

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А.» в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала СГТУ
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске
Е.А.Бесшапошникова
«30» июня 2021 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине

«ОУД.11 «Физика»»

по специальности

15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены
на заседании предметной (цикловой) комиссии
общеобразовательных, ОГСЭ и ЕН дисциплин,
профессиональных модулей специальностей
социально-экономического профиля
«14» июня 2021 года, протокол №13

Председатель ПЦК  /О.В.Медведева/

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины «Физика» разработана в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии», утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ от 22.12.2015 г., №1506 и примерной программой учебной дисциплины «Физика» для профессиональных образовательных организаций, рекомендованных Федеральным государственным автономным учреждением «Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО») в качестве примерных программы для реализации основной профессиональной образовательной программы СПО на базе основного общего образования с получением среднего общего образования (Протокол № 3 от 21 июля 2015 г. Регистрационный номер рецензии 384 от 23 июля 2015 г. ФГАУ «ФИРО») и соответствующих общих (ОК):

ОК 01. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 02. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 03. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 04. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 07. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 09. Ориентироваться в условиях смены технологий в профессиональной деятельности.

Содержание программы учебной дисциплины «Физика» направлено на достижение следующих **целей**:

- освоение знаний о фундаментальных физических законах и принципах, лежащих в основе современной физической картины мира; наиболее важных открытиях в области физики, оказавших определяющее влияние на развитие техники и технологии; методах научного познания природы;

- овладение умениями проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, выдвигать гипотезы и строить модели, применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ; практически использовать физические знания; оценивать достоверность естественно-научной информации;

- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний и умений по физике с использованием различных источников информации и современных информационных технологий;

-воспитание убежденности в возможности познания законов природы, использования достижений физики на благо развития человеческой цивилизации; необходимости сотрудничества в процессе совместного выполнения задач, уважительного отношения к мнению оппонента при обсуждении проблем естественно-научного содержания; готовности к морально-этической оценке использования научных достижений, чувства ответственности за защиту окружающей среды;

-использование приобретенных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности собственной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды, и возможность применения знаний при решении задач, возникающих в последующей профессиональной деятельности.

Перечень лабораторных работ по дисциплине «Физика»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Тема: Законы сохранения в механике.

Изучение особенностей силы трения скольжения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

Тема: Законы сохранения в механике.

Изучение движения тела под действием постоянной силы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

Тема: Законы сохранения в механике.

Изучение закона сохранения импульса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

Тема: Законы сохранения в механике.

Сравнение работы силы с измерением кинетической энергии тела.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

Тема: Законы сохранения в механике.

Сохранение механической энергии при движении под действием сил тяжести и упругости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

Тема: Законы сохранения в механике.

Изучение законов сохранения с использованием баллистического маятника.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Измерение влажности воздуха.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Измерение поверхностного натяжения жидкости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел .

Наблюдение явления кристаллизации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Изучение теплового расширения твердых тел.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Изучение особенностей расширения воды.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12.

Тема: Постоянный электрический ток.

Измерение э.д.с. и внутреннего сопротивления источника тока.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13.

Тема: Постоянный электрический ток.

Изучение законов соединения проводников.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14.

Тема: Постоянный электрический ток.

Изучение закона Ома для полной цепи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15.

Тема: Постоянный электрический ток.

Определение к.п.д. электрического чайника.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16.

Тема: Постоянный электрический ток.

Определение температуры нити накаливания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17.

Тема: Постоянный электрический ток.

Изучение явления электромагнитной индукции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18.

Тема: Механические колебания.

Изучение зависимости периода нитяного маятника от длины нити.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19.

Тема: Электромагнитные колебания.

Индуктивное и емкостное сопротивления в цепи переменного тока.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20.

Тема: Природа света.

Изучение изображений предметов в тонких линзах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21.

Тема: Волновые свойства света. Измерение длины.

Измерение длины световой волны. Градуирование спектра.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Тема: Законы сохранения в механике.

Изучение особенностей силы трения скольжения.

При механических взаимодействиях тел выполняются механические законы сохранения:

1. В замкнутой системе тел суммарный импульс системы остается постоянным, какие бы силы не действовали между телами

$$\sum_i \vec{p}_i = const,$$

где $\vec{p}_i = m_i \vec{v}_i$ - импульсы поступательно движущихся тел системы.

2. В замкнутой системе тел суммарный момент импульса системы остается постоянным, какие бы силы не действовали между телами

$$\sum_i \vec{L}_i = const,$$

где $\vec{L}_i = J_i \vec{\omega}_i$ - моменты импульса вращающихся тел системы.

3. В замкнутой системе тел полная механическая энергия остается постоянной, если взаимодействия между телами происходят с помощью сил гравитации или упругости (но не сил трения)

$$E = const$$

При этом необходимо иметь в виду, что при механическом движении всегда действуют силы трения и сопротивления. Поэтому потери механической энергии (переход ее во внутреннюю энергию) неизбежны. Но, учитывая работу сил трения, в любом случае можно применить общий закон сохранения энергии:

$$E_1 = E_2 + A_{тр}$$

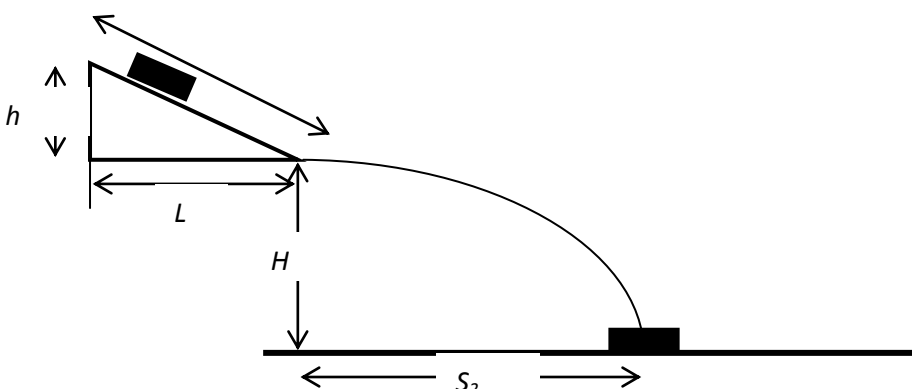
Целью данной работы является лабораторная проверка выполнения механических законов сохранения и определение некоторых физических величин с помощью этих законов.

Задание 4. Применение закона сохранения энергии для определения скорости

вылета шайбы с наклонной плоскости

Оборудование: линейка-желоб (наклонная плоскость), подставка для наклонной плоскости, позволяющая регулировать угол ее наклона, шайба (шашка), измерительные линейки.

Необходимо вывести формулу для вычисления скорости вылета шайбы с конца наклонной плоскости. Для этого следует применить закон сохранения механической энергии с учетом работы силы трения. Расчет скорости можно провести для одного определенного положения плоскости, в котором шайба соскальзывает с достаточно большим ускорением

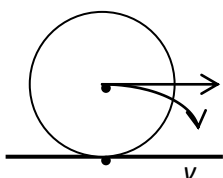


Вычисленную скорость следует сравнить со скоростью, которую следует измерить. Здесь также применяется закон сохранения механической энергии.¹

Задание 5. Применение закона сохранения энергии для определения скорости скатывания цилиндра с наклонной плоскости

Оборудование: линейка-желоб (наклонная плоскость), подставка для наклонной плоскости, позволяющая регулировать угол ее наклона, железный цилиндр, измерительные линейки.

Вычислим кинетическую энергию цилиндра катящегося без проскальзывания по горизонтальной поверхности. При этом необходимо учитывать как кинетическую энергию поступательного движения цилиндра, так и кинетическую энергию его вращения



$$K = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}.$$

Угловая скорость вращения $\omega = v/R$. Момент инерции J цилиндра относительно мгновенной оси качения O может быть найден с помощью теоремы Штейнера

$$J = \frac{1}{2}mR^2 + ma^2 = \frac{1}{2}mR^2 + mR^2 = \frac{3}{2}mR^2,$$

где m , R – масса и радиус цилиндра. Тогда

$$K = \frac{mv^2}{2} + \frac{3mR^2v^2}{2 \cdot 2 \cdot R^2} = \frac{5}{4}mv^2.$$

Закон сохранения механической энергии при скатывании цилиндра с наклонной плоскости (без учета работы силы трения) можно записать так:

$$mgh = \frac{5}{4}mv^2,$$

отсюда скорость цилиндра в момент вылета с наклонной плоскости

$$v = \sqrt{\frac{4gh}{5}}.$$

Вычислите с помощью полученной формулы скорость вылета цилиндра с наклонной плоскости. Измерьте скорость вылета цилиндра, используя методику задания 4. Сравните вычисленную и измеренную скорости.²

Задание 6. Измерение момента инерции тела методом скатывания с наклонной плоскости

Оборудование: линейка-желоб (наклонная плоскость), подставка для наклонной плоскости, позволяющая регулировать угол ее наклона, цилиндрические тела известной массы, измерительные линейки.

Методом скатывания с наклонной плоскости можно определять моменты инерции любых «круглых» тел

1.2. Примечание: Конец наклонной плоскости можно немного загнуть так, чтобы влет тела происходил горизонтально. Это облегчает дальнейшие расчеты.

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{Jv^2}{2R^2}$$

Используя прием, примененный в задании 4, измерьте скорость вылета выданного тела с наклонной плоскости. С помощью последней формулы вычислите момент инерции тела относительно оси качения. Для пересчета момента инерции относительно оси симметрии используйте теорему Штейнера

$$J_0 = J - mR^2$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

Тема: Законы сохранения в механике.

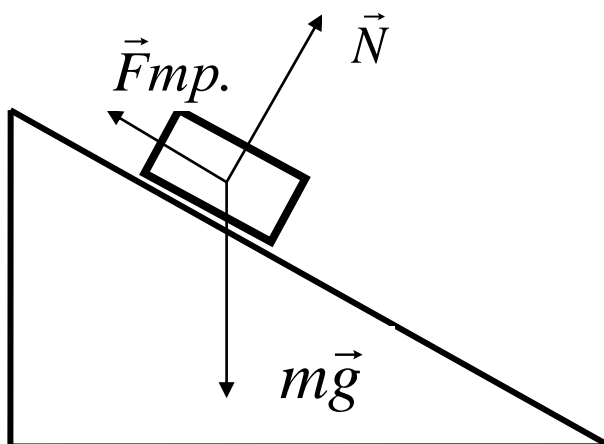
Изучение движения тела под действием постоянной силы.

Цель работы: 1) доказать, что движение тела- равноускоренное;

2) вычислить ускорение движения.

Оборудование: штатив, направляющая рейка, каретка, секундомер с двумя датчиками.

Схема установки:



На тело действуют 3 силы. Если геометрическая сумма сил больше нуля, тело движется с ускорением.

Согласно второму закону Ньютона $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр.} = m\vec{a}$

Ход работы:

1. Установить направляющую рейку при помощи штатива под углом 30° ($h=22$ см).
2. К секундомеру подключить датчики. Один датчик установить на расстоянии 6 см от начала рейки. Второй- датчик будет устанавливаться на расстоянии 25см, 30см, 35см.
3. Каретку устанавливаем на направляющую рейку так, чтобы магнит располагался на расстоянии менее 1 см от первого датчика.

4. Отпустить каретку и определить время движения каретки между датчиками. Опыт повторить 3 раза. Результаты измерений записать в таблицу.

Таблица

№ серии	S, м	t, с	t _{ср.} , с	a, м/с ²	a _{ср.} , м/с ²	$\frac{\Delta a}{a}$	Δa , м/с ²
1	0,25	t ₁ = t ₂ = t ₃ =					
2	0,30	t ₁ = t ₂ = t ₃ =					
3	0,35	t ₁ = t ₂ = t ₃ =					

Обработка результатов:

1. При движении с ускорением, (если $v_0=0$)
$$S = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Должно выполняться соотношение
$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2} = \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2$$

Проверьте выполнение этого равенства. Сделайте вывод.

2. По результатам опытов вычислите ускорение:

$$a = \frac{2S}{t^2} ;$$

Результаты занесите в таблицу.

3. Вычислите максимальную относительную погрешность:

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta S}{S} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

4. Вычислите абсолютную погрешность:
$$\Delta a = \varepsilon \cdot a_{ср}.$$

5. Сделайте вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

Тема: Законы сохранения в механике.

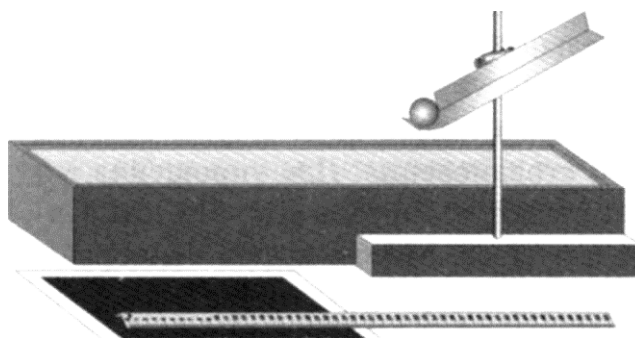
Изучение закона сохранения импульса.

Цель: экспериментально подтвердить справедливость закона сохранения импульса для двух шаров разной массы при их центральном столкновении.

Оборудование: весы учебные; желоб дугообразный, желоб прямой, стальной шарик, пластиковый шарик, стержень штатива с муфтой, укладочный пенал, листы белой и копировальной бумаги.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать установку, где муфта с желобом находится на высоте 10-12 см над столом:



2. Один из шаров необходимо поместить на край горизонтального участка желоба, а второй пустить по желобу с некоторой высоты. После столкновения шары, описав параболические траектории, упадут на поверхность стола.

3. Измерить высоту H горизонтальной части желоба и расстояние L , которое пролетел каждый шар над столом.

4. Вычислить скорости движения шаров и их импульсы по формулам:

$p_1 + 0 = p_1' + p_2'$ (1) или $m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ (2) закон сохранения импульса для двух шаров;

$L = vt$ (3) и $H = gt^2/2$ (4) уравнения движения каждого шара относительно горизонтальной и вертикальной оси.

Из (3) следует, что $v = L/t$ (5). Если из (4) выразить время полета и подставить

его в (5), то
$$g = L \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad (6)$$

5. На основании расчетов проверить справедливость равенства (1).

6. Числовые расчеты и результаты занесите в отчет.

Отчет о выполнении:

№ опыта	$m_1, \text{кг}$	$m_2, \text{кг}$	$H, \text{м}$	$L_1, \text{м}$	$v_1, \text{м/с}$	$p_1, \text{кг*м/с}$	$L_1^1, \text{м}$	$L_2^1, \text{м}$	$v_1^1, \text{м/с}$	$v_2^1, \text{м/с}$	$p_1^1, \text{кг*м/с}$	$p_2^1, \text{кг*м/с}$
1												
2												
3												

H - высоту горизонтального участка желоба; L_1 - дальность полета первого шара; v_1 и p_1 - скорость и импульс шара на горизонтальном участке желоба; L_1^1 и L_2^1 - дальность полета первого и второго шара после соударения; p_1^1 и p_2^1 - импульсы первого и второго шара после соударения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

Тема: Законы сохранения в механике.

Сравнение работы силы с измерением кинетической энергии тела.

Цель работы: вычислить ускорение свободного падения из формулы для периода колебаний математического маятника:

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

Оборудование: часы с секундной стрелкой, измерительная лента, шарик с отверстием, нить, штатив с муфтой и кольцом.

Описание работы: Для вычисления ускорения свободного падения необходимо измерить период колебаний и длину подвеса маятника. Тогда из формулы

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ можно вычислить ускорение свободного падения: } g = \frac{4\pi^2}{T^2} l$$

Порядок выполнения работы:

1. Установите на краю стола штатив. У его верхнего конца укрепите при помощи муфты кольцо и подвесьте к нему шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 3-5 см от пола.
2. Отклоните маятник от положения равновесия на 5 – 8 см и отпустите его.
3. Измерьте длину подвеса измерительной лентой.
4. Измерьте время Δt 40 полных колебаний (N).
5. Повторите измерения Δt (не изменяя условия опыта) и найдите среднее значение $\Delta t_{\text{ср}}$.
6. Вычислите среднее значение периода колебаний $T_{\text{ср}}$ по среднему значению $\Delta t_{\text{ср}}$.

$$T_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{ср}}}{N}$$

7. Вычислите значение $g_{\text{ср}}$ по формуле:

$$g_{\text{ср}} = \frac{4\pi^2}{T_{\text{ср}}^2} l$$

8. Полученные результаты занесите в таблицу:

Номер опыта	l , м	N	Δt , с	$\Delta t_{\text{ср}}$, с	$T_{\text{ср}}$, с	$g_{\text{ср}}$, м/с ²

9. Сравните полученное среднее значение для $g_{\text{ср}}$ со значением $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

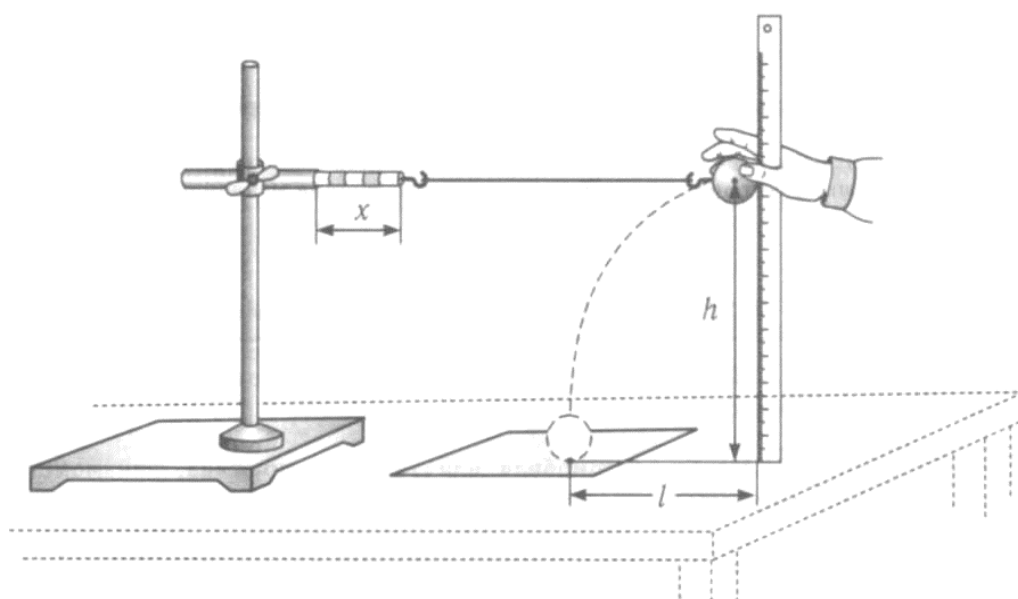
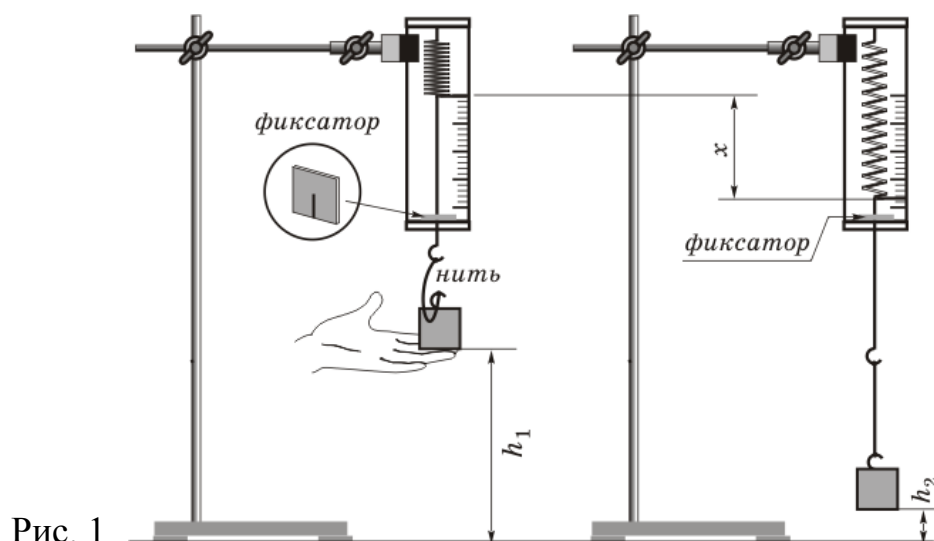
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

Тема: Законы сохранения в механике.

Сохранение механической энергии при движении под действием сил тяжести и упругости.

Цель работы: научатся измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и упруго деформированной пружины, сравнивать два значения потенциальной энергии системы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный с фиксатором, лента измерительная, груз на нити длиной около 25 см.



Ход работы:

1. Определяем вес шарика $F_1 = 1 \text{ Н}$.
2. Расстояние l от крючка динамометра до центра тяжести шарика 40 см .
3. Максимальное удлинение пружины $\Delta l = 5 \text{ см}$.
4. Сила $F = 20 \text{ Н}$, $F/2 = 10 \text{ Н}$.
5. Высота падения $h = l + \Delta l = 40 + 5 = 45 \text{ см} = 0,45 \text{ м}$.
6. $E_{p1} = F_1 x (l + \Delta l) = 1 \text{ Н} \times 0,45 \text{ м} = 0,45 \text{ Дж}$.
7. $E_{p2} = F/2 x \quad \Delta L = 10 \text{ Н} \times 0,05 \text{ м} = 0,5 \text{ Дж}$.
8. Результаты измерений и вычислений занесем в таблицу:

$F_1=mg$ (Н)	L (см)	ΔL (см)	h (см)	F (Н)	E_{p1} (Дж)	E_{p2} (Дж)
1	40	5	20	45	0,45	0,5

9. Оценить границы погрешности определения потенциальной энергии растянутой пружины и кинетической энергии шара.

$$E_p = \frac{F_y x}{2}, \quad \varepsilon E_p = \frac{\Delta F_y}{F_y} + \frac{\Delta x}{x}, \quad \Delta E_p = E_p \varepsilon E_p, \quad E_k = \frac{ms^2 g}{4h}, \quad \varepsilon E_k = \frac{\Delta m}{m} + \frac{2\Delta s}{s} + \frac{\Delta h}{h}, \quad \Delta E_k = E_k \varepsilon E_k$$

Вывод: Опытным путем измерили потенциальную энергию поднятого над землей тела и упруго деформированной пружины. При измерениях и вычислениях получили примерно одинаковые потенциальные энергии, что подтверждает закон сохранения энергии.

Контрольные вопросы

1. Каким выражением определяется потенциальная энергия деформированной пружины?
2. Каким выражением определяется кинетическая энергия тела?
3. При каких условиях выполняется закон сохранения механической энергии?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

Тема: Законы сохранения в механике.

Изучение законов сохранения с использованием баллистического маятника.

Цель работы: Определение скорости пули с помощью баллистического маятника с использованием законов сохранения импульса и энергии.

Приборы и принадлежности: баллистический маятник, шкала, пружинный пистолет, линейка и пули.

Теоретическое введение

Из практики известно, что скорость полета пули достигает значительной величины. Поэтому прямое измерение скорости, т.е. определение времени, за которое пуля проходит известное расстояние, требует специальной аппаратуры. Много проще измерять скорость пули косвенными методами, среди которых широко распространены методы, использующие неупругие соударения, т.е. соударения, в результате которых столкнувшиеся тела соединяются вместе и продолжают движение как одно целое.

Пусть летящая пуля испытывает неупругий удар со свободным неподвижным телом значительно большей массы. После удара тело начинает двигаться, причем

скорость его во столько раз меньше скорости пули, во сколько раз масса пули меньше массы тела. (Этот результат можно получить с помощью закона сохранения импульса). Если теперь измерить сравнительно небольшую скорость тела, то легко можно вычислить и скорость полета пули.

К числу методов, основанных на этой идее, относится и метод баллистического маятника. В данной работе для определения скорости пули использованы законы сохранения импульса и полной механической энергии.

Описание рабочей установки и метода измерений

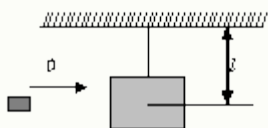


Рис.1

Баллистический маятник представляет собой тяжелое тело массой M , подвешенное на двойном бифилярном подвесе (рис.1). Когда после выстрела пуля попадает в это тело, то оно отклоняется от положения равновесия.

Пренебрегая сопротивлением воздуха, к системе «маятник-пуля» можно применить закон сохранения импульса, который в проекции на ось x запишется

$$mv = (M + m)U, \quad (1)$$

где mv – проекция импульса на ось x до взаимодействия;

$(M+m)U$ -проекция импульса системы (пуля +маятник) на ось x неупругого удара.

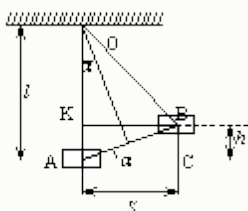


Рис. 2

Закон сохранения импульса: в изолированной системе тел сумма импульсов

взаимодействующих тел остается постоянной во времени, т.е. $\sum_i m_i \vec{v}_i = const$.

Закон сохранения механической энергии: в изолированной системе тел, где действуют только консервативные силы, полная механическая энергия (кинетическая плюс полная потенциальная энергии) остается постоянной, т.е. $E = E_k + E_n = const$.

При ударе пули маятник вместе с пулей приобретает кинематическую энергию, равную после соударения

$$E_k = \frac{(m + M)U^2}{2}. \quad (2)$$

Маятник с пулей приходит в движение, отклоняется на некоторый угол от вертикали, и центр масс системы «маятник-пуля» поднимается на некоторую высоту h (рис.2).

Если пренебречь трением в подвесе маятника и сопротивлением воздуха, то можно рассматривать систему «маятник-пуля» как изолированную, консервативную и применять к ней закон сохранения полной механической энергии.

В момент наибольшего отклонения маятника его кинетическая энергия E_k полностью превратится в потенциальную энергию силы тяжести

$$\frac{(M+m)U^2}{2} = (M+m)gh, \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения тела.

Тогда

$$U = \sqrt{2gh}. \quad (4)$$

Подставив (5) в (2), найдем выражение для скорости пули

$$v = \frac{M+m}{m} \sqrt{2gh}. \quad (5)$$

Следовательно, скорость пули можно вычислить, если измерить высоту подъема h центра масс маятника. Однако измерение h довольно сложно. Его можно заменить более простым измерением горизонтального перемещения S , которое определяют по неподвижной шкале.

Если после соударения маятник отклонился на небольшой угол (рис.2), то можно считать, что центр масс маятника перемещается вдоль хорды AB . Тогда из подобия треугольников AKB и OAC можно записать отношение

$$\frac{OC}{BK} = \frac{AC}{AK}, \quad (6)$$

где $BK = S$ – горизонтальное смещение маятника; $AK = h$, $OC \perp AB$.

При малом отклонении S и достаточной длине подвеса l ($S \ll l$) можно положить, что

$$OC = l \quad \text{и} \quad AC = \frac{S}{2}.$$

Тогда соотношение (6) можно записать в виде

$$\frac{l}{S} = \frac{S}{2h} \quad \text{или} \quad h = \frac{S^2}{2l} \quad (7)$$

Поставив (7) в (5), получим формулу для скорости пули:

$$\langle v \rangle = \frac{M+m}{m} \cdot \langle S \rangle \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (8)$$

Формула (8) является расчетной. Определяя величины M, m, S, l , экспериментально, по формуле (7) можно определить скорость пули v .

Ход работы

1. Привести маятник в состояние равновесия и подвесить шкалу под указатель маятника.
2. Произвести 5 – 6 выстрелов, каждый раз отмечая смещения указателя по шкале. Результаты измерений записать в таблицу.
3. Вычислить скорость пули по формуле (8).
4. Вычислить абсолютную погрешность измерения S по формуле:

$$\Delta S = t_{p(n)} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \langle S \rangle)^2}{n(n-1)}},$$

где $t_{p(n)}$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $p = 0,95$ и числа измерений n .

5. Вычислить относительную погрешность измерения скорости

$$E = \frac{\Delta v}{\langle v \rangle}.$$

6. Найти абсолютную погрешность $\Delta v = v \cdot E$.
 7. Результаты измерения записать в виде $v = \langle v \rangle \pm \Delta v$.
- $\langle S \rangle, \langle v \rangle, \Delta v$ – средние величины.

$m = 9,6$ г; $M = 296$ г; $l = 193$ см.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Измерение влажности воздуха.

Цель работы: закрепить понятие о влажности воздуха и способах ее измерения; определить абсолютную и относительную влажность воздуха, точку росы; научиться пользоваться

☑ справочными таблицами: «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры», «Психрометрическая таблица»

☑ приборами для измерения влажности воздуха – психрометром.

Оборудование: Психрометр, психрометрическая таблица, таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Краткая теория.

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

Абсолютной влажностью воздуха ρ_a - называется плотность водяных паров, находящихся в воздухе при данной температуре.

$$\rho_a = \frac{m_{\text{водяного пара}}}{V_{\text{воздуха}}} \quad [\rho_a] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Относительная влажность воздуха φ показывает сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности насыщенного водяного пара при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_0} \cdot 100\% \quad [\varphi] = \% ,$$

где ρ_0 -плотность насыщенного водяного пара при данной температуре и определяется по таблице «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры» Таким образом, относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Для жилых помещений нормальной влажностью считается относительная влажность, равная 40 - 60 %. О влажности воздуха можно судить только по относительной влажности, так как при одной и той же абсолютной влажности в зависимости от температуры воздух может казаться или сухим или влажным.

Относительную влажность воздуха можно определить с помощью психрометра.

Психрометр или психрометр Августа (см.рисунок) состоит из двух термометров: сухого и увлажненного. На шарике увлажненного термометра закреплен фитиль, конец которого опущен в чашечку с водой. Вода, испаряясь с фитиля забирает от термометра тепло, поэтому показания увлажненного термометра ниже, чем у сухого. По показанию сухого и разности показаний сухого и увлажненного термометров с помощью психрометрической таблицы находится относительная влажность воздуха.

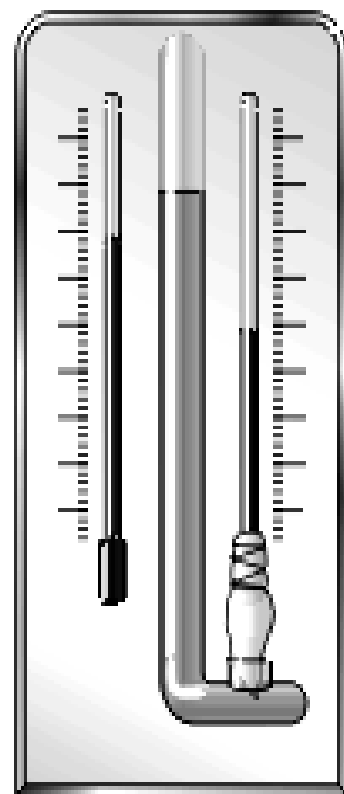
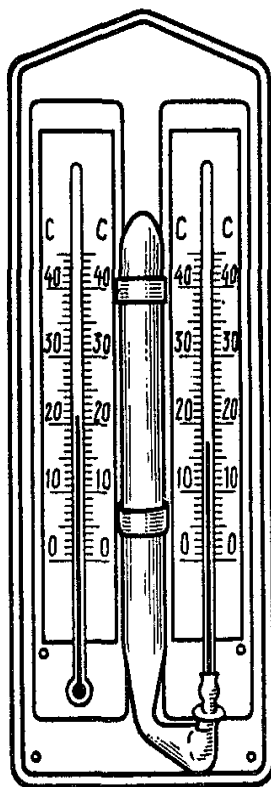


Рисунок «Психрометры»

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы T_p

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара $\rho_0 = \rho_a$

Запотевание холодного предмета, внесенного в теплую комнату, объясняется тем, что воздух вокруг предмета охлаждается ниже точки росы и часть имеющихся в нем водяных паров конденсируется.

Порядок выполнения работы:

1. Снять показания психрометра в различных частях класса.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

4. Результаты в таблицу:

№ измерения	Местоположение психрометра	Показания сухого термометра, T_c , К	Показания увлажненного термометра, T_y , К	Разность показаний сухого и увлажненного термометров, $T_c - T_y$, К	Относительная влажность воздуха, φ , %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a , кг/м ³	Точка росы, T_p , К
1							
2							
3							

5. Сделать выводы по работе.

6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометров наибольшая?
2. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?
3. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Измерение поверхностного натяжения жидкости.

Цель: определить коэффициент поверхностного натяжения воды методом отрыва капель.

Оборудование: сосуд с водой, шприц, сосуд для сбора капель.

Теория.

Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости

Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости стремится уменьшить потенциальную энергию и сокращается. При этом совершается работа A :

$$A = \sigma \Delta S$$

где σ - коэффициент поверхностного натяжения. Единицы измерения Дж/м² или Н/м

$$\sigma = \frac{A}{\Delta S} \quad \text{или} \quad \sigma = \frac{F}{l}$$

где F – сила поверхностного натяжения, l – длина границы поверхностного слоя жидкости.

Поверхностное натяжение можно определять различными методами. В лабораторной работе используется **метод отрыва капель**.

Опыт осуществляют со шприцом, в котором находится исследуемая жидкость. Нажимают на поршень шприца так, чтобы из отверстия узкого конца шприца медленно падали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести $F_{тяж} = m_{капли} \cdot g$ равна силе поверхностного натяжения F , граница свободной поверхности – окружность капли

$$l = \pi \cdot d_{капли}$$

Следовательно:

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{m_{капли} g}{\pi d_{капли}}$$

Опыт показывает, что $d_{капли} = 0,9d$, где d – диаметр канала узкого конца шприца.

Массу капли можно найти, посчитав количество капель n и зная массу всех капель m .

Масса капель m будет равна массе жидкости в шприце. Зная объем жидкости в шприце V и плотность жидкости ρ можно найти массу $m = \rho \cdot V$

Ход работы.

1. Начертите таблицу:

№ опыт а	Масса капель м, кг	Число капель п	Диаметр р канала шприца d, м	Поверхностное натяжение σ , Н/м	Среднее значение поверхностного натяжения $\sigma_{ср}$, Н/м	Табличное значение поверхностного натяжения $\sigma_{таб}$, Н/м	Относительная погрешность δ %
----------------	------------------------------	--------------------------	--	--	---	--	--

1	$1 \cdot 10^{-3}$		$2,5 \cdot 10^{-3}$		0,072	
2	$2 \cdot 10^{-3}$		$2,5 \cdot 10^{-3}$			
3	$3 \cdot 10^{-3}$		$2,5 \cdot 10^{-3}$			

Опыт 1

- Наберите в шприц 1 мл воды («один кубик»).
- Подставьте под шприц сосуд для сбора воды и, плавно нажимая на поршень шприца, добейтесь медленного отрывания капель. Подсчитайте количество капель в 1 мл и результат запишите в таблицу.

- Вычислите поверхностное натяжение по формуле $\sigma = \frac{mg}{n\pi d}$
Результат запишите в таблицу.

- Повторите опыт с 2 мл и 3 мл воды.

- Найдите среднее значение поверхностного натяжения $\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$
Результат запишите в таблицу.

- Сравните полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения с учетом температуры.
- Определите относительную погрешность методом оценки результатов измерений.

$$\delta = \frac{|\sigma_{\text{табл}} + \sigma_{\text{сп}}|}{\sigma_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

Результат запишите в таблицу.

- Сделайте вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

- Почему поверхностное натяжение зависит от рода жидкости?
- Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры?
- Изменится ли результат вычисления поверхностного натяжения, если опыт проводить в другом месте Земли?
- Изменится ли результат вычисления, если диаметр капель трубки будет меньше?
- Почему следует добиваться медленного падения капель?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел .

Наблюдение явления кристаллизации.

Цель работы: опытным путём определить температуру кристаллизации парафина, построить график её зависимости от времени.

Оборудование: пробирка с парафином, пробиркодержатель, лабораторный термометр 0-100°C, стакан с горячей водой 150 - 200 мл, часы.

Теория

Одной из характеристик кристаллических тел, отличающих их от аморфных, является определённая температура плавления (и равная ей температура кристаллизации). Другими словами, когда кристаллическое тело при постоянном нагревании достигает температуры плавления, его температура на некоторое время перестаёт повышаться, и только тогда, когда всё тело становится жидким, его температура начинает снова возрастать. Такая же задержка в изменении температуры происходит и при остывании жидкости, превращающейся в кристаллическое тело.

По мере охлаждения расплавленного кристаллического вещества его частицы замедляют свое хаотическое движение. При достижении температуры плавления скорость движения частиц уменьшается, и они под действием сил притяжения начинают «пристраиваться» одна к другой, образуя кристаллические зародыши. Пока все вещество не закристаллизуется, температура его остается постоянной. **Это температура кристаллизации или температура плавления данного кристаллического тела.**

После этого как все вещество перейдет в твердое состояние, температура его снова начинает понижаться.

Твёрдые парафины являются кристаллическими телами. В данной работе на опыте убедимся в кристаллической природе высокоочищенного (белого) парафина, применяемого в физиотерапии.

Ход работы

1. Для записи результатов измерений подготовьте таблицу:

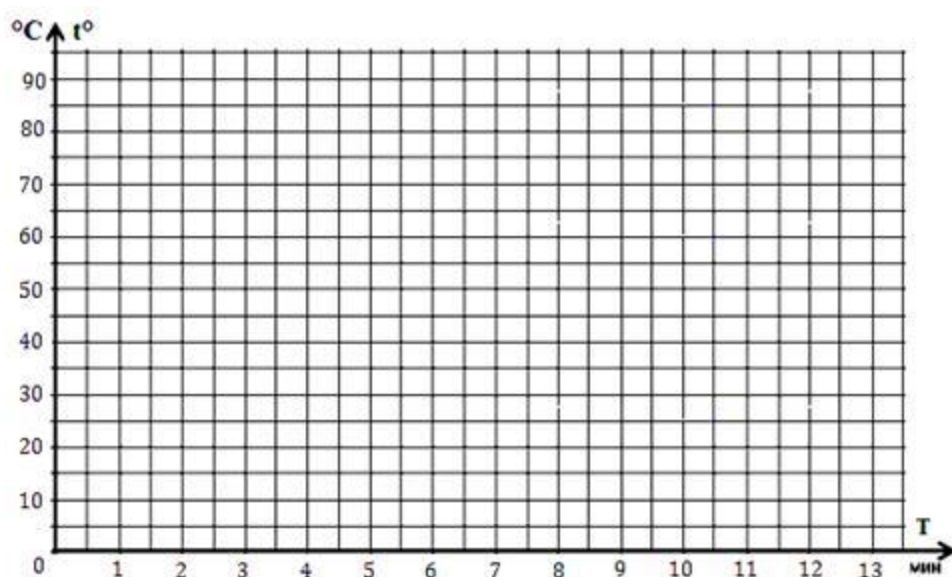
Время, Т, мин.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Температура, t° , °C													

2. Опустите в стакан с горячей водой (около 80 °C) пробирку с парафином и наблюдайте за тем, как он плавится.

3. После того, как парафин расплавится, перенесите пробирку в стакан, куда налито около 150 мл холодной воды, и опустите в расплавленный парафин (в его середину) термометр.

Внимание! Термометр не должен касаться стенок пробирки. Во время опыта пробирка с парафином должна быть в покое.

4. С момента, когда температура парафина начнет понижаться, с интервалом в 1 минуту записывайте показания термометра.
5. Продолжая записывать показания термометра, наблюдайте этап перехода парафина в твердое состояние.
6. При охлаждении до 50°C - 45°C прекратите измерения. По экспериментальным данным постройте график зависимости температуры t° от времени T .



7. По графику определите температуру кристаллизации парафина.
8. Запишите общий вывод и ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Какие вещества называются кристаллическими? Аморфными? Приведите примеры.
2. Как по графику изменения температуры вещества при нагревании от времени определить температуру плавления кристаллического тела?
3. Отметьте на графике участки, соответствующие:
 - а) жидкому состоянию парафина (обозначьте этот участок буквами АВ);
 - б) смеси парафина в жидком и твёрдом состояниях (обозначьте этот участок буквами ВС);
 - в) твёрдому состоянию парафина (обозначьте этот участок буквами CD).
4. Объясните характер поведения молекул вещества на каждом участке состояния парафина.
5. Чем отличаются графики зависимости температуры от времени кристаллических и аморфных тел?

Вариант выполнения лабораторной работы.

Время, Т, мин.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Температура, $t^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$	72	69	67	61	58	56	55	55	55	52	51	50	49

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Изучение теплового расширения твердых тел.

Цель работы: Изучение основных положений молекулярно-кинетической теории, измерение коэффициента линейного теплового расширения твердых тел.

Приборы и принадлежности: нагревательная печь, пробирка с водой, термометр, индикатор удлинения часового типа, набор стержней из разных материалов.

Общие сведения

Основные положения молекулярно-кинетической теории:

- тела состоят из молекул, а молекулы – из атомов;
- молекулы находятся в непрерывном движении;
- на расстояниях $r < r_0 \sim 0,1$ нм молекулы отталкиваются, при $r > r_0$ – притягиваются, однако при $r > 10r_0$ сила притяжения пренебрежимо мала (верхний график на рис. 1).

График потенциальной энергии взаимодействия молекул (атомов) представляет собой потенциальную яму (нижний график на рис.1).

Взаимодействие между атомами, которые размещаются в узлах кристаллической решетки, определяется зависимостью потенциальной энергии W_p от расстояния r между ними (рис.2). Расстояние r_0 между взаимодействующими атомами соответствует минимуму потенциальной энергии при абсолютном нуле температур.

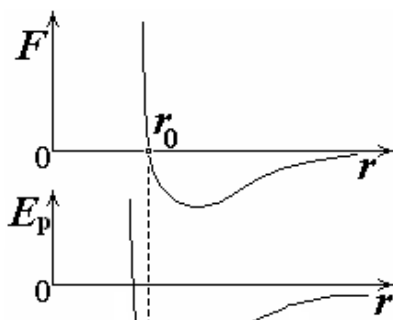


рис. 1.

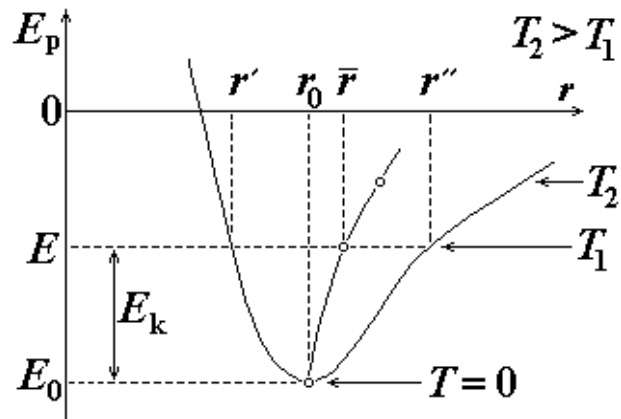


рис. 2.

Согласно представлениям классической физики, атомы при абсолютном нуле температур неподвижны, каждый из них находится в положении устойчивого равновесия – на дне потенциальной ямы. С повышением температуры атом начинает колебаться возле этого положения равновесия, имея среднюю кинетическую энергию $\frac{3}{2}kT$. Температура является мерой средней кинетической энергии теплового движения атомов или молекул.

При некоторой температуре T_1 , не сильно отличающейся от нормальной температуры $T_0 = 273,15$ К, которой по шкале Цельсия соответствует температура $t = 0^\circ\text{C}$, суммарная кинетическая и потенциальная энергия атома равна E . Это означает, что в процессе колебаний расстояние между атомами изменяется от r' к r'' . Среднее расстояние между атомами будет равно $\bar{r} = (r' + r'')/2$. Поскольку график потенциальной энергии не симметричен относительно положения равновесия – точки r_0 , то с увеличением температуры среднее расстояние между атомами будет возрастать. Следовательно, будут возрастать линейные размеры и объем тела. Это явление называется тепловым расширением.

Как видно из графика, (рис.2) расстояние между молекулами при температурах, не на много отличающихся от 0°C , практически линейно зависит от температуры. Это позволяет записать линейный размер (длину) L тела в виде:

$$L = L_0(1 + \alpha T), \quad (1)$$

где L_0 – длина тела при температуре 0°C , α – коэффициент линейного теплового расширения твердого тела.

Для анизотропных твердых тел (кристаллов) коэффициент линейного

теплового расширения зависит от направления, для изотропных (аморфных, таких как стекло, и поликристаллических, к которым принадлежат металлы) – не зависит. Для железа и бетона $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Из формулы (1) вытекает зависимость объема тела от температуры:

$$V = V_0(1 + \alpha T)^3 \approx V_0(1 + 3\alpha T) = V_0(1 + \beta T), \quad (2)$$

где $\beta = 3\alpha$ – коэффициент объемного теплового расширения.

Записав уравнение (1) для двух значений температуры, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} L_1 = L_0(1 + \alpha T_1), \\ L_2 = L_0(1 + \alpha T_2). \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получаем,

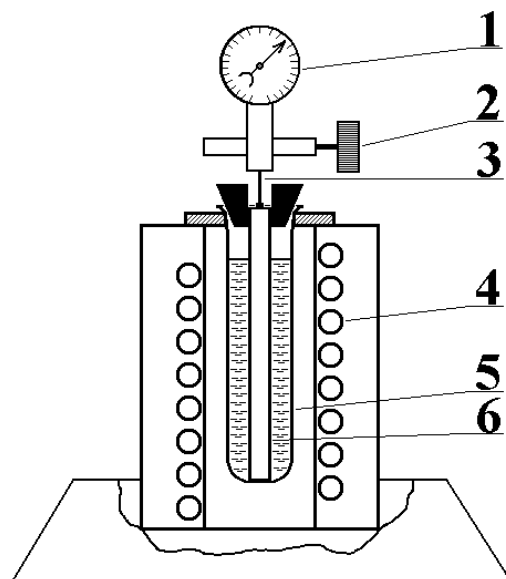
$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 T_2 - L_2 T_1} = \frac{x}{L_1 T_2 - (L_1 + x) T_1} \approx \frac{x}{L_1 (T_2 - T_1)}, \quad (3)$$

где $x = L_2 - L_1$ – приращение длины тела при его тепловом расширении; очевидно, что $x \ll L_1$.

Абсолютная погрешность результата косвенных измерений коэффициента линейного теплового расширения:

$$\Delta\alpha = \alpha \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T_2 - T_1}\right)^2}, \quad (4)$$

где Δx , ΔL , ΔT – погрешности измерения приращения x длины стержня, длины стержня L , температуры T , соответственно.



Среднее значение									
2									
Среднее значение									

ПРИМЕЧАНИЕ: Операции после помещения пробирки с образцом в печь нужно выполнять как можно быстрее, чтобы температура образца не успела повыситься, прежде чем будет установлен нуль на шкале индикатора.

9. Сравните полученные значения с табличными в таблице 2 и сделайте выводы относительно их соответствия.

Таблица 2

Свойства некоторых твердых тел

Вещество	Температура плавления, °С	Удельная теплоемкость c , Дж/(кг·К)	Удельная теплота плавления, λ , кДж/кг	Температурный коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^{-5}$, К ⁻¹
Алюминий	659	896	322	2,3
Железо	1530	500	272	1,2
Латунь	900	386	-	1,9
Лед	0	2100	335	-
Медь	1100	395	176	1,6
Олово	232	230	58,6	2,7
Платина	1770	117	113	0,89
Пробка	-	2050	-	-
Свинец	327	126	22,6	2,9
Серебро	960	234	88	1,9
Сталь	1300	460	-	1,06
Цинк	420	391	117	2,9

Обработка экспериментальных данных

1. Для образца по формуле (3) найдите коэффициент линейного теплового

расширения α .

2. Определите среднее значение α_{cp} :

$$\alpha_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}.$$

3. Определите абсолютную погрешность отдельного вычисления косвенных измерений:

$$\Delta\alpha_i = \alpha_i \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T_2 - T_1}\right)^2},$$

где $\Delta x = 10^{-3}$ мм, $\Delta L = 0,5$ мм, $\Delta T = 0,5^\circ\text{C}$.

4. Определите среднее значение абсолютной погрешности:

$$\Delta\alpha_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i}{n}.$$

5. Запишите окончательные результаты измерений в виде:

$$\alpha_{ист} = \alpha_{cp} \pm \Delta\alpha_{cp}.$$

6. Определите относительную погрешность измерения $\varepsilon = \frac{\Delta\alpha_{cp}}{\alpha_{cp}} \cdot 100\%$.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории.
2. Напишите и объясните формулу связи между средней кинетической энергией молекул и температурой тела.
3. Как строится график потенциальной ямы взаимодействия атомов (молекул)? Изобразите этот график.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11.

Тема: Теория паров, жидкостей и твердых тел.

Изучение особенностей расширения воды.

Цель: изучить на практике особенности теплового расширения воды;

Оборудование: 1 Штатив с лапкой и муфтой. 5. Спиртовка со спиртом. 6. Пробирка с пробкой и стеклянной трубкой. 7. Стакан с водой. 8. Спички, термометр, стакан с холодной водой, чайник с горячей водой (один на всех).

Теоретическая справка

Жидкости расширяются значительно сильнее твердых тел. Они также расширяются во всех направлениях. Вследствие большой подвижности молекул жидкость принимает форму сосуда, в котором она находится, причем следует учитывать и тепловое расширение сосуда. Расширение жидкости в трубках также представляет собой объемное расширение. Следовательно, верны формулы объемного расширения. Если

V_1	объем жидкости при температуре t_1 ,	метр ³
V_2	объем жидкости при температуре t_2 ,	метр ³
ΔV	изменение объема жидкости,	метр ³
β	коэффициент объемного расширения (объемный коэффициент теплового расширения),	1/К

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta t; \quad V_2 = V_1(1 + \beta \Delta t)$$

Коэффициент объемного расширения β равен отношению относительного объемного расширения $\Delta V/V_1$ к разности температур Δt : $\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta t}$

При увеличении объёма тел уменьшается их плотность: $\rho = \rho_0 / (1 + \beta \cdot \Delta t)$, где V и V_0 - объёмы, а ρ и ρ_0 - плотности соответственно при температурах t и t_0 .

<http://rutube.ru/video/9aec6d9ba6c5a3fad68923670fa75887/>

Ход работы:

1. Для наблюдения расширения жидкости пробирку, наполненную водой и плотно закрытую пробкой с трубкой, зажать в лапке штатива и подставить под нее спиртовку (или опустить в горячую воду). **Осторожно!**

5. Зажечь спиртовку, наблюдать за изменением уровня воды в трубке. Что наблюдали? Почему уровень сначала опустился?

6. Убрать спиртовку, наблюдать за изменением уровня воды в трубке. Что наблюдали?

7. В одинаковые колбы нальём: в одну — воду, а в другую — такой же объём спирта. Колбы закроем пробками с трубками. Начальные уровни воды и спирта в трубках отметим резиновыми кольцами. Поставим колбы в емкость с горячей водой. Уровень воды в трубках станет выше. Вода и спирт при нагревании расширяются. Но уровень в трубке колбы со спиртом выше. Значит, спирт

расширяется больше. Следовательно, *тепловое расширение разных жидкостей*, как и твердых веществ, *неодинаково*.

8. Определить плотность спирта в жидкостном термометре при нагревании.

9. Решите задачи:

А) Какой объём имеет нефть при 0°C , если при температуре 20°C её объём равен 65м^3 ?

Б) Масса 1л спирта при 0°C равна 0,8кг. Определите плотность спирта при температуре 15°C .

Контрольные вопросы:

1. Что называют тепловым расширением тел?
2. Приведите примеры теплового расширения жидкостей, газов.
3. Что такое коэффициент объёмного расширения?

Вывод

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12.

Тема: Постоянный электрический ток.

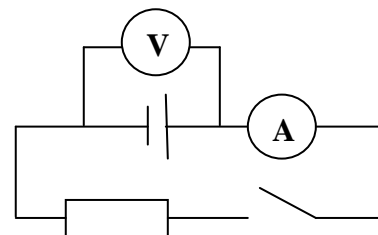
Измерение э.д.с. и внутреннего сопротивления источника тока.

Цель работы: измерить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

Приборы и материалы: амперметр, источник тока, резистор, ключ, соединительные провода.

Указания к работе.

1.Соберите цепь, изображенную на рисунке.



2.Измерьте ЭДС источника, пользуясь тем, что напряжение между его полюсами мало отличается от ЭДС, если $R \gg r$.

3.Замкните ключ, измерьте силу тока I и напряжение U .

4. Рассчитайте, используя закон Ома для участка цепи, внешнее сопротивление R .

5.Рассчитайте внутреннее сопротивление источника тока по формуле: $r = \frac{\varepsilon}{I} - R$

6. Результаты измерений занесите в таблицу.

ЭДС источника , В	Сила тока I, А	Напряже ние U, В	Сопротив ление R, Ом	Внутренн ее сопротивление r, В

7. Сделайте вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13.

Тема: Постоянный электрический ток.

Изучение законов соединения проводников.

Цель работы: Убедиться в справедливости законов последовательного соединения. Научиться пользоваться включениям А и В. Закрепить навыки сборки электрической цепи. Соблюдение техники безопасности.

Приборы и материалы: вольтметр, амперметр, 2 низковольтные электрические лампы, соединительные провода, выпрямитель и ключ.

Выполнение работы:

1. Собрать схему последовательного соединения.
2. Заполнить таблицу.

напряж-е на всем участке цепи U, В	Сила тока J, А	Сопр-е на всем участке цепи R, Ом	<u>U</u>		<u>U</u>	
			Напряж-е на концах 1 участка U ₁ , В	Сопрот-е 1 участка R ₁ = Ом	Напряж-е на концах 1 участка 2 U ₂ , В	Сопрот-е 1 участка R ₂ = Ом

--	--	--	--	--	--	--

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14.

Тема: Постоянный электрический ток.

Изучение закона Ома для полной цепи.

Цель работы: установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

Оборудование: амперметр лабораторный, вольтметр лабораторный, источник питания, набор из трёх резисторов сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом, реостат, ключ замыкания тока, соединительные провода.

Ход работы.

Краткие теоритические сведения

Электрический ток - упорядоченное движение заряженных частиц

Количественной мерой электрического тока служит **сила тока I**

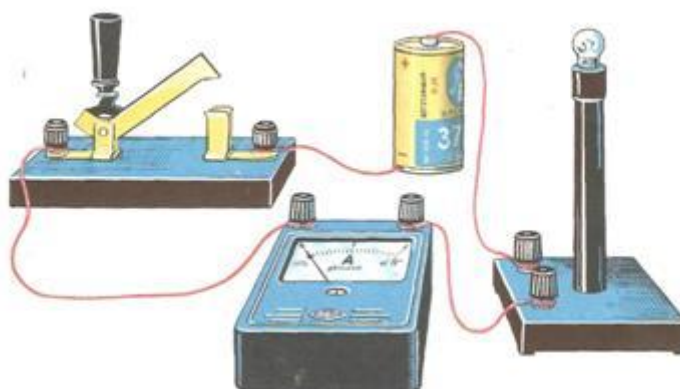
Сила тока - – скалярная физическая величина, равная отношению заряда q , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени t , к этому интервалу времени:

$$I = \frac{q}{t}$$

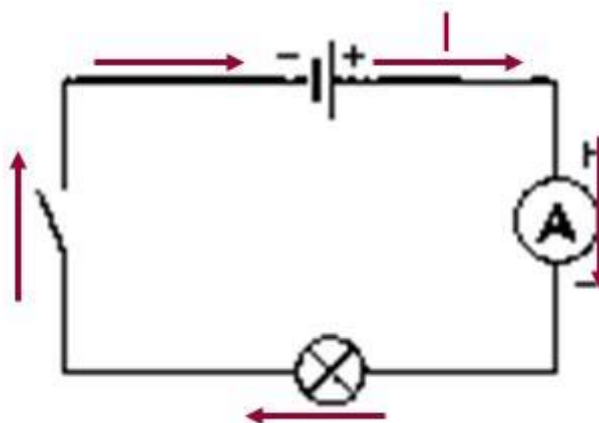
В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в **амперах [А]**.

[1А=1Кл/1с]

Прибор для измерения силы тока **Амперметр**. Включается в цепь **последовательно**



На схемах электрических цепей амперметр обозначается .



Напряжение – это физическая величина, характеризующая действие электрического поля на заряженные частицы, численно равно работе электрического поля по перемещению заряда из точки с потенциалом φ_1 в точку с потенциалом φ_2

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad U = \frac{A}{q}$$

U – напряжение

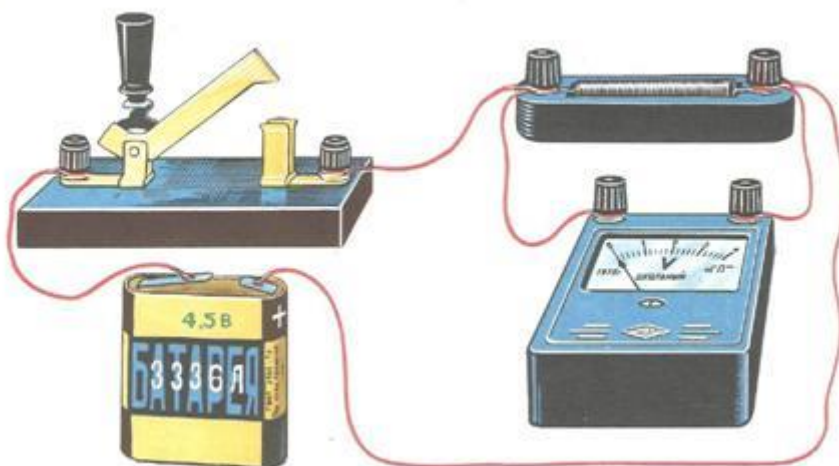
A – работа тока

q – электрический заряд

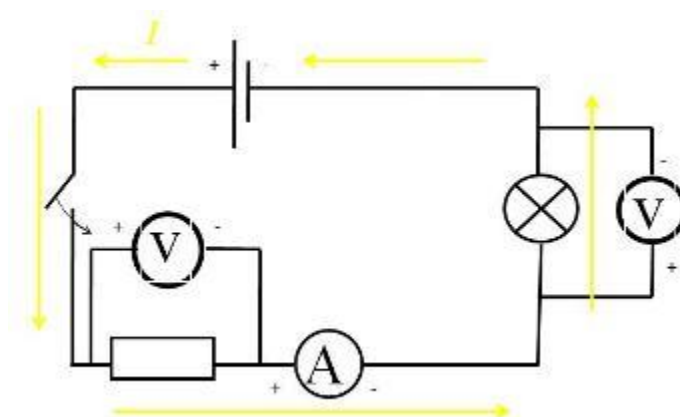
Единица напряжения – Вольт [В]

[1В=1Дж/1Кл]

Прибор для измерения напряжения – **Вольтметр**. Подключается в цепь параллельно тому участку цепи, на котором измеряется разность потенциалов.



На схемах электрических цепей амперметр обозначается \textcircled{A} .



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

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

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

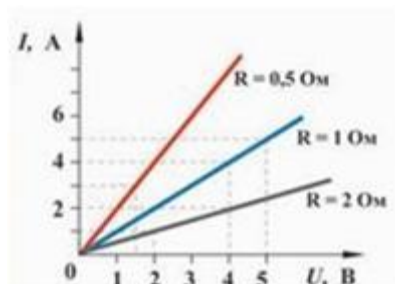
S – площадь поперечного сечения проводника

l – длина проводника

ρ – удельное сопротивление проводника

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

Графическая зависимость силы тока I от напряжения U - **вольт-амперная характеристика**



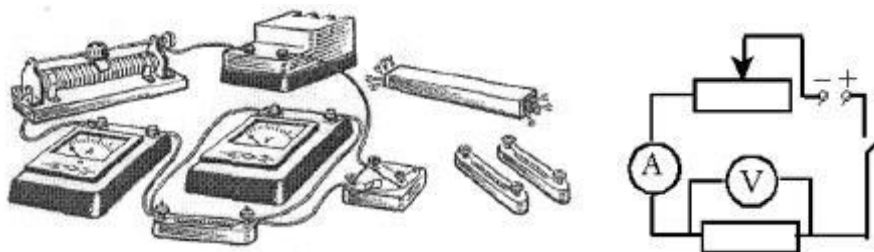
Закон Ома для однородного участка цепи: *сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.*

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

Назван в честь его первооткрывателя **Георга Ома**.

Практическая часть

1. Для выполнения работы соберите электрическую цепь из источника тока, амперметра, реостата, проволочного резистора сопротивлением 2 Ом и ключа. Параллельно проволочному резистору присоедините вольтметр (см. схему).



2. Опыт 1. *Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.* Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Таблица 1. Сопротивление участка 2 Ом

Напряжение, В			
Сила тока, А			

3. По данным опытов постройте график зависимости силы тока от напряжения. Сделайте вывод.

4. Опыт 2. *Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах.* Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор сначала сопротивлением 1 Ом, затем 2 Ом и 4 Ом. При помощи реостата устанавливайте на концах участка каждый раз одно и то же напряжение, например, 2 В. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в табл 2.

Таблица 2. Постоянное напряжение на участке 2 В

Сопротивление			
---------------	--	--	--

участка, Ом			
Сила тока, А			

5. По данным опытов постройте график зависимости силы тока от сопротивления. Сделайте вывод.

6. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что такое электрический ток?
2. Дайте определение силы тока. Как обозначается? По какой формуле находится?
3. Какова единица измерения силы тока?
4. Каким прибором измеряется сила тока? Как он включается в электрическую цепь?
5. Дайте определение напряжения. Как обозначается? По какой формуле находится?
6. Какова единица измерения напряжения?
7. Каким прибором измеряется напряжение? Как он включается в электрическую цепь?
8. Дайте определение сопротивления. Как обозначается? По какой формуле находится?
9. Какова единица измерения сопротивления?
10. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.

Вариант выполнения измерений.

Опыт 1. Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи. Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Таблица 1. Сопротивление участка 2 Ом

Напряжение, В	1	2	3
Сила тока, А	0,5	1,0	1,5

По данным опытов постройте график зависимости силы тока от напряжения. Сделайте вывод.

Опыт 2. Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах. Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор сначала сопротивлением 1 Ом, затем 2 Ом и 4 Ом. При помощи реостата устанавливайте на концах

участка каждый раз одно и то же напряжение, например, 2 В. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в табл 2.

Таблица 2. Постоянное напряжение на участке 2 В

Сопротивление участка, Ом	1	2	4
Сила тока, А	2,0	1,0	0,5

По данным опытов постройте график зависимости силы тока от сопротивления. Сделайте вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15.

Тема: Постоянный электрический ток.

Определение к.п.д. электрического чайника.

Цель: целенаправленное обучение поисковой деятельности, актуализация личностного смысла обучающихся к изучению темы, создание условий для развития навыков общения и совместной деятельности.

Задачи:

Образовательная: экспериментальная работа по определению КПД электроприборов на примере электрочайника, формирование умения устанавливать связь между элементами содержания ранее изученного материала и нового.

Развивающая: развитие навыков мыслительных операций, совершенствование умений формулировать лично – значимые цели, способствовать развитию исследовательских и творческих навыков.

Воспитательная: совершенствование умений работать в паре, формировать способность к самоанализу.

Тип урока: урок – практикум (2 часа)

Оборудование: Электрический чайник, термометр, часы с секундной стрелкой.

Ход урока

1. Организационный момент
2. Инструктаж по технике безопасности при работе с электроизмерительными приборами.
3. **Постановка задачи.**
 - ✓ Вычислить совершённую электрическим током работу
 - ✓ Вычислить количество теплоты, полученное водой и равное полезной работе,
 - ✓ определить на опыте КПД электроприборов на примере электрочайника;
4. Выполнение работы, согласно методическим рекомендациям.

1. Рассмотрите электрочайник. По паспортным данным определите электрическую мощность электроприбора P .
2. Налейте в чайник воду объёмом V , равным 1 л (1 кг)
3. Измерьте с помощью термометра начальную температуру воды t_1 .
4. Включите чайник в электрическую сеть и нагревайте воду до кипения.
5. Определите по таблице температуру кипения воды t_2 .
6. Заметьте по часам промежутки времени, в течение которого нагревалась вода

Δt

Все измерения выполняйте в СИ.

7. Используя данные измерений, вычислите:

а) совершённую электрическим током работу, зная мощность чайника P и время нагревания воды Δt , по формуле $A_{\text{эл.тока}} = P \cdot \Delta t$

б) количество теплоты, полученное водой и равное полезной работе, $Q_{\text{нагр.}} = cm(t_2 - t_1)$

8. Рассчитайте коэффициент полезного действия электрочайника по формуле

$$\eta = \frac{Q}{A} \times 100\% = \frac{cm(t_2 - t_1)}{P \Delta t} \times 100\%$$

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу

$P, \text{Вт}$	$V, \text{м}^3$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, \text{с}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$A_{\text{эл.тока}}, \text{Дж}$	$Q_{\text{нагр.}}, \text{Дж}$	$\eta, \%$

Контрольные вопросы:

1. Как рассчитать количество теплоты, выделяющегося в проводнике при протекании по нему тока, зная сопротивление этого проводника?
2. Почему спираль электрочайника изготавливают из проводника большой площади сечения? Дайте развёрнутый ответ.
3. Приведите примеры других электроприборов, в которых нагревательным элементом является спираль. Чем эти приборы отличаются друг от друга?

Сварщик Почему при электросварке большее количества тепла выделяется именно в месте соединения сварных кусков? (при пропускании тока большой силы через соприкасающиеся на небольшой плоскости металлические детали в месте контакта этих деталей оказывается максимальное сопротивление проходящему току и, следовательно, выделяется максимальное количество тепла).

Автомеханик Почему маломощные приборы невыгодны? Почему при пользовании такими приборами неизбежен перерасход энергии? (Вследствие увеличения времени нагревания воды увеличиваются потери путем конвекции, теплопроводности, излучения)

Вывод.

5. Домашнее задание: подготовить отчёт, повторить закон Джоуля - Ленца.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16.

Тема: Постоянный электрический ток.

Определение температуры нити накаливания.

Цель работы: Определить температуру нити лампы накаливания по вольтамперной характеристике.

Оборудование: Лампа 6,3 В, амперметр, вольтметр (учебные), реостат (100 Ом), ключ, провода, монтажная панель.

Содержание и метод выполнения работы:

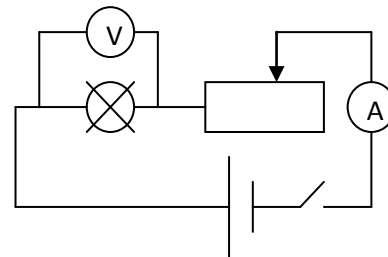
Температуру нити лампы накаливания можно узнать, пользуясь зависимостью сопротивления от температуры: $R_t = R_0(1 + \alpha t)$. Для этого, измерив предварительно сопротивление нити лампы в холодном состоянии тестером, снять вольтамперную характеристику лампы. По найденным значениям силы тока и напряжения найти сопротивление нити и её температуру. Однако необходимо учесть, что сопротивление металлов зависит от температуры не совсем линейно. Особенно это становится заметно при больших перепадах температуры (как в данном случае). Поэтому, при измерении сопротивления в холодном состоянии выбирается $\alpha_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, а в горячем $\alpha_2 = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Порядок выполнения работы

1. Измерьте сопротивление нити лампы в холодном состоянии с помощью тестера. Это даст возможность вычислить сопротивление нити при нуле градусов Цельсия. Для вычисления воспользуйтесь значением термического коэффициента α_1 .

2. Соберите цепь согласно схеме.

3. Снимите ВАХ, перемещая движок реостата (минимум 10 замеров). Результаты занесите в таблицу.



4. Вычислите сопротивление и температуру для каждого замера, используя значение термического коэффициента α_2 и вычисленным R_0 .

5. Постройте ВАХ и зависимость $R = f(t)$.

6. Сделайте выводы.

Контрольные вопросы

1. Чем объясняется зависимость электрического сопротивления металлов от температуры?

2. Каковы основные источники погрешностей измерений в данном эксперименте?

3. Каким способом можно повысить точность измерений в данном эксперименте?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17.

Тема: Постоянный электрический ток.

Изучение явления электромагнитной индукции.

Цель: Выяснить физическую суть явления электромагнитной индукции.

Теория: В 1831 г. английский физик Фарадей доказал, что с помощью магнитного поля можно создать в замкнутом проводнике электрический ток.

С помощью этого явления можно получить электрический ток практически любой мощности, что позволяет широко использовать электрическую энергию в промышленности.

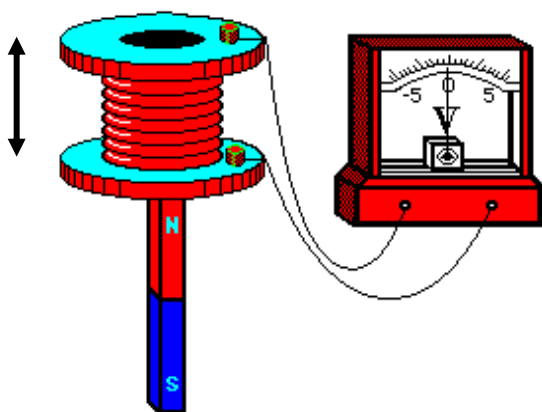
Оборудование: 1. Источник тока. 2. Гальванометр. 3. Магнит дугообразный. 4. Штатив. 5. Соединительные провода. 6. магнит прямой (2 шт.). 7. Реостат на 50 Ом. 8. Трансформатор. 9. Гибкий провод.

Место проведения: Кабинет №38.

Порядок выполнения работы:

Задание 1.

К зажимам гальванометра с малым сопротивлением присоединить длинный отрезок гибкого провода и двигать его относительно магнита, укрепленного на штатив. Наблюдать за показаниями прибора и сделать вывод.



Задание 2.

К зажимам гальванометра присоединить катушку на 220 В от универсального трансформатора. Двигать прямой магнит относительно катушки. Наблюдать за показаниями гальванометра. Сделать вывод.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18.

Тема: Механические колебания.

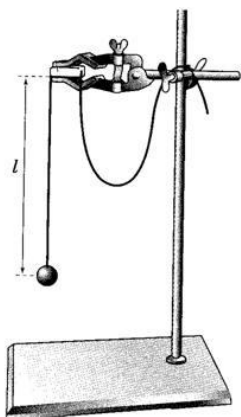
Изучение зависимости периода нитяного маятника от длины нити.

Цель работы: выяснить, как зависит период и частота свободных колебаний математического маятника от его длины.

Пояснение к работе. Рассмотрим колебания нитяного маятника, т.е. небольшого тела, подвешенного на нити, длина которой значительно превышает размеры самого тела. Если тело отклонить от положения равновесия и отпустить, то он начнет колебаться. Сначала маятник движется с нарастающей скоростью вниз. В положении равновесия скорость тела не равна нулю, и он по инерции движется вверх. По достижении наивысшего положения шарик снова начинает двигаться вниз. Это будут свободные колебания маятника. **Свободные колебания** – это колебания, которые возникают в системе под действием внутренних сил, после того, как система была выведена из положения устойчивого равновесия. Колебательное движение характеризуют амплитудой, периодом и частотой колебаний. **Амплитуда колебаний** - это наибольшее смещение колеблющегося тела от положения равновесия. Обозначается A . Единица измерения - метр [1м]. **Период колебаний** - это время, за которое тело совершает одно полное колебание. Обозначается T . Единица измерения - секунда [1с]. **Частота колебаний** - это число колебаний, совершаемых за единицу времени. Обозначается ν . Единица измерения - герц [1Гц]. Тело, подвешенное на невесомой нерастяжимой нити называют **математическим маятником**.

Тело, подвешенное на пружине называют **пружинным маятником**.

Основные формулы гармонического колебания		
Период		Частота
$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	Пружинный маятник 	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$
$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	Математический маятник 	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$



Характер выполняемой работы: _____ частично-поисковый

(репродуктивный, _____, частично-поисковый, поисковый)

Форма организации работы обучающихся: _____
_____ групповая

(фронтальная, групповая, индивидуальная)

Получить у преподавателя. Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, шарик с нитью, секундомер.

Порядок выполнения работы:

- 1) Укрепите кусочек резины с висящим на нём маятником к лапке штатива (длина нити маятника от точки подвеса до середины шарика должна быть равна 5 см)

- 2) Для проведения первого опыта отклоните шарик от положения равновесия на небольшую амплитуду (1-2 см) и отпустите.
- 3) Измерьте промежуток времени t , за который маятник совершит 30 полных колебаний. Результаты измерений запишите в таблицу.
- 4) Проведите остальные 4 опыта так же, как и первый. При этом длину l нити маятника каждый раз устанавливайте в соответствии с её значением в таблице для данного опыта
- 5) Для каждого из 5 опытов вычислите и запишите в таблицу значения периода T колебаний маятника $T = \frac{t}{N}$
- 6) Для каждого из 5 опытов рассчитайте значения частоты ν колебаний маятника по формуле $\nu = \frac{1}{T}$
- 7) Сделайте выводы о том, как зависят период и частота свободных колебаний маятника от длины его нити

№ опыта	1	2	3	4	5
Физическая величина					
Длина нити маятника l , см	5	20	45	80	100
Число полных колебаний N	30	30	30	30	30
Промежуток времени для 30 колебаний t , с					
Период колебаний T , с					
Частота колебаний ν , Гц					

8) Установите длину маятника 1 м и определите зависимость периода от амплитуды колебаний

Номер опыта	Амплитуда колебаний A , см	Время, t , с	Число колебаний, N	Период колебаний, T , с
1	5			
2	3			
3	1			

9) Проанализировать результаты опытов и сделать вывод о зависимости периода нитяного маятника от длины его нити. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Что называют периодом колебаний маятника?
2. Что называют частотой колебаний маятника? Какова единица частоты колебаний?
3. От каких величин и как зависит период колебаний математического маятника?
4. От каких величин и как зависит период колебаний пружинного маятника?
5. Какие колебания называют собственными?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19.

Тема: Электромагнитные колебания.

Индуктивное и емкостное сопротивления в цепи переменного тока.

Цель работы: Изучить зависимость емкостного и индуктивного сопротивления от частоты переменного тока при постоянных параметрах элементов. Оборудование: амперметр, вольтметр, источник тока, резистор, катушка индуктивности, конденсатор, генератор. Теоретическая справка. Произведение циклической частоты ω на индуктивность L называют индуктивным сопротивлением: $X_L = \omega \cdot L$. Величину, обратную произведению циклической частоты ω на емкость C , называют емкостным сопротивлением: $X_C = 1/\omega C$.
Ход работы. I). Катушка в цепи переменного тока.
1. собрать цепь, задать параметры \rightarrow резистор $R = 100 \text{ Ом}$; мощность $P = 500 \text{ Вт}$; индуктивность катушки $L = 100 \text{ мГн} = 0,1 \text{ Гн}$; напряжение на генераторе $U = 100 \text{ В}$

2. Изменяя частоту генератора, записать показания вольтметров (напряжения на резисторе U_R и напряжение на катушке U_L) в таблицу 1 v, Гц 50 100 150 300

U_R , В

U_L , В I , А

X_L , Ом

3. Рассчитать значение токов, текущих в цепи, в зависимости от частоты (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление $I = U_R / R$). Запишите полученные данные в таблицу 1. 4. Определите индуктивные сопротивления для соответствующих частот (для этого надо напряжение на катушке разделить на силу тока $X_L = U_L / I$). Запишите данные в таблицу 1. 5. Построить график зависимости индуктивного сопротивления от частоты переменного тока. 6. Сделайте вывод. (Индуктивное сопротивление прямо пропорционально частоте переменного тока). II). Конденсатор в цепи переменного тока
1. собрать цепь, задать параметры \rightarrow - рабочее напряжение $U = 400 \text{ В}$; емкость конденсатора $C = 10 \text{ мкФ}$; резистор сопротивлением $R = 100 \text{ Ом}$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20.

Тема: Природа света.

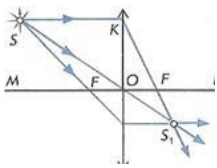
Изучение изображений предметов в тонких линзах.

Цель работы: измерить оптическую силу и фокусное расстояние собирающей линзы одним из способов.

Оборудование: источник света, линейка, линза собирающая, лампочка на стойке, экран, соединительные провода, выключатель.

Теоретическое обоснование: Формула тонкой линзы имеет вид: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D$ (1), где d – расстояние от линзы до объекта, f – расстояние от линзы до изображения, F – фокусное расстояние линзы, D – оптическая сила линзы.

Для того, чтобы убедиться в пригодности формулы тонкой линзы, для вашего случая необходимо измерить с помощью этой формулы оптическую силу этой линзы D при различных значениях d и f , найти абсолютные погрешности измерения D и убедиться, что в пределах точности наших измерений оптическую силу линзы можно считать величиной постоянной, т.е. формула работает.



Это можно сделать, измерив расстояния d от предмета до линзы и расстояния f от линзы до реального изображения на экране.

Реальное перевернутое изображение на экране для собирающей линзы получается, если предмет расположить от линзы на расстоянии большем фокусного. Наблюдаемым предметом может служить светящаяся спираль лампочки.

Простейший способ измерения оптической силы и фокусного расстояния собирающей линзы основан на использовании формулы линзы:

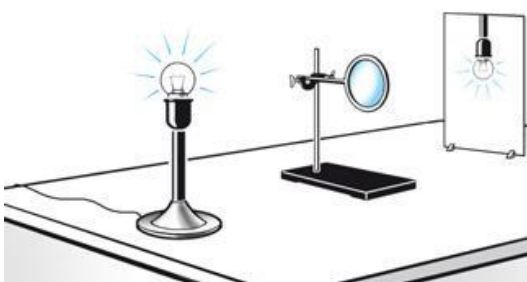
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D \quad (1) \quad \text{или} \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (2)$$

В качестве предмета используется светящаяся лампочка. Действительное изображение нити накала лампочки получают на экране.

Ход работы.

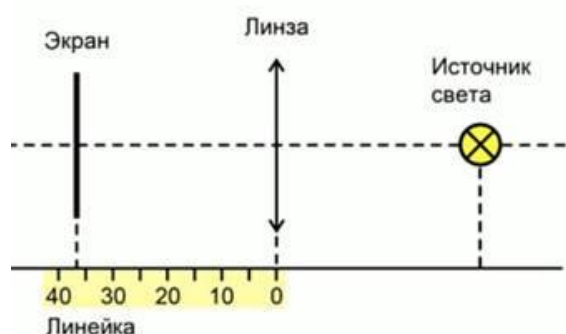
1.Собрал электрическую цепь, подключив лампочку к источнику тока через выключатель.

2.Поставил лампочку и экран по краям стола, между ними поместил линзу.



Перемещая линзу, получил резкое изображение светящейся нити лампочки.

3. Зарисовал схему опыта.



4. Измерил расстояния от лампы до линзы d и от линзы до экрана f .

$$d = 18 \text{ см} = , \quad f = 13 \text{ см} =$$

5. Рассчитал оптическую силу линзы по формуле: $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

6. Рассчитал фокусное расстояние линзы: $F = \frac{1}{D}$.

7. Вывод по работе:

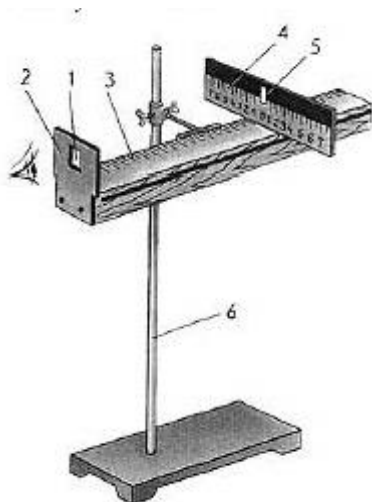
Дополнительное задание: Рассчитать фокусное расстояние линзы, если расстояние от предмета до линзы 3 м, а от линзы до изображения 30 см? Чему равна оптическая сила этой линзы? Чему равно ее увеличение?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21.

Тема: Волновые свойства света. Измерение длины.

Измерение длины световой волны. Градуирование спектра.

Схема установки:

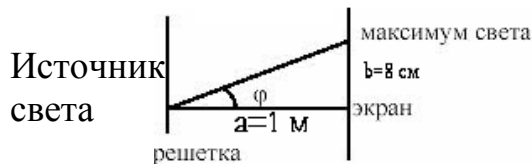


1. Решетка.
2. Держатель.
3. Линейка.
4. Черный экран.
5. Узкая вертикальная щель.

Цель работы: экспериментальное определение световой волны с помощью дифракционной решетки.

Теоретическая часть:

Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделенных непрозрачными помежутками.



Длина волны определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k},$$

Где d – период решетки

k – порядок спектра

φ – угол, под которым наблюдается максимум света

Уравнение дифракционной решетки: $d \sin \varphi = k \lambda$

Поскольку углы, под которыми наблюдается максимумы 1-го и 2-го порядков, не превышают 5° , можно вместо синусов углов использовать их тангенсы.

Следовательно,

$$\operatorname{tg} \alpha = b/a.$$

Расстояние a отсчитывают по линейке от решетки до экрана, расстояние b – по шкале экрана от щели до выбранной линии спектра.

Окончательная формула для определения длины волны имеет вид

$$\lambda = \frac{db}{ka}$$

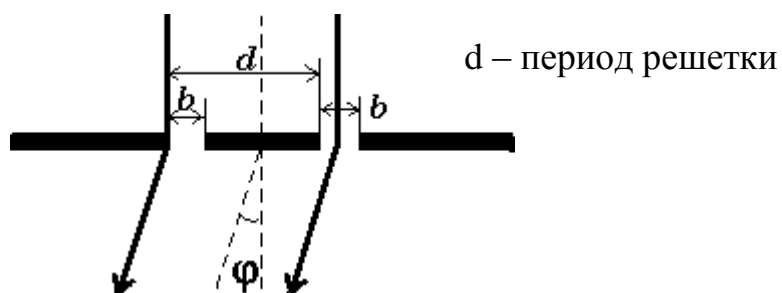
В этой работе погрешность измерений длин волн не оценивается из-за некоторой неопределенности выбора середины части спектра.

Примерный ход работы:

1. $b=8$ см, $a=1$ м; $k=1$; $d=10^{-5}$ м

$$\operatorname{tg} \varphi = \sin \varphi$$

$$\lambda = \frac{10^{-5} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{1} = 800 \text{ нм} \quad (\text{красный цвет})$$



Вывод: Измерив экспериментально длину волн красного света с помощью дифракционной решетки, мы пришли к выводу, что она позволяет очень точно измерить длины световых волн.

Информационное обеспечение обучения

Печатные издания

Основные учебные издания:

1. Дмитриева В. Ф. Физика для профессий и специальностей Чакак, А. А. Физика. Физические основы механики : учебное пособие для СПО / А. А. Чакак. — Саратов : Профобразование, 2020. — 180 с. — ISBN 978-5-4488-0673-5. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/91903> (дата обращения: 31.08.2020).
2. Летута, С. Н. Физика. Электростатика : учебное пособие для СПО / С. Н. Летута, А. А. Чакак. — Саратов : Профобразование, 2020. — 177 с. — ISBN 978-5-4488-0591-2. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92190> (дата обращения: 30.08.2020).

3. Летута, С. Н. Физика. Электростатика : учебное пособие для СПО / С. Н. Летута, А. А. Чакак. — Саратов : Профобразование, 2020. — 177 с. — ISBN 978-5-4488-0591-2. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92190> (дата обращения: 30.08.2020).
4. Чакак, А. А. Молекулярная физика : учебное пособие для СПО / А. А. Чакак ; под редакцией М. Г. Кучеренко. — Саратов : Профобразование, 2020. — 377 с. — ISBN 978-5-4488-0670-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/91895> (дата обращения: 05.09.2020)..
5. Паршаков, А. Н. Физика в задачах. Электромагнетизм : учебное пособие для СПО / А. Н. Паршаков. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 199 с. — ISBN 978-5-4488-0727-5, 978-5-4497-0275-3. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/88766>.
6. Паршаков, А. Н. Физика в задачах. Оптика : учебное пособие для СПО / А. Н. Паршаков. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 146 с. — ISBN 978-5-4488-0728-2, 978-5-4497-0276-0. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/88765> (.
7. Паршаков, А. Н. Физика в задачах. Механика : учебное пособие для СПО / А. Н. Паршаков. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 198 с. — ISBN 978-5-4488-0665-0, 978-5-4497-0263-0. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/88764>
8. Паршаков, А. Н. Физика в задачах. Макросистемы : учебное пособие для СПО / А. Н. Паршаков. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 183 с. — ISBN 978-5-4488-0729-9, 978-5-4497-0277-7. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/88763>
9. Чакак, А. А. Физика : учебное пособие для СПО / А. А. Чакак, С. Н. Летута. — Саратов : Профобразование, 2020. — 541 с. — ISBN 978-5-4488-0667-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92191>
10. Чакак, А. А. Молекулярная физика : учебное пособие для СПО / А. А. Чакак ; под редакцией М. Г. Кучеренко. — Саратов : Профобразование, 2020. — 377 с. — ISBN 978-5-4488-0670-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/91895>

Дополнительные учебные издания:

11. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных федеральными конституционными законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ) // СЗ РФ. — 2009. — № 4. — Ст. 445.
12. Федеральный закон от 29.12. 2012 № 273-ФЗ (в ред. федеральных законов от 07.05.2013 № 99-ФЗ, от 07.06.2013 № 120-ФЗ, от 02.07.2013 № 170-ФЗ, от 23.07.2013 № 203-ФЗ, от 25.11.2013 № 317-ФЗ, от 03.02.2014 № 11-ФЗ, от 03.02.2014 № 15-ФЗ, от 05.05.2014 № 84-ФЗ, от 27.05.2014 № 135-ФЗ, от 04.06.2014 № 148-ФЗ, с изм., внесенными Федеральным законом от 04.06.2014 № 145-ФЗ) «Об образовании в Российской Федерации».
13. Приказ Министерства образования и науки РФ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования» (зарегистрирован в Минюсте РФ 07.06.2012 № 24480).
14. Приказ Минобрнауки России от 29.12.2014 № 1645 «О внесении изменений в Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413 “Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования”».
15. Письмо Департамента государственной политики в сфере подготовки рабочих кадров и ДПО Минобрнауки России от 17.03.2015 № 06-259 «Рекомендации по организации получения среднего общего образования в пределах освоения образовательных программ среднего профессионального образования на базе основного общего образования с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов и получаемой профессии или специальности среднего профессионального образования». Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 25.06.2012, с изм. от 05.03.2013) // СЗ РФ. — 2002. — № 2. — Ст. 133.

Электронные издания (электронные ресурсы)

16. [www. fcior. edu. ru](http://www.fcior.edu.ru) (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).
17. [www. dic. academic. ru](http://www.dic.academic.ru) (Академик. Словари и энциклопедии).
18. [www. booksgid. com](http://www.booksgid.com) (Books Gid. Электронная библиотека).
19. [www. globalteka. ru](http://www.globalteka.ru) (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
25. [www. window. edu. ru](http://www.window.edu.ru) (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
20. [www. st-books. ru](http://www.st-books.ru) (Лучшая учебная литература).
21. [www. school. edu. ru](http://www.school.edu.ru) (Российский образовательный портал. Доступность, качество, эффективность).
22. [www. ru/book](http://www.ru/book) (Электронная библиотечная система).
23. [www. alleng. ru/edu/phys. htm](http://www.alleng.ru/edu/phys.htm) (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
24. [www. school-collection. edu. ru](http://www.school-collection.edu.ru) (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).

25. <https://fiz.1september.ru> (учебно-методическая газета «Физика»).
26. www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).
27. www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).
28. www.college.ru/fizika (Подготовка к ЕГЭ).
29. www.kvant.mcsme.ru (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»).