдать правила по технике безопасности, которые указаны в данном пособии.

## 2. Перечень лабораторных работ

№п/п	Тема работы	Кол-во часов
1	Исследование движения тела под действием постоянной силы.	2
2	Изучение сохранения механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости.	2
3	Измерение влажности воздуха.	2
4	Измерение поверхностного натяжения жидкости.	2
5	Изучение закона Ома для участка цепи при последовательном соединении проводников.	2
6	Изучение закона Ома для участка цепи при параллельном соединении проводников.	2
7	Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника напряжения.	2
8	Определение температуры нити лампы накаливания и мощности, потребляемой лампой	2
9	Изучение явления электромагнитной индукции.	2
10	Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити.	2
11	Изучение интерференции света.	2
12	Изучение дифракции света.	2

## Перечень практических работ

№п/п	Тема работы	Кол-во часов
1	Ёмкостное сопротивление в цепи переменного тока.	2
2	Индуктивное сопротивление в цепи переменного тока.	2



### 3. Требования к оформлению отчёта

Отчёт по лабораторной или практической работе оформляется в тетради для лабораторных и практических работ. Отчёт включает в себя разделы, отражающие все этапы выполнения работы:

- оформление введения;
- результаты выполнения опыта;
- расчёты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

### 4. Критерии оценивания лабораторной работы

№ п/п	Критерии оценки	«5» (отлично)	«4» (хорошо)	«3» (удовлетв.)	«2» (неудовл.)
1.	Срок выполнения задания	В срок	В срок	В срок	Позже срока
2.	Качество оформления работы в тетради	Аккуратно, старательно	Аккуратно, но без особого старания	Без старания	Небрежно
3.	Качество оформления графиков, таблиц, рисунков	Качественно (аккуратно, без ошибок)	Некачественно (аккуратно, но с ошибками)	Небрежно	Не выполнены
4.	Качество оформления решений (грамотность и обоснование)	Качественно	Некачественно	Небрежно	Не выполнены
5.	Вывод (объем и грамотность)	Полный, грамотный	Полный, с небольшими ошибками	Неполный, с ошибками	Не сделан
6.	Ответы на вопросы (объем)	100%	80%	50%	Менее 40%
7.	Качество ответов на вопросы	Полный, грамотный	Полный, с небольшими ошибками	Неполный, с ошибками	С грубыми ошибками

## **5. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ**

- 1.** Приступать к выполнению работы нельзя без разрешения учителя, необходимо точно выполнять его указания.
- 2.** Размещать приборы, материалы, оборудование на своём рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
- 3.** Перед выполнением работы внимательно изучить её содержание и последовательность действий.
- 4.** Во время опытов не допускать предельных нагрузок измерительных приборов.
- 5.** При подготовке к опытам необходимо проверить исправность всех креплений в приборах. Не прикасаться и не наклоняться к вращающимся частям установок.
- 6.** Не оставлять рабочее место без разрешения преподавателя.
- 7.** Правила работы со стеклянным оборудованием:
  - при работе со стеклянными приборами и посудой, нужно обращаться с ними аккуратно и осторожно, чтобы предотвратить порезы;
  - не использовать приборы с острыми гранями, или закрывать их скотчем;
  - при проведении опытов стеклянные сосуды закреплять в лапке штатива осторожно;
  - при сборке стеклянных приборов следует правильно подбирать диаметры стеклянных и резиновых трубок, а концы трубок смачивать водой или глицерином;
  - вставляя стеклянную трубку в пробку, последнюю нужно охватить, а не упирать в ладонь;
  - нельзя использовать стеклянную посуду, имеющую хотя бы небольшие трещины;
  - при мойке посуды необходимо помнить, что стекло обладает хрупкостью, легко ломается и трескается при ударах или резком изменении температуры;
  - если имеется хотя бы небольшая угроза разрыва сосуда, следует обязательно оградить всю установку защитным экраном из оргстекла, наиболее опасные участки – металлической сеткой, а работать в предохранительных очках.
- 8.** Правила работы с нагретым оборудованием:
  - сосуд с горячей жидкостью нельзя закрывать притёртой пробкой до тех пор, пока он не остынет;
  - перенося приборы с горячей жидкостью, следует брать их руками, защищёнными тканью; если сосуд большой, то одной рукой его надо держать за дно, а другой – за горлышко;
  - нагревая жидкость в пробирке или колбе, необходимо держать их так, чтобы отверстие пробирки или горлышко было направлено в сторону от себя и соседей по работе;

- не трогать руками нагревательные приборы, если они нагреты до высокой температуры.

#### 9. Правила работы с электрическими приборами:

- при сборке экспериментальных установок использовать провода с прочной изоляцией без видимых повреждений;
- избегать пересечения проводов при сборке электрической цепи, не использовать проводники с изношенной изоляцией и выключатели открытого типа (при напряжении выше 42 В);
- подключать электрическую цепь к источнику тока в последнюю очередь, когда её сборка закончена;
- собранную цепь включать только после проверки и с разрешения преподавателя. Наличие напряжения в цепи можно проверять только предназначенными для этого приборами или указателями напряжения;
- не прикасаться к находящимся под напряжением элементам цепи, лишёнными изоляции;
- не производит пересоединений в цепи и смену предохранителей до отключения источника электропитания, а в цепях электрических машин и до полной остановки якоря или ротора машины;
- не прикасаться к корпусу стационарного электрооборудования и к зажимам даже отключённых конденсаторов;
- пользоваться электроинструментами с изолирующими ручками;
- для присоединения потребителей к сети применять штепсельные соединения; пользоваться розетками, гнёздами, зажимами, выключателями с не выступающими контактными поверхностями;
- электронагревательные приборы следует включать только в сеть указанного в их паспорте напряжения, тщательно следя при этом за исправностью соединительных проводов и плотностью контактов;
- нельзя переносить электронагревательные приборы во включенном состоянии;
- перед эксплуатацией нагревательных приборов нужно убрать с рабочего места легковоспламеняющиеся материалы и горючие жидкости;
- на плитки с открытой спиралью не стоит ставить металлическую посуду, так как возможно короткое замыкание при деформации спирали; для получения горячей воды безопаснее пользоваться электрическим чайником;
- обнаружив неисправность в электрическом устройстве, находящемся под напряжением, немедленно отключить источник тока и сообщить об этом преподавателю;
- по окончании работы отключить источник тока, после чего разобрать электрическую цепь.

#### 10. Правила работы с ртутным термометром:

- при работе с ртутным термометром необходимо обращаться с ним аккуратно, осторожно, не ронять, не допускать поломок термометра;

- при случайной поломке прибора и разливе ртути необходимо немедленно сообщить об этом преподавателю и покинуть помещение. Нельзя собирать ртуть руками.

## 6. РАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

**Название лабораторной работы:** «Исследование движения тела под действием постоянной силы».

**Цель работы:** исследовать движение тела под действием сил упругости и трения.

**Оборудование:** динамометр с фиксатором, трибометр.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

*По окончании работы обучающийся должен уметь:* планировать и выполнять измерения различными измерительными приборами (динамометр, измерительная линейка), объяснять наблюдаемые явления, производить математическую обработку результатов эксперимента.

### **Теория**

Сила – векторная физическая величина, являющаяся мерой интенсивности воздействия, оказываемого на данную частицу со стороны других тел или полей.

Единица силы в СИ называется ньютоном (Н):  $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ .

Сила как векторная величина характеризуется модулем, направлением и «точкой» приложения силы. Приложенная к массивному телу сила является причиной изменения его скорости или возникновения в нём деформаций. Сила трения и сила упругости вызывают такие изменения.

*Сила трения* — сила, возникающая при относительном движении твёрдых тел и противодействующая этому движению. Сила трения имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия, т.е. обусловлены взаимодействием

электрических зарядов, которыми обладают частицы, входящие в состав атомов. Вектор силы трения направлен противоположно вектору скорости.

Различают два вида сил трения:

- 1) трение при сухих поверхностях твердых тел;
- 2) трение о жидкость или газ.

Первый вид называют сухим трением (сила трения покоя, сила трения скольжения, сила трения качения), а второй – вязким трением.

Сила, возникающая на границе соприкосновения тел при отсутствии относительного движения тел, называется *силой трения покоя*.

Сила трения покоя равна по модулю внешней силе, направленной по касательной к поверхности соприкосновения тел, и противоположна ей по направлению:

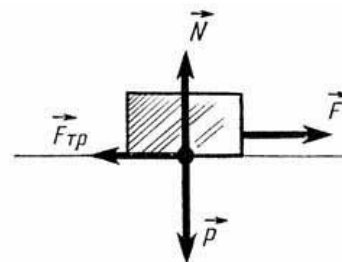
$$\vec{F}_{\text{тр}} = -\vec{F}$$



*Сила трения скольжения* возникает при скольжении одного тела относительно другого. Сила трения скольжения направлена противоположно скорости движения тела. Модуль силы трения скольжения почти не зависит от скорости движения и приблизительно равен максимальному значению силы трения покоя.

*Сила трения качения* направлена противоположно скорости движения тела. Сила трения качения во много раз меньше силы трения скольжения. Поэтому в технике для уменьшения сил трения применяют колеса и шарикоподшипники.

*Сила упругости* — сила, возникающая при деформации тела и противодействующая этой деформации. Сила упругости имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия. Сила упругости направлена противоположно смещению, перпендикулярно поверхности. Вектор силы противоположен направлению смещения молекул.



Силу упругости, возникающую в результате деформации опоры и действующую на тело, называют *силой реакции опоры*.

По третьему закону Ньютона сила давления и сила реакции опоры равны по модулю и противоположны по направлению:  $\vec{P} = -\vec{N}$ .

Модуль максимальной силы трения покоя пропорционален силе реакции опоры:

$$F_{\text{тр max}} = \mu N$$

Греческой буквой  $\mu$  обозначен коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом трения.

Модуль силы трения скольжения, как и модуль максимальной силы трения покоя, пропорционален модулю силы реакции опоры:

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Коэффициент трения скольжения – коэффициент пропорциональности между силой трения скольжения и силой нормальной реакции опоры, по которой скользит данное тело в законе сухого трения.

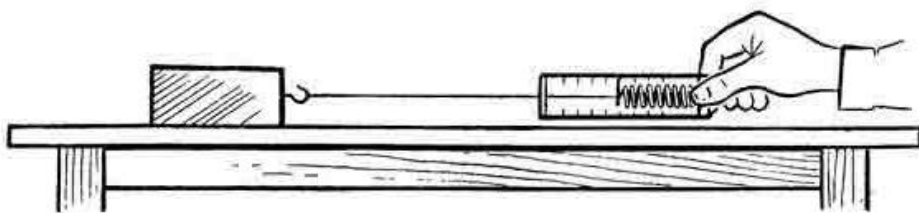
Значение коэффициента трения скольжения зависит от материала трущихся друг о друга тел и качества обработки их поверхностей.

Как правило,  $\mu < 1$ , и лишь для гладких и совершенно чистых поверхностей металлов  $\mu > 1$ .

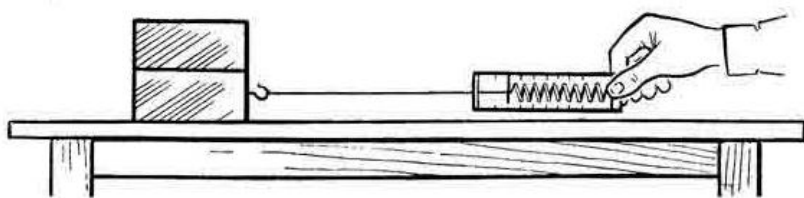
## ХОД РАБОТЫ

*Профессионально-ориентированные задания:*

1. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.
2. Проверить, зависит ли сила трения от площади поверхности соприкосновения тел, для этого положить брусок на горизонтально расположенную доску гранью с самой большой площадью поверхности. Прикрепив к бруску динамометр, плавно увеличивать силу, направленную вдоль поверхности доски, и заметить максимальное значение силы трения покоя. Затем поставить тот же брусок на другую грань с меньшей площадью поверхности и вновь измерить максимальное значение силы трения покоя.



3. Повторив такие же измерения при равномерном движении бруска по поверхности доски, определить величину силы трения скольжения, а также зависит ли эта сила от площади поверхности соприкосновения тел.
4. Привести брусок в ускоренное движение, действуя на него силой, большей модуля силы трения скольжения. Измерить модуль этой силы (силы упругости).
5. Измерить массу бруска.
6. По полученным данным вычислить модуль максимального ускорения бруска по формуле  $a = \frac{F_{упр} - F_{тр}}{m}$ .
7. Определить коэффициент трения скольжения, используя формулу  $F_{тр} = \mu N$ .
8. Поставить на первый брусок второй такой же, увеличив тем самым силу, перпендикулярную поверхности соприкосновения тела и стола (сила давления). Измерить максимальную силу трения покоя. Определить зависит ли максимальное значение модуля силы трения покоя от силы давления.



9. Данные опытов и расчетов записать в таблицу:

№ опыта	Сила					Масса бруска $m$ , кг	Модуль ускорения $a$ , $m/s^2$	Коэффициент трения скольжения $\mu$
	$F_{тр. покоя}$ , Н	$F_{тр. скольжения}$ , Н	$F_{упр.}$ , Н	$P$ , Н	$N$ , Н			

10. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют силой трения и силой упругости?
2. Какие виды силы трения различают?
3. Как определить силу трения скольжения?
4. Показать на рисунке направление всех сил действующих на тело, находящегося на поверхности стола.
5. Какое влияние оказывает сила трения на тела (привести примеры).

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

**Название лабораторной работы:** «Изучение сохранения механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости».

**Цель работы:** проверить закон сохранения механической энергии.

**Оборудование:** динамометр с фиксатором, штатив, измерительная линейка, 2 груза по 100 гр.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: планировать и выполнять измерения различными измерительными приборами (динамометр, измерительная линейка), объяснять наблюдаемые явления, производить математическую обработку результатов эксперимента.

**Теория**

Энергия – это физическая величина, характеризующая способность тела совершить работу. Обозначение –  $E$ . Единица измерения в системе СИ – Дж (джоуль),  $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}$ .

В механике рассматриваются следующие виды энергии:

- 1) кинетическая энергия:  $E = \frac{m \cdot v^2}{2}$ , где  $m$  – масса тела,  $v$  – скорость тела.

Это энергия, которой тело обладает вследствие своего движения.

- 2) потенциальная энергия тела, поднятого над Землей:  $E = mgh$ , где  $m$  – масса тела,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения,  $h$  – высота над нулевым уровнем.

Этой энергией тело обладает вследствие своего положения относительно Земли.

Таким образом, механическая энергия тела складывается из кинетической и потенциальной.

Потенциальная энергия характеризует взаимодействующие тела, а кинетическая энергия — движущиеся тела. И потенциальная, и кинетическая энергия изменяются только в результате такого взаимодействия тел, при котором действующие на тела силы совершают работу, отличную от нуля.

Одним из основных законов механики является закон сохранения механической энергии.

Если несколько тел взаимодействуют между собой только силами тяготения и силами упругости и никакие внешние силы на них не действуют, то при любых взаимодействиях тел работа сил упругости или сил тяготения равна изменению потенциальной энергии тел, взятому с противоположным знаком:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1})$$

Вместе с тем по теореме о кинетической энергии работа тех же сил равна изменению кинетической энергии:

$$A = E_{k2} - E_{k1}.$$

Из сравнения выше приведенных равенств видно, что изменение кинетической энергии тел в замкнутой системе равно по абсолютному значению изменению потенциальной энергии системы тел и противоположно ему по знаку:  $E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1})$  или  $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ .

Из этого следует, что сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой силами



тяготения и силами упругости, остается постоянной. Это утверждение называется законом сохранения энергии в механических процессах.

*Закон сохранения энергии* – при любых процессах, происходящих в системе при неизменных внешних условиях, ее полная энергия остается постоянной.

Сумма кинетической и потенциальной энергии тел называется полной механической энергией.

Для полной механической энергии закон сохранения энергии имеет следующее выражение: полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения и упругости, остается неизменной.

Основное содержание закона сохранения энергии заключается не только в установлении факта сохранения полной механической энергии, но и в установлении возможности взаимных превращений кинетической и потенциальной энергии тел в равной количественной мере при взаимодействии тел.

Закон сохранения энергии раскрывает физический смысл понятия работы.

Работа сил тяготения и сил упругости, с одной стороны, равна увеличению кинетической энергии, а с другой стороны, — уменьшению потенциальной энергии тел.

Следовательно, работа равна энергии, превратившейся из одного вида в другой.

Закон сохранения полной механической энергии в процессах с участием сил упругости и гравитационных сил является одним из основных законов механики. Знание этого закона упрощает решение многих задач, имеющих большое значение в практической жизни.

Механическое движение никогда не исчезает бесследно и никогда оно не возникает само собой. Во время торможения автомобиля произошло нагревание тормозных колодок, шин автомобиля и асфальта. Следовательно, в результате действия сил трения кинетическая энергия автомобиля не исчезла, а превратилась во внутреннюю энергию теплового движения молекул.

При любых физических взаимодействиях энергия не возникает и не исчезает, а только превращается из одной формы в другую.

Поскольку силы трения исключить полностью не возможно, то и закон сохранения механической энергии выполняется в реальных системах лишь приближенно при условии, что силы трения малы и ими можно пренебречь.

## ХОД РАБОТЫ

*Профессионально-ориентированные задания:*

1. Определить цену деления динамометра и измерительной линейки.
2. Закрепить динамометр на штативе.
3. Установить фиксатор у ограничительной скобы, растянуть пружину с силой  $\approx 3,3$  Н, затем медленно вернуть в исходное положение.
4. Измерить линейкой длину пружины  $x_1$ .

5. Прикрепить грузы, поднять их так, чтобы указатель динамометра вернулся на ноль, отпустить грузы, измерить максимальную силу упругости.
6. Измерить длину пружины, при прикрепленных грузах  $x_2$ .
7. Снять грузы, растянуть снова пружину так, чтобы фиксатор коснулся пружины. Измерить силу упругости пружины.
8. Определить удлинение пружины  $\Delta x = x_2 - x_1$ .
9. Определить перемещение грузов  $h = \Delta x$ .
10. Определить изменение потенциальной энергии пружины при её растяжении по формуле  $\Delta E_{np} = \frac{F_x}{2}$ .
11. Определить изменение потенциальной энергии грузов при их перемещении по формуле  $\Delta E_{gp} = mgh$ .
12. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу:

№ опыта	Масса грузов $m$ , кг	Длина пружины		Удлинение пружины $\Delta x$ , м	Перемещение грузов $h$ , м	Сила упругости пружины $F_x$ , Н	Изменение потенциальной энергии	
		растян утой, $x_2$ , м	не растян утой, $x_1$ , м				пружин ы $\Delta E_{np}$ , Дж	груза $\Delta E_{gp}$ , Дж

13. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие виды энергии существуют в механике?
2. Что называется полной механической энергией?
3. Сформулировать закон сохранения механической энергии.
4. При каком условии выполняется закон сохранения энергии в реальных системах и почему?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

**Название лабораторной работы:** «Измерение влажности воздуха».

**Цель работы:** научиться опытным путём определять относительную влажность воздуха.

**Оборудование:** термометр, вода или диэтиловый эфир, психрометр, баротермогигрометр, психометрическая таблица.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;

- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: планировать и выполнять эксперименты с помощью различных измерительных приборов (психрометр, баротермогигрометр), пользоваться психометрической таблицей; решать задачи на определение относительной влажности воздуха, объяснять изменение агрегатных состояний вещества.

### Теория

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

Абсолютная влажность ( $\rho_a$ ) определяется массой водяного пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха, т.е. плотностью водяного пара.

Абсолютную влажность можно определить по температуре – температуре, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным. Температуру точки росы определяют с помощью гигрометра, а затем по таблице "Давление насыщенных паров и их плотность при различных температурах" находят соответствующую температуре точки росы плотность. Найденная плотность и есть абсолютная влажность окружающего воздуха.

Относительная влажность  $\phi$  показывает, сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности  $\rho_n$  водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре:

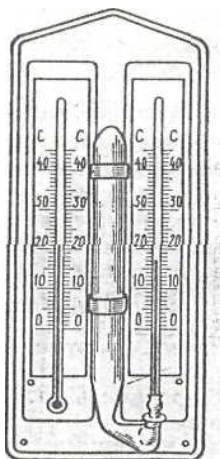
$$\phi = \frac{\rho_a \cdot 100\%}{\rho_n}.$$

### ХОД РАБОТЫ

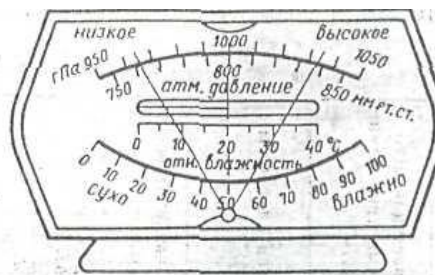
*Профессионально-ориентированные задания:*

**1.** Рассмотреть психрометр и баротермогигрометр и определить шкалу деления приборов.

Психрометр:



Баротермогигрометр:



2. Проверить наличие воды в стаканчике психрометр и при необходимости долить её.
3. Определить температуру сухого термометра.
4. Определить температуру смоченного термометра.
5. Определить относительную влажность, пользуясь психрометрической таблицей.
6. Определить относительную влажность по баротермогигрометру.
7. Используя таблицу "Давление насыщенных паров и их плотность при различных температурах", определить плотность насыщенного водяного пара (при температуре  $t_{\text{сух}}$ ).
8. Определить абсолютную влажность по формуле  $\rho = \frac{\rho_n \cdot \varphi}{100\%}$ .
9. Результаты измерений записать в таблицу:

Показание термометра		Разность показаний термометров $\Delta t$ , °C	Относительная влажность воздуха по психрометру $\varphi$ , %	Относительная влажность воздуха по баротермогигрометру $\varphi$ , %	Плотность насыщенного пара, $\rho_n$ , $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$	Абсолютная влажность $\rho$ , $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$
сухого $t_1$ , °C	смоченного $t_2$ , °C					

10. Сравнить результаты и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называется испарением, конденсацией? Почему при испарении температура жидкости понижается?
2. Какой пар называют насыщенным? Как перевести ненасыщенный пар в состояние насыщения?
3. Изобразить на рисунке динамическое равновесие между паром и жидкостью.
4. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометра наибольшая?
5. Сухой и влажный термометры психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?
6. Что называют точкой росы? При какой температуре выпадет роса, если давление водяного пара в воздухе 1706 Па.
7. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

**Название лабораторной работы:** «Измерение поверхностного натяжения жидкости».

**Цель работы:** научиться определять коэффициент поверхностного натяжения различными способами.

**Оборудование:** весы с разновесами, штатив, штангенциркуль, линейка измерительная, колба коническая, стакан, стакан с водой, воронка конусообразная или бюретка с краном, трубка резиновая с краном и стеклянным наконечником диаметром 3—4 мм, сосуд с водой, капиллярная трубка.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: планировать и выполнять эксперименты по определению поверхностного натяжения воды, применять полученные знания по физике для объяснения наблюдаемых явлений, производить математическую обработку полученных результатов эксперимента и погрешностей измерения.

### **Теория**

Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости. Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости стремится уменьшить свою потенциальную энергию. За счет уменьшения этой энергии молекулярные силы – силы поверхностного натяжения — совершают работу  $A$ , сокращая площадь свободной поверхности жидкости  $S$  на величину  $\Delta S$ :

$$A = \sigma \Delta S.$$

Коэффициент пропорциональности  $\sigma$  называется коэффициентом поверхностного натяжения данной жидкости. Из приведенной выше формулы видно, что он численно равен силе поверхностного натяжения  $F$ , действующей на единицу длины линии, ограничивающей какую-либо часть свободной поверхности жидкости:

$$\sigma = \frac{F}{2l}.$$

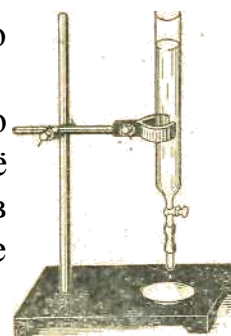
Поверхностное натяжение жидкости зависит от природы граничных сред и температуры жидкости.

Поверхностное натяжение можно определить различными методами: методом отрыва капель и методом поднятия жидкости в капилляре.

### 1) Метод отрыва капель.

Для измерения этим методом собирают установку по рисунку.

Наливают дистиллированную или хорошо прокипячённую воду и с помощью крана регулируют её вытекание так, чтобы вода отдельными каплями падала в подставленный стакан. Для капли жидкости в момент ее отрыва от конца трубки силой  $F$  будет вес капли:  $F = mg$ ; линия, ограничивающая свободную поверхность жидкости, — длина окружности шейки капли:



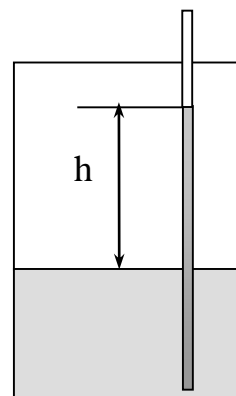
$$l = \pi d_{ш.к.}$$

$$\text{Отсюда } \sigma = \frac{mg}{\pi d_{ш.к.}} \text{ или } \sigma = \frac{Mg}{n\pi d_{ш.к.}},$$

где  $M$  — масса вылившейся воды,  $g$  — ускорение свободного падения,  $n$  — число капель воды,  $d_{ш.к.}$  — внутренний диаметр стеклянной трубки.

### 2) Метод поднятия жидкости в капилляре.

При измерении, капиллярную трубку опускают в стакан с водой и измеряют высоту поднятия воды в капилляре. Жидкость поднимается в капилляре до тех пор, пока сила поверхностного натяжения не уравновесит силу тяжести, действующую на поднятую воду:



$$F = F_{тяж},$$

$$\sigma \pi d = \frac{\rho \pi d^2 h g}{4}.$$

$$\text{Отсюда } \sigma = \frac{\rho h g d}{4},$$

где  $\rho$  — плотность жидкости,  $g$  — модуль ускорения свободного падения,  $h$  — высота поднятия жидкости в капилляре,  $d$  — диаметр капилляра.

## ХОД РАБОТЫ

### I способ: капельный

*Профессионально-ориентированные задания:*

1. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.
2. Определить массу пустого стакана до 0,01 г.
3. Измерить внутренний диаметр стеклянной трубки штангенциркулем. Вычислить диаметр шейки капли  $d_{ш.к.} = 0,9 d$ .
4. Собрать установку по рисунку. Установить прибор так, чтобы стеклянная трубка, из которой вытекает вода, была строго вертикальна.
5. Закрыть кран, налить воду. Постепенно открывая кран, добиться, чтобы из трубки вода вытекала отдельными каплями (30 – 40 капель в минуту).

6. Подставить под трубку пустой стакан и отсчитать в 100 капель.

7. Определить массу стакана с водой, вычислить массу воды

$$m_3 = m_2 - m_1.$$

8. Вычислить поверхностное натяжение воды по формуле:

$$\sigma = \frac{mg}{n\pi d_{ш.к.}}.$$

9. Вычислить относительную погрешность измерений по формуле:

$$\delta = \frac{|\sigma - \sigma_{табл}|}{\sigma_{табл}} \cdot 100\%.$$

10. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

№ опыта	Масса пустого стакана $m_1$ , кг	Масса стакана с водой $m_2$ , кг	Масса воды $m_3$ , кг	Число капель N	Внутренний диаметр трубки d, м	Диаметр шейки капли $d_{ш.к.}$ , м	Коэффициент поверхностного натяжения		Относительная погрешность $\delta$ , %
							определённый $\sigma$ , Н/м	табличный $\sigma_{табл}$ , Н/м	

## II способ: капиллярный

Профессионально-ориентированные задания:

1. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.

2. Измерить диаметр капилляра штангенциркулем.

3. Собрать установку по рисунку. Опустить капилляр в воду и измерить высоту её поднятия в капилляре (линейкой) над поверхностью воды в стакане.

4. Вычислить поверхностное натяжение воды по формуле:  $\sigma = \frac{\rho h g d}{4}$ .

5. Сравнить результаты измерений с табличным значением поверхностного натяжения и определить относительную погрешность.

6. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

№ опыта	Диаметр канала капиллярной трубки $d, \text{м}$	Высота подъема воды в капилляре $h, \text{м}$	Плотность воды $\rho, \text{кг/м}^3$	Коэффициент поверхностного натяжения		Относительная погрешность $\delta, \%$
				опытный $\sigma, \text{Н/м}$	табличный $\sigma_{\text{табл}}, \text{Н/м}$	

7. Сравнить результаты и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое поверхностное натяжение?
2. Как и где применяется поверхностное натяжение.
3. На что действует сила поверхностного натяжения и как она направлена?
4. Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости?
5. Изобразить на рисунке молекулу жидкости на поверхности твёрдого тела для случая смачивания и не смачивания. Указать краевой угол.
6. Что такое капилляр? Изобразить жидкость в капилляре для случая смачивания и не смачивания.
7. Почему жидкости испаряются легче, чем твердые тела?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

**Название лабораторной работы:** «Изучение закона Ома для участка цепи при последовательном соединении проводников».

**Цель работы:** научиться соединять потребители различными способами, опытным путём проверить закон Ома.

**Оборудование:** источник электрической энергии, резисторы, амперметр, вольтметр, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРБ 06, ПРБ 07, ПРБ 10;



– ПРy 07, ПРy 08, ПРy 09, ПРy 12.

*По окончании работы обучающийся должен уметь:* составлять электрические цепи, планировать и проводить измерения различными измерительными приборами (амперметр, вольтметр), производить расчет электрических цепей при различных способах соединения потребителей и источников электрического тока, производить математическую обработку полученных результатов эксперимента и погрешностей; решать задачи на определение силы тока с использованием законов Ома для участка цепи.

### *Теория*

Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц. Для того чтобы в проводнике все время протекал электрический ток, в нем необходимо поддерживать постоянное электрическое поле с помощью источника тока.

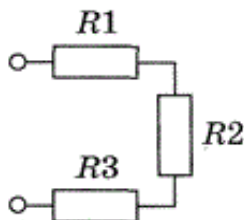
Основными характеристиками электрического тока в цепи являются напряжение, сила тока, сопротивление. Зависимость между этими характеристиками устанавливает закон Ома:

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

Потребители электрической энергии — электрические лампочки, электронагревательные приборы, провода и т. п. — обладают определенным сопротивлением, поэтому их часто называют «проводниками» или резисторами.

Обычно электрическая цепь состоит из нескольких резисторов, соединенных последовательно, параллельно или смешанно. Сопротивление этого резистора называют эквивалентным общему сопротивлению нескольких резисторов, образующих цепь.

Схема последовательного соединения проводников выглядит следующим образом:



При последовательном соединении все входящие в него проводники соединяются друг за другом, т.е. конец первого проводника соединяется с началом второго.

Сила тока в любых частях цепи одна и та же (об этом свидетельствуют показания амперметров):

$$I = I_1 = I_2.$$

- Если через один проводник протекает ток, то он протекает и через все остальные.
- Если хотя бы на одном проводнике отсутствует ток, то он обязательно отсутствует и на всех остальных.

При последовательном соединении сопротивлений результирующее напряжение равно сумме напряжений на участках:

$$U = U_1 + U_2.$$

Результирующее сопротивление последовательно соединённых потребителей равно сумме сопротивлений потребителей:

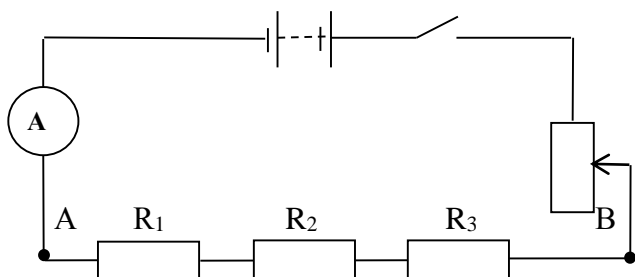
$$R = R_1 + R_2.$$

Сопротивление цепи  $R$ , состоящей из  $n$  одинаковых ламп, сопротивлением  $R_1$  каждая, в  $n$  раз больше сопротивления одной лампы:

$$R = R_1 * n.$$

### ХОД РАБОТЫ

1. Составить электрическую цепь по схеме:



*Профессионально-ориентированные задания:*

2. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.
3. Проверить электрическую цепь, цепь замкнуть и измерить напряжения на каждом резисторе. Для этого прикоснуться наконечниками проводов, присоединённых к зажимам вольтметр к клеммам каждого резистора.
4. Измерить напряжение на концах всей группы резисторов (участок АВ), цепь разомкнуть.
5. Проверить соотношения ( $U_{изм.} = U_{расч.}$ ;  $U_{расч.} = U_1 + U_2 + U_3$ ) и сделать вывод.
6. Вычислить общее сопротивление проводников, соединённых последовательно, различными способами:

$$R_{1общ} = \frac{U_{AB}}{I} \text{ и } R_{2общ} = R_1 + R_2 + R_3$$

7. По формуле  $I = \frac{U}{R_{2общ}}$  вычислить силу тока. Сравнить ее с показанием амперметра и сделать вывод.

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

Сопротивление					Напряжение					Сила тока				
$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$	$R_{2\text{общ}}, \text{Ом}$	$R_{1\text{общ}}, \text{Ом}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_3, \text{В}$	$U_{\text{расч}}, \text{В}$	$U_{\text{изм}}, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$I_3, \text{А}$	$I_{\text{расч}}, \text{А}$	$I_{\text{изм}}, \text{А}$

9. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Как включены выключатель, батарейка и лампочка в карманном фонарике? Изобразите схему.
2. Изобразить участок цепи содержащий лампы, соединённых последовательно. Где применяются такие схемы?
3. Показать на схеме, как подключить амперметр и вольтметр к резистору. Как можно определить сопротивление резистора по их показаниям?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

**Название лабораторной работы:** «Изучение закона Ома для участка цепи при параллельном соединении проводников».

**Цель работы:** научиться соединять потребители различными способами, опытным путём проверить закон Ома.

**Оборудование:** источник электрической энергии, резисторы, амперметр, вольтметр, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: составлять электрические цепи, планировать и проводить измерения различными измерительными приборами (амперметр, вольтметр), производить расчет электрических цепей при различных способах соединения потребителей и источников электрического тока, производить математическую обработку

полученных результатов эксперимента и погрешностей измерения; решать задачи на определение силы тока с использованием законов Ома для участка цепи.

### Теория

Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц. Для того чтобы в проводнике все время протекал электрический ток, в нем необходимо поддерживать постоянное электрическое поле с помощью источника тока.

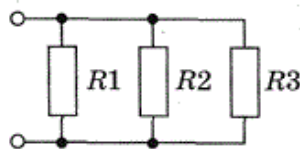
Основными характеристиками электрического тока в цепи являются напряжение, сила тока, сопротивление.

Зависимость между этими характеристиками устанавливает закон Ома:

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

Потребители электрической энергии — электрические лампочки, электронагревательные приборы, провода и т. п. — обладают определенным сопротивлением, поэтому их часто называют «проводниками» или резисторами.

Схема параллельного соединения проводников выглядит следующим образом:



При параллельном соединении все входящие в него проводники одним своим концом присоединяются к одной точке цепи А, а вторым концом — к другой точке В.

Сила тока в неразветвлённой части цепи равна сумме сил тока в отдельных параллельно соединённых проводниках. Об этом свидетельствуют показания амперметров:

$$I = I_1 + I_2.$$

Если выкрутить одну лампу, то другая лампа продолжает гореть. Это свойство используют для подключения бытовых приборов в помещении. Напряжение на участке цепи АВ и на концах всех параллельно соединённых проводников одно и то же:

$$U = U_1 = U_2.$$

Общее сопротивление цепи при параллельном соединении проводников определяется по формуле:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Сопротивление цепи  $R$ , состоящей из  $n$  одинаковых ламп, сопротивлением  $R_1$  каждая, в  $n$  раз меньше сопротивления одной лампы:

$$R = \frac{R_1}{n}.$$

Во всех случаях, когда нужно независимое включение и выключение электрических приборов в цепи, используют параллельное соединение

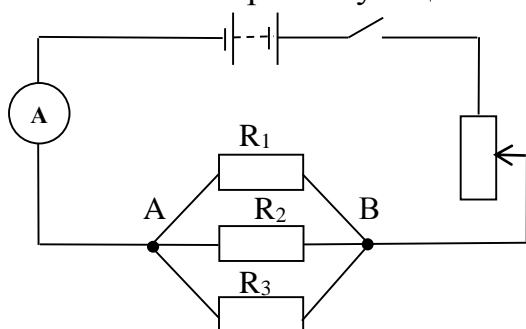
электрических устройств. Именно параллельным образом устанавливают розетки в квартирах. Такое подключение позволяет включать различные приборы в сеть совершенно независимо друг от друга, и при выходе их строя одного из них это не влияет на работу остальных.

Основные особенности:

- Включение и/или выключение одной нагрузки не мешает работе остальных.
- Все нагрузки работают при одном напряжении.

### ХОД РАБОТЫ

#### 1. Составить электрическую цепь по схеме



*Профессионально-ориентированные задания:*

2. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.
3. Проверить электрическую цепь, цепь замкнуть и измерить напряжение на участке  $AB$  и силу тока в цепи.
4. Переключить амперметр из магистрали в ту или иную ветвь и измерить силу тока в каждом резисторе.
5. Проверить соотношения  $I_{\text{расч.}} = I_1 + I_2 + I_3$  и  $I_{\text{изм.}} = I_{\text{расч.}}$ , сделать вывод.
6. Вычислить общее сопротивление проводников, соединённых параллельно, различными способами:

$$R_{1\text{общ}} = \frac{U_{AB}}{I} \quad \text{и} \quad \frac{1}{R_{2\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3},$$

$$\text{т.е.} \quad R_{2\text{общ}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}.$$

7. Вычислить напряжение по формуле  $U_{\text{расч.}} = I \cdot R_{2\text{общ.}}$ . Сравнить его с показанием вольтметра и сделать вывод.

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

Сопротивление					Напряжение					Сила тока				
$R_1 \text{ Ом}$	$R_2 \text{ Ом}$	$R_3 \text{ Ом}$	$R_{2\text{общ}} \text{ Ом}$	$R_{1\text{общ}} \text{ Ом}$	$U_1 \text{ В}$	$U_2 \text{ В}$	$U_3 \text{ В}$	$U_{\text{расч}} \text{ В}$	$U_{\text{изм}} \text{ В}$	$I_1 \text{ А}$	$I_2 \text{ А}$	$I_3 \text{ А}$	$I_{\text{расч}} \text{ А}$	$I_{\text{изм}} \text{ А}$

9. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Для освещения трамвайного вагона используется 10 ламп, рассчитанных на напряжение 120 В. Как включены эти лампы? Напряжение в трамвайной сети 600 В.
2. Изобразить участок цепи содержащий лампы, соединённых параллельно. Где применяются такие схемы?
3. Восемь резисторов соединили по два последовательно в четыре параллельные ветви. Начертить схему соединения.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

**Название лабораторной работы:** «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника напряжения».

**Цель работы:** научиться определять ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

**Оборудование:** амперметр, вольтметр, источник электрической энергии, реостат, ключ, соединительные провода.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: составлять электрические цепи, планировать и выполнять измерения различными измерительными приборами (амперметр, вольтметр), производить математическую обработку полученных результатов эксперимента и погрешностей измерения; решать задачи на определение силы тока с использованием законов Ома для участка цепи и полной цепи.

### Теория

Возникновение разности потенциалов на полюсах любого источника тока является результатом разделения в нём положительных и отрицательных зарядов. Это разделение происходит благодаря работе, совершаемой сторонними силами. Сторонние силы – силы, действующие против

электрического поля и выполняющие работу за счёт какой-либо энергии, подведённой извне.

Величина, измеряемая работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единицы положительного заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока (ЭДС –  $\varepsilon$ , В).

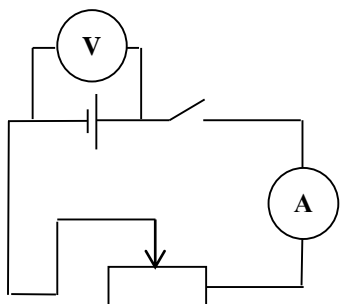
Если цепь разомкнута, то работа сторонних сил превращается в потенциальную энергию источника тока. При замкнутой цепи эта потенциальная энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во внешней цепи с сопротивлением  $R$  и во внутренней части цепи с сопротивлением  $r$ ,

$$\varepsilon = IR + Ir,$$

т.е.  $\varepsilon$  и  $r$  можно определить опытным путём.

## ХОД РАБОТЫ

1. Составить электрическую цепь по схеме:



*Профессионально-ориентированные задания:*

2. Рассмотреть шкалы амперметра и вольтметра, определить цену деления.

3. Проверить цепь, замкнуть ключ, пользуясь реостатом, установить силу тока, соответствующую нескольким делениям шкалы амперметра. Снять показания вольтметра и амперметра. Разомкнуть цепь.

4. Повторить опыт 3 раза, изменяя сопротивление цепи при помощи реостата.

5. Вычислить внешнее сопротивление цепи, используя Закон Ома:  $R = \frac{U}{I}$ .

6. Результаты измерений подставить в уравнение  $\varepsilon = U + Ir$ , определить  $\varepsilon$  и  $r$ , решая системы уравнений:

$$\begin{cases} \varepsilon = U_1 + I_1 r, \\ \varepsilon = U_2 + I_2 r; \end{cases} \quad \begin{cases} \varepsilon = U_2 + I_2 r, \\ \varepsilon = U_3 + I_3 r; \end{cases} \quad \begin{cases} \varepsilon = U_3 + I_3 r, \\ \varepsilon = U_1 + I_1 r. \end{cases}$$

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}$$

$$r = \frac{U_3 - U_2}{I_2 - I_3}$$

$$r = \frac{U_1 - U_3}{I_3 - I_1}$$

$$\varepsilon = \frac{U_2 I_1 - U_1 I_2}{I_1 - I_2}$$

$$\varepsilon = \frac{U_3 I_2 - U_2 I_3}{I_2 - I_3}$$

$$\varepsilon = \frac{U_1 I_3 - U_3 I_1}{I_3 - I_1}$$

7. Разомкнуть цепь и измерить напряжение  $U_{\text{внут}}$  на зажимах источника электрической энергии при разомкнутой внешней цепи.

8. Все результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

№ опыта	Сила тока в цепи $I$ , А	Напряжение на внешней части цепи $U$ , В	Внешнее сопротивление $R$ , Ом	Внутреннее сопротивление $r$ , Ом	Среднее значение внутреннего сопротивления $r_{\text{ср}}$ , Ом	ЭДС $\varepsilon$ , В	Среднее значение ЭДС $\varepsilon_{\text{ср}}$ , В	Напряжение на внутренней части цепи $U_{\text{внут}}$ , В

9. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое внешняя и внутренняя части цепи? Указать на рисунке.
2. Что такое сторонние силы?
3. Почему показания вольтметра при разомкнутом и замкнутом ключе различны?
4. Что называется ЭДС?
5. Что такое внутреннее и внешнее сопротивление цепи?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

**Название лабораторной работы:** «Определение температуры нити лампы накаливания и мощности, потребляемой лампой».

**Цель работы:** исследовать зависимость мощности тока от напряжения и научиться определять температуру нити лампы накаливания.

**Оборудование:** электрическая лампа, источник электрического тока, амперметр, вольтметр, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРБ 06, ПРБ 07, ПРБ 10;
- ПРy 07, ПРy 08, ПРy 09, ПРy 12.



По окончании работы обучающийся должен уметь: составлять электрические цепи, планировать и выполнять эксперименты с помощью различных измерительных приборов (амперметр, вольтметр), производить математическую обработку полученных результатов эксперимента и погрешностей.

### ***Теория***

Лампа накаливания при включении работает в экстремальных условиях при токах, которые превышают номинальный, что приводит к ускоренному износу нити накала и преждевременному выходу лампы из строя, особенно при превышениях напряжения в питающей сети.

При продолжительной работе лампы накаливания ее нить накала под воздействием высокой температуры нагрева постепенно испаряется, уменьшаясь в диаметре, рвется (перегорает). Чем выше температура нагрева нити накала, тем больше света излучает лампа. При этом интенсивнее протекает процесс испарения нити, и сокращается срок службы лампы. Поэтому для ламп накаливания устанавливается такая температура накала нити, при которой обеспечивается необходимая светоотдача лампы и определенная продолжительность ее службы.

С точки зрения классической электронной теории два фактора: 1) участие электронов в хаотическом движении (наряду с направленным) и 2) наличие соударений электронов с ионами кристаллической решетки воспринимается как электрическое сопротивление проводника электрическому току. С увеличением температуры возрастает скорость хаотического движения, а также число соударений электронов, что должно привести к увеличению сопротивления проводника. Экспериментально установлено, что для металлов увеличение сопротивления с температурой выражается зависимостью:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

где  $R_0$  – сопротивление проводника при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $R_t$  – сопротивление проводника при температуре  $t$ ,  $\alpha$  – термический коэффициент сопротивления данного металла, он показывает на какую часть изменяется сопротивление проводника при нагреве его на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У чистых металлов порядка  $10^{-3} \frac{1}{\text{градус}}$ , у сплавов меньше. У вольфрама, из которого изготовлена нить исследуемой лампы  $4,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ .

Температуру раскалённой нити, можно определить по формуле  $T = \frac{R_T - R_0}{\alpha R_0}$ , если известны её сопротивление  $R_t$  при этой температуре и сопротивление нити  $R_0$  при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

Мощность тока – величина, характеризующая, с какой скоростью совершается работа тока.

При замыкании электрической цепи на ее участке с сопротивлением  $R$ , током  $I$ , напряжением на концах  $U$  производится работа  $A$ :

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

Величина, равная отношению работы тока ко времени, за которое она совершается, называется мощностью  $P$ :

$$P = \frac{A}{t}.$$

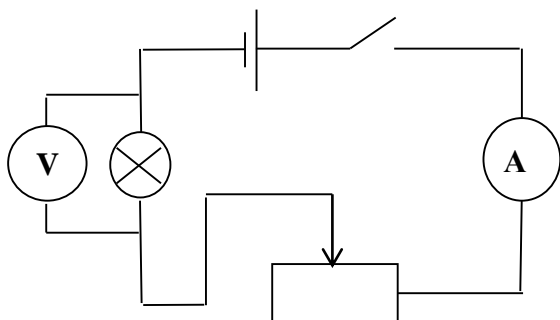
Следовательно,  $P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ .

Зависимость  $P$  от  $U$  можно исследовать экспериментально.

Работа электрического тока в СИ выражается в джоулях (Дж), мощность – в ваттах (Вт).

### ХОД РАБОТЫ

1. Составить электрическую цепь по схеме:



*Профессионально-ориентированные задания:*

2. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.

3. Проверить цепь, замкнуть ключ, пользуясь реостатом, установить наименьшее значение напряжения. Снять показания вольтметра и амперметра. Разомкнуть цепь.

4. Постепенно выводя реостата, снять несколько раз показания амперметра и вольтметра. Значения силы тока выбирают такими, при которых нить лампы не светится, светится красноватым цветом и светится с максимальной яркостью.

5. Для каждого значения напряжения определить:

1) мощность  $P = IU$ , потребляемую лампой,

2) сопротивление  $R_T = \frac{U}{I}$  нити накала,

3) температуру её накала  $T = \frac{R_T - R_0}{\alpha R_0}$ ,

где  $R_0$  – сопротивление нити лампы при комнатной температуре;

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления вольфрама ( $\alpha = 0,0048 \text{ K}^{-1}$ ).

В первом опыте, когда ток в цепи минимален, а свечение полностью отсутствует, температуру нити накала можно считать комнатной. Поскольку при свечении лампы в полный накал температура нити очень высока ( $\sim 2000^\circ\text{C}$ ), то для приблизительного подсчета температуры можно принять, что

величина  $R_0$  и есть значение сопротивления нити накала, которое будет получено в первом опыте.

6. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

№ опыта	Напряжение на зажимах лампы $U$ , В	Сила тока в лампе $I$ , А	Мощность, потребляемая лампой $P$ , Вт	Сопротивление нити накала лампы $R_{\text{н}}$ , Ом	Сопротивление нити накала лампы при комнатной температуре $R_0$ , Ом	Температурный коэффициент $\alpha$ , $\text{K}^{-1}$	Температура накала $T$ , К

7. Построить графики зависимости:

- 1) мощности, потребляемой лампой, от напряжения на её зажимах;
- 2) сопротивления нити накала лампы от её температуры.

8. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют работой тока, мощностью тока?
2. Какими способами можно определить мощность тока?
3. Как отражается рост температуры нити накала лампы на ее сопротивление и на выделяемую в ней мощность?
4. В какие виды энергии может превращаться электрическая энергия?
5. Лампы, 200-ваттная и 60 ваттная, рассчитаны на одно напряжение. Сопротивление какой лампы больше и во сколько раз?
6. От нагревательной спирали отрезали половину, другая половина осталась включённой в цепь. Во сколько раз измениться выделяемое на ней количество теплоты (за 1 с)?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

**Название лабораторной работы:** «Изучение явления электромагнитной индукции».

**Цель работы:** изучить явление электромагнитной индукции.

**Оборудование:** гальванометр, катушка, соединительные провода, магнит.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;

- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

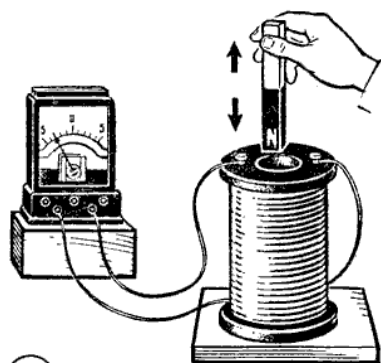
- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: проводить наблюдения планировать и выполнять эксперименты с помощью различных приборов, составлять электрические цепи, применять полученные знания по физике для объяснения наблюдаемое явление электромагнитной индукции.

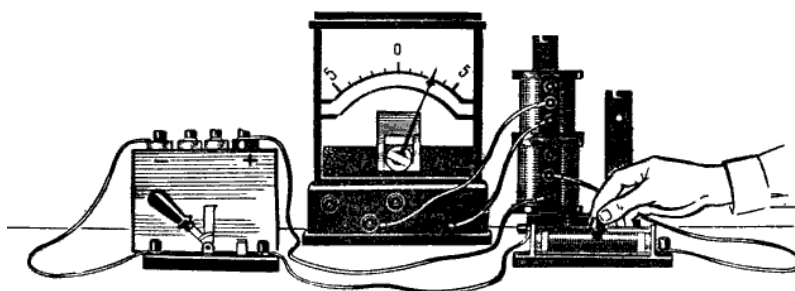
### Теория

В 1831 г. Фарадей обнаружил, что в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного поля возникает электрический ток. Этот ток назвали индукционным током. Индукционный ток в катушке из металлической проволоки возникает при вдвигании магнита внутрь катушки и при выдвигании магнита из катушки (рис. а), а также при изменении силы тока во второй катушке, магнитное поле которой пронизывает первую катушку (рис. б).

а)



б)



Явление возникновения электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменениях магнитного поля, пронизывающего контур, называется *электромагнитной индукцией*.

Появление электрического тока в замкнутом контуре при изменениях магнитного поля, пронизывающего контур, свидетельствует о действии в контуре сторонних сил неэлектростатической природы или о возникновении ЭДС индукции.

Количественное описание явления электромагнитной индукции дается на основе установления связи между ЭДС индукции и физической величиной, называемой магнитным потоком.

Экспериментальное исследование зависимости ЭДС индукции от изменения магнитного потока привело к установлению закона электромагнитной индукции: ЭДС индукции в замкнутом контуре пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.

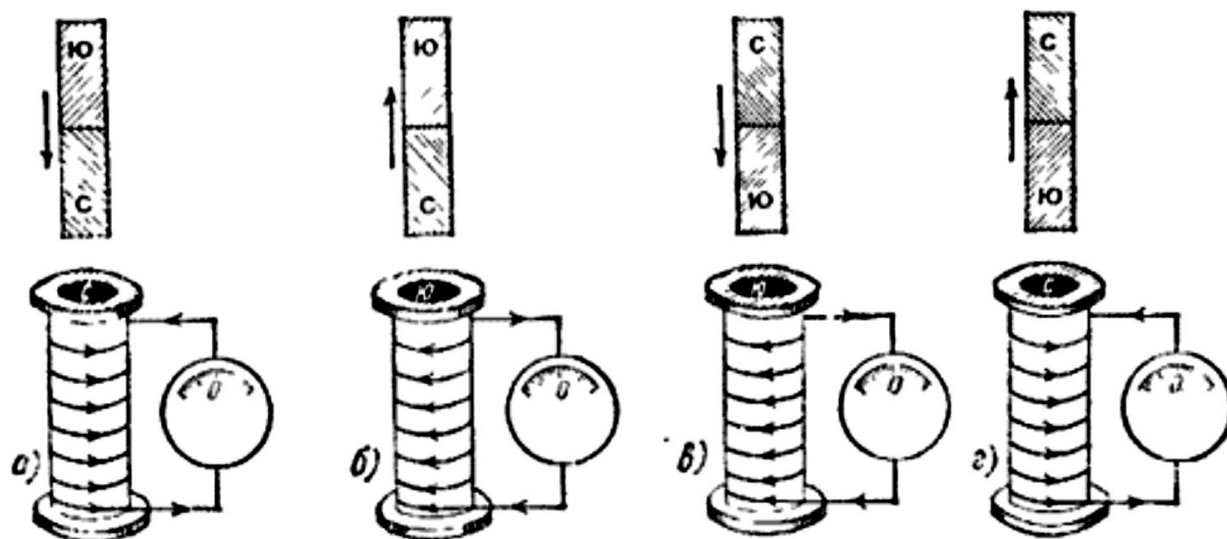
### ХОД РАБОТЫ

*Профессионально-ориентированные задания:*

1. Собрать цепь так, как это показано на рисунке:



2. Передвигая магнит через полость катушки, как показано на рисунках а) – г), отметить в каждом случае отклонение стрелки гальванометра.

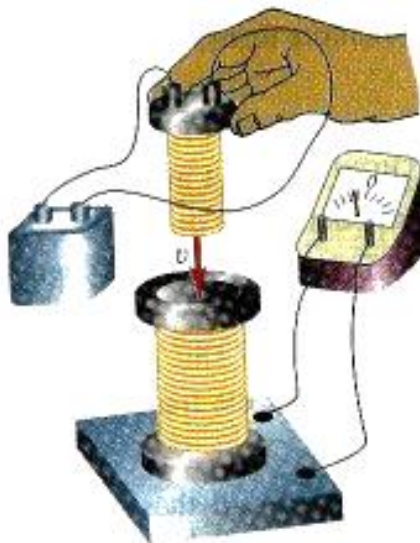


3. Собрать цепь, используя рисунок.



4. Замыкая и размыкая цепь, отметить отклонение стрелки гальванометра.

5. Собрать цепь, изображённую на рисунке.



6. Передвигая катушку через полость другой катушки, отметить отклонение стрелки гальванометра.

7. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют магнитным полем? Чем оно создается и на что действует?
2. Что называют явлением электромагнитной индукцией?
3. Что называют магнитным потоком?
4. От чего зависит величина и направление индукционного тока?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

**Название лабораторной работы:** «Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити».

**Цель работы:** изучить зависимость периода колебаний нитяного маятника от длины нити, научиться определять ускорение свободного падения с помощью математического маятника.

**Оборудование:** штатив с держателем, шарик, подвешенный на нити длиной около 1 м, пробка, измерительная лента или метровая линейка, штангенциркуль, секундомер.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

*По окончании работы обучающийся должен уметь:* планировать и проводить измерения с помощью различных измерительных приборов, объяснять наблюдаемые физические явления, производить математическую обработку полученных результатов эксперимента и погрешностей измерения; формулировать понятие колебательного движения и его видов; решать задачи на нахождение параметров колебательного движения.

### **Теория**

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью может служить тяжёлый шарик, размеры которого весьма малы по сравнению с длиной нити, на которой он подвешен (не сравнимы с расстоянием от центра тяжести до точки подвеса).

Учёные Галилей, Ньютон, Бессель и другие установили следующие законы колебания математического маятника:

1. Период колебания математического маятника не зависит от массы маятника и от амплитуды, если угол размаха не превышает  $6^\circ$ .
2. Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из длины маятника и обратно пропорционален квадратному корню из ускорения свободного падения.

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний:

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

### **ХОД РАБОТЫ**

*Профессионально-ориентированные задания:*

1. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.
  2. Поставить штатив на край стола.
  3. Зажать нить маятника за свободный конец между двумя половинками резаной пробки в держателе штатива.
  4. Измерить при помощи штангенциркуля диаметр шарика, найти радиус шарика  $r$ .
  5. Измерить длину нити  $l_0$ , найти длину маятника (длина маятника считается от нижнего края пробки до центра тяжести шарика)
- $$l = l_0 + r.$$
6. Отклонить шарик на небольшой угол, не больше  $10^\circ$ , и отпустить.
  7. По секундомеру определить время, за которое маятник совершил  $n$  полных колебаний (например, 100 колебаний).
  8. Вычислить период полного колебания маятника по формуле:

$$T = \frac{t}{n}.$$

9. Вычислить ускорение свободного падения, по формуле:

$$g = \frac{4 \pi^2 l}{T^2}$$

10. Повторить опыт два раза при различных длинах маятника.

11. Из всех найденных значений ускорения свободного падения вычислить среднее значение.

12. Сравнить найденное значение ускорения свободного падения с табличным и определить относительную погрешность измерения по формуле:

$$\delta = \frac{|g - g_{\text{табл}}|}{g_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

13. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

№ опыта	Радиус шарика $r$ , м	Длина нити $l_0$ , м	Длина маятника $l$ , м	Число полных колебаний $n$	Время полных колебаний $t$ , с	Период полного колебания $T$ , с	Ускорение свободного падения $g$ , м/с <sup>2</sup>	Среднее значение ускорения свободного падения $g_{\text{ср}}$ , м/с <sup>2</sup>	Табличное значение ускорения свободного падения $g$ , м/с <sup>2</sup>	Относительная погрешность $\delta$ , %

14. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое механические колебания?
2. Что называют амплитудой колебаний? Показать её на рисунке.
3. Показать на рисунке виды маятников, записать формулы, которым рассчитывают период колебаний этих маятников.
4. Какие колебания называют свободными и вынужденными? Привести примеры.
5. Какие колебания называются затухающими и незатухающими. Почему колебания затухают? Изобразить на рисунке графики затухающих и незатухающих колебаний.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

**Название лабораторной работы:** «Изучение интерференции света».

**Цель работы:** изучить интерференцию света.



**Оборудование:** мыльный раствор, проволоочная рамка, электрическая лампочка, источник электрической энергии для питания лампочки, соединительные провода, стеклянная трубка, стеклянные пластины, компакт-диск.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

*По окончании работы обучающийся должен уметь:* проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, объяснять наблюдаемое явление (интерференционная картина);

### Теория

Интерференция – явление характерное для волн любой природы: механических, электромагнитных.

Интерференция волн – сложение в пространстве двух (или нескольких) волн, при котором в разных его точках получается усиление или ослабление результирующей волны.

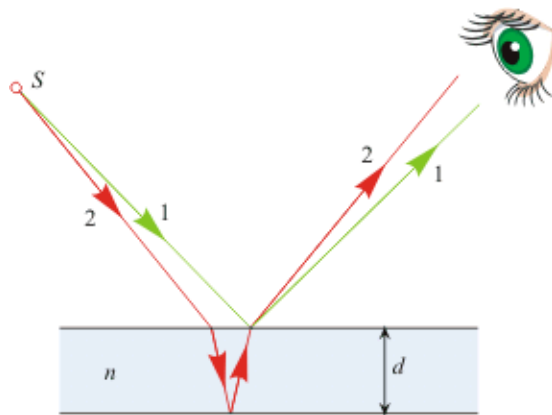
Для образования устойчивой интерференционной картины необходимы когерентные (согласованные) источники волн. Когерентными называются волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную разность фаз.

Интерференцией света называют пространственное перераспределение светового потока при наложении двух (или нескольких) когерентных световых волн, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других минимумы интенсивности (интерференционная картина).

Интерференцией света объясняется окраска мыльных пузырей и тонких масляных пленок на воде, хотя мыльный раствор и масло бесцветны.

Световые волны частично отражаются от поверхности тонкой пленки, частично проходят в нее. На второй границе пленки вновь происходит частичное отражение волны.

Световые волны, отраженные двумя поверхностями тонкой пленки, распространяются в одном направлении, но проходят разные пути.



При разности хода, равной четному числу длин полуволен  $l = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$  наблюдается интерференционный максимум, где  $k=0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots$

Интерференционный минимум наблюдается при разности хода, равной нечетному числу длин полуволен  $l = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ .

Ширина интерференционной полосы выразится соотношением:  $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ ,

длина световой волны:  $\lambda = \frac{d}{L} \Delta x$ , число полос  $N$ , которые мы увидим, определяется степенью монохроматичности  $\lambda/\Delta\lambda$ :  $N = \lambda/\Delta\lambda$

Когда выполняется условие максимума для одной длины световой волны, то оно не выполняется для других волн. Поэтому освещённая белым светом тонкая цветная прозрачная пленка кажется окрашенной. Явление интерференции в тонких пленках применяется для контроля качества обработки поверхностей, для просветления оптики.

Интерференционная картина – регулярное чередование областей повышенной и пониженной интенсивности света.

Интерференция света – пространственное перераспределение энергии светового излучения при наложении двух или нескольких световых волн. Следовательно, в явлениях интерференции и дифракции света соблюдается закон сохранения энергии. В области интерференции световая энергия только перераспределяется, не превращаясь в другие виды энергии. Возрастание энергии в некоторых точках интерференционной картины относительно суммарной световой энергии компенсируется уменьшением её в других точках (суммарная световая энергия – это световая энергия двух световых пучков от независимых источников).

Светлые полосы соответствуют максимумам энергии, темные – минимумам.

## ХОД РАБОТЫ

*Профессионально-ориентированные задания:*

### 1. Провести ОПЫТ 1:

- 1) опустить проволочную рамку в мыльный раствор;
- 2) пронаблюдать и зарисовать интерференционную картину в мыльной пленке (при освещении пленки белым светом (от окна или лампы) возникает окрашивание светлых полос: вверху – синий цвет, внизу – в красный цвет);
- 3) сделать вывод.

### 2. Провести ОПЫТ 2:

- 1) с помощью стеклянной трубки выдуть мыльный пузырь;
- 2) пронаблюдать за ним (при освещении его белым светом наблюдают образование цветных интерференционных колец; по мере уменьшения толщины пленки кольца, расширяясь, перемещаются вниз);
- 3) описать интерференционную картину;

4) сделать вывод.

### 3. Провести ОПЫТ 3:

1) тщательно протереть стеклянные пластинки, сложить их вместе и сжать пальцами;

2) пронаблюдать интерференционную картину (из-за неидеальности формы соприкасающихся поверхностей между пластинками образуются тончайшие воздушные пустоты, дающие яркие радужные кольцеобразные или замкнутые неправильной формы полосы; при изменении силы, сжимающей пластинки, расположение и форма полос изменяются как в отраженном, так и в проходящем свете);

3) зарисовать увиденные картинки;

4) сделать вывод.

### 4. Провести ОПЫТ 4:

1) положить горизонтально на уровне глаз компакт-диск;

2) пронаблюдать интерференционную картину;

3) описать интерференционную картину;

4) сделать вывод.

5. Сравнить результаты опытов и сделать вывод.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называется интерференцией света?
2. Какое условие необходимо для интерференции света?
3. Какой вид имеет интерференционная картина в случае монохроматического света?
4. Как определяется длина световой волны при интерференции света?
5. Почему мыльные пузыри имеют радужную окраску?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

**Название лабораторной работы:** «Изучение дифракции света».

**Цель работы:** изучить дифракции света и определить длину световой волны.

**Оборудование:** прибор для определения длины световой волны, подставка для прибора, дифракционная решётка, источник свет (лампочка с прямой нитью накала в патроне).

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11, МРР 16, МРР 18, МРР 19;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 08, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: проводить наблюдения, планировать и проводить измерения различными измерительными приборами; применять полученные знания по физике для объяснения наблюдаемого явления, анализировать состав электромагнитных излучений; производить математическую обработку полученных результатов эксперимента.

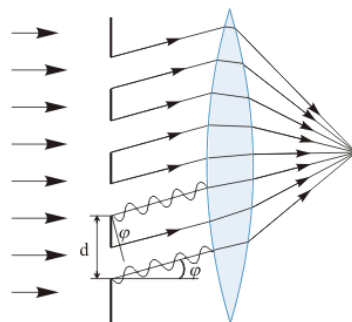
### **Теория**

Дифракция – явление отклонения волны от прямолинейного распространения при прохождении через малые отверстия и огибании волной малых препятствий. Размеры препятствий (отверстий) должны быть меньше или соизмеримы с длиной волны. Существование этого явления (дифракции) ограничивает область применения законов геометрической оптики и является причиной предела разрешающей способности оптических приборов.

Дифракция объясняется тем, что световые волны, приходящие в результате отклонения из разных точек отверстия в одну точку на экране, интерферируют между собой.

Дифракция света используется в спектральных приборах, основным элементом которых является дифракционная решетка.

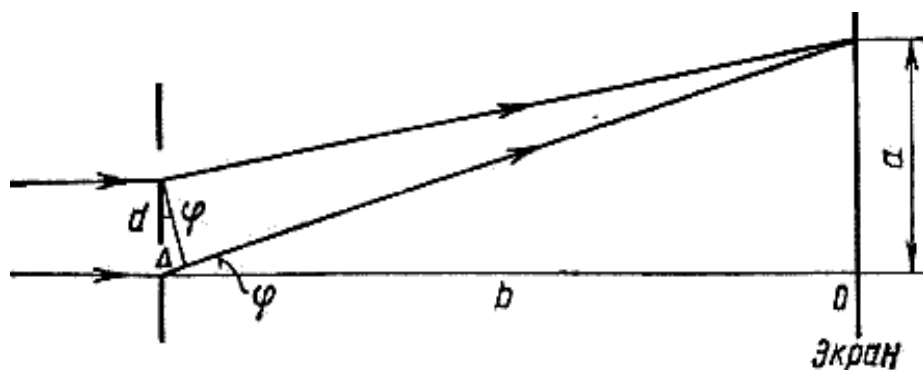
Дифракционная решетка – оптический прибор, представляющий собой периодическую структуру из большого числа регулярно расположенных элементов, на которых происходит дифракция света. Период решетки – штрихи с определенным и постоянным для данной дифракционной решетки профилем повторяются через одинаковый промежуток **d**.



Способность дифракционной решетки раскладывать падающий на нее пучок света по длинам волн является ее основным свойством. Различают отражательные и прозрачные дифракционные решетки.

Параллельные лучи, идущие от краев соседних щелей, имеют разность хода  $\Delta = d \cdot \sin \varphi$ , где **d** – постоянная решетки – расстояние между соответствующими краями соседних щелей, называемое периодом решетки,  $\varphi$  – угол отклонения световых лучей от перпендикуляра к плоскости решетки.

При разности хода, равной целому числу длин волн  $d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$ , наблюдается интерференционный максимум для данной длины волны. Условие



интерференционного максимума выполняется для каждой длины волны при своем значении дифракционного угла  $\varphi$ .

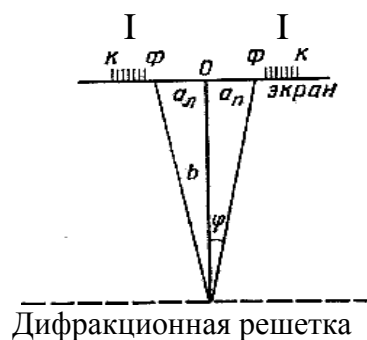
Условие возникновения максимума можно записать иначе:  $n\lambda = d \sin \varphi$ , где  $d$  — период дифракционной решетки;  $\varphi$  — угол, под которым виден световой максимум (угол дифракции).

Так как углы дифракции, как правило, малы, то для них можно принять

$\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$ , а  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{b}$ , поэтому  $n\lambda = d \frac{a}{b}$  (в данной работе эту формулу используют для вычисления длины световой волны).

Положение световых максимумов зависит от длины волны монохроматического света: чем больше длина волны, тем дальше максимум от нулевого.

При прохождении через дифракционную решетку пучок белого света разлагается в спектр. Белый свет по составу — сложный. Нулевой максимум для него — белая полоса, а максимумы высших порядков представляют собой набор семи цветных полос, совокупность которых называют спектром



соответственно I; II, ... порядка.

Угол дифракции имеет наибольшее значение для красного света, так как длина волны красного света больше всех остальных в области видимого света. Наименьшее значение угла дифракции для фиолетового света.

Получить дифракционный спектр можно, используя прибор для определения длины световой волны. Прибор состоит из бруска 1 со шкалой. Внизу бруска укреплен стержень 2. Его вставляют в отверстие подставки от подъемного столика. Брусочек закрепляют под разными углами с помощью винта 3. Вдоль бруска в боковых пазах его может перемещаться ползунок 4 с экраном 5. К концу бруска прикреплена рамка 6, в которую вставляют дифракционную решетку.

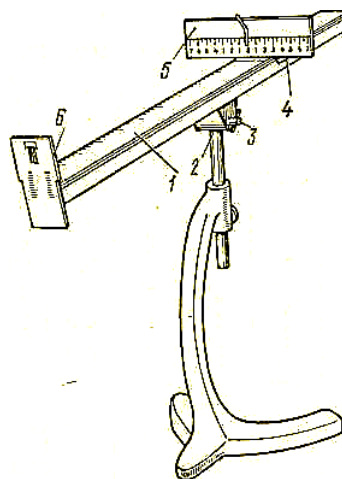


Рис. 1

## ХОД РАБОТЫ

*Профессионально-ориентированные задания:*

1. Рассмотреть шкалы измерительных приборов, определить цену деления.
2. Собрать установку, изображенную на рисунке 1.
3. Установить на демонстрационном столе лампу и включить её.
4. Смотря через дифракционную решетку, направить прибор на лампу так, чтобы через окно экрана прибора была видна нить лампы.
5. Экран прибора установить на возможно большем расстоянии от дифракционной решетки и получить на нем четкое изображение спектров I и II порядков.
6. Пронаблюдать образовавшиеся на чёрном экране дифракционные спектры I и II порядка, где ближе к щели располагаются фиолетовые лучи, а дальше от неё красные.
7. Измерить по шкале бруска установки расстояние « $b$ » от экрана прибора до дифракционной решетки (см. первый рисунок).
8. Определить расстояние от нулевого деления (0) шкалы экрана до середины фиолетовой полосы как слева « $a_{\text{л}}$ », так и справа « $a_{\text{п}}$ » для спектров I порядка (см. первый рисунок) и вычислить среднее значение  $a_{\text{ср}}$ .
9. Такие же измерения выполнить и для красных полос дифракционного спектра.
10. Вычислить длину волны фиолетового света для спектров I и II порядков, длину волны красного света I и II порядков по формуле

$$\lambda = d \frac{a}{nb}.$$

10. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

№ опыта	Период дифракционной решётки $d$ , мм	Порядок спектра $n$	Расстояние от дифракционной решётки до экрана $b$ , мм	Видимые границы спектра фиолетового света			Видимые границы спектра красного света			Длина световой волны	
				слева $a_{л}$ , мм	справа $a_{п}$ , мм	среднее значение $a_{ср}$ , мм	слева $a_{л}$ , мм	справа $a_{п}$ , мм	среднее значение $a_{ср}$ , мм	фиолетового излучения $\lambda_{к}$ , мм	красного излучения $\lambda_{ф}$ , мм

12. Сравнить результаты измерений и сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют дифракцией света?
2. Что представляют собой дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера?
3. Почему нулевой максимум дифракционного спектра белого света — белая полоса, а максимум высших порядков — набор цветных полос?
4. Почему максимумы располагаются как слева, так и справа от нулевого максимума?

## 7. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

**Название практической работы:** «Ёмкостное сопротивление в цепи переменного тока».

**Цель работы:** ознакомиться с работой конденсатора в цепи переменного тока, определить параметры цепи переменного тока, содержащей конденсатор;

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

**метапредметные:**

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11;

**предметные:**

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: читать электрические цепи, производить расчет параметров электрической цепи переменного тока, применять полученные знания для объяснения исследуемого явления.

### Теория

В электрической цепи конденсатор является накопителем энергии электрического поля. При постоянном приложенном напряжении ток через конденсатор отсутствует. Переменный ток протекает через конденсатор. Величина тока пропорциональна скорости изменения электрического напряжения на пластинах конденсатора.

$$i_C = C \cdot \frac{dU_C}{dt},$$

где  $C$  - емкость конденсатора.

При  $U_C = U_m \sin \omega t$  получим:

$$i_C = U_m \cdot C \frac{d}{dt} \sin \omega t = \omega C U_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ),$$

$$\frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C} = X_C$$

– реактивное сопротивление конденсатора.

Сравнивая формулы для тока и напряжения на конденсаторе, видим, что ток опережает напряжение по фазе на угол  $90^\circ$ .

Реактивная мощность конденсатора, равная  $Q_C = U_C \cdot I$  (вар) идет на создание электрического поля.

### ХОД РАБОТЫ

1. Используя приведенную схему и данные из таблицы произвести расчет неизвестных величин.



Исходные данные:

Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А
1	10	2	7	7	1	13	10	1	19	8	1.8	25	9	1
2	8	2	8	8	2	14	8	2	20	9	2	26	8	2
3	7	1	9	7	1.5	15	7	2	21	7	1	27	6	1.5
4	6	1	10	6	1	16	5	1	22	6	2	28	7	1.5
5	5	2	11	5	1	17	4	1	23	5	1	29	5	1
6	4	1	12	4	0.8	18	10	1	24	10	3	30	9	1


Цепь подключена к источнику переменного тока с напряжением  $U = 127 \text{ В}$  и частотой  $50 \text{ Гц}$ .

Профессионально-ориентированные задания:



2. Определить полное сопротивление цепи  $Z$  (выразить используя закон Ома:

$$I = \frac{U}{Z}).$$

3. Рассчитать реактивное сопротивление  $X_C$  (выразить из формулы: ).

4. Найти емкость конденсатора из формулы  $X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ .

5. Определить активную мощность  $P$  по формуле:  $P = I^2 R$ .

6. Вычислить реактивную мощность  $Q$ , используя формулу  $Q = I^2 X_C$ .

7. Определить полную мощность  $S$  по формуле: .

8. Найти коэффициент мощности цепи по формуле: .

9. Определить угол  $\varphi$  (по таблице или на калькуляторе), учитывая значение полученное в п. 8.

10. Результаты вычислений записать в таблицу.

№ Вариан та	Известные величины			Расчет							
	U, В	I, А	R, Ом	Z, Ом	X <sub>c</sub> , Ом	C, мкФ	P, Вт	Q, Вар	S, ВА	cos φ	φ , °

11. Сделать вывод.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называется конденсатором?
2. Как определить напряжение, заряд и емкость конденсатора?
3. Как найти реактивное сопротивление конденсатора?
4. Каково назначение конденсатора в цепи переменного тока

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

**Название практической работы:** «Индуктивное сопротивление в цепи переменного тока».

**Цель работы:** ознакомиться с работой катушки индуктивности в цепи переменного тока, научиться определять параметры электрической цепи переменного тока, содержащей катушку индуктивности.

**Результаты:**

**Формируемые элементы ПК (профессионально-ориентированное содержание):**

- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения;

### метапредметные:

- МРП 01, МРП 02, МРП 03, МРП 04, МРП 05, МРП 18;
- МРК 03, МРК 04, МРК 05, МРК 08;
- МРР 01, МРР 05, МРР 06, МРР 08, МРР 11;

### предметные:

- ПРб 06, ПРб 07, ПРб 10;
- ПРу 07, ПРу 09, ПРу 12.

По окончании работы обучающийся должен уметь: читать электрические цепи, производить расчет параметров электрической цепи переменного тока, применять полученные знания для объяснения исследуемого явления.

## Теория

Катушка индуктивности обладает способностью создавать магнитное поле. Это свойство характеризуется параметром катушки - индуктивностью ( $L$ ), которая зависит от числа витков, сердечника, геометрических размеров катушки.



$L = \psi/I$ ; где  $\psi = W \cdot \Phi$  - потокосцепление катушки;  
 $W$  - число витков катушки;  $\Phi$  - магнитный поток;  $I$  - ток, протекающий по катушке.

Переменный ток, протекая по катушке, создает переменный магнитный поток  $\Phi$ , который, пересекая витки катушки, наводит в них ЭДС самоиндукции. Согласно правила Ленца, ЭДС самоиндукции, ток самоиндукции препятствуют протеканию тока в цепи

$$e_L = -W \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}.$$

$$u = u_L = -e_L = L \frac{di}{dt} = LI_m \frac{d}{dt} \sin(\omega t) = \omega LI_m \cos(\omega t) = U_m \sin(\omega t + 90).$$

Тогда

$$U_m/I_m = U/I = X_L = \omega L \text{ (Ом)} - \text{индуктивное сопротивление катушки.}$$

$Q_L$  - реактивная мощность катушки идет на создание магнитного поля.  
Единица измерения реактивной мощности: вар – вольт - ампер реактивный;

$P$  - активная мощность цепи превращается в тепло. Единица измерения Вт;

$S$  - полная мощность цепи, единица измерения ВА - вольт-ампер.

$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} - \text{модуль полной мощности.}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} - \text{коэффициент мощности, показывающий какая часть подведенной к цепи электрической мощности } S, \text{ превращается в полезную мощность } P.$$

## ХОД РАБОТЫ

1. Используя приведенную схему и данные из таблицы произвести расчет неизвестных величин.



Исходные данные:

Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А	Вар №	R, Ом	I, А
1	2	2	7	2	1	13	2	1	19	8	1.8	25	1	1
2	3	2	8	6	2	14	1	2	20	4	2	26	4	2
3	4	1	9	5	1,5	15	1	2	21	5	1	27	2	1,5
4	5	1	10	3	1	16	3	1	22	6	2	28	3	2,9
5	3	2	11	3	1	17	2	1	23	3	1	29	5	1,5
6	1	1	12	4	2,8	18	6	1	24	2	3	30	6	1,6

Цепь подключена к источнику переменного тока с **напряжением**  $U = 127 \text{ В}$  и **частотой**  $50 \text{ Гц}$ .

*Профессионально-ориентированные задания:*

2. Определить полное сопротивление цепи  $Z$  (выразить из формулы закона

Ома:  $I = \frac{U}{Z}$ ).

3. Рассчитать реактивное сопротивление  $X_L$  (выразить из формулы:

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ ).

4. Найти индуктивность  $L$  катушки по формуле:  $X_L = 2\pi fL$ .

5. Определить активную мощность  $P$ , используя формулу:  $P = \frac{U^2}{R} = I^2 R$ .

6. Вычислить реактивную мощность  $Q$ , используя выражение:  $Q = I^2 X_L$ .

7. Определить полную мощность  $S$  по формуле:  $S = U \cdot I$ .

8. Вычислить коэффициент мощности цепи по формуле:



9. Определить угол  $\varphi$  (по таблице или на калькуляторе), учитывая значение полученное в п. 8.

10. Результаты вычислений записать в таблицу.

№ варианта	Известные величины			Расчет							
	U, В	I, А	R, Ом	Z, Ом	$X_L$ , Ом	L, Гн	P, Вт	Q, Вар	S, ВА	cos $\varphi$	$\varphi$ , °

**11.** Сделать вывод.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

- 1.** Каким свойством обладает катушка индуктивности, и чем оно характеризуется?
- 2.** Как найти реактивное сопротивление катушки?
- 3.** Какие мощности различают в цепях переменного тока?
- 4.** Какой физический смысл  $\cos\varphi$ ?

## 8. ЛИТЕРАТУРА

### Основные печатные издания

1. Физика : 10 класс : базовый и углубленный уровень : учебник : В 2-х частях, . Часть 1 / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, И. Н. Корнильев, ред. В. А. Орлова – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2019. – 299 с. : граф., рис., табл., фот.
2. Физика : 10 класс : учебник : базовый и углубленный уровни : В 2-х частях, Часть 2 / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, И. Н. Корнильев, – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2019. – 235 с. : граф., рис., табл., фот.
3. Физика : 11 класс : учебник : базовый и углубленный уровень : В 2-х частях, Часть 1 / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, И. Н. Корнильев, ред. В. А. Орлова – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2019. – 189 с. : граф., рис., табл., фот.
4. Физика : 11 класс : учебник : базовый и углубленный уровни : В 2-х частях, Часть 2 / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатов, И. Н. Корнильев, ред. В. А. Орлова – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2019. – 203 с. : граф., рис., табл., фот.

### Основные электронные издания

5. Дмитриева, В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для образовательных учреждений сред. проф. образования / В. Ф. Дмитриева. – 8-е изд., стер. – М.: Академия, 2020. - 447 с.: ил. – (Профессиональное образование) [сайт]. – 2022. - URL: <https://academia-moscow.ru/reader/?id=473243/> (дата обращения: 29.01.2023). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
6. Учебный онлайн курс.Физика // Мобильное электронное образование: [сайт]. – 2022. - URL: <https://physics.ru/textbook/index.html> (дата обращения: 29.01.2023). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
7. Учебный онлайн курс.Физика 10 // Мобильное электронное образование: [сайт]. – 2022. - URL: <https://educont.ru/courses/list/course/e3579ebe-5b73-41af-9d32-7b303aade0f6>(дата обращения: 29.01.2023). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
8. Учебный онлайн курс.Физика 11 // Мобильное электронное образование: [сайт]. – 2022. - URL: <https://educont.ru/courses/list/course/7d15407e-e5b0-44b6-9385-fb9412b5a9f6>(дата обращения: 29.01.2023). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

### Дополнительные источники

9. Электронный учебный курс. Физика (технологический профиль) // Дистанционное обучение в ЮУрГТК: [сайт]. URL: <https://dom.sustec.ru/course/index.php?categoryid=115>. - (дата обращения: 24.01.2023). –Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

## 9. ПРИЛОЖЕНИЕ

### Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Числовые значения
Ускорение свободного падения	$g$	$9,81 \text{ м/с}^2$
Число $\pi$	$\pi$	3,14
Гравитационная постоянная	$\square$	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Число Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	$R$	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Заряд электрона	$e$	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Скорость света в вакууме	$c$	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

### Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, $\text{кг/м}^3$	Жидкость	Плотность, $\text{кг/м}^3$
Вода (при $4^\circ\text{C}$ )	$1,00 \cdot 10^3$	Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$

### Плотность твёрдых тел

Твёрдое тело	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Твёрдое тело	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Алюминий	$2,7 \cdot 10^3$	Медь	$8,9 \cdot 10^3$
Барий	$3,5 \cdot 10^3$	Никель	$8,9 \cdot 10^3$
Ванадий	$6,0 \cdot 10^3$	Свинец	$11,3 \cdot 10^3$
Висмут	$9,8 \cdot 10^3$	Серебр	$10,5 \cdot 10^3$
Железо	$7,8 \cdot 10^3$	о	$1,9 \cdot 10^3$
Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Цезий	$7,1 \cdot 10^3$
		Цинк	

### Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Газ	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,29	Кислород	1,43

### Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей

Жидкость	Коэффициент, мН/м	Жидкость	Коэффициент, мН/м
Вода	72	Ртуть	500
Мыльная вода	40	Спирт	22

### Показатель преломления

Вещество	Показатель
Вода	1,33
Глицерин	1,47
Стекло	1,5
Алмаз	2,42

## Психометрическая таблица

Показания влажного термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C														
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	4	5,5	6	6,5	7
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	19	16	11
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	35	31	26	23	18	14
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	20	21	17
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46	41	36	32	28	24	20
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23
6	100	92	85	78	72	66	61	56	50	45	41	35	33	29	25
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35	31	28
8	100	93	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36
12	100	94	88	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38
13	100	94	88	83	79	68	68	59	57	53	50	46	43	40	37
14	100	94	89	84	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43
16	100	95	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46
18	100	95	90	85	81	76	74	69	66	62	59	56	53	50	47
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54
26	100	96	92	88	85	81	78	75	72	69	66	63	61	58	56
27	100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	67	64	61	59	56
28	100	96	92	89	85	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57
29	100	96	93	89	86	82	79	76	73	70	68	65	63	60	58
30	100	96	93	89	88	83	79	76	74	71	68	65	63	61	58



**Давление насыщающих паров и их плотность при различных температурах**

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$
0	0,61	4,84	17	1,94	14,5
1	0,66	5,22	18	2,06	15,4
2	0,71	5,60	19	2,20	16,3
3	0,76	5,98	20	2,34	17,3
4	0,81	6,40	21	2,49	18,3
5	0,87	6,84	22	2,64	19,4
6	0,93	7,30	23	2,81	20,6
7	1,00	7,80	24	2,98	21,8
8	1,07	8,30	25	3,17	23,0
9	1,15	8,80	26	3,36	24,4
10	1,23	9,40	27	3,56	25,8
11	1,31	10,0	28	3,78	27,2
12	1,40	10,7	29	4,00	28,7
13	1,50	11,4	30	4,24	30,3
14	1,60	12,1	31	4,49	32,1
15	1,71	12,8	32	4,75	33,9
16	1,82	13,6	33	5,03	35,7

**Удельное сопротивление (при 20 °С) и температурный коэффициент сопротивления металлов и сплавов**

Вещество	$\rho, \times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ или $\times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\alpha, \text{К}^{-1}$	Вещество	$\rho, \times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ или $\times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\alpha, \text{К}^{-1}$
Алюминий	2,8	0,0042	Нихром	110	0,0001
Вольфрам	5,5	0,0048	Свинец	21	0,0037
Латунь	7,1	0,001	Серебро	1,6	0,004
Медь	1,7	0,0043	Сталь	12	0,006
Никелин	42	0,0001	Константан	50	0,00003

## Таблица синусов и косинусов

$\alpha$	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\tan\alpha$	$\alpha$	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\tan\alpha$	$\alpha$	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\tan\alpha$
1°	0,017	1,000	0,017	31°	0,515	0,857	0,601	61°	0,875	0,485	1,804
2°	0,035	0,999	0,035	32°	0,530	0,848	0,625	62°	0,883	0,469	1,881
3°	0,052	0,999	0,052	33°	0,545	0,839	0,649	63°	0,891	0,454	1,963
4°	0,070	0,998	0,070	34°	0,559	0,829	0,675	64°	0,899	0,438	2,050
5°	0,087	0,996	0,087	35°	0,574	0,819	0,700	65°	0,906	0,423	2,145
6°	0,105	0,995	0,105	36°	0,588	0,809	0,727	66°	0,914	0,407	2,246
7°	0,122	0,993	0,123	37°	0,602	0,799	0,754	67°	0,921	0,391	2,356
8°	0,139	0,990	0,141	38°	0,616	0,788	0,781	68°	0,927	0,375	2,475
9°	0,156	0,988	0,158	39°	0,629	0,777	0,810	69°	0,934	0,358	2,605
10°	0,174	0,985	0,176	40°	0,643	0,766	0,839	70°	0,940	0,342	2,747
11°	0,191	0,982	0,194	41°	0,656	0,755	0,869	71°	0,946	0,326	2,904
12°	0,208	0,978	0,213	42°	0,669	0,743	0,900	72°	0,951	0,309	3,078
13°	0,225	0,974	0,231	43°	0,682	0,731	0,933	73°	0,956	0,292	3,271
14°	0,242	0,970	0,249	44°	0,695	0,719	0,966	74°	0,961	0,276	3,487
15°	0,259	0,966	0,268	45°	0,707	0,707	1,000	75°	0,966	0,259	3,732
16°	0,276	0,961	0,287	46°	0,719	0,695	1,036	76°	0,970	0,242	4,011
17°	0,292	0,956	0,306	47°	0,731	0,682	1,072	77°	0,974	0,225	4,331
18°	0,309	0,951	0,325	48°	0,743	0,669	1,111	78°	0,978	0,208	4,705
19°	0,326	0,946	0,344	49°	0,755	0,656	1,150	79°	0,982	0,191	5,145
20°	0,342	0,940	0,364	50°	0,766	0,643	1,192	80°	0,985	0,174	5,671
21°	0,358	0,934	0,384	51°	0,777	0,629	1,235	81°	0,988	0,156	6,314
22°	0,375	0,927	0,404	52°	0,788	0,616	1,280	82°	0,990	0,139	7,115
23°	0,391	0,921	0,424	53°	0,799	0,602	1,327	83°	0,993	0,122	8,144
24°	0,407	0,914	0,445	54°	0,809	0,588	1,376	84°	0,995	0,105	9,514
25°	0,423	0,906	0,466	55°	0,819	0,574	1,428	85°	0,996	0,087	11,430
26°	0,438	0,899	0,488	56°	0,829	0,559	1,483	86°	0,998	0,070	14,301
27°	0,454	0,891	0,510	57°	0,839	0,545	1,540	87°	0,999	0,052	19,081
28°	0,469	0,883	0,532	58°	0,848	0,530	1,600	88°	0,999	0,035	28,636
29°	0,485	0,875	0,554	59°	0,857	0,515	1,664	89°	1,000	0,017	57,290
30°	0,500	0,866	0,577	60°	0,866	0,500	1,732	90°			