Приложение 2.6.1 к ОПОП-П по специальности 13.02.13 Эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОУП.06 ФИЗИКА

для обучающихся специальности
13.02.13 ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ)

Магнитогорск, 2025

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования с учетом получаемой специальности.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений решать задачи по физике, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических законов, зависимостей.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Физика» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

Выполнение практических и лабораторных работ обеспечивает достижение обучающимися следующих **результатов:**

- ПРб1 сформированность представлений о роли и месте физики и астрономии в современной научной картине мира, о системообразующей роли физики в развитии естественных наук, техники и современных технологий, о вкладе российских и зарубежных ученых-физиков в развитие науки; понимание физической сущности наблюдаемых явлений микромира, макромира и мегамира; понимание роли астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии, роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;
- ПРб2 сформированность умений распознавать физические явления (процессы) и объяснять их на основе изученных законов: равномерное и равноускоренное прямолинейное движение, свободное падение тел, движение по окружности, инерция, взаимодействие тел, колебательное движение, резонанс, волновое движение; диффузия, броуновское движение, строение жидкостей и твердых тел, изменение объема тел при нагревании (охлаждении), тепловое равновесие, испарение, конденсация, плавление, кристаллизация, кипение, влажность воздуха, связь средней кинетической энергии теплового движения молекул с абсолютной температурой, повышение давления газа при его нагревании в закрытом сосуде, связь между параметрами состояния газа в изопроцессах; электризация тел, взаимодействие зарядов, нагревание проводника с током, взаимодействие магнитов, электромагнитная индукция, действие магнитного поля на проводник с током и движущийся заряд, электромагнитные колебания и волны, прямолинейное распространение света, отражение, преломление, интерференция, дифракция и поляризация света, дисперсия света; фотоэлектрический эффект, световое давление, возникновение линейчатого спектра атома водорода, естественная и искусственная радиоактивность;
- ПРб3 владение основополагающими физическими понятиями и величинами, характеризующими физические процессы (связанными с механическим движением, взаимодействием тел, механическими колебаниями и волнами; атомно-молекулярным строением вещества, тепловыми процессами; электрическим и магнитным полями, электрическим током, электромагнитными колебаниями и волнами; оптическими явлениями; квантовыми явлениями, строением атома и атомного ядра, радиоактивностью); владение основополагающими астрономическими понятиями, позволяющими характеризовать процессы, происходящие на звездах, в звездных системах, в межгалактической среде; движение небесных тел, эволюцию звезд и Вселенной;
- ПРб4 владение закономерностями, законами и теориями (закон всемирного тяготения, I, II и III законы Ньютона, закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса, принцип суперпозиции сил, принцип равноправности инерциальных систем отсчета; молекулярно-кинетическую теорию строения вещества, газовые законы, первый закон

термодинамики; закон сохранения электрического заряда, закон Кулона, закон Ома для участка цепи, закон Ома для полной электрической цепи, закон Джоуля - Ленца, закон электромагнитной индукции, закон сохранения энергии, закон прямолинейного распространения света, закон отражения света, закон преломления света; закон сохранения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения электрического заряда, закон сохранения массового числа, постулаты Бора, закон радиоактивного распада); уверенное использование законов и закономерностей при анализе физических явлений и процессов;

● ПРб5 умение учитывать границы применения изученных физических моделей: материальная точка, инерциальная система отсчета, идеальный газ; модели строения газов, жидкостей и твердых тел, точечный электрический заряд, ядерная модель атома, нуклонная модель атомного ядра при решении физических задач;

● ПРб6 владение основными методами научного познания, используемыми в физике: проводить прямые и косвенные измерения физических величин, выбирая оптимальный способ измерения и используя известные методы оценки погрешностей измерений, проводить исследование зависимостей физических величин с использованием прямых измерений, объяснять полученные результаты, используя физические теории, законы и понятия, и делать выводы; соблюдать правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента и учебно-исследовательской деятельности с использованием цифровых измерительных устройств и лабораторного оборудования; сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний;

● ПРу1 сформированность понимания роли физики в экономической, технологической, социальной и этической сферах деятельности человека; роли и места физики в современной научной картине мира; роли астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии;

● ПРу2 сформированность системы знаний о физических закономерностях, законах, теориях, действующих на уровнях микромира, макромира и мегамира, представлений о всеобщем характере физических законов; представлений о структуре построения физической теории, что позволит осознать роль фундаментальных законов и принципов в современных представлениях о природе, понять границы применимости теорий, возможности их применения для описания естественнонаучных явлений и процессов;

● ПРу3 сформированность умения различать условия применимости моделей физических тел и процессов (явлений): инерциальная система отсчета, материальная точка, равноускоренное движение, свободное падение, абсолютно упругая деформация, абсолютно упругое и абсолютно неупругое столкновения, моделей газа, жидкости и твердого (кристаллического) тела, идеального газа, точечный заряд, однородное электрическое поле, однородное магнитное поле, гармонические колебания, математический маятник, идеальный пружинный маятник, гармонические волны, идеальный колебательный контур, тонкая линза; моделей атома, атомного ядра и квантовой модели света;

● ПРу4 сформированность умения объяснять особенности протекания физических явлений: механическое движение, тепловое движение частиц вещества, тепловое равновесие, броуновское движение, диффузия, испарение, кипение и конденсация, плавление и кристаллизация, направленность теплопередачи, электризации тел, эквипотенциальности поверхности заряженного проводника, электромагнитной индукции, самоиндукции, зависимости сопротивления полупроводников "p-" и "n-типов" от температуры, резонанса, интерференции волн, дифракции, дисперсии, полного внутреннего отражения, фотоэффект, физические принципы спектрального анализа и работы лазера, "альфа-" и "бета-" распады ядер, гамма-излучение ядер;

● ПРу5 сформированность умений применять законы классической механики, молекулярной физики и термодинамики, электродинамики, квантовой физики для анализа и объяснения явлений микромира, макромира и мегамира, различать условия (границы, области) применимости физических законов, понимать всеобщий характер фундаментальных законов (закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса, закон всемирного тяготения, первый закон термодинамики, закон сохранения электрического заряда, закон

сохранения энергии) и ограниченность использования частных законов; анализировать физические процессы, используя основные положения, законы и закономерности; относительность механического движения, формулы кинематики равноускоренного движения, преобразования Галилея для скорости и перемещения, три закона Ньютона, принцип относительности Галилея, закон всемирного тяготения, законы сохранения импульса и механической энергии, связь работы силы с изменением механической энергии, условия равновесия твердого тела; связь давления идеального газа со средней кинетической энергией теплового движения и концентрацией его молекул, связь температуры вещества со средней кинетической энергией его частиц, связь давления идеального газа с концентрацией молекул и его температурой, уравнение Менделеева-Клапейрона, первый закон термодинамики, закон сохранения энергии в тепловых процессах; закон сохранения электрического заряда, закон Кулона, потенциальность электростатического поля, принцип суперпозиции электрических полей, закона Кулона; законы Ома для участка цепи и для замкнутой электрической цепи, закон Джоуля-Ленца, закон электромагнитной индукции, правило Ленца, постулаты специальной теории относительности Эйнштейна, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, первый и второй постулаты Бора, принцип неопределенности Гейзенберга, закон сохранения заряда, массового числа и энергии в ядерных реакциях, закон радиоактивного распада;

- ПРу8 сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний; владение умениями самостоятельно формулировать цель исследования (проекта), выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами; планировать и проводить физические эксперименты, описывать и анализировать полученную при выполнении эксперимента информацию, определять достоверность полученного результата;
- ПРу 11 овладение различными способами работы с информацией физического содержания с использованием современных информационных технологий, развитие умений критического анализа и оценки достоверности получаемой информации;
- ПРу 12 овладение организационными и познавательными умениями самостоятельного приобретения новых знаний в процессе выполнения проектных и учебно-исследовательских работ, умениями занятиеть в группе с выполнением различных социальных ролей, планировать работу группы, рационально распределять деятельность в нестандартных ситуациях, адекватно оценивать вклад каждого из участников группы в решение рассматриваемой проблемы;
- МР 8 способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;
- МР 9 владеть навыками получения информации из источников разных типов, самостоятельно осуществлять поиск, анализ, систематизацию и интерпретацию информации различных видов и форм представления;
- МР 10 формирование научного типа мышления, владение научной терминологией, ключевыми понятиями и методами;
- МР 21 выявлять причинно-следственные связи и актуализировать задачу, выдвигать гипотезу ее решения, находить аргументы для доказательства своих утверждений, задавать параметры и критерии решения;
- МР 17 уметь переносить знания в познавательную и практическую области жизнедеятельности;
- МР 13 овладение видами деятельности по получению нового знания, его интерпретации, преобразованию и применению в различных учебных ситуациях, в том числе при создании учебных и социальных проектов;

- ЛР 13 готовность и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни;
- ЛР 14 осознание личного вклада в построение устойчивого будущего
- ЛР 23 готовность к труду, осознание ценности мастерства, трудолюбие;

● ЛР 26 способность оценивать ситуацию и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные нормы и ценности;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению ***профессиональными компетенциями:***

ПК 1.1 Выполнять операции по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования.

А также формированию *общих 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 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Выполнение обучающихся практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Физика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические или лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
Практические работы

Тема 2.1. Кинематика
Практическое занятие №1
Решение задач по кинематике. Уравнения движения.

Цель: научиться различать виды механического движения в зависимости от формы траектории и скорости перемещения тела, рассчитывать его параметры, научиться изображать графически различные виды механических движений, записывать уравнения движения, различать его относительность; научиться формулировать следующие понятия : механическое движение, скорость и ускорение, система отсчета, механический принцип относительности.

Выполнение работы способствует формированию: ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

Материальное обеспечение:

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Указание:

Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Задание:

1. **Письменно ответьте на следующие вопросы:**
   - Кинематический закон движения для координатного способа определения движения материальной точки.
   - Кинематический закон движения для естественного движения для векторного способа определения движения.
   - Кинематический закон движения для естественного способа определения движения.
   - Как найти вектор скорости для конкретного, векторного и естественного способов определения движения?
   - Как найти вектор ускорения для разных способов определения движения?
2. **Используя формулы для расчета параметров движения тел, решить задачи.**
3. **Проанализировать графики движения тел, описать характер движения.**

Порядок выполнения работы:

1. Повторить основные вопросы кинематики.
2. Решить задачи по вариантам.
3. Оформить отчет в тетради для практических работ.

1. **Теоретическая часть**

Одномерное движение. Движение с постоянной скоростью.

Пусть тело движется в направлении оси X с постоянной скоростью v и за время $\Delta t = t - t_0$ проходит путь $\Delta x = x - x_0$. Средняя скорость

$$\boxed{v_{ср} = \frac{\Delta x}{\Delta t}}.$$

Движение с переменной скоростью. Ускорение

Если тело движется направлении оси Xс

переменной скоростью v(t), то, графики $X(t)$ и v(t) имеют вид:

При этом говорят, что тело движется с ускорением.

Ускорение ($\vec{a}$) – скорость изменения скорости.

Если за время $\Delta t = t - t_0$ изменение скорости $\Delta\vec{\mathrm{v}} = \vec{\mathrm{v}} - \vec{\mathrm{v}}_0$, то среднее ускорение: $\boxed{\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\Delta\vec{\mathrm{v}}}{\Delta t}}$ $[a] = 1\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Из $a = \frac{\mathrm{v} - \mathrm{v}_0}{\Delta t} \Rightarrow \mathrm{v} = \mathrm{v}_0 + a\Delta t$ или $\boxed{\mathrm{v(t)} = \mathrm{v}_0 + a\Delta t}$

$\boxed{x(t) = x_0 + \mathrm{v}_0\Delta t + \frac{a\Delta t^2}{2}}$ Если $\vec{\mathrm{v}}_0$ и $\vec{a}$ сонаправлены, то скорость движения тела возрастает, a имеет знак «+»; в противном случае скорость уменьшается и a имеет знак «–».

Если время движения t неизвестно, то $\boxed{x(t) = x_0 + \frac{\mathrm{v}^2(t) - \mathrm{v}_0^2}{2a}}$.

2. Примеры решения задач

1. Пассажирский поезд идет со скорость 72 км/ч. По соседнему пути движется навстречу товарный поезд длиной 140 м со скоростью 54 км/ч. Сколько времени пассажир, стоящий у окна, будет видеть проходящий мимо него товарный поезд?

Дано:	СИ	*Решение:*
υ_1 = 72 км/ч	20 м/с	Относительная скорость движения обоих поездов $\upsilon = \upsilon_1 + \upsilon_2$.
υ_2 = 54 км/ч	15 м/с	Следовательно, время, в течение которого мимо пассажирского
l = 140 м		поезда пройдет товарный, определим по формуле: $t = \frac{l}{\upsilon}$
t - ?		Подставляем данные: $t = \frac{140}{20+15} = 4$ *с.*

Ответ: 4 с.

2. Посадочная скорость пассажирского самолета 135 км/ч, а длина пробега его 500 м. Определить время пробега по посадочной полосе и ускорение самолета, считая движение равнозамедленным.

Дано:	СИ	*Решение:*
υ_0 = 135 км/ч	37,5 м/с	Время пробега самолета при посадке находим из формулы пути
S = 500 м		$S = \upsilon_0 t + \frac{at^2}{2}$, где a для равнозамедленного движения определится
υ = 0 м/с		из формулы: $\upsilon = \upsilon_0 + at$ или $a = -\frac{\upsilon_0}{t}$. Следовательно,
t - ? , a - ?		$S = \upsilon_0 t - \frac{\frac{\upsilon_0}{t}t^2}{2}$, откуда $\boldsymbol{t = \frac{2S}{\upsilon_0}}$. Подставляем данные: $t = \frac{2 \cdot 500}{37,5} = 27$ с.
		Ускорение $\boldsymbol{a = -\frac{\upsilon_0}{t}}$; $a = \frac{37,5}{27} = -1,4$ м/с^2

Ответ: 27 с, - 1,4 м/с^2.

3. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, за пятую секунду прошло путь 18 м. Чему равно ускорение и какой путь тело прошло за 5 с?

Дано: | *Решение:*

$t_5 - t_4 = 1$ с | Путь, пройденный телом за пятую секунду $S = S_5 - S_4 = \frac{at_5^2}{2} - \frac{at_4^2}{2}$.

S = 18 м | Отсюда $a = \frac{2S}{t_5^2 - t_4^2}$; $a = \frac{2 \cdot 18}{25-16} = 4$ м/с^2.

t = 5 с | Путь, пройденный телом за 5 секунд $S_5 = \frac{at^2}{2}$; $S_5 = \frac{4 \cdot 25}{2} = 50$ м.

S_5 - ? , a - ?

Ответ: 4 м/с^2; 50 м.

4. В последнюю секунду свободно падающее тело прошло половину своего пути. Сколько времени и с какой высоты падало тело?

Дано: | *Решение:*

$h_n - h_{n-1} = \frac{1}{2}h_n$ | Путь, пройденный за все время падения: $h_n = \frac{gt^2}{2}$.

g = 9,8 м/с^2 | До последней секунды тело прошло путь $\frac{h_n}{2} = \frac{g(t-1)^2}{2}$

t - ? h_n - ? | Следовательно, $\frac{gt^2}{2} = g(t-1)^2$ или $t^2 - 4t + 2 = 0$.

Отсюда $t = 2 + \sqrt{2} = 3{,}4$ с. Высота падения $h_n = \frac{9{,}8 \cdot 3{,}4^2}{2} \approx 57$ м

Ответ: 3,4 с; 57 м .

5. Камень падает в шахту. Через 6 с слышен удар камня о дно шахты. Определить глубину шахты, если скорость звука 330 м/с.

Дано: | *Решение:*

t = 6 с | Если обозначить через t_1 время падения камня, то время распространения

υ = 330 м/с | звука $t - t_1$. Путь, пройденный камнем при свободном падении $h = \frac{gt_1^2}{2}$, а

g = 9,8 м/с^2 | звуком – $h = \upsilon (t - t_1)$. Следовательно, $\frac{gt_1^2}{2} = \upsilon (t - t_1)$ или $gt_1^2 + 2\upsilon t_1 - 2\upsilon t = 0$

h - ? | *Решив данное уравнение, получим* $t_1 = 5{,}5$ с. Глубина шахты $h = \frac{gt_1^2}{2}$;

$h = \frac{9{,}8 \cdot 5{,}5^2}{2} = 148$ м

Ответ: 148 м.

Задания для самостоятельной работы

Вариант № 1

1. Самолет ИЛ – 86, двигаясь равномерно со скоростью 900 км/ч, в течение 9с совершил такое же перемещение, что и самолет Як – 42 за 10 с. Определите скорость Як – 42.

2. Графики каких движений тел показаны на рис. 1? По графику определите: 1) в какой момент времени тела встретились; 2) какие пути тела прошли до встречи.

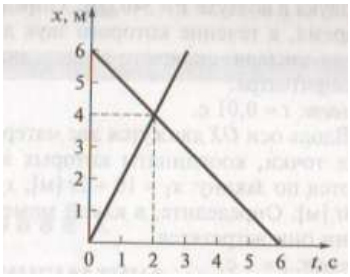


рис.1.

3. Поезд через 10 с после начала движения приобретает скорость 0,6 м/с. Через какое время от начала движения скорость поезда станет равна 3 м/с?

4. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением 0,4 м/с2 , увеличит свою скорость с 12 до 20 м/с?

5. Пуля в стволе автомата Калашникова движется с ускорением 616 м/с2 . Какова скорость вылета пули, если длина ствола 41,5 см?

6. Тело, двигаясь прямолинейно с ускорением 5 м/с2 , достигло скорости 30 м/с, а затем, двигаясь равнозамедленно, остановилось через 10 с. Определите путь, пройденный телом.

7. Тело свободно падает с высоты 125,5 м. Определите время падения и скорость тела в момент удара о Землю.

Вариант № 2

1. Среднее расстояние между Землей и Солнцем 1 астрономическая единица (1 а.е. = 1,496· 1011 м). Определите время прохождения света от Солнца до Земли. Скорость света в вакууме с = 3· 108м/с.

2. На рис. 2. представлен график зависимости координаты тела от времени. По графику определите: 1) сколько времени тело находилось в движении; 2) чему равно его перемещение.

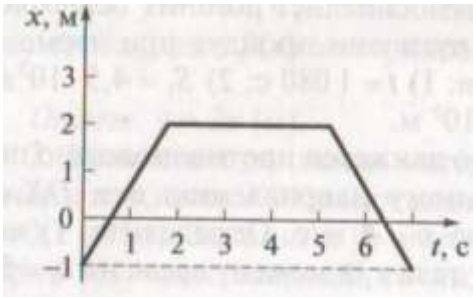


рис.2.

3. Велосипедист движется под уклон с ускорением 0,3 м/с 2 . Какую скорость приобретет велосипедист через 20 с, если его начальная скорость равна 4 м/с?

4. Скорость поезда за 20 с уменьшилась с 72 до 54 км/ч. Написать формулу зависимости скорости от времени $\upsilon x(t)$ и построить график этой зависимости.

5. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, остановился через 5 с. Найти тормозной путь.

6. Уклон длиной 100 м лыжник прошел за 20 с, двигаясь с ускорением 0,3 м/с 2 . Какова скорость лыжника в начале и в конце уклона?

7. Тело свободно падает в течение 4 с. Определите высоту, с которой падает тело, и скорость в момент удара о Землю.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

1. *Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
2. *Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
3. *Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
4. *Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 2.1. Кинематика

Практическое занятие №2
Решение задач на параметры вращательного движения

Цель: научиться решать задачи на параметры вращательного движения

Выполнение работы способствует формированию: ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Задание:

1 Ответьте на следующие вопросы:

- Какую формулу можно использовать для нахождения пути, если точка прошла при криволинейном движении?
- Докажите формулу, связывающую векторы линейной и угловой скорости.
- Почему равны векторы тангенциального и нормального ускорения в случае криволинейного движения материальной точки? Как найти модули этих векторов?
- Чему равны векторы тангенциального и нормального ускорения и их модули для вращательного движения материальной точки?
- Как связан вектор полного ускорения с векторами углового ускорения и угловой скорости для вращательного движения?

Порядок выполнения работы:

1. Ответьте письменно на вопросы представленные выше.
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Краткие теоретические сведения:

Пусть тело движется по окружности радиуса R с постоянной по значению скоростью v (линейной скоростью) и за время Δt переместилось на $\Delta\vec{S}$ из т. А в т. В. Вектор $\vec{v}$ направлен по касательной к окружности и меняет направление, т.е. можно говорить об изменении скорости $\Delta\vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$, отличном от нуля. Отсюда: $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \neq \vec{0}$.

Центростремительное ускорение ($\vec{a}$) – скорость изменения направления вектора скорости.

Определим $|\vec{a}_{ср}| = a_{ср}$.

Из подобия треугольников OAB и CBD $\Rightarrow \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta S}{R} \Rightarrow \Delta v = \frac{v \cdot \Delta S}{R}$.

$a_{ср} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \cdot \Delta S}{R\Delta t}$; при $\Delta t \to 0$ $a_{ср} \to a$ и $\frac{\Delta S}{\Delta t} \to v \Rightarrow \boxed{a = \frac{v^2}{R}}$.

Вектор $\vec{a}$ направлен по радиусу к центру окружности.

Период обращения точки по окружности (T) – время, за которое точка описывает одну окружность.

$\boxed{T = \frac{2\pi R}{v}}$ $[T] = 1$ с Из $a = \frac{v^2}{R}$ и $v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow \boxed{a = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot R}$.

Частота обращения точки по окружности (ν) – количество полных оборотов, совершаемых точкой в единицу $\boxed{\nu = \frac{1}{T}}$ времени. $[\nu] = 1\frac{1}{с}$; $\boxed{\nu = \frac{v}{2\pi R}}$ $\boxed{a = 4\pi^2\nu^2 R}$.

Угловая скорость обращения точки по окружности (w) – скорость изменения угла поворота $\Delta\varphi$ радиуса R, соединяющего точку с центром $\boxed{w = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}}$ окружности. $[w] = 1\frac{рад}{с}$ $\boxed{w = \frac{2\pi}{T}}$

$\Rightarrow \boxed{w = 2\pi\nu}$; $w = 2\pi\frac{v}{2\pi R} = \frac{v}{R} \Rightarrow \boxed{v = wR}$; $\boxed{v = 2\pi\nu R}$; $a = \frac{v^2}{R} = \frac{w^2R^2}{R} \Rightarrow \boxed{a = w^2R}$.

2. Решите задачи для самостоятельной работы.

1. Автомобиль движется по закруглению радиусом 100 метров со скоростью 36 км/ч. Определить его центростремительное ускорение. (отв.: 1 м/с)
2. Автомобиль движется по закруглению радиусом 80 метров со скоростью 54 км/ч. Определить его центростремительное ускорение.
3. Точильный круг радиусом 10 см делает один оборот за 0,2 с. Найдите скорость точек, наиболее удаленных от оси вращения.
4. Самолёт, выходя из пике, движется по траектории, которая в нижней части является дугой окружности радиусом 800 м. Вычислите ускорение самолёта при его движении, если его скорость равна 720 км/ч. (отв.: 50 м\с^2)
5. Спутник движется по круговой орбите на высоте 630 км. Период обращения спутника 97, 5 минут. Определите его линейную скорость и центростремительное ускорение. Радиус Земли 6370 км. (Отв.: 7514 м/с; 8,1 м/с^2)
6. Время одного оборота вокруг оси равно 24 часа. Вычислите угловую и линейную скорости вращения точек на экваторе. Радиус Земли считать равным 6400 км (отв.: 0,0007 рад/с; 448 м/с).
7. Период обращения первого космического корабля – спутника Земли «Восток» равнялся 90 минут. Средняя высота спутника над Землёй была равна 320 км. Радиус Земли 6400 км. Вычислите скорость корабля.
8. Какова скорость движения автомобиля, если его колеса радиусом 30 см делают 600 оборотов в минуту?
9. Луна движется вокруг Земли на расстоянии 380000 км от неё, совершая один оборот за 27,3 суток. Вычислите центростремительное ускорение Луны.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 2.2. Динамика
Практическое занятие №3
Решение задач по теме «Виды сил в механике. Сила трения покоя, скольжения, качения, вращения»

Цель: раскрыть содержание законов Ньютона и особенности сил различной природы; закрепить умения и навыки решения задач на второй закон Ньютона, когда на тело действуют несколько сил.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Краткие теоретические сведения:

Динамика. Основные понятия

Инерция – явление сохранения скорости движения тела при отсутствии внешних воздействий.

Инертность – свойство тел, проявляющееся в том, что при одинаковых внешних воздействиях разные тела приобретают разные ускорения.

Масса (m) – мера инертности тел. $[m]$ = 1 кг. $\boxed{\frac{a_1}{a_2}=\frac{m_2}{m_1}}$

За эталон массы (1 килограмм) принята масса международного прототипа килограмма.

Из опытов известно, что ускорения, получаемые телами при взаимодействии, обратно пропорциональны их массам: .

Если массу какого-либо тела принять за эталон, то можно измерить массу других тел:

$$[\rho]=1\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \qquad \boxed{m_{\text{ТЕЛА}}=\frac{m_{\text{эт}}\cdot a_{\text{эт}}}{a_{\text{ТЕЛА}}}}$$

Плотность тела (□) – отношение массы тела $\boxed{\rho=\frac{m}{V}}$ m к его объему V.

Сила ($\vec{F}$) – мера механического действия одного тела на другое. [F] = 1 Н – ньютон.

Сила имеет направление, т. е. *сила-вектор*.

Сила всегда приложена к тому телу, название которого следует в предложении после предлога «на».

Силовое поле – особый вид материи, посредством которого передаётся действие силы.

Равнодействующая (результирующая) сил ($\vec{R}$) –сила, равная векторной сумме данных сил $\vec{F}_i$. $\vec{R}=\sum\vec{F}_i$

Давление (p) – отношение силы к площади поверхности, на которую она действует в перпендикулярном направлении.

$\boxed{p=\frac{F}{S}}$ $[p]=1\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}=$ 1 Па – паскаль

Импульс тела ($\vec{p}$)– векторная мера механического движения, равная произведению массы тела на его скорость. $\boxed{\vec{p}=m\cdot\vec{\text{v}}}$ $[p]=1\frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$

Импульс силы ($\overrightarrow{F\cdot\Delta t}$) – векторная мера действия силы, равная произведению силы на время её действия. [F·□t] = 1 Н·с.

Законы Ньютона

Обобщив результаты своих исследований и, учтя работу Галилея «О движении тел по инерции», Ньютон сформулировал законченное положение, известное как первый закон Ньютона:

Существуют системы отсчета, относительно которых тело находится в покое либо движется прямолинейно и равномерно, если равнодействующая всех приложенных к нему сил равна нулю.

Инерциальная система отсчёта (ИСО) – система отсчёта, в которой выполняется первый закон Ньютона. $\boxed{\vec{F}=m\cdot\vec{a}}$

Из $\vec{F}=\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}=\frac{m\Delta\vec{\text{v}}}{\Delta t}=m\vec{a}$ получаем второй закон Ньютона:

для тела постоянной массы скорость изменения импульса равна произведению массы на ускорение.

Второй закон Ньютона работает только в ИСО и при условии, что масса тела и действующие на него силы постоянны.

Второй закон Ньютона справедлив для равнодействующей $\vec{R}$ всех сил, приложенных к телу, поэтому, прежде чем решать задачи с его применением, надо определить $\vec{R}$.

Третий закон Ньютона:

Силы, с которыми два тела действуют $\boxed{\vec{F}_1 = -\vec{F}_2}$ друг на друга, численно равны и направлены в противоположные стороны по одной прямой.

Третий закон Ньютона работает только в ИСО.

Закон всемирного тяготения

Полагая, что все тела Вселенной взаимно притягиваются, Ньютон в 1682 г. сформулировал закон всемирного тяготения: все тела притягиваются друг к другу с силами, прямо пропорциональными произведению их масс и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними.

$$\boxed{F_{12} = \frac{\gamma \cdot m_1 \cdot m_2}{R^2}}$$

где F_{12} – сила взаимного притяжения тел масс m_1 и m_2;

γ – гравитационная постоянная. $\gamma = 6{,}6720 \cdot 10^{-11}$ Нм^2/кг^2.

Силы в природе

Сила тяжести ($\vec{F}_{тяж}$) – сила, сообщающая телу ускорение свободного падения. $\boxed{\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}}$

Сила тяжести направлена вертикально вниз (перпендикулярно касательной к поверхности Земли).

Реакция($\vec{N}$) – сила действия опоры (подвеса) на тело.

Вес тела ($\vec{P}$) – сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие притяжения к Земле.

Невесомость – исчезновение веса тела при движении опоры с ускорением свободного падения.

Перегрузка – увеличение веса тела при движении опоры с ускорением вверх.

Сила упругости ($\vec{F}_у$) – сила, $\boxed{\vec{F}_y = -k\vec{x}}$ возникающая в теле при деформации.

закон Гука: сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна его абсолютной деформации и направлена в сторону, противоположную перемещению частиц тела:

Сила трения покоя ($\vec{F}_{тр.п.}$) – сила, возникающая на границе соприкосновения тел при отсутствии их движения относительно друг друга.

μ – коэффициент трения (зависит от $\boxed{F_{тр} = \mu N}$ материалов трущихся поверхностей).

Сила тяжести – это гравитационная сила, с которой Земля притягивает к себе тела: F = mg, где g – ускорение свободного падения, g = 9,8 м/с2. .

Ускорение свободного падения зависит от: 1) R Земли (географической широты): чем R Земли ↑ (экватор), тем g ↓ 2) h – высоты тела над поверхностью Земли: чем h ↓, тем g ↓. Для любого космического тела Fтяж пл = G Мпл$\boldsymbol{m}$ /($\boldsymbol{R}$+$\boldsymbol{h}$) **2**

Минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно могло двигаться вокруг Земли по круговой орбите (ИСЗ) - первая космическая скорость υ1 = 7,9 км/с.

Минимальная скорость, при которой тело преодолевает земное притяжение и становится спутником Солнца (орбита = парабола) – вторая космическая скорость υ2 = 11,2 км/с.

Скорость, при которой тело преодолевает притяжение Солнца и покидает Солнечную систему – третья космическая скорость υ3 = 16,7 км/с.

Сила трения: возникает вдоль поверхности двух трущихся тел из-за деформации этих поверхностей и направлена вдоль поверхности против смещения. Природа – электромагнитная. ***F***тр = μ N , где N − сила реакции опоры, μ – коэффициент трения. Сила трения бывает: покоя, скольжения, качения и жидкое трение. Если трение полезно – его увеличивают (шурупы, песок, шиповки, рукавицы и т.д.), а если вредно – уменьшают (подшипники, смазка, обтекаемая форма и т.д.). Сила упругости – возникает при деформации тел. Природа – электромагнитная.

Деформация бывает упругая (растяжение - сжатие, изгиб, сдвиг – срез, кручение) и пластическая (не исчезает после прекращения воздействия.

Для упругой деформации выполняется закон Гука: сила упругости прямо пропорциональна удлинению тела: F = − kΔl, где k – жесткость тела, Δl – его удлинение. Знак «−» указывает, что Fупр направлена противоположно смещению частиц тела.

Вес тела – это сила, с которой тело, вследствие его притяжения к Земле, действует на опору или подвес: P = mg, где P – вес тела, g – ускорение свободного падения, g = 9,8 м/с2 .

В этом случае опора или подвес находятся в состоянии равномерного прямолинейного движения относительно Земли. Однако, вес может быть больше или меньше силы тяжести. Если опора или подвес движутся ускоренно вниз, то вес P = m(g−a).

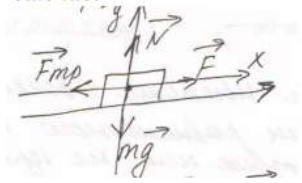
Если опора или подвес движутся ускоренно вверх, то вес P = m(g+a), тело испытывает перегрузки. Если тело движется только под действием силы тяжести, то оно находятся в состоянии невесомости (P = 0).

2. Примеры решения задач

1. Автобус, масса которого с полной нагрузкой равна 15 т, трогается с места с ускорением 0,7 м/с 2 . Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.

Дано:
m = 15т = 15· 10^3кг
a = 0,7 м/$с^2$
$м$ = 0,03
F - ?

Решение:

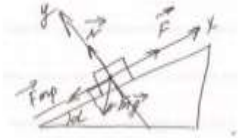


$\vec{F}_{тр} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$
OX: -$F_{тр}$ + F = ma
OY: N – mg = 0 → N = mg
$F_{тр}$ = $м$N → $F_{тр}$ = $м$mg
-$м$mg + F = ma
F = ma + $м$mg = m(a + $м$g)
F = 15· 10^3кг(0,7 м/$с^2$ + 0,03·10 м/$с^2$) = 15· 10^3кг·1 м/$с^2$ = 15· 10^3Н
Ответ: 15· 10^3Н

2. На наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м находится груз массой 50 кг. Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить, чтобы удержать этот груз, если тянуть его с ускорением 1 м/с 2 ? Коэффициент трения 0,2.

Дано:
m = 50 кг
a = 1 м/с^2
$м$ = 0,02
l = 5 м
h = 3 м
F - ?

Решение:



Составим уравнение движения тела:
$\vec{F}_{тр} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$
Найдем проекции сил на оси:
Ось OX: $-F_{тр} + F - mg\sin\alpha = ma$
Ось OY: $N - mg\cos\alpha = 0 \rightarrow N = mg\cos\alpha$
$F_{тр} = мN \rightarrow F_{тр} = мmg\cos\alpha$
Подставив второе уравнение в первое, получим
$-мmg\cos\alpha + F - mg\sin\alpha = ma$
Находим производную величину:
$F = мmg\cos\alpha - mg\sin\alpha + ma$ или
$F = m(a + мg\cos\alpha + g\sin\alpha)$
По определению синуса имеем
$\sin\alpha = \frac{h}{l}$, $\sin\alpha = \frac{3\text{ м}}{5\text{ м}} = 0{,}6$

Из основного тригонометрического тождества
$\sin\alpha^2 + \cos\alpha^2 = 1$,
$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin\alpha^2} = \sqrt{1 - 0{,}36} = \sqrt{0{,}64} = 0{,}8$
Вычислим искомую величину:
F = 50 кг(0,2·10 м/с^2 · 0,8 + 10 м/с^2 ·0,6·1 м/с^2) = 430 Н
Ответ: 430 Н.

3. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 и 0,2 кг. С каким ускорением движутся грузы? Какова сила натяжения во время движения?

Дано:
m_1 = 0,2 кг
m_2 = 0,3 кг
a - ? T - ?

Решение:

Составим уравнение движения для двух тел:
$\begin{cases} m_1\vec{g} + \vec{T_1} = m_1\vec{a_1} \\ m_2\vec{g} + \vec{T_2} = m_2\vec{a_2} \end{cases}$
Найдем проекции сил на ось OY:
$\begin{cases} T_1 - m_1 g = m_1 a_1 \\ -T_2 + m_2 g = m_2 a_2 \end{cases}$
Т.к. тела связаны одной нитью, то
$T_1 = T_2 = T$ и $a_1 = a_2 = a$.
Тогда, $\begin{cases} T - m_1 g = m_1 a \\ -T + m_2 g = m_2 a \end{cases}$
Сложим эти уравнения:
$-m_1 g + m_2 g = (m_1 + m_2)a$ или
$g(m_2 - m_1) = (m_1 + m_2)a$
Решим это уравнение относительно неизвестной величины
$a = \frac{g(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2}$, вычислим $a = \frac{10\text{ м/с}^2(0{,}3\text{кг} - 0{,}2\text{кг})}{0{,}5\text{кг} + 0{,}2\text{кг}} = 2\text{ м/с}^2$
Силу натяжения найдем их первого уравнения: $T = m_1(g + a)$
Вычислим: T = 0,2кг(10 м/с^2 + 2 м/с^2) = 2,4 Н
Ответ: 2 м/с^2; 2,4 Н

Самостоятельная работа

Вариант № 1

1. Брусок массой 0,2 кг равномерно тянут с помощью динамометра по горизонтальной плоскости стола. Показание динамометра 0,4 Н. Определите коэффициент трения скольжения μ.

2. На наклонной плоскости с углом наклона 20° находится тело массой 20 кг. Определите силу, направленную вдоль плоскости, которую необходимо приложить к телу, чтобы его равномерно двигать вверх. Коэффициент трения тела о плоскость 0,4.

3. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 и 0,34 кг. За 2 с после начала движения каждый груз прошел путь 1,2 м. По данным опыта найти ускорение свободного падения.

4. Электровоз, трогаясь с места, развивает максимальную силу тяги 650 кН. Какое ускорение он сообщит железнодорожному составу массой 3250 т, если коэффициент сопротивления равен 0,005?

Вариант № 2

1. Какую силу надо приложить для подъема вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона 20°, если коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

2. На наклонной плоскости с углом наклона 30° находится тело массой 20 кг. Определите силу, направленную вдоль плоскости, которую необходимо приложить к телу, чтобы его равномерно двигать вниз. Коэффициент трения тела о плоскость 0,6.

3. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 и 0,2 кг. С каким ускорением движутся грузы? Какова сила натяжения шнура во время движения?

4. Автомобиль массой 1 т, трогаясь с места, достигает скорости 30 м/с через 20 с. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления равен 0,05?

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов.

Тема 2.3 Законы сохранения в механике

Практическое занятие №4
Законы сохранения в механике и их применение

Цель: закрепить умения и навыки решения задач на законы сохранения

Выполнение работы способствует формированию: ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание:

Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).

2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. Теоретическая часть

Законы сохранения импульса, момента импульса, энергии и др. действуют в замкнутых системах.
Замкнутой называется система тел, взаимодействующих только друг с другом и не взаимодействующих с другими телами.
Импульс силы – векторная величина, являющаяся мерой действия силы за некоторый промежуток времени.
$\vec{I} = \vec{F} \cdot t$, $\vec{I}$ – импульс силы $\vec{F}$ за время t
Импульс тела (количество движения) – векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения:

$\vec{P} = m \cdot \vec{\upsilon}$; $\frac{кг \cdot м}{с}$

Второй закон Ньютона можно записывать в виде:
$Ft = m\upsilon_2 - m\upsilon_1$
$\vec{P}$ – импульс тела массой m, движущегося со скоростью $\vec{\upsilon}$.
Закон сохранения импульса - векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остаётся неизменной.
$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$

m_1, m_2 – массы тел,
υ_1, υ_2 – скорости тел до взаимодействия,
u_1, u_2 – скорости тел после взаимодействия.
Если сумма внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы сохраняется:

$$P = m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 + m_3\vec{\upsilon}_{31} = const$$

Количество потребляемой энергии – один из главных показателей технического развития общества. Производство, распределение и потребление энергии невозможно без её преобразования из одного вида в другой. Если под действием постоянной силы $\vec{F}$ тело совершило перемещение $\vec{S}$, то говорят, что силой совершена *работа*.
Работа (A) – скалярное произведение векторов силы $\vec{F}$ и перемещения $\vec{S}$.

$$\boxed{A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \cdot \cos\alpha = F \cdot S \cdot \cos\alpha = F_S S}$$

где α – угол между $\vec{F}$ и $\vec{S}$; $F_S = F \cdot \cos\alpha$ – проекция $\vec{F}$ на направление.

[A] = 1 Н·м = Дж – джоуль

$$\boxed{N = \frac{A}{\Delta t}} \qquad [N] = 1\frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1\,\text{Вт}$$

Мощность (N) – скорость совершения работы. – ватт

Энергия

Механическая система – совокупность материальных точек, взаимодействующих друг с другом и телами, не входящими в эту совокупность.
После совершения работы система перейдёт из одного состояния в другое. Тогда работа – физическая величина, характеризующая *процесс*перехода механической системы из одного состояния в другое.
Можно говорить, что существует некий параметр механической системы, изменение которого равно совершённой работе A.
Механическая энергия (E) – параметр механической системы, изменение (ΔE) которого равно совершённой работе (A). $\Delta E = A$. [E]=1 $\boxed{\Delta E = E_2 - E_1}$ Дж

где E_1 – механическая энергия системы в начальном состоянии;
E_2 – механическая энергия системы в конечном состоянии.

Изменение энергии ΔE может быть как положительным, так и отрицательным, т. е. $\Delta E = \pm|\Delta E|$.
Из (*) вытекает: работа – мера изменения механической энергии системы.

Кинетическая энергия

Кинетическая энергия ($E_к$) – половина произведения массы тела на квадрат его скорости.
Кинетическая энергия – энергия $\boxed{E_к = \frac{m\text{v}^2}{2}}$ движения.
Тогда $\boxed{A = E_{к2} - E_{к1}}$ или $\boxed{A = \Delta E_к}$, т. е. если сила совершает положительную работу, то кинетическая энергия тела возрастает, и обратно.

Потенциальная энергия

Потенциальная энергия ($E_п$) – энергия взаимодействия тел или частей тела.
Нулевой уровень потенциальной энергии – состояние системы, в котором $E_п$ = 0.
Нулевой уровень потенциальной энергии взаимодействия тела с Землёй (НУПЭЗ) – горизонтальная плоскость, на которой принимается $E_п$ системы тело–Земля равной нулю.
Пусть тело массы m под действием силы тяжести $\vec{F}_{тяж}$ переместилось с высоты h_1 до высоты h_2 без изменения скорости. Работа силы тяжести $A = F_{тяж}S = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = -(mgh_2 - mgh_1) =$
$= -(E_{п2} - E_{п1})$ или $\boxed{A = -\Delta E_п}$.
Потенциальная энергия взаимодействия тела с Землей ($E_п$) – произведение силы тяжести тела на высоту h положения центра масс тела относительно НУПЭЗ. $\boxed{E_п = mgh}$

Потенциальной энергией взаимодействия частей тела обладают упруго деформированные тела
Потенциальная энергия упруго произведения жёсткости k тела на $\boxed{E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}}$ деформированного тела ($E_{\text{п}}$) – половина квадрат его абсолютной деформации x.

Законы сохранения в механике

Энергия интересует человечество на всём пути его развития. Веками люди пытались изобрести машину («*вечный двигатель*»), позволяющую получать энергию из «ниоткуда».

Закон сохранения и превращения энергии (п.3.2) запрещает существование вечного двигателя, однако время от времени появляются люди, объявляющие о создании очередной его модели.

Закон сохранения механической энергии

Внешние силы – силы, действующие со стороны тел, не входящих в данную систему.

Замкнутая механическая система тел – система, на каждое из тел которой не действуют внешние силы или равнодействующая всех внешних сил равна нулю, т.е. $\sum \vec{F}_{i.внеш} = \vec{0}$.

Рассмотрим замкнутую механическую систему тел, значения потенциальной энергии которой в начальном и конечном состояниях равны $E_{\text{п1}}$ и $E_{\text{п2}}$, кинетической: $E_{\text{к1}}$ и $E_{\text{к2}}$: $\boxed{E_{\text{к1}} + E_{\text{п1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{п2}}}$.

Полная механическая энергия системы – сумма кинетической и потенциальной энергии тел этой системы.

Закон сохранения механической энергии: полная механическая энергия замкнутой механической системы тел, в которой действуют только силы тяжести и упругости, остаётся неизменной.

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} (E_{\text{к}} + E_{\text{п}})_i = const}$$

Отдельно от тела отсчёта ни одно тело не обладает механической энергией.

Закон сохранения импульса

Пусть два тела масс m_1 и m_2 составляют замкнутую механическую систему, движутся навстречу друг другу и взаимодействуют с силами $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$.

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{p_i} = \overrightarrow{\text{const}}}$$

По третьему закону Ньютона $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. До взаимодействия импульсы тел были $\vec{p}_1$ и $\vec{p}_2$, после взаимодействия $\vec{p}_1'$ и $\vec{p}_2'$.

$$\boxed{\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'}$$

т.е. векторные суммы импульсов тел до и после взаимодействия одинаковы.

Фундаментальный закон сохранения импульса: геометрическая сумма импульсов тел замкнутой механической системы остаётся неизменной.

Закон сохранения импульса применим только в ИСО.

Алгоритм решения задач

Сделайте чертёж для каждого тела, покажите векторы импульсов;

Рассмотрите характер движения тел и установите, является ли данная система замкнутой;

Запишите закон сохранения импульса в проекциях на оси;

Запишите при необходимости дополнительные формулы из кинематики и динамики;

Решите систему уравнений, проанализируйте ответ.

2. Примеры решения задач

1. Молекула массой m = 3· 10−23 г, подлетевшая к стенке сосуда под углом α = 60°, упруго ударяется о нее со скоростью υ = 500 м/с и отлетает. Определите импульс силы F· Δt, полученный стенкой.

Дано:

$m = 3 \cdot 10^{-26}$ кг

$\alpha = 60° = \frac{\pi}{3}$

$\upsilon = 500$ м/с

$F\Delta t$ - ?

Решение:

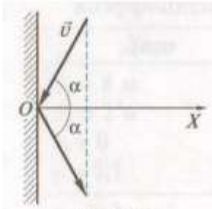


Рис. 3.2

Изменение импульса молекулы равно импульсу силы: $\Delta p = F\Delta t$

Пусть ось OX направлена перпендикулярно стенке, тогда изменение импульса молекулы $\Delta p = \Delta p_x = m\upsilon_x - (-m\upsilon_x) = 2m\upsilon_x$, где $\upsilon_x = \upsilon\cos\alpha$, откуда $\Delta p = 2m\upsilon\cos\alpha$.

Подставив формулу в уравнение, получим $F\Delta t = 2m\upsilon\cos\alpha$.

Вычисления:

$F\Delta t = 2 \cdot 3 \cdot 10^{-26}$ кг$\cdot 500 \frac{м}{с} \cdot \cos\frac{\pi}{3} = 1{,}5 \cdot 10^{-23}$(кг · м)/с

Ответ: $1{,}5 \cdot 10^{-23}$ кг м/с.

2. Два товарных вагона движутся навстречу друг другу со скоростями $\upsilon 1 = 0{,}4$ м/с и $\upsilon 2 = 0{,}1$ м/с. Массы вагонов соответственно равны $m1 = 12$ т, $m2 = 48$ т. Определите, с какой скоростью υ и в каком направлении будут двигаться вагоны после столкновения. Удар считать неупругим.

Дано:

$\upsilon_1 = 0{,}4$ м/с

$\upsilon_2 = 0{,}1$ м/с

$m_1 = 12 \cdot 10^3$ кг

$m_2 = 48 \cdot 10^3$ кг

υ - ?

Решение:

Используем закон сохранения проекции импульса на ось OX, положительное направление оси OX совпадает с направлением движения первого вагона:

$m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2 = (m_1 + m_2)\upsilon$. Откуда $\upsilon = \frac{m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2}{m_1 + m_2}$;

Вычисления: $\upsilon = \frac{12 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 0{,}4 \text{ м/с} - 48 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 0{,}1 \text{м/с}}{12 \cdot 10^3 \text{ кг} + 48 \cdot 10^3 \text{ кг}} = 0$. Анализ: $\upsilon = 0$, следовательно, после столкновения вагоны остановятся.

Ответ: $\upsilon = 0$

3. Два неупругих тела, массы которых 2 и 6 кг, движутся на встречу друг к другу со скоростями 2 м/с каждое. Определить модуль и направление скорости каждого из этих тел после удара. Сделать рисунок самостоятельно.

Дано:

$m_1 = 2$ кг

$m_2 = 6$ кг

$\upsilon_1 = \upsilon_2 = 2$ м/с

υ - ?

$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = (m_1 + m_2)\,\vec{\upsilon}$. В проекциях на ось:

OX: $m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2 = -(m_1 + m_2)\upsilon$

$\upsilon = \frac{m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2}{-(m_1 + m_2)}$;

Вычисляем: $\upsilon = \frac{2\text{кг} \cdot 2\text{м/с} - 6\text{кг} \cdot 2\text{м/с}}{-(2\text{кг}+6\text{кг})} = \frac{2}{8}$ м/с = 0,25 м/с.

Ответ: 0,25 м/с.

3. **Самостоятельная работа**

Вариант 1

1. Автомобиль массой 1 т. движется со скоростью 72 км/ч. Определите, через какое время он остановится, если выключить двигатель. Средняя сила сопротивления движению 200 Н.

2. Мяч массой 200 г. падает на горизонтальную площадку. В момент удара скорость мяча равна 5 м/с. Определите изменение импульса при абсолютно упругом ударе.

3. Два шара массами 2 и 8 кг движутся навстречу друг другу со скоростями 10 и 2 м/с соответственно. С какой скоростью они будут продолжать движение при абсолютно неупругом ударе?

4. Тележка массой 80 кг движется со скоростью 4 м/с. На неѐ вертикально падает груз массой 20 кг. Определите скорость, с которой станет двигаться тележка.

5. Снаряд массой 50 кг, летящий вдоль рельсов со скоростью 600 м/с, попадает в платформу с песком массой 10 т и застревает в песке. Скорость снаряда в момент падения образует угол 45° с горизонтом. Чему равна скорость платформы после попадания снаряда, если платформа движется навстречу снаряду со скоростью 10 м/с?

6. Лодка стоит неподвижно в стоячей воде. Человек, находящийся в лодке, переходит с еѐ носа на корму. На какое расстояние переместится лодка, если масса человека 60 кг, масса лодки 120 кг, длина лодки 3 м? Сопротивление воды не учитывать.

Вариант 2

1. Двигаясь из состояния покоя по горизонтальному пути, автомобиль массой 1,5 т через 20 с после начала движения достигает скорости 30 м/с. Пренебрегая сопротивлением движению, определите силу тяги двигателя.

2. Тележка массой 100 г, движущаяся со скоростью 3 м/с, ударяется о стенку. Определите изменение импульса тележки, если после столкновения она стала двигаться в противоположную сторону со скоростью 2 м/с .

3. Вагон массой 10 т движется со скоростью 1 м/с и сталкивается с неподвижной платформой массой 5 т. Чему равна скорость их совместного движения после того, как сработает автосцепка?

4. Какова скорость отдачи винтовки, неподвижной при выстреле, если масса винтовки 4 кг, масса пули 8 г, скорость пули 600 м/с?

5. На неподвижной железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием 15 т. Орудие стреляет под углом 60° к горизонту. С какой скоростью покатится платформа, если масса снаряда 20 кг и он вылетает со скоростью 600 м/с?

6. При взрыве камень разрывается на три части. Два осколка летят под прямым углом друг к другу: массой $m1$ = 1 кг со скоростью 12 м/с и массой $m2$ = 2 кг со скоростью 8 м/с. Третий кусок отлетает со скоростью 40 м/с. Какова масса третьего осколка и в каком направлении он летит?

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 2.3 Законы сохранения в механике

Практическое занятие №5

Решение задач на формулы работы сил. Работа и мощность. Энергия и ее виды.

Цель: закрепить умения и навыки решения задач на формулы работы, мощности, законы сохранения

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание:

Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. ***Краткие теоретические сведения:***

Работа и мощность. Энергия, ее виды.
Закон сохранения энергии

Энергия – самая важная сохраняющаяся величина не только в механике, но и в физике вообще. Энергия тесно связана с работой. Все мы, как и любые двигатели, совершаем работу, приводим в движения тела, поддерживаем это движение или же прекращаем его.

Действия сил на тела, приводящие к изменению модуля их скоростей, характеризуются величиной, зависящей как от сил, так и от перемещений тел, на которые эти силы действуют. Эту величину *называют работой*.

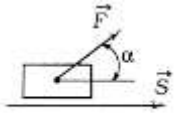
Работа – скалярная величина, равная произведению модулей силы и перемещения тела на cos угла между ними.

Работа постоянной силы $\vec{F}$:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{S} = F \cdot S \cdot \cos\alpha \text{, Дж}$$

где S – перемещение тела,

α – угол между направлением действия силы и направлением перемещения.



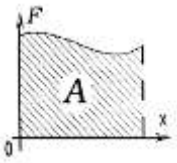


Рис.1

Если величина силы, действующей на тело, зависит от координаты x, то работа этой силы численно равна площади под графиком функции F(x).

Единицы работы: A = 1Н · 1м = Дж = Джоуль.

Джоуль – работа, совершаемая силой 1 Н на перемещение 1 м, если направление силы и перемещение совпадают.

1. Работа силы тяжести.

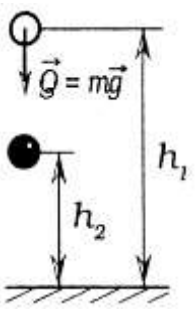


Рис. 2.

Работа силы тяжести не зависит от траектории движения тела и всегда равна изменению потенциальной энергии тела, взятому с противоположным знаком.

$$A=QS=mg(h_1-h_2)=-(mgh_2-mgh_1)=-(П_2-П_1)$$
$$A=-(П_2-П_1)$$

Если сила тяжести совершает отрицательную работу, то E_p – увеличивается. При совершении положительной работы – E_p уменьшается.

2. Работа силы упругости.

$$A=F_{ср}S,$$

где $F_{ср} = k\frac{x_1 + x_2}{2}$ – среднее значение силы упругости при изменении длины пружины от x_1 до x_2,

$S = x_1 - x_2$ – смещение.

Работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии, взятому с обратным знаком:

$$A = k\frac{x_1 + x_2}{2}(x_1 - x_2) = k\frac{(x_1^2 - x_2^2)}{2} = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right) = -(П_2 - П_1).$$

Мощность

Мощность – скалярная физическая величина, характеризующая быстроту совершения работы, которая численно равна работе, совершаемой за единицу времени:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{\vec{F}\cdot\vec{S}}{t} = \vec{F}\cdot\vec{\upsilon},$$ [Дж/с = Вт – Ватт],

где А – работа, [Дж]

t – время, [с]

Энергия

Если тело или система тел могут совершать работу, то говорят, что они обладают энергией.

Энергия в механике – величина, определяемая состоянием системы – положением тел и их скоростями; изменение энергии при переходе системы из одного состояния в другое равно работе внешних сил.

1. *Кинетическая* (kinema – движение) – энергия механического движения системы тел, численно равна половине произведения массы тела на квадрат его скорости.

$$E_к = \frac{m\upsilon^2}{2},$$ Дж.

Теорема. Работа равнодействующих сил, приложенных к нему, равна изменению кинетической энергии тела.

$$A = \frac{m\upsilon_2^2}{2} - \frac{m\upsilon_1^2}{2}$$

$\Rightarrow$ А = Δ Ек (работа – изменение энергии)

$A = Ек_2 - Ек_1 = \Delta Ек$

2. *Потенциальная* (potentia – возможность) – энергия взаимного расположения тел или частей одного и того же тела, численно равна произведению массы m тела на ускорение свободного падения g и высоту h над поверхностью Земли.

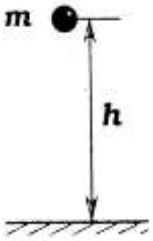
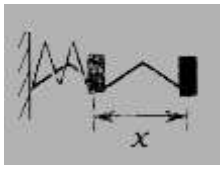
$$E_p = m\,g\,h, [Дж]$$

$A = -(mgh_2 - mgh_1)$

$\Rightarrow A = -\Delta E_p$

$A = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p$

Потенциальная энергия – энергия, обусловленная взаимодействием различных тел или частей одного и того же тела. Она зависит от взаимного расположения тел или величины упругой деформации тела.

Потенциальная энергия тела поднятого на высоту, намного меньшую радиуса Земли $E_p = m g h$  Нулевой уровень соответствует h = 0	Потенциальная энергия сжатой или растянутой пружины $E_p = \frac{kx^2}{2}$  Нулевой уровень соответствует X = 0 (недеформированная пружина)	Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия материальных точек или однородных шаров $E_p = -G\frac{Mm}{R}$ Нулевой уровень соответствует R → ∞ $E_p = 0$

Закон сохранения энергии в механике

В замкнутой системе тел положительная работа внутренних сил увеличивает кинетическую энергию и уменьшает потенциальную. Отрицательная работа увеличивает потенциальную и уменьшает кинетическую энергию. Именно благодаря этому выполняется закон сохранения энергии.

$E = E_к + E_p$ – полная механическая энергия системы, величина, равная сумме кинетической и потенциальной энергий системы.

Закон сохранения полной механической энергии

В замкнутой системе механическая энергия сохраняется.

$$E = E_к + E_p = const$$

$$E_{p1} + E_{к1} = E_{p2} + E_{к2}$$

Примечание: Если в замкнутой системе есть силы трения, то механическая энергия не сохраняется, т.к. часть её переходит во внутреннюю.

Закон сохранения энергии

Энергия не создается и не исчезает, а лишь передается от одного тела к другому или превращается из одной формы в другую в равных количествах.

2. Практическая работа

Алгоритм решения задач

1. Сделайте чертеж.
2. Выберите нулевой уровень E_p ($E_{p3} = 0$).
3. Установите начальное и конечное положение тела (системы тел).
4. Определите полную механическую энергию тел (системы тел) в начальной и конечной точках.
5. Запишите закон сохранения энергии.

а) для замкнутых систем: $E_1 = E_2$ или $E_{к1} + E_{p1} = E_{к2} + E_{p2}$,

б) при переходе системы из начального положения в конечное, при действии внешних сил: $A = E_2 - E_1$

Решите систему уравнений.

3. Примеры решения задач

1. Автомобиль массой 2 т начинает разгоняться из состояния покоя по горизонтальному пути под действием постоянной силы. В течение 10 с он приобретает скорость 43,2 км/ч. Определить величину импульса и величину действующей силы.

Дано:	СИ:	Решение:
m= 2 т	$2 \cdot 10^3$ кг	1. Определим величину импульса:
$\upsilon_0 = 0$		$\vec{P} = m \cdot \vec{\upsilon}$, υ – совпадает с осью X,
t = 10c		в скалярной форме уравнение примет вид:
υ= 43,2 км/ч	12 м/с	$p = m\upsilon = 2 \cdot 10^3 \cdot 12 = 24 \cdot 10^3$, P [кг·м/с]
p – ?		2. Учитывая второй закон Ньютона: $Ft = m\upsilon - m\upsilon_0$
F - ? ,		т.к. $\upsilon_0 = 0$ $Ft = m\upsilon \rightarrow F = m\upsilon/t$

$$F = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 12}{10} = 2{,}4кН$$

Ответ: $2{,}4 \cdot 10^4$ кг · м/с ; 2,4 кН.

3. Во время маневров на железнодорожной станции две платформы массами $m_1 = 2{,}4 \cdot 10^4$ кг и $m_2 = 1{,}6 \cdot 10^4$ кг двигались навстречу друг другу со скоростями, модули которых равны $\upsilon_1 =$ 0,5 м/с и $\upsilon_2 = 1$ м/с. Найдите скорость их совместного движения после того, как сработает автосцепка.

Дано:	Решение:
$m_1 = 2{,}4 \cdot 10^4$ кг	
$m_2 = 1{,}6 \cdot 10^4$ кг	
$\upsilon_1 =$ 0,5 м/с	
$\upsilon_2 =$ 1м/с	

$\upsilon_{об}$ - ?

Изобразим схематично действующие силы на движущиеся платформы. В проекции на ось X: $\vec{N}_1\ m_1\vec{g}$ и $\vec{N}_2\ m_2\vec{g}$ силы взаимно уравновешены.

Можно применить закон сохранения импульса:

$$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = (m_1 + m_2)\vec{\upsilon}_{об},$$

где $\upsilon_{об}$ – скорость платформы после сцепки.

В проекциях на ось X: $m_1 \upsilon_{1x} + m_2 \upsilon_{2x} = (m_1 + m_2) \upsilon_{обx}$

Т.к. $\upsilon_{1x} = \upsilon_1$, $\upsilon_{2x} = -\upsilon_2$, то $\upsilon_{обx} = -0{,}1$ м/с

Знак (-) показывает, что скорость υоб направлена противоположно оси X (справа – налево).

4. Какую скорость относительно ракетницы приобретает ракета массой 600 г, если газы массой 15 г вылетают из нее со скоростью 800 м/с?

Дано: СИ: Решение:
m_1 = 600 г 0,6 кг Согласно закону сохранения импульса:
m_2 = 15 г $15 \cdot 10^3$кг $m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = m_1\vec{\upsilon}_1' + m_2\vec{\upsilon}_2'$ $0 = m_1\upsilon_1' + m_2\upsilon_2'$

$$\upsilon_1' = -\frac{m_2\upsilon_2'}{m_1} = -\frac{1{,}5\cdot 10^{-2}\cdot 800}{0{,}6} = -20\frac{м}{с}$$

U_2 = 800 м\с
$\upsilon_1 = \upsilon_2 = 0$ Знак (-) показывает, что газы движутся в сторону,
υ_1' – ? противоположную направлению ракетницы.
Ответ: - 20 м/с.

5. Вагонетку массой 2 т по горизонтальному пути равномерно перемещает рабочий. Какую работу он совершит на пути 100 м и какую работу совершает сила трения, если коэффициент трения равен 0,01?
Дано: Рисунок:
m = 2 т
S = 100 м
μ = 0,01
g = 9,8 м\с²
a = 0

A – ?
Атр - ?

Решение

На вагонетку действуют 4 силы: сила тяжести – $m\vec{g}$, сила реакции опоры – $\vec{N}$, сила тяги $\vec{F}_т$ – , сила трения – $\vec{F}_{тр}$. По второму закону Ньютона $\Sigma\vec{F} = 0$

$$\vec{F}_{тр} + m\vec{g} + \vec{F}_т + \vec{N} = 0$$

В проекции на оси: ОХ: $F_т - F_{тр} = 0$; $F_т = F_{тр;}$ ОУ: N – mg = 0; N = mg
$A = F \cdot S \cos\alpha$, $\angle\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$, сл-но, $A = F \cdot S$, $F = F_{тр} = F_т = \mu N = \mu mg$
Работа силы трения направлена против работы сила тяги → A = -Атр .
$A_{тр} = -19{,}6 \cdot 10^3$ Дж
Ответ: A = 19,6 кДж; Атр = - 19,6 кДж.

Самостоятельная работа

1. Автомобиль массой 2 т движется со скоростью 36 км/ч. Какое время требуется до полной остановки автомобиля при выключенном двигателе, если сила трения колес о дорогу равна 5880 Н?
2. Тележка массой 150 кг движется по горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Навстречу ей бежит человек массой 75 кг. Человек прыгает на тележку. После этого тележка вместе с человеком останавливается. С какой скоростью бежал человек?
3. При вертикальном подъеме тела массой 2 кг на высоту 10 м совершена работа 240 Дж. С каким ускорением поднимали груз?
4. Тело, массой 20 кг поднимают вертикально вверх с силой 400 Н, направленной по движению. Какая работа совершается на пути 10 м?
5. Будет ли величина полезной механической работы отлична от нуля, если подъемный кран:
   - 1) поднимает с земли груз,
   - 2) будет держать его некоторое время на весу в покое,
   - 3) поднимет груз с земли и сразу опустит его на Землю.
6. Тело массой 20 кг свободно падает в течение 6 с. Найдите работу силы тяжести.
7. Какую работу может совершить до остановки тело массой 1000 кг, движущееся со скоростью 36 км/ч ?

8. Найти работу, которую надо совершить, чтобы сжать пружину, жесткость которой 29,4 Н/см, на 20 см.
9. Резиновый шнур длиной 1 м под действием груза 10 Н удлинился на 10 см. Найдите работу силы упругости.
10. На какую высоту за минуту может поднять 400 м³ воды насос, развивающий мощность 210³ кВт?
11. Определите мощность тепловоза, зная, что при скорости движения 43,2 км/ч сила тяги равна 105 кН.
12. Поезд массой 1200 т движется по горизонтальному пути с постоянной скоростью 54 км/ч. Определите коэффициент сопротивления движению, если тепловоз развивает полезную мощность $N = 882 \cdot 10^3$ Вт.
13. Импульс тела равен 8 кг м/с, а кинетическая энергия 16 Дж. Определите массу и скорость тела.
14. Сани массой 60 кг, скатившись с горы, проехали по горизонтальному участку дороги 20 м. Найдите работу силы трения, если $\mu = 0{,}02$.
15. Подъемный кран с двигателем мощностью 8 кВт поднимает груз с постоянной скоростью 6 м/мин. Какова масса груза?
16. Какая работа совершается на гидростанции в течение года, если средняя мощность генератора равна 2,5 МВт?
17. Человек массой 70 кг спускается по лестнице длиной 20 м, расположенной под углом 30° к горизонту. Найдите работу силы тяжести.
18. Вычислите работу силы упругости при изменении деформации пружины жесткостью 200 Н/м от $x_1 = 2$ см до $x_2 = 6$ см.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.1 Основы молекулярно-кинетической теории

Практическое занятие №6

Решение задач по теме «Основы МКТ» . Решение задач на уравнение состояния идеального газа»

Цель: закрепить умения и навыки вычисления параметров состояния газа, используя газовые законы и уравнение Менделеева - Клайперона.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. **Теоретическая часть**

Для характеристики состояния газа вводят специальные физические величины, называемые параметрами состояния. В качестве параметров состояния выбирают три величины: объем газа(V) ,температуру его T° и давление P, производимое газом на стенки сосуда ,в котором он заключен. Это давление объясняется ударами движущихся молекул.

2. Примеры решения задач

1. В газовом баллоне емкостью 0,01 м3 находится газ под давлением 20 кг/см2 .Какой объем займет газ, если ,не изменяя его температуры , открыть вентиль баллона? Окончательное давление 1 кг/см2.?

Дано:
$V_1=0{,}01м^3$
$P_1=20$ кг/см^2=$20*0{,}98*10^5$ Н/м^2
$P_2=1$ кг/см^2=$0{,}98*10^5$ Н/м^2

V_2-?

Решение:
По условию задачи температура газа не меняется, поэтому происходит изотермическое изменение состояния газа. Используя закон Бойля-Мариотта $p_1V_1=p_2V_2$ находим $V_2= p_1V_1/p_2$.
Вычисления: $V_2= 20*0{,}98*10^5*0{,}01/0{,}98*10^5=0{,}2(м^3)$
Ответ: $V_2= 0{,}2$ м^3.

2. Газ изотермически сжат от первоначального объема 0,15 м 3 до объема 0,10 м 3 .Давление его при этом повысилось на 2 кг/см2 . Каково первоначальное давление газа?

Дано:
$V_1=0{,}15м^3$
$V_2=0{,}10м^3$
$\Delta P=2$ кг/см^2=$2*0{,}98*10^5$н/м^2
P_1=?

Решение:
По закону Бойля-Мариотта $P_1V_1=P_2V_2$. Но $p_2=p_1+\Delta p$, поэтому $p_1V_1=(P_1+\Delta P)V_2$, откуда $P_1 = \Delta P*V_2/V_1-V_2$;
$P_1=2*0{,}98*10^5*0{,}10/0{,}15-0{,}10 = 3{,}9*10^5$ (Н/м^2)
Ответ: $P_1= 3{,}9*10^5$Па.

3. Как велико атмосферное давление, если при длине ртутного столбика 12,5см в тонкой трубке длина столбика воздуха в первом положение 7см,а во втором — 5 см?

Дано:
h=12,5см
l_1=7см
l_2=5см

$p_{атм}$-?

Решение:
В первом случае давление воздуха внутри трубки $P_1=P_{АТМ}$-h. Во втором случае $p_2=p_{атм}$+h. По закону Бойля-Мариотта $P_1V_1=P_2V_2$ где $V_1=SL_1$, $V_2=SL_2$. Тогда $(p_{атм}-h)=(p_{атм}+h)SL_2$, откуда $p_{атм}=h(L1+L2)/L_1-L_2$
$P_{атм}$ =12,5*12/2=75(см рт ст).
Ответ: $P_{атм}$ = 75 см рт ст.

4. Сжатый воздух подается в газгольдер объемом 5м3 . За какое время его накачают до давления 7 кг/см2, если компрессор всасывает 5,5 м 3 атмосферного воздуха в минуту при давлении 1 кг/см2 ? Температуру считать постоянной.

Дано:
$V_2=5м^3$
$P_2=7$кг/см^2=$7*0{,}98*10^5$н/м^2
$V_1=5{,}5м^3$/мин=$1{,}1/12м^3$/с
$P_1=1$ кг/см^2=$0{,}98*10^5$н/м^2

t-?

Решение:
Для накачивания воздуха в газгольдер до давления P_2 компрессор работает в течение времени t. Объем засасываемого воздуха $V'_1=V_2$ при давление p_1. Когда воздух накачали в газгольдер, он занял объем V_2 и его давление стало p_2. На основании закона Бойля-Мариотта $P_1V'_1=P_2V_2$ или $P_1V_1t_1=P_2V_2$, откуда $t_1=P_2V_2/P_1V_1$
$t = 7*0{,}98*10^5*5*12/0{,}98010^5*1{,}1=380$(с).
Ответ: t = 380 с.

5. Открытая стеклянная трубка длиною 40 см наполовину погружена в ртуть. Когда верхний конец трубки закрыли и подняли ее до уровня ртути в сосуде, то высота уровня ртути в трубке оказалась равной 15 см. Каково атмосферное давление во время опыта?

Дано: *Решение:*
l=40 см По закону Бойля-Мариотта $P_1V_1=P_2V_2$ где p_1=H-равное атмосферному
l_1=15см давление воздуха над ртутью до закрытия отверстия, а V_1=L/2S-его объем;
P = P-l_1 V_2=(L-L_1)S-соответственно давление и объем воздуха над ртутью
H-? после того, как ее закрыли и подняли до уровня ртути в сосуде. В предыдущие выражения $P_1V_1=P_2V_2$ вместо P_1,P_2 V_1 V_2 подставим их значения:
HL/2S=(H-L_1)(L-L_1)s. Отсюда H=2l_1(l-l_1)/l-2l_1 H=30*25/10=75(см рт ст).
Ответ: 75 см рт ст.

Самостоятельная работа

Вариант 1

1. Начертите графики изотермического, изобарного и изохорного процессов в координатах P и V; P и T;T и V.

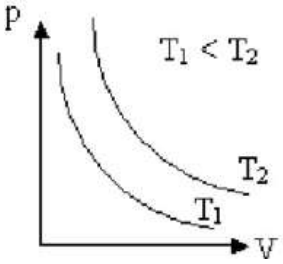
2. Идеальный газ сначала изобарно расширили, а затем изотермически сжали до прежнего объема. Изобразите эти процессы в координатах P и V; P и T; V и T.

3. В сосуде находится m=14 кг азота при T=300 К и давлении p = 8,3*104 Па. Определите объем V сосуда.

4. При сжатии неизменного количества идеального газа объем уменьшился в 2 раза, а температура увеличилась в 2 раза. Определите, как изменилось давление газа.

Вариант 2

1. На **рис.1**



изображены две изотермы одной и той же массы газа. Чем отличаются состояние газов, если газы одинаковые? Чем отличаются газы, если температуры газов одинаковые? Указание: воспользуйтесь уравнением Клапейрона-Менделеева.

2. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа уменьшился до первоначального значения. Построить график в координатных осях V-T.

3. В сосуде вместимостью V=0,83 м 3 находится m=2 кг азота при давлении p = 2*105 Па. Определите температуру T азота.

4. Температура V1=2 моль кислорода ,находящегося в сосуде, равна T1=300 К. Определите температуру T2 водорода, находящегося в сосуде той же вместимости при той же давлении, взятого в количестве V2=2 моль.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.2. Основы термодинамики. Тепловые машины.

Практическое занятие №7

Решение задач по теме «Основы термодинамики.

«Законы термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. КПД тепловых двигателей»

Цель: закрепить умения и навыки решения задач на первое начало термодинамики и КПД теплового двигателя.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Краткие теоретические сведения:

Основу термодинамики составляют два закона (или начала).

Первое начало термодинамики: Изменение внутренней энергии тела равно разности сообщенного телу количества теплоты и произведенной над ним механической работы ΔU=Q+A, ΔU- изменение внутренней энергии, [ΔU] = Дж, А-работа внешних сил (или газа), [А] = Дж, Q-количество теплоты, [Q]= Дж.

1) ΔU=3/2*m/M*R*TΔ-изменение внутренней энергии для одноатомного газа (He) ΔU=5/2*m/M*R*ΔT-изменение внутренней энергии для двухатомного газа (O2, H2, N2) ΔU=7/2*m/M*R*ΔT-внутренняя энергия для трех и более атомного газа (CO2)

2) À=P(V2-V1), A≥0, если работа газа, A≤0, если работа внешних сил. 3) Количество теплоты, необходимого (выделяемого) для нагревания (при охлаждении) тела Q=c*m(T2-T1), где с-удельная теплоемкость вещества

Количество теплоты при плавлении (кристаллизации): Q=λ*m, где λ-удельная теплота плавления. Количество теплоты при парообразовании (конденсации): Q=L*m, где L-удельная теплота парообразования.

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам 1. Изотермический процесс: T=const, изменяется объем (V) и давление (P). Поскольку температура не изменяется, не изменяется и его внутренняя энергия, т.е. ΔU=0, тогда Q=A.

2. Изохорный процесс. Объем газа остается постоянным, меняются его давление и температура, значит A=0, тогда Q=ΔU.

3. Изобарный процесс. Давление остается постоянным, изменяются его объем и температура. Q=ΔU+A' .

4. Адиабатный процесс – процесс, происходящий без теплообмена с окружающими телами. ΔU=À' . Тепловой двигатель представляет собой устройство, превращающее внутреннюю энергию топлива в механическую.

Коэффициент полезного действия (КПД): η=QH-QX/QH*100%, или η=A/Qн*100%, где A=Qн-Qx КПД идеальной тепловой машины: η=Тн-Тх/Тн*100%, где ТН - температура нагревателя и Тх – холодильника.

2. Примеры решения задач

Внутренняя энергия

1. Определите среднюю кинетическую энергию <E> молекулы кислорода, находящегося при температуре t=17°C.

Дано:
T = (17+273) K = 290 K
i=5
$k = 1{,}38*10^{-23}$ Дж/К
<E>-?

Решение:
У двухатомной молекулы кислорода число степеней свободны I = 5. Средняя кинетическая энергия молекулы <E>=i/2kT,
$<E>=5/2*1{,}38*10^{-23}$ Дж/К*290 = $1*10^{-20}$ Дж
Ответ: $1*10^{-20}$ Дж

2. Определите среднюю кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в m=4 г кислорода при температуре t=17°C

Дано:
$m=4г=4*10^{-3}$кг
$M=32*10^{-3}$кг/моль
T=(17+273)K=290K
$N_A=6{,}02*10^{23}$моль$^{-1}$
$k=1{,}38*10^{-23}$Дж/К
$<E_{вр}>$-?

Решение:
Вращательному движению двухатомной молекулы приписывают две степени свободы, т.е. i=2.Энергия вращательного движения одной молекулы кислорода $<E_{вр}> =i/2kT=kT$. Средняя кинетическая энергия вращательного движения всех молекул $<E_{вр}>=n<E_{вр}>=nkT$, где n-число молекул:$n=vN_A$ (1)
Число молей v=m/M, поэтому $n=m/MN_A$ (2). Подставим(2) и (1), получим $<E>=m/N_AkT$, или <E>=m/MRT, так как $N_Ak = R$, где R=8,31Дж/(моль*К).

$<E_{вр}>=4*10^{-3}$кг*$6{,}02*10^{23}$моль$^{-1}$*$1{,}38*10^{-23}$Дж/К*290К/$32*10^{-3}$кг/моль=301Дж, или
$<E>=4*10^{-3}$кг*8,31Дж/(моль*К)*290К/$32*10^{-3}$кг/моль≈301Дж.
Ответ: 301Дж

3. В калориметре смешиваются три химически не взаимодействующие жидкости массами m1=1 кг m2=10 кг m3=5 кг,имеющие соответственно температуры t1=6°C, t2=-40°C, t3= 60°C и удельные теплоемкости 2000 Дж/(кг*К). Определите температуру смеси Θ и теплоту Q необходимую для последующего нагревания смеси до t=6°C.

Дано:
$m_1=1$кг
$m_2=10$кг
$m_3=5$кг
$T_1=(6+273)K=279K$
$T_2=(-40+273)K=233K$
$T_3=(60+273)K=333K$
$c_1=2000$Дж/(кг*К)
$c_2=4000$Дж(кг*К)
$c_3=2000$Дж(кг*К)
T=(6+273)K=279K
Θ-? Q-?

Решение:
Из уравнения теплового баланса следует, что алгебраическая сумма полученных и отданных жидкостями количеств теплоты равна нулю: $m_1c_1(\theta-T_1) + m_2c_2(\Theta-T_2) + m_3c_3(\Theta-T_3) = 0$
Решив это уравнение относительно θ ,получим:
$\Theta=m_1c_1T_1+m_2c_2T_2+m_3c_3T_3/m_1c_1+m\,c_2+m_3c_3$
Чтобы нагреть смесь до температуры T, необходимо теплота:
$Q=m_1c_1(T-\Theta)+m_2c_2(T-\Theta)+m_3c_3(T-\Theta)=(m_1c_1+m_2c_2+m_3c_3)(T-\Theta)$
Θ=1кг*200Дж/кг К*279К+10кг*4000Дж/кг К*233К+5кг*2000 Дж/кг К*333К/1кг*2000Дж/кг К+10кг*4000дж/кгК+5кг*2000 Дж/кг К=254 К

Q=[2000Дж/(кг*К)*1кг+4000Дж/(кг*К)*10кг+ 2000Дж/(кг*К)*5кг] *(279-254)К=$1.3*10^6$ =1.3 МДж
Ответ: 1.3 МДж

Первое начало термодинамики

1. Водород массой 4г,занимая первоначальный объем V1=0,1м3 ,расширяется до объема V2=1м3 . Определите: 1) A1-работу газа при изобарном процессе, 2) A2-работу газа при изотермическом процессе. Начальная температура газа T1=300К.

Дано: *Решение:*
$m=4г=4*10^{-3}кг$ 1) При изобарном расширении (p_1=const) газ совершает работу
$V_1=0,1м^3$ $A_1=p_1(V_2-V_1)$ (1)
$V_2=1м^3$ Давление газа определяем из уравнения Клапейрона-Менделеева:
$M=2*10кг/моль$ $P_1V_1=m/MRT_1$ отсюда $p_1=m/M*RT_1/V_1$(2)
$R=8,31дж/(моль*К)$ Подставим формулу(2) в (1)получим: $A_1=m/M*RT_1/V_1(V_2-V_1)$ (3).
$T_1=300К$ 2) При изотермическом расширение газ совершает работу
A_2-? $A_2=m/MRT_1lnV_2/V_1$ (4) (ln10=2,3)
A_1-? Вычисления:
1) $A_1=4*10^{-3}кг*8,31дж/(моль*к)*300К/2*10^{-3}кг/моль*0,1м^3*(1м^3-0,1м^3)=4,5*10^4Дж$
2) $A_2=4*10^{-3}кг/2*10^{-3}кг/моль*8,31Дж/(моль*к)*300К*ln1м^3/0,1м^3=11,5*10^3Дж$.
Ответ: $A_1=4,5*10^4Дж$, $A_2=11,5*10^3Дж$

2. Определите изменение внутренней энергии ΔU льда массой m=5 кг в процессе его таяния (плавления) при нормальных условиях.

Дано: *Решение:*
m=5 кг Изменение внутренней энергии из первого закона термодинамики:
$\lambda=3,35*10^5Дж/кг$ $Q=\Delta U+A$. Отсюда $\Delta U=Q-A$. Для таяния необходима теплота $Q=Q_{пл}=\lambda m$, λ-удельная теплота плавления. Масса образовавшейся воды $m_{н2о}$ будет равна массе льда m. Объем воды V_2 образовавшийся из льда V_1, будет меньше, так как плотность воды $p_{н2о}$ больше плотности льда $p_л$. При плавлении льда совершается работа $A=p_0(V_2-V_1)$.
$P_0=1,01*10^5Па$
$T=273К$
$p_л=0,9*10^3кг/м^3$
$p_{H2O}=10^3кг/м^3$
Учитывая, что p=м/V,определяем $V_2=p_{H2O}$; $V_1=m/p_л$. Следовательно,
ΔU-? $A=p_0(m/p_{H20}-m/p_л)=P_0\,m(p_л-p_{H20}/p_лp_{H2O})$ Вычисления:
$Q=3,35*10^5дж/кг*5кг=1,7*10^6Дж$.
$A=1,01*10^5Па*5кг*0,9*10^3кг/м^3-10^3кг/м^3/0,9*10^3кг/м^3\ 10^3кг/м^3=-55Дж$
$\Delta U=1,7*10^6Дж-(-55дж)\approx1,7*10^6Дж$.
Ответ: $1,7*10^6Дж$

Холодильная машина

1. Температура нагревателя идеальной тепловой машины Тн=500 К,температура холодильника Тх=300 К. Определите КПД тепловой машины η и теплоту Q н, полученную от нагревателя, если за один цикл машина совершает работу А=400 Дж.

Дано: *Решение:*
$T_н=500К$ Коэффициент полезного действия тепловой машины определяется по формуле : $\eta=T_Н-T_Х/T_Н$ (1) или $\eta=A/Q_н$ (2).
$T_х=300К$
$A=400Дж$ Из формулы 2 следует, что $Q_н=A/\eta$
η-? $Q_н$-? Вычисления: $\eta=500К-300К/500К=0,4$; $Q_н=400Дж/0,4=1000Дж=1кДж$.
Ответ: $\eta=0,4$; $Q_н=1кДж$.

2. Самостоятельная работа

Вариант 1

1. Для изобарного нагревания 800 моль газа на 500 К ему сообщили 9,4 МДж теплоты. Определите работу газа и изменение его внутренней энергии.

2. Одноатомный идеальный газ массой 20 г при расширении без теплообмена совершил работу 249 Дж. На сколько градусов изменилась температура газа?

3. Какова внутренняя энергия 20 моль одноатомного газа при 37◦С?

4. Азот массой 280 г был нагрет при постоянном давлении на 100 К. Определите работу, которую совершает газ при расширении.

5. Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объема газа увеличился до первоначального значения. Нарисовать график в координатных осях V-T.

6. Если идеальный газ получил количество теплоты 100 Дж, и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 100 Дж, то газ в этом процессе какую работу совершил?

7. Температура холодильника тепловой машины 400 К, температура нагревателя на 200 К больше, чем у холодильника. Найти максимально возможный КПД машины.

Вариант 2

1. Как и на сколько изменилась внутренняя энергия газа, если при его адиабатном сжатии над ним была совершена работа 200 Дж.

2. Какую работу совершил идеальный одноатомный газ и как при этом изменилась его внутренняя энергия при изобарном нагревании двух молей газа на 50 К? Какое количество теплоты получил газ в процессе теплообмена?

3. При адиабатном расширении воздуха была совершена работа 200 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии воздуха?

4. Идеальный газ нагревался при постоянном давлении, потом его давление увеличилось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального. Нарисовать график в координатных осях P-V.

5. Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж и совершил работу 100 Дж. При этом как изменилась его внутренняя энергия?

6.Температура холодильника тепловой машины 300 К, температура нагревателя на 300 К больше, чем у холодильника. Чему равен максимально возможный КПД тепловой машины?

7. Чему равна внутренняя энергия 5 моль одноатомного идеального газа при температуре 47◦С?

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.3 Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы

Практическое занятие №8

Давление жидкостей и твердых тел. Закон Паскаля.

Цель: научиться вычислять давление в жидкостях и твердых телах. Научиться переводить единицы измерения в различные системы

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Краткие теоретические сведения:

Давление. Атмосферное давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда

Величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности, называется *давлением*. Обозначается буквой илиpи измеряется в паскалях (Па). Рассчитывается по формуле

$$p = \frac{F}{S}$$

Атмосферное давление — это давление всей толщи воздуха на земную поверхность и тела, находящиеся на ней. Атмосферное давление, равное давлению столба ртути высотой 760мм при температуре$0°C$, называется нормальным атмосферным давлением.

Нормальное атмосферное давление равно 101300 Па = 1013 гПа.

Каждые 12 м давление уменьшается на 1мм. рт. ст. (или на 1,33 гПа)

Закон Паскаля: *давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку одинаково во всех направлениях.*

Закон Архимеда: на тело, погруженное в жидкость (или газ, или плазму), действует выталкивающая сила (называемая силой Архимеда)

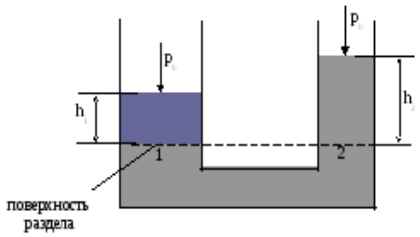
$$\vec{F}_A = -\rho \vec{g} V$$

где ρ — плотность жидкости (газа),

— ускорение свободного падения, а V — объём погружённого тела (или часть объёма тела, находящаяся ниже поверхности). Выталкивающая сила (называемая также архимедовой силой) равна по модулю (и противоположна по направлению) силе тяжести, действовавшей на вытесненный телом объем жидкости (газа), и приложена к центру тяжести этого объема.

Следует заметить, что тело должно быть полностью окружено жидкостью (либо пересекаться поверхностью жидкости). Так, например, закон Архимеда нельзя применить к кубику, который лежит на дне резервуара, герметично касаясь дна.

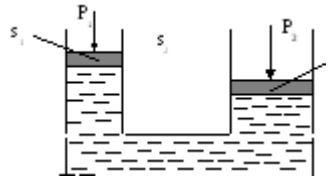
Сообщающиеся сосуды



Рассмотрим сообщающиеся сосуды, заполненные несмешивающимися жидкостями с разной плотностью. Для каждой жидкости в отдельности справедливо уравнение $p_2 = p_1 + \rho \cdot g \cdot h$. Используем его для определения высот столбов h_1 и h_2. Рассмотрим случай, когда на свободной поверхности жидкостей давления одинаковы и равны p_0. Так как все точки поверхности раздела принадлежат однородной жидкости, то эта поверхность является одновременно и поверхностью равного давления.

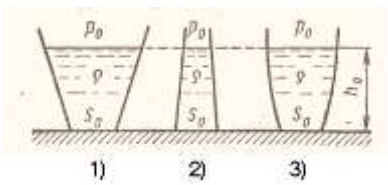
Принцип работы простейших гидравлических машин

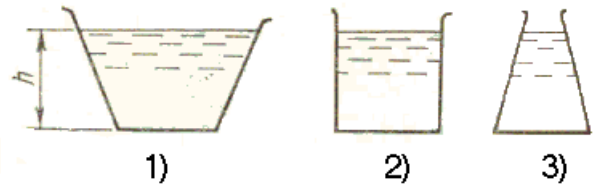
То обстоятельство, что жидкости будучи практически несжимаемым и, равномерно передают по всему своему объему внешнее давление, широко используется в различных отраслях техники (в гидроприводах, гидроавтоматике, гидравлических тормозах и усилителях и т.п.). Это свойство жидкости также эффективно применяют в таких простейших машинах, как гидравлические домкраты (подъемники) и прессы.



Принцип их работы основан на следующем: имеются два сообщающихся между собой цилиндра разного диаметра Прилагая к поршню меньшего из цилиндров какую-то внешнюю силу P_1, мы тем самым создаем на поверхности жидкости в этом цилиндре давление $p_1 = \frac{P_1}{s_1}$, которое равномерно передается во все точки пространства, заполненного жидкостью. Тогда на поршень большего из цилиндров (без учета потерь) будет действовать подъемная сила $P_2 = p_1 s_2$ или $P_2 = P_1 \frac{s_2}{s_1}$. Таким образом, чем больше разняться между собой площади поперечного сечения цилиндров, тем большую (подъемную, сжимающую, перемещающую) силу мы получаем в таких гидравлических устройствах.

Величина силы весового давления жидкости на дно резервуара зависит только от плотности этой жидкости, площади дна и глубины его погружения под свободной поверхностью. При этом вес жидкости, налитой в сосуд, может отличаться от силы давления, оказываемого ею на дно, т.е. силы давления жидкости на дно резервуара не зависят от его формы и количества жидкости $p = p_0 + \rho g h_0$; $P = (p_0 + \rho g h_0) s_0$



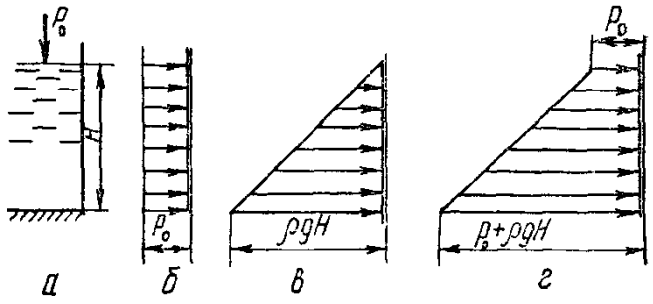


Так в расширяющихся кверху сосудах сила весового давления на дно меньше веса жидкости, в цилиндрических они одинаковы, а в суживающихся кверху – сила давления больше веса заключенной в сосуд жидкости.

Так как найденная сила является равнодействующей, то помимо ее величины необходимо определить и точку ее приложения, называемую центром давления. Центр тяжести совпадает с центром давления только тогда, когда рассматриваемая плоская поверхность лежит в горизонтальной плоскости.

Поскольку гидростатическое давление *p* является модулем гидростатического напряжения , эпюры нормального гидростатического напряжения могут быть построены с использованием зависимости и применены для определения величины в любой точке рассматриваемой поверхности. При этом следует помнить, что это напряжение направлено по нормали к площадке действия.

Рассмотрим порядок построения эпюры нормальных гидростатических напряжений на вертикальную стенку , уровень жидкости в которой *H.*



Эпюры нормальных гидростатических напряжений

Внешнее гидростатическое давление p_0 равномерно передается жидкостью по всему ее объему. Отложив в масштабе на перпендикулярах к рассматриваемой плоской стенке в ее верхней и нижней части p_0 и соединив концы векторов прямой линией, получим прямоугольник-эпюру нормальных напряжений, вызываемых внешним давлением. Избыточное гидростатическое давление изменяется по глубине по закону прямой, причем оно равно 0 на свободной поверхности жидкости и максимально – у дна *(pgH).*

Таким образом, эпюры нормального избыточного гидростатического напряжения имеют форму прямоугольного треугольника. Эпюра нормального абсолютного гидростатического напряжения получается в результате сложения предыдущих двух эпюр и имеет форму трапеции.

Аналогично строятся эпюры нормального гидростатического напряжения в случае наклонной стенки. С помощью подобных эпюр можно графически суммировать нормальное гидростатическое напряжение при действии однородных или разнородных жидкостей с двух сторон плоской стенки.

С помощью эпюры нормального гидростатического напряжения может быть подсчитана сила гидростатического давления на плоскую поверхность, поскольку объем такой эпюры численно равен величине этой силы. Причем сила давления на плоскую поверхность проходит через центр тяжести эпюры, положение которого для трапецеидальной эпюры нормального гидростатического напряжения на прямоугольную стенку может быть определено графически или по формулам.

1. Примеры решения задач

1. Определить давление бензина на дно цистерны, если высота столба бензина 2,4 м, а его плотность 710 кг/м^3.

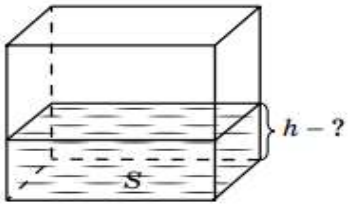
Дано:	*Решение:*
$h = 2{,}4$ м	$p = \rho g h$
$\rho = 710$ кг/м^3	$p = 710$ кг/м^3 • 10 Н/кг • 2,4 м
$g = 10$ Н/кг	$p = 17040$ Па $= 17{,}04$ кПа
$p - ?$	*Ответ:* 17,04 кПа

2. Какая жидкость находится в сосуде, если столб высотой 0,3 м оказывает давление 5400 Па ?

Дано:	*Решение:*
$h = 0{,}3$ м $p = 5400$ Па $g = 10$ Н/кг	$p = \rho g h;\ \ \rho = \dfrac{p}{gh}$
$\rho - ?$	$\rho = \dfrac{5400\ \text{Па}}{10\ \text{Н/кг} \cdot 0{,}3\ \text{м}} = 1800\ \text{кг/м}^3$ *Ответ:* Серная кислота

3. В большой сосуд с квадратным дном площадью 9 м2 и вертикальными стенками налита вода (см. рисунок). Какова высота уровня воды в сосуде, если сила ее давления на боковую поверхность сосуда равна силе давления на дно?

Дано:
$F_д = F_б$ $S_д = 9\ \text{м}^2$ $\rho_в = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
$h - ?$



Решение:

Давление воды на дно сосуда равно: $P_д = \rho_в g h$.

Площадь дна сосуда равна: $S = a^2$, где a – сторона квадрата.

Сила давления на дно сосуда равна: $F_д = P_д S = \rho_в g h a^2$; $F_д = \rho_в g h a^2$.

Давление жидкости на боковую поверхность сосуда убывает с высотой от h, поэтому в среднем $P_б = \rho_в g \dfrac{h}{2}$.

Площадь боковой поверхности сосуда, испытывающей давление, равна: $S_б = 4ah$, а сила давления на боковую поверхность равна: $F_б = P_б S_б = \rho_в g \dfrac{h}{2} 4ah$.

По условию задачи $F_д = F_б$, тогда $\rho_в g h a^2 = \rho_в g \dfrac{h}{2} 4ah$.

Сокращая на $\rho_в$, g, h, a, получаем: $a = 2h$, тогда $h = \dfrac{a}{2}$, но $a = \sqrt{S}$.

Отсюда следует, что $\boxed{h = \dfrac{\sqrt{S}}{2}}$.

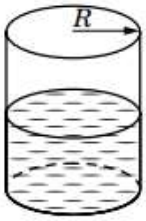
Подставив в формулу числовые данные, получим:

$h = \dfrac{\sqrt{9}}{2} = \dfrac{3}{2} = 1{,}5$ м.

Ответ: $h = 1{,}5$ м.

4. В сосуд, имеющий форму цилиндра с радиусом 10 см, налили 3,14 кг подсолнечного масла (см. рисунок). Определить давление масла на дно сосуда.

Дано:	СИ
$R = 10$ см	0,1 м
$m = 3{,}14$ кг	
$\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	
$P - ?$	



Решение:

Давление жидкости на дно сосуда равно отношению силы тяжести жидкости к площади дна сосуда.

Так как $F = mg$ – сила тяжести масла, а $S = \pi R^2$ – площадь дна сосуда, получим: $P = \frac{F}{S}$.

Отсюда следует, что $\boxed{P = \frac{mg}{\pi R^2}}$.

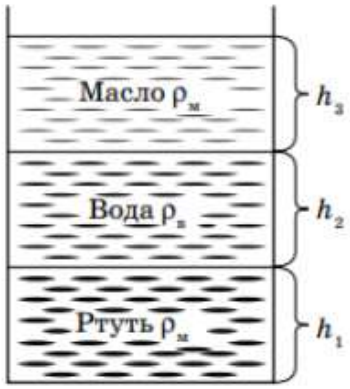
Подставив в формулу числовые данные, получим:

$$P = \frac{3{,}14 \cdot 10}{3{,}14 \cdot (0{,}1)^2} = \frac{10}{0{,}01} = 1000 \text{ Па}.$$

Ответ: $P = 1000$ Па.

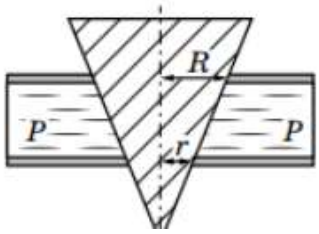
5. В сосуде находятся один за другим три слоя несмешивающихся жидкостей: вода, масло, ртуть (см. рисунок). Высота каждого слоя 5 см. Определить давление жидкостей на дно сосуда и на глубине 7,5 см.

Дано:	СИ
$h_1 = h_2 = h_3 = 5$ см	0,05 м
$h = 7{,}5$ см	0,075 м
$\rho_в = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	
$\rho_м = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	
$\rho_р = 13\,600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	
$P - ?$	
$P_h - ?$	



6. Коническая пробка перекрывает сразу два отверстия в плоском сосуде, заполненном жидкостью при давлении 2000 Па (см. рисунок). Радиус отверстий R = 2 см, r = 1 см. Определить силу, действующую на пробку со стороны жидкости.

Дано:	СИ
$P = 2000$ Па	0,02 м
$R = 2$ см	0,01 м
$r = 1$ см	
$F - ?$	



Решение:

Сила, действующая на пробку в большом отверстии, равна: $F_1 = PS_1$, где S_1 – площадь большого отверстия; $S_1 = \pi R^2$, тогда $F_1 = P\pi R^2$.

Сила, действующая на пробку в малом отверстии, равна: $F_2 = PS_2$, где S_2 – площадь малого отверстия; $S_2 = \pi r^2$, тогда $F_2 = \pi P r^2$.

Сила, действующая на пробку со стороны жидкости, равна: $F = F_1 - F_2$; $F = \pi PR^2 - \pi Pr^2 = \pi P(R^2 - r^2)$.

Отсюда следует, что $\boxed{F = \pi P(R^2 - r^2)}$.

Подставив в формулу числовые данные, получим:

$F = 2000 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}0004 - 0{,}0001) = 6280 \cdot 0{,}0003 =$
$= 1{,}884$ Н.

Ответ: $F = 1{,}884$ Н.

Самостоятельная работа.

1. Во сколько раз давление воды на дно кофейника больше, чем на дно чайника, если высота столба воды в кофейнике 30 см, а в чайнике – 12 см?

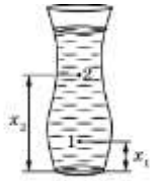
2. Определить высоту уровня воды в водонапорной башне, если манометр, установленный у ее основания, показывает давление 220 кПа.

3. Высота столба воды в стакане 8 см. На сколько давление ртути на дно стакана было бы больше, если бы ртуть налили в стакан до того же уровня?

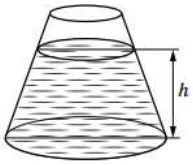
4. Длина аквариума 40 см, ширина – 20 см, высота – 30 см (см. рисунок). С какой силой вода давит на дно аквариума? Вода ниже верхнего края аквариума на 2 см

5. Сосуд имеет массу 15 кг. Когда в него доверху долили воды, масса стала 40 кг, а когда в этот же сосуд налили доверху неизвестный раствор, то масса стала равной 45 кг. Определить давление неизвестного раствора на дно сосуда, если высота сосуда равна 0,5 м.

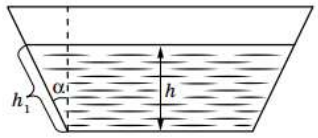
6. В цветочную вазу налита вода. Давление воды в точке (1) больше, чем в точке (2), в 1,6 раза. Точка (1) отстоит от дна вазы на 4 см, а точка (2) – на 10 см (см. рисунок). Какова высота воды в вазе?



7. В сосуд, площадь поперечного сечения которого уменьшается в направлении от дна к верхней части, налита жидкость массой 1,6 кг (см. рисунок). Объем жидкости равен 2 л. Высота жидкости в сосуде равна 20 см. Найти давление жидкости на дно сосуда. h



8. Какую силу давления испытывает стенка аквариума длиной 40 см, если угол ее наклона 60°, а высота воды в аквариуме 20 см (см. рисунок)? Атмосферное давление 105 Па.



Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.1 Электростатика

Практическое занятие №9

Решение задач по теме «Электростатика. Соединение конденсаторов»

Цель: изучить электрическое поле, знать его природу, его действие на электрические заряды и другие электрические поля. Научиться решать задачи на соединение конденсаторов.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Краткие теоретические сведения:

Наэлектризованное тело – тело, обладающее свойствами, проявляющимися в электрических явлениях.
Необходима количественная мера свойств наэлектризованного тела.
Электрический заряд (Q; *q*) – мера свойств наэлектризованных тел, проявляющихся в электрических явлениях [Q] = 1 Кл – кулон.
Взаимодействия наэлектризованных тел относят к *электромагнитным взаимодействиям*.
Электризация – процесс сообщения телу (либо перераспределения между частями тела) электрического заряда.

- Одним из способов электризации является трение.
- Из опытов известно, что существует два вида электрических зарядов. Их условно называют положительными и отрицательными.

Точечный заряд – заряд, расположенный на теле, размеры которого пренебрежимо малы.
Из опытов известно:
1) одноимённые заряды отталкиваются, разноимённые – притягиваются;
2) наименьший (элементарный) электрический заряд, существующий в природе – заряд электрона $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- Заряд тела $q = N \cdot e$, где N – количество элементарных зарядов e в заряде q.

Закон сохранения электрического заряда: в электрически замкнутой системе тел полный электрический заряд (сумма величин положительного и отрицательного зарядов) остаётся постоянным.

Значит, электрический заряд не возникает из ничего и не исчезает бесследно и может переходить от одного тела к другому при $F_к = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ электромагнитных взаимодействиях.

Закон Кулона: электрическая (кулоновская) сила $F_к$ взаимодействия двух точечных электрических зарядов q_1 и q_2 в вакууме прямо пропорциональна произведению их величин, обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними и направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды.

$k = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$ – $F_к = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ коэффициент пропорциональности.

В ряде случаев для упрощения расчётов k удобно представлять в виде: $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$. Тогда:

Электрическая постоянная – коэффициент $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2}$.

- Сила взаимодействия зарядов в среде меньше, чем в вакууме.

Относительная диэлектрическая проницаемость среды (ε) – величина, показывающая, во сколько раз сила взаимодействия зарядов в среде (F_c) меньше, чем в вакууме ($F_к$).

Абсолютная диэлектрическая проницаемость среды – произведение $\varepsilon_0 \cdot \varepsilon$.

Электрическое поле – особый вид материи, проявляющийся во взаимодействии с электрическими зарядами., существует вокруг каждого заряда и заряды взаимодействуют друг с другом посредством этого поля.

Напряжённость электрического поля ($\vec{E}$) – векторная физическая величина, численно равная силе, с которой поле действует на единичный точечный положительный заряд, помещённый в данную точку поля.

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ $[E] = 1\frac{Н}{Кл} = 1\frac{В}{м}$ $\vec{E}$ – силовая $E = k\frac{Q}{\varepsilon \cdot r^2}$ характеристика точки электрического поля.

Работа поля по перемещению заряда

$A = q \cdot E \cdot \Delta x$, где Δx – разность координат конечного и начального положений заряда.

$A = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$, где $\varphi_1 - \varphi_2$ - разность потенциалов.

Связь напряженности и разности потенциалов

$E = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{\Delta d}$ $[E] = 1\frac{В}{м}$, т. е. напряжённость однородного электрического поля численно равна разности потенциалов на единице длины силовой линии.

Электрическая емкость проводника (C) – $C = \frac{Q}{\varphi}$ отношение заряда Q проводника к его потенциалу ϕ. $[C] = 1\frac{Кл}{В} = 1\,Ф$ – фарад

Конденсатор – система двух проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика, предназначенная для накопления и хранения заряда.

Ёмкость *плоского* конденсатора (обкладки – плоские пластины) определяют по формуле: , где S – площадь обкладки; d – расстояние между обкладками

Соединение конденсаторов:

Последовательное соединение конденсаторов – соединение, при котором после зарядки отрицательно (положительно) заряженная обкладка предыдущего конденсатора соединена с положительно (отрицательно) заряженной обкладкой последующего.

$$\frac{1}{C_{бат}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n} \qquad \frac{1}{C_{бат}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$$

$\Rightarrow$

Параллельное соединение конденсаторов – соединение, при котором после зарядки все положительно заряженные обкладки собраны в один узел, все отрицательно заряженные – в другой.

$$C_{бат} = \sum_{i=1}^{n} C_i \qquad C_{бат} = C_1 + \ldots + C_n$$

Самостоятельная работа

1. С какой силой взаимодействуют два заряда q_1и q_2, находящиеся на расстоянии r в среде с диэлектрической проницаемостью ε?
2. На каком расстоянии друг от друга заряды q_1и q2 взаимодействуют с силой F, если относительная диэлектрическая проницаемость среды ε? (q_1,q_2 и ε из задачи №1)
3. Определить величину каждого из двух одинаковых зарядов, если в среде с относительной диэлектрической проницаемостью среды ε на расстоянии r друг от друга они взаимодействуют с силой F.
4. Определить напряженность поля в точке, где действует электрическая сила F на пробный заряд q.
5. Найти напряженность поля, образованного точечным зарядом q=10 мкКл.на расстоянии r в среде с относительной диэлектрической проницаемостью ε.
6. В однородном электрическом поле напряженностью Е перемещается по силовой линии заряд q=10 мкКл. Определите работу электрического поля, если перемещение составило ΔX.
7. Напряжение между точками электрического поля по силовой линии равно U, расстояние между ними ΔX(из задачи №6). Какова напряженность поля?
8. Какую работу нужно совершить для того, чтобы заряд q=10 нКл переместился из точки поля с потенциалом φ_1 в точку с потенциаломφ$_2$?Схему перемещения заряда в электрическом поле изобразить графически.
9. Какова ёмкость проводника, потенциал которого изменяется на Δφ при сообщении ему заряда q=9 нКл ?
10. Определить емкость батареи $C_{бат.}$, если конденсаторы с емкостями C_1=10 пФ, C_2=15 пФ и C_3=20 пФ соединили: а) последовательно; б) параллельно. Схемы соединения конденсаторов начертить.

№	1				2	3			4		5		6		7		8
вар	q_1 нКл	q_2 нКл	r см	ε	F мН	ε	r см	F мН	F мН	q нКл	r см	ε	E Н/Кл	ΔX см	U В	φ_1 В	φ_2 В
1	1	1	2	81	10	1	2	90	10	5	1	1	10	35	110	100	500
2	2	2	4	2,1	20	2	4	80	20	10	1	2	20	34	220	200	400
3	3	3	6	2,5	30	3	6	70	30	15	1	3	30	33	330	300	350
4	4	4	8	2,1	40	4	8	60	40	20	1	4	40	32	110	400	200
5	5	5	10	6	50	5	2	50	50	25	1	5	50	31	220	500	100
6	6	6	2	7	60	6	4	40	60	30	5	6	60	30	330	600	1000
7	7	7	4	81	70	7	6	30	70	35	5	7	70	29	110	700	900
8	8	8	6	2,1	80	8	8	20	80	40	5	8	80	28	220	800	850
9	9	9	8	2,5	90	9	2	10	90	45	5	9	90	27	330	900	700
10	10	10	10	2,1	10	1	4	50	10	50	5	1	10	26	110	100	600

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Практическое занятие №10
Решение задач «Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Смешанное соединение проводников»

Цель: закрепить умения и навыки вычисления силы тока, напряжения, сопротивления по определению и по закону Ома для участка цепи, а также с учетом законов различного соединения проводников.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:

тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. Теория

1.Электрический ток-направленное движение свободных зарядов. Силой тока (I) называется величина, численно равная электрическому заряду, проходящему через сечение проводника в единицу времени: I = q/t, I=n*q*s

Закон Ома для участка цепи: I=U/R

Формула сопротивления: R=ρ*l/S, где ρ - удельное сопротивление, зависящее от рода проводника; l-длина проводника; S - площадь сечения.

При последовательном соединении проводников: R=R1+R2 I=I1=I2=const U=U1+U2 При параллельном соединении проводников: U=U1=U2=const I=I1+I2 1/R=1/R1+1/R2, если R1≠R2 R=R1/N, где N- число одинаковых сопротивлений, т.е. R1=R2= …RN.

Закон Ома для полной цепи: I=ε/R+r,где ε - ЭДС источника тока, [ε]=В, R-внешнее сопротивление [R]=Ом, r-внутреннее сопротивление или сопротивление источника тока [r]=Ом

2. Примеры решения задач

Сила тока и плотность тока

1. Определите число n электронов, которые проходят через поперечное сечение проводника площадью s=1мм2 за t=2 мин, если плотность тока в проводнике j=150А/см2

Дано: *Решение:*

$S=1мм^2=10^{-6}м^2$ Число электронов, проходящих через поперечное сечение

$t=2$ мин$=120с$ проводника, равно отношению электрического заряда,

$j=150А/см^2=1,5*10^2А/м^2$ прошедшего через данное поперечное сечение, к заряду

n-? электрона:$n=Q/e$ (1). Учитывая, что $Q/t = I=jS$ (2), получим:

за время t через сечение проводника пройдет $n= jSt/e$.

$n=1,5*10^2А/м^2*10^{-6}м^2*120с/1,6*10^{-19}Кл=1,2*10^{21}$

Ответ: $1,2*10^{21}$

2. Электрическая цепь, состоящая из резисторов R1=100 Ом,R2=200 Ом R3=300 Ом, подключена к двум источникам постоянного напряжения U1 и U2=100В. При каком напряжение U1 сила тока I1 через резистор R1 будет равна нулю?

Дано: *Решение:*

$R_1=100$ Ом Если через резисторR_1 ток не идет, т.е. $I_1=0$, следовательно, $I_1R_1=0$. Тогда

$R_2=200$ Ом напряжение U_3 на резисторе R_3 должно быть равно U_1, т.е. $U_3=U_1=I_1R_3$ (1).

$R_3=300$ Ом В этом случае резисторы R_2 и R_3 включены последовательно. Поэтому

U2=100В сила тока во всех частях цепи одинакова: $I_3=I_2=I$. Падение напряжения

$I_1=0$ $U_2 = IR_2+IR_3$, откуда следует, что $I= U_2 / (R_2+R_3)$ (2)

U_1=? Учитывая, что $IR_3=U_3=U_1$ имеем, $U_2=U_2 R_2/R_2+R_3+U_1$. После преобразования

получим $U_1=R_3/R_2+R_3*U_2$. $U_1=300$ Ом/200 Ом+ 300 Ом*100В=60В.

Ответ: 60В

Закон Ома для полной цепи

3. Определите силу тока короткого замыкания IКЗ батареи, ЭДС которой ε = 15 В, если при подключении к ней резистора сопротивлением R=3 Ом сила тока в цепи составляет I=4А

Дано: *Решение:*

ε = 15В Силу тока короткого замыкания определяем по формуле $I_{КЗ} = ε/R$ (1), где

R=3Ом r-внутреннее сопротивление батареи. Согласно закону Ома для полной цепи:

I=4А I= ε-IR-r, откуда r = ε-IR/I (2). Подставим формулу (2) в формулу (1)

$I_{КЗ}$ -? $I_{КЗ} = ε/R=εI/ε-IR$. $I_{КЗ}=15В*4А/15В-4Ф*3$ Ом=20А

Ответ: 20А

ЭДС источника электрической энергии 12 В. Какой физический смысл этого выражения?

Соединение проводников

4. К сети напряжением U=200 В присоединены два резистора. При их последовательном соединении I1=4,4 А, а при параллельном - I2= 27,5 А. Определите сопротивление R1 и R2 резисторов.

Дано: *Решение:*

U=220В При последовательном соединении $R_{послд.}= R_1 + R_2$; $I_1=U/R_{послд}$, откуда

$I_1=4,4А$ $R_{послд} = U/I_1$. Расчеты: Rпослд=220В/4,4А=50 Ом.

$I_2=27,5А$ При параллельном соединении: $R_{парал} = R_1*R_2/(R_1 + R_2)$, $I_2=U/R_{парал}$, откуда

R_1-? R_2-? $R_{парал.}=U/I_2$. Расчеты: $R_{парал}=220В/27,5А=8$ Ом.

$R_1*R_2/R_1+R_2=8$ Ом; $R_1 R_2=400$ Ом; $R_1+ R_2=50$ Ом; $R_1 R_2=400$ Ом;

Значит: $R_1=10$ Ом; $R_2=40$ Ом.

Ответ: $R_1=10$ Ом; $R_2=40$ Ом

Самостоятельная работа

Вариант 1

1. Через сечение проводника за промежуток времени Δt=10с проходит заряд ΔQ=25 Кл. Определите силу тока I в проводнике.
2. Напряжение на участке цепи U = 5 В, а его электрическое сопротивление R = 10 Ом. Определите силу тока I на этом участке цепи.
3. При перемещение заряда Q=2Кл внутри источника тока сторонние силы совершают работу A=20 Дж. Определите ЭДС источника.
4. Как можно получить сопротивления R, соединяя всеми возможными способами три резистора сопротивлением R=6 Ом каждый?

Вариант 2

1. Сила тока в проводнике I = 1,5 А. Определите заряд ΔQ, протекающий через сечение проводника за время Δt=2с.
2. Определите напряжение U на резисторе сопротивлением R=10 кОм при силе тока в нем I=0,5 мА.
3. Сила тока в лампочке карманного фонарика I=0,28А при напряжении U=3,5В. Определите сопротивление R нити лампочки.
4. Во сколько сопротивление R1 при последовательном соединении 10 резисторов (n=10) сопротивлением по R=10 Ом больше, чем их сопротивление R2 при параллельном соединении?

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Практическое занятие №11

Решение задач по теме «Работа, мощность и сопротивление электрического тока»

Цель: научиться решать задачи, используя формулы работы тока и мощности

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11;

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. *Краткие теоретические сведения:*

1.Повторить формулы работы и мощности тока.
Работа и мощность тока

Работу сил электрического поля, создающего упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике, т. е. электрический ток, называют работой тока:
A = I*U*t,
где A – работа электрического тока на участке цепи, Дж;
I – сила тока на данном участке цепи, А;
U – напряжение на участке цепи, В;
t – время прохождения тока по участку цепи, с.
где P – мощность тока, Вт.
Если на участке цепи вся энергия переходит во внутреннюю энергию проводника (не совершается механическая работа), то Q = IIRt – закон Джоуля-Ленца.
Q – количество теплоты, выделившееся в проводнике, Дж.

Соберем цепь, состоящую из источника тока и потребителя электрической энергии.

Согласно закону Ома для участка цепи, напряжение на проводнике $U = I \cdot R$. Работа сторонних сил $A_{ст.} = A_{потр.} + A_{ист.}$

$A_{потр.}$ – работа электрического поля по перемещению заряда от точки А к точке В;

$$A_{потр.} = q \cdot U = q \cdot I \cdot R.$$

Источник тока обладает внутренним сопротивлением r. Работа по перемещению заряда внутри источника тока:

$$A_{ист.} = I \cdot r \cdot q$$
$$A_{ст.} = \varepsilon \cdot q.$$

Тогда $\varepsilon \cdot q = q\, I \cdot R + I\, r \cdot q$ или $\varepsilon = I \cdot R + I \cdot r$, или

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}.$$

Закон Ома для всей цепи: сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна ЭДС источника тока и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.

R – внешнее сопротивление цепи (общее сопротивление потребителей электрической энергии), Ом;

r – внутреннее сопротивление цепи (сопротивление источника тока), Ом;

$R + r$ – полное сопротивление цепи, Ом.

В электрической цепи возникает короткое замыкание, если R=0:

$$I_{к.з.} = \frac{\varepsilon}{r}.$$

Работу сил электрического поля, создающего упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике, т. е. электрический ток, называют работой тока:

$$A = I \cdot U \cdot \Delta t,$$

где A – работа электрического тока на участке цепи, Дж;

I – сила тока на данном участке цепи, А;

U – напряжение на участке цепи, В;

Δt – время прохождения тока по участку цепи, с.

$$P = \frac{A}{t} \Rightarrow P = I \cdot U,$$

где P – мощность тока, Вт.

Если на участке цепи вся энергия переходит во внутреннюю энергию проводника (не совершается механическая работа), то $Q = I^2 R \Delta t$ – закон Джоуля-Ленца.

Q – количество теплоты, выделившееся в проводнике, Дж.

Примеры решения задач

1. Электрический двигатель работает 5 ч. от сети с напряжением 380 В при силе тока 35 А. Сопротивление обмотки двигателя 0,5 Ом. Определить израсходованную электрическую энергию, количество теплоты, выделенной в обмотке за это время и совершенную двигателем механическую работу.

Дано:	СИ	Решение:	Вычисления
$U = 380$ В		$A = I \cdot U \cdot \Delta t$	$A = 35А \cdot 380В \cdot 18000$ с =
$I = 35$ А		$Q = I^2 R \Delta t$	$\approx 2{,}4 \cdot 10^8$ Дж
$R = 0{,}5$ Ом		$A_{мех} = A - Q$	$Q = (35А)^2 \cdot 0{,}5Ом \cdot 18000С =$
$\Delta t = 5$ ч	18000 с		$= 0{,}1 \cdot 10^8$ Дж
$A - ?$			$A_{мех} = 2{,}4 \cdot 10^8$ Дж $- 0{,}1 \cdot 10^8$ Дж =
$Q - ?$			$= 2{,}3 \cdot 10^8$ Дж
$A_{мех} - ?$			

Ответ: $A = 2{,}4 \cdot 10^8$ Дж; $Q = 0{,}1 \cdot 10^8$ Дж; $A_{мех} = 2{,}3 \cdot 10^8$ Дж.

2. При замыкании источника электрической энергии с ЭДС 4,2 В никелиновым проводником длиной 10 м и сечением 1,0 мм^2 сила тока в цепи была 0,6 А. Найти внутреннее сопротивление источника электрической энергии. Удельное сопротивление никелина $4{,}2 \cdot 10^{-7}$Ом·м.

Самостоятельная работа

1. Электродвигатель, сопротивление обмотки которого 0,4 Ом, работает от сети с напряжением 300 В при токе 50 А. Определите качество израсходованной энергии за 5 ч., совершенную двигателем механическую работу и количество теплоты, выделенной в обмотке.

2.Автомобильный стартер за 10 с работы потребляет энергию 6,0·104 Дж. Какова сила тока, проходящего через стартер во время запуска двигателя, если напряжение на его клеммах 12 В?

3.Сварочным аппаратом. Работающим от сети напряжением 45 В за 20 минут было израсходовано 5.4кВт*час энергии. При какой силе тока протекала дуговая сварка ?

4.Электрический утюг мощностью 800 Вт работает от сети 220 В .Определить силу тока в нагревательном элементе и его сопротивление в рабочем состоянии утюга. Сколько энергии будет израсходовано за 1,5 часа непрерывной работы утюга ?

5.В сеть напряжением 120 В последовательно с электрической дугой включен реостат . Падение напряжения на электродах дуги 45 В ,сила тока в цепи 12 А. Определить мощность ,потребляемую дугой и к.п.д. установки.

6.Резистор подключен к источнику тока, напряжение на зажимах которого 6 В. Какая работа совершается током, если за 0,5 минут через резистор проходит заряд 24 Кл? Определить мощность тока и сопротивление резистора.

7.Какая мощность потребляется дуговой сталеплавильной печью, работающей от источника напряжением 220 В при силе тока 30000 А? Определить стоимость электрической энергии , израсходованной зам 5 часов работы печи, по действующему тарифу.

8.Напряжение на зажимах генератора 132 В, а у потребителя - 127 В. Определить падение напряжение в магистральных проводах и сопротивление , если мощность тока у потребителя равна 5 кВт.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.4 Магнитное поле

Практическое занятие №12
Решение задач по теме «Магнитное поле и его характеристики»

Цель: закрепить умения и навыки вычисления величин с использованием закона Ампера, формул для определения магнитного потока, силы Лоренца

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:

тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1.Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).

2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Теория

Рассмотрим рисунок 1.

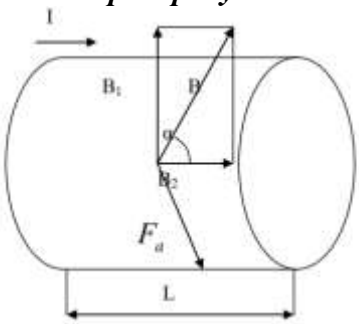
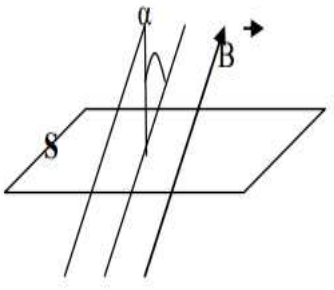


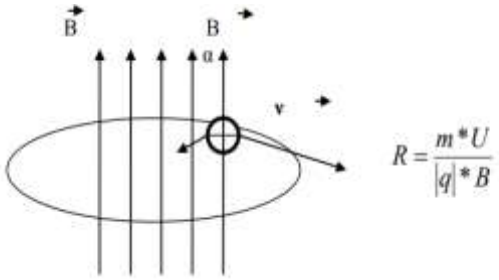
Рис. 1.

Величина силы, действующей со стороны магнитного поля на проводник длиной L, по которому идет ток силой I, определяется по формуле Ампера: Fa = B×L×I×sinα, где B - модуль магнитной индукций, [B] =Тл, L – длина проводника [L] = м, I – сила тока, [I] =А. Магнитное потоком через площадку S называют число силовых линий, проходящих через площадку: Ф = B×S× cos α, где Ф – магнитный поток [Ф] =Вб.



$\alpha - (\vec{n}; \vec{B})$ – угол между вектором нормали ($h \perp S$) и вектором магнитной индукций

Величина силы, действующей со стороны магнитного поля на заряженную частицу, определяется по формуле Лоренца: Fл = B×q×ν× sin α, где q – заряд частиц, ν - скорость движения частиц, B – магнитная индукция. Заряженные частицы движутся в однородном магнитном поле по окружности, радиусом R.



R – радиус окружности [R] = м, m – масса частиц, [m] = кг, q - модуль заряда частицы, [q] = Кл. Время, за которое частицы делают полный оборот (период обращения) равно: T = 2πR/υ = 2πm/qB.

Примеры решения задач

1. Определите силу, действующую на проводник длиной 20 см помещенный в магнитное поле, индукция которого 5Тл, если сила тока в проводнике 10 А и он образует угол α = 30° с направлением поля.

Дано:
L= 20 см = 0,2 м
B = 5 Тл
I = 10 α
α= 30°
F-?

Решение:
На проводник с током со стороны магнитного поля действует сила Ампера: F=B*I*L*sin α, F=5*0,2*10*1/2 =5 (Н).

*Ответ:*5 Н.

2. Плоская рамка площадью S = 80 см2 , имеющая N=40 витков, расположена в однородном магнитном поле индукцией B=0,1 Тл. Определите магнитный поток Ф сквозь рамку, если нормаль к ней оставляет угол α = π/6 с вектором магнитной индукций.

Дано:
$S = 80 см^2 = 8*10^{-3} м^2$
N = 40
B= 0,1 Тл
α = π/6
Ф - ?

Решение:
Магнитный поток через один виток $Ф_1 = BS \cos α$
Магнитный поток через рамку $Ф= NФ_1 = NBS \cos α$
Вычисления: $Ф = 40*0,1 Тл*8*10^{-3}м^2*0,87 = 2,8*10^{-2}$ Вб

Ответ: $2,8*10^{-2}$ Вб

3. С какой скоростью вылетает α- частица из радиоактивного ядра, если, попадая в однородное магнитное поле с индукцией B = 0,5 Тл перпендикулярно его силовым линиями, она движется по дуге окружности радиуса R=0,3 м?

Дано: *Решение*:

$Q=+2p=3{,}2*10^{-19}$ Кл
B=0,5 Тл
R=0,3 м

α – частица – ядро атома гелия $\alpha={}^4_2He$. Заряд ядра Q= 2p , где p – заряд протона. Масса α – частиц m равна массе атома гелия

$$m=\frac{M}{N_A}=\frac{4*10^{-3}\ кг/моль}{6{,}02*10^{23}\ моль^{-1}}=6{,}64*10^{-2{,}27}\ кг$$

$M_{He}=4\times10^{-3}$ кг/моль

N_A $6{,}02\times10^{23}$ моль$^{-1}$

$QvB=\frac{mv^2}{R}$, где $\frac{mv^2}{R}$ центростремительная сила.

$$U=\frac{QBR}{m},\quad m=\frac{M}{N_A},\quad U=\frac{QBRN_A}{M}.$$

υ - ?

$$U=\frac{3{,}2*10^{-19}\ Кл*0{,}5Тл*0{,}3м*6{,}02*10^{23}\ моль^{-1}}{4*10^{-3}\ кг/моль}=7{,}2*10^6\ м/с$$

Ответ: $7{,}2*10^6$ м/с

2. Самостоятельная работа

Вариант 1

1. Круговой виток площадью 0.8 м2 расположен в однородном магнитном поле с индукцией 0,5 Тл. Найдите магнитный поток, пронизывающий плоскость витка, если угол между витком магнитной индукции и осью витка равен 600 .

2. Проводник длиной 1,5 м с током 2А помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл. Найти силу, действующую на проводник с током, если вектор магнитной индукции перпендикулярен направлению тока.

3. Проводник длиной 3м и током 5А помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,2 Тл. Найти силу, действующую на проводник с током, если угол между вектором магнитной индукции и силой 8 мН. Определить площадь витка.

4. Проводник длиной 0,2 м помещен в однородное магнитное поле с индукцией 2 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найти силу тока в проводнике, если со стороны магнитного поля на него действует сила 2 Н.

5. В однородном магнитном поле расположен проводник с током так, что угол между направлением тока и вектором магнитной индукции равен 300 . Во сколько раз увеличивается сила, действующая на проводник, если угол увеличивается до 900 .

6. Электрон влетает в однородное магнитное поле в вакууме со скоростью 10 Мм/с, направленной перпендикулярно линиям индукции. Найти силу, действующую на электрон со стороны магнитного поля, если индукция поля равна 2 Тл.

7. Пылинка, заряд которой 10-5 Кл и масса 1 мг, влетает в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл и движется по окружности. Сколько оборотов сделает пылинка за время 3,14с ?

8. Электрон влетает в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью 107 м/с. Найдите индукцию поля, если электрон описал в поле окружности радиусом 1 см.

9. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50А. Он находиться в однородном магнитном поле индукцией 20 мТл. Какую работу совершил источник тока, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно линиям индукции.

Вариант 2

1. Квадратная рамка, изготовленная из тонкого проводника длиной 2м, помещена в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл. Линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости рамки. Найти поток магнитной индукции пронизывающий рамку.

2. Определите длину активной части проводника, помещенного в магнитное поле с индукцией 400 Тл, если при силе тока 2,5 А на него действует сила 100 Н. Проводник расположен под углом 300 к линиям магнитной индукции.

3. В однородном магнитном поле с индукцией 12 Тл параллельно линиям индукции расположен проводник длиной 0.2м. По проводнику течет ток равный 5А. Определить силу, действующую на проводник с током

4. Пылинка с зарядом 0,2 Кл влетает в вакууме в однородное магнитное поле со скоростью 500 м/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Величина индукции магнитного поля равна 6 Тл. Определите силу, действующую на пылинку.

5. Прямой провод длиной 1 м, по которому течет ток силой 20А, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл. Определить угол между направлением поля и направлением тока, если на проводник действует сила 0,1 Н?

6. Прямой проводник с током расположен в однородном магнитном поле так, что угол между направлением вектора магнитной индукции и направлением тока равен 300 . Чему должен быть равен этот угол, чтобы сила Ампера, действующая на проводник с током, увеличилась в 2 раза?

7. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,2014 Тл, по окружности равномерно вращается протон. Определите радиус окружности, если скорость протона равна 3200 км/с.

8. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с длиной активной части 5 см действует сила 50 мН? Сила тока в проводнике 25 А. Проводник расположен перпендикулярно вектору магнитной индукции.

9. Электрон движется в однородном магнитном поле индукцией 4 мТл. Найти период обращения электрона. Отчет о работе: Решение задач самостоятельной работы в тетради.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.5 Электромагнитная индукция

Практическое занятие №13
Решение задач по теме «Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция»

Цель: изучить явление электромагнитной индукции, правило Ленца, явление самоиндукции и научиться решать задачи.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

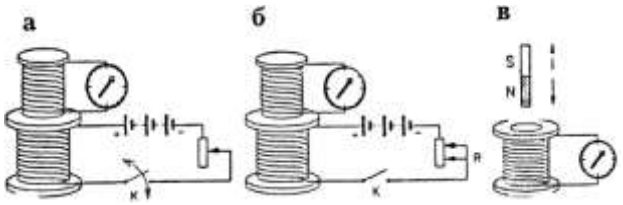
Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. ***Краткие теоретические сведения:***

Явление электромагнитной индукции

В 1831 году английский физик М. Фарадей серией опытов показал, что с помощью переменного магнитного поля можно создать в замкнутом проводящем контуре электрический ток.



Явление электромагнитной индукции – возникновение электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур. Ток, возникающий в контуре, называется *индукционным* (наведенным), а создающую его ЭДС называют *ЭДС индукции*.

Первоначально индукция была открыта в неподвижных друг относительно друга проводниках при замыкании и размыкании цепи одной из катушек (рис.1. а) при изменении силы тока в одной из катушек, магнитное поле, которое пронизывает вторую катушку, в ней возникает индукционный ток (рис. 1. б) индукционный ток возникает также в проволочной катушке при движении постоянного магнита внутрь катушки и при выдвигании магнита из нее (рис. 1. в).

Закон электромагнитной индукции:

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\varepsilon_i = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|,$$

где ε_i – ЭДС индукции, В;

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ – изменение магнитного потока, Вб;

Δt – промежуток времени, в течение которого произошло данное изменение, с;

$\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$ – скорость изменения магнитного потока, $\frac{Вб}{с}$.

С учетом направления индукционного тока закон записывается так: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

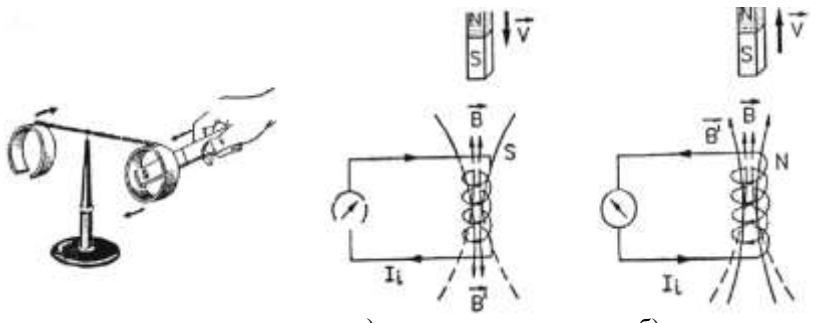
Если замкнутый контур состоит из N последовательно соединенных витков (например, в соленоиде)

$$\varepsilon_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

где N – число витков.

Направление индукционного тока в замкнутом проводнике можно определить по правилу, установленном в 1833 году русским физиком Э.Х. Ленцем. Согласно *правилу Ленца*:

Индукционный ток, возникающий в замкнутом контуре, своим магнитным потоком препятствует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.



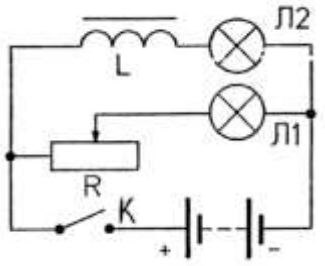
а) б)

Рис. 2 Рис. 3. Опыт, иллюстрирующий правило Ленца

Самоиндукция. ЭДС самоиндукции

Самоиндукция – возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре в результате изменения в нем силы тока. Появляющуюся электродвижущую силу называют *ЭДС самоиндукции*. При изменении тока в контуре меняется магнитный поток через поверхность, ограниченную этим контуром, в результате чего в нем возбуждается ЭДС самоиндукции, направление которой определяется правилом Ленца.

Явление самоиндукции можно наблюдать, собрав электрическую цепь, изображенную на рис. 47.



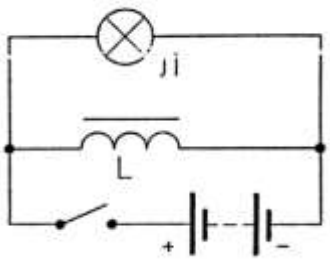


Рис. 4. Явление самоиндукции при размыкании цепи

Рис. 5. Явление самоиндукции при замыкании цепи

Опыт показывает, что при замыкании ключа К лампа $Л_2$ загорается несколько позже, чем лампа $Л_1$. это объясняется возникновением в катушке значительной ЭДС самоиндукции, которая, согласно правилу Ленца мешает быстрому нарастанию тока в момент замыкания цепи. Под действием ЭДС индукции в контуре появляется индукционный ток (ток самоиндукции), который, накладываясь на основной ток в контуре, замедляет его возрастание. Энергия источника тока, затраченная на его преодоление противодействия ЭДС самоиндукции, накапливается в магнитном поле этой цепи – внутри катушки с сердечником. Когда сила тока в цепи становится постоянной, то и энергия магнитного поля цепи не изменяется.

Объясни самостоятельно процессы, возникающие при размыкании цепи (рис. 4).

Электрический ток, проходящий по проводнику, создает вокруг него магнитное поле. Магнитный поток сквозь площадь поверхности, ограниченную самим контуром, пропорционален силе тока в контуре:

$$Ф = L \cdot I.$$

Коэффициент пропорциональности L называется *индуктивностью* контура:

$$[L] = \left[\frac{Ф}{I}\right] = \frac{Вб}{А} = \text{Гн (генри)}.$$

Значение индуктивности зависит от размеров и формы проводника, а также от магнитных свойств сферы, в которой он находится.

ЭДС самоиндукции по закону электромагнитной индукции равна:

$$\varepsilon_{is} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}, \text{ т.к. } \varepsilon_{is} = \frac{\Delta Ф}{\Delta t},$$

где $\Delta I = I_2 - I_1$ – изменение силы тока в проводнике, А;

Δt – время его изменения, с;

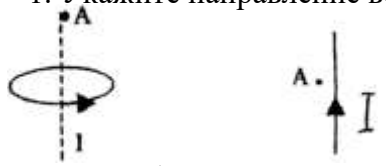
$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ – скорость изменения силы тока, $\frac{А}{с}$.

Энергия магнитного поля проводника с током:

$$W_M = \frac{L \cdot I^2}{2}.$$

2. Примеры решения задач

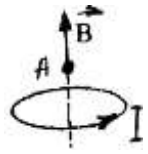
1. Укажите направление вектора магнитной индукции в точке А.



а) б)

Решение:

Направление вектора магнитной индукции определяется по правилу буравчика:



а) выбираем положение наблюдателя если смотреть на проводник сверху, то ток направлен против часовой стрелки. По направлению тока вращаем ручку буравчика, тогда сам буравчик будет двигаться вверх, следовательно, вектор магнитной индукции направлен снизу вверх;

б) с направлением прямолинейного тока должно совпадать направление поступательного движения буравчику, тогда направление вращения рукоятки в точке А покажет направление вектора магнитной индукции. То есть в точке А вектор выходит из плоскости рисунка.

2. Проводник с силой тока 5А помещен в однородное магнитное поле с индукцией $1\cdot10^{-2}$ТЛ. Угол между направлениями тока и поля 60^{o}. определите длину проводника, если поле действует на него силой $2\cdot10^{-2}$Н.

$$F=B\cdot I\cdot \ell \sin\alpha \Rightarrow \ell=\frac{F}{B\cdot I\sin\alpha};$$

$$\ell=\frac{2\cdot10^{-2}Н}{1\cdot10^{-2}\text{Тл}\cdot0.87\cdot5\text{А}}\approx0,46 \text{ м.}$$

3. Какая сила действует на электрон, летящий в однородном магнитном поле с индукцией $1\cdot10^{-2}$ ТЛ перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью $3\cdot10^{-6}$ м/с, заряд электрона $e=-1,6\cdot10^{-19}$ Кл.

На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца:

$$F_{\text{Л}}=B\cdot|q|\cdot\upsilon\cdot\sin\alpha$$

$F_{\Lambda}=1\cdot10^{-2}$ТЛ$\cdot1,6\cdot10^{-19}$ Кл$\cdot3\cdot10^{6}$м/с$=-4,8\cdot10^{-15}$Н

4. На сколько изменилась сила тока в проводнике, если за 0,2 с в проводнике, индуктивность которого 1 Гн, появилась ЭДС самоиндукции равная 10 В?

По закону самоиндукции:

$$\varepsilon_{si}=L\frac{|\Delta I|}{\Delta t}\Rightarrow|\Delta I|=\frac{\varepsilon_{si}}{L}\Delta t$$

$$|\Delta I|=\frac{10B\cdot0,2c}{1Гн}=2A$$

5. За какой промежуток времени магнитный поток изменится на 0,04 Вб, если в контуре возникает ЭДС индукции 16 В?

По закону электромагнитной индукции:

$$\varepsilon_i=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{\varepsilon_i};\ \Delta t=\frac{0,04\ Вб}{16\ В}=2,5\cdot10^{-3}c$$

6. Магнитное поле катушки с индуктивностью 0,1 Гн обладает энергией 0,8 Дж. Чему равна сила тока в катушке?

Энергия магнитного поля проволочной катушки равна:

$$W_м=\frac{L\cdot I^2}{2}\Rightarrow I^2=\frac{2W_м}{L}\Rightarrow I=\sqrt{\frac{2W_м}{L}}\quad I=\sqrt{\frac{2\cdot0,8\ Дж}{0,1\ Гн}}=\sqrt{16A^2}=4\ A.$$

1. Определите магнитный поток, проходящий через прямоугольную площадку со сторонами 20х40 см, если она помещена в однородное магнитное поле с индукцией $5\cdot10^{-2}$ТΛ под углом 60^{o} к линиям индукции поля.

2. Магнитный поток, пронизывающий какую-то площадку равен: $\Phi = B\cdot S\ \cos\alpha$, т.к. площадка прямоугольная, $S = ав$,
где α – угол между нормалью к поверхности и вектором магнитной индукции (или линиями магнитной индукции).

Для данного случая:
$\alpha = 90^{o} - \beta$; $\alpha = 30^{o}$.

Значит $\Phi = 5\cdot10^{-2}$ ТΛ·0,2м·0,4м $\cos 30^{o}$=

$5\cdot10^{-2}$ ТΛ·0,2м·0,4м $\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 3{,}5\cdot10^{-2}$ Вб

2. Самостоятельная работа

1. Определите индуктивность катушки, если при увеличении тока в ней на 2,2 А за $50\cdot10^{-2}$с появляется средняя ЭДС самоиндукции, равная 1,1 В.

2. В проводнике длиной 0,50 м, движущемся со скоростью 3,0 м/с перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, возникает ЭДС $6{,}0\cdot10^{-2}$ В. Определите индукцию магнитного поля.

3. Определите магнитный поток, проходящий через прямоугольную площадку со сторонами 20х40 см, если она помещена в однородное магнитное поле с индукцией $5{,}0\cdot10^{-2}$ ТΛ под углом 60^{o} к линиям индукции поля.

4. Определите ЭДС индукции, возбуждаемую в контуре, если в нем за 0,01 с магнитный поток равномерно уменьшается 0,5 до 0,4 Вб, чтобы в контуре возбуждалась ЭДС индукции 3,8 В.

5. Определите промежуток времени, в течение которого магнитный поток, пронизывающий контур, должен увеличиться от 0,01 до 0,20 Вб, чтобы в контуре возбуждалась ЭДС индукции 3,8 В.

6. Определите ЭДС индукции на концах крыльев самолета, имеющих длину 12 м, если скорость его при горизонтальном полете 250 м/с, а вертикальная составляющая магнитной индукции земного магнетизма $5{,}0\cdot10^{-5}$ ТΛ.

7. В однородном магнитном поле под углом 30^{o} к направлению вектора индукции, величина которого $5{,}0\cdot10^{-3}$ ТΛ, движется проводник со скоростью 10 м/с; вектор скорости перпендикулярен проводнику. Определите длину проводника, если в нем наводится ЭДС, равная $2{,}5\cdot10^{-2}$ В.

8. Трактор общего назначения К-700 идет со скоростью 28 км/ч. определите разность потенциалов на концах передней оси, если длина ее около 2,6 м, а вертикальная составляющая магнитного поля Земли $5{,}0\cdot10^{-5}$ ТΛ.

9. Чему равна ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке с индуктивностью $2{,}0\cdot10^{-2}$ Г, в которой ток силой $7{,}5\cdot10^{-2}$ А исчезает за $2{,}0\cdot10^{-2}$ с?

10. Магнитное поле катушки с индуктивностью 0,1 Г обладает энергией 0,8 Дж. Чему равна сила тока в катушке?

11. Проволочная прямоугольная рамка со сторонами 20 и 30 см расположена в однородном магнитном поле и перпендикулярна силовым линиям. Определите индукцию этого поля, если при его исчезновении за $1{,}2\cdot10^{-2}$ с в рамке наводится средняя ЭДС 3,5 мВ.

12. Чему равна индуктивность катушки, если протекающий по ней ток силой 0,15 А создает поток магнитной индукции $7{,}5\cdot10^{-3}$ Вб?

13. Чему равна индуктивность проводника, в котором при возрастании тока от 1,5 до 1,8 А за 0,02 с возбуждается ЭДС самоиндукции 0,9 В?

14. За какой промежуток времени в контуре индуктивностью $2{,}0\cdot10^{-5}$ Г при изменении тока на 0,5 А возникает ЭДС самоиндукции 10 В?

15. Определите индуктивность катушки, если при токе 3,0 А магнитное поле в ней обладает энергией $6{,}0 \cdot 10^{-2}$ Дж.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 5.1 Механические колебания и волны

Практическое занятие №14
Механические колебания и их характеристики

Цель: закрепить умения и навыки вычисления параметров колебательного движения, характеристик механических волн.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:

тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1 ***Краткие теоретические сведения:***

Периодические колебания – механические движения или физические процессы, повторяющиеся во времени.

Гармонические колебания – колебания, при которых физическая величина периодически изменяется с течением времени по законам синуса или косинуса. x = $\boldsymbol{xm} \cdot \mathbf{sin}(\boldsymbol{\omega t} + \boldsymbol{\varphi 0})$ $\boldsymbol{xm}$ - амплитуда, максимальное отклонение от положения равновесия физической величины. T- период колебаний, наименьший промежуток времени, в течение которого совершается одно полное колебание: $\boldsymbol{T} = \boldsymbol{t}\ \boldsymbol{N}$, где N - число колебаний, t – время, t = с, единица измерения: T = с (секунда). Для математического маятника $T = 2\pi\ \boldsymbol{l}\ \boldsymbol{g}$, где l - длина нити, l = м, g - ускорение свободного падения, g = 9,8 м/с 2 Для пружинного маятника, период равен: $T = 2\pi\ \boldsymbol{m}\ \boldsymbol{k}$, где m - масса груза m = кг, k – коэффициент жесткости пружины k = Н/м Частота колебаний ν - число колебаний в единицу времени: $\nu = \boldsymbol{N}\ \boldsymbol{t}$,

Частота и период взаимообратные величины: ν = 1 T или T = 1 ν $\boldsymbol{\varphi}0$ - начальная фаза колебаний – аргумент $\boldsymbol{\varphi}0$ гармонической функции: y = A$\mathbf{sin}$ $(\boldsymbol{\omega t} + \boldsymbol{\varphi}0)$, определяющий состояние тела в начальный момент времени t = 0. ω- круговая частота, число полных колебаний выраженных в радианной (угловой) мере, за время t = 1 с, ω = рад с $\omega = \mathbf{2\pi}\ \boldsymbol{T} = 2\pi\ \boldsymbol{\nu}$

2. Примеры решения задач

1. Гармонические колебания величины x описываются уравнением x = = 0,2sin $2\pi t$ м . Определите: амплитуду A колебаний; циклическую частоту$\omega 0$; частоту колебаний ν; период колебаний T; $x1$ в момент времени t = T 2 .

Дано:
$x = 0{,}2\sin 2\pi t$ [м]
A, ω_0, ν, Т, x_1 - ?

Решение:
Сравнив уравнение гармонических колебаний $x = A\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ с данным в задаче, находим A = 0,2 м; $\omega_0 = 2\pi$ с$^{-1}$; $\nu = \frac{\omega_0}{2\pi}$, откуда ν = 1 Гц; $T = \frac{1}{\nu}$, откуда Т = 1 с.

Подставив значение $t = \frac{T}{2}$ в уравнение, данное в условии задачи, определяем x_1:
$x_1 = 0{,}2\sin\frac{2\pi}{2} = 0{,}2\sin\pi = 0$ м.
Ответ: A = 0,2 м; $\omega_0 = 2\pi$ с$^{-1}$; ν = 1 Гц; Т = 1 с; $x_1 = 0$ м.

2. Напишите уравнение гармонических колебаний, если амплитуда колебаний А = 2 см, начальная фаза колебаний $\varphi 0 = 30°$ и за t = 10 с совершается n = 20 полных колебаний.

Дано:
$A = 2$ см = 0,02 м
$\varphi_0 = 30° = \frac{\pi}{6}$
$t = 10$
n = 20
$x(t)$ - ?

Решение:
Уравнение гармонических колебаний имеет вид $A\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$. Период колебаний T – время, в течение которого совершается одно колебание: $T = \frac{t}{n}$. Зная T, определяем циклическую частоту: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$, или $\omega_0 = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi\cdot 20}{10c} = 4\pi$.
Уравнение данных гармонических колебаний будет иметь вид: $x = 0{,}02\sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ [м]
Ответ: $x = 0{,}02\sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ [м]

3. Период колебаний математического маятника на Луне Tл = 10 с. Определите период колебаний Т этого маятника на Земле. Ускорение свободного падения на Луне g = 1,6 м/с 2 .

Дано:
$T_л = 10$ с
$g_л = 1{,}6$ м/с^2
g = 9,8 м/с^2
Т - ?

Решение:
Периоды колебаний математического маятника на Луне $T_л$ и Земле T: $T_л = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_л}}$; $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.
Разделив первое уравнение на второе уравнение, получим:
$\frac{T}{T_л} = \sqrt{\frac{g_л}{g}}$, откуда $T = T_л\sqrt{\frac{g_л}{g}}$

Вычисления: $T = 10c\sqrt{\frac{1{,}6\ м/c^2}{9{,}8\ м/c^2}} = 4$ с
Ответ: $T = 4$ с

4. Математический маятник, длина нити которого l = 0,5 м, совершает гармонические колебания с амплитудой А = 5 см. Определите максимальную скорость υmax колеблющейся материальной точки.

Дано:
$l = 0{,}5$ м
$A = 5$ см = 0,05 м
υ_{max} - ?

Решение:
Математический маятник совершает гармонические колебания по уравнению $A\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$, где ω_0 – собственная циклическая частота, $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$; T – период колебаний маятника, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, следовательно, $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$.
Максимальная скорость материальной точки $\upsilon_{max} = A\omega_0 = A\sqrt{\frac{g}{l}}$. Вычисления: $\upsilon_{max} = 0{,}05\ м\sqrt{\frac{9{,}8\ м/c^2}{0{,}5\ м}} = 0{,}22$ м\с

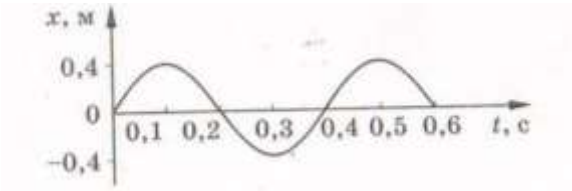
Ответ: υ_{max} = 0,22 м\с

Самостоятельная работа

Вариант 1

1. Нитяной маятник совершил 25 колебаний за 50 с. Определите период и частоту колебаний. 2. Определите, на каком расстоянии от наблюдателя ударила молния. Если он услышал гром через 3 с после того, как увидел молнию.

3. По графику



определите амплитуду, период и частоту колебаний.

4. Какова длина математического маятника, совершающего гармонические колебания с частотой 0,5 Гц на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на поверхности Луны 1,6 м/с 2 . 5. Длина морской волны равна 2 м. Какое количество колебаний за 10 с совершит на ней поплавок, если скорость распространения волны равна 6 м/с.

6. Как нужно изменить длину математического маятника, чтобы период его колебаний уменьшить в 2 раза?

7. Определите длину математического маятника, который за 10 с совершает на 4 полных колебания меньше, чем математический маятник длиной 60 см.

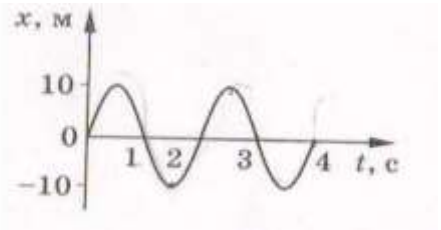
8. Один математический маятник имеет период колебаний 3 с, а другой – 4с. Какой период колебаний математического маятника, длина которого равна сумме длин указанных маятников? 9. Чему равна длина волны на воде, если скорость распределения волн равна 2,4 м/с, а тело, плавающее на воде, совершает 30 колебаний за 25 с?

Вариант 2

1. Маятник совершил 50 колебаний за 25 с. Определите период и частоту колебаний маятника.

2. Радиобуй в море колеблется на волнах с периодом 2 с. Скорость морских волн 1 м/с. Чему равна длина волны?

3. По графику



определите амплитуду, период и частоту колебаний.

4. На неизвестной планете маятник длиной 80 см совершил 36 полных колебаний за 1 мин. Чему равно ускорение свободного падения на этой планете?

5. Определите длину волны, распространяющейся со скоростью 2 м/с, в которой за 20 с происходит 10 колебаний.

6. Какова длина математического маятника, совершающего 4 полных колебания за 8 с?

7. Как изменится частота колебаний нитяного маятника длиной 0,5 м, если увеличить длину нити на 1,5 м?

8. На озере в безветренную погоду с лодки бросили тяжѐлый якорь. От места бросания пошли волны. Человек, стоящий на берегу, заметил, что волна дошла до него через 50 с, расстояние между соседними горбами волн 50 см, а за 50 с было 20 всплесков о берег. Как далеко от берега находилась лодка?

9. К потолку подвешены два маятника. За одинаковое время один маятник совершил 5 колебаний, а другой – 3 колебания. Какова длина каждого маятника, если разность их длин 48 см?

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 5.2 Электромагнитные колебания и волны

Практическое занятие №15
Решение задач на виды сопротивлений в цепях переменного тока. Формулы трансформатора

Цель: изучить свободные электромагнитные колебания в контуре, виды сопротивления в цепи переменного тока, их отличия и особенности.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

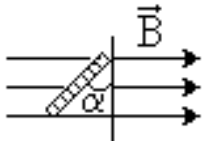
Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Краткие теоретические сведения:

«Переменный ток»



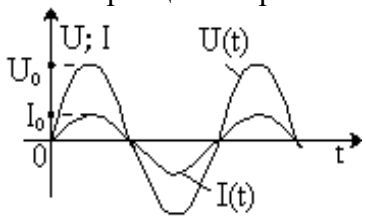
Переменный ток – вынужденные гармонические электромагнитные колебания в проводнике.

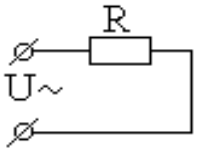
Вследствие электромагнитной индукции в рамке возникает гармонически меняющаяся ЭДС $\varepsilon = -\Phi' = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin\omega t$ или $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \sin\omega t$

($\varepsilon_0 = BS \cdot \omega$ – амплитуда ЭДС индукции) и можно говорить, что получен переменный ток.

- Переменный ток бытовой электросети имеет частоту $\nu = 50$ Гц и $\omega = 2\pi\nu = 100\pi$ [рад/с].

Резистор в цепи переменного тока





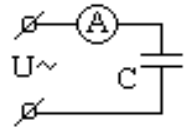
Включим резистор сопротивления R в сеть переменного тока напряжения $U(t) = U_0\sin\omega t$ (*). В каждый конкретный момент времени прохождение переменного тока в резисторе качественно ничем не отличается от прохождения постоянного и подчиняется закону Ома: $I(t) = \frac{U(t)}{R}$.Тогда $I(t) = \frac{U_0}{R}\sin\omega t$ или $I(t) = I_0\sin\omega t$

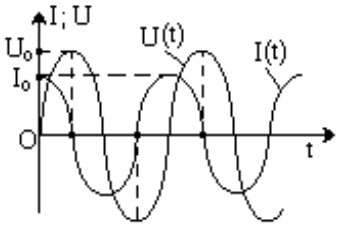
Графики $I(t)$ и $U(t)$, в одной системе координат, имеют вид:

- Вся подводимая к резистору электрическая энергия превращается в тепловую, т. е. он обладает *активным сопротивлением*.

Активное (омическое) сопротивление (R) – сопротивление резистора без учёта его ёмкости и индуктивности.

Емкость в цепи переменного тока

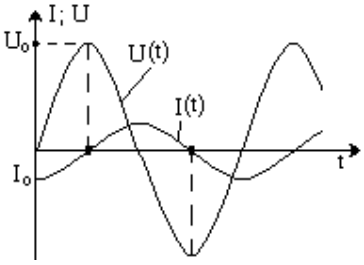




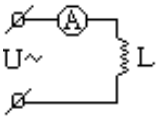
Известно, что конденсатор постоянный ток не проводит (цепь между обкладками разомкнута).
Включим конденсатор емкости C в цепь переменного тока напряжения $U(t) = U_0\sin\omega t$ (*).
Графики $I(t)$ и $U(t)$ в одной системе координат, имеют вид:

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ – емкостное сопротивление переменному току.

- X_C уменьшается с ростом ω и C



Индуктивность в цепи переменного тока



Включим катушку индуктивности L в цепь переменного тока напряжения $U(t) = U_0\sin\omega t$ (*) (активное сопротивление провода катушки $R \approx 0$).
Графики $I(t)$ и $U(t)$ в одной системе координат, имеют вид:

$X_L = \omega \cdot L$ – индуктивное сопротивление переменному току. (X_L растет с ростом ω и L).

Действующее значение мощности переменного тока (P) – величина, численно равная мощности постоянного тока $P_{\text{пост,}}$ при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока T, на равных резисторах R выделят равные количества теплоты Q.

Из $P = P_{пост}$ и $U_0 = I_0 \cdot R \Rightarrow$ $P = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{U_0^2}{2R}$.

- Действующее значение мощности переменного тока часто называют активной мощностью.

Действующее значение силы переменного тока (I) – величина, численно равная силе постоянного тока $I_{пост,}$ при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока T, на равных резисторах R выделят равные мощности.

Из $P = P_{пост} = I_{пост}^2 R = I^2 \cdot R = \frac{I_0^2 R}{2} \Rightarrow I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

Действующее значение напряжения переменного тока (U) – величина, численно равная напряжению постоянного тока $U_{пост,}$ при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока T, на равных резисторах R выделят равные мощности.

Из $P = P_{пост} = \frac{U_0^2}{2R} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow \quad U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$.

- На практике нас редко интересуют амплитудные или мгновенные значения силы, напряжения или мощности переменного тока. Интерес представляют их *действующие* значения.

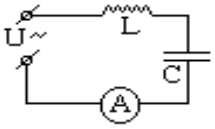
Закон Ома для переменного тока

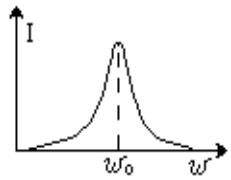
Известно, что в цепях переменного тока: а) для активного сопротивления R: $I_0 = \frac{U_0}{R}$;

б) для емкости C: $I_0 = \frac{U_0}{X_C}$; в) для индуктивности L: $I_0 = \frac{U_0}{X_L}$.

Учтя, что $I_0 = I \cdot \sqrt{2}$ и $U_0 = U \cdot \sqrt{2}$, получим $I = \frac{U}{R}$ закон Ома для переменного тока для резистора, емкости и индуктивности:

Резонанс в цепи переменного тока





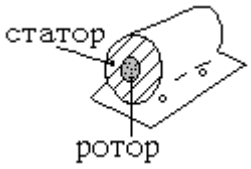
Соберем цепь из катушки индуктивности L, конденсатора C, амперметра переменного тока A и источника переменного напряжения $U = U_0 \cdot \sin\omega t$ с изменяемой частотой ω. Активное сопротивление проводов и катушки индуктивности $R \approx 0$. $I = \frac{U}{X_c}$ Фиксируя $U_0 = \text{const}$ и изменяя частоту ω от 0 до максимально возможного значения, снимем зависимость силы действующего тока в цепи $I(\omega)$. Оказалось, что на частоте $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ наблюдается резкое увеличение тока.

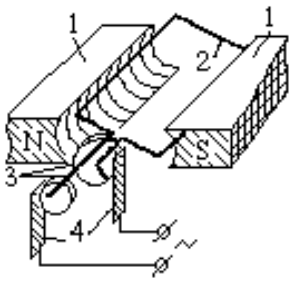
Резонанс – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных электромагнитных колебаний при совпадении частоты вынуждающего напряжения с собственной частотой колебаний контура.

Электромагнитный резонанс (как и механический) наступает при совпадении частоты внешних воздействий с собственной частотой колебаний системы, при этом активное сопротивление действует аналогично силе трения − переводит энергию колебаний в энергию потерь (тепло).

Для разных R (при постоянных L, C) кривые $I(\omega)$ имеют вид:

- При значительных R резонанс может быть практически незаметным.
- Резонанс широко используют в радиотехнике (при настройке контура радиоприёмника на частоту выбранной радиостанции и пр.).





Генератор переменного тока (ГПТ)

Простейший ГПТ состоит из: постоянных магнитов 1; контура 2; контактных колец 3; щеток 4. При вращении контура с угловой скоростью ω его магнитный поток

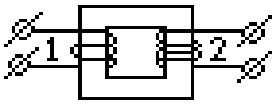
$\Phi = BS\cdot\cos\omega t$ и ЭДС $\varepsilon = -\Phi' = \varepsilon_0\cdot\sin\omega t$. Для контура из n витков $\varepsilon = n\cdot\varepsilon_0\cdot\sin\omega t$.

Конструктивно ГПТ состоит из двух основных частей: неподвижной – статора и вращающейся – ротора, изготовленных из электротехнической стали.

- С целью увеличения КПД генератора (более полного использования магнитного потока) зазор между статором и ротором делают минимальным.

значительно улучшаются.

Трансформатор



Трансформатор – устройство, предназначенное для изменения значений напряжения и силы переменного тока.

- Трансформатор был сконструирован в 1876 г. Петром Николаевичем Яблочковым (1847–1894, Россия).

Простейший трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника и двух надетых на него катушек с обмотками. Одна обмотка – первичная – подключается к источнику переменного напряжения, другая – вторичная – к потребителю. Ток первичной обмотки создает в сердечнике переменное магнитное поле, которое пронизывает витки вторичной обмотки и наводит в ней ЭДС индукции.

Пусть первичная обмотка содержит N_1 витков, вторичная – N_2 витков и к первичной обмотке приложено переменное напряжение U_1. $\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$

$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = K$, где K – коэффициент трансформации.

- Если $N_2 > N_1$, то трансформатор называют повышающим, $N_2 < N_1$ – понижающим.
-

Самостоятельная работа

1. ЭДС индукции, возникающая в рамке при вращении её в однородном магнитном поле, изменяется по закону $\varepsilon(t)=\varepsilon_0\cdot\sin\omega t$. Определить амплитудное значение ЭДС, мгновенное значение ЭДС при t=0,002с, период и частоту тока.

2. Магнитный поток в рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, изменяется по закону $\Phi=\Phi_0\cos 6280t$. Найти зависимость ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени 6 определить амплитудные и действующие значения ЭДС, период и частоту тока.
3. Определить действующее значение силы тока, изменяющегося по закону $I(t)=I_0\cdot\sin 54t$.
4. Определить частоту переменного тока, циклическая частота которого равна 110π.
5. Конденсатор емкостью 10^{-4} Ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить емкостное сопротивление конденсатора.

6. Конденсатор емкостью С включен в сеть промышленного тока. Определить емкостное сопротивление.
7. Катушка индуктивностью 0,5 Гн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить индуктивное сопротивление катушки.
8. Катушка индуктивностью L включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить индуктивное сопротивление катушки.
9. Напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора U_1 и U_2 соответственно. Число витков вторичной обмотки N_2. Определить: число витков первичной обмотки N_1, коэффициент трансформации К и вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.
10. Определить мощности первичной и вторичной цепей трансформатора P_1 и P_2, если известны: напряжения U_1 и U_2, ток I_1 первичной обмотки. Рассчитать коэффициент трансформации К и указать вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 5.2 Электромагнитные колебания и волны

Практическое занятие №16
Решение задач по теме «Электромагнитные колебания и волны»

Цель: изучить свободные электромагнитные колебания в контуре, распространение волн, виды волн их отличия.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение: тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. **Теория.** Повторить теоретический материал по конспекту лекций.
2. **Примеры решения задач.**

1. Индуктивность колебательного контура 500 мкГц. Какую емкость следует выбрать, чтобы настроить его на частоту 1 МГц?

Дано: колебательный контур $L = 5\cdot10^{-4}$ Гн $\nu=10^6$ Гц C=?	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}};$ $\nu^2 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot LC};$ $C = \frac{1}{4\pi^2 L \cdot \nu^2}$	$C = \frac{1}{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot (10^6)^2} =$ $= \frac{1}{20 \cdot 9{,}8596 \cdot 10^{-4+12}} = \frac{1}{197{,}192 \cdot 10^8}$ $= 0{,}005 \cdot 10^{-8} = 5 \cdot 10^{-11} = 50 пФ$

2. В установках для электрогидравлической обработки материалов конденсаторы рабочего контура являются емкостными накопителями энергии. Определите наибольшую силу кратковременного тока, возникающего в цепи при прямой разрядке такого конденсатора на проводник, если известно, что занесенная энергия в конденсаторе 10 кДж, индуктивность контура 0,03 мкГн.

Дано: к – контур $E = 10^4$ Дж $L = 3\cdot10^{-8}$ Гн I_{max} =?	$E_{эл}=E_м$ ⇓ $E_{эл} = \frac{LI^2}{2}$ ⇓ $I_{max} = \sqrt{\frac{2E_{эл}}{L}}$	$I_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^{-8}}} = \sqrt{0{,}66 \cdot 10^{4+8}}$ $= 0{,}8 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^5$ А

3.Определите период и частоту собственных колебаний контура индуктивности 0,05м Гн и последовательного соединения трех конденсаторов емкостью по 6 мкФ.

Дано: к последовательное соединение L=0,05м Гн=5 10^{-5} Гн Ci=6мкФ=6 10^{-6} Ф N=3 T, γ -?	L C C C Сб= $\frac{Ci}{n}$ $T = 2\pi\sqrt{4C\delta} = 2\pi\sqrt{L\frac{Ci}{n}}$ $\nu = \frac{1}{T}$	$T = 23{,}14\sqrt{510^{-5}\frac{610^{-6}}{3}} =$ $= 6{,}28\sqrt{1010^{-11}} = 6{,}28\sqrt{10^{-10}} =$ $= 6{,}2810^{-5} c$ $\nu = \frac{1}{6{,}2810^{-5}} = 0.15910^5 Гц \approx 1{,}6 Гц$

4. Сила тока в сети изменяется по закону i=4,2 sinωt. Какое количество теплоты выделит электрокамин за 1 ч работы, если его сопротивление 70 Ом?

Дано:	$Q=I^2_{д}Rt$	$I_m=4,2А$
электрокамин	$i=I_m\sin\omega t$	$I_{д}=0,707\cdot4,2=3А$
$i=4,2\sin\omega t$	$I_{д}=\frac{I_m}{\sqrt{2}}=0,707\cdot I_m$	$Q=3^2\cdot70\cdot3,6\cdot10^3\approx2,3\cdot10^6Дж=$
$t=3,6\cdot10^3$ с		$=2,3$ МДж
$R=70$ Ом		
$Q=?$		

5. Катушка индуктивностью 0,1 Гн и активным сопротивлением 25 Ом включена в сеть промышленного переменного тока со стандартной частотой. Определите ток в катушке, если напряжение на ее вводах 120 В.

6. На колхозную подстанцию поступает ток напряжением 6600 В. первичная обмотка трансформатора подстанции имеет 3300, а вторичная 110 витков. Определите рабочее напряжение в колхозной электросети и потребляемую мощность сила тока в сети 200 А потерями энергии в трансформаторе пренебречь.

Дано: трансформатор	$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{U_1}{U_2}$	$U_2=\frac{6600\cdot110}{3300}=220$ В
$U_1=6600$ В	$U_2=\frac{U_1\cdot\omega_2}{\omega_1}$	$P_2=220\cdot220=44\cdot10^3$Вт$=44$ кВТ
$\omega_1=3300$ В	$P_2=U_2\cdot I_2$	
$\omega_2=110$		
$I_2=200$ А		
$U_2, P_2=?$		

7. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на ее концах 220 В, во вторичной обмотке соответственно 8 А и 12 В. Определите КПД трансформатора.

Дано: трансформатора	$\eta=\frac{P_n}{P_з}\cdot100\%=$	$\eta=\frac{12\cdot8}{220\cdot0,5}\cdot100\%=87\%$
$I_1=0,5$ А	$=\frac{U_2I_2}{U_1I_1}\cdot100\%$	
$I_2=8$ А		
$U_1=220$ В		
$U_2=12$ В		
$\eta=?$		

Самостоятельная работа.

1. Магнитный поток в рамке, равномерно вращающийся в однородном магнитном поле, изменяется по закону $\Phi = 3 \cdot 10^{-2}$ cos157t. Найдите зависимость мгновенного значения ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени. Определите максимальное и действующее значение ЭДС, период и частоту тока.
2. В рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, индуцируется ток, мгновенное значение которого выражается формулой $i = 3 \sin157t$. Определите

амплитудное, действующее значение тока, мгновенное значение тока при 0,01 С, период и частоту.

3. Определите максимальное и действующее значение переменной ЭДС, возникающей в рамке при ее равномерном вращении в однородном магнитном поле, если при угле поворота рамки на 45^0 мгновенное значение ЭДС 156 В.
4. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,2 А, напряжение на клеммах 220 В. Определите напряжение и силу тока во вторичной обмотке трансформатора, если коэффициент трансформации 0,2.
5. Напишите уравнение для мгновенного изменения ЭДС индукции, возникающей в витке при равномерном его вращении в однородном магнитном поле, если через 1/600 с после прохождения витком момента, при котором ЭДС равна нулю, мгновенное значение ЭДС становится 5 В. Период вращения витка 0,02 с.
6. Катушка индуктивностью 20 мГн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определите индуктивное сопротивление катушки.
7. Конденсатор емкостью $8 \cdot 10^{-4}$ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить силу тока на участке цепи с конденсатором, если сопротивление подводящих проводов 5 Ом, а напряжение на всем участке цепи 12 В.
8. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, если ее включить в цепь переменного тока с частотой 10 кГц, вместо 50 Гц?
9. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная 3200. Определите коэффициент трансформации.
10. Сила тока в сети изменяется по закону $i = 8{,}5 \sin \omega t$. Какое количество теплоты выделит электрокамин за 2 часа работы, если его сопротивление 80 Ом?
11. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,6 А, напряжение на ее концах 220 В; во вторичной обмотке 6 А и 14 В. Определите КПД трансформатора.
12. В первичной обмотке повышающего трансформатора 80 витков, а во вторичной 1280. Напряжение на концах первичной обмотки 120 В, а величина тока во вторичной обмотке 0,25 А. Определите полезную мощность трансформатора.
13. Для трансляции радиопередач применяют понижающий трансформатор с напряжением 480 В до 30 В. Определите мощность трансформатора с КПД 96%, если к нему подключено 100 репродукторов, потребляющих ток 0,008 А.
14. Определите максимальную ЭДС, зная, что при 30^0 ЭДС индукции 110 В.
15. Определите угол поворота витка в однородном магнитном поле, зная, что максимальное значение тока $100\sqrt{2}$ А, а ток в данный момент 100 А.
16. Определите коэффициент трансформации звонкового трансформатора, питаемого сетевым током с напряжением 220 В, если преобразованный ток имеет напряжение 2 В.
17. Первичная обмотка повышающего трансформатора имеет 45 витков, а вторичная 900 витков. Первичная катушка включается в сеть переменного тока с напряжением 120 В. Какое напряжение будет на зажимах вторичной обмотки?
18. Электрическая дуга должна гореть под напряжением 40 В, а в сети 220 В. Сколько витков должна содержать вторичная обмотка, если в первичной обмотке, включенной в сеть, 385 витков?

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 5.3. Оптика

Практическое занятие №17
Законы отражения и преломления света. Формула тонкой линзы.

Цель: Применение законов отражения и преломления света при решении задач.

Выполнение работы способствует формированию:
ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш. Таблица значений основных тригонометрических функций

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части.

Краткие теоретические сведения:

Закон отражения света Отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к поверхности, восстановленной из точки падения. Угол отражения равен углу падения: . Углы падения и отражения измеряются между направлением луча и нормалью к поверхности (рис. 2). Закон отражения света справедлив и для шероховатой поверхности. Параллельный пучок света отражается от нее диффузно, однако каждый луч подчиняется закону отражения.

Закон преломления света. Показатель преломления. Преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к поверхности, восстановленной из точки падения (рис. 2). Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данной пары веществ:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{21} = const. \qquad (1)$$

Угол между нормалью и падающим лучом называется углом падения. Угол между нормалью и преломленным лучом называется углом преломления. Постоянная величина n21 называется относительным показателем преломления второй среды относительно первой.

Показатель преломления среды относительно вакуума называется абсолютным показателем преломления. Как правило, эту величину называют просто показателем преломления.

Волновая теория устанавливает простую связь показателя преломления n21 со скоростью распространения световых волн в двух средах

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}. \qquad (2)$$

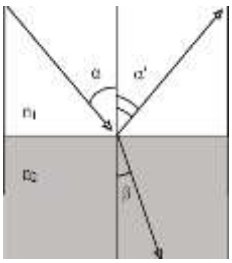


Рис. 2. Законы отражения и преломления света

Практическая часть.

Задачи для самостоятельного решения:

1. На какой угол повернется отраженный от зеркала солнечный луч при повороте зеркала
2. Предмет находился на расстоянии 20 см от плоского зеркала. Затем его отодвинули на 10 см

3. В плоскости экрана находится источник света, испускающий узкий пучок лучей под углом

4. От подъемного крана, освещенного солнцем, падает тень длиной 75 м, а тень от вертикально

5. Луч света падает на систему двух взаимно перпендикулярных зеркал. Угол падения

6. Над центром круглого бассейна радиусом 5 м, залитого до краев водой, висит лампа

7. Высота Солнца над горизонтом 38°. Под каким углом к горизонту надо расположить

8. Солнечный луч, проходящий через отверстие в ставне, составляет с поверхностью стола

9. Небольшой предмет расположен между двумя плоскими зеркалами, образующими угол

10. На какой высоте находится аэростат, если с башни высотой 20 м он виден под углом 45°

11. Какова должна быть минимальная высота вертикального зеркала, в котором человек

12. Предмет помещен между двумя взаимно перпендикулярными зеркалами. Сколько

13. Под каким углом к поверхности стола надо расположить плоское зеркало, чтобы получить

14. Человек, стоящий на берегу озера, видит на гладкой поверхности воды изображение солнца

15. Светящаяся точка приближается к плоскому зеркалу со скоростью 4 м/с. С какой скоростью

16. Предмет находится от плоского зеркала на расстоянии 30 см. На каком расстоянии

17. Точечный источник света освещает тонкий диск диаметром 0,2 м. При этом на экране

18. Горизонтальный луч падает на плоское вертикально расположенное зеркало. На какой

19. Вертикально стоящий шест высотой 1,1 м, освещенный Солнцем, отбрасывает

20. На горизонтальном столе по прямой движется шарик. Под каким углом к плоскости стола

21. Плоское зеркало AB движется поступательно со скоростью v1=2 м/с, а точка S движется

22. Светящаяся точка равномерно движется по прямой, образующей угол 30° с плоскостью.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте законы геометрической оптики. Укажите границы применимости этих законов.
2. Дайте определение абсолютного и относительного показателя преломления и покажите связь между ними.
3. Каков физический смысл показателя преломления с точки зрения волновой теории света? Установите связь между показателем преломления и длиной волны в вакууме и среде.
4. Укажите основные причины погрешностей измерений

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 7.1 Корпускулярно-волновой дуализм.

Практическое занятие №18

Решение задач по теме «Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна»

Цель: Изучить законы Столетова для фотоэффекта. Научиться решать задачи на уравнение Эйнштейна.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

1. Теория.

Внешний фотоэффект и его законы

В развитии представлений о природе света важный шаг был сделан при изучении одного замечательного явления, открытого Г. Герцем и тщательно исследованного выдающимся русским ученым А.Г. Столетовым. Явление получило название фотоэлектрического эффекта.

Фотоэлектрический эффект бывает внешним (на поверхности металлов) и внутренним (внутри полупроводников).

Внешний фотоэффект – вырывание электронов с поверхности вещества под действием электромагнитного излучения (рис. 1).

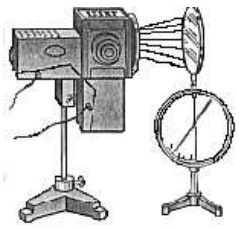


Рис. 1. Явление фотоэффекта

Законы фотоэффекта

1. Сила тока насыщения – $I_н$ прямо пропорциональна падающему на электрод световому излучению.
2. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и не зависит от мощности светового излучения.
3. Красная граница фотоэффекта определяется только материалом электрода и состоянием его поверхности.

   Если частота света меньше некоторой определенной для данного вещества минимальной частоты $\nu_{\min}$ – наименьшая частота ЭМВ, вызывающей фотоэффект, то фотоэффект не наступает.

Законы фотоэффекта нельзя объяснить на основе волновой теории света. Объяснение фотоэффекта было дано Эйнштейном, развившим в 1905 г. идеи Планка о прерывистом испускании света.

Немецкий физик М. Планк – основатель квантовой теории предположил, что атомы испускают энергию отдельными порциями – квантами.

$\boxed{h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m\text{v}^2}{2}}$ – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

$h=6{,}63\cdot10^{-34}$ Дж·с; $m_e=9{,}1\cdot10^{-31}$ кг; $C=3\cdot10^{8}$ м/с

Следовательно, работа выхода – $A_в$ зависит только от рода вещества, поэтому для разных веществ различна.

При испускании свет ведет себя подобно потоку частиц с энергией.

Свойства света, обнаруживаемые при излучении и поглощении называют корпускулярными.

Световая частица называется *фотон* или *световой квант.*

Фотон обладает порцией энергии:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu ,$$

где ν – частота [Гц];

h – постоянная Планка, $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ [Дж·с].

Масса фотона определяется:

$$m = \frac{h\nu}{c^2} ,$$

где с – скорость света

Фотон не имеет массы покоя, т.е. не существует в состоянии покоя.

Импульс фотона определяется:

$$p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} ,$$

где λ – длина волны излучения [м].

Направлен импульс фотона по световому лучу.

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 7.2. Строение атома.

Практическое занятие №19
Постулаты Бора. Энергетические уровни.

Цель: Изучить постулаты Бора. Научиться решать задачи с учетом перехода атомов с одной орбиты на другую.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:

тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Краткая теория

Модель атома Резерфорда противоречит классической электродинамике Максвелла. Выход из сложившейся ситуации был найден Нильсом Бором. В 1913 году он дополнил модель Резерфорда двумя постулатами, называемыми квантовыми постулатами Бора. *Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний):*
В атоме существуют стационарные орбиты, двигаясь по которым электрон не излучает.
Второй постулат (правило частот): Излучение и поглощение энергии происходит при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую.
Энергия излученного или поглощенного фотона равна разности энергий стационарных состояний
hv = Ek - En;
Частота излучения равна: $\nu = (Ek - En) / h$
Или, длина волны излучения λ равна:
$\lambda = hc / (Ek - En)$, где h – постоянная Планка, c – скорость света в вакууме.
Если $Ek > En$, то происходит **излучение фотона**, если $Ek < En$, то происходит **поглощение фотона**, при котором атом переходит из одного стационарного состояния в другое. Энергия электрона, как и скорость и радиус орбиты, принимают дискретный набор значений, т. е. квантуются. Расчеты частот переходов с энергетических уровней для атома водорода дают значения, совпадающие с экспериментальными величинами спектра водорода.
Используя понятие энергетических уровней в атомах было открыто явление индуцированного излучения. Это явление используется в лазерах, устройствах, которые дают индуцированное излучение в различных диапазонах электромагнитного излучения.

Практическая часть. Разбор тренировочных заданий.

Выберите правильный ответ.

Какова энергия фотона, излучаемого атомом при переходе из возбуждённого состояния с энергией E1 в основное состояние с энергией E0?
Варианты ответов:

1) $\frac{E_1 - E_0}{h}$

2) $\frac{E_1 + E_0}{h}$

3) $E_1 - E_0$

4) $E_1 + E_0$

Правильный вариант/варианты (или правильные комбинации вариантов): 3) E1– E0.
Подсказка: вспомните второй постулат Бора.
2.Решить задачу: «Максимальная длина волны, излучаемой в серии Бальмера равна ___ нм».
Решение:
По формуле Бальмера-Ридберга:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

Отсюда:

$$\lambda = \frac{1}{R \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)}$$

Максимальная длина волны соответствует минимальному значению разности:

$(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$, то есть $\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} = \frac{5}{36}$

$$\lambda_{max} = \frac{36}{R \cdot 5} = \frac{36}{10973732 \cdot 5} = 6{,}56 \cdot 10^{-7} = 656 \text{ нм}$$

R = 10973732 м-1.

Ответ: $\lambda_{max} = 656$ нм

Задачи для самостоятельного решения:

1. Вычислить энергию **E** фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.
2. Найдите максимальную длину волны, излучаемой в серии Бальмера.
3. При переходе электрона в атоме из стационар-ного состояния с энергией – 4,8 эВ излучается фотон, энер-гия которого равна 3,1 эВ. Определите энергию конечного состояния электрона.
4. Определить изменение энергии ΔE электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с частотой ϑ=6,28·1014 Гц. Ответ дать в электрон-вольтах.
5. На сколько изменилась кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны λ=486 нм?

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте постулаты Бора.
2. В каком случае энергия поглощается атомом, а в каком испускается?
3. Какие противоречия есть в теории Бора?
4. Чему равна энергия фотона, испускаемого атомом при переходе в другое энергетическое состояние?
5. Может ли атом излучать и поглощать фотоны с любой частотой?

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 7.2 Физика атома и атомного ядра

Практическое занятие №20

«Запись ядерных реакций. Строение атомов и атомных ядер. Закон радиоактивного распада».

Цель: закрепить умения и навыки вычисления энергии связи ядра, а также правильного написания ядерной реакции с использованием законов сохранения массового и зарядового чисел (ЗСМЗЧ) и вычисления энергетического выхода ядерной реакции.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

Материальное обеспечение:

тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

Указание: Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа.

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

Краткие теоретические сведения:

Энергия связи ядра равна той энергии, которой выделяется при образовании ядра из отдельных частиц

$$E=mc^2$$

Энергия связи – это энергия, которая необходима для расщепления ядра на составляющие его частицы. Есв = (Zmp +Nmn - Мя)*c^2

Ядерными реакциями называют изменения атомных ядер при взаимодействии их с элементами частицами или друг с другом.

$$^{7}Li_{3}+^{1}H_{1}=^{4}He_{2}+^{4}He_{2}$$

Энергетическим выходом ядерной реакции называется разность энергий покоя ядра и частиц до реакции и после реакции.

Энергетический выход ядерной реакции можно определить: 1) по дефекту массы ядерной реакции; 2) по разности суммарной энергии связи образующихся и исходных ядер.

2. Примеры решения задач

1. *Определите энергетический выход ядерной реакций*

$$^{14}N_{7}+^{4}He_{2}=^{17}O_{8}+^{1}H_{1}$$

1 способ

1) определить массу ядра и частиц m1 до реакций

2) определить массу ядра и частиц m2 после реакций

3) определить изменение массы m m1 m2

4) рассчитать изменение энергии: $E = m * c^2$

M_1 =14,00307 a. e.m+4,00260 a.e.m.==18,00567 a.e.m.

После реакции:

m_2=16,99913 a.e.m.+1,00783 a.e.m.=18,00696 a.e.m.

m=$m_1 - m_2$ = - 0,00129 a. e. m.

Энергия поглощается, т.к. m < 0

E=(-0,00129)*931 МэВ.= -1,2 МэВ.

2 способ

Дано: *Решение:*

$E_n = 104{,}653$ МэВ — Энергия связи равна нулю, поэтому

$E_{he} = 28{,}2937$ МэВ — $E = E_0 - (E_n + E_{he})$

$E_0 = 131{,}754$ МэВ — E= 131,754 МэВ –(104,653+28,2937)МэВ= -1,2МэВ

E-? — *Ответ*: 1,2 МэВ

Самостоятельная работа

Вариант 1

Вариант 1

1. Определите энергию связи нуклонов в ядре изотопа $^{16}O_8$
2. Определите энергию связи ядра и удельную энергию связи для лития: $^{7}Li_3$
3. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро изотопа $^{235}_{92}U$?
4. Определите энергию связи нуклонов в ядре трития $^{3}_{1}H$ (m_p =1,00728 a.e.m., m_n = 1,00866 a.e.m., m_a = 3,01605 a.e.m.).

Вариант 2

Вариант 2

1. Определить энергию связи нуклонов в ядре изотопа углерода: $^{12}C_6$
2. Определить энергию связи ядра и удельную энергию связи для алюминия $^{27}Al_{13}$
3. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро изотопа $^{22}_{11}Na$?
4. Какая энергия выделяется при ядерной реакции $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H -> 2^{4}_{2}$ ($m_{Li} = 7{,}01601$ a.e.m. $m_H = 1{,}00728$ a.e.m. $m_{He} = 4{,}00260$ a.e.m.)

Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответ

Лабораторные работы

Тема 2.1. Кинематика

Лабораторное занятие №1

«Определение плотности тел различной формы»

Цель: экспериментально определить плотности жидкости и твердого тела;

- определить цену деления измерительных приборов, измерить геометрические размеры тел, определить их массу, рассчитать объем, результат сравнить с табличными значениями и установить погрешность эксперимента

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04

Материальное обеспечение:

весы с разновесами; линейка масштабная; штангенциркуль; мензурка; вещество, плотность которого нужно определить

Задание:

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом по теме.
2. Определите массу и объем исследуемого вещества.
3. Вычислите плотность вещества.
4. Составьте отчет по лабораторной работе.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом по данной теме.
1. Определите плотность твердого тела..
2. Вычислите абсолютную и относительную погрешности измерений.
3. Данные занесите в таблицу №1
4. Определите цену деления мензурки.
5. Определите плотность воды необходимо.
6. Вычислите абсолютную и относительную погрешности измерений
7. Результаты опыта занесите в таблицу№2.
8. Ответьте на контрольные вопросы:

Контрольные вопросы

- Из двух разных металлов изготовлены одинаковые по размерам кубики. Взвешивание показало, что масса одного кубика больше массы другого в 2 раза. Одинакова ли плотность металла? Если нет, то во сколько раз отличаются плотности?
- Три детали – медная, железная и алюминиевая – имеют одинаковые объёмы. Какая деталь имеет наименьшую массу, какая наибольшую? Пустот в деталях нет.
- Кусок металла объемом 150 см^3 имеет массу 750 г. Определите плотность материала.
- На чашки уравновешенных весов поставлены одинаковые стаканы. После того, как в один стакан налили молоко, а в другой – подсолнечное масло, равновесие весов не нарушилось. Объём какой из жидкостей больше?

9. Заполните отчет по лабораторной работе согласно требованиям.

Часть 1. Для определения плотности твердого тела вычислите его объем.

1. Объем прямоугольного параллелепипеда вычислите по формуле:

$V=abh$,

где a – длина, м; b – ширина, м; h – высота, м.

2. Объем цилиндра вычислите по формуле: $V=\frac{\pi d^2}{4}\cdot h$,

h – высота цилиндра, м; d – его диаметр, м.

3. Если твердое тело имеет неправильную форму, то его объем определите с помощью мензурки, в которую он может быть погружен.
4. Уравновесьте весы используя правила взвешивания.
5. Определите массу тела.
6. По формуле $\rho=m/v$ вычислите плотность твердого тела.
7. Результаты измерений занесите в таблицу №1 и сделайте вычисления.
8. Часть №2. Для определения плотности воды необходимо:
    1. найти массу тары, в которую нужно поместить воду и определить массу воды без тары.
    2. Определите цену деления мензурки и найдите объем взвешенной жидкости (воды).
    3. Результаты опыта занесите в таблицу №2.

Таблица №1. Результаты измерений.

№	Вещество	ширина. а(м)	длина, b(м)	высота, h(м)	объём, V(м3)	масса, m(кг)	плотность ρпр(кг/м3)	ρтаб	$\Delta\rho$	σ

Таблица №2. Результаты вычислений.

№	Вещество	масса тары , m1(кг)	масса жидкости , m2(кг)	объём, V(м3)	плотность ρпр(кг/м3)	ρтаб	σ

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 2.3. Законы сохранения в механике

Лабораторное занятие №2

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04

Тема: Изучение выталкивающей силы (силы Архимеда).

Цель работы: исследовать свойства силы Архимеда.

Оборудование: динамометр, брусок пластилина, металлические цилиндры одинакового объёма и разной массы, измерительный цилиндр с водой, стакан с насыщенным раствором соли, нить.

Правила техники безопасности.

Соблюдайте осторожность при работе с водой. Остерегайте приборы от падения. На столе не должно быть никаких лишних предметов. При работе со стеклянной посудой будьте аккуратны. Если стеклянная посуда разбилась, то сообщите об этом учителю и ни в коем случае не убирайте осколки руками!

Описание работы:

Согласно закону Архимеда на погруженное в жидкость тело действует выталкивающая сила F_A, равная весу mg вытесненной жидкости:

$$F_A = mg. \qquad (1)$$

Если тело плавает, то архимедова сила FA равна весу P тела (условие плавание тел):

$$F_A = P.$$

Для сравнения архимедовой силы с весом тела нужно измерить вес тела P с помощью динамометра и вычислить архимедову силу F_A. архимедова сила F_A определяется по формуле:

$$F_A = mg = \rho \Delta V g \qquad (2),$$

где ρ - плотность воды (ρ = 1000 кг/м^3), ΔV - объем вытесненной телом воды, g - ускорение свободного падения (g = 9,81 м/с^2).

Объем ΔV вытесненной воды можно измерить с помощью измерительного цилиндра как разность уровня воды при погружении в него исследуемого тела и без тела.

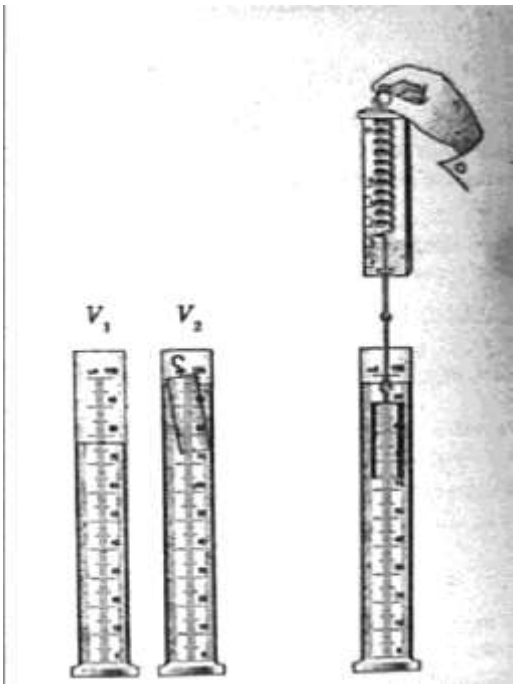
Архимедову силу FA, действующего на тело, тонущее в воде, можно найти, измерив с помощью динамометра вес тела P в воздухе и силу $P_{вода}$, удерживающую тело в равновесии при погружении его в воду:

$$P_{воздух} = F_A + P_{вода}, \quad F_A = P_{воздух} - P_{вода}. \quad (3)$$

Задание I:

Исследование зависимости силы Архимеда <u>от массы тела.</u>

1. Измерьте вес P цилиндра с помощью динамометра.
2. Опустите цилиндр в измерительный цилиндр и измерьте его объем ΔV вытесненной жидкости при плавании цилиндра в воде.
3. Вычислите значение архимедовой силы F_A. Сравните значение веса P деревянного цилиндра и архимедовой силы.
4. Сравните расчетное и экспериментальное значения архимедовой силы.
5. Запишите результаты в таблицу 1.



Задание II:

Исследование зависимости силы Архимеда <u>от плотности жидкости</u>

1. Подвесьте любой из цилиндров на нити к динамометру. Запишите показание веса тела на воздухе.
2. Опустите цилиндр в воду так, чтобы он полностью оказался погружённым в жидкость. Запишите показание веса тела в воде.
3. Найдите силу Архимеда. (3)
4. Проделайте аналогичный опыт с раствором соли в воде.
5. Запишите результаты в таблицу 2.

Отчетная таблица 1.

Виды тел	**m, кг**	**Вес в воздухе, $P_{возд.}$, Н**	**Вес в воде, $P_{вода}$, Н**	**ΔV, м^3**	**Сила Архимеда, F_A, Н**

Легкий предмет					
Тяжелый предмет					

Отчетная таблица 2.

Виды жидкостей	**Вес в воздухе, $P_{возд.}$ Н**	**Вес в воде, $P_{вода}$ Н**	**Сила Архимеда, F_A, Н**
Вода, ρ = 1000 кг/м^3			
Раствор соли в воде, ρ= 1030 кг/м^3			

Сделайте вывод по проделанной работе.

Лабораторное занятие №3

Исследование зависимости силы трения скольжения от веса тела

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09

ПРб 6; ПРб 8; ПРб 10;

ПРу 5; ПРу 8; ПРу 12 ;

Цель работы: 1. выяснить, зависит ли сила трения скольжения от силы нормального давления. 2. Определить коэффициент трения дерева по двум поверхностям.

Приборы и материалы: динамометр, деревянный брусок, плоскость с двумя поверхностями, набор грузов по 100 г.

Ход работы

1. Определить цену деления шкалы динамометра.

Цена деления динамометра:

(2Н-1Н)/10 дел = 0,1Н/дел

2. Определить массу бруска. Сначала подвесив брусок к динамометру найти вес бруска

Рбруска=_____ Н

Зная, что P=mg и g=10м/с^2 получим $m_{бруска}$=P/g

$m_{бруска}$=_____кг

3.Определяем общий вес тела (силу нормального давления по формуле:

P=N=(m1+m2)·g

1.P=N=_____Н

2.P=N =_____Н

3. P=N=_____Н

4.Провести с помощью динамометра измерение силы трения (с одним, двумя, и тремя грузами по гладкой поверхности).

4. Таблица для записи результатов измерений и вычислений:

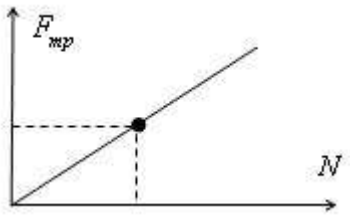
№ опыта	Масса бруска, m_1, *кг*	Масса груза, m_2, кг	Общий вес тела (сила нормального давления), $P=N=(m_1+m_2)g$, Н	Сила трения, $F_{тр}$, Н (опыт)	Коэффициент трения, μ	Среднее значение коэффициента трения, $\mu_{ср}$
1		**0,1**				
2		0,2				
3		0,3				
4		**0,1**				
5		0,2				
6		0,3				

$$\mu = \frac{F_{тр}}{N}$$

7. В каждом опыте рассчитать коэффициент трения по формуле:
μ=
μ=
μ=
8. Результаты расчётов занести в таблицу.

9. Вычислить среднее значение коэффициент трения:
$\mu_{ср}$=_____

9. По результатам измерений построить график зависимости силы трения от силы нормального давления:



10. Повторить опыт с другой поверхностью
11 Сделать выводы:
1. как сила трения зависит от силы нормального давления_____
2. Коэффициент трения дерева по дереву получился равен _____

Контрольные вопросы.

1. Что называется силой трения?
2. Какова природа сил трения?
3. Назовите основные причины, от которых зависит сила трения?
4. Перечислите виды трения.
5. Можно ли считать явление трения вредным? Почему?

Лабораторная работа № 4
Определение КПД при подъёме тела по наклонной плоскости

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04

2. ПРб2; ПРб9;
3. ПРу2; ПРу3; ПРу5;

Цель: экспериментальным путём убедиться, что полезная работа, выполненная с помощью простого механизма (наклонной плоскости), меньше полной.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять принцип действия простых механизмов;
- учитывать КПД при использовании простых механизмов.

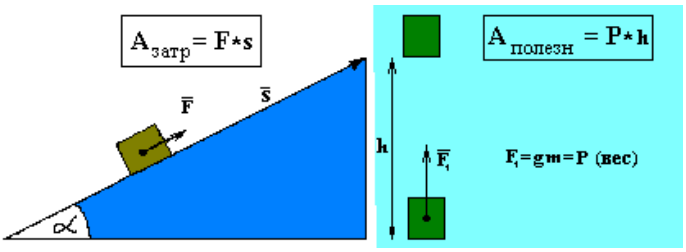
Материальное обеспечение: наклонная плоскость (доска), динамометр, линейка, брусок, штатив с муфтой и лапкой.

Задание:

1 изучить принцип действия простых механизмов

Порядок выполнения работы:

1. Собрать установку для проведения экспериментов.
2. Произвести необходимые измерения.
3. Сделать вывод по работе.



1. Определить с помощью динамометра вес бруска.
2. Закрепите доску в лапке штатива в наклонном положении.
3. Положите брусок на доску, прикрепив к нему динамометр.
4. Перемещайте брусок с постоянной скоростью вверх по наклонной доске.
5. Измерьте с помощью линейки путь S, который проделал брусок, и высоту наклонной плоскости h.
6. Измерьте силу тяги F.
7. Вычислите полезную работу по формуле $A_П = P \cdot h$, а затраченную –по формуле $A_З = F \cdot S$
8. Определите КПД наклонной плоскости: $\eta = \frac{A_П}{A_З} \cdot 100\%$
9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

Таблица 1

h,м	**P, Н**	**$A_п$, Дж** $A_П = Ph$	**S, м**	**F,Н**	**$A_з$, Дж** $A_З = F \cdot S$	$\eta = \frac{A_П}{A_З} \cdot 100\%$

10. Дополнительное задание:

1. Используя «золотое правило» механики, рассчитайте, какой выигрыш в силе даёт наклонная плоскость, если не учитывать трение.
2. Измените высоту наклонной плоскости и для неё определите полезную, полну работу и КПД.

Форма представления результата:

Таблица 1

h,м	**P, Н**	**$A_п$, Дж** $A_П = Ph$	**S, м**	**F,Н**	**$A_з$, Дж** $A_З = F \cdot S$	$\eta = \frac{A_П}{A_З} \cdot 100\%$

Контрольные вопросы:

1. Зачем у подъемного крана делают противовес?
2. Какие простые механизмы дают выигрыш в силе?
3. Какие простые механизмы дают выигрыш в работе?
4. Где обычно прикрепляют дверную ручку? Почему не около петель?
5. Зачем используют неподвижный блок, ведь выигрыша в силе он не дает?
6. Какой выигрыш в силе дает подвижный блок? А в работе?
7. Может ли КПД механизма быть равен 120%, 200%, 0%? Почему?
8. Что называют рычагом? Что называют плечом рычага?

Критерии оценки: см.стр.

Лабораторная работа № 5
«Проверка закона сохранения механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости».

Цель работы: наблюдать движение тела под действием сил тяжести и упругости; сделать вывод о выполнении закона сохранения полной механической энергии; проверить справедливость закона Гука, убедиться, что сила упругости пропорциональна массе нагрузки, определить жесткость пружины.

Приборы и материалы: Набор по механике (Химлабо): штатив с муфтами лапкой, набор спиральных пружин, динамометр, набор грузов массой 100 г, линейка с миллиметровыми делениями.

Порядок выполнения работы

ОПЫТ 2 Определение жесткости пружины

1. Закрепите на штативе конец спиральной пружины (другой конец пружины снабжен стрелкой-указателем и крючком).
2. Рядом с пружиной или за ней установите линейку с миллиметровыми делениями.
3. Отметьте и запишите то деление линейки, против которого приходится стрелка-указатель пружины.
4. Подвесьте к пружине груз известной массы и измерьте вызванное им удлинение пружины.
5. К первому грузу добавьте второй, третий, записывая каждый раз удлинение Δl пружины. По результатам измерений заполните таблицу 1:

	№ опыта	Масса груза m, кг	Сила тяжести F= m·g, Н	Удлинение Δl, м	Жесткость пружины k, $\frac{Н}{м}$	$k_{ср}$, $\frac{Н}{м}$
1 пружина	1	*0,1*				
	2	*0,2*				
	3	*0,3*				
2 пружина	1	*0,1*				
	2	*0,2*				
	3	*0,3*				

6. По результатам измерений постройте график зависимости **силы упругости от удлинения** и, пользуясь им, определите **среднее значение жесткости** пружины и сделайте вывод.

ОПЫТ 1 Проверка закона сохранения механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости

Ход работы.

1) Закрепите динамометр вертикально с помощью штатива. Подвесьте к груз к динамометру.

2) Поддерживая груз ладонью, установите указатель пружины на нулевое деление динамометра.

3) Уберите ладонь и постарайтесь заметить деление на шкале динамометра, до которого максимально отклоняется указатель пружины при падении груза. При необходимости повторите опыт несколько раз.

4) Измерьте линейкой удлинение пружины по шкале динамометра.

5) Измерьте линейкой удлинение пружины Δl по шкале динамометра.

6) Высота падения груза h равна удлинению пружины Δl . Потенциальная энергия груза Е1 при падении переходит в потенциальную энергию растянутой пружины Е2.

7) Рассчитайте $E_1 = mgh$, где g = 9,8 м/с^2 – ускорение свободного падения, и $E_2 = \frac{k\Delta l^2}{2}$,

значения округлите до 0,001.

8) Результаты занесите в таблицу 2:

№ Опыта	К, Н/м	Масса груза m, кг	Удлинение пружины Δl , м	Высота падения груза h, м	Потенциальная энергия груза Е1, Дж	Потенциальная энергия пружины Е2, Дж
1						
2						
3						
4						

9) Сравните значения Е1 и Е2, с учётом абсолютной погрешности измерения энергии 0,001 Дж (то есть, разница между Е1 и Е2 может достигать 0, 002 Дж в пределах погрешности измерения).

10) Сделайте вывод по работе.

Лабораторная работа № 6

Изучение условия равновесия рычага

Цель: проверить на опыте, при каком соотношении сил и их плеч рычаг находится в равновесии; проверить на опыте правило моментов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять условия равновесия тел

-находить соотношение сил и плеч, при которых рычаг находится в равновесии

Материальное обеспечение: рычаг на штативе, набор грузов, измерительная линейка, динамометр.

Задание: .Определить условия равновесия рычага.

Краткие теоретические сведения:

Рычаг-твердое тело, способное вращаться вокруг неподвижной опоры.

Различают два вида рычагов. У рычага первого рода точка опоры находится между

линиями действия приложенных сил. У рычага второго рода точка опоры расположена по одну сторону от них.

Используя рычаг, мы можем получить выигрыш в силе и поднять неподъемный груз. Расстояние от точки опоры до точки приложения силы называют плечом силы. Причем, **можно рассчитать равновесие сил на рычаге по следующей формуле:**

$\mathbf{F_1 / F_2 = l_2 / l_1}$,

где F_1 и F_2 – силы, действующие на рычаг, а l_2 и l_1 – плечи этих сил.

Закон равновесия рычага: рычаг находится в равновесии тогда, когда действующие на него силы обратно пропорциональны плечам этих сил.

Этот закон был установлен Архимедом еще в третьем веке до нашей эры. Из него следует, что меньшей силой можно уравновесить большую. Для этого необходимо, чтобы плечо меньшей силы было больше плеча большей силы. А выигрыш в силе, получаемый с помощью рычага, определяется отношением плеч приложенных сил.

Порядок выполнения работы:

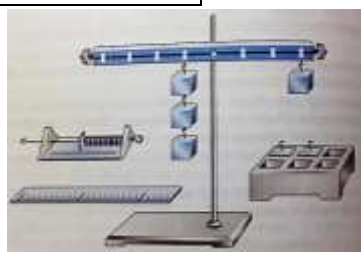
1. Уравновесить рычаг, вращая гайки на его концах так, чтобы он расположился горизонтально.
2. Изменяя массу грузов и размер плеч, проверить закон равновесия рычага.

1. Рассмотрите измерительные приборы, находящиеся на столе. Определите цену их деления. Результаты запишите в таблицу 1.

Таблица 1

Название прибора	цена деления
Линейка	
Динамометр	

2. Уравновесьте с помощью гаек рычаг в горизонтальном положении.



3. Для этого подвесьте два груза на левой части рычага на расстоянии, примерно равном 12 см от оси вращения. Опытным путём установите, на каком расстоянии вправо от оси вращения надо подвесить: а) один груз; б) два груза; в) три груза, чтобы рычаг пришёл в равновесие.

4. Считая, что каждый груз весит 1Н, запишите данные и измеренные величины в таблицу

Таблица 1

№ опыта	Сила F_1 на левой части рычага, Н	Плечо ℓ_2, см	Сила F_2 на правой части рычага, Н	Плечо ℓ_1, см	Отношение сил и плеч	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{\ell_1}{\ell_2}$
1. 2. 3.						

5. Вычислите отношение сил и отношение плеч для каждого из опытов и полученные результаты запишите в последний столбик таблицы.

6. Проверьте, подтверждают ли результаты опытов условие равновесие рычага под действием приложенных к нему сил и правило моментов сил.

7. Дополнительное задание.

А) Подвесьте три груза справа от оси вращения рычага на расстоянии 5 см. С помощью динамометра определите, какую силу нужно приложить на расстоянии 15 см от оси вращения правее грузов, чтобы удерживать рычаг в

равновесии. Как направлены в этом случае силы, действующие на рычаг? Запишите длину плеч этих сил. Вычислите отношение сил **F_1 / F_2 и и плеч l_2 / l_1**,для этого случая и сделайте соответствующий вывод.

Б) С помощью установки, которую вы использовали в лабораторной работе, измерьте массу какого-нибудь тела. Опишите опыт.

Форма представления результата

Таблица 1

№ опыта	Сила F_1 на левой части рычага, Н	Плечо ℓ_2, см	Сила F_2 на правой части рычага, Н	Плечо ℓ_1, см	Отношение сил и плеч	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{\ell_1}{\ell_2}$
1. 2. 3.						

Контрольные вопросы:

1. Что называют плечом силы?
2. Какую физическую величину называют моментом силы?
1. Каково условие равновесия тела, имеющего закреплённую ось вращения?
2. Что такое рычаг? Какое свойство рычага вы экспериментально выяснили?

Критерии оценки: см. стр.

Тема 3.1 Основы молекулярно-кинетической теории

Лабораторная работа № 7, 8
“Проверка газовых законов. Изучение изотермического, изобарного и изохорного процессов”

Цель: Изучить взаимосвязь макроскопических параметров газа заданной массы; опытным путём убедится в справедливости закона Бойля-Мариотта.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04 ОК 09,

Материальное обеспечение:

Сильфон (алюминиевый герметичный цилиндр с гофрированными стенками, шкалой условных единиц, поршнем с вертикальным винтом), воздуховодный соединительный шланг, манометр, барометр, испытуемый газ заданной массы – воздух.

Задание:

1.Повторить объединённый газовый закон.

2.Проверить на практике соблюдение закона Бойля-Мариотта.

Порядок выполнения работы:

Теория.

В данной лабораторной работе рассматривается соблюдение закона Бойля-Мариотта, справедливого для изотермического процесса для данной массы газа. Из общего уравнения Менделеева-Клапейрона закон Бойля-Мариотта можно записать так:

$$V_n p_n = C$$

где: V− объем заданной массы газа в n-ом состоянии; p − давление заданной массы газа в n-ом состоянии;

C − постоянный коэффициент (константа).

При использовании в работе данной установки (см. рисунок) объем газа удобно измерять в условных единицах объема – у.е.о. (1 у.е.о.=0,1Vo, где Vo – полный объем сильфона 1), а

давление – как атмосферное давление с дополнительным (без дополнительного) давления (по манометру) с переводом необходимых единиц давления в систему СИ.

2 . Задача сводится к нахождению константы Cn для каждого состояния одной и той же массы газа:

$$C_n = V_n \cdot p_0 \cdot (1 \pm \Delta p_n)$$

где3 : C − константа n-го состояния (в условных единицах константы – у.е.к.); V− объем заданной массы газа в n-ом состоянии (в условных единицах объема – у.е.о.); p − атмосферное давление (в Паскалях – Па); Δp − дополнительное давление манометра (в атмосферах – атм).

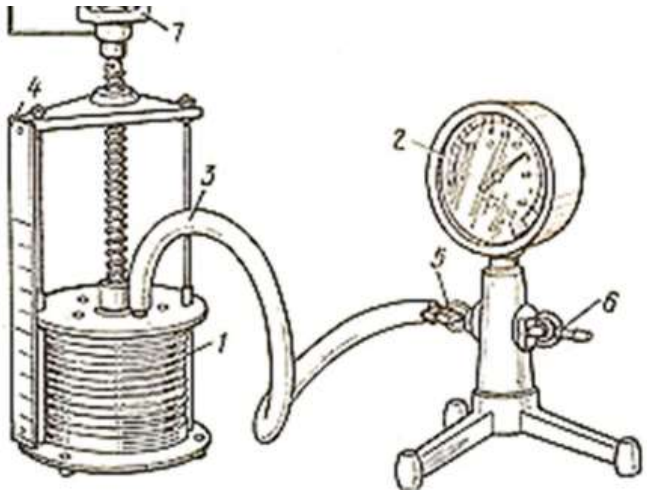
Чем точнее и ближе друг к другу будут находиться константы С1, С2, С3 – тем более точным окажется экспериментальное подтверждение закона Бойля-Мариотта.

3 - применяется знак «+» - если давление растет, и знак «-» - если давление падает.

p.s. - 1.Устойчивая работа сильфона возможна при условии изменения объема воздуха в нём от 0,5 до 0,9 у.е.о.

2. - для расчётов единицы давления барометра - мм.рт.ст.(миллиметр ртутного столба), можно воспользоваться единицами перевода в Па (Паскалях) по формуле: 1 мм.рт.ст=133,33 Па. Перевод показаний манометра не требуется.

1. 1. Внимательно прочитать описание работы и алгоритм действий;
2. 3. Измерить атмосферное давление в данный момент с помощью барометра;
3. 4. Произвести и зафиксировать в бланке отчета предварительные измерения атмосферного давления (с переводом в единицы системы СИ);
4. 5. Собрать установку (см. рисунок) так, чтобы оба клапана манометра находились в открытом состоянии, а поршень сильфона – в самом верхнем положении;



5. Закрыть внешний клапан манометра;
6. С помощью вращающегося поршня установить высоту цилиндра сильфона на одной из трёх отметок: 0,6; 0,7; 0,8.
7. Произвести и зафиксировать в бланке отчета предварительные измерения объема заданной массы газа в одном из трёх состояний (в условных единицах объёма – у.е.о.);
8. Сразу же произвести и зафиксировать в бланке отчета предварительные измерения дополнительного давления манометра одного из трёх состояний газа (в атмосферах - атм);
9. Вычислить абсолютную и относительную погрешности измерений.

Контрольные вопросы.

1) При каком условии справедлив закон Бойля-Мариотта?
2) Если при изотермическом процессе давление падает, что происходит с объёмом?
3) Производит ли газ давление в состоянии невесомости?
4) Почему полученные результаты в работе не идеально равны между собой?
5) Что влияет на точность измерений в данной работе?
6) Можно ли определить условную единицу константы в единицах СИ?

7) Какова масса воздуха в аудитории площадью 64 м2 , высотой 3 м, при температуре 25 оС и давлении 725 мм.рт.ст.?

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.3. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы.

Лабораторное занятие № 9

Определение коэффициента поверхностной плотности жидкости методом отрыва капель

Цель: определить поверхностное натяжение воды и мыльного раствора методом отрыва капель

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04 ОК 09,

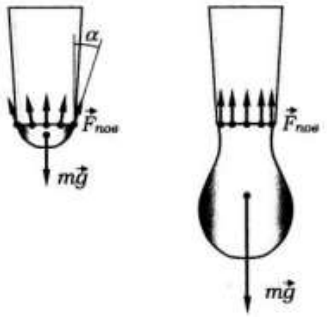
Материальное обеспечение:

шприц для чистой воды, шприц для мыльного раствора (объемом 5–10 мл), стаканчик с чистой водой, стаканчик с мыльным раствором, штангенциркуль или микрометр, остро отточенный карандаш.

Задание:

1 Ознакомьтесь с теоретическим материалом.

На каплю, висящую на конце узкой трубочки, действуют две силы: сила тяжести mg , направленная вертикально вниз, и сила поверхностного натяжения жидкости F пов , распределенная вдоль границы жидкости с краем трубки и направленная по касательной к поверхности жидкости перпендикулярно этой границе.



Сила поверхностного натяжения, действующая на небольшой участок границы длиной Δl , равна σ l , где σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

Условие равновесия капли на конце трубочки состоит в том, что векторная сумма сил, действующих на отдельные элементы границы, равна по модулю и противоположна по направлению силе тяжести.

Величина $\sigma\Delta$ l по мере увеличения массы капли остается неизменной, но в равновесии капля принимает такую форму, что угол наклона силы поверхностного натяжения к вертикали α удовлетворяет условию lσ cos = mg , где l – длина границы жидкости с трубочкой.

С увеличением массы капли угол α уменьшается и, наконец, достигает нуля, а cosα = 1 .

При дальнейшем увеличении массы условие равновесия капли уже не может быть выполнено, и капля отрывается.

Отсюда, принимая, что l=π d , где d – внутренний диаметр трубочки, получаем: d $\sigma\pi$= mg

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d}$$.(1)

1.Измерить внутренний диаметр d наконечника шприца. Для измерения можно воспользоваться остро отточенным карандашом. Вставив карандаш в наконечник до упора, пометьте границу соприкосновения наконечника с карандашом. Диаметр карандаша на уровне этой границы можно принять за внутренний диаметр наконечника и измерить его с помощью штангенциркуля или микрометра.

2.Набрать в шприц 4–5 мл воды и, держа его вертикально и плавно нажимая на поршень, вылить 3–4 мл в стаканчик, считая капли. Измерение количества капель N провести не менее трех раз, затем по общей массе вытекшей воды общ m (пользуйтесь шкалой на шприце!) найти среднюю массу капли m и погрешность ее определения Δm. Результаты занести в таблицу

Таблица №1

измерено									*вычислено*		
№	*m г общ*	*N*	*m,г*	*m г ср*	*m,г*	*m г ср*	*d , мм*	*Δ d, мм,*	*σ Н/м*	*Δσ*	*ε*

3.Пользуясь формулой (1), рассчитать коэффициент поверхностного натяжения воды и абсолютную погрешность его определения

$$\Delta\sigma = \left|\sigma_{изм} - \sigma_{табл}\right| .$$

4. Вычислить относительную погрешность измерений

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{\sigma_{табл}} \cdot 100\% .$$

5. Аналогичным образом определить коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора (пользоваться отдельным шприцем и посудой!).

измерено									вычислено		
№	$m_{общ}, г$	N	$m, г$	$m_{ср}, г$	$\Delta m, г$	$\Delta m_{ср}, г$	$d, мм$	$\Delta d, мм$	$\sigma, Н/м$	$\Delta\sigma, Н/м$	$\varepsilon, \%$
1.											
2.											

6. Сделать вывод и записать полученное значение коэффициента поверхностного натяжения с учетом погрешности

Контрольные вопросы:

1. Коэффициент поверхностного натяжения керосина 0,024 н/м. Больше или меньше масса капли керосина по сравнению с каплей воды, если капать из одной и той же пипетки?
2. Объясните подробно, почему маленькие капельки жидкости могут долго висеть не отрываясь.
3. Почему, прежде чем покрыть штукатурку масляной краской, предварительно производят грунтовку олифой?
4. Приведите свои примеры действия силы поверхностного натяжения

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.3. Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы

Лабораторное занятие № 10

Определение влажности воздуха и атмосферного давления

Цель: измерить относительную влажность воздуха в лаборатории физики

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09

Материальное обеспечение: гигрометр психрометрический ВИТ – С, стакан с кипяченой водой

Задание:

1. **Ознакомьтесь с теоретическим материалом:**
2. ***Краткие теоретические сведения:***

В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью. Абсолютная влажность определяется плотностью водяного пара ρ, находящегося в атмосфере, или его парциальным давлением $p_п$. Парциальным давлением $p_п$ называется давление, которое производил бы водяной пар, если бы все другие газы в воздухе отсутствовали. Относительной влажностью φ называется отношение парциального давления $p_п$ водяного пара, содержащегося в воздухе, к давлению насыщенного пара $p_{н.п.}$, при данной температуре. Относительная влажность φ показывает, сколько процентов составляет парциальное давление от давления насыщенного пара при данной температуре и определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{p_п}{p_{нп}} \cdot 100\%$$

Парциальное давление рп можно рассчитать по уравнению Менделеева - Клапейрона или по точке росы.

Точка росы - это температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе становится насыщенным. Относительную влажность воздуха можно определить с помощью специальных приборов – психрометра и гигрометра.

Психрометр

Психрометр состоит из сухого и влажного термометров.

Рассмотрите психрометр и определите где сухой и влажный термометры.

а) измерить показания сухого и влажного термометров:

б) используя психрометрическую таблицу, определить относительную влажность воздуха.

Внимательно посмотрите на психрометрическую таблицу. В первом вертикальном столбце найдите показания вашего сухого термометра, в первой горизонтальной строке найдите вашу разность показаний сухого и влажного термометров. То число, которое находится на пересечении столбца и строки и является значением влажности воздуха.

Изображение, схема, рисунок эксперимента:

Рисунок 1. Установка для лабораторной работы №5

3. Выполните работу.
4. Ответьте на контрольные вопросы.
5. Заполните отчет по лабораторной работе.

Порядок выполнения работы:

1.Налить в питатель кипяченую воду.

2.Дать фитилю пропитаться водой и через 10-15 минут приступить к определению влажности.

3.Определить показания сухого и увлажненного термометров.

4.Поворачивая лимб с красной оцифровкой, совместить показания сухого термометра (красные цифры) с показаниями увлажненного (черные цифры).

5.Определить относительную влажность по красной стрелке.

6.Результаты измерений и вычислений занести в таблицу:

Таблица №1

Показания термометров		**Разность показаний термометров Δt=tсух-tвл**	**Относительная влажность воздуха φ, %**
сухого tсух	**влажного tвл**		

Таблица №2

Температура окружающего воздуха, ^{0}C	Точка росы, ^{0}C	Давление насыщенного пара, Па	Парциальное давление водяного пара, Па	Относительная влажность воздуха, %	Плотность насыщенного пара, $\frac{г}{м^3}$	Абсолютная влажность воздуха

7. Сделать вывод, записать показания гигрометра и дать рекомендации по поддержанию влажности в лаборатории в пределах нормы.

Контрольные вопросы:

1. Какой пар называется насыщенным? Что такое динамическое равновесие, точка росы, парциальное давление?
2. Почему показания смоченного термометра меньше, чем сухого?
3. Как, зная точку росы, можно определить парциальное давление?
4. Сухой и влажный термометры психрометра показывают одинаковую температуру. Какова относительная влажность воздуха?

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.3 Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы

Лабораторное занятие № 11

Определение удельной теплоемкости вещества

Цель: опытным путем определить величину удельной теплоемкости вещества и выяснить физический смысл уравнения теплового баланса.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09

Материальное обеспечение: весы оптические на штативе; разновес; исследуемое вещество; калориметр; термометр; электроплитка; сосуд с водой;

Задание

1. Записать в тетрадь название работы, цель работы, приборы и принадлежности.
2. Начертить таблицу для записи результатов измерений и вычислений.
3. вычисления провести согласно формулам:

Теплота, отданная горячим телом: $Q_{отд}=m_1c_1(t_1-\theta)$

Теплота, полученная калориметром: $Q_{пол.к.}=m_2c_2(\theta-t_2)$

Теплота, полученная водой:$Q_{пол.в.}=m_3c_3(\theta-t_3)$

Уравнение теплового баланса: $Q_{отд}= Q_{пол}$

$m_1c_1(t_1- \theta)= m_2c_2(\theta-t_2)+ m_3c_3(\theta-t_3)$

$m_1c_1(t_1- \theta)=(\theta-t_2)(m_2c_2+ m_3c_3)$

Так как $t_2=t_3$, $(\theta-t_2)=(\theta-t_3)$

$c_1=(\theta-t_2)(m_2c_2+m_3c_3)/(m_1(t_1-\theta))$Дж/(кг·°К).

4. Определить погрешности

$\Delta=|c_{табл}-c_1|$ - абсолютная погрешность;

$\delta=(\Delta/c)\cdot100\%$.

Порядок выполнения работы:

1. Определить массу исследуемого тела m_1;
2. Опустить исследуемое тело в сосуд с водой и нагреть воду до кипения;
3. Определить массу калориметра m_2;
4. Налить до половины воды в калориметр и определить массу воды m_3;
5. Измерить начальную температуру калориметра с водой $t_2=t_3$;
6. Опустить нагретое тело в калориметр с водой и измерить температуру смеси θ;
7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу и сделайте вывод. По окончании работы принадлежности, тетрадь и данное руководство сдать преподавателю.

Таблица №1

1. масса твердого тела, кг	m_1	
2. температура тела, °С	t_1	
3. масса калориметра, кг	m_2	
4. масса воды, кг	m_3	
5. температура воды и калориметра, °С	$t_2=t_3$	
6. температура смеси, °С	θ	
7. удельная теплоемкость калориметра, Дж/(кг·°К)	c_2	
8.удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°К)	c_3	
9. удельная теплоемкость твердого тела, Дж/(кг·°К)	c_1	
10. табличное значение удельной теплоемкости твердого тела, Дж/(кг·°К)	c_T	
11. относительная погрешность, %	δ	

Контрольные вопросы:

1. Какова разница между теплоемкостью тела и удельной теплоемкостью?
2. В чем смысл уравнения теплового баланса и какое отношение оно имеет к закону сохранения энергии.

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.3 Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы

Лабораторное занятие № 12

Определение модуля упругости резины (модуля Юнга)

Цель: Определить модуль упругости резины при растяжении.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09

Материальное обеспечение:

нитка (леска), резиновый шнур длиной 25—30 см и сечением 4— 10 мм2 , набор грузов по 0,1 кг, штатив, линейка, штангенциркуль или микрометр.

Задание:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.

Краткие теоретические сведения:

При установившейся упругой деформации равнодействующая всех внутренних сил упругости, возникающих в теле в любом его сечении, уравновешивает внешние силы, действующие на тело.

Согласно закону Гука, напряжение σ и вызванное им относительное ε удлинение пропорциональны: σ=E ε , где E— модуль упругости.

После преобразования этого выражения получим:

$$E = \frac{F}{S} \cdot \frac{l_0}{\Delta l} \text{ или } E = \frac{4mgl_0}{\pi d^2 (l - l_0)}.$$

Для экспериментального определения модуля упругости нужно измерить все величины: $S\ (S = \frac{\pi d^2}{4})$, деформирующую силу F (F=mg), сечение образца S , его первоначальную длину l0 и удлинение l.

1. Изучение деформации растяжения.

1. Измерить с помощью штангенциркуля или микрометра толщину шнура и вычислить площадь его поперечного сечения S.

2. Подвешивая к шнуру грузы массой 0,1 кг, 0,2 кг, 0,3 кг, измерить соответствующие абсолютные удлинения шнура: и вычислить относительные удлинения шнура.

3. По результатам измерений вычислить модуль упругости резины E и оценить погрешности эксперимента:

$\varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta l_0}{l_0} + 2\frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l - l_0}$ - относительная погрешность

$\Delta E = E \cdot \varepsilon$ - абсолютная погрешность.

5. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу:

измерено						вычислено					
№ п/п	m, кг	d, м	S, м^2	l_0, м	l, м	Δl, м	F, Н	E, Па	$E_{ср}$, Па	Δ E, Па	ε, %
1											
2											
3											

6. Сделать вывод.

Контрольные вопросы.

1. Какие виды деформаций вы знаете?
2. Изменяется ли внутренняя энергия деформированных тел?

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 3.3. Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы.

Лабораторное занятие №13

Определение коэффициента упругости и модуля упругости при деформации растяжения и сжатия

Цель: определение коэффициента упругости и модуля упругости при деформации растяжения.

Выполнение работы способствует формированию:

ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09

Материальное обеспечение:

виртуальная лабораторная работа 1.09 Определение коэффи-
циента упругости и модуля упругости при деформации растяжения
http://mediadidaktika.ru/mod/page/view.php?id=13

Краткие теоретические сведения:

В теории упругости под словом «деформация» понимают всякое измене-ние в относительном расположении частиц твердого тела, возникающее под/ Среди множества различных видов деформации следует отметить про-стейшие: деформация растяжения (сжатия) и деформация сдвига. Все осталь-ные виды деформации имеют более или менее сложный характер. В случае,если деформации малы, то можно любую деформацию рассматривать vкаксумму некоторых растяжений и сдвигов.При любом виде деформации, если она не очень велика по сравнению сразмерами самого тела, возникает сила, которая старается вернуть тело в тj состояние, в котором оно было до деформации. Эта сила и называется силой
упругости. Сила упругости с вызывающей ее деформацией связана:
Fупр=- kx,здесь k – коэффициент пропорциональности, называемый жесткостью тела;
Рассмотрим деформацию растяжения. Под действием силы тяжести гру-за F проволока или стержень длиной L поперечного сечения S растягива-ется на величину L . Связь между удлинением проволоки L и силойF = mg , вызывающей это удлинение, выражается законом Гука

$$\frac{\Delta L}{L} = K\frac{F}{S},$$

где K – коэффициент упругости;

$\frac{\Delta L}{L} = \varepsilon_L$ – относительная деформация,

$\frac{F}{S} = \sigma$ - усилие (механическое напряжение).

Следовательно,

$$K = \frac{\Delta L}{L} * \frac{S}{F},$$

Коэффициентом упругости называется физическая величина, численно равная относительному удлинению при действии усилия равного единице.
Тогда модуль упругости (модуль Юнга) равен

$$E = \frac{1}{K} = \frac{L \cdot F}{\Delta L \cdot S},$$

Следовательно, модуль Юнга численно равен отношению напряжения к относительному удлинению. Другими словами, модуль Юнга численно равен тому напряжению, при котором длина растягиваемого образца удвоилась бы (если бы при таких напряжениях тело оставалось упругим и продолжало сле-довать закону Гука). В действительности гораздо раньше, чем будет достиг-нуто такое напряжение, тело испытает пластическую деформацию и разо-рвется.
Для каждого материала модуль Юнга имеет постоянное значение. Мо-дуль Юнга в СИ измеряют в единицах давления Н/м2. При растяжении стержня или проволоки работа внешней силы увеличивает энергию упругорастянутой проволоки.

Описание установки и метода измерения

Рисунок 1.

Для работы используется установка, показанная на рисунке 1, которую необходимо запустить по ссылке с портала. Установка представляет собой натянутую проволоку длиной L, к нижнему концу которой прикрепляется груз массой m. В верхнем правом углу распо-
ложен индикатор, указывающий величину деформации растяжения в сотых долях миллиметров. В нижнем правом углу имеется панель «Параметры установки». В ней можно задавать значения диаметра и длины проволоки d и L, соответственно, массу груза, вызывающего деформацию растяжения, m и
удлинение проволоки L .

Порядок выполнения работы

1 Введите нужные параметры d, L (выбрать самим или ввести заданные преподавателем) и запишите их значения перед таблицей 1 Рассчитайте площадь поперечного сечения проволоки S. Впишите в таблицу 1
2 Меняя значения массы от 0 до 10 кг с шагом 1, запишите в таблицу по-
казания L.
3 Вычислите значения действующей силы F.

4 Для каждого значения нагрузки определите среднюю величину коэф-фициента К и модуль упругости Е .

5 Оцените погрешность полученного значения Ecp косвенных измерений.

6 Используйте полученные результаты для построения графика зависи-мости абсолютногоудлинения от приложенной силы L =f(F). Сделайте вывод о применимости закона Гука при этих нагрузках.

Начальная длина проволоки L =

Диаметр проволоки d=

Площадь поперечного сечения проволоки S =

Таблица 1.

№	m, кг	ΔL, м	нагрузка на проволоку, F, Н	напряжение σ, Н/м^2	Относительная деформация, ε_L	K, м^2/Н	E, Н/м^2	E ср, Н/м^2
1								
2								
3								

7. По результатам измерений определите материал, из которого изготов-лена проволока.

Контрольные вопросы

1. Какой вид деформации имеет место в данной работе? Запишите закон Гука для этого вида деформации.

2. Каков физический смысл модуля Юнга? Запишите формулу, по которойможно рассчитать модуль Юнга.

3. Какие деформации называются упругими? Что называется пределом про-порциональности и пределом прочности? Нарисуйте диаграмму напряжений для какого-нибудь вещества и на нем покажите области, соответству-ющие пределу пропорциональности, пределу упругости, пределу текучести и пределу прочности.

4. Выведите формулу для расчета энергии упругой деформации.

5. Объясните явление деформации с точки зрения строения молекул.

6. Приведите примеры технического применения явления деформации.

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

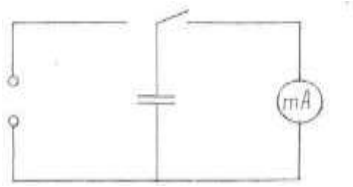
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответо

Раздел 4. Электродинамика
Тема 4.1. Электростатика
Лабораторная работа № 14
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА

Цель работы: научится измерять электроемкость конденсатора.

Оборудование:

1. Набор конденсаторов.



2. Микроамперметр.
3. Источник постоянного тока
4. Соединительные провода.

Теория

Важнейшей характеристикой любого конденсатора является его электрическая емкость С. Электроемкость проводника показывает зависимость заряда наэлектризованного проводника от размеров, формы проводника и внешних условий. Измеряется отношением заряда С конденсатора к разности потенциалов U между его обкладками:

$$C=\frac{q}{U} \qquad (1)$$

Выражается С в фарадах(Ф).

Конденсатор - это прибор для накопления зарядов и энергии .Формула емкости плоского конденсатора

$$C= \varepsilon \varepsilon_0 S/ d \qquad (2)$$

где ε_0- диэлектрическая проницаемость вакуума, ε- диэлектрическая проницаемость среды , S - площадь обкладки конденсатора, *d* - расстояние между обкладками конденсатора.

Емкость конденсатора можно определить опытным путем.

Если заряжать конденсатор постоянной емкости от одного источника токи, а затем разряжать его через гальванометр, то стрелка гальванометра всякий раз будет отбрасываться по шкале на одно и то же число делений. У конденсатора другой емкости отброс стрелки гальванометра будет иным. Имея конденсаторы известной емкости, можно убедиться, что емкость конденсатора прямо пропорциональна числу делений n, на которое отбрасывается стрелка гальванометра:

$$n=kC \qquad (3)$$

Порядок выполнения работы

1. Составить электрическую цепь по схеме (рис. 1) В цепи установить один из конденсаторов известной емкости.
2. Зарядить конденсатор, затем быстро разрядить его на гальванометр и заметать по его шкале максимальное отклонение стрелки, отсчитывая число делений n.
3. Опыт повторить для более точного определения числа делений 2-3 раза и най- ти отношения найденного количества делений к известной емкости взятого конденсатора

$$k=n/C \qquad (4)$$

4. Выполнить опыт с конденсатором неизвестной емкости, найти ее, используя формулу:

$$C_x = n_x // k \quad (5)$$

5. Результаты измерений и вычислений записать в отчет.

Контрольные вопросы

Вариант 1

1. Конденсатор в переводе - «сгуститель». По какой причине прибору дано такое название?
2. Почему емкость конденсатора постоянна?
3. Отчего и как зависит ѐмкость простейшего конденсатора? Запишите формулу той емкости.
4. Как изменится электроемкость конденсатора, если уменьшить площадь одной из го обкладок в два раза, а расстояние между обкладками в три раза?
5. Одна из пластин плоского конденсатора соединена с электрометром, вторая заземлена. Как изменятся показания электрометром *а)*при сближении пластин; б) при введении диэлектрика.

Вариант 2

1. Какой конденсатор называется плоским? Чему равна его емкость?
2. Какую опасность представляют собой обесточенные цепи с имеющимися в них конденсаторами?
3. Измениться ли разность потенциалов пластин плоского конденсатора, если одну из них заземлить?
4. Два конденсатора емкостью 5 и 7 мкФ последовательно подсоединены к источнику с разностью потенциалов 200 В. Каковы будут заряды и разность потенциалов батареи, если конденсаторы отсоединить от источника и соединить параллельно?
5. Одна из пластин плоского конденсатора соединена с электрометром, вторая заземлена. Как изменяться показания электрометра при перемещении одной из пластин параллельно другой пластине?

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Лабораторное занятие №15

Определение удельного сопротивления проводника

Цель: определение удельного сопротивления проводника экспериментальным путем

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

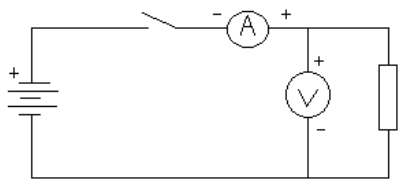
Материальное обеспечение: источник тока, амперметр, вольтметр, соединительные провода, ключ, штангенциркуль, линейка, кусок провода, удельное сопротивление которого определяется.

Задание:

1. Самостоятельно собрать электрическую цепь по схеме.
2. Снять показания амперметра и вольтметра.
3. Используя штангенциркуль и линейку, научиться определять геометрические размеры проводника.
4. Определить величину удельного сопротивления металла.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать цепь по схеме и показать для проверки руководителю.



2. Замкнуть цепь и снять показания амперметра и вольтметра.
3. Вычислить сопротивление проводника по формуле.
4. Измерить длину и вычислить площадь поперечного сечения проводника по формуле:

, где d - диаметр проводника.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \qquad R = \frac{U}{I}$$

5. Вычислить удельное сопротивление по формуле:

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

6. Данные занести в таблицу 1.

7. Вычислить абсолютную (Δ) и относительную (ε) погрешности измерений по формулам:

$$\Delta = \left|\rho_{ТАБЛ.} - \rho_{ПОЛУЧ.}\right| \qquad \varepsilon = \frac{\Delta}{\rho_{ТАБЛ.}} \cdot 100\%$$

8. Сделать вывод по работе.

Таблица№1

$U, В$	$I, А$	$R, Ом$	$l, м$	$d, м$	$S, м$	$\rho,$	$\rho_{табл}$ Ом·м	$\Delta, Ом$	$\varepsilon, \%$
вещество									

Контрольные вопросы

1. От каких величин и как зависит сопротивление прямолинейного металлического проводника?
2. Два медных проводника имеют одинаковую длину, но различную площадь поперечного сечения.:1,6 мм^2 и 0,8 мм^2. Какой проводник имеет меньшее сопротивление и во сколько раз?
3. Сколько метров никелинового провода площадью поперечного сечения 0.1 мм^2 потребуется для изготовления реостата с максимальным сопротивлением 180 Ом? Удельное сопротивление никелина 0,42 ·10^{-6}Ом·м.

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Лабораторное занятие №16

Экспериментальная проверка законов параллельного и последовательного соединения проводников

Цель: изучить последовательное и параллельное соединения проводников

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11;
4. **Материальное обеспечение:**

Источник электрической энергии с постоянным напряжением (не выше 25В); вольтметр школьный; амперметр школьный, набор демонстрационных резисторов с разными сопротивлениями, ключ, соединительные провода.

Задание:

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом:

Краткие теоретические сведения:

Последовательное и параллельное соединения в электротехнике — два основных способа соединения элементов электрической цепи. При последовательном соединении все элементы связаны друг с другом так, что включающий их участок цепи не имеет (рис.1) ни одного узла.

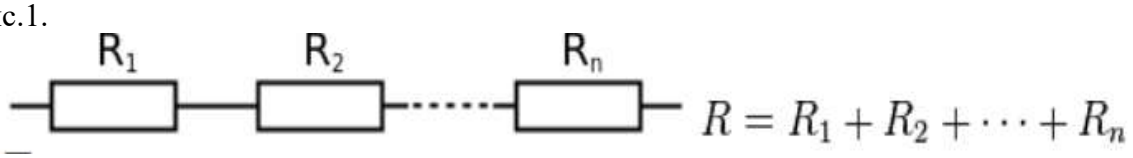
При параллельном соединении (рис.2) все входящие в цепь элементы объединены двумя узлами и не имеют связей с другими узлами, если это не противоречит условию. При последовательном соединении проводников сила тока во всех проводниках одинакова. При последовательном соединении проводников сила тока в любых частях цепи одна и та же:

$$I = I_1 = I_2.$$

Полное напряжение в цепи при последовательном соединении, или напряжение на полюсах источника тока, равно сумме напряжений на отдельных участках цепи:

$$U = U_1 + U_2.$$

Рис.1.



При параллельном соединении падение напряжения между двумя узлами, объединяющими элементы цепи, одинаково для всех элементов.

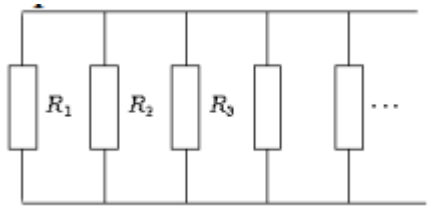
При этом величина, обратная общему сопротивлению цепи, равна сумме величин, обратных сопротивлениям параллельно включенных проводников. Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов в отдельных параллельно соединенных проводниках:

$$I = I_1 + I_2$$

Напряжение на участках цепи АВ и на концах всех параллельно соединенных проводников одно и то же:

$$U = U_1 = U_2.$$

Рис.2.



Для двух параллельно соединенных резисторов их общее сопротивление равно:

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

Если $R_1 = R_2 = R_3 = \ldots = R_n$, то общее сопротивление равно: $R = \frac{R_1}{n}$.

При параллельном соединении резисторов их общее сопротивление будет меньше наименьшего из сопротивлений.

2. Сняв показания напряжений и сил тока на каждом из участков цепи, необходимо сверить соответствующие измеренные и вычисленные физические величины, а по результатам такой сверки – сделать вывод о проделанной работе

I. Последовательное соединение проводников.

1. Собрать цепь по схеме (рис. 1):

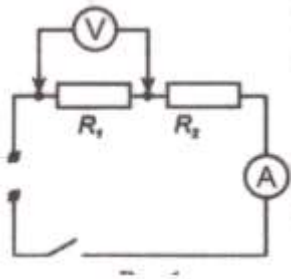


рис. 1

2. Измерить напряжение, силу тока на первом резисторе.
3. Изменить схему установки и измерить напряжение на втором резисторе. Схему нарисовать в тетрадь.
4. Вычислить сумму напряжений **U1+U2** .
5. Изменить схему установки и измерить общее напряжение на двух сопротивлениях **U12** .
6. Проверить, выполняется ли равенство: **U12=U1+U2**.
7. Проверить справедливость равенств

$$R_{12}=R_1+R_2 \text{ и } \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

II. Параллельное соединение проводников.

1. Собрать цепь по схеме (рис. 2):

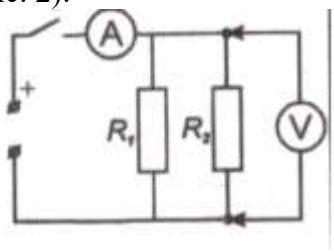


рис. 2

2. Измерить напряжение, силу тока на первом резисторе.
3. Изменить схему установки и измерить силу тока на втором резисторе. Схему нарисовать в тетрадь.
4. Вычислить сумму токов **I1+I2** .
5. Изменить схему установки и измерить общую силу тока в цепи **I12** .
6. Проверить, выполняется ли равенство: **I12=I1+I2.**
7. Проверить справедливость равенств

$1/R_{12}=1/R_1+1/R_2$ и $\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}$

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение сопротивлений называется последовательным? Чему равны сопротивление, сила тока, напряжение в цепи при таком соединении?
2. Какое соединение сопротивлений называется параллельным? Чему равны сопротивление, сила тока, напряжение в цепи при таком соединении?
3. Назовите плюсы и минусы параллельного и последовательного соединений проводников?
4. Приведите примеры параллельного и последовательного соединения проводников.

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Лабораторное занятие №17

Изучение работы мультиметра.

Цель: научиться пользоваться мультиметром для разных режимов работы

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11;

Материальное обеспечение: мультиметр, набор резисторов, диоды, триоды, источник тока, реостат, соединительные провода, ключ.

Инструкция по применению мультиметра

Переключатель режима и диапазона измерений.

Переключатель режима и диапазона измерений используется для включения прибора, а также для выбора желаемого режима работы и предела измерения. Для увеличения срока службы батареи, переводите переключатель в положение «OFF», после выполнения измерений.

Измерение напряжения постоянного и переменного тока.

1.Подключите красный разъем в гнездо «VΩmA», черный разъем в гнездо «COM»

2.Установите переключатель режима измерений на желаемый диапазон измерения напряжения , в случае если неизвестно примерное значение напряжения , установите переключатель на максимальное значение и снижайте предел измерения до получения оптимального значения .

Режим	Шаг измерения	Погрешность
200 мВ	100 мВ	+0,5 % для 3го знака
2000 мВ	1 мВ	+0,8 % для 2го знака
20 В	10 мВ	
200 В	100 мВ	+1,0 % для 2го знака

3. Прикоснитесь пробниками к устройству или точкам электрической схемы . где требуется измерить напряжение.
4. В случае наличия напряжения прибор покажет напряжение и полярность.

Измерение постоянного тока

1.Подключите красный пробник к разъему «VΩmA». Черный к разъему «COM»(для измерения токов от 200мА до 10 А используйте разъем «10А»)
2 Установите переключатель выбора режима измерений на желаемый предел измерения постоянного тока .
3.Разъедините измеряемую электрическую цепь и подсоедините пробники последовательно с нагрузкой.
4. На дисплее появится значения тока.
6. Разъем «10А» предназначен для нечастого использования. Время измерения не должно превышать 15 секунд, а между измерениями необходимо выдерживать несколько секунд во избежание повреждения прибора.

Измерение сопротивления

1.Присоедините красный пробник к разъему «VΩmA». Черный к разъему «COM».
2.Установите переключатель выбора режима измерений на желаемый предел измерения сопротивления.
3. Приложите пробники к измеряемому образцу, дисплей отобразит при этом значение сопротивления .

Режим	Множитель	Погрешность
200Ω	0,1	±(1.0% для 10го знака)
2000Ω	1	±(1.0% для 4го знака)
20KΩ	10	
200KΩ	100	
2000KΩ	1000	

Проверка диодов

1.Подключите красный пробник к разъему «VΩmA»., черный к разъему «COM».
2. Установите переключатель выбора режима измерений на значок |диода
3. Соедините красный пробник с анодом (p) тестируемого диода, а черный пробник с катодом (n)
4. Дисплей покажет значение напряжения в мВ. если полярность диода перепутана , дисплей отобразит «1».

Измерение температуры

1.Присоедините термопару к разъему «VΩmA» и к разъему «COM».
2.Установите переключатель выбора режима измерений на измерение температуры «ТЕМП»
3.Дисплей отобразит значение температуры в градусах Цельсия.

Звуковая прозвонка

1.Подключите красный пробник к разъему «VΩmA». Черный к разъему «COM».
2.Установите переключатель выбора режима измерений на звонок
3.Присоедините пробники к прозваниваемой схеме, при сопротивлении менее 30 Ом подается звуковой сигнал.

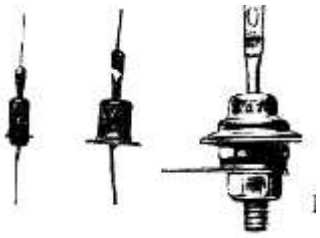
Порядок выполнения работы:

1. Прочитайте теоретический материал:

Краткие теоретические сведения:

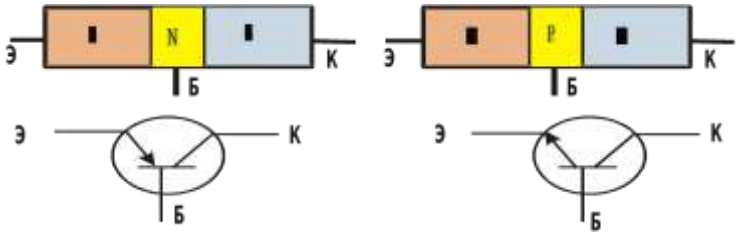
Полупроводниковый диод

Диод содержит p-n-переход, заключенный в герметический корпус и соединенный с металлическими выводами. Вывод от p-области называют анодом, от n-области – катодом.



Диод- полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления преобразования генерирования электрических колебаний различной частоты.

Транзистор состоит из трех областей с различной проводимостью. Различают транзисторы типа p-n-p и n-p-n. Средняя зона называется *базой*. Толщина базы должна быть меньше длины свободного пробега электрона. В транзисторе имеются два p-n-перехода. Левый p-n переход является прямым и отделяет базу от области с проводимостью p-типа, называемую *эмиттером*. В этой области акцепторной примеси в сотни раз больше, чем донорной примеси в базе, т. е. дырок в эмиттере значительно больше, чем электронов в базе. Правый переход является обратным и отделяет базу от области с проводимостью p-типа, называемой *коллектором.*



1.Изучить инструкцию по эксплуатации прибора.

2. Измерить сопротивления резисторов, данные записать в таблицу

№ п/п	Сопротивление, Ом

3.Собрать цепь по схеме

4.Замкнуть цепь, при неисправности цепи прозвонить цепь, найти неисправность.

5.Измерить напряжение на батарейке и реостате.

6. Разомкнуть цепь. Измерить температуру резистора и реостата.

7.Измерить сопротивление резистора и реостата, данные записать в таблицу

Наименование	Сопротивление, Ом	Напряжение, В	Температура, ^{0}C

Резистор			
Реостат			
Источник тока	-----		

8. Повторить теоретический материал по полупроводниковым приборам: диоду и транзистору.
9. Проверить диоды (исправность, полярность).
10. Транзисторы. Определить выводы транзистора (коллектор, база, эмиттер) и тип транзистора (p-n-p) или (n-p-n)
11. Записать вывод по работе, ответив на вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как выяснить, что диод неисправен? 2. Как выяснить p- и n- контакты диода?
2. Как определить базу у транзистора.
3. Назовите главные свойства диода и транзистора.
4. Устройство диода и транзистора.

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Лабораторное занятие №18

Определение температурного коэффициента меди

Цель: раскрыть влияние температуры на электрическое сопротивление металлов; опытным путём определить коэффициент термического сопротивления меди; построить по экспериментальным данным график зависимости сопротивления от температуры.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;…;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11;

Материальное обеспечение: прибор для определения температурного коэффициента сопротивления меди, термометр технический от 0 до 100℃ с ценой деления 1℃, омметр, внешний сосуд калориметра с водой, электроплитка, ключ, соединительные провода, штатив с муфтой и лапкой.

Краткие теоретические сведения:

Электрическое сопротивление зависит от температуры. Объясняется это тем, что упорядоченному движению свободных электронов электрический ток это упорядоченное движение заряжённых частиц - электронов) оказывают противодействие (сопротивление) атомы кристаллической решётки, интенсивность теплового движения которых изменяется с изменением температуры.

У химически чистых металлов с повышением температуры на 1℃ сопротивление возрастает примерно на 0,004 (1/273) сопротивления при 0℃ и выражается линейной зависимостью

$R_t = R_0(1+\alpha\Delta t)$, где

R_0 –сопротивление металла при 0℃,

Δt- разность температур (конечной и начальной);

α - температурный коэффициент сопротивления, показывающий, на какую часть начального сопротивления проводника при 0℃ (273К) изменяется сопротивление при нагревании на 1℃ или 1К.

$$\alpha = \Delta R / R_0 \Delta t \quad \text{или} \quad \alpha = \Delta R / R_0 \Delta T$$

$$\Delta R = R_t - R_0.$$

Опытным путём можно определить α, не прибегая к измерению сопротивления R_0. Для этого необходимо дважды измерить сопротивление исследуемого материала R_1 и R_2 при разных температурах t_1 и t_2.

Порядок выполнения работы:

1. Сосуд с водой поставить на электроплитку и включить её в сеть.
2. Определить цену деления омметра.
3. Измерить сопротивление R_1 медной проволоки при комнатной температуре t_1.
4. Опустить прибор в воду, установить в нём термометр. При некоторой температуре t_2 измерить сопротивление R_2 исследуемой проволоки.
5. Опыт повторить несколько раз.
6. Вычислить 2 – 3 раза α, используя соотношение: $\alpha = R_2 - R_1 / (R_1 t_2 – R_2 t_1)$.
7. Определить среднее значение $\alpha_{ср}$ и сравнив полученный результат с табличным значением температурного коэффициента сопротивления меди, вычислить относительную погрешность.
8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

№	Температура медной проволоки t, °C	Сопротивление медной проволоки R, Ом	Температурный коэффициент сопротивления α, $(°C)^{-1}$	Среднее значение температурного коэффициента сопротивления αср.	Тб. значение температурного коэффициента сопротивления	Относительная погрешность δ, %
1						
2						
3						
4						
5						
6						

9.Используя данные эксперимента, построить график зависимости R_t от t, откладывая по оси абсцисс – температуру в °С на оси ординат – сопротивление.

10.Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. Какова физическая сущность электрического сопротивления?
2. Как объяснить увеличения сопротивления металлов при нагревании?
3. Объяснить формулу, по которой определяется температурный коэффициент сопротивления.
4. Почему температурный коэффициент сопротивления для электролитов отрицательный?
5. Каково сопротивление 0,5 кг медной проволоки диаметром 0,3 мм?
6. Указать практическое применение зависимости сопротивления проводника от температуры.

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Лабораторное занятие №19

Определение сопротивления резистора методом маркировки

Цель: определить номинальное сопротивление резисторов методом маркировки; определить допустимое значение силы тока для данных резисторов при известном номинале мощности.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПР64; ПР66; ПР67; ПР610;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11

Материальное обеспечение: набор резисторов разных сопротивлений, таблица знаков маркировки.

Задание.

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.

Краткие теоретические сведения:

При определении режима работы резистора следует учитывать **максимально допустимое для него значение силы тока,** которое определяется значением его сопротивления и мощностью.

Маркировка номинала резистора осуществляется цветовым кодом в виде четырех цветных полос, нанесенных на его корпусе.

При этом значение сопротивления резистора указывается в Омах двумя первыми полосами и множителем (третья полоса) 10n, где n - любое целое число от - 2 до + 9.

Маркировочные знаки сдвигают к одному из торцов резистора, например, к левому, и затем располагают слева направо в следующем порядке: первая полоса - первая цифра номинала, вторая полоса - вторая цифра номинала, третья полоса - множитель, четвертая полоса - допуск на отклонение фактического сопротивления от номинала. Если размеры резистора не позволяют разместить цветные полосы несимметрично, т. е. ближе к одному из торцов резистора, то первая полоса выполняется более широкой.

Цвета знаков маркировки номинального сопротивления в Омах и допусков в % приведены в таблице:

Цвет знака	**Первая цифра**	**Вторая цифра**	**Множитель**	**Допуск в %**
Серебристый	--	--	10^{-2}	10
Золотистый	--	--	10^{-1}	5
Черный	--	0	1	--
Коричневый	1	1	10	1
Красный	2	2	10^{2}	2
Оранжевый	3	3	10^{3}	--

Желтый	4	4	10^4	--
Зеленый	5	5	10^5	0,5
Голубой	6	6	10^6	0,25
Фиолетовый	7	7	10^7	0,1
Серый	8	8	10^8	0,05
Белый	9	9	10^9	-

Порядок выполнения работы:

1. Разложить на рабочем столе комплект резисторов.
2. Внимательно прочитать указание к работе.
3. Оформить маркировку резистора в тетради по образцу
4. Заполнить таблицу:

Резистор	Номинальное сопротивление R	Мощность резистора (Вт)	Сила тока (А)
1.		0, 25	
2.		0, 25	
3.		0, 25	
4.		0, 25	
5.		0, 25	
6.		0, 25	
7.		0, 25	
8.		0, 25	

5. Рассчитать силу тока при известной мощности тока.
6. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается метод маркировки.
2. Для чего нужно знать сопротивление резистора при включении его в схему?
3. От чего зависит мощность тока, текущего по резистору?

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.2 Законы постоянного тока

Лабораторное занятие № 20

Определение КПД нагревателей

Цель: научиться практически определять тепловую отдачу электрического нагревателя любого типа.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11;

Материальное обеспечение: 2 электрических нагревателя, сосуд для кипячения воды, вода, термометр, секундомер (часы), справочник по физике.

Задание.

1. Ознакомиться с теоретическим материалом

Теоретический материал:

Коэффициент полезного действия нагревателя связан соотношением:

$$К.П.Д. = \frac{Q_П}{Q_З} \bullet 100\%$$

$Q_п$ - полезная теплота и определяется по формуле

$$\mathbf{Q_п = C*m(T_2 - T_1)}$$

c – удельная теплоемкость жидкости,
m – масса жидкости, которую кипятят,
T_1 – начальная температура жидкости,
T_2 – конечная температура жидкости,
Q_3 – количество теплоты, которую выделяет нагреватель (затраченная теплота) и определяется по формуле:

$$\boldsymbol{Q_3 = P \cdot t} \quad \textbf{(3),}$$

где P – мощность электрического нагревателя,
t – интервал времени, за который закипела жидкость.

Мощность электрического нагревателя определяется по паспортным данным, указанным на приборе.

Время, за которое закипит жидкость, определяется часами. Удельная теплоемкость воды определяется по справочнику.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить таблицу для записи результатов, определяемых в ходе работы.

Определить						Вычислить
C_B	m	T_1	T_2	P	t	К.П.Д.
Дж\кг К	кг	К	К	Вт	с	%

2. Занести в таблицу справочные данные удельной теплоемкости воды.
3. Записать в таблицу номинальную мощность электрического нагревателя, указанную на приборе.
4. В сосуд для кипячения воды налить 200 г воды.
5. Определить начальную температуру воды.
6. Включить нагреватель одновременно с секундомером (часами).
7. Остановить секундомер (часы) в момент бурного кипения воды. Время, за которое закипела вода, занести в таблицу.
8. Вычислить К.П.Д. электрического нагревателя.
9. Повторить опыт с другим нагревателем.
10. Учитывая потери энергии сформулировать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Увеличится или уменьшится К.П.Д. электрического чайника, если на его стенках появилась накипь (отложение солей)?
2. Зависит ли КПД электрического чайника от того открыт он или закрыт?

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Лабораторное занятие № 21

Исследование зависимости мощности лампой накаливания от напряжения на ее зажимах

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11;

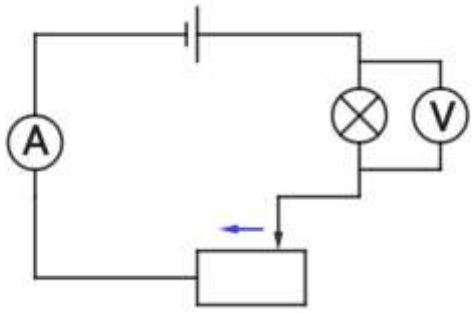
Цель: углубить понимание физического смысла расходуемой мощности и практически ее измерить

Оборудование: лампочка, источник постоянного напряжения, реостат, ключ, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода

Порядок выполнения работы:

1. Определить цену деления приборов
2. Составить электрическую схему, соблюдая полярность приборов
3. После проверки схемы преподавателем цепь разомкнуть. С помощью реостата выставить минимальное напряжение. Снять показания измерительных приборов
4. Постепенно менять положения реостата и снять 7-8 показаний приборов
5. Для каждого значения напряжения посчитать мощность лампы, а также дополнительно рассчитать сопротивление лампы при разных токах и напряжениях
6. Результаты расчетов и измерений записать в таблицу.
7. **Построить график зависимости мощности лампы от напряжения на ее зажимах.**
8. Написать вывод по работе и ответить письменно на контрольные вопросы

№ опыта	Напряжение, В	Сила тока, А	Мощность лампы, Вт	Сопротивление нити накала, Ом



Контрольные вопросы:

1. Запишите формулы работы тока и мощности тока через напряжение, силу тока и сопротивление.
2. Единицы измерения работы и мощности тока. Что означает единица измерения 1 кВт*ч.
3. Определение и формула закона Джоуля – Ленца.
4. Что такое короткое замыкание? Чем оно вредно и как его избежать?
5. Что такое предохранитель? Для чего его используют и как обозначается в цепи.
6. Перечислите полезные и вредные тепловые действия тока.

Лабораторное занятие № 22

***Тема*: "Зависимость электрического сопротивления проводника от его длины, площади поперечного сечения и материала"**

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 06, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11;

Цель: выявить зависимость электрического сопротивления проводника от его длины *l*, площади поперечного сечения *S* и материала (удельного сопротивления ρ).

Оборудование: источник тока, соединительные провода, амперметр (с пределом измерения 3 А), вольтметр (с пределом измерения 6 В), ключ, набор проволочных резисторов различной длины, сечения, материала (набор резисторов), реостат.

Теория

Отношение напряжения U между концами металлического проводника, являющегося участком электрической цепи, к силе тока I в цепи есть величина постоянная- **сопротивление**:

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

Опыт показывает, что электрическое сопротивление проводника прямо пропорционально его длине *l* и обратно пропорционально площади S поперечного сечения проводника:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s}.$$

Постоянный для данного вещества параметр ρ называется *удельным электрическим сопротивлением вещества*. Удельное сопротивление измеряется в Ом · мм ^{2} /м.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите цепь, состоящую из последовательно соединенных источника тока, ключа, панели резисторов, амперметра. К клеммам резистора для измерения напряжения подключите параллельно вольтметр. Не забывайте соблюдать полярность при подключении амперметра и вольтметра к цепи. **2.** Рассчитайте цену деления и погрешность измерительных приборов.

3. Начертите в тетради таблицу, в которую будете записывать значения физических величин, измеренных и вычисленных в ходе выполнения лабораторной работы.

	Вид проволочного резистора	Сила тока *I, A*	Напряжение на резисторе *U, B*	Сопротивление $R = \frac{U}{I}$, *Ом*
Опыт №1	проводник с малой длиной проволоки **сталь**			
	проводник с большей длиной проволоки **сталь**			
*Вывод: При увеличении длины l проводника, его сопротивление*_____				
Опыт №2	проводник с проволокой меньшего поперечного сечения **нихром (0,05 мм^2)**			
	проводник с проволокой большего поперечного сечения **нихром (0,10 мм^2)**			
*Вывод: При увеличении площади поперечного сечения S проводника, его сопротивление*_____				
Опыт №3	проводник с меньшим удельным сопротивлением **сталь**			
	проводник с большим удельным сопротивлением **нихром**			
*Вывод: При увеличении удельного сопротивления ρ проводника, его сопротивление*_____				

4. Проведение опытов:

а) *Опыт №1* по определению зависимости электрического сопротивления проводника от его длины *l :*

- Подключите в цепь проводник с малой длиной проволоки. Определите экспериментально с помощью амперметра силу тока I в цепи, при помощи вольтметра напряжение U на исследуемом проводнике и запишите показания приборов в таблицу.
- Рассчитайте значение сопротивления R этого проводника по формуле $R = \frac{U}{I}$. Все расчеты сопротивления писать в соответствующем столбце таблицы.
- Замените проводник на другой с большей длиной проволоки, но из того же материала и такой же площади сечения, и повторите опыт.
- Сделайте вывод о зависимости электрического сопротивления проводника от его длины.

б) *Опыт №2* по определению зависимости электрического сопротивления от площади поперечного сечения *S* проводника

- Замените резистор в предыдущей цепи на проводник с проволокой меньшего поперечного сечения. Определите экспериментально с помощью амперметра силу тока I в цепи, при помощи вольтметра напряжение U на исследуемом проводнике и запишите показания приборов в таблицу.
- Рассчитайте значение сопротивления R этого проводника по формуле $R = \frac{U}{I}$. Все расчеты сопротивления писать в соответствующем столбце таблицы.
- Замените проводник на другой с проволокой большего поперечного сечения, но из того же материала и такой же длины, и повторите опыт.
- Сделайте вывод о зависимости электрического сопротивления проводника от его длины.

в) *Опыт №3* по определению зависимости электрического сопротивления проводника от его удельного сопротивления ρ*:*

- Замените резистор в предыдущей цепи на проводник с проволокой меньшего удельного сопротивления. Определите экспериментально с помощью амперметра силу тока I в цепи, при помощи вольтметра напряжение U на исследуемом проводнике и запишите показания приборов в таблицу.
- Рассчитайте значение сопротивления R этого проводника по формуле $R = \frac{U}{I}$. Все расчеты сопротивления писать в соответствующем столбце таблицы.
- Замените проводник на другой с проволокой большего удельного сопротивления, но той же длины и сечения, и повторите опыт.
- Сделайте вывод о зависимости электрического сопротивления проводника от рода материала (его удельного сопротивления).

5. Начертите схему электрической цепи.
6. Запишите вывод о проделанной работе.

Прибор для демонстрации зависимости сопротивления проводника от его длины, площади поперечного сечения и материала

Лабораторное занятие №23

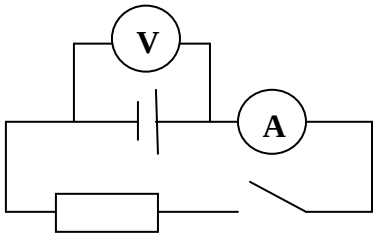
Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11

При использовании любого источника тока необходимо, прежде всего, знать его ЭДС и внутреннее сопротивление. В работе рассматриваются простейшие способы измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока на основе использования закона Ома для замкнутой цепи.

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 $R >> r$.
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,A	Напряжение U,B	Сопротивление R, Ом	Внутреннее сопротивление r, В

7. Сделайте вывод.

Тема 4.3 Электрический ток в различных средах

Лабораторное занятие № 24

Определение электрохимического эквивалента меди в процессе электролиза сульфата меди.

Цель: определить электрохимический эквивалент меди экспериментальным путем.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11 ;

Материальное обеспечение: весы и разновесы; амперметр; часы; электроплитка; аккумуляторная батарея; реостат; ключ; медные электроды (2 шт).) со вставкой; соединительные провода; электролитическая ванна с раствором медного купороса.

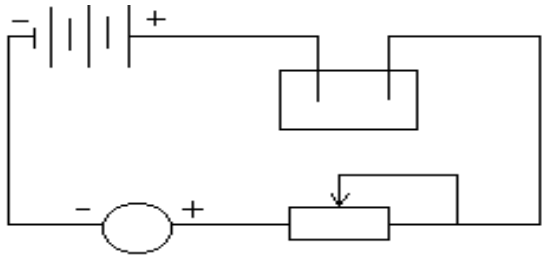
Задание:

1. Пронаблюдать явление электролиза меди из раствора медного купороса.

2. Научиться определять электрохимический эквивалент по результатам эксперимента.

Порядок выполнения работы:

1. Очистить наждачной бумагой катодную пластинку, определить взвешиванием массу пластинки (m_1).
2. Составить электрическую цепь по схеме. При составлении цепи взвешенный электрод соединить с отрицательным полюсом источника электрической энергии.
3. Замкнуть цепь и заметить время включения тока. $CuSO_4$



4. Через 15-20 минут разомкнуть цепь.
5. Вынуть катодную пластинку, промыть и просушить.
6. Взвешиванием определить массу катода (m_2) после пропускания тока.
7. Найти массу (m) выделившейся на катоде при электролизе по формуле: $m = m_2 - m_1$

где m_1- начальная масса пластинки, кг; m_2- конечная масса пластинки, кг.

8. Вычислить электрохимический эквивалент меди из формулы:

где m- масса выделившегося вещества, кг;
I- сила тока, А; t- время электролиза, с. $K = \frac{m}{I \cdot t}$

9. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.
10. Сравнить полученный результат с табличным.
11. Вычислить абсолютную Δ и относительную ε погрешности измерений по формулам:

Сделать вывод по работе.

Таблица 1

№	Масса меди, отложившейся на катоде $m, кг$	Время пропускания тока t, c	Величина силы тока I, A	Электрохимический эквивалент меди $K, \frac{кг}{Кл \cdot с}$	Абсолютная погрешность $\Delta, \frac{кг}{Кл \cdot с}$	Относительная погрешность $\varepsilon, \%$

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлен электрохимический ток в электролитах?
2. Как рассчитать массу выделившегося вещества на электроде?
3. От чего зависит электрохимический эквивалент?
4. Какой физический смысл электрохимического эквивалента?
5. Какое оборудование и измерительные приборы нужно иметь, чтобы вычислить электрохимический эквивалент?
6. Назвать рабочую формулу для вычисления электрохимического эквивалента.
7. На каком из электродов выделяется медь в чистом виде и почему?
8. В электролитическую ванну поместим медную пластинку, служащую анодом. Пластинка покрыта воском, на котором нацарапан рисунок. Что получится после пропускания тока и удаления воска с пластины?
9. Что такое гальваностегия, гальванопластика.
10. Через раствор медного купороса прошло 20 кКл электричества. При этом на одном из электродов выделяется в чистом виде массой 6,6 грамм меди. Определить электрохимический эквивалент меди.

11. Сколько никеля выделится при электролизе за 1 час при силе тока 5 Ампер, если известно, что молярная масса никеля 58,71 г/моль, а валентность равна 2.
12. Определите массу серебра, выделившегося на катоде при электролизе азотнокислого серебра в течение 2 часов, если к ванне приложено напряжение 1,2 В, а сопротивление ванны 5 Ом.
13. Электролиз медного купороса проходил при токе 5 Ампер в течение 50 минут. Какое количество меди выделилось на катоде, если $k_{Cr} = 3{,}3 \cdot 10^{-7} \frac{кг}{Кл}$.

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.
За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.
*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов
*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов
*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов
*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 4.3 Электрический ток в различных средах

Лабораторное занятие № 25

Зависимость сопротивления от температуры образцов металла и полупроводника

Цель: измерять сопротивление проводника омметром; установить зависимость сопротивление металла и полупроводника от температуры.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11
4. **Материальное обеспечение:** мультиметр, приборы для изучения зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры, термометр, электрическая плитка, штатив с принадлежностями, колба с водой.

Задание

1. **Ознакомиться с теоретическим материалом.**

Теоретический материал:

Если пропустить электрический ток через стальную спираль, а затем ее нагреть, то амперметр покажет уменьшение силы тока. Это означает, что с изменением температуры сопротивление металла меняется.

Все металлы – кристаллические тела, в узлах кристаллической решетки которых располагается положительно заряженные ионы. Между колеблющимися ионами двигаются свободные электроны. Величина электрического сопротивления металла зависит от числа столкновений колеблющихся ионов и свободных электронов. При увеличении температуры металла увеличивается амплитуда колебаний ионов. Это приводит к увеличению столкновений, а значит и к увеличению сопротивления металла.

В полупроводнике при увеличении температуры увеличивается число свободных носителей заряда, появившихся при разрыве ковалентных связей. Это приводит к увеличению силы тока в полупроводнике и к уменьшению сопротивления проводника.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовьте к работе омметр:

а) вставьте штырьки проводников в гнезда, обозначенные «Ω» и «общ COM.»;

б) поставьте переключатель на цифру «10»;

в) соедините свободные штырьки проводников и ручкой «уст. 0» поставить стрелки на «0».

2. На электрическую плитку поместите колбу с водой. Во избежании падения колбы поместите в кольцо, закрепленное в штативе. В колбу опустите пробирку, с помещенной в ней катушкой из медного провода. Осторожно опустите в пробирку термометр.

3. Свободные штырьки омметра соедините с клеммами медной катушки.

4. Включите шнур плитки в розетку и измерьте сопротивление катушки при различных значениях температуры.

5. Внесите измерения в таблицу.

Проводник (медь)

t^o, С					
R, Ом					

6. На основе измерений постройте график. Сделайте вывод, как сопротивление проводника зависит от температуры.

7. Поставьте переключатель омметра с цифры «10» на цифру «100» и поставьте стрелку омметра на «0» (См. пункт 1-в).

8. Замените в колбе пробирку с металлом на пробирку с полупроводником (термистором). Опустите в пробирку термометр. К клеммам термистора подсоедините омметр.

9. Измерьте сопротивление полупроводника при различных значениях температуры.

10. Внесите измерения в таблицу.

Полупроводник

t^o С					
R, Ом					

11. Постройте график *R(t).*

12. Сделайте вывод, как сопротивление полупроводника зависит от температуры

Контрольные вопросы:

1. Электрический ток в металлах – это упорядоченное движение … .

2. С точки зрения электронной теории электрическое сопротивление обусловлено соударениями … .

3. С повышением температуры сопротивление металла …

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 5.1 Механические колебания и волны

Лабораторное занятие №26

Проверка законов колебаний математического маятника

Цель: установить математическую зависимость периода нитяного маятника от длины нити маятника.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб6; ПРб10;

3. ПРу1; ПРу2; ПРу5; ПРу7; ПРу12;

4. Материальное обеспечение:

электронный секундомер, измерительная лента, шарик с отверстием, нить, штатив с муфтой и кольцом.

Теория.

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

Ученые Галилей, Ньютон, Бессель и др. установили следующие законы колебания математического маятника:

1.Период колебания математического маятника не зависит от массы маятника и от амплитуды, если угол размаха не превышает 10 градусов.

2.Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из длины маятника и обратно пропорционален квадратному корню из ускорения свободного падения.

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний математического маятника:

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

Используя модель и законы колебаний математического маятника, можно пронаблюдать свободные колебания, а также с их помощью определить ускорение свободного падения для своей местности и сравнить со справочным значением g.

Ускорение свободного падения может быть вычислено по формуле

$$g = 4\pi^2 \frac{lN^2}{t^2}$$

1. Закрепить нить маятника в держателе штатива.

2. Измерить длину маятника (длина маятника считается от точки подвеса до центра тяжести шарика).

3. Отклонить шарик на угол не более 10° и отпустить.

4. Определить время, за которое маятник совершил 20 колебаний.

5. Вычислить период колебания маятника, используя формулу N t T .

6. Повторить опыт еще три раза, уменьшая (или увеличивая) длину нити маятника.

7. Результаты занести в таблицу.

Таблица №1

№	Длина нити маятника l, м	Число полных колебаний N	Время колебаний t, с	Период колебаний T, с
1		20		
2		20		
3		20		

4		20		

8. Сделать вывод о зависимости периода нитяного маятника от длины его нити.

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. Изобразите математический маятник в крайней правой точке и покажите на чертеже силы, действующие на шарик в данной точке траектории. Нарисуйте равнодействующую сил.
6. Как меняется величина и направление равнодействующей сил в течение периода?

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 5.1 Механические колебания и волны

Лабораторное занятие №27

Изучение законов пружинного маятника

Цель: экспериментально установить зависимость периода колебаний пружинного маятника от жесткости пружины и массы груза

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб6; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу5; ПРу7; ПРу12 ;
4. **Материальное обеспечение:** штатив с муфтой и лапкой, набор пружин разной жесткости, набор грузов разной массы, секундомер

Порядок выполнения работы:

Определение зависимости периода колебаний от массы груза

1. Соберите пружинный маятник, используя выданное оборудование.
2. Выведите маятник из положения равновесия, включите секундомер и отсчитайте десять колебаний. Используя показания секундомера, рассчитайте период колебаний и заполните первую строку таблицы.

№ опыта	N	t,с	T,с	m, кг	$m^{1/2}$,$кг^{1/2}$	k ,н/м
1						
2						
3						

4						
5						

3. Повторите эксперимент ещё 4 раза, увеличивая массу но, не меняя пружины. По полученным данным заполните таблицу.
4. Постройте график зависимости периода колебаний (Т) от квадратного корня из массы ($m^{1/2}$).
5. По форме графика определите вид зависимости между периодом и корнем квадратным из массы.

Определение зависимости периода колебаний от жёсткости пружины

1. Соберите пружинный маятник, используя выданное оборудование.
2. Выведите маятник из положения равновесия. включите секундомер и отсчитайте десять колебаний.
3. Используя показания секундомера, рассчитайте период колебаний и заполните первую строку таблицы.

№ опыта	N	t ,с	T,с	m , кг	k,н/м	$K^{1/2}$,$(н/м)^{1/2}$
1						
2						
3						
4						
5						

4. Повторите эксперимент ещё 4 раза,увеличивая коэффициент жёсткости но, не меняя массу груза. По полученным данным заполните таблицу.
5. Постройте график зависимости периода колебаний (Т) от квадратного корня из коэффициента жёсткости. ($k^{1/2}$).
6. По форме графика определите вид зависимости между периодом и корнем квадратным из коэффициента жёсткости.
7. Сделайте вывод о зависимости периода колебаний от массы груза и коэффициента жёсткости.

Контрольные вопросы:

1. В каком положении маятника скорость будет максимальной?
2. В каком положении маятника скорость равна нулю.
3. Увеличили или уменьшили массу груза, подвешенного к пружинному маятнику, если: а) период его колебаний сначала был 0, 4 с, а после изменения массы стал 0, 2 с;

б) частота его колебаний вначале была равна 6 Гц, а потом уменьшилась до 5 Гц?

Форма представления результата:

Работа должна быть представлена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Тема 5.2 Электромагнитные колебания и волны

Лабораторное занятие №28

Устройство трансформатора и генератора

Цель: изучить устройство и принцип работы трансформатора и генератора.

Выполнение работы способствует формированию:

1. ОК 01, ОК 02, ОК 05, ОК 07, ОК 04 ОК 09
2. ПРб4; ПРб6; ПРб7; ПРб10;
3. ПРу1; ПРу2; ПРу3; ПРу4; ПРу5; ПРу9; ПРу11 ;

Материальное обеспечение:

трансформатор лабораторный, лампа накаливания, ключ замыкания тока, комплект проводов соединительных.

Задание

1. Изучить строение, назначение и принцип действия трансформатора
2. Изучить строение, назначение и принцип действия генератора.

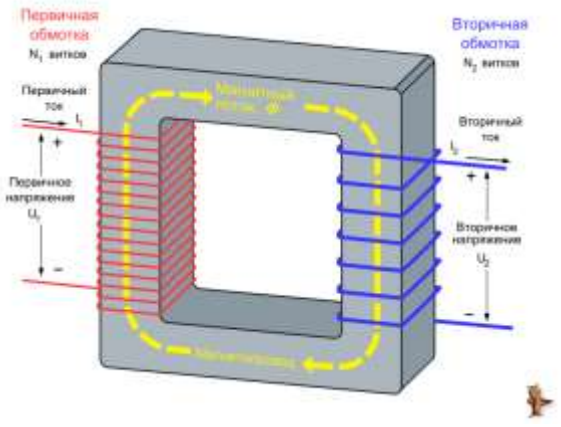
Порядок выполнения работы

Изучение устройства трансформатора

Трансформатор преобразует переменный ток одного напряжения при неизменной частоте. Он состоит из замкнутого сердечника, изготовленного из специальной листовой трансформаторной стали, на котором располагаются две катушки (их называют обмотками) с разным числом витков из медной проволоки.

Одна из обмоток, называется первичной, подключается к источнику переменного напряжения. Устройства, потребляющие электроэнергию, подключаются к вторичной обмотке, их может быть несколько.

При выполнении работы следует изучить устройство трансформатора, включить его в сеть переменного тока (36 В). В режиме холостого хода измерить напряжение на обмотках и вычислить коэффициент трансформации, а при работе трансформатора «под нагрузкой» установить связь между токами и напряжением в обмотках.



Трансформатор состоит из двух катушек и сердечника. Сердечник состоит из двух половин, которые вставляют в катушку и с помощью скобы закрепляют на основании.

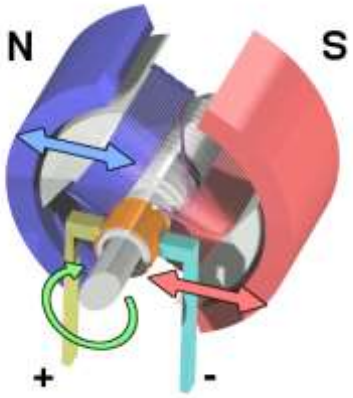
Ход Работы

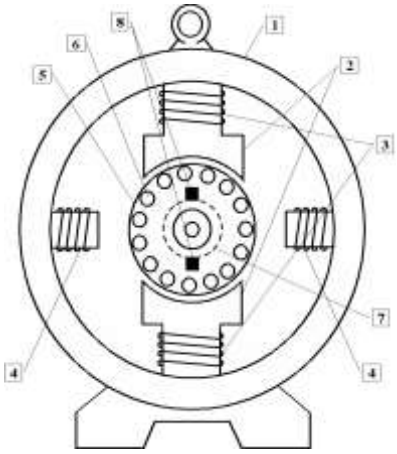
1. Рассмотрите устройство трансформатора. Определите первичную обмотку (клеммы с надписью: 36 или 42 В) и две вторичных клеммы 2,2 В и 4,4 В)
2. Начертите электрическую схему трансформатора.
3. Разберите трансформатор. Для этого поверните его основанием вверх и открутите две гайки крепления скобы. Выньте сердечник и рассмотрите его устройство.
4. Соберите трансформатор. Для этого вставьте сердечник со скобой в катушки. Установите трансформатор на основание и закрепите его гайками.

Изучение Устройства Генератора.

Генератор постоянного тока (рис. 1) состоит из двух частей: неподвижной и вращающейся. Неподвижная часть (статор) является остовом машины и одновременно служит для создания магнитного потока. Во вращающейся части, называемой якорем (ротором), индуцируется электродвижущая сила - ЭДС.

Конструкция генератора постоянного тока (см. рис.2).
Неподвижная часть состоит из станины (1), главных полюсов (2) с обмоткой возбуждения (3) и дополнительных полюсов (4), уменьшаемых искрение под щетками.
Якорь имеет сердечник (5), набранный из тонких стальных листов, обмотку якоря (6), заложенную в пазы сердечника и коллектор (7). На поверхность коллектора наложены угольно-графитовые щетки (8), обеспечивающие скользящий контакт с обмоткой вращающегося якоря. Коллектор имеет форму цилиндра и выполняется из изолированных медных пластин - ламелей - к которым подсоединены секции якорной обмотки. Вращаясь вместе с обмоткой, коллектор выполняет роль механического выпрямителя.





Контрольные вопросы

1 вариант

1.Что называют индукционными генераторами?

2.Какой трансформатор называют повышающим, а какой понижающим?
3.Что такое холостой ход трансформатора?
4.Почему сердечник трансформатора изготавливают из стали, а не из меди?
5.В первичной обмотке трансформатора, включенной в сеть с напряжением 380В. Содержится 1320 витков. Определить напряжение на вторичной обмотке, если она содержит 300 витков. Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

2 вариант

1. Назовите основные части генератора переменного тока.
2. Доказать, что у повышающего трансформатора К>1.
3. Изменяет ли трансформатор частоту преобразуемого переменного тока?
4. Почему сердечник трансформатора собирают из отдельных пластин?
5. Если на первичную обмотку трансформатора подается напряжение 220В, то на вторичной обмотке при холостом ходе получается напряжение 130в. Число витков первичной обмотки равно 400. Определить число витков во вторичной обмотке. Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

3 вариант

1. Какова роль индуктора и якоря в устройстве генератора переменного тока?
2. Что такое понижающий трансформатор?
3. Почему сердечник трансформатора делают не сплошным. А из множества пластин, изолированных друг от друга?
4. Почему мощность, потребляемая от вторичной обмотки, меньше мощности, подводимой к первичной обмотке?

5. Сколько витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора для понижения напряжения с 12000 до 120В, если первичная обмотка содержит 4000 витков? Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «**отлично**» выставляется за* **90 – 100%** правильных ответов

*Оценка «**хорошо**» выставляется за* **80 – 89%** правильных ответов

*Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за* **60 – 79%** правильных ответов

*Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за* менее **60%** правильных ответов

Раздел 5. Оптика

Тема 5.1. Основные законы оптики.

Лабораторное занятие №29

«Определение показателя преломления стекла».

Цель: 1. Наблюдать преломление света в реальных условиях.

2.Научиться использовать законы преломления для расчета показателя преломления.

Оборудование 1. Стеклянная пластинка. 2. Три иглы. 3.Транспортир. 4. Картон. 5. Таблица синусов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание 1. Вставьте пропущенные слова в формулировку законов преломления света:

a) Отношение _____ угла падения к синусу угла _____есть величина _____ для двух данных сред.

b) Падающий луч, _____ луч и нормаль к границе _____ двух сред в точке падения лежат в _____ плоскости.

Задание 2. Приведите примеры явления преломления в технике и обычной жизни.

Задание 3. Из предложенных вариантов выберите какой буквой обозначается показатель преломления:

1) γ 2) n 3) N 4) Ω

Задание 4. Ответьте на вопрос: в чем физический смысл преломления света?

Задание 5. Вспомните основные правила техники безопасности и обратите особое внимание, что необходимо:

1. Приступать к выполнению задания можно только после разрешения преподавателя.

2.После окончания работы следует привести в порядок рабочее место, сдать все приборы и принадлежности.

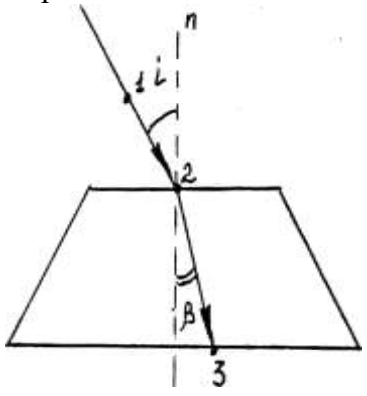
Задание 6. Опытным и расчетным путем определите показатель преломления стекла.

Ход работы

ШАГ 1. Положить развернутую тетрадь на картон. На лист тетради плашмя положить стеклянную пластинку и обвести карандашом ее контуры.

ШАГ 2. С одной стороны стеклянной пластинки вколоть две иглы так, чтобы одна из них расположилась на верхней грани пластинки, а вторая произвольно, но так, чтобы прямая, проходящая через эти иглы не совпадала с перпендикуляром к верхней грани.

ШАГ 3. Поднять картон на уровень глаз и, глядя через стекло, вколоть третью иглу в нижнюю грань контура стеклянной пластинки так, чтобы она закрыла собой изображение двух первых игл (смотри рисунок).



ШАГ 4. Стекло и иглы снять с листа, места проколов обозначить точками 1, 2 и 3. Через точки 1,2 и 3 провести прямые линии до пересечения с контурами стекла. Через точку 2 провести перпендикуляр к границе раздела двух сред: воздух – стекло.

ШАГ 5. Измерить угол падения i и угол преломления β. Значения синусов этих углов определить по таблице, округлив до сотых.

ШАГ 6. Опыт повторить еще два раз, меняя каждый раз угол падения луча ***i.***

ШАГ 7. Для каждого опыта вычислить показатель преломления по формуле:

$n = \frac{\sin i}{\sin \beta}$;

$n_1 =$

$n_2 =$

$n_3 =$

ШАГ 8. Определить погрешность измерений методом средней арифметической.

$n_{\text{ср}} = \frac{n_1+n_2+n_3}{3} =$

ШАГ 9.Определите абсолютную погрешность:

$\Delta n_1 = |n_{\text{ср}} - n_1| =$

$\Delta n_2 = |n_{\text{ср}} - n_2| =$

$\Delta n_3 = |n_{\text{ср}} - n_3| =$

$\Delta n_{\text{ср}} = \frac{\Delta n_1+\Delta n_2+\Delta n_3}{3} =$

ШАГ 10.Определите относительную погрешность:

$\delta\rho = \frac{\Delta n_{\text{ср}}}{n_{\text{ср}}} 100\% =$

Результаты всех измерений и вычислений занесите в таблицу.

№	Угол падения	Угол преломления	Показатель преломления	Среднее значение показателя преломления	Абсолютная погрешность	Средняя абсолютная погрешность	Относительная погрешность
	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{\beta}$	n	$n_{\text{ср}}$	Δn	$\Delta n_{\text{ср}}$	$\delta\rho$
	Град.	Град.	-	-	-	-	%
1							
2							
3							

ШАГ 11. Сделайте вывод. Удалось ли вам определить показатель преломления стекла. Объясните почему.

Раздел 6. Физика атома и атомного ядра.
Тема 6.1. Развитие представлений о природе атома
Лабораторная работа № 30

Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям

Цель: объяснить траекторию и характер движения заряженных частиц.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь: объяснять траекторию движения заряженных частиц

Материальное обеспечение: фотографии треков заряженных частиц.

Задание:

1. Изучить траектории заряженных частиц.
2. Проанализировать характер движения частиц и их характеристики.

Краткие теоретические сведения:

1. Треки заряженных частиц в камере Вильсона представляют собой цепочки микроскопических капелек жидкости (воды или спирта), образовавшихся вследствие конденсации пересыщенного пара этой жидкости на ионах, расположенных вдоль траектории заряженной частицы; в пузырьковой камере – цепочки микроскопических пузырьков пара перегретой жидкости, образовавшихся на ионах. Треки показывают траекторию движения заряженных частиц.
2. Длина трека зависит от начальной энергии заряженной частицы и плотности окружающей среды: она тем больше, чем больше энергия частицы и чем меньше плотность среды. 3. Толщина трека зависит от заряда и скорости частицы: она тем больше, чем больше заряд частицы и чем меньше её скорость.
4. При движении заряженной частицы в магнитном поле трек её получается искривленным. Радиус кривизны трека зависит от массы, заряда, скорости частицы и модуля индукции магнитного поля: он тем больше, чем больше масса и скорость частицы и чем меньше её заряд и модуль индукции магнитного поля.
5. По изменению радиуса кривизны трека можно определить направление движения частицы и изменение её скорости: начало её движения и скорость больше тем, где больше радиус кривизны трека.

Порядок выполнения работы:

1. Проведите анализ треков заряженных частиц по фотографии №1, отвечая на следующие вопросы:

В каком направлении двигались альфа-частицы?
2) Почему длина треков альфа-частиц примерно одинаково?
3) Почему толщина треков альфа –частиц к концу пробега немного увеличивается?
4) Почему некоторые альфа-частицы оставляют треки только в конце своего пробега?

2. Проведите анализ треков заряженных частиц по фотографии №2, отвечая на следующие вопросы:
1) Почему трек электрона имеет форму спирали?
2) В каком направлении двигался электрон?
3) Как был направлен вектор магнитной индукции?

3. Проведите анализ треков заряженных частиц по фотографии №3, отвечая на следующие вопросы:

1)Почему треки ядер атомов имеют разную толщину?
2)Какой трек принадлежит ядру атома магния, кальция и железа?
3)Какой вывод можно сделать из сравнения толщины треков ядер атомов различных элементов?

4. Чем отличаются треки частиц, полученные в фотоэмульсии, от треков частиц в камере Вильсона и пузырьковой камере?

Форма представления результата: письменный отчет по предложенным вопросам.
Критерии оценки: см. стр.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Оценка ***«отлично»*** ставится, если студент:

а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;

б) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицу, вычисления и сделал выводы;

в) правильно выполнил анализ погрешностей;

г) соблюдал требования безопасности труда;

д) ответил на контрольные вопросы (устно или письменно).

Оценка ***«хорошо»*** ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «отлично», но:

а) опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений;

б) допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета;

в) ответил на контрольные вопросы (устно или письменно).

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

а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью;

б) или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, таблицах, анализе погрешностей и т.д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения;

в) или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей;

г) или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;

д) частично ответил на контрольные вопросы (устно или письменно).

Оценка ***«неудовлетворительно»*** ставится в том случае, если:

а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;

б) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно;

в) не ответил на контрольные вопросы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Кузнецов, С. И. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны [электронный ресурс]: учебное пособие / С. И. Кузнецов. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 231 с. – Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=424601
2. Физика. Теория и практика [электронный ресурс]: учебное пособие / под ред. проф. С. О. Крамарова. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 380 с. – Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=522108
3. Пинский, А. А. Физика [электронный ресурс]: учебник / А. А. Пинский, Г. Ю. Граковский ; под общ. ред. Ю. И. Дика, Н. С. Пурышевой. – 4-е изд., испр. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. – 560 с. – Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=559355

Дополнительная литература

4. Кузнецов, С. И. Курс лекций по физике. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. Колебания и волны [электронный ресурс]: учебное пособие / Кузнецов С. И., Семкина Л. И., Рогозин К. И. – Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2016. – 290 с. – Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=675264
5. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики [электронный ресурс]: учеб. пос. / С. И. Кузнецов, А. М. Лидер – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Вузов. учеб.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 212 с. – Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=438135

Интернет-ресурсы

1. www.fcior.edu.ru (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов). www.dic.academic.ru (Академик. Словари и энциклопедии).
2. www.booksgid..com (Books Gid. Электронная библиотека).
3. www.globalteka.ru (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
4. www.window.Edu.ru (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. www.stbooks.ru (Лучшая учебная литература).
6. www.school.edu.ru (Российский образовательный портал. Доступность, качество, эффективность).
7. www.ru/book (Электронная библиотечная система).
8. www.alleng.ru/edu/phys.htm (Образовательные ресурсы Интернета Физика).
9. www.school-collection.edu.ru (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).
10. www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).
11. www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).
12. www. college. ru/fizika (Подготовка к ЕГЭ).