

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Кумертауский филиал  
Федерального государственного  
Бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(Кумертауский филиал ОГУ)



УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по УМиНР

Л.Ю. Полякова

«05» 02

2026г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ОД.11 ФИЗИКА  
(лабораторные работы)**

для обучающихся по специальности  
08.02.15 Информационное моделирование в строительстве

Кумертау 2026 г.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физика» разработаны на основе рабочей программы общеобразовательной дисциплины «Физика» по специальности 08.02.15 Информационное моделирование в строительстве.

Организация-разработчик: Кумертауский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Разработчик: А.А. Яйкарова, преподаватель

Рассмотрено и одобрено на заседании ПЦК «Математических и естественнонаучных дисциплин»

Протокол № 2 от «05» 02 2026г.

Председатель ПЦК



О.И. Самохвалова

## Содержание

Введение.....	4
Правила оформления лабораторных работ.....	5
Лабораторная работа № 1 «Исследование движения тела под действием постоянной силы».....	7
Лабораторная работа № 2 «Изучение закона сохранения импульса».....	11
Лабораторная работа № 3 «Сохранение механической энергии тела под действием силы тяжести».....	15
Лабораторная работа № 4 «Изучение зависимости периода колебаний математического (пружинного) маятника от длины нити (массы груза)».....	18
Лабораторная работа № 5 «Измерение влажности воздуха».....	23
Лабораторная работа № 6 «Измерение поверхностного натяжения жидкости».....	25
Лабораторная работа № 7 «Наблюдение роста кристаллов из раствора».....	27
Лабораторная работа № 8 «Изучение закона Ома для участка цепи».....	30
Лабораторная работа № 9 «Измерение ЭДС источника тока и внешней нагрузки замкнутой цепи».....	34
Лабораторная работа № 10 «Изучение явления электромагнитной индукции».....	39
Лабораторная работа № 11 «Исследование зависимости силы тока от емкости конденсатора в цепи переменного тока».....	43
Лабораторная работа № 12 «Измерение индуктивности катушки».....	47
Лабораторная работа № 13 «Изучение интерференции и дифракции света»...	50
Перечень рекомендуемой литературы.....	53
Заключение.....	54
Приложение А.....	55
Приложение Б.....	57
Приложение В.....	59
Приложение Г.....	62

## Введение

Данные методические указания по проведению лабораторных работ по учебной дисциплине «Физика» составлены в соответствии с содержанием рабочей программы учебной дисциплины «Физика» по специальности 08.02.15 Информационное моделирование в строительстве.

Методические указания по проведению лабораторных работ направлены на освоение студентами следующих результатов обучения согласно требованиям рабочей программы учебной дисциплины «Физика»:

- **личностных:**

- чувство гордости и уважения к истории и достижениям отечественной физической науки; физически грамотное поведение в профессиональной деятельности и быту при обращении с приборами и устройствами;

- готовность к продолжению образования и повышению квалификации в избранной профессиональной деятельности и объективное осознание роли физических компетенций в этом;

- умение использовать достижения современной физической науки и физических технологий для повышения собственного интеллектуального развития в выбранной профессиональной деятельности;

- умение самостоятельно добывать новые для себя физические знания, используя для этого доступные источники информации;

- умение выстраивать конструктивные взаимоотношения в команде по решению общих задач;

- умение управлять своей познавательной деятельностью, проводить самооценку уровня собственного интеллектуального развития;

- **метапредметных:**

- использование различных видов познавательной деятельности для решения физических задач, применение основных методов познания (наблюдения, описания, измерения, эксперимента) для изучения различных сторон окружающей действительности;

- использование основных интеллектуальных операций: постановки задачи, формулирования гипотез, анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации, выявления причинно-следственных связей, поиска аналогов, формулирования выводов для изучения различных сторон физических объектов, явлений и процессов, с которыми возникает необходимость сталкиваться в профессиональной сфере;

- умение генерировать идеи и определять средства, необходимые для их реализации;

- умение использовать различные источники для получения физической информации, оценивать ее достоверность;

- умение анализировать и представлять информацию в различных видах;

- умение публично представлять результаты собственного исследования, вести дискуссии, доступно и гармонично сочетая содержание и формы представляемой информации;

• *предметных:*

– сформированность представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира; понимание физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений, роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;

– владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное использование физической терминологии и символики;

– владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом;

– умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;

– сформированность умения решать физические задачи;

– сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе, профессиональной сфере и для принятия практических решений в повседневной жизни;

– сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из разных источников.

Методические указания направлены на формирование и развитие общих и профессиональных компетенций:

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

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

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

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

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

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

ПК 2.3 Проектировать инженерные сети и оборудование с использованием технологии информационного моделирования

Методические указания по проведению включают описание 13 лабораторных работ. Их последовательность соответствует расположению основных разделов курса физики в рабочей программе.

Методические указания помогут студентам приобрести практические навыки экспериментальной работы (составление таблиц, построение графиков, вычисление искомой величины, формулировка выводов, написание отчета по работе), усвоить основные физические понятия, определения, величины и законы физики и более глубоко усвоить теоретический материал.

Описанию лабораторных работ предшествует небольшой теоретический материал, а завершают их контрольные вопросы для самопроверки, которые дают возможность студентам закрепить полученные знания, расширить и углубить их.

Методические указания содержат правила оформления лабораторных работ, перечень рекомендуемой литературы, приложения, включающие образец оформления отчета по лабораторным работам, построение графиков, основные единицы системы СИ, производные единицы физических величин, основные физические константы и другие вспомогательные таблицы.

## **Правила оформления лабораторных работ**

Лабораторные работы (далее ЛР) выполняются в компьютерном классе с использованием компьютерных моделей, разработанные фирмой «ФИЗИКОН».

### *Допуск к выполнению лабораторной работы*

Прежде чем приступить к выполнению ЛР, студент должен получить допуск у преподавателя. Для получения допуска студенту нужно:

- 1) прочитать полностью описание к ЛР;
- 2) объяснить цель ЛР;
- 3) рассказать, как выполнять ЛР (пункт ЛР «Ход работы»), как обрабатывать полученные результаты и оформить отчет (пункт «Обработка результатов и оформление отчета»);
- 4) защитить теорию (пункт «Краткая теория», а также конспекты лекций, рекомендуемая литература);
- 5) ответить на контрольные вопросы.

После этих шагов преподаватель допускает студента к выполнению ЛР.

### *Оформление отчета лабораторной работы*

Отчет по лабораторной работе оформляется в обычной школьной тетради в клетку. На обложке тетради должны быть ясно написаны фамилия студента, его инициалы; название дисциплины; группа; номер бригады. Работа выполняется чернилами темного цвета (черного или синего).

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие моменты:

- наименование лабораторной работы;
- цель работы
- ход работы (основные схемы, рисунки, таблицы, формулы, вычисления, графики)
- вывод (формулируется исходя из поставленных целей).

С образцом оформления отчета по лабораторной работе можно ознакомиться в Приложении А. Правила построения графиков представлены в Приложении Б.

## Лабораторная работа № 1

### «Исследование движения тела под действием постоянной силы»

#### Цель работы:

- выбор физической модели для анализа движения тела;
- исследование движения тела под действием постоянной силы;
- определение массы тела  $m$ .

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

#### По окончании выполнения лабораторной работы студент должен

- **знать:** понятия масса, сила, ускорение; физический смысл законов Ньютона; виды сил;
- **уметь:** определять массу тела для разных значений коэффициента трения; строить и анализировать графики зависимости силы трения и ускорения от внешней силы.

#### Краткая теория:

##### Первый закон Ньютона (закон инерции):

*всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или прямолинейного и равномерного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние.*

Система отсчета, в которой выполняется I закон Ньютона называется *инерциальной системой отсчета (ИСО)*.

Первый закон Ньютона утверждает, что все тела обладают *свойством инертности*, а также существование *ИСО*.

##### Второй закон Ньютона:

*ускорение тела  $\vec{a}$ , приобретаемое телом под действием силы  $\vec{F}$ , прямо пропорционально этой силе и обратно пропорционально массе тела:*

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (1)$$

Из второго закона Ньютона следует, что ускорение зависит не только от величины воздействия, но и от свойств самого тела – от его массы.

##### Третий закон Ньютона:

*силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки (тела) равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки (тела):*

$$\vec{F} = -\vec{F}' . \quad (2)$$

Это значит, что силы взаимодействия всегда появляются *парами*. Они приложены к *разным телам* и являются *силами одной природы*. Третий закон Ньютона говорит о том, что всегда есть взаимодействие.

Стремление тела сохранять состояние покоя, или равномерного и прямолинейного движения называется *инертностью*. *Мерой инертности* служит величина, называемая *массой*. Частица с большой массой является более инертной, и наоборот.

*Масса тела* – физическая скалярная величина, являющаяся количественной мерой инерционных и гравитационных свойств тел.

Единицей массы в СИ является *килограмм (кг)*. Эталоном *1 кг* служит цилиндр из сплава платины и иридия, высота и диаметр которого равны *39 мм*. Масса такого цилиндра равна *1 кг*. Он хранится в городе Севре близ Парижа в Международной плате мер и весов.

*Сила* – физическая векторная величина, являющаяся мерой механического *воздействия* на тело со стороны других тел или полей, в результате чего тело *приобретает ускорение* или изменяет свои форму и размеры, т.е. *деформируется*.

Направление вектора силы совпадает с направлением вектора ускорения, которое приобретает тело под действием этой силы ( $\vec{F} \uparrow\uparrow \vec{a}$ ). Единицей силы в СИ является *ньютон (Н)*.

*Физический смысл ньютона:*

*1 Н* – это сила, под действием которой тело массой *1 кг* приобретает ускорение *1 м/с<sup>2</sup>*:  $1Н = 1 \frac{кг \cdot м}{с^2}$ .

В каждый момент времени сила характеризуется: *числовым значением; направлением в пространстве; точкой приложения, линией действия и природой физического взаимодействия.*

Прямая, вдоль которой действует сила, называется *линией действия силы*. Сложение сил выполняется по правилу *параллелограмма сил*.

*Результирующая сила* – это сумма всех сил, действующих на каждое тело.

*Сила трения скольжения* возникает при соприкосновении двух поверхностей тел и наличии движения одной поверхности относительно другой. *Свойства силы трения скольжения:*

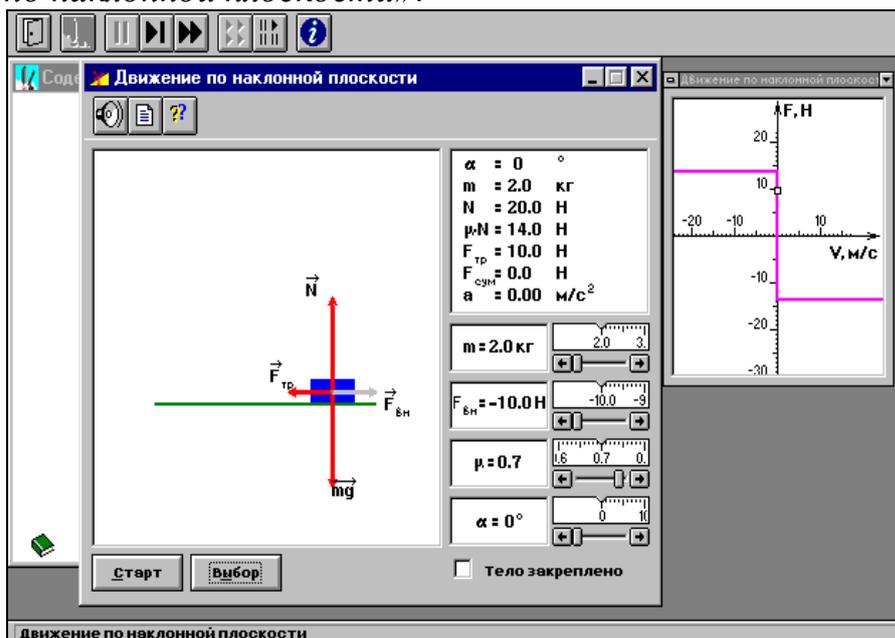
- ✓ направлена против скорости;
- ✓ не зависит от величины скорости;
- ✓ пропорциональна величине силы *N*, прижимающей по нормали одно тело к поверхности другого –  $F_{тр} = k \cdot N$ , где *k* – коэффициент трения.

*Сила трения покоя* возникает при соприкосновении поверхностей двух тел и наличии составляющей силы, приложенной к одному из тел, направленной вдоль поверхностей и стремящейся вызвать движения (СВД) данного тела вдоль поверхности другого. *Свойства силы трения покоя:*

- ✓ направлена против составляющей силы СВД;
- ✓ равна (до определенного) по величине составляющей СВД;
- ✓ имеет максимальное значение;
- ✓ не зависит от величины скорости; максимальное значение силы трения покоя пропорционально величине силы *N*, сжимающей поверхности по нормали –  $|\vec{F}_{тр.покоя}^{MAX}| = k \cdot N$ .

### Ход работы:

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Механика» и «Движение по наклонной плоскости».



Щелкните мышью кнопку «Старт» в верхнем ряду кнопок. Нажав мышью, снимите метку около надписи «Тело закреплено». Установите с помощью движков регуляторов:

- ✓ угол наклона плоскости:  $\alpha = 0^{\circ}$ ;
- ✓ значение внешней силы:  $F_{вн} = 1 \text{ Н}$ ;
- ✓ массу тела и первое значение коэффициента трения, указанное в таблице 1 для вашей бригады.

Выставив значение внешней силы, снимайте фиксацию и наблюдайте за движением кубика. Величину *силы трения*  $F_{тр}$  и *ускорения*  $a$  определяйте по таблице вверху экрана, при этом результаты измерений запишите в таблицу 2. Увеличивайте каждый раз значение внешней силы на  $1 \text{ Н}$  до  $10 \text{ Н}$ , снимите показания силы трения и ускорения, записав их значения также в таблицу 2.

Повторите измерения для двух других значений коэффициентов трения, указанных в таблице 1 по вашей бригаде.

**таблица 1 – Исходные параметры опыта**

№ БР	$m, \text{ кг}$	$k_1$	$k_2$	$k_3$
1	2,2	0,08	0,13	0,18
2	2,4	0,07	0,12	0,17
3	2,6	0,06	0,11	0,16
4	3	0,05	0,1	0,15
5	2,9	0,05	0,1	0,15
6	2,7	0,06	0,11	0,16
7	2,5	0,07	0,12	0,17
8	2,1	0,08	0,13	0,18

**таблица 2 – Результаты измерений и вычислений**

$F_{BH}, H$	$k_1 = \underline{\hspace{2cm}}$		$k_2 = \underline{\hspace{2cm}}$		$k_3 = \underline{\hspace{2cm}}$	
	$F_{TP}, H$	$a, м/с^2$	$F_{TP}, H$	$a, м/с^2$	$F_{TP}, H$	$a, м/с^2$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
$m, кг$						
$m_{CP}, кг$						
$\Delta m_{CP}, кг$						

**Обработка результатов и оформление отчета:**

1) Постройте графики зависимости:

- силы трения  $F_{TP}$  (ось ординат) от внешней силы  $F_{BH}$  (ось абсцисс):

$$F_{TP} = f(F_{BH});$$

- ускорения  $a$  (ось ординат) от внешней силы  $F_{BH}$  (ось абсцисс):

$$a = f(F_{BH}).$$

2) По наклону графика  $a = f(F_{BH})$  определите значение массы тела  $m$ , используя формулу:

$$m = \frac{\Delta F_{BH}}{\Delta a} = \frac{F_{BH\text{ КОН}} - F_{BH\text{ НАЧ}}}{a_{\text{КОН}} - a_{\text{НАЧ}}}. \quad (3)$$

3) Вычислите среднее значение массы тела  $m_{CP}$  и абсолютную ошибку среднего значения массы  $\Delta m_{CP}$ ; результаты запишите в таблицу 2.

4) Сформулируйте выводы.

**Контрольные вопросы:**

1) Сформулируйте и объясните смысл законов Ньютона.

2) Какие системы отсчета называют инерциальными?

3) Что называют инертностью тела.

4) Что называют массой тела? Какова единица измерения массы?

5) Что называют силой? Какова единица измерения силы? Что такое  $1 Н$ ?

6) Что называют линией действия силы.

7) Перечислите характеристики, при которых сила полностью определена.

8) Что называют результирующей силой?

9) При каких условиях возникает сила трения скольжения? Как направлена сила трения скольжения? Напишите соотношение, определяющее величину силы трения скольжения.

10) Сформулируйте условия, при которых возникает сила трения покоя. Как направлена сила трения покоя? Напишите формулу, определяющую максимальное значение силы трения покоя.

## **Лабораторная работа № 2** **«Изучение закона сохранения импульса»**

### **Цель работы:**

- выбор физической модели для анализа движения двух тел;
- исследование физических характеристик, сохраняющихся при столкновениях.

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

### **По окончании выполнения лабораторной работы студент должен**

- **знать:** понятие импульс; характеристики абсолютно упругого и абсолютно неупругого ударов; физический смысл законов сохранения импульса и механической энергии;
- **уметь:** использовать законы сохранения импульса и механической энергии для абсолютно упругого и неупругого ударов.

### **Краткая теория:**

*Импульсом тела (точки)* называется физическая векторная величина, определяемая произведением массы тела на скорость его движения:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}, \quad \vec{p} \uparrow\uparrow \vec{v}. \quad (1)$$

Единицей импульса в СИ является *килограмм-метр на секунду* ( $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ ).

*Удар (или соударение, столкновение)* – это модель столкновения двух или более тел, при котором взаимодействие длится очень короткое время (мгновенное событие). Помимо ударов в прямом смысле этого слова (столкновения атомов или бильярдных шаров) сюда можно отнести и такие, как удар человека о землю при прыжке с трамвая и т.д.

Силы взаимодействия между сталкивающимися телами (*ударные или мгновенные силы*) столь велики, что внешними силами, действующими на них, можно пренебречь. Поэтому систему тел в процессе их соударения приближенно можно рассматривать как *замкнутую систему* и применять к ней законы сохранения.

*Абсолютно упругим* называется такой удар, при котором механическая энергия тел не переходит в другие, немеханические, виды энергии. При таком ударе кинетическая энергия переходит полностью или частично в потенциальную энергию упругой деформации. Затем тела возвращаются к первоначальной форме, отталкиваясь друг от друга. В итоге потенциальная энергия упругой деформации снова переходит в кинетическую энергию, и тела разлетаются со скоростями, модуль и направление которых определяются двумя условиями – *сохранением полной энергии и сохранением полного импульса системы тел* (подчеркнем, что это *идеализированный случай*):

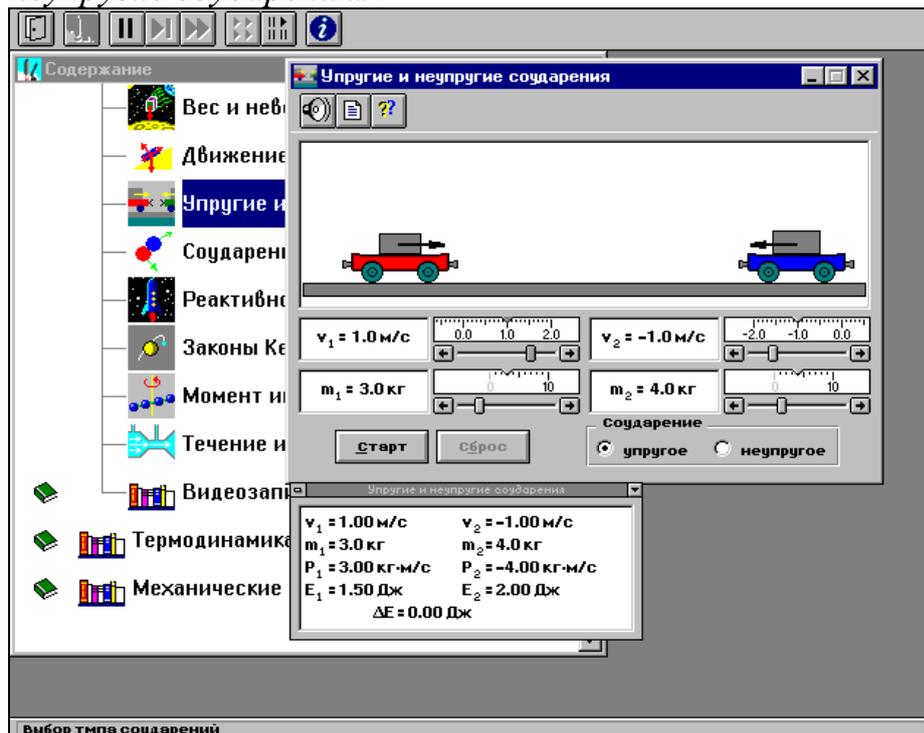
$$\begin{aligned} \vec{p}_1^{ДО} + \vec{p}_2^{ДО} &= \vec{p}_1^{ПОСЛЕ} + \vec{p}_2^{ПОСЛЕ} \\ E_{K1}^{ДО} + E_{K2}^{ДО} &= E_{K1}^{ПОСЛЕ} + E_{K2}^{ПОСЛЕ} \end{aligned} \quad (2)$$

*Абсолютно неупругий* удар характеризуется тем, что потенциальной энергии деформации не возникает; кинетическая энергия тел полностью или частично превращается во внутреннюю энергию; после удара столкнувшиеся тела либо движутся с одинаковой скоростью, либо покоятся (столкновение двух тел, в результате которого тела объединяются, двигаясь дальше как единое целое). При абсолютно неупругом ударе выполняются лишь *закон сохранения импульса, закон же сохранения механической энергии не соблюдается: имеет место закон сохранения суммарной энергии различных видов – механической и внутренней*:

$$\begin{aligned} \vec{p}_1^{ДО} + \vec{p}_2^{ДО} &= \vec{p}_1^{ПОСЛЕ} + \vec{p}_2^{ПОСЛЕ} \\ E_{K1}^{ДО} + E_{K2}^{ДО} &= E_{K1}^{ПОСЛЕ} + E_{K2}^{ПОСЛЕ} + Q \end{aligned} \quad (3)$$

### Ход работы:

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Механика» и «Упругие и неупругие соударения».



### Эксперимент 1 – Исследование абсолютно упругого удара

Включите кнопку «Упругий» справа внизу.

Установите, нажимая мышью на кнопки регуляторов, значение массы первой тележки  $m_1$  и ее начальную скорость  $v_{1X}^{ДО}$ , указанные в таблице 1 для вашей бригады.

Для массы второй тележки  $m_2$  выберите минимальное значение – 1 кг, ее начальную скорость выберите равной  $v_{2X}^{ДО} = -v_{1X}^{ДО}$ .

Нажимая мышью на кнопку «Старт» на экране монитора, следите за движением тележек, останавливая движение после первого столкновения кнопкой «Стоп».

Результаты измерений необходимых величин записывайте в таблицу 2, образец которой приведен ниже.

Измените на 1 кг значение массы второй тележки  $m_2$  и повторите измерения.

### Эксперимент 2 – Исследование абсолютно неупругого удара

Нажмите кнопку «Неупругий» справа внизу.

Установите, нажимая мышью на кнопки регуляторов, значение масс тележек и их начальные скорости, указанные в таблице 1 для вашей бригады.

Проведите измерения, аналогичные эксперименту 1.

Результаты запишите в таблицу 3, образец которой приведен ниже (неупругий удар сопровождается выделением тепла).

**таблица 1 – Исходные параметры опыта**

№ БР	$m_1, кг$	$v_{1X}^{ДО}, м/с$	№ БР	$m_1, кг$	$v_{1X}^{ДО}, м/с$
1	1	1	5	5	1
2	2	2	6	6	2
3	3	1	7	7	1
4	4	2	8	8	2

**таблица 2 – Результаты измерений (абсолютно упругий удар)**

$m_2, кг$	$m_1 = \underline{\hspace{1cm}} кг ;$ $v_{1X}^{ДО} = -v_{2X}^{ДО} = \underline{\hspace{1cm}} м/с$			
	$v_{1X}^{ПОСЛЕ}, м/с$	$v_{2X}^{ПОСЛЕ}, м/с$	$E_K^{ДО}, Дж$	$E_K^{ПОСЛЕ}, Дж$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**таблица 3 – Результаты измерений (абсолютно неупругий удар)**

$m_2, \text{кг}$	$m_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ кг};$ $v_{1X}^{\text{ДО}} = -v_{2X}^{\text{ДО}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м/с}$		
	$v_X^{\text{ПОСЛЕ}}, \text{м/с}$	$E_K^{\text{ДО}}, \text{Дж}$	$E_K^{\text{ПОСЛЕ}}, \text{Дж}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**Обработка результатов и оформление отчета:**

1) Вычислите требуемые величины и заполните таблицы 2 и 3. Обратите внимание, что значения кинетической энергии при абсолютно упругом (без выделения тепла) и неупругом ударах тел выполняется по закону:

- для абсолютно упругого удара (таблица 2):

$$E_K^{\text{ДО}} = E_1 + E_2 \quad (4)$$

- для абсолютно неупругого удара (таблица 3):

$$E_K^{\text{ПОСЛЕ}} = E_1 + E_2 + |\Delta E| \quad (5)$$

2) Проверьте выполняемость закона сохранения кинетической энергии при абсолютно упругом и абсолютно неупругом ударе тел.

3) Сформулируйте выводы.

**Контрольные вопросы:**

1) Что называют импульсом тела? Как направлен импульс? Какова единица измерения импульса в системе СИ?

2) Что называют ударом? Для какого взаимодействия двух тел можно применять модель столкновения?

3) Какой удар называют абсолютно упругим? абсолютно неупругим?

4) При каком столкновении выполняется закон сохранения импульса? Дайте словесную формулировку закона сохранения импульса.

5) При каком столкновении выполняется закон сохранения кинетической энергии? Дайте словесную формулировку закона сохранения кинетической энергии.

## Лабораторная работа № 3

### «Сохранение механической энергии тела под действием силы тяжести»

#### Цель работы:

- выбор физической модели для анализа движения тела;
- экспериментальная проверка закона сохранения механической энергии под действием силы тяжести.

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

#### *По окончании выполнения лабораторной работы студент должен*

- **знать:** понятия энергия, работа, мощность; физический смысл закона сохранения и превращения механической энергии;
- **уметь:** вычислять необходимые физические величины (скорость, пройденное расстояние, кинетическую и потенциальную энергии; пользоваться законом сохранения механической энергии).

#### Краткая теория:

*Энергия* является общей количественной мерой движения и взаимодействия всех видов материи. С различными формами движения материи рассматривают различные формы энергии: механическую, тепловую, электромагнитную, ядерную и др. Механическая энергия бывает двух видов – кинетическая и потенциальная.

*Кинетическая энергия (энергия движения)* определяется массами и скоростями рассматриваемых тел:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

*Потенциальная энергия (энергия положения)* зависит от взаимного расположения (от конфигурации) взаимодействующих друг с другом тел.

Потенциальная энергия в поле силы тяжести:

$$E_p = mgh. \quad (2)$$

*Полная механическая энергия системы* – это энергия механического движения и взаимодействия, то есть равна сумме кинетической и потенциальной энергий:

$$E = E_k + E_p. \quad (3)$$

Закон сохранения и превращения механической энергии: *в замкнутой системе тел полная механическая энергия сохраняется, то есть не изменяется с течением времени.*

Физический смысл закона сохранения и превращения механической энергии:

*энергия не исчезает и не возникает из ничего; она может лишь переходить из одной формы в другую.*

В одних явлениях форма движения материи не изменяется (например, горячее тело нагревает холодное), в других – переходит в иную форму (например, в результате трения механическое движение превращается в тепловое).

*Работа* является количественной мерой процесса обмена энергией между взаимодействующими телами.

Если сила  $\vec{F}$  составляет с направлением перемещения угол  $\alpha$ , то работа определяется следующей формулой:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha, \quad (4)$$

где  $\alpha = \alpha(\vec{F}, \vec{s})$  – угол между направлением вектора силы и вектора перемещения.

Единицей работы и энергии в СИ является *джоуль (Дж)*.

Чтобы охарактеризовать скорость совершения работы, вводят понятие *мощности*:

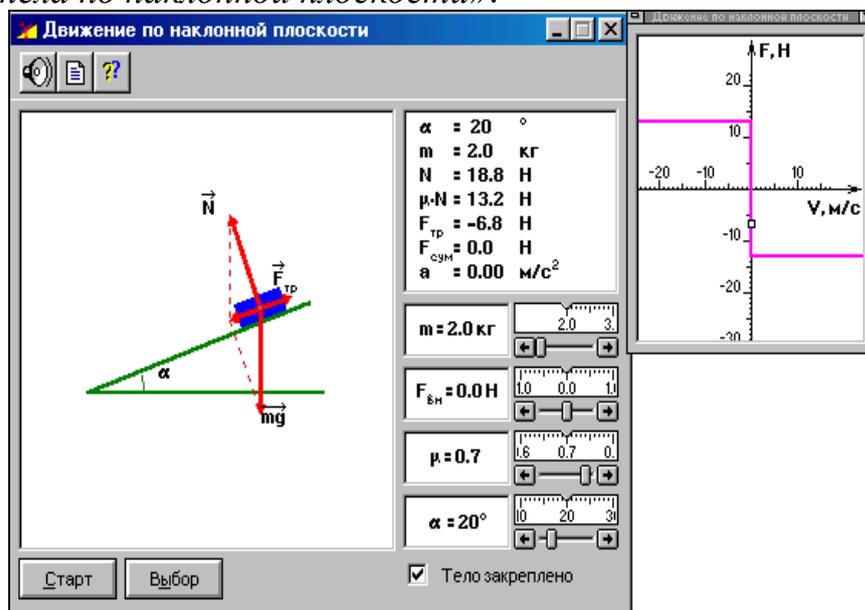
$$N = \frac{A}{t}. \quad (5)$$

Единицей мощности в СИ является *ватт (Вт)*. Мощность, развиваемая силой, в данный момент времени равна произведению вектора силы на вектор скорости:

$$N = \vec{F} \cdot \vec{v}. \quad (6)$$

### Ход работы:

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Механика» и «Движение тела по наклонной плоскости».



После нажатия мышью кнопки «Выбор» установите с помощью движков регуляторов значения массы тела  $m$ , внешней силы  $F_{вн}$ , коэффициента трения  $k$ , угла наклона плоскости  $\alpha$  указанных в таблице 1 для вашей бригады.

Одновременно включите секундомер и снимите метку «Тело закреплено». Выключите секундомер в момент остановки тела в конце наклонной плоскости.

Проделайте этот опыт 3 раза и результаты измерения времени соскальзывания тела с наклонной плоскости запишите в таблицу 2. Запишите также значение ускорения.

**таблица 1 – Исходные параметры опыта**

№ БР	$m, кг$	$F_{BH}, Н$	$k$	$\alpha^{\circ}$
1	2	-4	0,1	20
2	2,2	-3	0,14	24
3	2,4	-2	0,18	26
4	2,6	-1	0,22	30
5	2,8	1	0,26	34
6	3	2	0,3	38
7	2,9	3	0,34	42
8	2,7	4	0,38	46

**таблица 2 – Результаты измерений и вычислений**

$$m = \underline{\quad} кг; \quad F_{BH} = \underline{\quad} Н; \quad k = \underline{\quad}; \quad \alpha = \underline{\quad}^{\circ}; \quad a = \underline{\quad} м/с^2$$

№ измерения	$t, с$	$v, м/с$	$s, м$	$E_k, Дж$	$E_p, Дж$	$E, Дж$
1						
2						
3						
ср.знач. каждой величины						
$\Delta$						

**Обработка результатов и оформление отчета:**

1) Вычислите по формулам:

- скорость тела в конце наклонной плоскости:

$$v = a \cdot t; \tag{1}$$

- пройденное расстояние по наклонной плоскости:

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2}; \tag{2}$$

- кинетическую энергию тела, в конце наклонной плоскости:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{m \cdot (a \cdot t)^2}{2}; \tag{3}$$

- потенциальную энергию тела в верхней точке наклонной плоскости:

$$E_p = mgh = mg \cdot \sin \alpha = mg \cdot \frac{a \cdot t^2}{2} \cdot \sin \alpha. \tag{4}$$

2) Запишите расчеты пункта 1 в таблицу 2.

- 2.
- 3) Вычислите средние значения этих параметров и запишите их в таблицу
- 4) Сформулируйте выводы.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Что называют энергией, работой, мощностью?
- 2) Дайте определение кинетической и потенциальной энергий.
- 3) В чём заключается закон сохранения и превращения механической энергии?
- 4) Тело медленно втаскивают в гору. Зависят ли от формы профиля горы:  
а) работа силы тяжести; б) работа силы трения? Начальная и конечная точки перемещения тела фиксированы.
- 5) Тело соскальзывает с вершины наклонной плоскости без начальной скорости. Зависит ли работа силы трения на всём пути движения тела до остановки на горизонтальном участке: а) от угла наклона плоскости; б) от коэффициента трения?
- 6) По наклонной плоскости с одной и той же высоты соскальзывают два тела: одно массой  $m$ , другое массой  $2m$ . Какое из тел пройдёт до остановки по горизонтальному участку путь больший и во сколько раз? Коэффициенты трения для обоих тел одинаковы.

**Лабораторная работа № 4**

**«Изучение зависимости периода колебаний математического (пружинного) маятника от длины нити (массы груза)»**

**Цель работы:**

- выбор физической модели для анализа движения тела;
- экспериментальное определение ускорения свободного падения  $g$  и массы  $m$  маятников.

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

**По окончании выполнения лабораторной работы студент должен**

- **знать:** понятия период и частота колебаний; определения колебания, маятника, математического и пружинного маятников;
- **уметь:** строить и анализировать графики зависимости математического и пружинного маятников; определять ускорение свободного падения и массу маятников.

**Краткая теория:**

*Колебаниями* называются процессы, повторяющиеся во времени (колебания качелей, струны гитары, маятники часов и т.д.).

В зависимости от физической природы или процесса различают *механические, электрические, электромагнитные* и др. колебания.

*Механическими колебаниями* называют колебания, при которых колеблющееся тело систематически отклоняется от своего положения

равновесия в противоположных направлениях. Колеблющееся тело при этом называют *маятником* или *осциллятором*, а система, которая может колебаться, называется *колебательной*.

Механические колебания бывают *свободные* и *вынужденные*.

*Свободные колебания* – это колебания, происходящие под действием только внутренних сил колеблющейся системы.

*Вынужденные колебания* – это колебания, происходящие под действием внешних сил.

Величины, характеризующие колебания:

1. *Смещение* – это отклонение маятника от положения равновесия. В СИ смещение измеряется в *метрах* (м).

2. *Амплитуда* – это наибольшее смещение маятника. Амплитуда в СИ тоже измеряется в *метрах* (м).

3. *Период колебаний* – физическая скалярная величина, определяемая временем одного полного колебания:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{2\pi}{\omega}, \quad (1)$$

где  $\omega$  - циклическая частота колебаний.

Единица измерения периода в СИ – *секунда* (с).

4. *Частота колебаний* – физическая скалярная величина, определяемая числом колебаний за единицу времени:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}. \quad (2)$$

Единица измерения частоты в СИ – *герц* (Гц).

*Маятником* называют твердое тело, совершающее под действием силы тяжести колебания вокруг неподвижной точки или оси.

*Пружинный маятник* – это груз массой  $m$ , подвешенный на *абсолютно упругой* пружине и совершающий гармонические колебания под действием упругой силы.

*Пружинный маятник* совершает колебания с *циклической частотой*  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ , и *периодом*  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ .

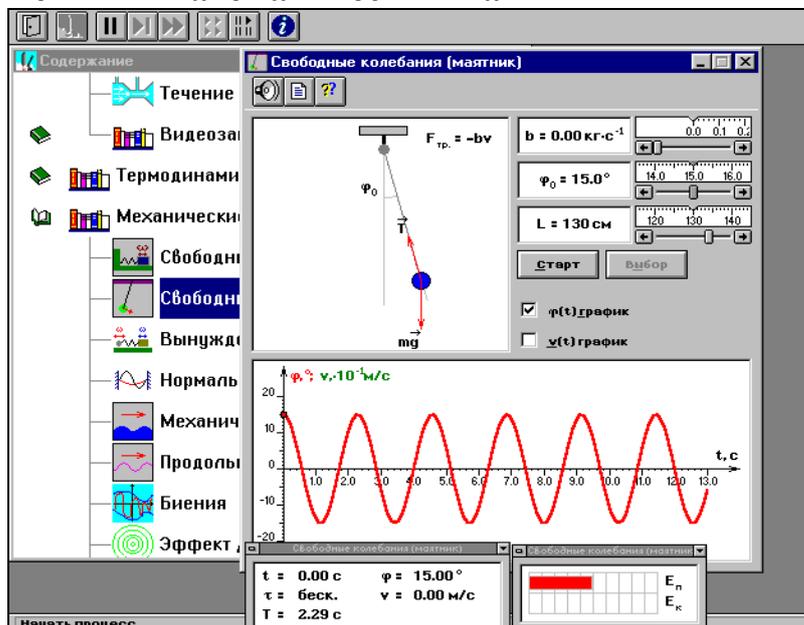
*Математический маятник* – это *идеализированная* система, состоящая из материальной точки массой  $m$ , подвешенной на *нерастяжимой невесомой* нити и совершающая колебания в вертикальной плоскости под действием силы тяжести. *Циклическая частота колебаний математического маятника* зависит только от длины нити маятника и от ускорения свободного падения и не зависит от массы маятника  $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ , *период колебаний математического*

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

### Ход работы:

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Механика» и «Механические колебания и волны» и «Свободные колебания» (сначала «Математический маятник», потом «Груз на пружине»).

### Эксперимент 1 – Математический маятник



Выберите «Математический маятник».

Установите с помощью движков регуляторов максимальную длину нити  $L$  и значения коэффициента затухания и начального угла, указанные в таблицу 1 для вашей бригады.

Нажимая мышью на кнопку «Старт», следите за движением точки на графиках угла и скорости и за поведением маятника. Потренируйтесь, останавливая движение кнопкой «Стоп» (например, в максимуме смещения), и запуская далее кнопкой «Старт».

Выберите число полных колебаний  $N = 3 - 5$  и измеряйте их продолжительность  $\Delta t$  (как разность  $t_2 - t_1$  из таблицы на экране).

Приступайте к измерениям длительности  $\Delta t$  для  $N = 3 - 5$  полных колебаний, начиная с максимальной длины нити маятника ( $L = 150 \text{ см}$ ) и уменьшая ее каждый раз на  $10 \text{ см}$  (до минимальной длины  $80 \text{ см}$ ). Длину нити  $L$  и результаты измерений длительности  $\Delta t$  записывайте в таблицу 2.

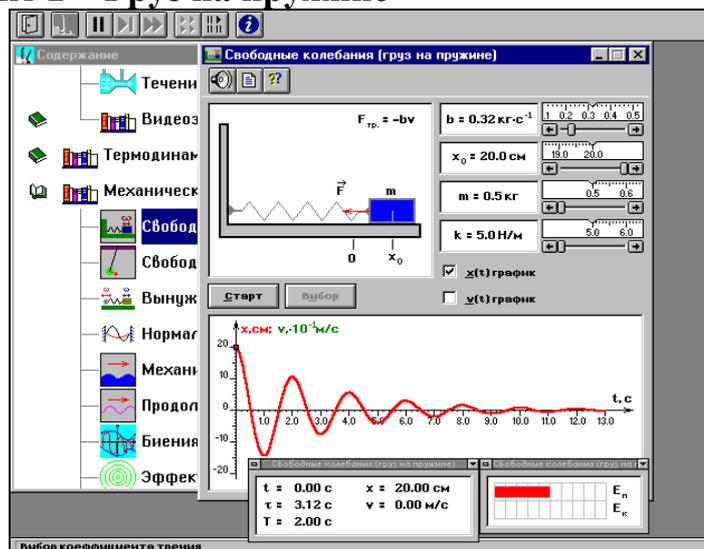
таблица 1 – Исходные параметры опыта

№ БР	$b, \text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$	$\varphi_0^0$	№ БР	$b, \text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$	$\varphi_0^0$
1	0,02	20	5	0,10	14
2	0,04	18	6	0,12	16
3	0,06	16	7	0,14	18
4	0,08	14	8	0,16	20

таблица 2 – Результаты измерений и вычислений  $b = \underline{\hspace{1cm}} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;  
 $\varphi_0 = \underline{\hspace{1cm}}^{\circ}$

$L, \text{м}$	$N =$		
	$\Delta t, \text{с}$	$T, \text{с}$	$T^2, \text{с}^2$
1,5			
1,4			
1,3			
1,2			
1,1			
1,0			
0,9			
0,8			
$g_{\text{ТАБЛ}}, \text{м/с}^2$	9,81		
$g_{\text{ЭКСПЕР}}, \text{м/с}^2$			
$\Delta g, \text{м/с}^2$			

### Эксперимент 2 – Груз на пружине



Выберите «Груз на пружине».

Установите массу груза, значение коэффициента затухания и начальное смещение, указанные в таблице 3 для вашей бригады.

Проведите измерения, аналогичные эксперименту 1, уменьшая коэффициент жесткости  $k$  каждый раз на  $1 \frac{H}{M}$ . Результаты измерений запишите в таблицу 4.

таблица 3 – Исходные параметры опыта

№ БР	$m, \text{кг}$	$x_0, \text{см}$	№ БР	$m, \text{кг}$	$x_0, \text{см}$
1	0,5	10	5	0,7	14
2	0,6	11	6	0,8	15
3	0,7	12	7	0,9	16
4	0,8	13	8	1,0	17

**таблица 4 – Результаты измерений и вычислений**

$$b = \_ \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}; \quad x_0 = \_, \text{ см}; \quad m = \_ \text{ кг}$$

$k, \text{ Н/м}$	$N =$			
	$\Delta t, \text{ с}$	$T, \text{ с}$	$\omega, \text{ с}^{-1}$	$\omega^2, \text{ с}^{-2}$
10				
9				
8				
7				
6				
5				
$m_{\text{УСТАН}}, \text{ кг}$				
$m_{\text{ЭКСПЕР}}, \text{ кг}$				
$\Delta m, \text{ кг}$				

**Обработка результатов и оформление отчета:**

1) Вычислите требуемые величины и заполните таблицы 2 и 4.

2) Постройте графики зависимости:

- квадрата периода колебаний  $T^2$  (ось ординат) от длины нити  $L$  (ось абсцисс) математического маятника:  $T^2 = f(L)$ ;

- квадрата циклической частоты  $\omega^2$  (ось ординат) колебаний от жесткости пружины  $k$  (ось абсцисс) пружинного маятника:  $\omega^2 = f(k)$ .

3) По наклону графика  $T^2 = f(L)$  определите значение ускорения свободного падения  $g$ , используя формулу:

$$g_{\text{ЭКСПЕР}} = 4\pi^2 \cdot \frac{\Delta(L)}{\Delta(T^2)} = 4\pi^2 \cdot \frac{L_{\text{КОН}} - L_{\text{НАЧ}}}{T_{\text{КОН}}^2 - T_{\text{НАЧ}}^2}. \quad (3)$$

4) Определите абсолютную ошибку определения ускорения свободного падения  $\Delta g$ . Результаты вычислений пунктов 3 и 4 запишите в таблицу 2.

5) По наклону графика  $\omega^2 = f(k)$  определите значение массы  $m$  груза, используя формулу:

$$m_{\text{ЭКСПЕР}} = \frac{\Delta(k)}{\Delta(\omega^2)} = \frac{k_{\text{КОН}} - k_{\text{НАЧ}}}{\omega_{\text{КОН}}^2 - \omega_{\text{НАЧ}}^2}. \quad (4)$$

6) Определите абсолютную ошибку определения массы  $\Delta m$ . Результаты вычислений пунктов 5 и 6 запишите в таблицу 4.

7) Сформулируйте выводы.

### Контрольные вопросы:

- 1) Что называют колебаниями? Приведите примеры.
- 2) Какие колебания называют механическими?
- 3) Что такое осциллятор? колебательная система?
- 4) Какие колебания называют свободными, вынужденными?
- 5) Какими величинами, характеризуют колебания?
- 6) Что называют периодом колебания? частотой колебания?
- 7) Что называют маятником, математическим маятником, пружинным маятником?
- 8) Напишите формулу циклической частоты и периода колебаний математического маятника. Поясните ее.
- 9) Напишите формулу циклической частоты и периода колебаний пружинного маятника. Поясните ее.

## Лабораторная работа № 5 «Измерение влажности воздуха»

### Цель работы:

- измерить относительную влажность воздуха при помощи термометра.

**Оборудование:** термометр лабораторный (до 100 °С), кусочек марли или ваты, сосуд с водой комнатной температуры, психрометрическая таблица.

### *По окончании выполнения лабораторной работы студент должен*

- **знать:** понятия влажность воздуха, относительная и абсолютная влажность воздуха, приборы для определения влажности воздуха;
- **уметь:** определять относительную влажность воздуха.

### Краткая теория:

Воздух, содержащий водяной пар, называют *влажным*. Давление атмосферного воздуха складывается из *парциальных давлений сухого воздуха и водяного пара*:

$$p = p_c + p_{\text{п}}. \quad (1)$$

Количество пара в воздухе характеризуют *абсолютной* и *относительной влажностью*.

*Абсолютной влажностью воздуха* называется масса водяных паров, содержащихся в  $1 \text{ м}^3$  при данных условиях, т.е. это плотность водяных паров:

$$\rho = \frac{m_{\text{п}}}{V}. \quad (2)$$

Единицей абсолютной влажности воздуха в СИ:  $[\rho] = \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ .

По величине абсолютной влажности воздуха нельзя судить о степени влажности воздуха, т.к. при одинаковой массе водяного пара в нем, но большей температуре, воздух будет суше, а при меньшей температуре он будет влажнее. Чтобы определить степень влажности воздуха, надо знать, насколько близок водяной пар к состоянию насыщения. Для этого вводят понятие относительной влажности воздуха.

*Относительной влажностью воздуха* называется отношение абсолютной влажности к плотности насыщенного пара при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{н.п.}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Единицей относительной влажности воздуха в СИ:  $[\varphi] = [\%]$ . Влажность воздуха не может быть выше 100 %. Относительную влажность воздуха можно определить как отношение давления пара к давлению насыщенного пара:

$$\varphi = \frac{P_{п.}}{P_{н.п.}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Различная относительная влажность по-разному влияет на самочувствие людей. Чем меньше влажность, тем больше охлаждается тело человека вследствие испарения. Если воздух сухой (относительная влажность мала), то испарение, а следовательно, и охлаждение происходят быстро. Если воздух влажный, то испарение медленно и охлаждение незначительно. Для хорошего самочувствия людей необходимо, чтобы относительная влажность воздуха была в пределах 40-60%.

Приборы для измерения влажности воздуха называются *гигрометрами* и *психрометрами*.

Психрометр (гигрометр психрометрический) состоит из двух термометров (рис.1). Один из них показывает температуру воздуха. Шарик другого термометра обернут марлей, конец которой опущен в воду. Вода, испаряясь охлаждает термометр, и он показывает более низкую температуру, чем сухой термометр. Разность температур является мерой относительной влажности.

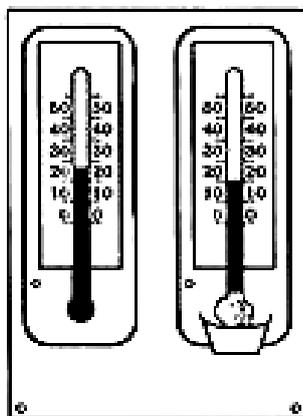


Рисунок 1 – Психрометр

Пар, находящийся в состоянии теплового равновесия с жидкостью того же химического вещества, называется *насыщенным паром*.

Температуру, при которой водяной пар становится насыщенным, называют *точкой росы*, потому что если водяной пар охладить до температуры ниже точки росы, то выпадет роса.

**Ход работы:**

1) Измерьте температуру воздуха в классе:  $t_{\text{сух}}$ .

2) Смочите кусочек марли или ваты в стакане с водой и оберните им резервуар термометра. Подержите влажный термометр некоторое время в воздухе. Как только понижение температуры прекратится, запишите его показания:  $t_{\text{вл}}$

3) Найдите разность температур «сухого» и «влажного» термометров и с помощью психрометрической таблицы (**Приложение Г.1**) определите относительную влажность воздуха в классе.

4) Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 1.

**таблица 1 – Результаты измерений**

$t_{\text{сух}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{вл}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$

5) Сформулируйте выводы.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Что называют влажностью воздуха?
- 2) Что называют абсолютной влажностью воздуха?
- 3) Что называют относительной влажностью воздуха?
- 4) Что такое насыщенный пар?
- 5) Что называют точкой росы?
- 6) Как работает психрометр?
- 7) Почему температура «влажного» термометра ниже, чем «сухого»?
- 8) В каком случае температура «влажного» термометра будет равна температуре «сухого»?

**Лабораторная работа № 6**  
**«Измерение поверхностного натяжения жидкости»**

**Цель работы:**

- убедиться в существовании поверхностного натяжения жидкости;
- исследовать зависимость поверхностного натяжения жидкости от природы граничащих сред.

**Оборудование:** три кристаллизатора; сосуд с дистиллированной водой; мыльный раствор воды; раствор сахара в воде; две чистые пипетки; две тонкие лучинки (спички «без головок»); пробирка с крошками пробками.

**По окончании выполнения лабораторной работы студент должен**

- **знать:** понятие поверхностное натяжение жидкости, ее зависимость от рода жидкости и температуры;
- **уметь:** определять поверхностное натяжение жидкости.

### **Краткая теория:**

Способность каждой жидкости к сокращению своей поверхности характеризуется ее поверхностным натяжением.

*Поверхностное натяжение* – это физическая скалярная величина, равная отношению силы, с которой поверхностный слой жидкости действует на ограничивающий его контур, к длине этого контура:

$$\sigma = \frac{F_{\text{п.н.}}}{l}. \quad (1)$$

Единицей поверхностного натяжения в СИ:  $[\sigma] = \left[ \frac{H}{M} \right]$ .

Поверхностное натяжение зависит от рода жидкости и ее температуры, а также от наличия примесей.

Наименьшую поверхность при заданном объеме имеет сфера. Этим объясняется шарообразная форма маленьких капель. Приплюснутость больших капель, лежащих на поверхности твердых тел, объясняется преобладанием у них силы тяжести над молекулярными силами. В условиях невесомости сила тяжести не препятствует жидкости сократить свою поверхность, и жидкость принимает форму шара.

*Поверхностное натяжение разных жидкостей неодинаково.* Мыло, стиральные порошки уменьшают поверхностное натяжение воды, увеличивая ее проникающую и смачивающую способность.

*Поверхностное натяжение жидкости зависит от температуры:* с повышением температуры оно уменьшается, поэтому горячий мыльный раствор моет лучше, чем холодный.

### **Ход работы:**

1) Налейте в один из кристаллизаторов дистиллированную воду. На её поверхность насыпьте крошки натёртой пробки так, чтобы они ровным слоем покрыли поверхность. С помощью чистой пипетки введите на середину поверхности воды небольшую каплю мыльного раствора. Зарисуйте то, что вы наблюдаете. Как при этом ведут себя частички пробки?

2) Налейте во второй кристаллизатор дистиллированную воду. На середину её поверхности положите небольшую лучинку. С помощью пипетки введите вблизи лучинки раствор мыла. Зарисуйте то, что вы наблюдаете. Как при этом поведёт себя лучинка?

3) Налейте в третий кристаллизатор дистиллированную воду. На середину её поверхности положите небольшую лучину. С помощью чистой пипетки введите вблизи лучинки раствор сахара. Зарисуйте то, что вы наблюдаете. Как при этом поведёт себя лучинка?

4) Результаты наблюдений запишите в таблицу 1.

**таблица 1 – Результаты измерений**

№ п/п	Среда	Схематический рисунок	Наблюдения	Объяснения наблюдаемого
1.	вода дистиллированная, крошки пробки, раствор мыла			
2.	вода дистиллированная, лучина, раствор мыла			
3.	вода дистиллированная, лучина, раствор сахара			

5) Сформулируйте выводы.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Что называется поверхностным натяжением жидкости?
- 2) Какую форму принимают капли жидкости в условиях невесомости?

Почему?

- 3) От каких параметров и как зависит поверхностное натяжение жидкости?

**Лабораторная работа № 7  
«Наблюдение роста кристаллов из раствора»**

**Цель работы:**

- научиться создавать кристаллы, пронаблюдать за ростом кристалла.

**Оборудование:** стакан, вода, кастрюля, карандаш, нить, соль или сахар.

**По окончании выполнения лабораторной работы студент должен**

- **знать:** понятие кристалл, механизм выращивания кристаллов из раствора;
- **уметь:** выращивать кристаллы из раствора.

**Краткая теория:**

Существуют два простых способа выращивания кристаллов из раствора: охлаждение насыщенного раствора соли и его выпаривание. Первым этапом при

любом из двух способов является приготовление насыщенного раствора. Проще всего выращивать кристаллы алюмокалиевых квасцов.

Растворимость любых веществ зависит от температуры. Обычно с повышением температуры растворимость увеличивается, а с понижением температуры уменьшается. На рисунке 2 показана зависимость коэффициента растворимости алюмокалиевых квасцов от температуры.

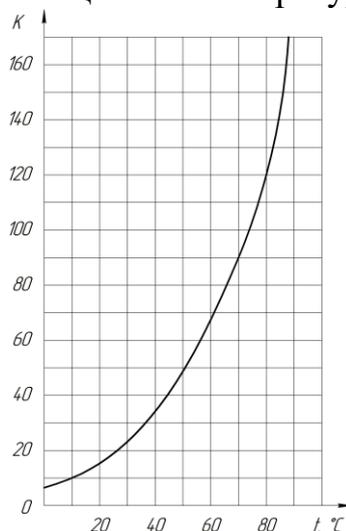


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента растворимости алюмокалиевых квасцов от температуры

Из графика видно, что при охлаждении насыщенного при 40 °С раствора до 20 °С в нем окажется около 15 г избыточного количества квасцов на 100 г воды. При отсутствии центров кристаллизации это вещество может оставаться в растворе, т.е. раствор будет пересыщенным.

С появлением центров кристаллизации избыток вещества выделяется из раствора, при каждой данной температуре в растворе остается то количество вещества, которое соответствует коэффициенту растворимости при этой температуре. Избыток вещества из раствора выпадает в виде кристаллов; количество кристаллов тем больше, чем больше центров кристаллизации в растворе. Центрами кристаллизации могут служить загрязнения на стенках посуды с раствором, пылинки, мелкие кристаллики квасцов. Если предоставить выпавшим кристалликами возможность подрасти в течение суток, то среди них найдутся чистые и совершенные по форме экземпляры. Они могут служить затравками для выращивания крупных кристаллов.

Чтобы вырастить крупный кристалл, в тщательно отфильтрованный насыщенный раствор нужно внести кристаллик - затравку, заранее прикрепленный на волосе или тонкой леске, предварительно обработанной спиртом.

Можно вырастить кристалл без затравки. Для этого волос или леску обрабатывают спиртом и опускают в раствор так, чтобы конец висел свободно. На конце волоса или лески может начаться рост кристалла.

Если для выращивания приготовлен крупный затравочный кристалл, то его лучше вносить в слегка подогретый раствор. Раствор, который был насыщенным при комнатной температуре, при температуре на 3-5 °С выше комнатной будет ненасыщенным. Кристалл-затравка начнет растворяться в нем

и потеряет при этом верхние, поврежденные и загрязненные слои. Это приведет к увеличению прозрачности будущего кристалла. Когда температура понизится до комнатной, раствор вновь станет насыщенным, и растворение кристалла прекратится. Если стакан с раствором прикрыть так, чтобы вода из раствора могла испаряться, то вскоре раствор станет пересыщенным и начнется рост кристалла. Во время роста кристалла стакан с раствором лучше всего держать в теплом сухом месте, где температура в течение суток остается постоянной. На выращивание крупного кристалла в зависимости от условий эксперимента может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель.

### **Ход работы:**

1) Тщательно вымойте стакан и воронку, подержите их над паром.

2) Налейте 100 г дистиллированной (или дважды прокипяченной) воды в стакан и нагрейте её до 30 °С. Используя кривую растворимости (рис.2), определите массу квасцов, необходимую для приготовления насыщенного раствора при 30 °С. Приготовьте насыщенный раствор и слейте его через ватный фильтр в чистый стакан. Закройте стакан крышкой или листком бумаги. Подождите, пока раствор остынет до комнатной температуры. Откройте стакан. Через некоторое время начнут выпадать первые кристаллы.

3) Через сутки слейте раствор через ватный фильтр в чистый, вновь вымытый и попаренный стакан. Среди множества кристаллов, оставшихся на дне первого стакана, выберите самый чистый кристалл правильной формы. Прикрепите кристалл-затравку к волосу или леске и опустите его в раствор. Волос или леску предварительно протрите ватой, смоченной спиртом. Можно также положить кристалл-затравку на дно стакана перед заливкой в него раствора. Поставьте стакан в теплое чистое место. В течение нескольких суток или недель не трогайте кристалл и не переставляйте стакан. В конце срока выращивания выньте кристалл из раствора, тщательно осушите бумажной салфеткой и уложите в специальную коробку. Руками кристалл не трогайте, иначе он потеряет прозрачность.

4) Сформулируйте выводы.

### **Контрольные вопросы:**

- 1) Что может служить центром кристаллизации?
- 2) Чем объясняется неодинаковая скорость роста различных граней одного и того же кристалла?
- 3) Каким способом можно насыщенный раствор сделать пересыщенным без добавления растворенного вещества?
- 4) Зачем раствор фильтровался?

## Лабораторная работа № 8 «Изучение закона Ома для участка цепи»

### Цель работы:

➤ исследовать зависимость силы тока от напряжения и сопротивления на данном участке цепи.

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

### *По окончании выполнения лабораторной работы студент должен*

➤ **знать:** понятия ток, сила тока, напряжение, сопротивление; закон Ома для участка цепи и его следствия, суть последовательного и параллельного соединения сопротивлений; элементы электрической схемы;

➤ **уметь:** применять закон Ома для участка цепи; собирать электрическую схему; строить и анализировать графики зависимости силы тока от напряжения и сопротивления на данном участке цепи.

### Краткая теория:

*Электрическим током* называется упорядоченное направленное движение электрических зарядов.

Свободные заряженные микрочастицы называются *носителями* электрического тока. Вещества, содержащие носители тока, называются *проводниками*. В металлах проводниками являются электроны, в электролитах – положительные и отрицательные ионы, в газах – электроны и ионы обоих знаков, в полупроводниках – электроны и дырки, в вакууме – те заряженные частицы, которые излучает источник электрических зарядов, внесенный в вакуум.

О наличии электрического тока в проводниках можно судить по действиям, которые он производит: *теловому* (нагревание проводников), *химическому* (например, изменение химического состава вещества в гальванических элементах), *магнитному* (например, отклонение магнитной стрелки вблизи проводников с током).

*Сила тока*  $I$  – физическая скалярная величина, численно равная количеству заряда, проходящего через поперечное сечение проводника в единицу времени:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (1)$$

Единицей силы тока в СИ является *ампер* ( $A$ ).

*Физический смысл ампера:*

$1 A$  - это ток, при котором через поперечное сечение проводника протекает электрический заряд  $1 \text{ Кл}$  за время  $1 \text{ с}$ :  $1 A = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{с}}$ .

Если сила тока и его направление не изменяются со временем, то такой ток называется *постоянным*.

Закон Ома для участка цепи (1826г., Г.Ом):

*сила тока  $I$  в участке цепи прямо пропорциональна напряжению  $U$  на нем и обратно пропорциональна сопротивлению  $R$  участка:*

$$I = \frac{U}{R}. \quad (2)$$

Закон Ома выполняется применительно к металлам, их сплавам и электролитам. Для остальных проводящих веществ (газов, полупроводников) закон Ома выполняется лишь на отдельных участках их характеристик. Закон Ома является одним из важнейших законов электродинамики. На нем основана вся электротехника постоянных токов.

*Резистором* называется устройство, обладающее заданным постоянным сопротивлением. Напряжение на резисторе определяется формулой:

$$U_R = I \cdot R. \quad (3)$$

*Электрическим сопротивлением* проводника называют меру способности проводника препятствовать упорядоченному движению по нему электрических зарядов, т.е. прохождению тока.

Любой металлический проводник всегда обладает сопротивлением независимо от наличия или отсутствия тока в нем. Сопротивление проводника не зависит ни от напряжения на нем, ни от силы тока в нем. Сопротивление проводников  $R$  зависит от его размеров и формы, а также от материала, из которого проводник изготовлен. Для однородного металлического проводника цилиндрической формы сопротивление  $R$  прямо пропорционально его длине  $l$  и обратно пропорционально площади его поперечного сечения  $S$ :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – коэффициент пропорциональности, характеризующий материал проводника и называемый *удельным электрическим сопротивлением*.

Проводники в электрических цепях постоянного тока могут соединяться последовательно и параллельно.

1) *Последовательное соединение проводников.* При последовательном соединении проводников (рис.3) конец первого проводника соединяется с началом второго и т.д. При этом *сила тока  $I$  одинакова во всех проводниках, а напряжение  $U$  на концах всей цепи равно сумме напряжений на всех последовательно включенных проводниках. Общее электрическое сопротивление равно сумме электрических сопротивлений всех проводников.*

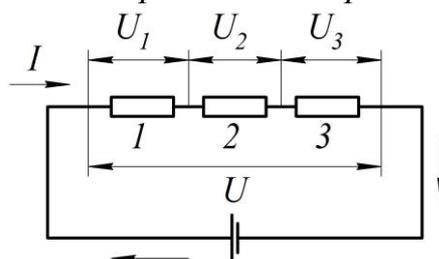


Рисунок 3 – Последовательное соединение сопротивлений

Например, для трех последовательно включенных проводников 1, 2, 3 (рис. 2) с электрическими сопротивлениями  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  получим:

$$\begin{aligned} I &= I_1 = I_2 = I_3 \\ U &= U_1 + U_2 + U_3 . \\ R &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned} \quad (5)$$

2) *Параллельное соединение проводников.* При параллельном соединении проводников 1, 2, 3 (рис. 4) их начала и концы имеют общие точки подключения к источнику тока.

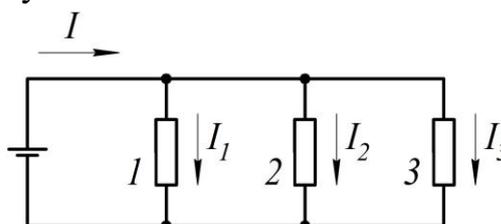


Рисунок 4 – Параллельное соединение сопротивлений

При этом *напряжение  $U$  на всех проводниках одинаково, а сила тока  $I$  в неразветвленной цепи равна сумме сил токов во всех параллельно включенных проводниках.* Для трех параллельно включенных проводников сопротивлениями  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  на основании закона Ома для участка цепи запишем:

$$\begin{aligned} U &= U_1 = U_2 = U_3 \\ I &= I_1 + I_2 + I_3 . \\ \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \end{aligned} \quad (6)$$

При параллельном соединении проводников *величина, обратная общему сопротивлению цепи, равна сумме величин, обратных сопротивлениям всех параллельно включенных проводников.*

Параллельный способ включения широко применяется для подключения ламп электрического освещения и бытовых электроприборов к электрической сети.

### Ход работы:

#### Эксперимент 1 – Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи

1) Собрать электрическую цепь по схеме (рис.5)

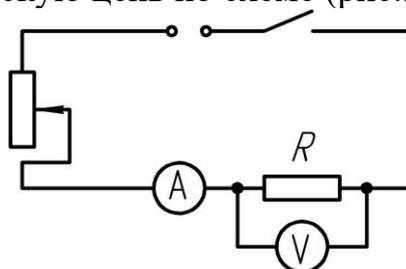


Рисунок 5– Схема электрической цепи

2) Замкнуть цепь и при помощи реостата довести напряжение на зажимах резистора от  $1\text{ В}$  до  $5\text{ В}$ .

3) Измерить соответственно силу тока. Результаты измерений занести в таблицу 1. (Сопротивление участка постоянное.)

**таблица 1 – Результаты измерений**

$U, \text{В}$	1	2	3	4	5
$I, \text{А}$					

4) По результатам измерений, построить график зависимости силы тока  $I$  (ось ординат) от напряжения  $U$  (ось абсцисс):  $I = f(U)$ .

5) Сформулируйте выводы.

### **Эксперимент 2 – Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи**

1) Собрать цепь (рис.5), включив в нее резистор, сопротивлением  $1\text{ Ом}$ .

2) При помощи реостата установить на концах участка напряжение  $2\text{ В}$ .

3) Измерить силу тока в цепи.

4) Повторить опыт для резисторов с сопротивлениями от  $2\text{ Ом}$  и  $5\text{ Ом}$ , каждый раз устанавливая при помощи реостата напряжение  $2\text{ В}$ .

5) Результаты измерений занести в таблицу 2. Напряжение не меняется  $U = 2\text{ В}$ .

**таблица 2 – Результаты измерений**

$R, \text{Ом}$	1	2	3	4	5
$I, \text{А}$					

6) По результатам измерений, построить график зависимости силы тока  $I$  (ось ординат) от сопротивления  $R$  (ось абсцисс):  $I = f(R)$ .

7) Сформулируйте выводы.

### **Контрольные вопросы:**

1) Что называют электрическим током?

2) Что называют носителями электрического тока? Что является носителями тока в металлах, газах, электролитах, полупроводниках, вакууме?

3) Дайте определение величины силы тока.

4) Каким прибором измеряют величину силы тока? напряжения?

5) Как надо включать в цепь амперметр и вольтметр? Обоснуйте ответ.

6) Что называют сопротивлением? резистором? реостатом?

7) Выведите формулу для сопротивления последовательно соединенных резисторов; параллельно соединенных резисторов.

8) Сформулируйте и запишите закон Ома для участка цепи.

9) Как зависит сила тока от напряжения и сопротивления на участке цепи? Поясните графически данные зависимости.

10) От чего зависит сопротивление проводников, запишите формулу.

## Лабораторная работа № 9

### «Измерение ЭДС источника тока и внешней нагрузки замкнутой цепи»

#### Цель работы:

- знакомство с компьютерным моделированием цепей постоянного тока;
- экспериментальное подтверждение закона Ома для неоднородного участка цепи.

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

#### По окончании выполнения лабораторной работы студент должен

- **знать:** понятия работа тока, мощность тока, внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока; элементы электрической цепи; законы Джоуля-Ленца и Ома для полной цепи;
- **уметь:** собирать электрическую цепь; рассчитывать ЭДС источника тока и внешнюю нагрузку для полной цепи.

#### Краткая теория:

В любой электрической цепи энергия источника тока превращается в потребителях в иные виды энергии и при этом электрический *ток совершает* ту или иную *работу*. Если известна разность потенциалов  $\varphi_1 - \varphi_2$  на концах участка цепи и величина прошедшего по этому участку заряда  $q$ , то работу тока на этом участке можно определить по формуле:

$$A = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2), \quad (1)$$

где по определению силы тока величина заряда:  $q = I \cdot t$ .

Если данный участок цепи однородный, т.е. не содержит ЭДС, то разность потенциалов на его концах равна напряжению  $U$  на нем:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (2)$$

Тогда *работа тока* на данном участке цепи будет равна произведению напряжения на этом участке, силы тока в нем и времени прохождения тока:

$$A = I \cdot U \cdot t. \quad (3)$$

Для замкнутой цепи, содержащей ЭДС, работа тока во всей цепи будет:

$$A = I \cdot \varepsilon \cdot t. \quad (4)$$

Быстрота совершения током работы на данном участке цепи характеризуется *мощностью тока*:

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U, \quad (5)$$

т.е. мощность тока на некотором участке цепи равна произведению напряжения на этом участке и силы тока в нем.

Если на участке цепи под действием электрического поля не совершается механическая работа и не происходят химические превращения веществ, то работа электрического поля приводит только к нагреванию проводника. При этом работа электрического тока равна количеству теплоты, выделяемому проводником с током:

$$A = Q. \quad (6)$$

Закон Джоуля-Ленца (1841г., Д.П.Джоуль и Э.Х. Ленц):

*количество теплоты, выделившейся в проводнике при прохождении по нему электрического тока, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока:*

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t. \quad (7)$$

*Внутреннее сопротивление источника тока.* В электрической цепи, состоящей из источника тока и проводников с электрическим сопротивлением  $R$ , электрический ток совершает работу не только на внешнем, но и на внутреннем участке цепи. Например, при подключении лампы накаливания к гальванической батарее карманного фонаря электрическим током нагреваются не только спираль лампы и подводящие провода, но и сама батарея. Электрическое сопротивление источника тока называется *внутренним сопротивлением*. В электромагнитном генераторе внутренним сопротивлением является электрическое сопротивление провода обмотки генератора. На внутреннем участке электрической цепи выделяется количество теплоты, равное:

$$Q_{\text{вн.ист.}} = I^2 \cdot r \cdot t, \quad (8)$$

где  $r$  - внутреннее сопротивление источника тока.

Полное количество теплоты, выделяющееся при протекании постоянного тока в замкнутой цепи, внешний и внутренний участки которой имеют сопротивления, соответственно равные  $R$  и  $r$ , равно:

$$Q_{\text{полн}} = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t = I^2 \cdot t \cdot (R + r). \quad (9)$$

*Электродвижущая сила.* Полная работа сил электростатического поля при движении зарядов по замкнутой цепи постоянного тока равна нулю. Следовательно, вся работа электрического тока в замкнутой электрической цепи оказывается совершенной за счет действия *сторонних сил*, вызывающих разделение зарядов внутри источника и поддерживающих постоянное напряжение на выходе источника тока.

Отношение работы сторонних сил  $A_{\text{ст.с.}}$  по перемещению заряда  $q$  вдоль цепи, к значению этого заряда называется *электродвижущей силой источника* (ЭДС):

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст.с.}}}{q}. \quad (10)$$

ЭДС выражается в тех же единицах, что и напряжение или разность потенциалов, т.е. в *вольтах* ( $B$ ).

Если в результате прохождения постоянного тока в замкнутой электрической цепи происходит только нагревание проводников, то по закону сохранения энергии, полная работа электрического тока в замкнутой цепи, равная работе сторонних сил источника тока:

$$A = A_{ст.с.} = Q_{полн.} \cdot \quad (11)$$

Из выражений (9) и (10) следует

$$\varepsilon \cdot q = I^2 \cdot t \cdot (R + r), \quad (12)$$

т.к.  $q = I \cdot t$ , то:

$$\varepsilon = I \cdot (R + r), \quad (13)$$

или

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (14)$$

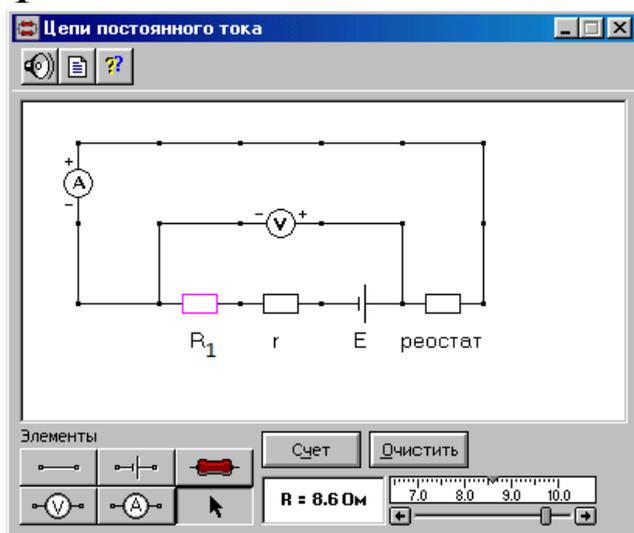
Выражение (14) и есть закон Ома для полной (замкнутой) цепи:

*сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна ЭДС  $\varepsilon$  источника тока и обратно пропорциональна сумме электрических сопротивлений внешнего  $R$  и внутреннего  $r$  участков цепи.*

### Ход работы:

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Электричество и магнетизм» и «Цепи постоянного тока».

### Эксперимент 1

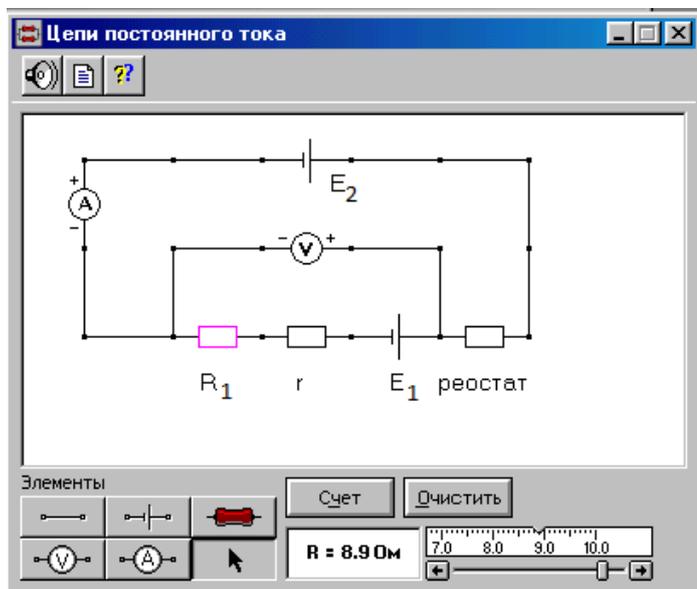


Соберите на экране опыта замкнутую цепь, показанную на рисунке. Щелкайте левой кнопкой мыши в необходимых местах рабочей зоны и сформируйте замкнутую цепь, показанную на рисунке.

Установите значения  $R_1$ ,  $r$ ,  $\varepsilon_1$ , которые указаны в таблице 1 для вашей бригады.

Установите сопротивление реостата  $R=1 \text{ Ом}$ . Измерьте значения тока и разности потенциалов (щелкнув мышью по кнопке «Счет») и запишите их в таблицу 2. Увеличивая сопротивление реостата  $R$  каждый раз на  $1 \text{ Ом}$ , повторите измерения силы тока и разности потенциалов и заполните таблицу 2.

### Эксперимент 2



Включите в схему второй источник питания. Установите значение ЭДС  $\varepsilon_2$ , а также  $R_1$ ,  $r$ ,  $\varepsilon_1$ , соответствующее номеру вашей бригады. Проведите на второй схеме все измерения, аналогичные эксперименту 1. Результаты измерений запишите в таблицу 3.

**таблица 1 – Исходные параметры опыта**

№ БР	1	2	3	4	5	6	7	8
$\varepsilon_1, \text{В}$	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
$r, \text{Ом}$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
$R_1, \text{Ом}$	8,0	7,5	7,0	6,5	8,5	9,0	9,5	10,0
$\varepsilon_2, \text{В}$	-2,5	-3,5	-4,0	-3,5	-3,0	-4,5	-5,0	-5,5

**таблица 2 – Результаты измерений**

$$\varepsilon_1 = \_ \text{ В}, \quad r = \_ \text{ Ом}; \quad R_1 = \_ \text{ Ом}$$

$R, \text{ Ом}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, \text{ В}$										
$I, \text{ А}$										

**таблица 3 – Результаты измерений**

$$\varepsilon_1 = \_ \text{ В}; \quad \varepsilon_2 = \_ \text{ В}; \quad r = \_ \text{ Ом}; \quad R_1 = \_ \text{ Ом}$$

$R, \text{ Ом}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, \text{ В}$										
$I, \text{ А}$										

### Обработка результатов и оформление отчета:

1) Вычислите значения ЭДС первого источника  $\varepsilon_1$  для каждого сопротивления, используя формулы:

- для эксперимента 1 (таблица 2):

$$\varepsilon_1 = I \cdot (R_1 + R + r), \quad (1)$$

- для эксперимента 2 (таблица 3):

$$\varepsilon_1 = I \cdot (R_1 + R + r) - |\varepsilon_2|. \quad (2)$$

2) Вычислите среднее значение  $\varepsilon_1$  для каждого эксперимента, сравните его с его установочным значением ЭДС, оцените погрешность измерения. Запишите результаты в таблицу 4.

3) Вычислите значения полного сопротивления для каждого эксперимента, используя формулу:

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{\text{кон}} - U_{\text{нач}}}{I_{\text{кон}} - I_{\text{нач}}}. \quad (3)$$

4) Сравните вычисленное значение полного сопротивления с его установочным значением ( $R_{\text{устан}} = R_1 + r$ ), оцените погрешность измерений. Запишите результаты в таблицу 4.

**таблица 4 – Результаты вычислений**

	Эксперимент 1	Эксперимент 2
$(\varepsilon_1)_{\text{устан}}, В$		
$\varepsilon_{1\text{ср}}, В$		
$\Delta\varepsilon_1, В$		
$(R)_{\text{устан}}, Ом$		
$R, Ом$		
$\Delta R, Ом$		

5) Сформулируйте выводы.

### Контрольные вопросы:

1) Что называют работой тока, мощностью тока? Какова единица измерения этих величин в системе СИ?

2) Сформулируйте и запишите закон Джоуля-Ленца.

3) Что называют внутренним сопротивлением источника тока?

4) Что называют электродвижущей силой источника тока? Какова ее единица измерения в системе СИ?

5) Выведите и сформулируйте закон Ома для полной (замкнутой) цепи.

## Лабораторная работа № 10 «Изучение явления электромагнитной индукции»

### Цель работы:

- знакомство с моделированием явления электромагнитной индукции (ЭМИ);
- экспериментальное подтверждение закономерностей ЭМИ.

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

### *По окончании выполнения лабораторной работы студент должен*

- **знать:** понятия работа тока, мощность тока, внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока; элементы электрической цепи; законы Джоуля-Ленца и Ома для полной цепи;
- **уметь:** собирать электрическую цепь; рассчитывать ЭДС источника тока и внешнюю нагрузку для полной цепи.

### Краткая теория:

*Индукцией* называется явление возникновения одного поля (например, электрического) при изменении другого поля (например, магнитного).

*Явление электромагнитной индукции* – это явление возникновения индукционного тока (ЭДС индукции) в замкнутом контуре при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего контур проводника.

Магнитным потоком называется физическая скалярная величина, определяемая произведением магнитной индукции на площадь контура:

$$\Phi = B \cdot S. \quad (1)$$

Единицей магнитного потока в СИ является *вебер* (Вб):

$$1\text{Вб} = 1\text{Тл} \cdot \text{м}^2.$$

*Физический смысл магнитного потока:*

магнитный поток через некоторую площадку равен количеству магнитных линий, пересекающих эту площадку.

### Закон Фарадея (закон электромагнитной индукции):

*ЭДС электромагнитной индукции, возникающая в контуре при всяком изменении магнитного поля пропорциональна скорости изменения магнитного потока через площадь, ограниченную контуром:*

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

Знак минус в законе Фарадея соответствует правилу Ленца:

*индукционный ток в контуре имеет всегда такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызывающему этот индукционный ток.*

Если имеется замкнутый контур с переменным током, тогда магнитное поле с изменяющимся потоком создается собственным током в этом контуре, и в соответствии с законом ЭМИ в контуре возникает дополнительная ЭДС, называемая ЭДС самоиндукции. *Явлением самоиндукции* называется возникновение ЭДС индукции и индукционного тока в контуре вследствие изменения тока, текущего в этом контуре.

Закон самоиндукции:

*ЭДС самоиндукции, возникающая в контуре при изменении тока в нем, прямо пропорциональна скорости изменений силы тока в контуре, взятой со знаком «минус»:*

$$\varepsilon_{с.и.} = -L \frac{dI}{dt}, \quad (3)$$

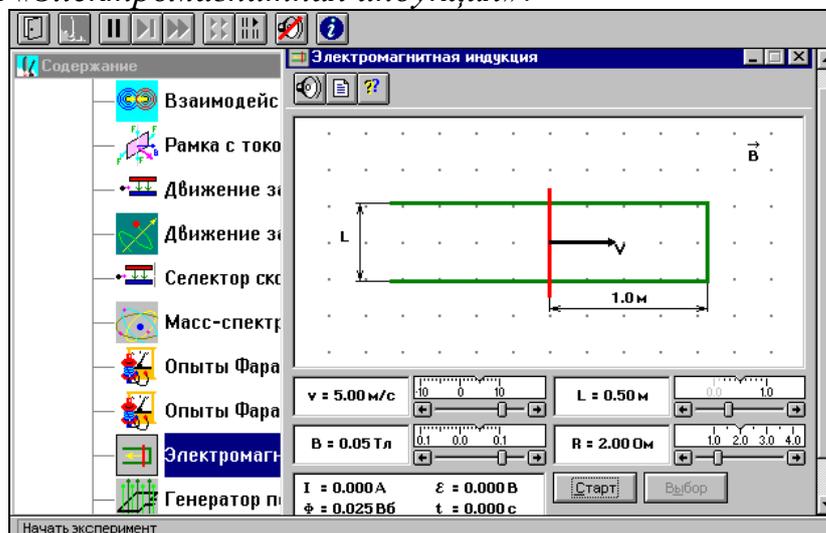
где  $L$  – индуктивность проводника. Знак минус соответствует также *правилу Ленца*.

Явление самоиндукции аналогично явлению инерции в механике: вследствие инерции скорость тел не может меняться мгновенно, так и вследствие самоиндукции сила тока в произвольном контуре не может мгновенно измениться, на это всегда нужно некоторое время. Мерой инертных свойств тел в механике является их масса, мерой же инертных свойств контура является его индуктивность.

Открытие явлений электромагнитной индукции и самоиндукции сыграло огромную роль в развитии теории электромагнетизма и в практической деятельности человечества. Благодаря этим открытиям люди создали дешевые источники электроэнергии – электромагнитные источники постоянного и переменного тока. Явление электромагнитной индукции лежит в основе действия разнообразных генераторов тока, трансформаторов, передающих и приемных станций радио и телевидения и т.д.

**Ход работы:**

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Электричество и магнетизм» и «Электромагнитная индукция».



Запустите эксперимент, щелкнув мышью по кнопке «Старт». Наблюдайте движение перемычки и изменение магнитного потока  $\Phi$  (цифры внизу окна).

Зацепив мышью, перемещайте движки регуляторов:  $L$  – расстояния между проводами;  $R$  – сопротивления перемычки;  $B_1$  – величины индукции магнитного поля и зафиксируйте значения, указанные в таблице 1.

Установив указанное в таблице 2 значение скорости движения перемычки, нажмите левую кнопку мыши, когда ее маркер размещен над кнопкой «Старт». Значения тока индукции занесите в таблицу 2. Повторите измерения для других значений скорости из таблицы 2.

Повторите измерения для двух других значений индукции магнитного поля, выбирая их из таблицы 1. Полученные результаты запишите также в таблицу 2.

**таблица 1 – Исходные параметры опыта**

№ БР	$R, \text{ Ом}$	$B_1, \text{ Тл}$	$B_2, \text{ Тл}$	$B_3, \text{ Тл}$
<b>1 и 5</b>	1	-0,03	0,04	0,09
<b>2 и 6</b>	2	-0,04	0,02	0,08
<b>3 и 7</b>	1	-0,05	0,01	0,07
<b>4 и 8</b>	2	0,06	-0,02	0,1
$L = 1 \text{ м}$ для № БР 1-4; $L = 0,7 \text{ м}$ для № БР 5-8				

**таблицы 2 – Результаты измерений и вычислений**

	$R = \text{ Ом}; L = \text{ м}$				
$v, \text{ м/с}$	2	4	6	8	10
$B_1 = \text{__ Тл}$					
$I, \text{ мА}$					
$\text{tg}\varphi_{\text{ТЕОР}}, \frac{A \cdot c}{m}$					
$\text{tg}\varphi_{\text{ЭКСП}}, \frac{A \cdot c}{m}$					
$\Delta, \frac{A \cdot c}{m}$					
$B_2 = \text{__ Тл}$					
$I, \text{ мА}$					
$\text{tg}\varphi_{\text{ТЕОР}}, \frac{A \cdot c}{m}$					
$\text{tg}\varphi_{\text{ЭКСП}}, \frac{A \cdot c}{m}$					
$\Delta, \frac{A \cdot c}{m}$					
$B_3 = \text{__ Тл}$					
$I, \text{ мА}$					

$tg\varphi_{ТЕОР}, \frac{A \cdot c}{M}$					
$tg\varphi_{ЭКСП}, \frac{A \cdot c}{M}$					
$\Delta, \frac{A \cdot c}{M}$					

### Обработка результатов и оформление отчета:

1) Постройте на одном листе графики зависимости тока индукции  $I$  (ось ординат) от скорости  $v$  (ось абсцисс) движения перемычки при трех значениях индукции магнитного поля:  $I = f(v)$ . Проанализируйте графики.

2) Для каждой прямой определите тангенс угла наклона по формуле

$$tg\varphi_{ЭКСП} = \frac{\Delta I}{\Delta v} = \frac{I_{КОН} - I_{НАЧ}}{v_{КОН} - v_{НАЧ}}. \quad (4)$$

3) Вычислите теоретическое значение тангенса для каждой прямой по формуле

$$tg\varphi_{ТЕОР} = \frac{B \cdot L}{R}. \quad (5)$$

4) Посчитайте погрешность вычислений. Результаты запишите в таблицу 2.

5) Сформулируйте выводы.

### Контрольные вопросы:

1) Что называют индукцией? Какое явление называют электромагнитной индукцией?

2) Сформулируйте и запишите закон электромагнитной индукции (закон Фарадея).

3) Что такое магнитный поток, в чем его физический смысл? Какова единица измерения магнитного потока в системе СИ?

4) Какому правилу подчиняется знак минус в законе Фарадея? Сформулируйте правило Ленца, поясните его на примере.

5) При каких условиях возникает ЭДС самоиндукции? Сформулируйте определение явления самоиндукции.

6) Где применяют явление электромагнитной индукции?

7) Сформулируйте и запишите закон самоиндукции.

8) Как изменяется со временем магнитный поток в данной работе?

9) Какова зависимость магнитного потока от времени в данной работе?

10) Как направлен вектор магнитной индукции в данной работе?

## Лабораторная работа № 11

### «Исследование зависимости силы тока от емкости конденсатора в цепи переменного тока»

#### Цель работы:

- исследование зависимости амплитуды переменного тока от частоты;
- определение резонансной частоты колебательного контура;
- определение значения емкости конденсатора.

**Оборудование:** генератор переменного тока низкой частоты, сопротивление, конденсатор, катушка, микроультиметры, соединительные провода.

#### По окончании выполнения лабораторной работы студент должен

- **знать:** понятия переменный ток, активное и реактивное сопротивления, полное сопротивление, резонанс; зависимости колебаний напряжения  $U_R, U_C, U_L$  от колебаний тока  $I$ ; закон Ома для переменного тока;
- **уметь:** собирать электрическую цепь; определять емкость конденсатора; строить и анализировать графики зависимости силы тока от емкости конденсатора в цепи.

#### Краткая теория:

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных резистора, катушки индуктивности и конденсатора, подключенных к генератору переменного напряжения (рис.6)

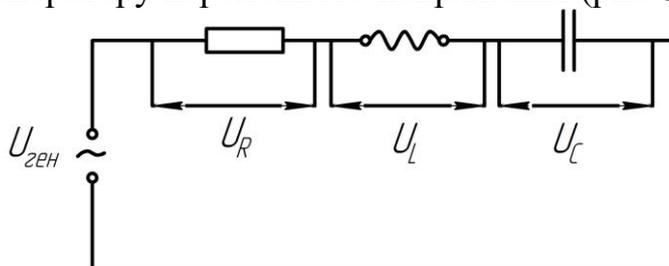


Рисунок 6 – Колебательный контур

#### Закон Ома для переменного тока:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}, \quad (1)$$

где

$R$  – активное сопротивление;

$X_L = \omega \cdot L$  – индуктивное (реактивное) сопротивление;

$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$  – емкостное (реактивное) сопротивление;

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$  – полное сопротивление цепи (импеданс).

При этом следует заметить, что:

- колебания напряжения на сопротивлении ( $U_R = U_{0R} \cdot \sin \omega t$ , где  $U_{0R} = I_0 \cdot R$  – амплитуда колебаний напряжения на резисторе) и колебания тока ( $I = I_0 \cdot \sin \omega t$ , где  $I_0$  – амплитуда колебаний силы тока) происходят синфазно, т.е. совпадают по направлению;

- колебания напряжения на конденсаторе ( $U_C = U_{0C} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ , где  $U_{0C} = I_0 \cdot \frac{1}{\omega \cdot C} = I_0 \cdot X_C$  – амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе) отстают по фазе на  $\frac{\pi}{2}$  от колебаний тока ( $I = I_0 \cdot \sin \omega t$ ).

- колебания напряжения на катушке ( $U_L = U_{0L} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ , где  $U_{0L} = I_0 \cdot \omega \cdot L = I_0 \cdot X_L$  – амплитуда колебаний напряжения на катушке) опережают по фазе на  $\frac{\pi}{2}$  колебания силы тока ( $I = I_0 \cdot \sin \omega t$ ).

Таким образом, полное сопротивление переменного тока зависит не только от параметров элементов цепи  $R, L, C$ , но и от частоты переменного напряжения  $\omega = 2\pi \cdot \nu$ . На низких частотах  $X_C$  велико, а  $X_L$  мало. При некотором значении частоты  $\omega_p$  разность реактивных сопротивлений  $X_C - X_L = 0 \Rightarrow X_C = X_L$ , импеданс цепи принимает *минимальное* значение ( $Z = R$ ), амплитуда колебаний силы тока становится *максимальной*. При дальнейшем увеличении частоты напряжения растет индуктивное сопротивление  $X_L$ , амплитуда колебаний силы тока уменьшается (рис.7).

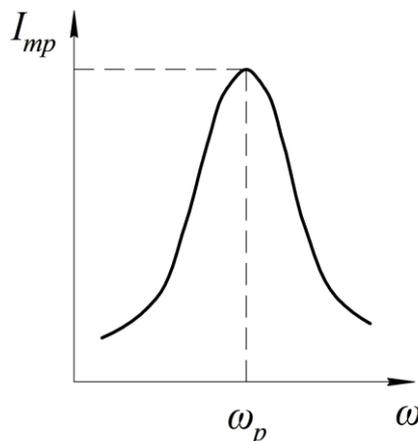


Рисунок 7 – График зависимости силы тока от частоты вынуждающей ЭДС

Явление возрастания амплитуды силы тока при некотором значении частоты вынуждающей ЭДС называют *резонансом* в цепи переменного тока, а циклическую частоту вынужденных колебаний, при которой наблюдается это явление – *резонансной частотой*.

### Ход работы:

Рабочая лабораторная установка схематически представлена на рисунке 8. Основой установки служит лабораторный модуль, внутри которого смонтированы провода. Узловые точки схемы выведены на панель в виде контактных гнезд, к которым присоединены элементы схемы: генератор переменного тока низкой частоты, сопротивление  $R$ , катушка индуктивности  $L$  и конденсатор  $C$ . Для измерения силы тока и напряжения используются микромультиметры.

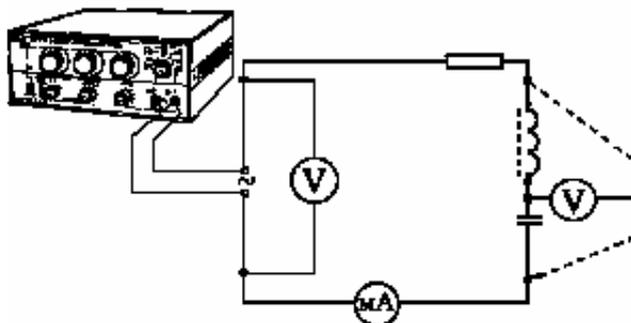


Рисунок 8 – Схема лабораторной установки

- 1) Заполните таблицу сертификации измерительных приборов (таблица 1).

**таблица 1 – Сертификация измерительных приборов**

№ п/п	Наименование прибора	Измеряемая величина	Предел измерений	Цена деления	Погрешность средства измерений
1.	мультиметр	напряжение генератора	20 В	0,01 В	1,0%
2.	мультиметр	напряжение	20 В	0,01 В	1,0%
3.	мультиметр	сила тока	200 мА	0,1 мА	1,0%
4.	генератор низкой частоты	частота переменного тока	10 кГц	10 Гц	1 Гц

2) Соберите схему установки, вставьте в соответствующие гнезда элемент «Конденсатор известной емкости».

3) Установите пределы измерительных приборов согласно данным спецификации.

4) Перед включением источника питания установите нулевое выходное напряжение.

5) Включите источник питания и установите выходное напряжение генератора, значение которого указано на установке. *Поддерживайте это напряжение постоянным в течение всего эксперимента.*

6) Установите частоту генератора  $1000 \text{ Гц}$ .

7) Измерьте значения силы тока, напряжения на катушке и напряжения на конденсаторе, переключая один из контактов микромультиметра  $V2$ . Запишите результаты в первую строку таблицы 2.

8) Изменяя частоту генератора в интервале от  $1000 \text{ Гц}$  до  $3000 \text{ Гц}$  с шагом  $100 \text{ Гц}$ , записывайте в таблицу 2 значения силы тока, и напряжений, соответствующие каждому значению частоты.

9) Замените элемент «Конденсатор известной емкости» на элемент «Конденсатор неизвестной емкости» и повторите выполнение пунктов 6-8. Заполните таблицу 3.

**таблица 2 – Результаты измерений**

**известная емкость конденсатора  $C = \underline{\hspace{2cm}}$ , мкФ**

№ п/п	$\nu, \text{Гц}$	$I, \text{мА}$	$U_L, \text{В}$	$U_C, \text{В}$
1				
2				
3				
...				
...				
20				

**таблица 3 – Результаты измерений**

**неизвестная емкость конденсатора**

№ п/п	$\nu, \text{Гц}$	$I, \text{мА}$	$U_L, \text{В}$	$U_C, \text{В}$
1				
2				
3				
...				
...				
20				

**Обработка результатов и оформление отчета:**

1) Постройте графики зависимости силы тока  $I$  (ось ординат) от частоты  $\omega$  (ось абсцисс) для обеих емкостей:  $I = f(\omega)$ . Сделайте вывод о наличии явления резонанса.

2) Определите по графикам резонансные частоты.

3) Определите значение неизвестной емкости, сопоставив значения резонансных частот по формуле:

$$\frac{\omega_{P2}^2}{\omega_{P1}^2} = \frac{2\pi \cdot \nu \cdot L \cdot C_2}{2\pi \cdot \nu \cdot L \cdot C_1} = \frac{C_2}{C_1} \Rightarrow C_2 = C_1 \cdot \frac{\omega_{P2}^2}{\omega_{P1}^2}. \quad (2)$$

4) Сформулируйте выводы.

### **Контрольные вопросы:**

- 1) Что такое колебательный контур?
- 2) Что называют переменным током?
- 3) Запишите закон Ома для переменного тока и поясните все физические величины, входящие в него.
- 4) Опережают или отстают колебания напряжения на емкости от колебаний тока? Почему?
- 5) Опережают или отстают колебания напряжения на индуктивности от колебаний тока? Почему?
- 6) Чему равно полное сопротивление контура? Как его называют по-другому?
- 7) Чему равны реактивные сопротивления катушки и конденсатора?
- 8) Чему равны амплитуды напряжения на сопротивлении, емкости и индуктивности?
- 9) Что называют резонансом? резонансной частотой?

## **Лабораторная работа № 12** **«Измерение индуктивности катушки»**

### **Цель работы:**

- знакомство с компьютерным моделированием процессов в колебательном  $RLC$ -контуре;
- экспериментальное подтверждение закономерностей при вынужденных колебаниях в  $RLC$ -контуре.

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

### ***По окончании выполнения лабораторной работы студент должен***

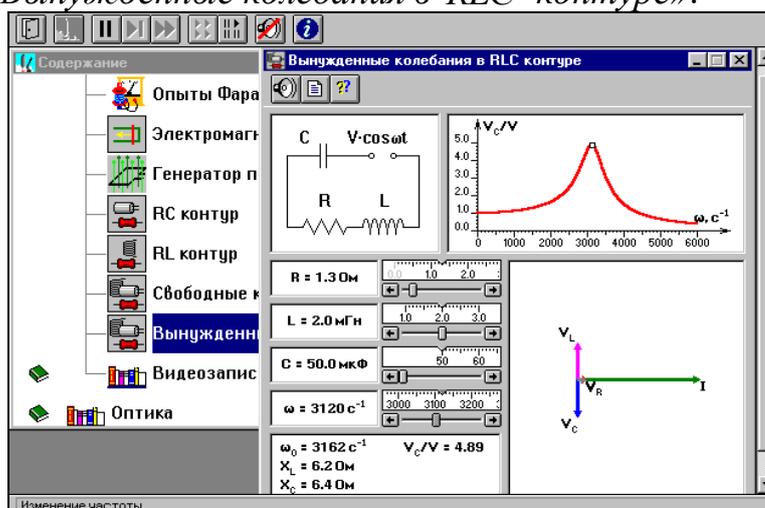
- **знать:** понятия переменный ток, активное и реактивное сопротивления, полное сопротивление, резонанс; зависимости колебаний напряжения  $U_R, U_C, U_L$  от колебаний тока  $I$ ; закон Ома для переменного тока;
- **уметь:** собирать электрическую цепь; определять индуктивность катушки; строить и анализировать графики зависимости резонансной частоты от корня из обратной емкости.

**Краткая теория:** (повторите теорию к ЛР №11, а также по конспектам лекций).

Если в колебательный контур включить источник сторонних сил, то возникают вынужденные колебания. *Вынужденными колебаниями* называются процессы, происходящие в контуре, содержащем конденсатор, катушку индуктивности, резистор и источник с переменной ЭДС, включенные последовательно и образующие замкнутую электрическую цепь.

### Ход работы:

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Электричество и магнетизм» и «Вынужденные колебания в RLC-контуре».



Изменяйте величину емкости конденсатора и наблюдайте изменение резонансной кривой. Зацепив мышью, перемещайте движки регуляторов:  $R$  – сопротивления резистора;  $L$  – индуктивности катушки и зафиксируйте значения, указанные в таблице 1 для вашей бригады.

Установите указанное в таблице 2 значение емкости конденсатора.

Изменяя величину частоты ЭДС, следите за перемещением отметки на резонансной кривой и числовым значением добротности ( $\frac{U_{0C}}{\varepsilon_0}$ ). Добейтесь

максимального значения добротности и соответствующие значения частоты источника ЭДС  $\omega_{PE3}$  и собственной частоты контура  $\omega_0$  занесите в таблицу 2.

Повторите измерения для других значений емкости конденсатора из таблицы 2. Повторите измерения для двух других значений индуктивности катушки, выбирая их из таблицы 1. Полученные результаты запишите также в таблицу 2.

**таблица 1 – Исходные параметры опыта**

№ БР	$R, \text{ Ом}$	$L_1, \text{ мГн}$	$L_2, \text{ мГн}$	$L_3, \text{ мГн}$
1 и 5	1 или 2	1,0	1,7	2,4
2 и 6	2 или 1	1,2	1,9	2,6
3 и 7	1 или 2	1,4	2,1	2,8
4 и 8	2 или 1	1,6	2,3	3,0

**таблицы 2 – Результаты измерений и вычислений**

$R =$ <u>    </u> Ом						
$C, \text{ мкФ}$	50	60	70	80	90	100
$\frac{1}{\sqrt{C}}, \Phi^{-1/2}$						
$L_1 =$ <u>    </u> мГн						
$\omega_{PE3}, \text{ c}^{-1}$						

$\omega_0, c^{-1}$						
$A_{ТЕОР}, \Gamma H^{1/2}$						
$A_{ЭКСП}, \Gamma H^{1/2}$						
$\Delta, \Gamma H^{1/2}$						
$L_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мГн}$						
$\omega_{РЕЗ}, c^{-1}$						
$\omega_0, c^{-1}$						
$A_{ТЕОР}, \Gamma H^{1/2}$						
$A_{ЭКСП}, \Gamma H^{1/2}$						
$\Delta, \Gamma H^{1/2}$						
$L_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мГн}$						
$\omega_{РЕЗ}, c^{-1}$						
$\omega_0, c^{-1}$						
$A_{ТЕОР}, \Gamma H^{1/2}$						
$A_{ЭКСП}, \Gamma H^{1/2}$						
$\Delta, \Gamma H^{1/2}$						

### Обработка результатов и оформление отчета:

1) Постройте на одном листе графики зависимости резонансной частоты  $\omega_{РЕЗ}$  (ось ординат) от корня из обратной емкости  $\frac{1}{\sqrt{C}}$  (ось абсцисс) при трех значениях индуктивности:  $\omega_{РЕЗ} = f\left(\frac{1}{\sqrt{C}}\right)$ . Проанализируйте графики.

2) Для каждой прямой определите котангенс угла наклона по формуле

$$Ctg\varphi \equiv A_{ЭКСП} = \frac{\Delta\left(\frac{1}{\sqrt{C}}\right)}{\Delta\omega_{РЕЗ}} = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{C}}\right)_{КОН} - \left(\frac{1}{\sqrt{C}}\right)_{НАЧ}}{(\omega_{РЕЗ})_{КОН} - (\omega_{РЕЗ})_{НАЧ}}. \quad (1)$$

3) Вычислите теоретическое значение константы  $A_{ТЕОР}$  для каждой прямой по формуле

$$A_{ТЕОР} = \sqrt{L}. \quad (2)$$

4) Оцените погрешность вычислений, результаты пункта 2 и 3 запишите в таблицу 2.

5) Сформулируйте выводы.

**Контрольные вопросы:** (ответьте также на контрольные вопросы ЛР №11)

- 1) Дайте определение вынужденным колебаниям.
- 2) Когда возникают вынужденные гармонические колебания?

## Лабораторная работа № 13 «Изучение интерференции и дифракции света»

### Цель работы:

- знакомство с моделированием процесса сложения когерентных электромагнитных волн;
- экспериментальное исследование закономерностей взаимодействия световых волн от двух источников (щелей);
- экспериментальное определение произведения ( $\lambda \cdot L$ ).

**Оборудование:** компьютерный класс, программный продукт «Открытая физика».

### *По окончании выполнения лабораторной работы студент должен*

- **знать:** понятия интерференция света, дифракция света; физический смысл принципа Гюйгенса-Френеля;
- **уметь:** определять интерференцию и дифракцию света.

### Краткая теория:

*Интерференцией света* называют явление наложения световых волн друг на друга, в результате чего происходит *усиление* или *ослабление* света.

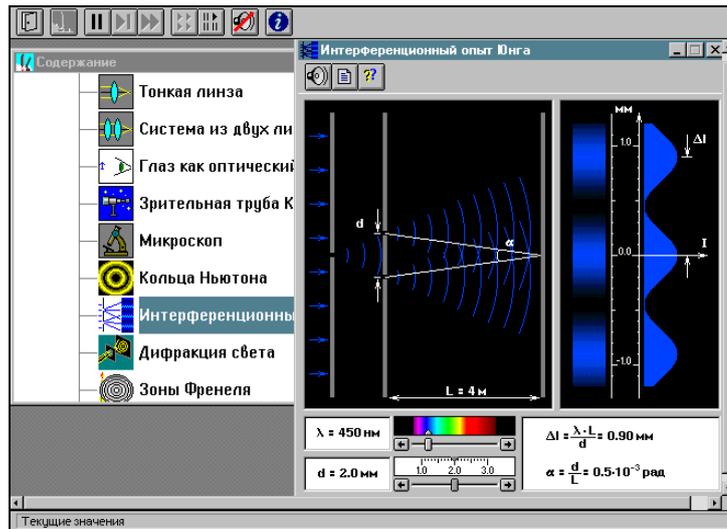
Интерференция света будет наблюдаться, если волны *монохроматичны* (имеют определенную и постоянную частоту) и *когерентны* (с одинаковой частотой и постоянной во времени разностью фаз).

*Дифракцией* называется совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде с резкими неоднородностями и связанных с отклонениями от законов геометрической оптики. Дифракция, в частности, приводит к огибанию световыми волнами препятствий и проникновению света в область геометрической тени. Огибание препятствий звуковыми волнами (т.е. дифракция звуковых волн) наблюдается постоянно в обыденной жизни. Для наблюдения дифракции световых волн необходимо создание специальных условий. Это обусловлено тем, что масштабы дифракции сильно зависят от соотношения размеров препятствия и длины волны. При длине волны, сравнимой с размерами препятствия (что обычно имеет место для звуковых волн), дифракция выражена очень сильно. В случае, если, как это имеет место для света, длина волны значительно меньше размеров препятствия, дифракция выражена слабо и обнаруживается с трудом.

Явление дифракции волн может быть объяснено с помощью принципа *Гюйгенса*. Однако принцип Гюйгенса не дает никаких указаний об амплитуде, а, следовательно, и об интенсивности волн, распространяющихся в различных направлениях. Этот недостаток был устранен *Френелем*, который дополнил принцип Гюйгенса представлением об *интерференции вторичных волн*. Учет амплитуд и фаз вторичных волн позволяет найти амплитуду результирующей волны в любой точке пространства.

### Ход работы:

Запустите программу «Открытая физика». Выберите «Оптика» и «Интерференционный опыт Юнга».



Подведите маркер мыши к движку регулятора вблизи картинке спектра, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, двигайте движок, установив числовое значение длины волны  $\lambda_1$ , взятое из таблицы 1 для вашей бригады. Аналогичным образом, зацепив мышью, движок регулятора расстояния между щелями, установите минимальное значение  $d = 1 \text{ мм}$ .

Измерьте, используя шкалу на экране, расстояние  $X_{MAX}$  между нулевым и первым максимумами и запишите в таблицу 2.

Увеличивая расстояние  $d$  каждый раз на  $0,3 \text{ мм}$ , измерьте еще 6 значений расстояния  $X_{MAX}$ .

Устанавливая новые числовые значения длины волны  $\lambda$ , из таблицы 1 для вашей бригады, повторите измерения, записывая результаты в последующие строки таблицы 2.

**таблица 1 – Исходные параметры опыта**

№ БР	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda_1, \text{ нм}$	400	405	410	415	420	425	430	435
$\lambda_2, \text{ нм}$	500	505	510	515	520	525	530	535

**таблицы 2 – Результаты измерений и вычислений**

								$L = 4 \text{ м}$
$d, \text{ мм}$	1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	$\lambda, \text{ нм}$ (по значениям бригады)
$\frac{1}{d} \cdot 10^3, \text{ м}^{-1}$								
$X_{MAX1}, \text{ мм}$								
$X_{MAX2}, \text{ мм}$								

### Обработка результатов и оформление отчета:

1) Рассчитайте и внесите в таблицу 2 значения обратного расстояния между щелями  $\frac{1}{d}$ .

2) Постройте на одном рисунке графики экспериментальных зависимостей смещения первого максимума  $X_{MAX}$  (ось ординат) от обратного расстояния между щелями  $\frac{1}{d}$  (ось абсцисс) (указав на них длину волны  $\lambda$ ):

$$X_{MAX} = f\left(\frac{1}{d}\right). \text{ Проанализируйте графики.}$$

3) Для каждой линии определите по графику экспериментальное значение произведения  $(\lambda \cdot L)$ , используя формулу

$$(\lambda \cdot L)_{ЭКСП} = \frac{\Delta(X_{MAX})}{\Delta\left(\frac{1}{d}\right)} = \frac{(X_{MAX})_{КОН} - (X_{MAX})_{НАЧ}}{\left(\frac{1}{d}\right)_{КОН} - \left(\frac{1}{d}\right)_{НАЧ}}. \quad (1)$$

4) Рассчитайте среднее значение экспериментально полученного произведения  $(\lambda \cdot L)$ , абсолютную ошибку измерений данного произведения. Сравните с теоретическим значением произведения  $(\lambda \cdot L)_{ТЕОР}$ . Результаты запишите в таблицу 3.

**таблица 3 – Результаты вычислений**

$\lambda, \text{ нм}$				
$(\lambda \cdot L)_{ТЕОР}, \text{ мм}^2$				
$(\lambda \cdot L)_{СР.ТЕОР}, \text{ мм}^2$				
$(\lambda \cdot L)_{ЭКСП}, \text{ мм}^2$				
$(\lambda \cdot L)_{СР.ЭКСП}, \text{ мм}^2$				
$\Delta, \text{ мм}^2$				
$\Delta_{СР}, \text{ мм}^2$				

5) Сформулируйте выводы.

### Контрольные вопросы:

- 1) Что называют интерференцией света?
- 2) При каких условиях можно наблюдать интерференцию света?
- 3) Что такое дифракция света?
- 4) В чем заключается принцип Гюйгенса? В чем заключается недостаток этого принципа?
- 5) Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.

## Перечень рекомендуемой литературы

1. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля. Сборник задач: уч. для студ. СПО. – 5-е изд., стер. – М: Академия, 2014. – 256 с.
2. Дмитриева В.Ф. Физика: уч. для студ. СПО. – 15-е изд., стер. – М: Академия, 2011. – 464 с.
3. <http://school-collection.edu.ru> – единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (интерактивные лабораторные работы по физике).
4. <http://physics.nad.ru> – анимация физических процессов
5. <http://www.physics.ru> – содержание учебных компьютерных курсов компании «Физикон» и индивидуальное обучение через интернет (тестирование, электронные консультации, открытый доступ учебника, включенный в курс «Открытая Физика», содержащий весь курс физики, интерактивные Java-апплеты по физике).
6. [www.fcior.edu.ru](http://www.fcior.edu.ru) – федеральный центр информационно-образовательных ресурсов.
7. [www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru) – академик. Словари и энциклопедии.
8. [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru) – единое окно доступа к образовательным ресурсам.

## Заключение

С момента появления древнейших цивилизаций человечество стремилось познать окружающий мир, понять и объяснить происходящие в природе явления, открыть законы, их описывающие. Лицо физики в прошлом и особенно сейчас определяют физические модели и экспериментальная техника, динамика развития которых в значительной степени изменяется благодаря мощным информационным ресурсам компьютеров.

Изучение физики играет важную роль в формировании фундаментальной подготовки студентов и выработке у них научного мировоззрения, поэтому важно донести до студентов фундаментальные основания физики, предоставить им возможность понять процесс рождения новых знаний, их тесную взаимосвязь с другими науками.

В методических указаниях по проведению лабораторных работ рассмотрены основные темы по всему курсу физики согласно рабочей программе учебной дисциплины. В каждой лабораторной работе сформулирована цель экспериментального исследования, представлен перечень оборудования, краткая теория, приведены описание экспериментальной установки и порядок выполнения работы. Контрольные вопросы, рекомендуемая литература позволят студентам лучше проработать теоретический материал по теме работы, а также позволят активизировать самостоятельную деятельность при подготовке к выполнению и защите работ.

Изложение материала ведется без громоздких математических выкладок, особое внимание обращено на физическую суть явлений и описывающих их понятий и законов.

## Приложение А (образец оформления)

### Лабораторная работа № 1

#### «Исследование движения тела под действием постоянной силы»

#### Цель работы:

- выбор физической модели для анализа движения тела;
- исследование движения тела под действием постоянной силы;
- определение массы тела  $m$ .

#### Ход работы:

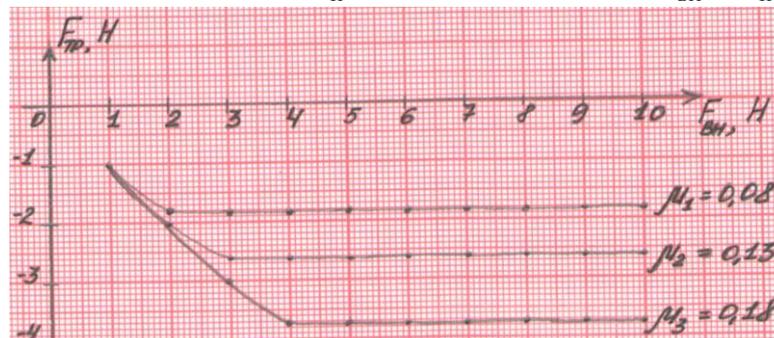
**таблица 1 – Результаты измерений и вычислений**

$m = \underline{2,2}$ , кг

$F_{BH}, H$	$k_1 = 0,08$		$k_2 = 0,13$		$k_3 = 0,18$	
	$F_{TP}, H$	$a, м/с^2$	$F_{TP}, H$	$a, м/с^2$	$F_{TP}, H$	$a, м/с^2$
1	-1	0	-1	0	-1	0
2	-1,8	0,11	-2	0	-2	0
3	-1,8	0,56	-2,6	0,16	-3	0
4	-1,8	1,02	-2,6	0,62	-3,7	0,12
5	-1,8	1,47	-2,6	1,07	-3,7	0,57
6	-1,8	1,93	-2,6	1,53	-3,7	1,03
7	-1,8	2,38	-2,6	1,98	-3,7	1,48
8	-1,8	2,84	-2,6	2,44	-3,7	1,94
9	-1,8	3,29	-2,6	2,89	-3,7	2,39
10	-1,8	3,75	-2,6	3,35	-3,7	2,85
$m, кг$	2,2		2,2		2,2	
$m_{CP}, кг$	2,2					
$\Delta m_{CP}, кг$	0					

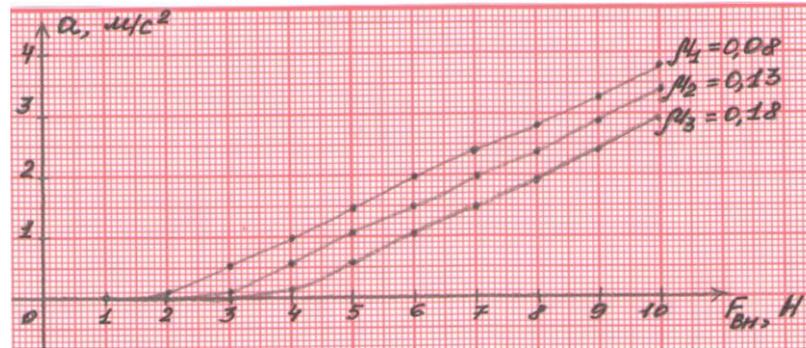
По результатам эксперимента построили графики:

- ✓ зависимость силы трения  $F_{TP}$  от внешней силы  $F_{BH}$ :  $F_{TP} = f(F_{BH})$



Из данной графической зависимости можно сделать вывод, что чем больше коэффициент трения тела, тем соответственно больше будет и действие силы трения на движущееся тело (зависимость силы трения от коэффициента трения линейная при неизменной массе тела –  $F_{TP} \sim k$ ).

✓ зависимость ускорения  $a$  от внешней силы  $F_{BH}$ :  $a = f(F_{BH})$



Из данной зависимости графика видно, что чем меньше коэффициент трения и больше действие внешней силы, тем больше ускорение тела.

По наклону графика  $a = f(F_{BH})$  определили значение массы тела по формуле:

$$m = \frac{\Delta F_{BH}}{\Delta a} = \frac{F_{BH\text{ КОН}} - F_{BH\text{ НАЧ}}}{a_{КОН} - a_{НАЧ}}.$$

$$1) \text{ при } k_1 = 0,08: m_1 = \frac{10 - 2}{3,75 - 0,11} = 2,2 \text{ кг};$$

$$2) \text{ при } k_2 = 0,13: m_2 = \frac{10 - 3}{3,35 - 0,16} = 2,2 \text{ кг};$$

$$3) \text{ при } k_3 = 0,18: m_3 = \frac{10 - 4}{2,85 - 0,12} = 2,2 \text{ кг};$$

Вычислили среднее значение массы тела:

$$m_{CP} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3} = \frac{2,2 + 2,2 + 2,2}{3} = 2,2 \text{ кг}$$

и абсолютную ошибку среднего значения массы:

$$\Delta m_{CP} = |m_{CP} - m| = 2,2 - 2,2 = 0.$$

**Вывод:**

- исследовали движение тела под действием постоянной силы;
- определили при разных значениях коэффициента трения массу тела, значение которой в точности совпадает с установочным значением массы.

## Приложение Б

### Построение графиков

График позволяет наглядно представить результаты эксперимента, выявить особенности и характер исследуемой зависимости (линейная, квадратичная, экспоненциальная или другая) и определить ее параметры.

Для грамотного применения графического метода необходимо следовать определенным *правилам построения графиков*:

#### 1) Выбор координатных осей.

График необходимо строить простым карандашом на листе **миллиметровой бумаге**. По горизонтальной оси принято откладывать *аргумент*, т.е. величину, значение которой задает сам экспериментатор, а по вертикальной оси – *функцию*. На концах осей декартовой системы обозначить стрелки, символ величины, десятичный множитель и единицу величины. При этом множитель  $10^{\pm N}$  позволяет опустить нули при нанесении делений, например, позволяет писать 1, 2, 3, ... вместо 0,001; 0,002 *Н* и т.д., указав в конце оси  $10^{-3}$  *Н*, или *мН*.

#### 2) Выбор интервалов.

Интервалы изменения переменных на каждой оси выбирают *независимо* друг от друга, чтобы график занял *все* поле чертежа. Для этой границы интервалов берут близкими к наименьшему и наибольшему из измеренных значений. Интервал на оси совсем не обязательно начинать с нуля. Нулевую точку помещают на график лишь в том случае, если она близка к экспериментально исследованной области или если необходима экстраполяция на нулевое значение.

#### 3) Выбор масштабов и шкал.

Масштаб шкалы должен простым и удобным для нанесения точек и чтения графика. Предпочтительнее масштабы, в которых за единицу масштаба принимают отрезок оси, кратный 10 или 50 *мм*, что позволяет легко отсчитывать доли отрезка. Такому отрезку соотносят «круглое» число (1, 2, 5) единиц измеряемой величины (таблица 1). Деления шкалы на каждой оси подбирают *независимо*, в соответствии с масштабом, причем, надписи делений наносят *вдоль всей оси*. Чтобы шкала легче читалась, достаточно указать на ней от 3 до 5 делений с числами.

таблица 1 – Пригодность масштабов

Кратность	Пригодность
10	самый удачный
5	возможный
4 и 2	не лучшие
3	категорически не рекомендуем

#### **4) Нанесение точек.**

Опытные данные наносят на поле графика в виде четких значков, не подписывая их численные значения.

#### **5) Проведение экспериментальной кривой.**

Кривую проводят *плавной непрерывной* линией. Такой характер типичен для физических зависимостей. Опытную кривую проводят так, чтобы точки располагались *равномерно* по обе стороны кривой и как можно ближе к ней. Если вид зависимости известен из теории, то проводят эту теоретическую кривую. В случае линейной зависимости прямую проводят через среднюю точку, координаты которой вычисляют по формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

(1)

где  $N$  – число опытных точек на графике

**6) Заголовок графика** – это название изучаемой зависимости, в котором поясняют символы переменных, указанные в конце осей (не принято писать в названии слово «график»). При необходимости в названии поясняют обозначения опытных точек и кривых. Заголовок принято располагать выше графика либо под графиком.

## Приложение В

**таблица В.1 – Основные физические постоянные:**

Скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Ускорение свободного падения	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Число Авогадро	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементарный заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Удельный заряд электрона	$\frac{e}{m_e} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$

**таблица В.2 – Основные единицы СИ:**

Величина	Единица		
	Наименование	Размерность	Обозначение
длина	<i>метр</i>	<i>м</i>	<i>l</i>
масса	<i>килограмм</i>	<i>кг</i>	<i>m</i>
время	<i>секунда</i>	<i>с</i>	<i>t</i>
сила тока	<i>ампер</i>	<i>А</i>	<i>I</i>
температура	<i>кельвин</i>	<i>К</i>	<i>T</i>
сила света	<i>кандела</i>	<i>кд</i>	<i>J</i>
количество вещества	<i>моль</i>	<i>моль</i>	<i>v</i>

**таблица В.3 – Производные единицы физических величин:**

Величина	Единица	
	Определяющее уравнение	Обозначение
<b>Единицы геометрических и механических величин</b>		
Площадь	$S = l^2$	$\text{м}^2$ (квадратный метр)
Объем	$V = l^3$	$\text{м}^3$ (кубический метр)
Скорость	$v = \frac{s}{t}$	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$ (метр в секунду)
Ускорение	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ (метр на секунду в квадрате)

Плотность	$\rho = \frac{m}{V}$	$\frac{кг}{м^3}$ (килограмм на кубический метр)
Сила	$F = m \cdot a$	Н (Ньютон)
Импульс	$p = m \cdot v$	$\frac{кг \cdot м}{с}$ (килограмм-метр на секунду)
Давление	$p = \frac{F}{S}$	Па (Паскаль)
Работа, энергия, количество теплоты	$A = F \cdot S \cdot \cos\alpha$	Дж (Джоуль)
Мощность	$N = \frac{A}{t}$	Вт (Ватт)
<b>Единицы тепловых величин</b>		
Количество теплоты, внутренняя энергия	$Q$	Дж (Джоуль)
Поверхностное натяжение	$\sigma = \frac{F}{l}$	$\frac{Н}{м} = \frac{Дж}{м^2}$ (Ньютон на метр)
<b>Единицы электрических и магнитных величин</b>		
Электрический заряд (количество электричества)	$q = I \cdot t$	Кл (Кулон)
Напряженность электрического поля	$E = \frac{F}{q}$	$\frac{Н}{Кл} = \frac{В}{м}$ (Ньютон на кулон, Вольт на метр)
Электрический потенциал	$\varphi = \frac{A}{q}$	$\frac{Дж}{Кл} = В$ (Джоуль на кулон, Вольт)
Электрическая емкость	$C = \frac{q}{\varphi}$	Ф (Фарад)
Плотность электрического тока	$j = \frac{I}{S}$	$\frac{А}{м^2}$ (Ампер на квадратный метр)
Электрическое сопротивление	$R = \frac{U}{I}$	Ом (Ом)
Электрическая проводимость	$G = \frac{1}{R}$	См (Сименс)
Удельное электрическое сопротивление	$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$	Ом · м (Ом-метр)
Магнитная индукция	$B = \frac{F}{I \cdot l}$	Тл (Тесла)
Магнитный поток	$\Phi = BS$	Вб (Вебер)
Индуктивность	$L = \frac{\Phi}{I}$	Гн (Генри)

**таблица В.4 – Приставки:**

Пристав-ка	Числовое значение	Обозначение	Пристав-ка	Числовое значение	Обозначение
Атто	$10^{-18}$	<i>a</i>	Дека	$10^1$	<i>da</i>
Фемто	$10^{-15}$	<i>f</i>	Гекто	$10^2$	<i>g</i>
Пико	$10^{-12}$	<i>p</i>	Кило	$10^3$	<i>k</i>
Нано	$10^{-9}$	<i>n</i>	Мега	$10^6$	<i>M</i>
Микро	$10^{-6}$	<i>mk</i>	Гига	$10^9$	<i>G</i>
Милли	$10^{-3}$	<i>m</i>	Тера	$10^{12}$	<i>T</i>
Сант	$10^{-2}$	<i>c</i>	Пета	$10^{15}$	<i>P</i>
Деци	$10^{-1}$	<i>d</i>	Экса	$10^{18}$	<i>E</i>

В таблице приведены приставки, служащие для образования кратных и дольных единиц системы СИ. Эти приставки можно присоединять только к простым наименованиям (метр, грамм и т.д.). Не допускается, например, присоединять какую-либо приставку к наименованию «килограмм», уже содержащему приставку «кило». Из этих же соображений единицу массы  $m = 10^9 \text{ кг} = 10^{12} \text{ г}$  следует называть «тераграммом» (Тг).

**таблица В.5 – Греческий алфавит:**

Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование
$A, \alpha$	альфа	$N, \nu$	ню
$B, \beta$	бета	$\Xi, \xi$	кси
$\Gamma, \gamma$	гамма	$O, o$	омикрон
$\Delta, \delta$	дельта	$\Pi, \pi$	пи
$E, \varepsilon$	эпсилон	$P, \rho$	ро
$Z, \zeta$	дзета	$\Sigma, \sigma$	сигма
$H, \eta$	эта	$T, \tau$	тау
$\Theta, \theta, \vartheta$	тета	$Y, \upsilon$	ипсилон
$I, \iota$	йота	$\Phi, \varphi$	фи
$K, \kappa$	каппа	$X, \chi$	хи
$\Lambda, \lambda$	лямбда	$\Psi, \psi$	пси
$M, \mu$	мю	$\Omega, \omega$	омега

## Приложение Г

таблица Г.1 - Психрометрическая таблица

$t_{\text{сух}}$	Разность показаний сухого и влажного термометров								
$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44