

Государственное автономное профессиональное  
образовательное учреждение  
«Городецкий Губернский колледж»

## **ФИЗИКА**

**Методические рекомендации  
по выполнению лабораторных работ**

**по специальностям**

**Технология продукции общественного питания  
Поварское и кондитерское дело**

г. Городец  
2018 г.

Рассмотрено на заседании методической комиссии преподавателей  
общеобразовательных дисциплин  
Печатается по решению методического совета  
ГАПОУ «Городецкий Губернский колледж»

**Методические рекомендации по организации по выполнению лабораторных работ по программам подготовки специалистов среднего звена по специальностям 19.02.10 Технология продукции общественного питания; 43.02.15 Поварское и кондитерское дело по ОУД.10 Физика – г. Городец, ГАПОУ «Городецкий Губернский колледж», 2018**

Методические рекомендации предназначены для руководства по выполнению лабораторных работ обучающихся по физике. Они содержат теоретические основы, которыми студенты должны владеть перед проведением лабораторной работы; описание приборов и материалов; рекомендации по проведению самостоятельных исследований.

Методические рекомендации адресованы преподавателям физики и обучающимся колледжа.

Составитель: Горбунова Елена Валерьевна

Рецензент: Расходова Ольга Федоровна

## Содержание

|   | Стр. |
|---|------|
| Введение  | 4    |
| Теоретическая подготовка  | 7    |
| Ознакомление с приборами, сборка схем   | 7    |
| Проведение опыта и измерений  | 7    |
| Критерии оценок лабораторных работ  | 8    |
| Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов                                   | 9    |
| Техника безопасности при выполнении лабораторных работ  | 10   |
| Лабораторная работа №1 «Определение ускорения при свободном падении»                                  | 11   |
| Лабораторная работа №2 «Измерение жесткости пружины»  | 14   |
| Лабораторная работа №3 «Измерение коэффициента трения скольжения»                                     | 16   |
| Лабораторная работа №4 «Исследование одного из изопротессов»  | 21   |
| Лабораторная работа № 5 «Определение направления вектора напряженности электрического поля»           | 24   |
| Лабораторная работа № 6 «Изучение закона Ома для участка цепи»  | 28   |
| Лабораторная работа № 7 «Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника» | 33   |

## Введение

Методические указания по проведению лабораторных работ разработаны согласно программа подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальностям 19.02.10 Технология продукции общественного питания; 43.02.15 Поварское и кондитерское дело.

Лабораторные работы направлены на освоение следующих умений и знаний:

### уметь:

- экспериментально находить коэффициент трения и скольжения;
- формулировать понятия: механическое движение, скорость и ускорение, система отсчета;
- изображать графически различные виды механических движений;
- различать понятия веса и силы тяжести;
- объяснять понятия невесомости;
- формулировать понятия колебательного движения и его видов; понятие волны;
- изображать графически гармоническое колебательное движение;
- пользоваться термометром, калориметром;
- применять положение электронной теории для объяснения электризации тел при их соприкосновении, существование проводников и диэлектриков;
- собирать электрические цепи из последовательно и параллельного соединения;
- применять положения электронной теории для объяснения электрического тока в металлах, причины электрического сопротивления, нагревание проводника электрическим током; чертить схемы электрических цепей; собирать электрическую цепь по схеме;
- измерять силу тока в электрической цепи, напряжение на концах проводника;
- определять сопротивление проводника с помощью амперметра и вольтметра: пользоваться реостатом;
- измерять ЭДС и внутреннее сопротивление источника;
- производить расчеты электрических цепей с применением закона Ома, закономерностей параллельного и последовательного соединения проводников;
- определять силу тока и напряжение по графику зависимости между этими величинами;
- определять направление индукции и напряженности магнитного поля; направление действия сил Ампера и Лоренца;
- экспериментально исследовать действия магнитного поля на проводник с током;

- определять направление индукционного тока;
- экспериментально исследовать действие магнитного поля на катушку с током;
- определять экспериментально: показатель преломления среды.

**знать:**

- понятия: сила трения скольжения, коэффициент трения скольжения и его зависимость от различных факторов.
- основные единицы СИ
- виды механического движения в зависимости от формы траектории и скорости перемещения тела
- понятие траектории, пути, перемещения;
- основную задачу динамики;
- понятие массы, силы, законы Ньютона;
- основной закон динамики материальной точки;
- закон всемирного тяготения;
- превращение энергии при колебательном движении;
- суть механического резонанса;
- процесс распространения колебаний в упругой среде;
- понятия: тепловое движение частиц; массы и размеры молекул; идеальный газ: изотермический, изохорный и изобарный процессы; броуновское движение; температура (мера средней кинетической энергии молекул); внутренняя энергия; работа как способ изменения внутренней энергии; теплопередача; количество теплоты; удельная теплоемкость вещества;
- законы и формулы: основное уравнение молекулярно-кинетической теории, уравнение Менделеева - Клапейрона, связь между параметрами состояния газа в изопроцессах;
- понятия: необратимость тепловых процессов, адиабатный процесс;
- понятия: электрический заряд, электрическое поле; напряженность, разность потенциалов, напряжение, емкость, диэлектрическая проницаемость;
- законы: Кулона, сохранения заряда, принцип суперпозиции; напряженности;
- строение силы и ЭДС; электрическое сопротивление и удельное электрическое сопротивление;
- законы: Ома для участка цепи;
- формулы: силы и плотности тока; сопротивления, ЭДС;
- понятия: магнитное поле, магнитная проницаемость, магнитная индукция и

- законы: Ампера, правило «Буравчика»;
- практическое применение: электроизмерительные приборы магнитоэлектрической и электромагнитной систем;
- понятия: электромагнитная индукция, самоиндукция, индуктивность,
- законы: электромагнитной индукции, правило Ленца;
- понятия: электромагнитное поле и электромагнитная волна;
- понятия: свет, основные понятия фотометрии;
- законы: отражение и преломление света.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат теоретические основы, которыми студенты должны владеть перед проведением лабораторной работы; описание приборов и материалов; рекомендации по проведению самостоятельных исследований.

## **Теоретическая подготовка**

Теоретический материал, необходимый для проведения физического эксперимента, изучается студентами в курсе лекций или в порядке самостоятельной работы.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать четкие, полные, правильные ответы. Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Оборудование.
4. Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).
5. Расчеты – окончательная запись результатов работы.
6. Вывод.

## **Ознакомление с приборами, сборка схем**

Приступая к лабораторным работам, необходимо:

1. получить у преподавателя приборы, требуемые для выполнения работы;
2. разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными;
3. пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать установку;
4. сборку электрических схем следует производить после тщательного изучения правил выполнения лабораторных работ по электричеству.

## **Проведение опыта и измерений**

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении нужных физических величин. Например, точность измерения времени с помощью секундомера зависит не только от четкого определения положения стрелки, но и в значительной степени – от своевременности включения и выключения часового механизма.

## **Критерии оценок лабораторных работ**

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей (если это предусмотрено в работе).

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

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

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

Лабораторные работы выполняются по письменным инструкциям, которые приводятся в данном пособии. Каждая инструкция содержит краткие теоретические сведения, относящиеся к данной работе, перечень необходимого оборудования, порядок выполнения работы, контрольные вопросы.

Внимательное изучение методических указаний поможет выполнить работу.

Небрежное оформление отчета, исправление уже написанного недопустимо.

В конце занятия преподаватель ставит зачет, который складывается из результатов наблюдения за выполнением практической части работы, проверки отчета, беседы в ходе работы или после нее. Все лабораторные работы должны быть выполнены и защищены в сроки, определяемые программой или календарным планом преподавателя. Студенты, не получившие зачет по всем лабораторным, к экзамену (или дифференцированному зачету) не допускаются.



## Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов

1. К выполнению лабораторных работ необходимо подготовиться до начала выполнения практических заданий. Кроме описания работы в данном учебном пособии, используйте рекомендованную литературу и конспект лекций. К выполнению работы допускаются только подготовленные студенты.
2. При проведении эксперимента результаты измерений и расчетов записывайте четко и кратко в заранее подготовленные таблицы.
3. При обработке результатов измерений:
  - А) помните, что точность расчетов не может превышать точности прямых измерений;
  - Б) результаты измерений лучше записывать в виде доверительного интервала.
4. Отчеты по лабораторным работам оформляются согласно требованиям ЕСКД и должны включать в себя следующие пункты:
  - название лабораторной работы и ее цель;
  - используемое оборудование;
  - далее пишется «Ход работы» и порядок выполнения лабораторной работы;
  - выполняются этапы лабораторной работы, согласно выше приведенному порядку записываются требуемые теоретические положения, результаты измерений, обработка результатов измерений, заполнение требуемых таблиц и графиков;
  - по завершении работы делается вывод, в котором так же пишутся полные ответы на вопросы контрольного задания.
5. Если отчет по работе не сдан во время (до выполнения следующей работы) по неуважительной причине, оценка за лабораторную работу снижается.

### **Техника безопасности при выполнении лабораторных работ**

- Работа с оборудованием осуществляется только по разрешению преподавателя.
- На первом занятии преподаватель проводит инструктаж по технике безопасности и напоминает студентам о бережном отношении к техническому оснащению кабинета и о материальной ответственности каждого из них за сохранность оборудования и обстановки кабинета.
- При обнаружении повреждений оборудования персональную ответственность несут студенты, выполнявшие лабораторную работу на этом оборудовании. Виновники обязаны возместить материальный ущерб колледжу.
- При ознакомлении с рабочим местом проверить наличие комплектности оборудования и соединительных проводов (в случае отсутствия, какого либо элемента, необходимо немедленно сообщить об этом преподавателю).
- Если во время проведения опыта замечены какие-либо неисправности оборудования, необходимо немедленно сообщить об этом преподавателю.
- После окончания лабораторной работы рабочее место привести в порядок.
- Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны, точно выполняйте указания преподавателя.
- Не оставляйте рабочего места без разрешения преподавателя.
- Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
- Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.
- Перед тем как приступить к работе, уясните ход ее выполнения.

## Лабораторная работа №1

### «Определение ускорения при свободном падении»

**Цель работы:** определить ускорение свободного падения тела с помощью математического маятника.

**Оборудование, средства измерения:** математический маятник, секундомер, масштабная линейка.

#### Теоретическая часть

Свободное падение - это движение тел только лишь под действием притяжения Земли (под действием силы тяжести). В условиях Земли падение тел считается условно свободным, т.к. при падении тела в воздушной среде всегда возникает еще и сила сопротивления воздуха. Идеальное свободное падение возможно лишь в вакууме, где нет силы сопротивления воздуха, и независимо от массы, плотности и формы все тела падают одинаково быстро, т. е. в любой момент времени тела имеют одинаковые мгновенные скорости и ускорения.

Наблюдать идеальное свободное падение тел можно в трубке Ньютона, если с помощью насоса выкачать из неё воздух. В дальнейших рассуждениях и при решении задач пренебрегаем силой трения о воздух и считаем падение тел в земных условиях идеально свободным.

При свободном падении все тела вблизи поверхности Земли независимо от их массы приобретают одинаковое ускорение, называемое ускорением свободного падения. Условное обозначение ускорения свободного падения -  $g$ . Ускорение свободного падения на Земле приблизительно равно:  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Ускорение свободного падения всегда направлено к центру Земли. Вблизи поверхности Земли величина силы тяжести считается постоянной, поэтому свободное падение тела - это движение тела под действием постоянной силы. Следовательно, свободное падение - это равноускоренное движение. Вектор силы тяжести и создаваемого ею ускорения свободного падения направлены всегда одинаково. Все формулы для равноускоренного движения применимы для свободного падения тел. В этом случае вместо ускорения  $a$ , в формулы для равноускоренного движения вводится ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

В условиях идеального падения падающие с одинаковой высоты тела достигают поверхности Земли, обладая одинаковыми скоростями и затрачивая на падение одинаковое время. При идеальном свободном падении тело возвращается на Землю со

скоростью, величина которой равна модулю начальной скорости. Время падения тела равно времени движения вверх от момента броска до полной остановки в наивысшей точке полета. Только на полюсах Земли тела падают строго по вертикали. Во всех остальных точках планеты траектория свободно падающего тела отклоняется к востоку за счет силы Кориолиса, возникающей во вращающихся системах (т.е. сказывается влияние вращения Земли вокруг своей оси).

### Порядок выполнения работы

1. Собрать установку, как показано на рис.1.

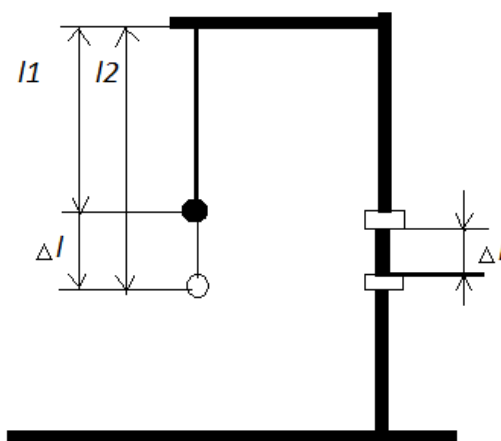


рис.1

2. Измерить длину нити математического маятника. Данные записать в тетрадь.
3. Привести маятник в крайнее правое положение и включить секундомер, при этом отпустив маятник. И выключить, когда он, совершив N колебаний, возвращается обратно. Период колебаний определяется по формуле:

$$T_N = \frac{t_N}{N},$$

где  $t_N$ - показание секундомера.

4. Провести эти измерения 10 раз. И для каждого измерения сделать расчеты периода колебаний.
5. Найдя среднее значение периода колебаний, рассчитайте ускорение свободного падения по формуле:

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

где  $g$ - ускорение свободного падения.

6. Записать ответ, вычислив погрешности измерений.
7. Сделать вывод к работе.

### **Контрольное задание**

1. Что такое ускорение свободного падения?
2. От чего зависит ускорение свободного падения? Ответ обоснуйте.

**Отчет по выполнению работы оформляется согласно методическим указаниям, приведенным выше.**

Лабораторная работа №2  
«Измерение жесткости пружины»

**Цель работы:** проверить справедливость закона Гука для пружины динамометра и измерить коэффициент жесткости этой пружины.

**Оборудование, средства измерения:** штатив с муфтой и зажимом, динамометр с заклеенной шкалой, набор грузов известной массы (по 50 г), линейка с миллиметровыми делениями.

**Теоретическая часть**

Согласно закону Гука, модуль  $F$  силы упругости и модуль  $x$  удлинения пружины связаны соотношением:

$$F = kx.$$

Измерив  $F$  и  $x$ , можно найти коэффициент жесткости  $k$  по формуле:

$$k = \frac{F}{x}.$$

В каждом из опытов жесткость определяется при разных значениях силы упругости и удлинения, т. е. условия опыта меняются. Поэтому для нахождения среднего значения жесткости нельзя вычислить среднее арифметическое результатов измерений.

Воспользуемся графическим способом нахождения среднего значения, который может быть применен в таких случаях. По результатам нескольких опытов построим график зависимости модуля силы упругости  $F_{\text{упр}}$  от модуля удлинения  $|x|$ . При построении графика по результатам опыта экспериментальные точки могут не оказаться на прямой, которая соответствует формуле  $F_{\text{упр}} = k|x|$ . Это связано с погрешностями измерений. В этом случае график надо проводить так, чтобы примерно одинаковое число точек, оказалось, по разные стороны от прямой.

После построения графика возьмите точку на прямой (в средней части графика) определите по нему соответствующие этой точке значения силы упругости и удлинения, и вычислите жесткость  $k$ . Она и будет искомым средним значением жесткости пружины  $k_{\text{ср}}$ .

**Порядок выполнения работы**

1. Закрепите на штативе конец спиральной пружины (другой конец пружины снабжен стрелкой-указателем и крючком).
2. Рядом с пружиной или за ней установите и закрепите линейку с миллиметровыми

делениями.

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

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

5. К первому грузу добавьте второй, третий и т. д. грузы, записывая каждый раз удлинение  $x$  пружины. По результатам измерений заполните таблицу 1.

Таблица 1

| № опыта | $m$ , кг | $mg$ , Н | $x$ , м |
|---------|----------|----------|---------|
| 1       | 0,1      |          |         |
| 2       | 0,2      |          |         |
| 3       | 0,3      |          |         |
| 4       | 0,4      |          |         |

6. Начертите оси координат  $x$  и  $F$ , выберите удобный масштаб и нанесите полученные экспериментальные точки.

7. Оцените (качественно) справедливость закона Гука для данной пружины: находятся ли экспериментальные точки вблизи одной прямой, проходящей через начало координат.

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

9. Рассчитайте наибольшую относительную погрешность, с которой найдено значение  $k_{cp}$

10. Сделайте вывод к работе.

### Контрольное задание

1. Как называется зависимость между силой упругости и удлинением пружины?

2. Пружина динамометра под действием силы 4Н удлинилась на 5 мм. Определите вес груза, под действием которого эта пружина удлиняется на 16 мм.

**Отчет по выполнению работы оформляется согласно методическим указаниям, приведенным выше.**

## Лабораторная работа №3

### «Измерение коэффициента трения скольжения»

**Цель работы:** измерить коэффициент трения скольжения деревянного бруска по деревянной линейке двумя различными способами.

**Оборудование, средства измерения:** деревянный брусок, набор грузов, динамометр, деревянная линейка, измерительная лента.

#### Теоретическая часть

Принципиальная схема первого способа измерения коэффициента трения скольжения приведена на рисунке 1.

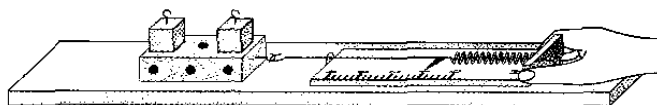


Рис. 1

Деревянный брусок, на котором сверху помещаются грузы, присоединён к динамометру.

При приложении к динамометру внешней силы брусок может перемещаться по горизонтально расположенной деревянной линейке. При равномерном движении бруска его ускорение равно нулю. Согласно второму закону Ньютона геометрическая сумма сил, действующих на брусок в этом случае также равно нулю. Это означает, что сила трения скольжения уравнивает силу растяжения пружины динамометра и может быть измеренная динамометром.

Коэффициент трения скольжения определяется как коэффициент пропорциональности между силой трения  $F_{\text{тр}}$  бруска с грузами на опору (или весом тела):

$$F_{\text{тр}} = \mu F_{\perp} \quad (1).$$

Сила нормального давления  $F_{\perp}$  в данном случае равна весу бруска вместе с грузом и определяется взвешиванием (рис. 2). Тогда по результатам измерений  $F_{\text{тр}}$  и  $F_{\perp}$  можно вычислить коэффициент трения скольжения:

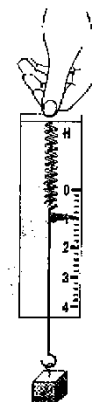


Рис. 2



$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{F_{\perp}} \quad (2)$$

Графиком зависимости  $F_{\text{тр}}$  от силы нормального давления тела  $F_{\perp}$  является прямая линия (рис.3). Как видно из графика,  $\mu = \text{tg} \alpha$  ( где  $\alpha$  - угол наклона прямой к оси абсцисс).

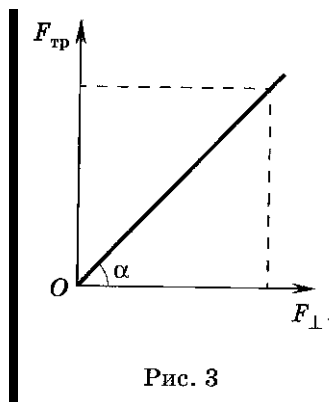


Рис. 3

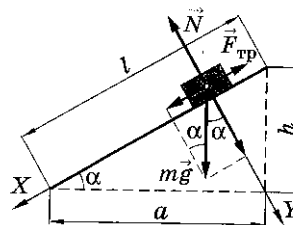


Рис. 4

Второй способ измерения коэффициента трения скольжения не требует непосредственного измерения сил и соответственно использования динамометра. В этом случае один из концов линейки с помещённым на ней бруском и грузом постепенно приподнимают до тех пор, пока при небольшом толчке брусок не начнёт равномерно скользить вниз по линейке (рис. 4). В этот момент линейка образует угол  $\alpha$  с горизонталью, а сумма проекций сил на оси X и Y, действующих на тело, будет равна нулю:

$$(X) \, mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0, \quad (3)$$

$$(Y) \, mg \cos \alpha - N = 0.$$

Учитывая, что  $F_{\text{тр}} = \mu F_{\perp}$ , а  $F_{\perp} = N$  по третьему закону Ньютона, можно представить систему уравнений (3) в виде:

$$mg \sin \alpha = \mu N, \quad mg \cos \alpha = N \quad (4)$$

Беря отношение правых и левых частей системы (4), получаем:

$$\mu = \text{tg} \alpha .$$

Как видно из рисунка 4,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{a}, a = \sqrt{l^2 - h^2}.$$

Следовательно,

$$\mu = \frac{h}{\sqrt{l^2 - h^2}}.$$

### Порядок выполнения работы

1. С помощью динамометра определите вес деревянного бруска  $P_0$ , бруска вместе с одним грузом ( $P_0 + P$ ), бруска с двумя грузами, бруска с тремя грузами. Результаты занесите в таблицу 1 (в графу  $F^\perp$ ).

Таблица 1

| № опыта | $F^\perp$ , н | $F_{\text{тр}}$ , н | $\mu$ | $\Delta\mu$ |
|---------|---------------|---------------------|-------|-------------|
| 1       |               |                     |       |             |
| 2       |               |                     |       |             |
| 3       |               |                     |       |             |

2. Динамометром равномерно тяните брусок по линейке, измеряя силу тяги  $F_t$  ( $F_t = F_{\text{тр}}$ ). Опыт повторите, нагрузив брусок одним, потом двумя и тремя грузами. Результаты измерений  $F_{\text{тр}}$  запишите в таблицу 1.

3. Постройте график зависимости  $F_{\text{тр}}$  ( $F^\perp$ ) (рис.5), используя данные таблицы 1. Через начало отсчёта проведите прямую так, чтобы число точек над прямой равнялось числу точек под прямой.

4. Найдите коэффициент трения скольжения  $\mu$  по формуле (5) как тангенс угла наклона прямой линии к оси абсцисс.

Для этого выберите произвольную точку с координатами ( $F^\perp, F_{\text{тр}}$ ) на прямой и найдите  $\mu$  как отношение

$$\mu = F_{\text{тр}} / F^\perp$$

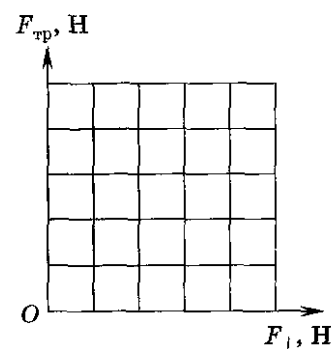


Рис. 5

5. Через начало отсчёта проведите прямую линию под минимальным углом  $\alpha_{min}$  к горизонтали через экспериментальную точку. Рассчитайте минимальное значение коэффициента трения скольжения.

$$\mu_{min} = \operatorname{tg} \alpha_{min} =$$

6. Оцените абсолютную погрешность измерения коэффициента трения скольжения.

$$\Delta\mu = \mu - \mu_{min} =$$

7. Запишите окончательный результат в виде

$$\mu \pm \Delta\mu =$$

1. Измерьте длину линейки, данные запишите в таблицу 2.

Таблица 2

| $l$ , м | $h$ , м | $\mu$ | $\varepsilon$ | $\Delta\mu$ |
|---------|---------|-------|---------------|-------------|
|         |         |       |               |             |

$$l = (\Delta l = 1 \text{ см}) .$$

9. Отсоедините динамометр от бруска. На один из концов линейки поместите брусок с одним грузом и медленно приподнимайте его (см. рис. 4). Измерьте высоту подъёма  $h$  конца линейки, когда при небольшом толчке брусок начинает скользить вниз равномерно.

$$h = (\Delta h = 1 \text{ см}) .$$

10. Вычислите коэффициент трения скольжения по формуле (6).

$$\mu = \frac{h}{\sqrt{l^2 + h^2}} =$$

11. Рассчитайте относительную погрешность косвенного измерения коэффициента трения скольжения по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{l\Delta l + h\Delta h}{l^2 - h^2} =$$

12. Вычислите абсолютную погрешность измерения  $\mu$ .

$$\Delta\mu = \mu\varepsilon =$$

13. Запишите окончательный результат в виде:

$$\mu \pm \Delta\mu =$$

Сравните величины коэффициента трения скольжения, измеренные двумя различными способами.

14. Напишите вывод к работе.

### **Контрольное задание**

1. Каков физический смысл массы тела? Каким свойством оно обладает?
2. Каков физический смысл силы? По какому признаку можно судить о том, что к телу приложена сила?
3. Сформулируйте три закона динамики и объясните их физический смысл.
4. Если электровоз резко двигается с места, то может произойти разрыв сцепления вагонов. Почему?
5. На полке вагона поезда лежат книга и мяч. Почему, когда поезд тронулся с места, мяч скатился, а книга осталась в покое? В какую сторону покатился мяч?

**Отчет по выполнению работы оформляется согласно методическим указаниям приведенным выше.**

Лабораторная работа №4  
*«Исследование одного из изопроецессов»*

**Цель работы:** опытным путем убедиться в справедливости закона Гей-Люссака.

**Оборудование:** прозрачная трубка с двумя кранами на концах, лабораторный термометр, измерительная лента, внешний стакан калориметра, сосуд с теплой водой, сосуд с холодной водой.

**Теоретическая часть**

Целью работы является проверка соотношения между изменением объема и температуры определенного количества газа при его изобарном охлаждении. В соответствии с законом Гей-Люссака это соотношение должно иметь вид:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 \quad (1),$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – объемы, занимаемые данной массой газа соответственно до и после охлаждения, а  $T_1$  и  $T_2$  – его температуры.

Исследуемым газом в данной работе является воздух, находящийся внутри прозрачной трубки. Для изоляции внутренней полости трубки от внешней среды на концах закреплены специальные краны.

Измерение температуры и объема теплого и холодного воздуха внутри трубки проводят в следующем порядке.

Трубку плотно, виток к витку, укладывают внутрь стакана калориметра. Кран, который расположен при этом вблизи дна, предварительно закрывают. Верхний кран оставляют открытым. Затем в калориметр наливают нагретую до 55 - 60°C воду. Воду заливают так, чтобы открытый кран оказался бы погруженным в нее не более чем на 5 – 10 мм. По мере прогрева объем воздуха в трубе будет возрастать и из открытого крана станут выходить пузырьки. В момент, когда температура воздуха сравняется с температурой теплой воды, выделение пузырьков прекратится. Это состояние воздуха в трубке принимают за исходное. Температура воздуха в исходном состоянии  $T_1$  можно определить, если измерить температуру воды в стакане. Его объем  $V_1$  равен объему внутренней полости трубки.

После измерения температуры теплой воды воздух переводят в состояние с другими параметрами. Для этого закрывают кран, теплую воду сливают и заполняют

стакан холодной водой, следя за тем, чтобы ее уровень над верхним краном оказался таким же, как в первой части опыта. После этого кран опять открывают. При охлаждении объем воздуха уменьшится, и через открытый кран в трубку поступит некоторое количество воды. Когда температура воды и воздуха опять станут одинаковыми (через 1-2 минуты), приступают к определению параметров газа в новом состоянии.

Температуру воздуха опять определяют по температуре воды. Чтобы определить его объем после охлаждения, закрывают верхний кран, трубку извлекают и калориметра и, удерживая вертикально, резко встряхивают несколько раз. При этом капли воды, попавшие внутрь, сольются и образуют неразрывный столбик. Измерив объем этого водяного столба и вычтя его из внутреннего объема трубки, узнают объем воздуха в конечном состоянии.

Измерение объемов в этой работе удобно проводить в условных единицах по длине воздушного или водяного столба: внутренняя полость трубки имеет форму цилиндра и ее объем  $V = S \times l$ , но площадь поперечного сечения  $S$  в ходе опыта не меняется, и, чтобы не измерять эту величину, которая после подстановки в равенство (1) все равно сократится, объем выражают в единицах длины (см. рисунки 1 и 2).

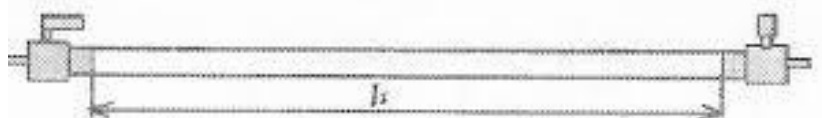


Рисунок 1

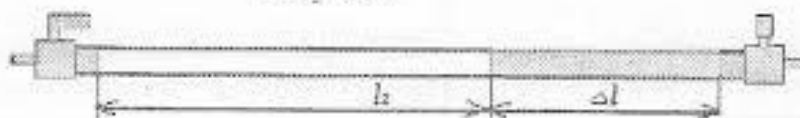


Рисунок 2

Давление воздуха в трубке в первой и второй части опыта равнялось сумме атмосферного давления и давления небольшого столба воды над открытым краном. Поскольку уровень теплой и холодной воды не менялся, то эта сумма в ходе опыта не менялась, а значит, и давление воздуха в трубке при его охлаждении оставалось постоянным, то есть процесс протекал изобарически.

В завершении работы сравнивают отношения объема воздуха к его температуре до и после охлаждения.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

Таблица 1

| $l_1$ , см | $t_1$ , °С | $T_1$ , °К | $\Delta l$ , см | $l_2$ , см | $t_2$ , °С | $T_2$ , °К | $l_1/ T_1$ | $l_2/ T_2$ |
|------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|            |            |            |                 |            |            |            |            |            |

2. Измерьте длину воздушного столба в трубке -  $l_1$  (рис.1).
3. Закройте один кран и уложите трубку виток к витку в стакан калориметра. Кран на верхнем конце оставьте открытым.
4. Заполните стакан теплой водой и поместите в него термометр.
5. Наблюдайте за выделением пузырьков воздуха из открытого крана. Как только оно прекратится, определите и запишите показания термометра -  $t_1$  (°С).
6. Закройте кран, слейте теплую воду, заполните стакан холодной водой до прежнего уровня и снова откройте кран.
7. Выждав полторы – две минуты, определите и запишите показания термометра -  $t_2$  (°С).
8. Закройте кран, слейте воду, извлеките шланг из стакана, встряхните его и измерьте длину столба жидкости в нем –  $\Delta l$  (рис.2).
9. Вычислите длину столба охлажденного воздуха:  $l_2 = l_1 - \Delta l$ .
10. Переведите записанные показания термометра в градусы Кельвина:  $T = t + 273^\circ$ .
11. Вычислите отношения  $l_1/ T_1$  и  $l_2/ T_2$  и сделайте вывод о том, насколько точно изменение параметров газа в сделанном опыте соответствует закону Гей-Люссака.
12. Укажите причины, повлиявшие на точность полученных результатов.

#### Контрольное задание

1. Почему процесс охлаждения воздуха в данной работе можно считать изобарным?
2. Какие условия должны выполняться, чтобы, определяя параметры газа, можно было воспользоваться законом Гей-Люссака?

**Отчет по выполнению работы оформляется согласно методическим указаниям, приведенным выше.**

## Лабораторная работа № 5

### «Определение направления вектора напряженности электрического поля»

**Цель работы:** экспериментально построить картину распределения поля в пространстве вокруг заряженного тела и убедиться, что наличие поля в данной точке пространства и наличие заряженного тела рядом с этой точкой пространства не всегда совпадает.

**Оборудование:** две пластмассовые линейки, пенопласт 0,5×0,5 см на нитке, лабораторный штатив с муфтой и лапкой, булавка, кусок поролона, пластмассовый шарик (теннисный), фольга, лист бумаги.

### Теоретическая часть

Любое заряженное тело создаёт в окружающем пространстве электрическое поле. Если тела неподвижны и их заряды постоянны, то создаваемое поле не изменяется по времени и называется электростатическим. Оно является одной из форм общего, электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между заряженными телами (частицами).

Характерным свойством произвольного электрического поля, отличающим его от других физических полей, является его действие как на движущиеся, так и на неподвижные электрические заряды. Количественной силовой характеристикой действия электрического поля на заряженные частицы и тела является вектор  $\vec{E}$  напряженности электрического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (1)$$

где  $\vec{F}$  - сила, действующая со стороны поля на неподвижный пробный заряд  $q$ , помещённый в рассматриваемую точку поля.

Таким образом, напряжённость электрического поля в данной точке пространства есть величина, численно равная силе, действующей со стороны поля на помещённый в эту точку единичный пробный точечный заряд.

Электрический заряд считается точечным, если можно пренебречь размерами и формой тела, на котором этот заряд сосредоточен.

Электрический заряд называется пробным, если он достаточно мал, что не искажает электрического поля, в которое он помещён.



Напряжённость — величина векторная, направление вектора напряжённости совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд. Взаимодействие неподвижных точечных зарядов описывает закон Кулона: сила электростатического взаимодействия между двумя точечными электрическими зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , находящимися в вакууме, прямо пропорциональна произведению величин зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними  $r$ , и направлена вдоль прямой, соединяющей заряды:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2)$$

В векторной форме закон Кулона записывается следующим образом:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}_{12}$$

где  $r_{12}$  - радиус-вектор, соединяющей заряд  $q_1$  с зарядом  $q_2$ ;  $r$  - расстояние между зарядами.

Из закона Кулона (2) следует, что напряжённость электростатического поля, созданного точечным зарядом, определяется выражением:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^3} \vec{r} \quad (3)$$

где  $\vec{r}$  - радиус-вектор, проведённый из точки, в которой находится заряд  $Q$ , в точку, в которой отыскивается напряжённость поля. Напряжённость поля в системе СИ выражается в единицах вольт на метр (В/м).

### Порядок выполнения работы

1. Изготовьте индикаторы электрического поля двух видов.

Первый - из кусочка пенопласта, подвешенного на нити. Второй индикатор можно изготовить, вырезав из фольги небольшую стрелку и аккуратно положив ее на тупой конец иглы, воткнутой вертикально в поролон. Для устойчивости концы стрелки нужно слегка опустить, а в центре, у кончика иглы, пальцами сделать небольшое углубление. Убедитесь, что стрелка легко вращается вокруг своей оси.

2. Изготовьте заряженный металлический шар. Для этого оберните шарик фольгой. Положите его на кусок поролона, чтобы он не мог перемещаться. Зарядите его, потерев пластиковый корпус ручки о шерсть и перенеся заряд с ручки на «металлизированный» шар.

3. Обнося первый индикатор вокруг заряженного шара на равном расстоянии от его «экватора» зарисуйте направление иглы, действующей на положительный пробный заряд, находившийся на пенопластовом индикаторе, подвешенном на нити.

4. Перемещайте индикатор вокруг шара на большем удалении от его центра, оставаясь в плоскости «экватора». Изобразите векторы сил, показывающие их соотношение при первом и втором обходе. Проведите несколько силовых линий электрического поля.

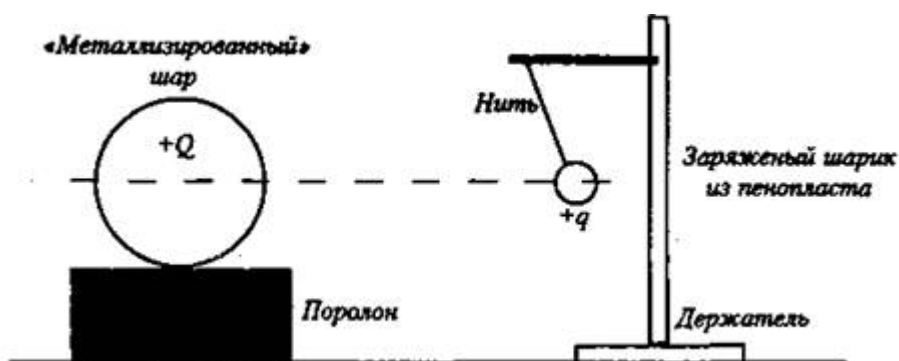


рис.1

5. С помощью второго индикатора убедитесь, что он поворачиваются при перемещении его вокруг шара вдоль направления силовых линий электрического поля.

6. Повернув шар на поролоне, с помощью индикатора убедитесь, что картина расположения векторов напряженности поля остается симметричной в «экваториальной» плоскости.

7. Оберните фольгой линейку, положите ее на изолятор, как показано на рисунке и зарядите, после чего исследуйте картину поля вдоль линейки. Зарисуйте силовые линии электрического поля.

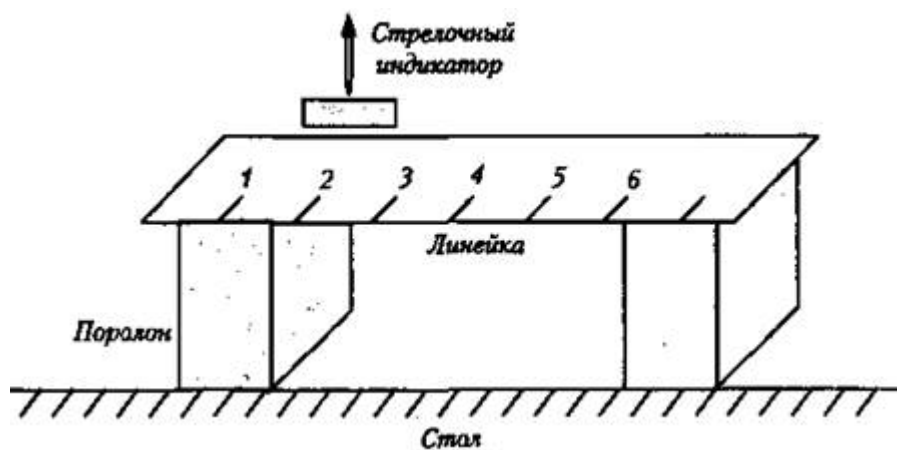


рис. 2

8. С помощью второго индикатора проследите, как стрелка реагирует на пронесение мимо нее заряженной пластмассовой ручки. Запишите наблюдения. Как меняется поведение стрелки, если между индикатором и заряженной ручкой поместить лист бумаги? Опишите наблюдения.

9. Напишите вывод к работе.

### Контрольное задание

1. Что такое напряжённость электрического поля"
2. Сформулируйте закон Кулона.
3. Что такое силовые линии и эквипотенциальные поверхности?
4. Какова связь между напряжённостью и потенциалом электростатического поля?

**Отчет по выполнению работы оформляется согласно методическим указаниям, приведенным выше.**

Лабораторная работа № 6  
«Изучение закона Ома для участка цепи»

**Цель работы:** определить характер зависимости силы тока на участке цепи от приложенного к этому участку напряжения и характер зависимости силы тока на участке цепи от величины сопротивления этого участка.

**Оборудование:** источник электропитания, амперметр, вольтметр, набор резисторов, ключ, соединительные провода.

**Теоретическая часть**

Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц.


Количественной мерой электрического тока служит сила тока  $I$ .

Сила тока – скалярная физическая величина, равная отношению заряда  $q$ , переносимое через поперечное сечение проводника за интервал времени  $t$ , к этому интервалу времени:

$$I = q/t.$$

В международной системе единиц СИ сила тока измеряется в амперах [A].

$$[1A = 1Кл/1с]$$

Прибор для измерения силы тока называется амперметр. Включается в цепь последовательно. На схемах электрических цепей амперметр обозначается .

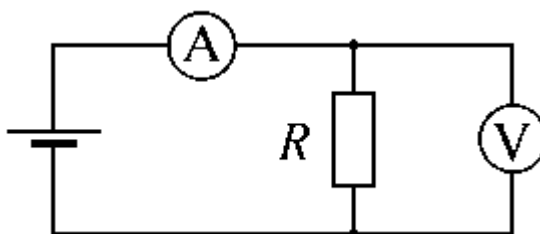


схема 1

Напряжение – физическая величина, характеризующая действие электрического поля на заряженные частицы, численно равная работе электрического поля по перемещению заряда из точки с потенциалом  $\phi_1$  в точку с потенциалом  $\phi_2$ :

$$U = A/q, U_{12} = \phi_1 - \phi_2.$$

Единица измерения напряжения – Вольт [В]. [1В = 1Дж/1Кл].

Прибор для измерения напряжения – вольтметр. Подключается в цепь параллельно тому участку цепи, на котором измеряется разность потенциалов. На схемах

электрических цепей вольтметр обозначается .

Величина, характеризующая противодействие электрическому току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника и хаотическим движением его частиц, называется электрическим сопротивлением проводника.

Электрическое сопротивление проводника зависит от размеров и формы проводника и от материала, из которого изготовлен проводник.

$$R = \rho \cdot S/l,$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения проводника,  $l$  – длина проводника,  $\rho$  – удельное сопротивление проводника.

В СИ единицей электрического сопротивления проводников служит ом [Ом].

Графическая зависимость силы тока  $I$  от напряжения  $U$  называется вольт-амперной характеристикой (ВАХ).

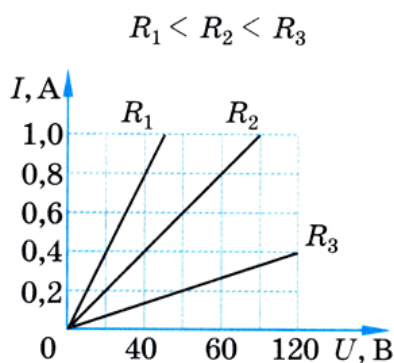


Рис.1

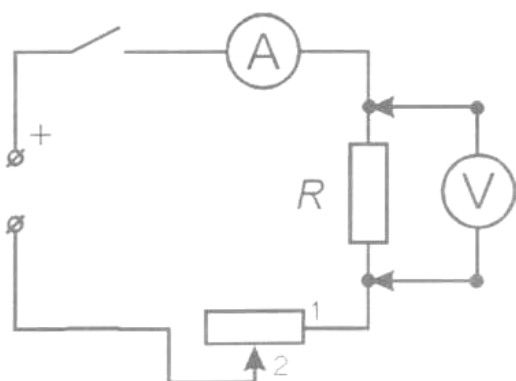
Закон Ома для однородного участка цепи: сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника:

$$I = U/R.$$

Назван в честь его первооткрывателя Георга Ома.

## Порядок выполнения работы

I. *Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.*



Цена деления амперметра =

Цена деления вольтметра =

Рис.2

1. Соберите электрическую цепь по схеме.
2. Замкните ключ и, вращая ручку переменного резистора, установите на сопротивлении  $R_1$  величину напряжения 2 В, затем 2,5В (3В, 3,5В, 4В).
3. Измерьте и запишите в таблицу 1 соответствующее значение силы тока (Сопротивление участка постоянное  $R_1$ ).

Таблица 2

|                               |   |     |   |     |   |
|-------------------------------|---|-----|---|-----|---|
| Напряжение U, В               | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| Сила тока $I_1$ , А ( $R_1$ ) |   |     |   |     |   |
| Сила тока $I_2$ , А ( $R_2$ ) |   |     |   |     |   |

$R_1 =$  \_\_\_\_\_.

$R_2 =$  \_\_\_\_\_.

6. Постройте график зависимости силы тока от напряжения.
7. Сделайте вывод о том, как зависит сила тока на участке цепи от приложенного к этому участку напряжения.
8. На том же графике постройте график зависимости силы тока от напряжения на сопротивлении  $R_2$ .
9. Сделайте вывод о том, изменился ли характер зависимости силы тока от напряжения на участке цепи при изменении сопротивления этого участка.
10. Установите, как наклон графика зависимости силы тока от напряжения на

участке цепи зависит от сопротивления этого участка.

## II. Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи

1. Соберите установку, схема которой показана на рисунке 1. При сборке установки используйте сопротивление  $R_1$ . Переменное сопротивление включают в схему, вставляя соединительные провода в гнезда 1 и 2 на его подставке.
2. Замкните ключ и, вращая ручку переменного сопротивления, установите на сопротивлении  $R_1$  величину напряжения 3 В.
3. Измерьте и запишите значение силы тока в цепи в таблицу 2.

Таблица 2

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| Сопротивление R, Ом |  |  |
| Сила тока I, А      |  |  |

Постоянное  $U = 3$  В.

4. Замените сопротивление  $R_1$  сопротивлением  $R_2$ .
5. С помощью переменного сопротивления установите на сопротивлении  $R_2$  прежнее значение напряжения 3 В.
6. Еще раз измерьте и запишите значение силы тока в цепи.
7. Сравнивая два полученных результата, укажите, как и во сколько раз изменилась сила тока в участке цепи при увеличении его сопротивления в два раза и неизменном напряжении.
8. Повторите опыт, установив на сопротивлении  $R_2$  напряжение 4 В.
9. Измерьте и запишите значение силы тока в цепи.

Таблица 3

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| Сопротивление R, Ом |  |  |
| Сила тока I, А      |  |  |

Постоянное  $U = 4$  В.

10. Замените сопротивление  $R_2$  на сопротивление  $R_1$ , установите на нем напряжение 4 В и вновь измерьте и запишите значение силы тока в цепи.
11. Сравнивая результаты, полученные при напряжении 4 В, укажите, как и во сколько раз изменилась сила тока в участке цепи при увеличении его сопротивления в два раза.

12. Постройте график зависимости силы тока от сопротивления участка при постоянном напряжении.

13. Сделайте общий вывод о том, как зависит сила тока на участке цепи от сопротивления этого участка при неизменном напряжении на нем.

### **Контрольное задание**

1. Какие условия необходимы для возникновения и поддержания электрического тока?

2. Что называют силой тока?

3. От чего зависит скорость направленного движения (скорость дрейфа) электронов в проводнике?

4. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.

5. Чем опасно короткое замыкание в цепи?

**Отчет по выполнению работы оформляется согласно методическим указаниям, приведенным выше.**



## Лабораторная работа № 7

### «Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника»

**Цель работы:** экспериментально проверить формулы, связывающей период колебаний маятника с длиной его подвеса и в определении ускорения свободного падения на основе зависимости периода колебаний маятника на подвесе от длины подвеса.

**Оборудование:** штатив со штативной лапой и муфтой, нить с петлями на концах, груз с крючком, линейка, электронный секундомер.

#### Теоретическая часть

Тело, подвешенное на нити, может совершать колебания, период которых определяется формулой:

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

где  $l$  – длина подвеса, а  $g$  – ускорение свободного падения.

Нужно помнить, что зависимость периода колебаний от длины, выраженная формулой (1), справедлива лишь для таких маятников, у которых длина подвеса значительно (не менее чем в десять раз) превосходит размер подвешенных грузов (длиной нити следует считать расстояние от точки подвеса до центра тяжести груза).

Из этой формулы следует, например, что период колебаний изменится вдвое при изменении длины подвеса в четыре раза.

Это следствие и проверяют в работе. Поочередно испытывают два маятника, длины подвесов которых отличаются в четыре раза. Каждый из маятников приводят в движение и измеряют время, за которое он совершит определенное количество колебаний. Чтобы уменьшить влияние побочных факторов, опыт с каждым маятником проводят несколько раз и находят среднее значение времени, затраченное маятником на совершение заданного числа колебаний. Затем вычисляют периоды маятников и находят их отношение.

Если груз, подвешенный на нити, колеблется, а его размеры значительно меньше, чем длина нити, то период колебаний может быть определен из формулы:

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

Зная период колебаний и длину нити, на основании этой формулы можно определить ускорение свободного падения:

$$g = 4l\pi^2 / T^2 \quad (2).$$

Длину нити измеряют линейкой, а период – по времени  $t$ , за которое маятник совершит определенное количество колебаний  $N$ :

$$T = t/N.$$

Причём угол отклонения нити от вертикали при колебаниях груза не должен быть слишком велик (до 5-7 градусов), иначе формула для определения ускорения свободного падения перестает быть верной.

### Порядок выполнения работы

#### Задание 1

1. Подготовьте таблицу 1 для записи результатов измерений и вычислений.

Таблица 1

| $l$ , м | № опыта | $N$ | $t$ , с | $t_{cp}$ , с | $T$ , с |
|---------|---------|-----|---------|--------------|---------|
| $l_1 =$ | 1       |     |         |              |         |
| $l_2 =$ | 2       |     |         |              |         |

2. Закрепите штативную лапу в муфте у верхнего края стержня штатива. Штатив разместите на столе так, чтобы конец перекладки выступал за край поверхности стола. Подвесьте к штативной лапе с помощью нити один груз из набора. Расстояние от точки повеса до центра груза должно быть 25-30 см.

3. Подготовьте электронный секундомер к работе в ручном режиме.

4. Отклоните груз на 5-6 см от положения равновесия и замерьте время, за которое груз совершит 30 полных колебаний (при отклонении груза следите, чтобы угол отклонения не был велик).

5. Повторите измерение 3-4 раза и определите среднее время  $t_{cp1}$ .

6. Вычислите период колебаний груза с длиной подвеса 25-30 см:  $T_1 = t_{cp1}/N$

7. Увеличьте длину подвеса в четыре раза.

8. Повторите серию опытов с маятником новой длины и измерьте его период колебаний  $T_2 = t_{cp2}/N$

9. Сравните периоды колебаний двух маятников, длины которых отличались в четыре раза, и сделайте вывод относительно справедливости формулы (1). Укажите возможные причины расхождения результатов.

### Задание 2

1. Закрепите штативную лапу у верхнего края стержня штатива. Штатив разместите на столе так, чтобы конец перекладины выступал за край поверхности стола. Подвесьте к перекладине один груз из набора. Груз должен висеть в 3-4 см от пола.

2. Для записи результатов измерений и вычислений подготовьте таблицу 2.

Таблица 2

| № опыта | $l$ , м | $N$ | $t$ , с | $t_{cp}$ , с | $T$ , с | $g$ , м/с <sup>2</sup> |
|---------|---------|-----|---------|--------------|---------|------------------------|
|         |         |     |         |              |         |                        |

3. Измерьте лентой длину маятника  $l$  (длину нити нужно выбирать максимально возможной, для уменьшения угла отклонения нити от вертикали).

4. Подготовьте измеритель времени к работе в режиме секундомера.

5. Отклоните маятник на 5-10 см и отпустите его (убедитесь, что при этом максимальный угол отклонения груза от вертикали не превышает указанной величины).

6. Замерьте время  $t$ , за которое он совершит 40 полных колебаний.

7. Повторите опыт 5-7 раз, после чего вычислите среднее время, за которое маятник сделает 40 колебаний  $t_{cp}$ .

8. Вычислите период колебаний  $T = t_{cp}/N$ .

9. Вычислите по формуле (2) ускорение свободного радения.

10. Определите относительную ошибку полученного результата  $\varepsilon$ :  
 $\varepsilon = |g_{изм} - g| * 100\% / g$ , где  $g_{изм}$  – величина ускорения свободного падения, определенная по результатам проделанной работы,  $g$  – значение, взятое из справочника.

11. Напишите вывод к работе.

### Контрольное задание

1. Изменится ли период колебания маятника при перенесении с Земли на Луну?
2. Можно ли при определении периода ограничиться двумя, тремя, десятью колебаниями? В каком случае период будет определяться более точно?
3. Где применяется маятник?
4. Применяется ли маятник в вашей профессии/ специальности? Если да, то приведите примеры.

**Отчет по выполнению работы оформляется согласно методическим указаниям приведенным выше.**