

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Оренбургский государственный университет"

Кафедра общей физики

А.А.ЧАКАК

ФИЗИКА

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ,
ПОСТУПАЮЩИХ В ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИ-
ВЕРСИТЕТ**

Рекомендовано к изданию Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Оренбургский государственный университет" в качестве учебного пособия для абитуриентов, поступающих в Оренбургский государственный университет.

Оренбург 2007

УДК 53 (07)
ББК 22.3я 7
Ч 16

Рецензент:
доктор физико-математических наук, профессор Н.А.Манаков

Чакак А.А.
Ч 16 **Физика: учебное пособие для абитуриентов, поступающих в Оренбургский государственный университет/ А.А. Чакак. – 2-е изд., перераб. и доп. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007. - 219 с.**

Учебное пособие по физике предназначено для учащихся старших классов и абитуриентов, поступающих в Оренбургский государственный университет, а также учителей профильных классов. В пособие включены: примерные варианты заданий ЕГЭ по физике, к которым даны ответы и решения; типовая программа вступительного испытания по физике и реальные экзаменационные тесты с ответами, предлагавшиеся в прошлые годы абитуриентам ОГУ; рекомендации по выполнению экзаменационных заданий; справочные материалы.

Учебное пособие рекомендовано к изданию кафедрой общей физики ОГУ. Составитель ЧАКАК А.А.

Ч 1604010000

ББК 22.3я 7

© Чакак А.А., 2007
© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

1 Рекомендации по выполнению заданий. Характерные ошибки.....	5
2 Типовая программа по физике для поступающих в ВУЗы.....	8
2.1 Стандарт среднего (полного) общего образования по физике (утвержден приказом Минобрнауки РФ от 05.03.2004 № 1089 «Об утверждении федерального компонента государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования»).	8
2.2 Обязательный минимум содержания основной образовательной программы по физике.....	8
2.3 Требования к уровню подготовки выпускников.....	10
3 Программа вступительного испытания по физике (для абитуриентов, проходящих вступительные испытания по физике по правилам ОГУ).....	12
4 Примерные варианты тестов ЕГЭ по физике с ответами и решениями.....	16
4.1 Вариант 1.....	16
4.2 Вариант 2.....	29
4.3 Вариант 3.....	43
4.4 Вариант 4.....	58
5 Экзаменационные тестовые задания.....	76
5.1 Экзаменационное задание по физике 1	77
5.2 Экзаменационное задание по физике 2	80
5.3 Экзаменационное задание по физике 3	84
5.4 Экзаменационное задание по физике 4	88
5.5 Экзаменационное задание по физике 5	92
5.6 Экзаменационное задание по физике 6	96
5.7 Экзаменационное задание по физике 7.....	100
5.8 Экзаменационное задание по физике 8	104
5.9 Экзаменационное задание по физике 9	108
5.10 Экзаменационное задание по физике 10	112
5.11 Экзаменационное задание по физике 11	116
5.12 Экзаменационное задание по физике 12	121
5.13 Экзаменационное задание по физике 13	125
5.14 Экзаменационное задание по физике 14	129
5.15 Экзаменационное задание по физике 15	133
6 Примеры решения задач.....	137
7 Литература, рекомендуемая для изучения физики.....	186
Приложение А.....	187
Приложение Б.....	188
Приложение В.....	189

1 Рекомендации по выполнению заданий. Характерные ошибки

Методы и приемы решения задач весьма разнообразны, однако при решении задач целесообразно руководствоваться следующими основными правилами:

- разобраться в условии задачи;
- если позволяет характер задачи, обязательно сделать чертеж или схематический рисунок;
- представить физическое явление или процесс, о котором говорится в условии. Выяснить, какие теоретические положения связаны с рассматриваемой задачей в целом и с ее отдельными элементами; какие физические законы и их следствия можно применять для решения; какие физические модели и идеализации использованы в условии, а какие могут быть применены при решении;
- отобразить законы, их следствия, соотношения, с помощью которых можно описать физическую ситуацию задачи. Выявить причинно-следственные связи между заданными и неизвестными величинами, установить математическую связь между ними;
- на основании отобранных законов и их следствий записать уравнение (систему уравнений), выражающее условие задачи. Векторные уравнения записать в проекциях на оси координат;
- преобразовать (решить) составленные уравнения так, чтобы искомая величина была выражена через заданные и табличные данные в аналитическом виде, т.е. получить расчетную формулу в общем виде (в буквенных обозначениях). Проводить промежуточные численные расчеты нецелесообразно. Эти расчеты, как правило, являются излишними, так как часто окончательное выражение для искомой физической величины имеет простой вид. Следует также иметь в виду, что при промежуточных расчетах увеличивается вероятность допустить ошибку;
- получив ответ в аналитическом виде, проверить полученное решение с помощью анализа размерностей. Неверная размерность однозначно указывает на допущенную при решении ошибку;
- подставить числовые значения в определенной системе единиц (предпочтительнее использовать Международную систему единиц - СИ) и провести вычисления. Получив численное значение искомой величины, обязательно указывайте ее размерность;
- оценить правдоподобность ответа, продумать, разумным ли получилось численное значение искомой величины (так, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме, дальность полета камня, брошенного человеком, не может быть порядка 1 км и т.д.).

Наш опыт работы с учащимися показывает, что наибольшие затруднения при решении задач вызывают следующие разделы школьного курса физики:

- графики зависимости кинематических величин от времени при равномерном и равнопеременном движении;

- нахождение всех сил, действующих на тело в конкретных условиях.

Принцип суперпозиции сил;

- рациональный выбор системы координат, обеспечивающей наиболее простой вид системы уравнений, приводящей к решению задачи;

- насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха;

- закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца;

- вынужденные электрические колебания. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Резонанс в электрической цепи;

- закон радиоактивного распада.

Часто допускаемые ошибки:

- не учитывают влияние начальных условий на характер движения тел;

- при анализе движения в произвольном направлении не пользуются принципом независимого сложения движений, т.е. не рассматривают движение проекций исследуемого тела на взаимно ортогональные направления;

- при решении динамических задач не учитывают разное воздействие сил трения покоя и сил трения скольжения на характер движения тел;

- не учитывают векторный характер законов Ньютона;

- бывают затруднения при определении веса, состояния невесомости, потенциальной энергии;

- встречаются ошибки в определении направления полного ускорения и равнодействующей силы при равнопеременном движении тела по окружности;

- не учитывают, что применение законов сохранения в некоторых задачах по динамике упрощает ход решения;

- забывают основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа;

- встречаются затруднения при применении первого закона термодинамики к изопроцессам;

- при расчете цепей, содержащих электродвигатель, не учитывают ЭДС индукции, возникающую при вращении якоря электромотора;

- совершают ошибки при определении хода лучей в призмах и тонких линзах из-за неумелого применения, соответственно, законов преломления и формулы тонкой линзы;

- неспособность решать задачи, требующие комбинированного использования знаний по нескольким разделам;

- некоторые учащиеся путают формулы для нахождения сопротивления участка цепи постоянного тока при последовательном и параллельном соединении резисторов с формулами для определения емкости батареи конденсаторов при их параллельном и последовательном соединении.

В любом деле самое трудное – начало. Многие неудачи объясняются тем, что начинают решать наугад, на "авось". Следует потратить несколько минут на тщательный анализ особенностей условия задачи и ее цели. Это поможет выбрать правильное направление поиска решения. Приняв же бездумно шаблонный путь, можно рисковать увеличить объем ненужной работы и шансы появления ошибок.

Хороший чертеж часто помогает в формировании идеи решения. Чертеж должен быть достаточно крупным, чтобы не было риска запутаться в наложении линий. Нужно избегать частных случаев, например, прямоугольный или равнобедренный треугольник и т.п., так как они могут направить мысль по ошибочному пути.

Изучив условие, не следует заострять внимание на искомой величине и пытаться сразу ее найти. Только план решения позволяет записать условие с помощью уравнений и свести, таким образом, задачу от физической к математической.

Довольно часто даже знание физических законов учащимися не позволяет им завершить решение заданий из-за незнания, например, таких понятий элементарной математики, как:

- решение квадратных уравнений;
- площади (объемы) простейших фигур (тел);
- таблица умножения;
- теорема синусов и косинусов;
- преобразование алгебраических выражений, в том числе арифметические операции с дробями и степенными функциями;
- операции с векторами;
- логарифмирование и потенцирование простейших арифметических выражений;
- десятичные приставки к названиям единиц;
- беспомощность при работе с электронными калькуляторами.

2 Типовая программа по физике для поступающих в ВУЗы

2.1 Стандарт среднего (полного) общего образования по физике (утвержден приказом Минобразования РФ от 05.03.2004 № 1089 «Об утверждении федерального компонента государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования»)

Изучение физики на базовом уровне среднего (полного) общего образования направлено на достижение следующих целей:

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

- овладение умениями проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, выдвигать гипотезы и строить модели; применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ; практического использования физических знаний; оценивать достоверность естественнонаучной информации;

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

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

- использование приобретенных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности собственной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

2.2 Обязательный минимум содержания основной образовательной программы по физике

Физика и методы научного познания

Физика как наука. Научные методы познания окружающего мира и их отличия от других методов познания. Роль эксперимента и теории в процессе по-

знания природы. Моделирование физических явлений и процессов. Научные гипотезы. Физические законы. Физические теории. Границы применимости физических законов и теорий. Принцип соответствия. Основные элементы физической картины мира.

Механика

Механическое движение и его виды. Прямолинейное равноускоренное движение. Принцип относительности Галилея. Законы динамики. Всемирное тяготение. Законы сохранения в механике. Предсказательная сила законов классической механики. Использование законов механики для объяснения движения небесных тел и для развития космических исследований. Границы применимости классической механики.

Проведение опытов, иллюстрирующих проявление принципа относительности, законов классической механики, сохранения импульса и механической энергии.

Практическое применение физических знаний в повседневной жизни для использования простых механизмов, инструментов, транспортных средств.

Молекулярная физика

Возникновение атомистической гипотезы строения вещества и ее экспериментальные доказательства. Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии теплового движения частиц вещества. Модель идеального газа. Давление газа. Уравнение состояния идеального газа. Строение и свойства жидкостей и твердых тел.

Законы термодинамики. Порядок и хаос. Необратимость тепловых процессов. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды.

Проведение опытов по изучению свойств газов, жидкостей и твердых тел, тепловых процессов и агрегатных превращений вещества.

Практическое применение в повседневной жизни физических знаний о свойствах газов, жидкостей и твердых тел; об охране окружающей среды.

Электродинамика

Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Электрическое поле. Электрический ток. Магнитное поле тока. Явление электромагнитной индукции. Взаимосвязь электрического и магнитного полей. Электромагнитное поле.

Электромагнитные волны. Волновые свойства света. Различные виды электромагнитных излучений и их практическое применение.

Проведение опытов по исследованию явления электромагнитной индукции, электромагнитных волн, волновых свойств света.

Объяснение устройства и принципа действия технических объектов, практическое применение физических знаний в повседневной жизни:

- при использовании микрофона, динамика, трансформатора, телефона, магнитофона;
- для безопасного обращения с домашней электропроводкой, бытовой электро- и радиоаппаратурой.

Квантовая физика и элементы астрофизики

Гипотеза Планка о квантах. Фотоэффект. Фотон. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

Планетарная модель атома. Квантовые постулаты Бора. Лазеры.

Модели строения атомного ядра. Ядерные силы. Дефект массы и энергия связи ядра. Ядерная энергетика. Влияние ионизирующей радиации на живые организмы. Доза излучения. Закон радиоактивного распада и его статистический характер. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия.

Солнечная система. Звезды и источники их энергии. Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд. Галактика. Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной. Применимость законов физики для объяснения природы космических объектов.

Наблюдение и описание движения небесных тел.

Проведение исследований процессов излучения и поглощения света, явления фотоэффекта и устройств, работающих на его основе, радиоактивного распада, работы лазера, дозиметров.

2.3 Требования к уровню подготовки выпускников

В результате изучения физики на базовом уровне ученик должен знать/понимать:

- смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения, планета, звезда, Солнечная система, галактика, Вселенная;

- смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд;

- смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта;

- вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики;

уметь:

- описывать и объяснять физические явления и свойства тел: движение небесных тел и искусственных спутников Земли; свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию, распространение электромагнитных

волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;

- отличать гипотезы от научных теорий; делать выводы на основе экспериментальных данных; приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; что физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;

- приводить примеры практического использования физических знаний: законов механики, термодинамики и электродинамики в энергетике; различных видов электромагнитных излучений для развития радио- и телекоммуникаций, квантовой физики в создании ядерной энергетики, лазеров;

- воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях;

использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для:

- обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования транспортных средств, бытовых электроприборов, средств радио- и телекоммуникационной связи;

- оценки влияния на организм человека и другие организмы загрязнения окружающей среды;

- рационального природопользования и охраны окружающей среды.

3 Программа вступительного испытания по физике (для абитуриентов, проходящих вступительные испытания по физике по правилам ОГУ)

МЕХАНИКА

Кинематика. Механическое движение. Относительность движения. Система отсчета. Материальная точка. Траектория. Путь и перемещение. Скорость. Ускорение.

Равномерное и равноускоренное прямолинейное движение. Свободное падение тел. Ускорение свободного падения. Уравнение прямолинейного равноускоренного движения.

Криволинейное движение точки на примере движения по окружности с постоянной по модулю скоростью.

Центростремительное ускорение.

Основы динамики. Инерция. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.

Взаимодействие тел. Масса. Импульс. Сила. Второй закон Ньютона. Принцип суперпозиции сил. Принцип относительности Галилея.

Силы в природе. Сила тяготения. Закон всемирного тяготения. Вес тела. Невесомость. Первая космическая скорость. Сила упругости. Закон Гука. Сила трения. Коэффициент трения. Закон трения скольжения.

Третий закон Ньютона.

Момент силы. Условие равновесия тел.

Законы сохранения в механике. Закон сохранения импульса. Ракеты.

Механическая работа. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения энергии в механике. Простые механизмы. Коэффициент полезного действия механизма.

Механика жидкостей и газов. Давление. Атмосферное давление. Изменение атмосферного давления с высотой. Закон Паскаля для жидкостей и газов. Барометры и манометры. Сообщающиеся сосуды. Принцип устройства гидравлического пресса.

Архимедова сила для жидкостей и газов. Условия плавания тел на поверхности жидкости.

Движение жидкости по трубам. Зависимость давления жидкости от скорости ее течения.

Измерение расстояний, промежутков времени, силы, объёма, массы, атмосферного давления.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

Основы молекулярно-кинетической теории. Опытное обоснование основных положений молекулярно-кинетической теории. Броуновское движение. Диффузия. Масса и размер молекул. Измерение скорости молекул. Опыт Штерна. Количество вещества. Моль. Постоянная Авогадро. Взаимодействие молекул. Модели газа, жидкости и твёрдого тела.

Основы термодинамики. Тепловое равновесие. Температура и её измерение. Абсолютная температурная шкала. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Теплоемкость вещества. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики. Изотермический, изохорный и изобарный процессы. Адиабатный процесс.

Необратимость тепловых процессов. Второй закон термодинамики и его статистическое истолкование. Преобразование энергии в тепловых двигателях. КПД теплового двигателя.

Идеальный газ. Связь между давлением и средней кинетической энергией молекул идеального газа. Связь температуры со средней кинетической энергией частиц газа.

Уравнение Клапейрона-Менделеева. Универсальная газовая постоянная.

Жидкости и твердые тела. Испарение и конденсация. Насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха. Кипение жидкости.

Кристаллические и аморфные тела. Преобразование энергии при изменениях агрегатного состояния вещества.

Измерение давления газа, влажности воздуха, температуры, плотности вещества.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Электростатика. Электризация тел. Электрический заряд. Взаимодействие зарядов. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.

Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Электрическое поле точечного заряда. Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов. Принцип суперпозиции полей.

Проводники в электрическом поле. Электрическая ёмкость. Конденсатор. Ёмкость плоского конденсатора.

Диэлектрики в электрическом поле. Диэлектрическая проницаемость. Энергия электрического поля плоского конденсатора.

Постоянный электрический ток. Электрический ток. Сила тока. Напряжение. Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах. Сопротивление проводников. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников, p-n-переход.

Магнитное поле. Электромагнитная индукция. Взаимодействие магнитов. Взаимодействие проводников с током. Магнитное поле. Действие маг-

нитного поля на электрические заряды. Индукция магнитного поля. Сила Ампера. Сила Лоренца. Магнитный поток. Электродвигатель.

Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля.

Измерение силы тока, напряжения, сопротивления проводника.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Механические колебания и волны. Гармонические колебания. Амплитуда, период и частота колебаний. Свободные колебания. Математический маятник. Период колебаний математического маятника. Пружинный маятник. Период колебаний пружинного маятника. Превращение энергии при гармонических колебаниях. Вынужденные колебания. Резонанс. Понятие об автоколебаниях.

Механические волны. Скорость распространения волны. Длина волны. Поперечные и продольные волны. Уравнение гармонической волны.

Звук. Звуковые волны. Скорость звука.

Электромагнитные колебания и волны. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в контуре. Превращения энергии в колебательном контуре. Собственная частота колебаний в контуре. Вынужденные электрические колебания. Переменный электрический ток. Генератор переменного тока. Действующие значения силы тока и напряжения. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Резонанс в электрической цепи.

Трансформатор. Производство, передача и потребление электрической энергии.

Идеи теории Максвелла. Электромагнитные волны. Скорость распространения электромагнитных волн. Свойства электромагнитных волн. Принципы радиосвязи. Шкала электромагнитных волн.

ОПТИКА

Свет - электромагнитная волна. Прямолинейное распространение, отражение и преломление света. Луч. Законы отражения и преломления света. Показатель преломления. Полное отражение. Предельный угол полного отражения. Ход лучей в призме. Построение изображений в плоском зеркале.

Собирающая и рассеивающая линзы. Формула тонкой линзы.

Построение изображений в линзах. Фотоаппарат. Глаз. Очки. Интерференция света. Когерентность. Дифракция света. Дифракционная решетка. Поляризация света. Поперечность световых волн.

Дисперсия света.

Измерение фокусного расстояния собирающей линзы, показателя преломления вещества, длины волны света.

ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Инвариантность скорости света. Принцип относительности Эйнштейна. Пространство и время в специальной теории относительности. Связь массы и энергии.

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Тепловое излучение. Постоянная Планка. Фотоэффект. Опыты Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

Гипотеза Луи-де-Бройля. Дифракция электронов. Корпускулярно-волновой дуализм.

Радиоактивность. Альфа-, бета-, гамма-излучения. Методы наблюдения и регистрации частиц в ядерной физике.

Опыт Резерфорда по рассеянию α -частиц. Планетарная модель атома. Боровская модель атома водорода. Спектры. Люминесценция.

Лазеры.

Закон радиоактивного распада. Нуклонная модель ядра. Заряд ядра. Массовое число ядра. Энергия связи частиц в ядре. Деление ядер. Синтез ядер. Ядерные реакции. Сохранение заряда и массового числа при ядерных реакциях. Выделение энергии при делении и синтезе ядер. Использование ядерной энергии. Дозиметрия.

Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия.

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Эксперимент и теория в процессе познания мира. Моделирование явлений и объектов природы. Научные гипотезы. Физические законы и границы их применимости. Роль математики в физике. Принцип соответствия. Принцип причинности. Физическая картина мира.

4 Примерные варианты тестов ЕГЭ по физике с ответами и решениями

4.1 Вариант 1 Часть 1

A1. Мотоциклист и велосипедист одновременно начинают равноускоренное движение. Ускорение мотоциклиста в 3 раза больше, чем у велосипедиста. В один и тот же момент времени скорость мотоциклиста больше скорости велосипедиста

- 1) в 1,5 раза 2) в $\sqrt{3}$ раза 3) в 3 раза 4) в 9 раз

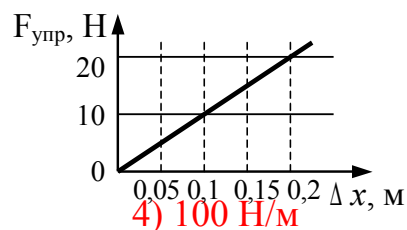
A2. Скорость лыжника при равноускоренном спуске с горы за 4 с увеличилась на 6 м/с. Масса лыжника 60 кг. Равнодействующая всех сил, действующих на лыжника, равна

- 1) 20 Н 2) 30 Н 3) 60 Н 4) 90 Н

A3. Потенциальная энергия взаимодействия с Землей гири массой 5 кг увеличилась на 75 Дж. Это произошло в результате того, что гирию

- 1) подняли на 1,5 м 2) опустили на 1,5 м 3) подняли на 7 м 4) опустили на 7 м

A4. На рисунке представлен график зависимости силы упругости пружины от величины ее деформации. Жесткость этой пружины равна

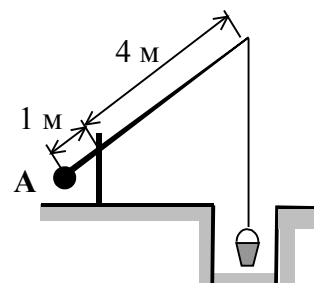


- 1) 0,01 Н/м 2) 10 Н/м 3) 20 Н/м 4) 100 Н/м

A5. Наименьшая упорядоченность в расположении частиц характерна для

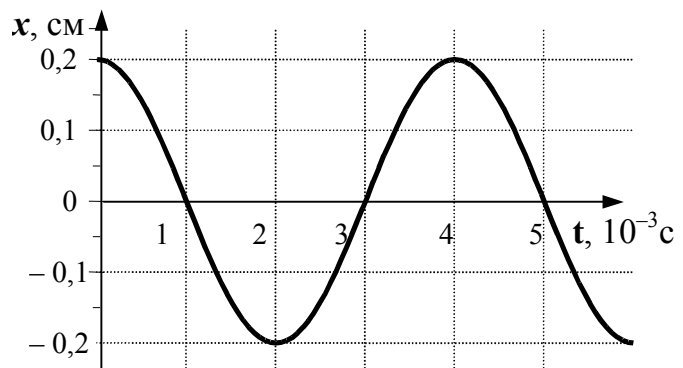
- 1) кристаллических тел 2) аморфных тел 3) жидкостей 4) газов

A6. Груз А колодезного журавля (см. рисунок) уравнивает вес ведра, равный 100 Н. (Рычаг считайте невесомым.) Вес груза равен



- 1) 20 Н 2) 25 Н 3) 400 Н 4) 500 Н

A7. На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Согласно графику, период этих колебаний равен



- 1) $1 \cdot 10^{-3}$ с 2) $2 \cdot 10^{-3}$ с 3) $3 \cdot 10^{-3}$ с 4) $4 \cdot 10^{-3}$ с

A8. Тело массой 2 кг движется вдоль оси OX. Его координата меняется в соответствии с уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ м, $B = 3$ м/с, $C = 5$ м/с². Чему равен импульс тела в момент времени $t = 2$ с?

- 1) 86 кг·м/с 2) 48 кг·м/с 3) 46 кг·м/с 4) 26 кг·м/с

A9. При нагревании текстолитовой пластинки массой 0,2 кг от 30 °С до 90 °С потребовалось затратить 18 кДж энергии. Следовательно, удельная теплоемкость текстолита равна

- 1) 0,75 кДж/(кг·К) 2) 1 кДж/(кг·К) 3) 1,5 кДж/(кг·К) 4) 3 кДж/(кг·К)

A10. В герметично закрытом сосуде находится одноатомный идеальный газ. Как изменится внутренняя энергия газа при понижении его температуры?

- 1) увеличится или уменьшится в зависимости от давления газа в сосуде
 2) уменьшится при любых условиях
 3) увеличится при любых условиях
 4) не изменится

A11. Максимальный КПД тепловой машины с температурой нагревателя 227 °С и температурой холодильника 27 °С равен

- 1) 100 % 2) 88 % 3) 60 % 4) 40 %

A12. Как изменяется внутренняя энергия кристаллического вещества в процессе его плавления?

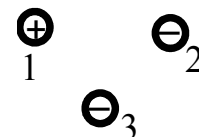
- 1) увеличивается для любого кристаллического вещества
 2) уменьшается для любого кристаллического вещества

- 3) для одних кристаллических веществ увеличивается, для других – уменьшается
 4) не изменяется

A13. Парциальное давление водяного пара в воздухе при 20 °С равно 0,466 кПа, давление насыщенных водяных паров при этой температуре 2,33 кПа. Относительная влажность воздуха равна

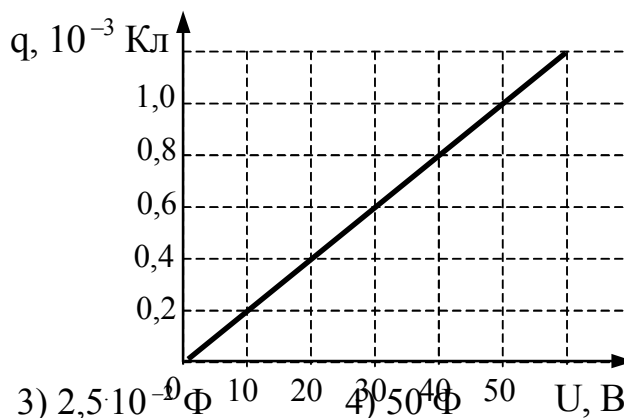
- 1) 10 % 2) 20 % 3) 30 % 4) 40 %

A14. Какое утверждение о взаимодействии трех изображенных на рисунке заряженных частиц является правильным?



- 1) 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 отталкиваются
 2) 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 отталкиваются
 3) 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 притягиваются
 4) 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 притягиваются

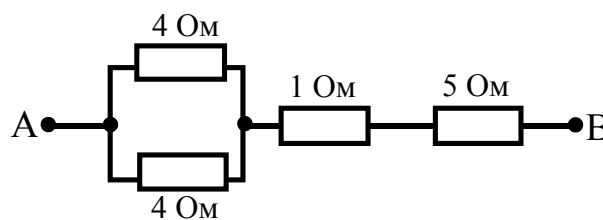
A15. При исследовании зависимости заряда на обкладках конденсатора от приложенного напряжения был получен изображенный на рисунке график. Согласно этому графику, емкость конденсатора равна



- 1) $2 \cdot 10^{-5}$ Ф 2) $2 \cdot 10^{-9}$ Ф

- 3) $2,5 \cdot 10^{-9}$ Ф 4) 50 Ф

A16. Сопротивление между точками А и В участка электрической цепи, представленной на рисунке, равно



- 1) 14 Ом 2) 8 Ом 3) 7 Ом 4) 6 Ом

A17. Ион Na^+ массой m влетает в магнитное поле со скоростью \vec{v} перпендикулярно линиям индукции магнитного поля \vec{B} и движется по дуге окружности радиуса R . Модуль вектора индукции магнитного поля можно рассчитать, пользуясь выражением

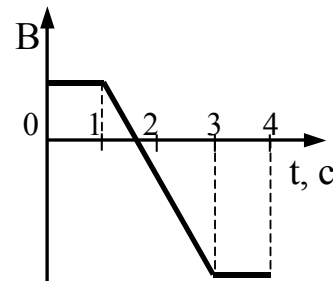
1) $\frac{mve}{R}$

2) $\frac{mvR}{e}$

3) $\frac{mv}{eR}$

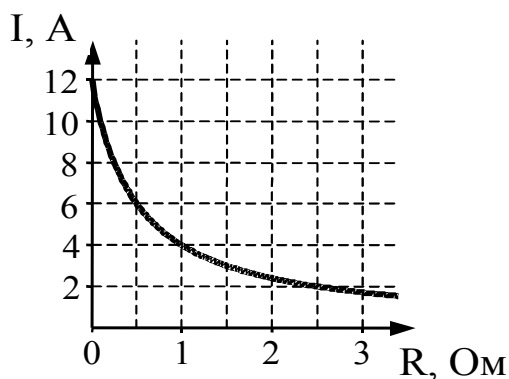
4) $\frac{eR}{mv}$

A18. Виток провода находится в магнитном поле, перпендикулярном плоскости витка, и своими концами замкнут на амперметр. Магнитная индукция поля меняется с течением времени согласно графику на рисунке. В какой промежуток времени амперметр покажет наличие электрического тока в витке?



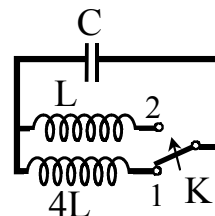
- 1) от 0 с до 1 с 2) от 1 с до 3 с 3) от 3 с до 4 с 4) во все промежутки времени от 0 с до 4 с

A19. К источнику тока с ЭДС = 6 В подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?



- 1) 0 Ом 2) 0,5 Ом 3) 1 Ом 4) 2 Ом

A20. Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ К перевести из положения 1 в положение 2?



- 1) уменьшится в 2 раза 2) увеличится в 2 раза 3) уменьшится в 4 раза 4) увеличится в 4 раза

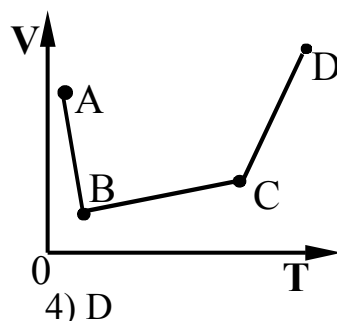
A21. Скорость света во всех инерциальных системах отсчета

- 1) не зависит ни от скорости приёмника света, ни от скорости источника света
 2) зависит только от скорости движения источника света
 3) зависит только от скорости приёмника света
 4) зависит как от скорости приёмника света, так и от скорости источника света

A27. Мальчик массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает груз массой 8 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с. Какую скорость приобретет мальчик?

- 1) 5,8 м/с 2) 1,36 м/с 3) 0,8 м/с 4) 0,4 м/с

A28. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости объема газа от температуры при изменении его состояния представлен на рисунке. В каком состоянии давление газа наибольшее?



- 1) A 2) B 3) C 4) D

A29. Участок проводника длиной 10 см находится в магнитном поле индукцией 50 мТл. Сила Ампера при перемещении проводника на 8 см в направлении своего действия совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, протекающего по проводнику? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.

- 1) 0,01 А 2) 0,1 А 3) 10 А 4) 64 А

A30. Какая ядерная реакция может быть использована для получения цепной реакции деления?

- 1) ${}_{96}^{243}\text{Cm} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow 4{}_0^1\text{n} + {}_{42}^{108}\text{Mo} + {}_{54}^{132}\text{Xe}$
 2) ${}_{6}^{12}\text{C} \longrightarrow {}_3^6\text{Li} + {}_3^6\text{Li}$
 3) ${}_{90}^{227}\text{Th} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{49}^{129}\text{In} + {}_{41}^{99}\text{Nb}$
 4) ${}_{96}^{243}\text{Cm} \longrightarrow {}_{43}^{108}\text{Tc} + {}_{53}^{141}\text{I}$

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

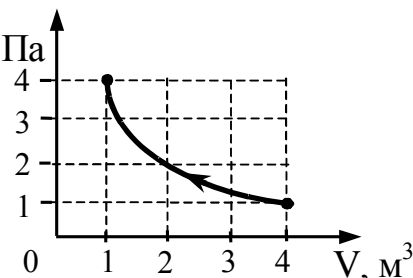
Часть 2

B1. За 2 с прямолинейного равноускоренного движения тело прошло 20 м, увеличив свою скорость в 3 раза. Определите конечную скорость тела.

Ответ: 15 (15 м/с)

B2. На рисунке показан процесс изменения состояния идеального газа. Внешние силы совершили над газом работу, равную $5 \cdot 10^4$ Дж. Какое количество теплоты отдает газ в этом процессе? Ответ выразите в килоджоулях (кДж).

Ответ: $Q = 50$ (– 50 кДж)



B3. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Какова энергия магнитного поля катушки в момент времени $5 \cdot 10^{-6}$ с, если емкость конденсатора равна 50 пФ? Ответ выразите в нДж и округлите его до целых.

Ответ: $W_M = 20$ ($20 \cdot 10^{-9}$ Дж = 20 нДж)

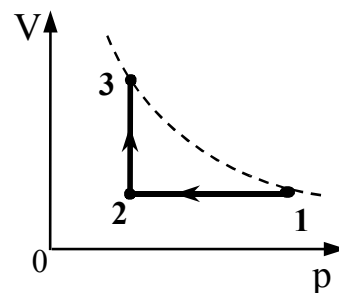
B4. На поверхность пластинки из стекла нанесена пленка толщиной $d=110$ нм, с показателем преломления $n_2=1,55$. Для какой длины волны видимого света пленка будет «просветляющей»? Ответ выразите в нанометрах (нм).

Ответ: $\lambda_0 = 682$ ($\lambda_0 = 682$ нм)

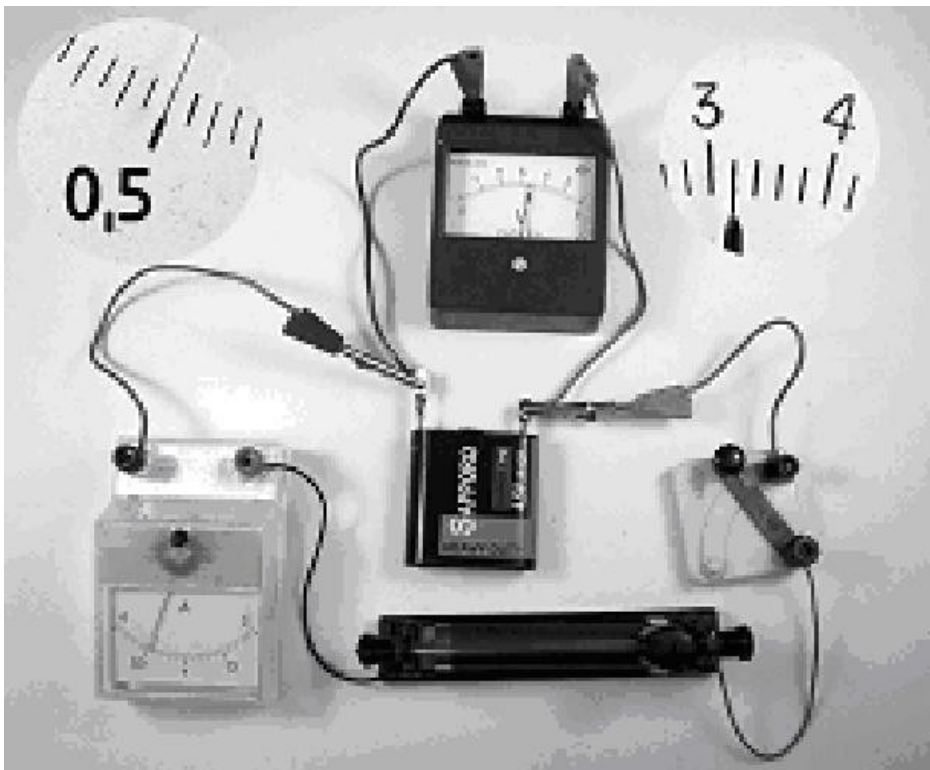
Часть 3

C1. Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше, чем диаметр Земли. Каково отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли $\frac{T_M}{T_3}$, движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

C2. 10 моль идеального одноатомного газа охладили, уменьшив давление в 3 раза. Затем газ нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщено газу на участке 2 – 3?



C3. Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он провел измерения напряжения на полюсах и силы тока в цепи при различных сопротивлениях внешней цепи (см. фотографии). Определите ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки.



С4. Объектив проекционного аппарата имеет оптическую силу 5,4 дптр. Экран расположен на расстоянии 4 м от объектива. Определите размеры экрана, на котором должно уместиться изображение диапозитива размером 6х9 см.

С5. Фотоны, имеющие энергию 5 эВ, выбивают электроны с поверхности металла. Работа выхода электронов из металла равна 4,7 эВ. Какой максимальный импульс приобретает электрон при вылете с поверхности металла?

С6. Электрон влетает в область однородного магнитного поля индукцией $B = 0,01$ Тл со скоростью $v = 1\ 000$ км/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Какой путь он пройдет к тому моменту, когда вектор его скорости повернется на 1° ?

Решения задач из части 2.

$$\mathbf{B1.} \quad \frac{t = 2 \text{ с}; S = 20 \text{ м}; V = 3V_0;}{V = ?}$$

$$\text{Решение: } V = V_0 + at; \quad V_0 = \frac{1}{3} V; \quad S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a};$$

Решив систему из написанных 3 уравнений, имеем:

$$V = \frac{3S}{2t} = \frac{3 \cdot 20}{2 \cdot 2} = 15 \text{ м/с.}$$

$$\mathbf{B2.} \quad \frac{A' = 50 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 50 \text{ кДж};}{Q = ?}$$

Решение: Из графика видно, что $P_1 V_1 = P_2 V_2$ (для начального и конечного состояния), т.е. процесс изотермический – при постоянной температуре ($T = \text{const}$). При изотермическом процессе внутренняя энергия не меняется, т.е. $\Delta U = 0$.

Из первого начала термодинамики следует, что

$$Q = \Delta U + A = 0 + A = A = -A' = -50 \text{ кДж.}$$

Знак “–” указывает на то, что система не получает а отдает такое количество теплоты.

$$\mathbf{B3.} \quad \frac{q = -1,42 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}; t = 5 \cdot 10^{-6} \text{ с}; C = 50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф};}{W_M = ?}$$

Решение: Из приведенной таблицы находим, что в момент времени $t = 5 \cdot 10^{-6}$ с значение заряда конденсатора $q = -1,42 \cdot 10^{-9}$ Кл, а максимальное значение заряда $q_0 = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Максимальное значение энергии электрического поля

$W_{\text{Э0}}$ равно электромагнитной энергии контура W . По закону сохранения энергии в любой момент времени полная энергия контура W равна сумме энергий электрического поля $W_{\text{Э}}$ и магнитного поля $W_{\text{М}}$:

$W = W_{\text{Э0}} = W_{\text{Э}} + W_{\text{М}}$, откуда находим

$$\begin{aligned} W_{\text{М}} &= W_{\text{Э0}} - W_{\text{Э}} = \frac{q_0^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} = \frac{q_0^2 - q^2}{2C} = \\ &= \frac{(2 \cdot 10^{-9})^2 - (-1,42 \cdot 10^{-9})^2}{2 \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 20 \cdot 10^{-9} \text{ Дж} = 20 \text{ нДж}. \end{aligned}$$

В4. $\underline{d=110 \text{ нм}; n_2=1,55; m=1;}$
 $\lambda_0=?$

Решение: Длина волны света в среде λ отличается от длины волны света λ_0 в вакууме в n_2 раза, т.е.

$$\lambda_0 = n_2 \lambda.$$

Условие просветления оптики: на толщине пленки d должно укладываться нечетное число $\lambda/4$, т.е.

$$d = \frac{\lambda}{4} \cdot m, \text{ где } m = 1, 3, 5, 7, \dots \quad \text{Итак, имеем:}$$

$$d = \frac{\lambda_0}{4n_2} \cdot m, \quad \text{откуда находим: } \lambda_0 = \frac{1}{m} 4n_2d.$$

Расчеты при различных значениях m :

$$m = 1, \lambda_0 = 4n_2d = 4 \cdot 1,55 \cdot 110 = 682 \text{ нм};$$

$$m = 3, \lambda_{03} = \frac{1}{m} 4n_2d = \frac{\lambda_0}{3} = 682/3 = 227 \text{ нм};$$

$$m = 5, \lambda_{05} = 682/5 = 136 \text{ нм}.$$

Так как видимый свет занимает диапазон 400 – 700 нм, то условию задачи удовлетворяет только одно значение $\lambda_0 = 682 \text{ нм}$.

Решения задач из части 3.

С1. $\underline{M_3 = M_M \cdot 10; d_M = d_3 \cdot 0,5;}$
 $T_M/T_3 = ?$

Решение: Так как высота полета спутника мала, то радиус орбиты совпадает с радиусом планеты $R = 0,5 d$. Согласно второму закону Ньютона сила тяготения равна произведению массы спутника на центростремительное ускорение:

$$G \frac{mM}{R^2} = m \frac{v^2}{R},$$

где G – гравитационная постоянная, m – масса спутника, M – масса планеты, v – скорость орбитального движения спутника. Из этого соотношения выразим скорость

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}}.$$

Период обращения спутника равен времени совершения одного оборота вокруг планеты со скоростью v :

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi R \sqrt{\frac{R}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}.$$

Поскольку записанные соотношения для периодов справедливы для любой планеты, найдем искомое отношение периодов обращения спутников Марса и Земли:

$$\begin{aligned} T_M/T_3 &= 2\pi \sqrt{\frac{R_M^3}{GM_M}} : 2\pi \sqrt{\frac{R_3^3}{GM_3}} = \sqrt{\left(\frac{R_M}{R_3}\right)^3 \frac{M_3}{M_M}} = \sqrt{\left(\frac{d_M}{d_3}\right)^3 \frac{M_3}{M_M}} = \\ &= \sqrt{0,5^3 \cdot 10} = 1,1. \end{aligned}$$

Ответ: $T_M/T_3 = 1,1$.

С2. $v = 10$ моль; $R = 8,31$ Дж/(моль·К); $T_1 = T_3 = 300$ К; $i = 3$; $P_1/P_2 = 3$; $Q_{23} = ?$

Решение: Будем полагать, что каждому состоянию (1, 2, 3) соответствует значение параметра состояния (P, V, T) с соответствующим индексом.

Так как процесс 1-2 изохорический ($V = \text{const}$), то

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{P_2}{P_1} = 300/3 = 100 \text{ К}.$$

На участке 2-3 согласно первому началу термодинамики

$$\begin{aligned} Q_{23} &= \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{i}{2} \nu R(T_3 - T_2) + P_2(V_3 - V_2) = \\ &= \frac{i}{2} \nu R(T_3 - T_2) + \nu R(T_3 - T_2) = \frac{i+2}{2} \nu R(T_3 - T_2), \end{aligned}$$

где i – степеней свободы молекул, R – газовая постоянная. После подстановки данных получаем следующий результат:

$$\begin{aligned} Q_{23} &= \frac{i+2}{2} \nu R(T_3 - T_2) = \frac{3+2}{2} \cdot 10 \cdot 8,31 \cdot (300 - 100) = \\ &= 41,55 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 41,55 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Ответ: $Q_{23} = 41,55 \text{ кДж}$.

С3. $U_1 = 3,2 \text{ В}; I_1 = 0,5 \text{ А}; U_2 = 2,6 \text{ В}; I_2 = 1 \text{ А};$
 $E = ? \quad r = ?$

Решение: Показания приборов (амперметра и вольтметра) для обеих схем записаны выше. Запишем закон Ома для двух случаев включения батареи:

$$E = I_1(R_1 + r) = I_1 R_1 + I_1 r = U_1 + I_1 r,$$

$$E = I_2(R_2 + r) = I_2 R_2 + I_2 r = U_2 + I_2 r.$$

Почленно вычитаем одно уравнение из другого и находим

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = \frac{3,2 - 2,6}{1 - 0,5} = 1,2 \text{ Ом}.$$

ЭДС батареи найдем Подстановкой значения внутреннего сопротивления r , скажем в первое уравнение:

$$E = U_1 + I_1 r = 3,2 + 0,5 \cdot 1,2 = 3,8 \text{ В}.$$

В частности, зная E и r можно найти ток короткого замыкания данной батареи:

$$I_{кз} = E / r = 3,8 / 1,2 = 3,17 \text{ А}.$$

Ответ: $E = 3,8 \text{ В}; r = 1,2 \text{ Ом}.$

С4. $\frac{a \cdot b = 6 \cdot 9 \text{ см}^2 = 0,06 \cdot 0,09 \text{ м}^2; D = 5,4 \text{ дптр}; f = L = 4 \text{ м};}{x \cdot y = ?}$

Решение: Обозначим размеры экрана $x \cdot y$. Диапозитив имеет ширину a и высоту b , т.е. два линейных размера. Размеры изображений предметов с линейными размерами a и b определяют размеры экрана.

Вначале положим, что предмет имеет линейный размер a и рассчитаем размер его изображения x . Напишем формулу тонкой линзы и выражение для коэффициента увеличения Γ такой линзы, полагая, что объектив проекционного аппарата можно принять за такую линзу:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{x}{a},$$

где d – расстояние от диапозитива до объектива. Решая систему из написанных двух уравнений, находим:

$$x = a(Df - 1) = 0,06 \cdot (5,4 \cdot 4 - 1) = 1,236 \text{ м} = 123,6 \text{ см}.$$

Повторяя приведенные рассуждения, найдем второй параметр:

$$y = b(Df - 1) = 0,09 \cdot (5,4 \cdot 4 - 1) = 1,854 \text{ м} = 185,4 \text{ см}.$$

Таким образом получили, что для получения изображения диапозитива экран должен иметь минимальные размеры $x \cdot y = 123,6 \cdot 185,4 \text{ м}^2$.

Ответ: $x \cdot y = 123,6 \cdot 185,4 \text{ м}^2$.

С5. $\frac{E = 5 \text{ эВ} = 5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}; A = 4,7 \text{ эВ} = 4,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж};}{\frac{m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг};}{p = ?}}$

Решение: Максимальная кинетическая энергия E_k фотоэлектрона равна

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{m^2 v^2}{2m} = \frac{p^2}{2m},$$

где m – масса электрона, v – его скорость.

Далее запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта с учетом полученного выражения для E_k , откуда найдем искомую величину импульса:

$$E = A + E_k = A + \frac{p^2}{2m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = \sqrt{2m(E - A)} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} (5 - 4,7) 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3 \cdot 10^{-25} \text{ кг}\cdot\text{м/с}.$$

Ответ: $p = 3 \cdot 10^{-25} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$.

С6. $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \quad m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; \quad B = 0,01 \text{ Тл};$
 $v = 10^6 \text{ м/с}; \quad \Delta\phi = 1^0 = 1^0 \cdot \pi / 180^0 \text{ рад};$
 $\Delta S = ?$

Решение: Под действием магнитной составляющей силы Лоренца электрон движется по дуге окружности радиуса R , который определяем из уравнения движения электрона:

$$F_{\text{л}} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{или} \quad qvB = \frac{mv^2}{R},$$

Откуда определяем радиус окружности

$$R = \frac{mv}{eB}.$$

Положения двух точек траектории движения электрона, в которых угол между двумя векторами скорости составляет 1^0 , видны под тем же углом (1^0) из центра окружности. Длина дуги ΔS между этими двумя точками как раз равна пути, пройденному электроном:

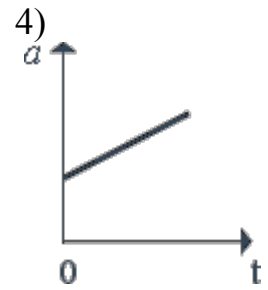
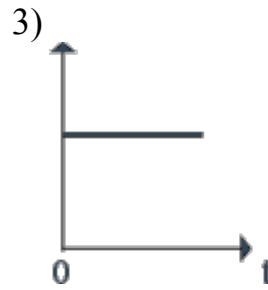
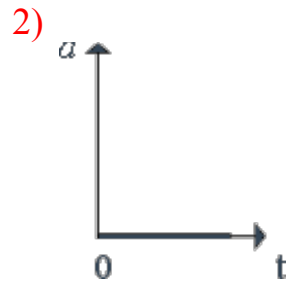
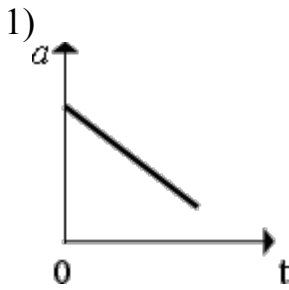
$$\Delta S = R \cdot \Delta\phi = \frac{mv}{eB} \cdot \Delta\phi = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,01} \cdot \frac{1^0 \cdot \pi}{180^0} = 10^{-5} \text{ м} = 10 \text{ мкм}.$$

Ответ: $\Delta S = 10 \text{ мкм}$.

4.2 Вариант 2

Часть 1

A1. На рисунках изображены графики зависимости модуля ускорения от времени движения. Какой из графиков соответствует равномерному прямолинейному движению?



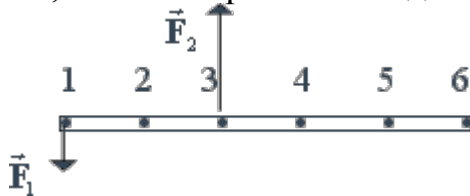
A2. Сила тяги ракетного двигателя первой отечественной экспериментальной ракеты на жидком топливе равнялась 660 Н. Стартовая масса ракеты была равна 30 кг. Какое ускорение приобретала ракета во время старта?

- 1) 22 м/с² 2) 0,045 м/с² 3) 10 м/с² 4) 19800 м/с²

A3. При увеличении в 3 раза расстояния между тяготеющими телами сила притяжения между ними

- 1) увеличивается в 3 раза 2) уменьшается в 3 раза 3) увеличивается в 9 раз 4) уменьшается в 9 раз

A4. На рисунке изображен тонкий стержень. В точках 1 и 3 к стержню приложены силы $F_1 = 100$ Н и $F_2 = 300$ Н. В какой точке надо расположить ось вращения, чтобы стержень находился в равновесии?



- 1) В точке 2 2) В точке 6 3) В точке 4 4) В точке 5

A5. Мальчик подбросил футбольный мяч массой 0,4 кг с поверхности Земли на высоту 3 м. Какой потенциальной энергией будет обладать мяч на этой высоте?

- 1) 4 Дж 2) 12 Дж 3) 1,2 Дж 4) 7,5 Дж

A6. При гармонических колебаниях вдоль оси ОХ координата тела изменяется по закону $x = 0,9 \cdot \cos 5t$ (м). Чему равна амплитуда колебаний?

- 1) 5 м 2) 4,5 м 3) 0,9 м 4) 0,18 м

A7. Человеческое ухо может воспринимать звуки частотой от 20 до 20 000 Гц. Какой диапазон длин волн соответствует этому интервалу слышимости звуковых колебаний? Скорость звука в воздухе примите равной 340 м/с.

- 1) от 20 до 20 000 м 2) от 6800 до 6 800 000 м 3) от 0,06 до 58,8 м 4) от 17 до 0,017 м

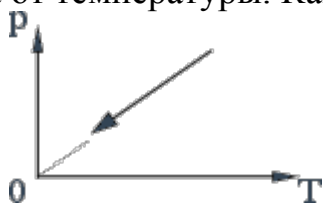
A8. Диффузия происходит быстрее при повышении температуры вещества, потому что

- 1) **увеличивается скорость движения частиц.** 2) увеличивается взаимодействие частиц 3) тело при нагревании расширяется 4) уменьшается скорость движения частиц

A9. При неизменной концентрации частиц идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 3 раза. При этом давление газа

- 1) уменьшилось в 3 раза 2) **увеличилось в 3 раза** 3) увеличилось в 9 раз 4) не изменилось

A10. На рисунке изображен график зависимости давления газа на стенки сосуда от температуры. Какой процесс изменения состояния газа изображен?



- 1) Изобарное на-гревание 2) **Изохорное охлаждение** 3) Изотермиче-ское сжатие 4) Изохорное на-гревание

A11. При охлаждении твердого тела массой m температура тела понизилась на ΔT . Какое из приведенных ниже выражений определяет количество отданной теплоты Q , если удельная теплоемкость вещества этого тела c ?

- 1) **$c \cdot m \cdot \Delta T$** 2) $\frac{m \cdot \Delta T}{c}$ 3) $\frac{c \cdot m}{\Delta T}$ 4) $\frac{m}{c \cdot \Delta T}$

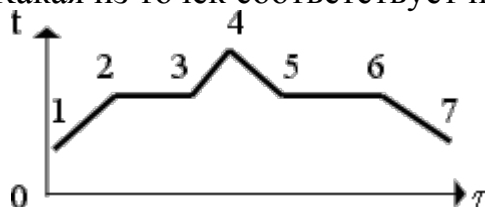
A12. Внутренняя энергия идеального газа при его охлаждении

- 1) увеличивает-ся 2) **уменьша-ется** 3) увеличивается или уменьшается в зависимо-сти от изменения объема 4) не изменяется

A13. Температура кипения воды существенно зависит от

- 1) мощности на-гревателя 2) вещества сосуда, в котором нагревается вода 3) **атмосферного давления** 4) начальной температуры воды

A14. На рисунке изображен график плавления и кристаллизации нафталина. Какая из точек соответствует началу отвердевания вещества?



- 1) Точка 2 2) Точка 4 3) **Точка 5** 4) Точка 6

A15. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов, если расстояние между ними увеличить в n раз?

- 1) Увеличится в n раз 2) Уменьшится в n раз 3) Увеличится в n^2 раз 4) **Уменьшится в n^2 раз**

A16. Если напряжение на концах проводника и площадь его сечения увеличить в 2 раза, то сила тока, протекающая по нему

- 1) не изменится 2) увеличится в 2 раза 3) **увеличится в 4 раза** 4) уменьшится в 4 раза

A17. Как изменится мощность, потребляемая электрической лампой, если, не изменяя её электрическое сопротивление, уменьшить напряжение на ней в 3 раза?

- 1) Уменьшится в 3 раза 2) **Уменьшится в 9 раз** 3) Не изменится 4) Увеличится в 9 раз

A18. Что нужно сделать для того, чтобы изменить полюса магнитного поля катушки с током?

- 1) Ввести в катушку сердечник 2) **Изменить направление тока в катушке** 3) Отключить источник тока 4) Увеличить силу тока

A19. Как изменится емкость конденсатора, если заряд на его обкладках увеличить в n раз при неизменной разности потенциалов?

- 1) Увеличится в n раз 2) Уменьшится в n раз 3) **Не изменится** 4) Увеличится в n^2 раз

A20. Колебательный контур радиоприемника настроен на радиостанцию, передающую на волне 100 м. Индуктивность катушки считать неизменной. Как нужно изменить емкость конденсатора колебательного контура, чтобы он был настроен на волну 25 м?

- 1) Увеличить в 4 2) Уменьшить в 4 3) Увеличить в 16 4) Уменьшить в 16 раз

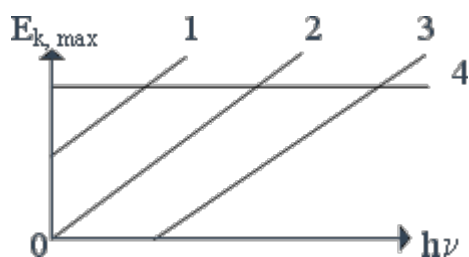
A21. Объектив фотоаппарата является собирающей линзой. При фотографировании предмета он дает на пленке изображение

- 1) действительное 2) мнимое прямое 3) действительное перевернутое 4) мнимое перевернутое

A22. Два автомобиля движутся в одном и том же направлении со скоростями v_1 и v_2 относительно поверхности Земли. Скорость света от фар первого автомобиля в системе отсчета, связанной с другим автомобилем, равна

- 1) $c - (v_1 + v_2)$ 2) $c + (v_1 + v_2)$ 3) $c + (v_1 - v_2)$ 4) c

A23. На рисунке приведены варианты графика зависимости максимальной энергии фотоэлектронов от энергии падающих на фотокатод фотонов. В каком случае график соответствует законам фотоэффекта?

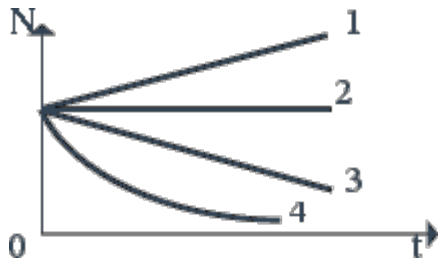


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A24. Какое из приведенных ниже высказываний правильно описывает способность атомов к излучению и поглощению энергии? Атомы могут:

- 1) поглощать и излучать любую порцию энергии
 2) поглощать и излучать лишь некоторый дискретный набор значений энергии
 3) поглощать любую порцию энергии, а излучать лишь некоторый дискретный набор значений энергии
 4) излучать любую порцию энергии, а поглощать лишь некоторый дискретный набор значений энергии

A25. Какой из графиков правильно отражает закон радиоактивного распада (см. рисунок)?



- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A26. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из охотничьего ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 8 г, а ее скорость при вылете равна 700 м/с.

- 1) 22,4 м/с 2) 0,05 м/с 3) 0,02 м/с 4) 700 м/с

A27. Тепловая машина с КПД 40 % за цикл получает от нагревателя 100 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за цикл холодильнику?

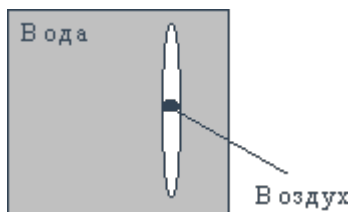
- 1) 40 Дж 2) 60 Дж 3) 100 Дж 4) 160 Дж

A28. Магнит выводят из кольца так, как изображено на рисунке. Какой полюс магнита ближе к кольцу?



- 1) Северный 2) Южный 3) Отрицательный 4) Положительный

A29. Линзу, изготовленную из двух тонких сферических стекол одинакового радиуса, между которыми находится воздух (воздушная линза), опустили в воду (см. рисунок). Как действует эта линза?



- 1) Как собирающая линза 2) Как рассеивающая линза 3) Она не изменяет хода луча 4) Может действовать и как собирающая, и как рассеивающая линза

A30. Чему равна энергия связи ядра изотопа натрия ${}_{11}^{23}\text{Na}$? Масса ядра равна 22,9898 а.е.м.

- 1) $3 \cdot 10^{11}$ Дж 2) $3 \cdot 10^{-11}$ Дж 3) $207 \cdot 10^{-16}$ Дж 4) 253 Дж

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

Часть 2

B1. Шарик, прикрепленный к пружине, совершает гармонические колебания на гладкой горизонтальной плоскости с амплитудой 10 см. На сколько сместится шарик от положения равновесия за время, в течение которого его кинетическая энергия уменьшится вдвое? Ответ выразите в см.

Ответ: $x = 7$ (7 см)

B2. Какое количество теплоты выделится, если охладить 80 г гелия с 200 °С до 100 °С, а процесс проводить при постоянном давлении? Ответ выразите в кДж.

Ответ: $Q = 42$ (42 кДж)

B3. Замкнутый проводник сопротивлением $R = 3$ Ом находится в магнитном поле. В результате изменения этого поля магнитный поток, пронизывающий контур, возрос с $\Phi_1 = 0,002$ Вб до $\Phi_2 = 0,005$ Вб. Какой заряд прошел через поперечное сечение проводника? Ответ выразите в мКл.

Ответ: $q = 1$ (1 мКл)

B4. Выполняя экспериментальное задание, ученик должен был определить период дифракционной решетки. С этой целью ученик направил световой пучок на дифракционную решетку через красный светофильтр. Красный светофильтр пропускает свет длиной волны 0,76 мкм. Дифракционная решетка находилась от экрана на расстоянии 1 м. На экране между спектрами первого порядка расстояние получилось равным 15,2 см. Какое значение периода дифракционной решетки было получено учеником? Ответ выразите в мкм. (При малых углах $\sin \varphi \approx \text{tg } \varphi$)

Ответ: $x = 10$ (10 мкм)

B5. Определите энергию, выделившуюся при протекании следующей реакции:



(Масса ${}^7_3\text{Li}$ - 7,016004 а.е.м.; ${}^1_1\text{H}$ - 1,007825 а.е.м; ${}^4_2\text{He}$ - 4,002603 а.е.м.) Ответ выразите в пДж. (1 пико = 10^{-12})

Ответ: $E = 2,78$ (E = 2,78 пДж.)

Решения задач из части 2.

В1. $A = 10 \text{ см}; W_{\text{к}} = 0,5 \cdot W_{\text{к макс}};$
 $x = ?$

Решение: Запишем уравнение колебаний шарика $x(t)$ и, взяв первую производную по времени от этого уравнения, найдем зависимость скорости от времени $v(t)$:

$$x = A \sin \omega t; \quad v = A \omega \cos \omega t, \quad \text{где} \quad \omega^2 = \frac{k}{m} \quad \text{или} \quad k = m \omega^2;$$

Кинетическая энергия шарика в момент времени t равна:

$$W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2} \cos^2 \omega t; \quad W_{\text{к макс}} = \frac{mA^2\omega^2}{2}.$$

Так как по условию в этот момент времени $W_{\text{к}} = 0,5 \cdot W_{\text{к макс}}$, то из выражений для кинетических энергий следует, что в момент времени t :

$$\cos^2 \omega t = 0,5 \quad \text{и} \quad \sin \omega t = \sqrt{1 - \cos^2 \omega t} = \sqrt{1 - 0,5^2} = 0,707.$$

Теперь найдем смещение шарика от положения равновесия в момент времени t :

$$x = A \sin \omega t = 10 \text{ см} \cdot 0,707 = 7,07 \text{ см} = 7 \text{ см}.$$

В2. $T_1 = 473 \text{ К}; T_2 = 373 \text{ К}; R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}); i = 3;$
 $\mu = 0,004 \text{ кг}/\text{моль}; m = 0,08 \text{ кг};$
 $Q = ?$

Решение: Число степеней свободы молекул гелия $i = 3$, а молярная масса равна μ . Искомое количество теплоты

$$Q = \frac{m}{\mu} C_p (T_1 - T_2), \quad \text{где}$$

молярная теплоемкость гелия (идеального газа) при постоянном давлении C_p равна

$$C_p = \frac{i+2}{2} R.$$

Итак, имеем

$$Q = \frac{m}{\mu} \frac{i+2}{2} R (T_1 - T_2) = \frac{0,08}{0,004} \frac{3+2}{2} 8,31(473 - 373) = 41,55 \cdot 10^3 \text{ Дж} =$$

$$= 41,55 \text{ кДж} = 42 \text{ кДж}.$$

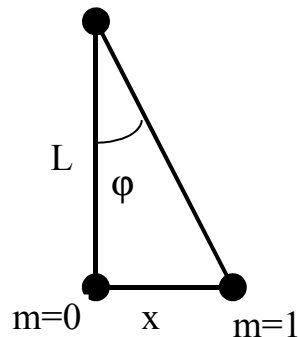
В3. $R = 3 \text{ Ом}; \Phi_1 = 0,002 \text{ Вб}; \Phi_2 = 0,005 \text{ Вб};$
 $q = ?$

Решение: $q = \frac{\Delta \Phi}{R} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{R} = \frac{0,005 - 0,002}{3} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Кл} = 1 \text{ мКл}.$

В4. $L = 1 \text{ м}; m = 1; \lambda = 0,76 \cdot 10^{-6} \text{ м}; 2x = 0,152 \text{ м};$
 $d = ?$

Решение: Расстояние между спектрами первого порядка ($m = -1$ и $m = 1$) равно $2x$. Тогда расстояние между центральным максимумом ($m = 0$) и первым максимумом ($m = 1$) равно x . Из рисунка видно, что

$$\text{tg}\varphi = x/L.$$



Из условия главных дифракционных максимумов $d \sin \varphi = m \lambda$ выражаем

$$\sin \varphi = m \lambda / d.$$

Так как согласно условию задачи $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi$, то отсюда следует, что

$$x/L = m \lambda / d,$$

откуда находим

$$d = \frac{m \lambda L}{x} = \frac{1 \cdot 0,76 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{0,5 \cdot 0,152} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 10 \text{ мкм}.$$

В5. $m_{Li} = 7,016004 \text{ а.е.м.}; m_H = 1,007825 \text{ а.е.м.};$
 $m_{He} = 4,002603 \text{ а.е.м.}; 1 \text{ а.е.м.} = 931,5 \text{ МэВ}$
 $E = ?$

Решение: Так как $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, то 1 а.е.м. соответствует энергия, равная

$$1 \text{ а.е.м.} = 931,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = 149,04 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} = 149,04 \text{ пДж.}$$

Найдем дефект массы реакции

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_{\text{Li}} + m_{\text{H}} - 2 \cdot m_{\text{He}} = 7,016004 + 1,007825 - 2 \cdot 4,002603 = \\ &= 0,018623 \text{ а.е.м.} \end{aligned}$$

Так как $\Delta m > 0$, отсюда следует, что при данной реакции выделяется энергия, равная

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 0,018623 \text{ а.е.м.} \cdot 149,04 \text{ пДж/(а.е.м.)} = 2,78 \text{ пДж.}$$

Часть 3

С1. Тележка массой 0,8 кг движется по инерции со скоростью 2,5 м/с. На тележку с высоты 50 см падает кусок пластилина массой 0,2 кг и прилипает к ней. Рассчитайте энергию, которая перешла во внутреннюю при этом ударе.

С2. Некоторое количество гелия расширяется: сначала адиабатно, а затем – изобарно. Конечная температура газа равна начальной. При адиабатном расширении газ совершил работу, равную 4,5 кДж. Чему равна работа газа за весь процесс?

С3. Маленький заряженный шарик массой 50 г, имеющий заряд 1 мкКл, движется с высоты 0,5 м по наклонной плоскости с углом наклона 30° . В вершине прямого угла, образованного высотой и горизонталью, находится неподвижный заряд 7,4 мкКл. Чему равна скорость шарика у основания наклонной плоскости, если его начальная скорость равна нулю? Трением пренебречь.

С4. При облучении металла светом с длиной волны 245 нм наблюдается фотоэффект. Работа выхода металла равна 2,4 эВ. Рассчитайте величину задерживающего напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза.

С5. Вакуумный диод, у которого анод (положительный электрод) и катод (отрицательный электрод) – параллельные пластины, работает в режиме, когда между током и напряжением выполняется соотношение $I = cU^{3/2}$ (где c – постоянная величина). Во сколько раз увеличится сила, действующая на анод из-за удара электронов, если напряжение на диоде увеличить в два раза? Начальную скорость вылетающих электронов считать равной нулю.

Решения задач из части 3.

C1. $\underline{M = 0,8 \text{ кг}; v = 2,5 \text{ м/с}; h = 0,5 \text{ м}; m = 0,2 \text{ кг}; g = 10 \text{ м/с}^2;$
 $Q = ?$

Решение: Так как кинетическая энергия куска пластилина в момент удара о тележку равна его потенциальной энергии на высоте h , то полная энергия системы "пластилин + тележка" в момент удара куска пластилина равна

$$E_1 = mgh + \frac{1}{2} Mv^2.$$

Поскольку пластилин после удара о тележку прилипает к ней, то удар неупругий. В момент удара куска пластилина его скорость направлена вертикально, т.е. перпендикулярно направлению движения тележки, и поэтому «сила удара» куска пластилина направлена также вертикально. Применяя закон сохранения импульса системы "пластилин + тележка" в горизонтальном направлении имеем:

$$Mv = (M+m)u,$$

где u – скорость системы "пластилин + тележка" после прилипания пластилина. Из последнего выражения находим

$$u = \frac{M}{M+m} v.$$

Теперь можем записать выражение для энергии системы "пластилин + тележка" после прилипания пластилина:

$$E_2 = \frac{1}{2} (M+m)u^2.$$

Подставляя в последнее выражение для u , имеем:

$$E_2 = \frac{1}{2} \frac{M^2}{M+m} v^2.$$

Искомую величину Q найдем, применяя закон полной энергии для системы "пластилин + тележка":

$$\begin{aligned} Q = E_1 - E_2 &= mgh + \frac{1}{2} Mv^2 - \frac{1}{2} \frac{M^2}{M+m} v^2 = \\ &= mgh + \frac{1}{2} Mv^2 \frac{m}{M+m} = 0,2 \cdot 10 \cdot 0,5 + \frac{1}{2} 0,8 \cdot 2,5^2 \cdot \frac{0,2}{0,8 + 0,2} = 1,5 \text{ Дж.} \end{aligned}$$

Ответ: $Q = 1,5$ Дж.

С2. $A_{12} = 4,5$ кДж; $i = 3$; $T_1 = T_2$;
 $A_{123} = ?$

Решение: На рисунке 1-2 – адиабатический процесс, 2-3 – изобарический процесс, 1-3 – изотерма ($T_1 = T_3$). Согласно условию задачи работа адиабатического расширения равна A_{12} . Как известно, работа адиабатического расширения равна:

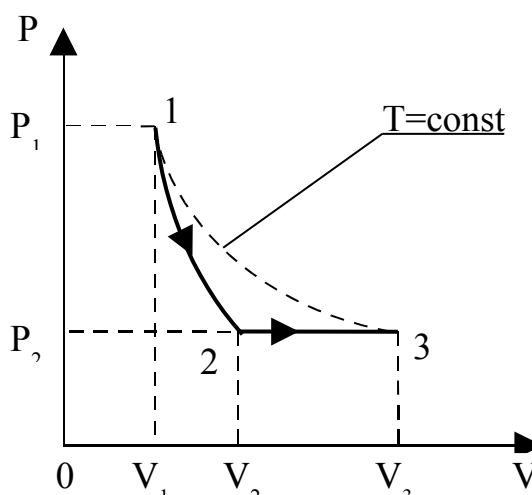
$$A_{12} = \nu C_V(T_1 - T_2),$$

где $C_V = \frac{i}{2}R$ – молярная теплоемкость при постоянном объеме, ν – количество вещества; T_1 и T_2 – температуры в точках 1 и 2, i – число степеней свободы молекул, R – газовая постоянная. Итак,

$$A_{12} = \frac{i}{2} \nu R(T_1 - T_2),$$

откуда выражаем

$$\nu R(T_1 - T_2) = \frac{2}{i} A_{12}.$$



Работа изобарического расширения на участке 2-3 равна

$$A_{23} = P_2(V_3 - V_2) = P_2V_3 - P_2V_2 = \nu RT_1 - \nu RT_2 = \nu R(T_1 - T_2) = \frac{2}{i} A_{12}.$$

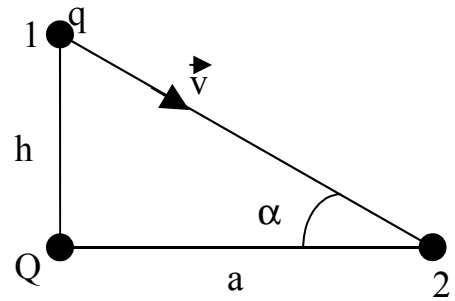
Так как работа аддитивная величина, то работа газа за весь процесс равна алгебраической сумме работ на отдельных участках:

$$A_{123} = A_{12} + A_{23} = A_{12} + \frac{2}{i} A_{12} = A_{12} \left(1 + \frac{2}{i}\right) = 4,5 \left(1 + \frac{2}{3}\right) = 7,5 \text{ кДж.}$$

Ответ: $A_{123} = 7,5$ кДж.

С3. $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл²; $m = 0,05$ кг; $Q = 7,4 \cdot 10^{-6}$ Кл; $q = 1 \cdot 10^{-6}$ Кл; $v_1 = 0$;
 $v_2 = ?$

Решение: На рисунке обозначено a – основание треугольника, причем, $a = h/\operatorname{tg}\alpha$. Заряженный шарик перемещается из точки 1 в точку 2, в которых он имеет скорости v_1 и v_2 , соответственно. Полная энергия шарика в каждой точке складывается из потенциальной энергии взаимодействия зарядов, механической (потенциальной и кинетической) энергии. Так как на шарик не действуют диссипативные силы (силы трения), то выполняется закон сохранения энергии в течение всего времени движения шарика. Применительно к точкам 1 и 2 закон сохранения энергии записывается следующим образом:



$$k \frac{qQ}{h} + \frac{mv_1^2}{2} + mgh = k \frac{qQ}{a} + \frac{mv_2^2}{2},$$

откуда с учетом, что $v_1 = 0$, находим

$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{\frac{2kqQ}{m} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{a} \right) + 2gh} = \sqrt{\frac{2kqQ}{m} \left(\frac{1}{h} - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{h} \right) + 2gh} = \sqrt{\frac{2kqQ}{mh} (1 - \operatorname{tg}\alpha) + 2gh} = \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 7,4 \cdot 10^{-6}}{0,05 \cdot 0,5} (1 - \operatorname{tg}30^\circ) + 2 \cdot 10 \cdot 0,5} = 3,5 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

Ответ: $v_2 = 3,5$ м/с.

С4. $\frac{h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}; \quad v_2 = v_1/2; \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с};}{A = 2,4 \text{ эВ} = 2,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}; \quad e = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл};}$
 $U_3 = ?$

Решение: Запишем уравнения Эйнштейна для фотоэффекта для обоих случаев:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv_1^2}{2}; \quad h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv_2^2}{2} + eU_3.$$

Во втором уравнении воспользуемся тем, что по условию $v_2 = v_1/2$, а затем в полученном уравнении заменим $\frac{mv_1^2}{2}$ его выражением из первого уравнения.

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} = h \frac{c}{\lambda} - A.$$

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv_2^2}{2} + eU_3 = A + \frac{mv_1^2}{2} \cdot \frac{1}{4} + eU_3 = A + \frac{1}{4} \left(h \frac{c}{\lambda} - A \right) + eU_3.$$

Из последнего уравнения находим:

$$U_3 = \frac{3}{4e} \left(h \frac{c}{\lambda} - A \right) = \frac{3}{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \left(6,6 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{245 \cdot 10^{-9}} - 2,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right) = 2 \text{ В.}$$

Ответ: $U_3 = 2 \text{ В.}$

С5.
$$\frac{I = cU^{3/2}; U_2 = 2U_1;}{F_2/F_1 = ?}$$

Решение: Если обозначить массу электрона m , его заряд e , скорость удара электрона об анод v , число электронов достигающих анода за время t через N , то можно записать следующие соотношения с учетом того, что начальная скорость вылетающих электронов равна нулю:

- электрон, проходя ускоряющую разность потенциалов U , приобретает кинетическую энергию, равную

$$eU = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

- сила тока I с одной стороны равна заряду q всех N электронов, достигающих анода за время t , с другой – согласно условию задачи пропорциональна напряжению $U^{3/2}$, т.е.

$$I = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t} = cU^{3/2} \Rightarrow \frac{N}{t} = \frac{c}{e} U^{3/2}.$$

- N электронов, достигающих анод со скоростью v за время t , создают силу давления F на анод (второй закон Ньютона)

$$F = N \frac{mv}{t}.$$

- подставляя в последнее уравнение выражения для скорости v и отношение N/t , имеем

$$F = \frac{N}{t} mv = \frac{c}{e} U^{3/2} \cdot m \cdot \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2m}{e}} c U^2.$$

- получили, что искомая сила, действующая на анод из-за удара электронов, пропорциональна квадрату напряжения U , т.е.

$$F_1 \sim U_1^2 \text{ и } F_2 \sim U_2^2 ,$$

откуда находим $\frac{F_2}{F_1} = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = 2^2 = 4.$

Ответ: $F_2/F_1 = 4.$

4.3 Вариант 3

Часть 1

A1. Велосипедист съезжает с горки, двигаясь прямолинейно и равноускоренно. За время спуска скорость велосипедиста увеличилась на 10 м/с. Ускорение велосипедиста $0,5 \text{ м/с}^2$. Сколько времени длится спуск?

- 1) 0,05 с 2) 2 с 3) 5 с 4) 20 с

A2. В инерциальной системе отсчета движутся два тела. Первому телу массой m сила F сообщает ускорение a . Чему равна масса второго тела, если вдвое меньшая сила сообщила ему в 4 раза большее ускорение?

- 1) $2m$ 2) $\frac{m}{8}$ 3) $\frac{m}{2}$ 4) m

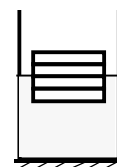
A3. На какой стадии полета в космическом корабле, который становится на орбите спутником Земли, будет наблюдаться невесомость?

- 1) на стартовой позиции с включенным двигателем
2) при выходе на орбиту с включенным двигателем
3) при орбитальном полете с выключенным двигателем
4) при посадке с парашютом с выключенным двигателем

A4. Два шара массами m и $2m$ движутся со скоростями, равными соответственно $2v$ и v . Первый шар движется за вторым и, догнав, прилипает к нему. Каков суммарный импульс шаров после удара?

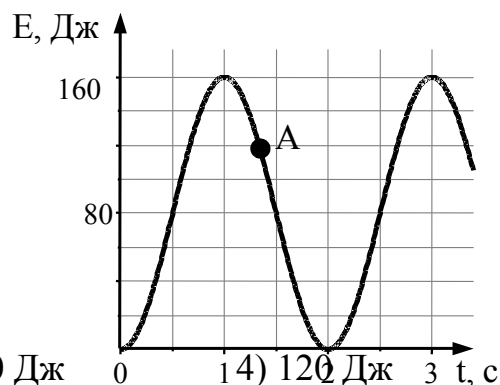
- 1) mv 2) $2mv$ 3) $3mv$ 4) $4mv$

А5. Четыре одинаковых листа фанеры толщиной L каждый, связанные в стопку, плавают в воде так, что уровень воды соответствует границе между двумя средними листами. Если в стопку добавить еще один такой же лист, то глубина погружения стопки листов увеличится на



- 1) $\frac{L}{4}$ 2) $\frac{L}{3}$ 3) $\frac{L}{2}$ 4) L

А6. На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребенка, качающегося на качелях. В момент, соответствующий точке А на графике, его потенциальная энергия, отсчитанная от положения равновесия качелей, равна



- 1) 40 Дж 2) 80 Дж 3) 100 Дж 4) 120 Дж

А7. Две материальные точки движутся по окружностям радиусами R_1 и $R_2 = 2R_1$ с одинаковыми по модулю скоростями. Их периоды обращения по окружностям связаны соотношением

- 1) $T_1 = 2T_2$ 2) $T_1 = T_2$ 3) $T_1 = 4T_2$ 4) $T_1 = \frac{1}{2} T_2$

А8. В жидкостях частицы совершают колебания возле положения равновесия, сталкиваясь с соседними частицами. Время от времени частица совершает «прыжок» к другому положению равновесия. Какое свойство жидкостей можно объяснить таким характером движения частиц?

- 1) малую сжимаемость
 2) текучесть
 3) давление на дно сосуда
 4) изменение объема при нагревании

А9. Лед при температуре 0°C внесли в теплое помещение. Температура льда до того, как он растает,

- 1) не изменится, так как вся энергия, получаемая льдом в это время, расходуется на разрушение кристаллической решетки
 2) не изменится, так как при плавлении лед получает тепло от окружающей среды, а затем отдает его обратно
 3) повысится, так как лед получает тепло от окружающей среды, значит, его

внутренняя энергия растёт, и температура льда повышается

4) понизится, так как при плавлении лёд отдаёт окружающей среде некоторое количество теплоты

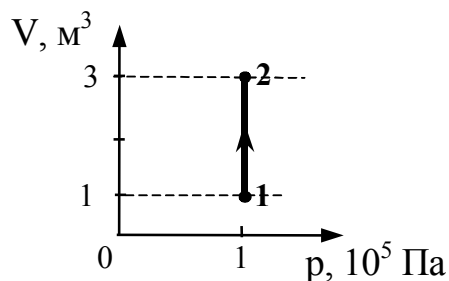
A10. При какой влажности воздуха человек легче переносит высокую температуру воздуха и почему?

- 1) при низкой, так как при этом пот испаряется быстро
- 2) при низкой, так как при этом пот испаряется медленно
- 3) при высокой, так как при этом пот испаряется быстро
- 4) при высокой, так как при этом пот испаряется медленно

A11. Абсолютная температура тела равна 300 К. По шкале Цельсия она равна

- 1) $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) $27\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 3) $300\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 4) $573\text{ }^{\circ}\text{C}$

A12. На рисунке приведен график зависимости объема идеального одноатомного газа от давления в процессе 1 – 2. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 300 кДж. Количество теплоты, сообщенное газу в этом процессе, равно

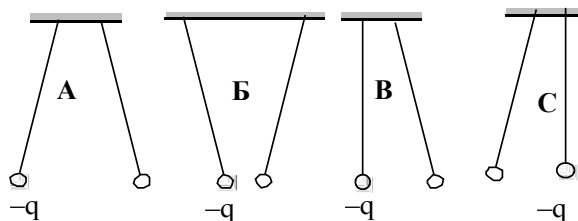


- 1) 0 кДж
- 2) 100 кДж
- 3) 200 кДж
- 4) 500 кДж

A13. Тепловая машина с КПД 60 % за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж. Какую полезную работу машина совершает за цикл?

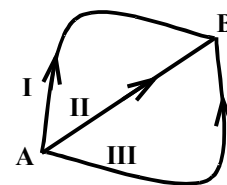
- 1) 40 Дж
- 2) 60 Дж
- 3) 100 Дж
- 4) 160 Дж

A14. Два одинаковых легких шарика, заряды которых равны по модулю, подвешены на шелковых нитях. Заряд одного из шариков указан на рисунках. Какой(-ие) из рисунков соответствует(-ют) ситуации, когда заряд 2-го шарика отрицателен?



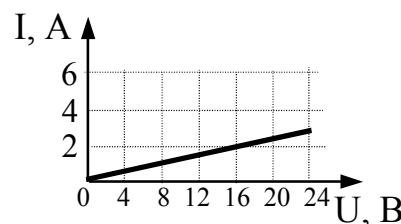
- 1) А
- 2) Б
- 3) В и С
- 4) А и В

A15. α -частица перемещается в однородном электростатическом поле из точки А в точку В по траекториям I, II, III (см. рисунок). Работа сил электростатического поля



- 1) наибольшая на траектории I
- 2) наибольшая на траектории II
- 3) одинаковая только на траекториях I и III
- 4) одинаковая на траекториях I, II и III

A16. На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах. Чему равно сопротивление проводника?

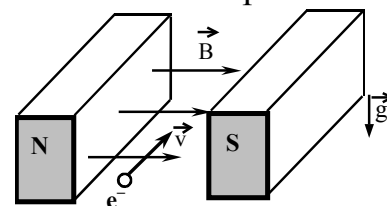


- 1) 0,125 Ом
- 2) 2 Ом
- 3) 16 Ом
- 4) 8 Ом

A17. Какими носителями электрического заряда создается ток в водном растворе соли?

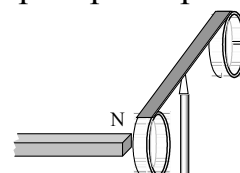
- 1) только ионами
- 2) электронами и «дырками»
- 3) электронами и ионами
- 4) только электронами

A18. Электрон e^- , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтально направленную скорость \vec{v} , перпендикулярную вектору индукции магнитного поля \vec{B} (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) вертикально вниз
- 2) вертикально вверх
- 3) горизонтально влево
- 4) горизонтально вправо

A19. На рисунке приведена демонстрация опыта по проверке правила Ленца. Опыт проводится со сплошным кольцом, а не разрезанным, потому что



- 1) сплошное кольцо сделано из стали, а разрезанное – из алюминия

2) в сплошном кольце не возникает вихревое электрическое поле, а в разрезанном – возникает

3) в сплошном кольце возникает индукционный ток, а в разрезанном – нет

4) в сплошном кольце возникает ЭДС индукции, а в разрезанном – нет

A20. Разложение белого света в спектр при прохождении через призму обусловлено:

1) интерференцией света

2) дисперсией света

3) отражением света

4) дифракцией света

A21. Объектив фотоаппарата – собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 50$ мм. При фотографировании предмета, удаленного от фотоаппарата на 40 см, изображение предмета получается четким, если плоскость фотопленки находится от объектива на расстоянии

1) бóльшем, чем $2F$

2) равном $2F$

3) между F и $2F$

4) равном F

A22. Скорость света во всех инерциальных системах отсчета

1) не зависит ни от скорости приёмника света, ни от скорости источника света

2) зависит только от скорости движения источника света

3) зависит только от скорости приёмника света

4) зависит как от скорости приёмника света, так и от скорости источника света

A23. Бета-излучение – это

1) поток ядер гелия

2) поток протонов

3) поток электронов

4) электромагнитные волны

A24. Реакция термоядерного синтеза ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ идет с выделением энергии, при этом

А. сумма зарядов частиц — продуктов реакции — точно равна сумме зарядов исходных ядер.

Б. сумма масс частиц — продуктов реакции — точно равна сумме масс исходных ядер.

Верны ли приведенные выше утверждения?

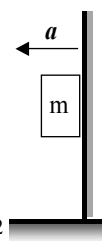
1) верно только А

2) верно только Б

3) верны и А, и Б

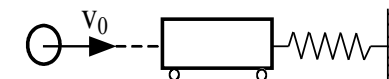
4) не верны ни А, ни Б

A25. К подвижной вертикальной стенке приложили груз массой 10 кг. Коэффициент трения между грузом и стенкой равен 0,4. С каким минимальным ускорением надо передвигать стенку влево, чтобы груз не соскользнул вниз



- 1) $4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$ 2) 4 м/с^2 3) **25 м/с^2** 4) 250 м/с^2

A26. Пластилинный шар массой 0,1 кг летит горизонтально со скоростью 1 м/с (см. рисунок). Он налетает на неподвижную тележку массой 0,1 кг, прикрепленную к легкой пружине, и прилипает к тележке. Чему равна максимальная кинетическая энергия системы при ее дальнейших колебаниях? Трением пренебречь. Удар считать мгновенным.

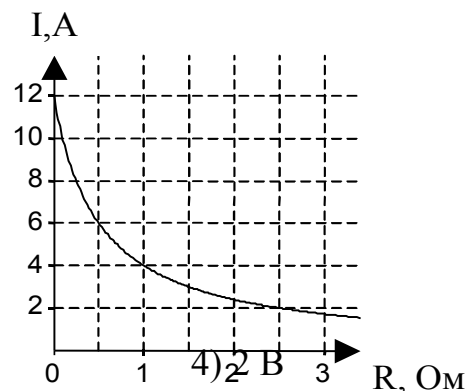


- 1) 0,1 Дж 2) 0,5 Дж 3) 0,05 Дж 4) **0,025 Дж**

A27. Экспериментаторы закачивают воздух в стеклянный сосуд, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, а его давление возросло в 3 раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

- 1) в 2 раза 2) в 3 раза 3) **в 6 раз** 4) в 1,5 раза

A28. К источнику тока с внутренним сопротивлением 0,5 Ом подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Чему равна ЭДС источника тока?



- 1) 12 В 2) **6 В** 3) 4 В

A29. Последовательно соединены конденсатор, катушка индуктивности и резистор. Если при неизменной частоте и амплитуде напряжения на концах цепи увеличивать емкость конденсатора от 0 до ∞ , то амплитуда тока в цепи будет

- 1) монотонно убывать
2) монотонно возрастать
3) **сначала возрастать, затем убывать**
4) сначала убывать, затем возрастать

A30. Сколько α - и β -распадов должно произойти при радиоактивном распаде ядра урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ и конечном превращении его в ядро свинца ${}_{82}^{198}\text{Pb}$?

- 1) 10 α - и 10 β -распадов
- 2) 10 α - и 8 β -распадов
- 3) 8 α - и 10 β -распадов
- 4) 10 α - и 9 β -распадов

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

Часть 2

B1. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю через 2 с в 20 м от места броска. Чему равна минимальная скорость камня за время полёта?

Ответ: $v_{\min} = 10$ (10 м/с)

B2. Для определения удельной теплоты плавления льда в сосуд с водой стали бросать кусочки тающего льда при непрерывном помешивании. Первоначально в сосуде находилось 300 г при температуре 20 °С. К моменту времени, когда лед перестал таять, масса воды увеличилась на 84 г. Определите по данным опыта удельную теплоту плавления льда. Ответ выразите в кДж/кг. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

Ответ: $\lambda = 300$ (300 кДж/кг)

B3. При лечении электростатическим душем к электродам прикладывается разность потенциалов 10^5 В. Какой заряд проходит между электродами за время процедуры, если известно, что электрическое поле совершает при этом работу, равную 1 800 Дж? Ответ выразите в мКл.

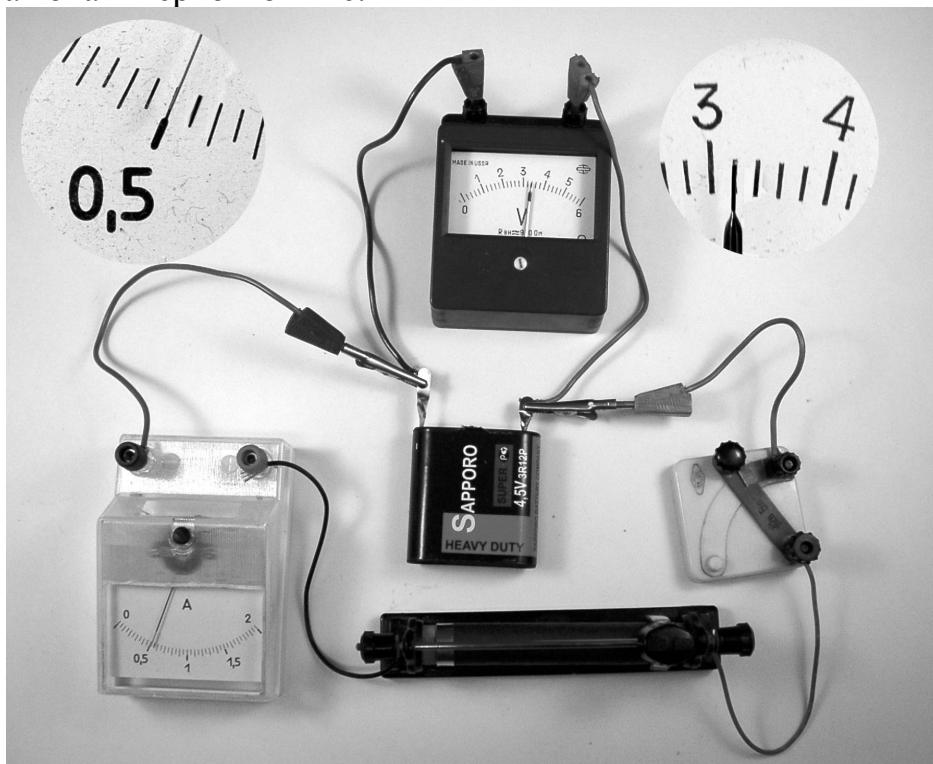
Ответ: $q = 18$ (18 мКл)

B4. Дифракционная решетка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 21 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим параллельным пучком света с длиной волны 580 нм? Считать $\sin\varphi \approx \text{tg}\varphi$.

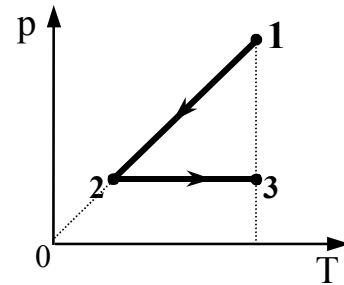
Ответ: $m = 2$ ($m = 2$)

Часть 3

C1. Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5) (см. фотографии: опыт 1, опыт 2). После этого он измерил напряжение на полюсах источника тока и силу тока в цепи при двух положениях ползунка реостата. Определите КПД источника тока в первом опыте.



C2. 1 моль идеального одноатомного газа сначала охладил, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К, увеличив объем газа в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты отдал газ на участке 1-2?



C3. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получилось изображение с трехкратным увеличением. На каком расстоянии от линзы находилось изображение предмета в первом случае?

C4. Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из металлической пластины светом с длиной волны $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$ м, если красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр} = 540$ нм?

C5. Две параллельные неподвижные диэлектрические пластины расположены вертикально и заряжены разноименно. Пластины находятся на расстоянии $d = 2$ см друг от друга. Напряженность поля в пространстве внутри пластин равна $E = 4 \cdot 10^5$ В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик с зарядом $q = 10^{-10}$ Кл и массой $m = 20$ мг. После того как шарик отпустили, он начинает падать и ударяется об одну из пластин. Насколько уменьшится высота местонахождения шарика Δh к моменту его удара об одну из пластин?

C6. Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше, чем диаметр Земли. Каково отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли $\frac{T_M}{T_3}$, движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

Решения задач из части 2.

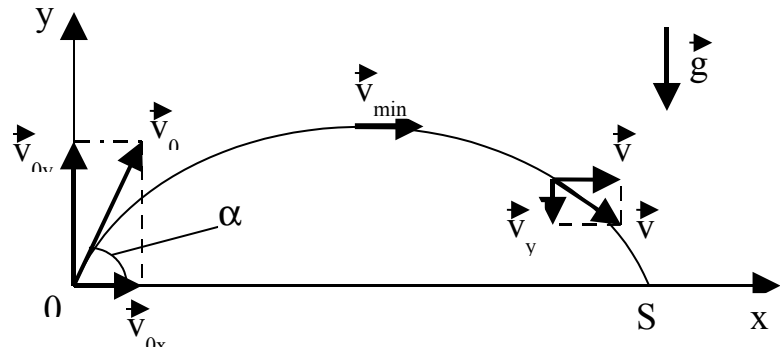
B1. $t = 2$ с; $S = 20$ м;
 $v_{min} = ?$

Решение: Тело, брошенное со скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту, находится под действием силы тяготения к Земле, и движется вертикально вниз

(т.е. в сторону отрицательной полуоси Oy) с ускорением \vec{g} (см. рисунок). Значения проекций начальной скорости \vec{v}_0 на горизонтальную ось Ox и вертикальную ось Oy равны:

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos\alpha;$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin\alpha.$$



Значения проекций скоростей по осям Ox и Oy изменяются со временем по законам

$$v_x = v_{0x} + g_x t = v_{0x};$$

$$v_y = v_{0y} + g_y t = v_{0y} - gt,$$

так как проекции вектора ускорения свободного падения \vec{g} на оси координат равны

$$g_x = 0; \quad g_y = -g.$$

Поскольку в любой момент времени полная скорость равна $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$, а ее модуль равен $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, то с учетом выражений для v_x и v_y заключаем, что минимальное значение скорости за время полета v_{\min} равна $v_x = v_{0x}$, т.е. $v_{\min} = v_x = v_{0x}$. За время полета t камень пролетит по горизонтали (т.е. вдоль оси Ox) на расстояние S :

$$S = v_{0x}t + \frac{1}{2} g_x t^2 = v_{0x}t = v_{\min} t,$$

откуда находим

$$v_{\min} = \frac{S}{t} = \frac{20}{2} = 10 \text{ м/с}.$$

B2. $m = 0,3 \text{ кг}; t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}; t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}; c = 4\,200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}; \Delta m = 0,084 \text{ кг};$
 $\lambda = ?$

Решение: Масса воды увеличилась за счет растаявшего льда. Поэтому масса растаявшего льда равна Δm . Лед перестает плавиться, когда температура

воды сравнивается с его температурой плавления t_2 . Это означает, что температура воды изменяется от t_1 до t_2 .

По закону сохранения энергии количество теплоты, выделяющееся при остывании воды, равно количеству теплоты, необходимому для плавления льда. Поэтому уравнение теплового баланса записывается так:

$$cm(t_1 - t_2) = \Delta m \lambda,$$

где c – удельная теплоемкость воды, λ – удельная теплота плавления льда.

Из написанного соотношения находим:

$$\lambda = \frac{cm(t_1 - t_2)}{\Delta m} = \frac{4200 \cdot 0,3 \cdot (20 - 0)}{0,084} = 300 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг} = 300 \text{ кДж/кг}.$$

При расчете λ учтено, что изменения температуры по шкале Цельсия (Δt) и по шкале Кельвина (ΔT) численно совпадают, т.е. $\Delta t = \Delta T$.

В3. $\underline{U = 10^5 \text{ В}; A = 1800 \text{ Дж};}$
 $q = ?$

Решение: Работа A электрического поля равна произведению заряда q на разность потенциалов U между точками перемещения заряда:

$$A = qU,$$

откуда находим

$$q = \frac{A}{U} = \frac{1800}{10^5} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ Кл} = 18 \text{ мКл}.$$

В4. $\underline{d = 10^{-5} \text{ м}; L = 1,8 \text{ м}; x = 0,21 \text{ м}; \lambda = 580 \text{ нм};}$
 $m = ?$

Решение: Определяем углы отклонения световых лучей для m порядка по формуле:

$$\varphi \approx \sin \varphi \approx \text{tg} \varphi = \frac{x}{L},$$

т.к. углы дифракции φ – малы.

Из условия главных дифракционных максимумов

$$d \cdot \sin \varphi = m \cdot \lambda$$

рассчитаем порядок дифракционного максимума m :

$$m = \frac{d \cdot \sin \varphi}{\lambda} = \frac{d}{\lambda} \sin \varphi = \frac{d}{\lambda} \cdot \frac{x}{L} = \frac{10^{-5}}{580 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{0,21}{1,8} = 2.$$

Решения задач из части 3.

C1. $U_1 = 3,2 \text{ В}; I_1 = 0,5 \text{ А}; U_2 = 2,6 \text{ В}; I_2 = 1 \text{ А};$
 $\eta_1 = ?$

Решение: Показания приборов (амперметра и вольтметра) для обеих схем записаны выше. Запишем закон Ома для двух случаев включения батареи:

$$E = I_1(R_1 + r) = I_1R_1 + I_1r = U_1 + I_1r,$$

$$E = I_2(R_2 + r) = I_2R_2 + I_2r = U_2 + I_2r.$$

Почленно вычитаем одно уравнение из другого и находим

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = \frac{3,2 - 2,6}{1 - 0,5} = 1,2 \text{ Ом.}$$

ЭДС батареи найдем подстановкой значения внутреннего сопротивления r , скажем, в первое уравнение:

$$E = U_1 + I_1r = 3,2 + 0,5 \cdot 1,2 = 3,8 \text{ В.}$$

Теперь найдем КПД источника тока в первом опыте:

$$\eta_1 = \frac{U_1 I_1}{E I_1} 100 \% = \frac{U_1}{E} 100 \% = \frac{3,2}{3,8} \cdot 100 \% \approx 84\%.$$

Ответ: $\eta_1 = 84 \%$.

C2. $v = 1 \text{ моль}; R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}); T_1 = T_3 = 300 \text{ К}; i = 3; V_3/V_2 = 3;$
 $Q_{12} = ?$

Решение: Будем полагать, что каждому состоянию (1, 2, 3) соответствует значение параметра состояния (P, V, T) с соответствующим индексом.

Так как процесс 2-3 изобарический ($P = \text{const}$), то

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_3 \cdot \frac{V_2}{V_3} = 300 \cdot \frac{1}{3} = 100 \text{ К.}$$

На участке 1-2 согласно первому началу термодинамики

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \Delta U_{12},$$

так как на этом участке процесс изохорный, и поэтому $A_{12} = 0$. Запишем известное соотношение для изменения внутренней энергии

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1),$$

где i – степеней свободы молекул, R – газовая постоянная. После подстановки данных получаем следующий результат:

$$\begin{aligned} Q_{12} = \Delta U_{12} &= \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \\ &= \frac{3}{2} \cdot 1,8,31 \cdot (100 - 300) = -2,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = -2,5 \text{ кДж.} \end{aligned}$$

Знак “–” указывает на то, что на участке 1-2 газ отдает такое количество теплоты (что требуется найти согласно условию задачи).

Ответ: $Q_{12} = -2,5 \text{ кДж}$.

С3. $\Delta f = 0,3 \text{ м; } \Gamma_1 = 5; \Gamma_2 = 3;$
 $f_1 = ?$

Решение: Запишем формулу тонкой линзы и выражение для коэффициента увеличения изображения Γ :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad \Gamma = \frac{f}{d}.$$

Из этих двух соотношений находим:

$$F = \frac{f}{1 + \Gamma}.$$

Последнее уравнение запишем для двух случаев, приведенных в задаче:

$$F = \frac{f_1}{1 + \Gamma_1}; \quad F = \frac{f_2}{1 + \Gamma_2},$$

откуда получаем

$$\frac{f_1}{1 + \Gamma_1} = \frac{f_2}{1 + \Gamma_2}.$$

Так как в полученном соотношении $\Gamma_1 > \Gamma_2$, то отсюда следует, что $f_2 < f_1$, т.е. $f_2 = f_1 - \Delta f$ (это означает, что экран передвинули к линзе). Итак, получили

$$\frac{f_1}{1 + \Gamma_1} = \frac{f_1 - \Delta f}{1 + \Gamma_2},$$

откуда находим искомую величину

$$f_1 = \Delta f \frac{1 + \Gamma_1}{\Gamma_1 - \Gamma_2} = 0,3 \cdot \frac{1 + 5}{5 - 3} = 0,9 \text{ м.}$$

Ответ: $f_1 = 0,9 \text{ м.}$

С4. $\lambda = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_{\text{кр}} = 540 \cdot 10^{-9} \text{ м}; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с};$
 $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с};$
 $v = ?$

Решение: Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2} = h \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} + \frac{mv^2}{2},$$

где A – работа выхода, c – скорость света в вакууме, h – постоянная Планка, m – масса электрона, v – максимальная скорость фотоэлектронов.

Из написанного уравнения выразим искомую скорость:

$$v = \sqrt{\frac{2hc}{m} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{кр}}} \right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(\frac{1}{3 \cdot 10^{-7}} - \frac{1}{540 \cdot 10^{-9}} \right)} =$$

$$= 807 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 807 \text{ км/с.}$$

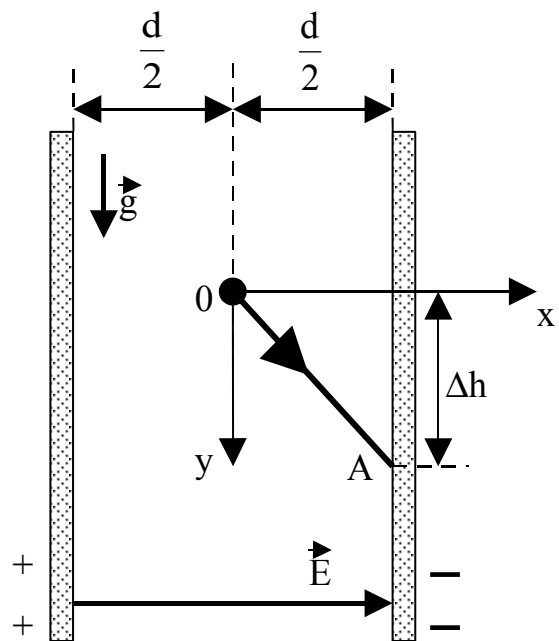
Ответ: $v = 807 \text{ км/с.}$

C5. $d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}; E = 4 \cdot 10^5 \text{ В/м}; q = 10^{-10} \text{ Кл}; m = 20 \cdot 10^{-6} \text{ кг}; g = 10 \text{ м/с}^2;$
 $\Delta h = ?$

Решение: В начальный момент времени шарик покоился, т.е. его скорость в этот момент равнялась нулю ($\vec{v}_0 = 0$). На рис. положение шарика в начальный момент отмечено точкой "0" - начало координат осей Ox и Oy , направленных, соответственно, по горизонтали и вертикали. Из состояния покоя шарик движется:

- по горизонтали с ускорением \vec{a} под действием силы электрического поля, действующей на заряд

$$a = \frac{F_{\text{эл}}}{m} = \frac{qE}{m};$$



время движения шарика, находящегося на расстоянии $d/2$ от диэлектрических пластин, находим из уравнения движения по оси Ox

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{d}{a} = d \cdot \frac{1}{a} = d \cdot \frac{m}{qE} = \frac{md}{qE};$$

- по вертикали под действием силы тяжести с ускорением свободного падения \vec{g} шарик пролетает расстояние Δh за время движения шарика расстояния $d/2$, и уравнение движения шарика по оси Oy принимает вид

$$\Delta h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{md}{qE}.$$

Подстановка данных дает такой результат:

$$\Delta h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{md}{qE} = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{10^{-10} \cdot 4 \cdot 10^5} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см}.$$

Ответ: $\Delta h = 5 \text{ см}.$

C6. $M_3 = M_M \cdot 10; d_M = d_3 \cdot 0,5;$
 $T_M/T_3 = ?$

Решение: Так как высота полета спутника мала, то радиус орбиты совпадает с радиусом планеты $R = 0,5 d$. Согласно второму закону Ньютона сила тя-

готения равна произведению массы спутника на центростремительное ускорение:

$$G \frac{mM}{R^2} = m \frac{v^2}{R},$$

где G – гравитационная постоянная, m – масса спутника, M – масса планеты, v – скорость орбитального движения спутника. Из этого соотношения выразим скорость

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}}.$$

Период обращения спутника равен времени совершения одного оборота вокруг планеты со скоростью v :

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi R \sqrt{\frac{R}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}.$$

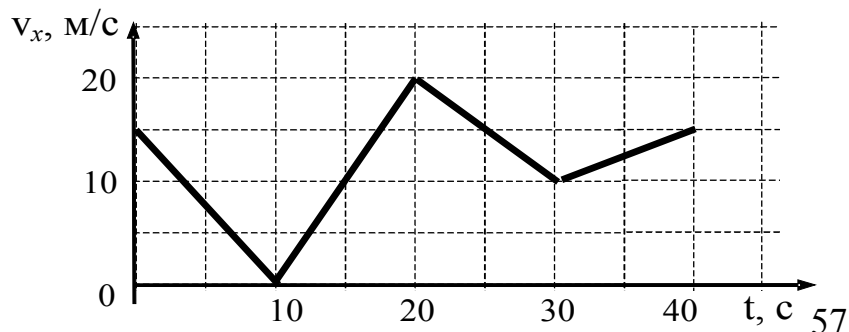
Поскольку записанные соотношения для периодов справедливы для любой планеты, найдем искомое отношение периодов обращения спутников Марса и Земли:

$$\begin{aligned} T_M/T_3 &= 2\pi \sqrt{\frac{R_M^3}{GM_M}} : 2\pi \sqrt{\frac{R_3^3}{GM_3}} = \sqrt{\left(\frac{R_M}{R_3}\right)^3 \frac{M_3}{M_M}} = \sqrt{\left(\frac{d_M}{d_3}\right)^3 \frac{M_3}{M_M}} = \\ &= \sqrt{0,5^3 \cdot 10} = 1,1. \end{aligned}$$

Ответ: $T_M/T_3 = 1,1$.

4.4 Вариант 4 Часть 1

A1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Модуль ускорения максимален на интервале времени



- 1) от 0 с до 10 с 2) от 10 с до 20 с 3) от 20 с до 30 с 4) от 30 с до 40 с

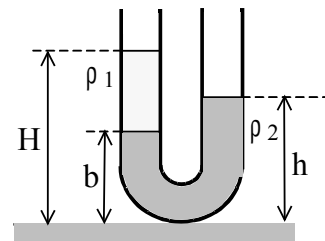
A2. Две материальные точки движутся по окружностям радиусами R_1 и R_2 , причем $R_2 = 2R_1$. При условии равенства линейных скоростей точек их центростремительные ускорения связаны соотношением

- 1) $a_1 = 2a_2$ 2) $a_1 = a_2$ 3) $a_1 = \frac{1}{2}a_2$ 4) $a_1 = 4a_2$

A3. Парашютист спускается вертикально с постоянной скоростью 2 м/с. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае

- 1) вес парашютиста равен нулю
 2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна нулю
 3) сумма всех сил, приложенных к парашютисту, равна нулю
 4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна нулю

A4. В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость плотностью ρ_1 и вода плотностью $\rho_2 = 1 \cdot 10^3$ кг/м³ (см. рисунок). На рисунке $b = 10$ см, $h = 24$ см, $H = 30$ см. Плотность жидкости ρ_1 равна



- 1) $0,6 \cdot 10^3$ кг/м³ 2) $0,7 \cdot 10^3$ кг/м³ 3) $0,8 \cdot 10^3$ кг/м³ 4) $0,9 \cdot 10^3$ кг/м³

A5. Два автомобиля одинаковой массы m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли по одной прямой в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем?

- 1) $3mv$ 2) $2mv$ 3) mv 4) 0

A6. Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (см. рисунок а)), и повесил к пружине груз массой 0,1 кг (см. рисунок б)). Какова жесткость пружины?

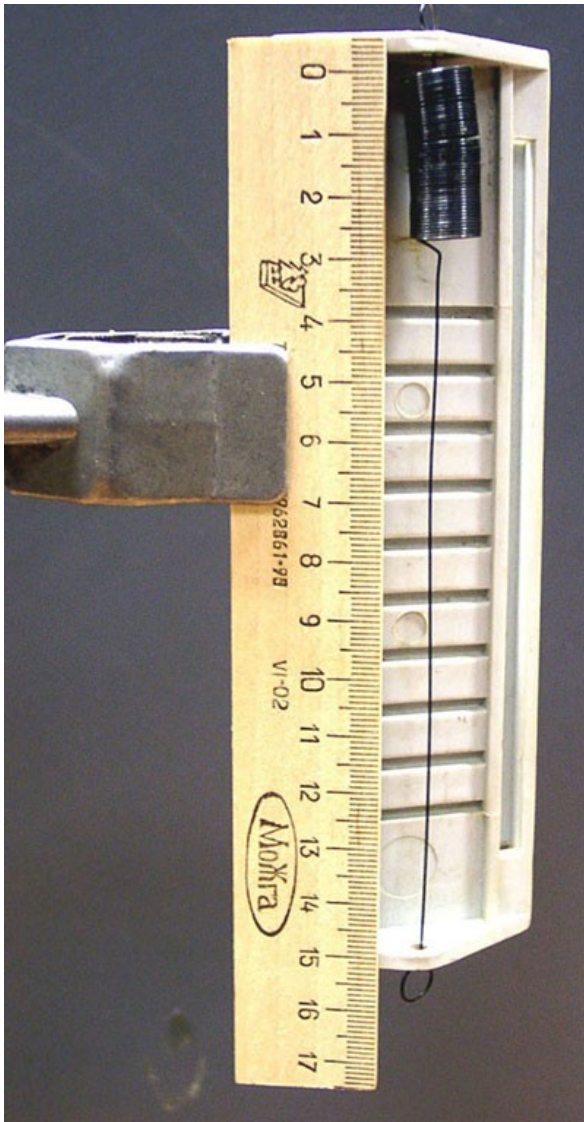


Рисунок а)

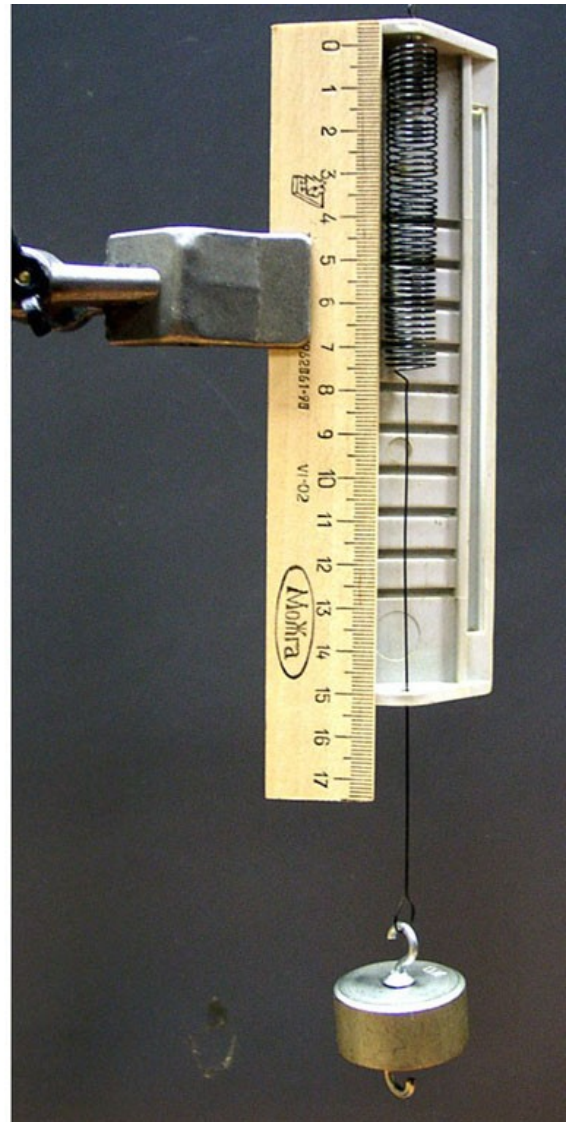


Рисунок б)

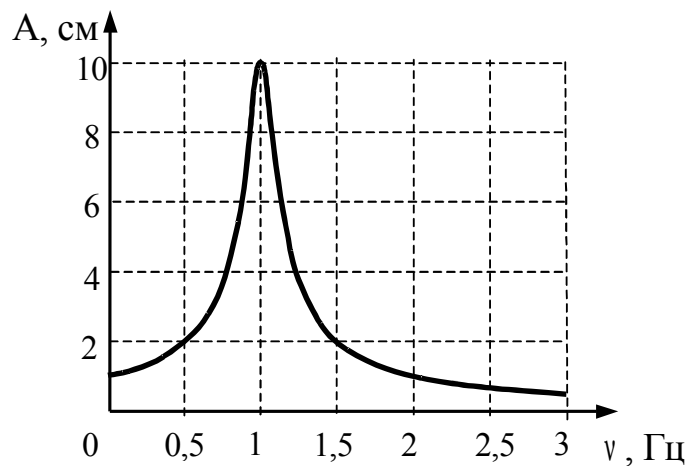
1) 40 Н/м

2) 20 Н/м

3) 13 Н/м

4) 0,05 Н/м

А7. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно



1) 10

2) 2

3) 5

4) 4

A8. Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какую минимальную силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

- 1) 9 Н 2) 7 Н 3) 5 Н 4) 4 Н

A9. Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. При ударе выделилось количество теплоты, равное 15 Дж. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом.

- 1) 5 Дж 2) 15 Дж 3) 20 Дж 4) 30 Дж

A10. 3 моль водорода находятся в сосуде при температуре T . Какова температура 3 моль кислорода в сосуде того же объема и при том же давлении? (Водород и кислород считать идеальными газами.)

- 1) 32 T 2) 16 T 3) 2 T 4) T

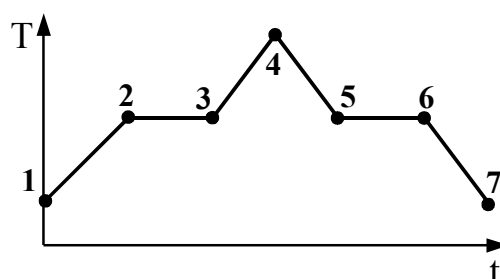
A11. Внутренняя энергия газа в запаянном несжимаемом сосуде определяется главным образом

- 1) движением всего сосуда с газом
 2) хаотическим движением молекул газа
 3) взаимодействием сосуда с газом и Земли
 4) действием на сосуд с газом внешних сил

A12. При одинаковой температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$ давление насыщенных паров воды равно 10^5 Па, аммиака – $59 \cdot 10^5$ Па и ртути – 37 Па. В каком из вариантов ответа эти вещества расположены в порядке убывания температуры их кипения в открытом сосуде?

- 1) вода → аммиак → ртуть
 2) аммиак → ртуть → вода
 3) вода → ртуть → аммиак
 4) ртуть → вода → аммиак

A13. На графике представлена зависимость температуры T вещества от времени t . В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какая из точек соответствует окончанию процесса отвердевания?



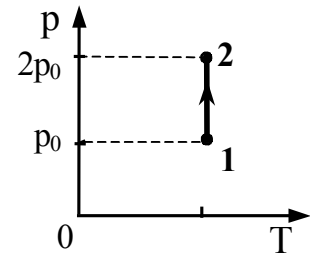
1) 5

2) 6

3) 3

4) 7

A14. На pT -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдает 50 кДж теплоты. Работа внешних сил равна



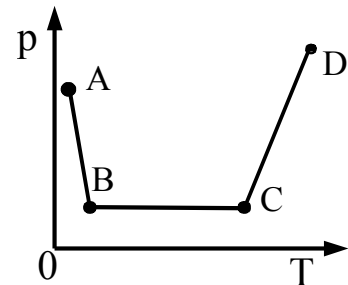
1) 0 кДж

2) 25 кДж

3) 50 кДж

4) 100 кДж

A15. В сосуде находится идеальный газ, массу которого изменяют. На диаграмме (см. рисунок) показан процесс изохорного изменения состояния газа. В какой из точек диаграммы масса газа наибольшая?



1) A

2) B

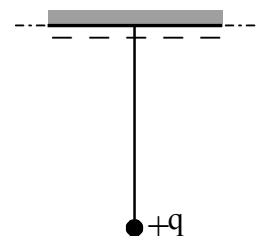
3) C

4) D

A16. Пылинка, имевшая отрицательный заряд $-10e$, при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пылинки?

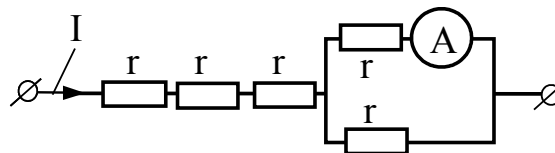
1) $6e$ 2) $-6e$ 3) $14e$ 4) $-14e$

A17. К бесконечной горизонтальной отрицательно заряженной плоскости привязана невесомая нить с шариком, имеющим положительный заряд (см. рисунок). Каково условие равновесия шарика, если mg – модуль силы тяжести, F_3 – модуль силы электростатического взаимодействия шарика с пластиной, T – модуль силы натяжения нити?



1) $-mg - T + F_3 = 0$ 2) $mg + T + F_3 = 0$ 3) $mg - T + F_3 = 0$ 4) $mg - T - F_3 = 0$

A18. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 10$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

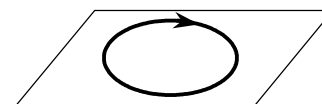


- 1) 2 A 2) 3 A 3) 5 A 4) 10 A

A19. В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если сопротивление нагревателя и время t увеличить вдвое, не изменяя силу тока, то количество выделившейся теплоты будет равно

- 1) 8 Q 2) 4 Q 3) 2 Q 4) Q

A20. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

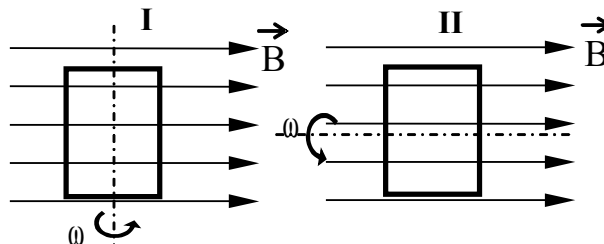


- 1) вертикально вверх \uparrow 2) горизонтально влево \leftarrow 3) горизонтально вправо \rightarrow 4) вертикально вниз \downarrow

A21. Инфракрасное излучение испускают

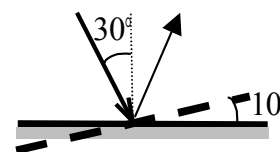
- 1) электроны при их направленном движении в проводнике
 2) атомные ядра при их превращениях
 3) любые заряженные частицы
 4) любые нагретые тела

A22. На рисунке показаны два способа вращения рамки в однородном магнитном поле. Ток в рамке



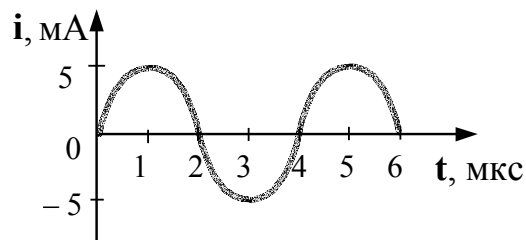
- 1) возникает в обоих случаях
 2) не возникает ни в одном из случаев
 3) возникает только в первом случае
 4) возникает только во втором случае

A23. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол между падающим и отраженным лучами, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

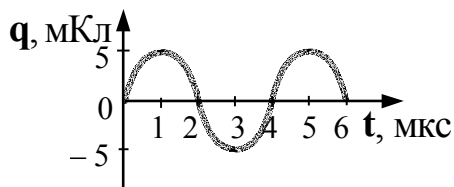


- 1) 80° 2) 60° 3) 40° 4) 20°

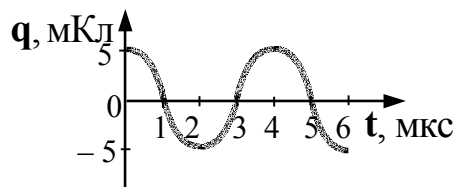
A24. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков правильно показан процесс изменения заряда конденсатора?



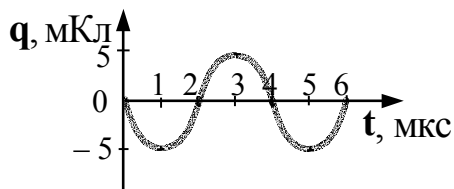
1)



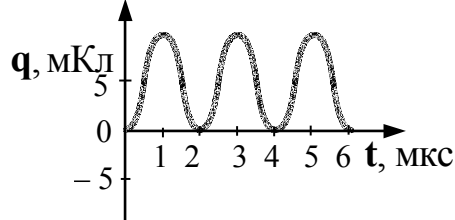
2)



3)



4)



A25. Энергия фотона, поглощаемого атомом при переходе из основного состояния с энергией E_0 в возбужденное состояние с энергией E_1 , равна (h – постоянная Планка)

1) $E_1 - E_0$

2) $\frac{E_1 + E_0}{h}$

3) $\frac{E_1 - E_0}{h}$

4) $E_1 + E_0$

A26. Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру атомного ядра ${}^{48}_{20}\text{Ca}$?

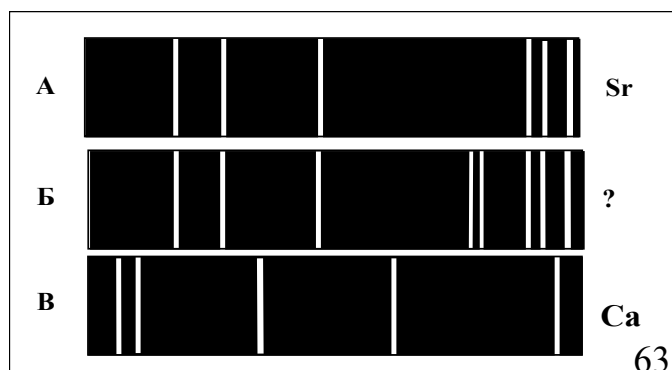
1) 48 протонов,
68 нейтронов

2) 28 протонов,
20 нейтронов

3) 20 протонов,
48 нейтронов

4) 20 протонов,
28 нейтронов

A27. На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения паров стронция, неизвестного образца и кальция. Можно утверждать, что в образце



- 1) не содержится ни стронция, ни кальция
- 2) содержится кальций, но нет стронция
- 3) содержатся и стронций, и кальций
- 4) содержится стронций, но нет кальция

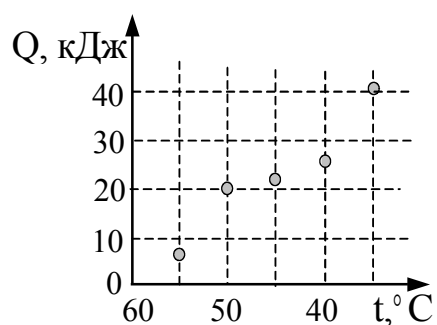
A28. Полоний ${}^{214}_{84}\text{Po}$ превращается в висмут ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ в результате радиоактивных распадов:

- 1) одного α и одного β
- 2) одного α и двух β
- 3) двух α и одного β
- 4) двух α и двух β

A29. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны $\lambda_{\text{кр}} = 600$ нм. При освещении этого металла светом длиной волны λ максимальная кинетическая энергия выбитых из него фотоэлектронов в 3 раза меньше энергии падающего света. Какова длина волны λ падающего света?

- 1) 133 нм
- 2) 300 нм
- 3) 400 нм
- 4) 1 200 нм

A30. Измеряли, какое количество теплоты отдает 1 кг изучаемого вещества при остывании до той или иной температуры. Результаты измерений указаны на рисунке точками. Чему равна удельная теплоемкость данного вещества?



- 1) 1,5 кДж/(кг·К)
- 2) 1,25 кДж/(кг·К)
- 3) 1,0 кДж/(кг·К)
- 4) 0,75 кДж/(кг·К)

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

Часть 2

B1. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю в 20 м от места броска. Чему была равна скорость камня через 1 с после броска, если в этот момент она была направлена горизонтально?

Ответ: $V(1) = 10$ (10 м/с)

В2. 1 моль инертного газа сжали, совершив работу 600 Дж. В результате сжатия температура газа повысилась на 40 °С. Какое количество теплоты отдал газ?

Ответ: $Q = 101,4$ (101,4 Дж)

В3. В электрическом поле, вектор напряженности которого направлен горизонтально и равен по модулю 1 000 В/м, нить с подвешенным на ней маленьким заряженным шариком отклонилась на угол 45° от вертикали. Масса шарика 1,4 г. Чему равен заряд шарика? Ответ выразите в микрокулонах (мкКл) и округлите до целых.

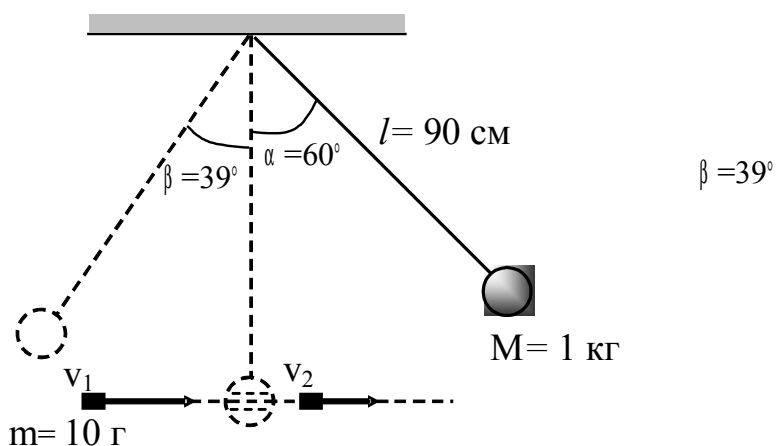
Ответ: $q = 14$ ($14 \cdot 10^{-6}$ Кл = 14 мкКл)

В4. На дифракционную решетку, имеющую период $2 \cdot 10^{-5}$ м, падает нормально параллельный пучок белого света. Спектр наблюдается на экране на расстоянии 2 м от решетки. Каково расстояние между красным и фиолетовым участками спектра первого порядка (первой цветной полоски на экране), если длины волн красного и фиолетового света соответственно равны $8 \cdot 10^{-7}$ м и $4 \cdot 10^{-7}$ м? Считать $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$. Ответ выразите в см.

Ответ: $\Delta x = x_k - x_\phi = 4$ ($4 \cdot 10^{-2}$ м = 4 см)

Часть 3

С1. Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару. Она пробивает его и продолжает двигаться горизонтально. Определите изменение скорости пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол 39°. (Массу шара считать неизменной, диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити, $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$).



С2. Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. Он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха 17 °С, а давление 10^5 Па, груз массой 225 кг. Какова масса гелия в оболоч-

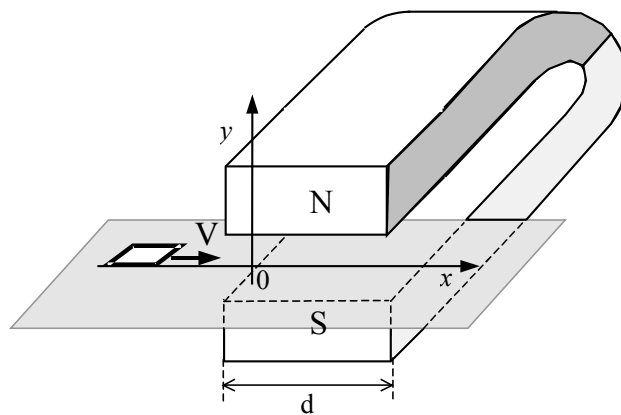
ке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

С3. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.)

С4. В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Свая отбрасывает на дне водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

С5. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж), освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией $8,3 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности, по которой движутся электроны?

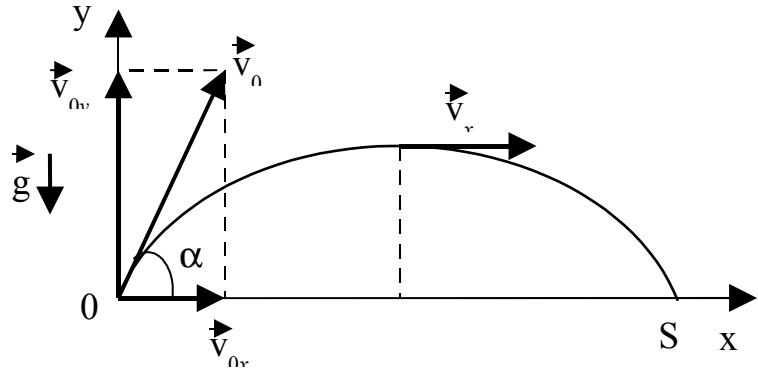
С6. Квадратная рамка со стороной $b = 5$ см изготовлена из медной проволоки сопротивлением $R = 0,1$ Ом. Рамку перемещают по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью V вдоль оси Ox . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка проходит между полюсами магнита и вновь оказывается в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу F , направленную вдоль оси Ox . С какой скоростью движется рамка, если суммарная работа внешней силы за время движения равна $A = 2,54 \cdot 10^{-3}$ Дж? Ширина полюсов магнита $d = 20$ см, магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция $B = 1$ Тл.



Решения задач из части 2.

В1. $t = 1$ с; $S = 20$ м; $v_y = 0$;
 $V(1) = ?$

Решение: На рисунке изображена траектория движения камня, брошенного под углом α к горизонту. Начальная скорость - \vec{v}_0 , ускорение свободного падения \vec{g} , дальность полета - S , v_{0x} и v_{0y} - проекции \vec{v}_0 на оси координат Ox и Oy , $V(1) = v_x$ - скорость камня через 1 с после броска (в верхней точке траектории). При отсутствии сопротивления воздуха движению камня время полета $t_{\text{пол}}$ равно удвоенному времени движения камня до верхней точки траектории, т.е. $t_{\text{пол}} = 2t = 2$ с. Как видно из рисунка проекции начальной скорости и ускорения свободного падения на оси координат равны:



$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos\alpha, \quad v_{0y} = v_0 \cdot \sin\alpha; \quad g_x = 0, \quad g_y = -g.$$

Из равенства $g_x = 0$ заключаем, что по оси Ox имеет место равномерное движение со скоростью $v_x = v_{0x}$. За время $t_{\text{пол}} = 2t$ камень пролетит расстояние S :

$$S = v_{0x} \cdot t_{\text{пол}} = v_{0x} \cdot 2t = v_x \cdot 2t,$$

откуда находим

$$v_x = \frac{S}{2t} = \frac{20}{2 \cdot 1} = 10 \text{ м/с}.$$

Из последнего выражения заключаем, что

$$V(1) = v_x = 10 \text{ м/с}.$$

В2. $\nu = 1$ моль; $A' = 600$ Дж; $i = 3$; $R = 8,31$ Дж/(моль·К); $\Delta T = 40$ К;
 $Q = ?$

Решение: Из первого начала термодинамики следует, что

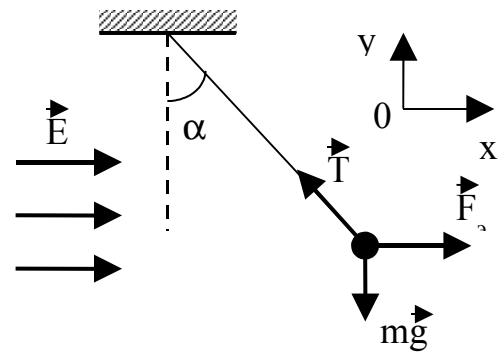
$$Q = \Delta U - A' = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T - A' = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 40 - 600 = -101,4 \text{ Дж}.$$

Знак "—" указывает на то, что система не получает а отдает такое количество теплоты.

В3. $E = 1000$ В/м; $\alpha = 45^\circ$; $g = 10$ м/с²; $m = 1,4 \cdot 10^{-3}$ кг;
 $q = ?$

Решение: В горизонтальном электрическом поле с напряженностью \vec{E} на заряженный шарик, подвешенный на нити, действуют силы: $m\vec{g}$ - сила тяжести, \vec{T} - сила натяжения нити, $\vec{F}_3 = q\vec{E}$ - сила, действующая на заряд q со стороны электрического поля (см. рисунок). В условиях равновесия шарика, векторная сумма перечисленных сил равна нулю:

$$m\vec{g} + q\vec{E} + \vec{T} = 0.$$



Это векторное уравнение в проекциях на координатные оси Ox и Oy имеет вид:

$$Ox: -T \cdot \sin\alpha + qE = 0;$$

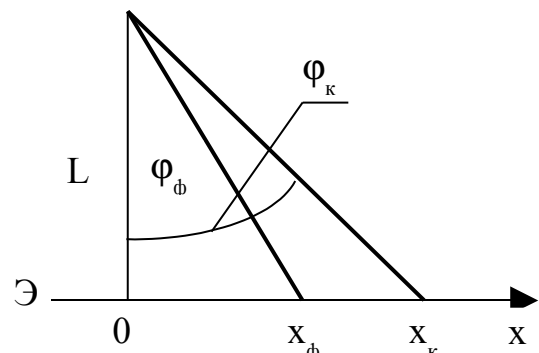
$$Oy: T \cdot \cos\alpha - mg = 0.$$

Решая систему из двух скалярных уравнений, находим:

$$q = \frac{1}{E} \cdot mg \cdot \operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{1000} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 14 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 14 \text{ мкКл}.$$

В4. $d = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}; L = 1 \text{ м}; \lambda_{\phi} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_{к} = 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}; m = 1;$
 $\Delta x = x_{к} - x_{\phi} = ?$

Решение: Вдоль экрана Э направим ось Ox (см. рисунок). Расстояние от дифракционной решетки до экрана обозначим через L , расстояние от центрального максимума 0 до фиолетового и красного участков спектра m -го порядка обозначим через x_{ϕ} и $x_{к}$, соответственно. Из условия главных дифракционных максимумов m -го порядка для длины волны λ :
 $d \cdot \sin\varphi = m \cdot \lambda$ выразим



$$\sin\varphi = \frac{m\lambda}{d}.$$

Из рисунка видно, что $\operatorname{tg}\varphi = \frac{x}{L}$. Так как согласно условию $\sin\varphi = \operatorname{tg}\varphi$, то

из последнего равенства заключаем, что $\frac{m\lambda}{d} = \frac{x}{L}$, откуда выражаем

$$x = \frac{m\lambda L}{d}.$$

Последнее соотношение запишем для красного и фиолетового участков спектра

$$x_{\text{к}} = \frac{m\lambda_{\text{к}}L}{d}; \quad x_{\text{ф}} = \frac{m\lambda_{\text{ф}}L}{d},$$

откуда находим искомую величину

$$\begin{aligned} \Delta x = x_{\text{к}} - x_{\text{ф}} &= \frac{m\lambda_{\text{к}}L}{d} - \frac{m\lambda_{\text{ф}}L}{d} = \frac{mL}{d}(\lambda_{\text{к}} - \lambda_{\text{ф}}) = \\ &= \frac{1 \cdot 2}{2 \cdot 10^{-5}} (8 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}) = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 4 \text{ см}. \end{aligned}$$

Решения задач из части 3.

C1. $l = 0,9 \text{ м}; M = 1 \text{ кг}; m = 10^{-2} \text{ кг}; \alpha = 60^\circ; \beta = 39^\circ; \cos\beta = 7/9; g = 10 \text{ м/с}^2;$
 $\Delta v = v_1 - v_2 = ?$

Решение: Шар массой M совершает колебания с максимальным углом отклонения α от вертикали (см. рисунок). При этом от положения равновесия шар поднимается на высоту h , определяемую из условия:

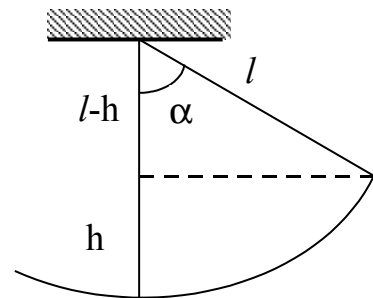
$$\cos\alpha = \frac{l-h}{l} \Rightarrow h = l \cdot (1 - \cos\alpha).$$

При этом шар положение равновесия проходит со скоростью v_α , определяемой из закона сохранения энергии:

$$\frac{Mv_\alpha^2}{2} = Mgh \Rightarrow v_\alpha = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)}.$$

После того как шар будет пробит пулей, он отклоняется на угол β . Это означает, что шар в этом случае положение равновесия проходит со скоростью v_β :

$$v_\beta = \sqrt{2gl(1 - \cos\beta)}.$$



Так как $\beta < \alpha$, то из этого мы заключаем, что шар в момент попадания пули проходил положение равновесия со скоростью \vec{v}_α , направленной навстречу скорости пули \vec{v}_1 . После пробивания шара пуля массой m продолжает движения со скоростью \vec{v}_2 , в том же направлении. Закон сохранения импульса для системы пуля – шар в проекции на направление движения пули имеет следующий вид:

$$Mv_\alpha - mv_1 = Mv_\beta - mv_2,$$

откуда находим искомую величину

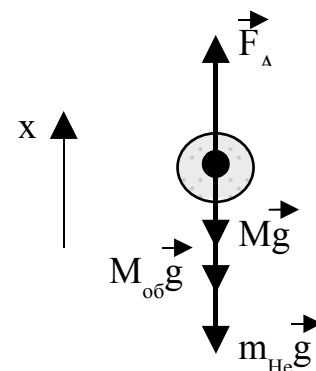
$$\begin{aligned} \Delta v = v_1 - v_2 &= \frac{M}{m}(v_\alpha - v_\beta) = \frac{M}{m}(\sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} - \sqrt{2gl(1 - \cos \beta)}) = \\ &= \frac{M}{m}\sqrt{2gl}(\sqrt{1 - \cos \alpha} - \sqrt{1 - \cos \beta}) = \\ &= \frac{1}{10^{-2}}\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9}(\sqrt{1 - \cos 60^\circ} - \sqrt{1 - \cos 39^\circ}) = 100 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

Ответ: $\Delta v = v_1 - v_2 = 100 \text{ м/с.}$

С2. $T=290 \text{ К; } P=10^5 \text{ Па; } \mu_B=29 \text{ г/моль; } \mu_{\text{He}}=4 \text{ г/моль; } M=225 \text{ кг; } M_{\text{об}}=400 \text{ кг; } m_{\text{He}} = ?$

Решение: Обозначим силы, действующие на воздушный шар: $M_{\text{об}}\vec{g}$ - сила тяжести оболочки, $M\vec{g}$ - сила тяжести груза, $m_{\text{He}}\vec{g}$ - сила тяжести гелия, заполняющего воздушный шар, \vec{F}_A - сила Архимеда (см. рисунок). В условиях равновесия воздушного шара векторная сумма перечисленных сил равна нулю:

$$\vec{F}_A + M\vec{g} + M_{\text{об}}\vec{g} + m_{\text{He}}\vec{g} = 0.$$



Так как все силы направлены по вертикали, то запишем данное векторное уравнение в проекции на вертикальную ось Ox с учетом того, что сила Архимеда равна весу вытесненного воздушным шаром воздуха ($F_A = m_Bg$, где m_B - масса вытесненного воздушным шаром воздуха):

$$m_Bg - Mg - M_{\text{об}}g - m_{\text{He}}g = 0. \quad (*)$$

Запишем уравнение Клапейрона-Менделеева для гелия, заполняющего воздушный шар, и для воздуха, вытесненного воздушным шаром:

$$PV = \frac{m_{\text{He}}}{\mu_{\text{He}}} RT; \quad (**)$$

$$PV = \frac{m_{\text{B}}}{\mu_{\text{B}}} RT.$$

В уравнениях (**) учтено, что для воздуха и гелия в указанных в задаче условиях давление P , температура T и объемы V – одинаковы. Из уравнений

(**) выразим массу воздуха $m_{\text{B}} = m_{\text{He}} \frac{\mu_{\text{B}}}{\mu_{\text{He}}}$ и подставим в уравнение (*):

$$m_{\text{He}} \frac{\mu_{\text{B}}}{\mu_{\text{He}}} g - Mg - M_{\text{об}}g - m_{\text{He}}g = 0,$$

откуда и выразим искомую величину m_{He} :

$$m_{\text{He}} = \frac{M + M_{\text{об}}}{\frac{\mu_{\text{B}}}{\mu_{\text{He}}} - 1} = \frac{225 + 400}{\frac{29}{4} - 1} = 100 \text{ кг.}$$

Ответ: $m_{\text{He}} = 100$ кг.

С3. $c=380$ Дж/(кг·К); $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; $d=8,9 \cdot 10^3$ кг/м³; $U=1$ В; $\Delta T=10$ К;
 $t = ?$

Решение: Объем V цилиндрического проводника равен произведению длины l на площадь его поперечного сечения S , т.е. $V = l \cdot S$. А масса m проводника равна произведению удельной плотности d на его объем:

$$m = d \cdot V = d \cdot l \cdot S.$$

Электрическое сопротивление проводника равно $R = \rho \frac{l}{S}$, где ρ - удельное электрическое сопротивление.

Так как согласно условию задачи потерями энергии можно пренебречь, то согласно закону сохранения энергии Джоулево тепло, выделяемое при пропускании тока

$$Q = \frac{U^2}{R} t,$$

идет на нагревание проводника, т.е.,

$$\frac{U^2}{R}t = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

где c – удельная теплоемкость материала проводника.

В последнее уравнение подставим выражения для массы m и сопротивления R проводника, а затем найдем искомое время t , необходимое для изменения температуры проводника на ΔT :

$$\begin{aligned} \frac{U^2 \cdot S}{\rho \cdot l} t = c \cdot d \cdot l \cdot S \cdot \Delta T &\Rightarrow t = \frac{c \cdot d \cdot \rho \cdot l^2 \cdot \Delta T}{U^2} = \\ &= \frac{380 \cdot 8,9 \cdot 10^3 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10^2 \cdot 10}{1^2} = 57,5 \text{ с.} \end{aligned}$$

Ответ: $t = 57,5 \text{ с.}$

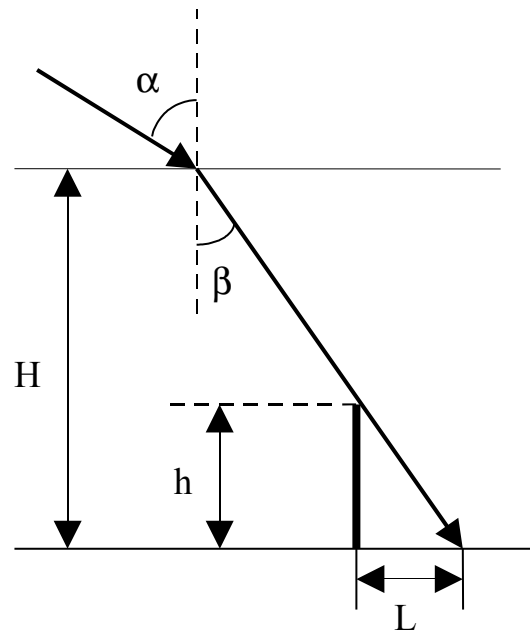
С4. $\underline{H = 3 \text{ м}; h = 2 \text{ м}; n = 4/3; L = 0,75 \text{ м};}$
 $\alpha = ?$

Решение: На рисунке обозначим α – угол падения и β – угол преломления на границе воздух-вода, H – глубина водоема, h – высота сваи, L – длина тени сваи на дне водоема. Из прямоугольного треугольника, образованного свай и ее тенью, выражаем:

$$\sin \beta = \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}}.$$

Из закона преломления

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$



находим искомый угол падения световых лучей на поверхность воды:

$$\alpha = \arcsin(n \cdot \sin \beta) = \arcsin\left(n \cdot \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}}\right) = \arcsin\left(\frac{4}{3} \cdot \frac{0,75}{\sqrt{2^2 + 0,75^2}}\right) = 27,9^\circ.$$

Ответ: $\alpha = 27,9^\circ.$

С5. $\underline{\lambda = 300 \cdot 10^{-9} \text{ м}; B = 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}; A = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}; m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг};}$

$$\underline{e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \alpha = 90^0; c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с};}$$

$$R_{\max} = ?$$

Решение: Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv_{\max}^2}{2},$$

где v_{\max} – максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из фотокатода.

Из этого уравнения выразим v_{\max} :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(h \frac{c}{\lambda} - A \right)}. \quad (*)$$

Вылетевшие из фотокатода электроны попадают в магнитное поле. Уравнение движения фотоэлектрона в магнитном поле имеет вид:

$$F_M = m \cdot a,$$

где $F_M = e \cdot v_{\max} \cdot B \cdot \sin \alpha$ - магнитная составляющая силы Лоренца, α - угол между векторами скорости и магнитной индукции; $a = \frac{v_{\max}^2}{R}$ - центростремительное ускорение фотоэлектрона.

Подстановка в уравнение движения выражений для силы F_M и ускорения a приводит к следующему уравнению

$$e \cdot v_{\max} \cdot B \cdot \sin \alpha = m \cdot \frac{v_{\max}^2}{R},$$

откуда находим радиус окружности, по которой движется электрон:

$$R = \frac{m \cdot v_{\max}}{e \cdot B \cdot \sin \alpha}.$$

Так как радиус R пропорционален скорости v , то если скорость максимальна (v_{\max}), то и радиус окружности максимален, т.е.

$$R_{\max} = \frac{m \cdot v_{\max}}{e \cdot B \cdot \sin \alpha}.$$

Подстановка в выражение для R_{\max} равенства (*) для v_{\max} приводит к окончательному соотношению для R_{\max} :

$$R_{\max} = \frac{1}{e \cdot B \cdot \sin \alpha} \sqrt{2 \cdot m \left(h \frac{c}{\lambda} - A \right)} =$$

$$= \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8,3 \cdot 10^{-4} \cdot \sin 90^0} \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \left(6,6 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} - 4,42 \cdot 10^{-19} \right)} =$$

$$= 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,7 \text{ мм.}$$

Ответ: $R_{\max} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,7 \text{ мм.}$

С6. $V = \text{const}; b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}; R = 0,1 \text{ м}; A = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}; d = 0,2 \text{ м}; B = 1 \text{ Тл};$
 $V = ?$

Решение: Площадь квадратной рамки со стороной b равна $S = b^2$. Так как $b < d$, то магнитный поток Φ через рамку будет меняться в случае когда рамка будет заходить в область между полюсами магнита и когда будет выходить из этой области. При движении рамки с постоянной скоростью V быстрота изменения модуля магнитного потока $\Delta\Phi/\Delta t$ в обоих случаях одинакова.

Рассмотрим случай, когда рамка входит в пространство между полюсами магнита. Магнитный поток через рамку в этом случае будет изменяться в течение промежутка времени Δt , когда передняя сторона вступает в магнитное поле, а затем задняя сторона попадает в эту область. И указанный промежуток времени $\Delta t = b/V$. За этот промежуток времени в рамке согласно закону Фарадея электромагнитной индукции создается ЭДС индукции:

$$|E| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot S}{\Delta t} = \frac{B \cdot b^2}{b/V} = B \cdot b \cdot V.$$

В течение этого промежутка времени Δt в рамке протекает ток силой

$$I = \frac{|E|}{R} = \frac{B \cdot b \cdot V}{R}.$$

При этом на переднюю сторону рамки, которая уже вступила в область магнитного поля, действует сила Ампера F_A (в соответствии с правилом Ленца эта сила тормозит движение рамки):

$$F_A = I \cdot b \cdot B = \frac{B \cdot b \cdot V}{R} \cdot b \cdot B = \frac{(B \cdot b)^2 \cdot V}{R}.$$

При движении рамки с постоянной скоростью сила Ампера F_A равна по модулю внешней силе F , т.е. $F = F_A$.

За время Δt внешняя сила совершает работу $A_1 = F \cdot b$. Такая же работа будет совершаться, когда рамка будет выходить из области пространства между полюсами магнита. Поэтому суммарная работа внешней силы за время движения рамки равна:

$$A = 2 \cdot A_1 = 2 \cdot F \cdot b = 2 \cdot \frac{(B \cdot b)^2 \cdot V}{R} \cdot b,$$

откуда выражаем искомую величину скорости перемещения рамки

$$V = \frac{A \cdot R}{2 \cdot B^2 \cdot b^3} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{2 \cdot 1^2 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^3} = 1 \text{ м/с.}$$

Ответ: $V = 1 \text{ м/с.}$

5 Экзаменационные тестовые задания

Целью вступительного испытания по физике является проверка знания абитуриентами курса физики в объеме Примерной программы вступительных испытаний в высшие учебные заведения Российской Федерации, умения использовать эти знания для решения задач и объяснения основных физических явлений и законов.

Задания распределены по трем уровням сложности. 20 заданий каждого варианта подобраны методом случайной выборки. Каждый вариант заданий включает 8 заданий (40% от общего количества) первого уровня сложности, 8 заданий (40%) - второго уровня сложности, 4 задания (20%) - третьего уровня сложности.

В экзаменационные билеты по физике в форме тестирования наряду с качественными задачами (вопросами), не требующими математических вычислений, включены задачи, требующие проведения расчетов.

5.1 Экзаменационное задание по физике 1

1. Космическая станция движется вокруг Земли по орбите радиусом $8 \cdot 10^6$ м. Чему приблизительно равна сила тяжести, действующая на космонавта массой 80 кг, в этой станции? Гравитационная постоянная $6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг². Масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг. Ускорение на поверхности Земли 10 м/с².

- А) 0 В) 48 Н С) 80 Н **Д) 480 Н** Е) 800 Н

2. Вычислите работу, совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой 100 кг на высоту 4 м за время 2 с. Ускорение силы тяжести $9,81$ м/с².

- А) 4500 Дж **В) 4720 Дж** С) 5020 Дж Д) 5200 Дж Е) нет верного ответа

3. Шарик массы m , подвешенный на нити, качается в вертикальной плоскости так, что его ускорения в крайнем и нижнем положениях равны друг другу. Чему равна сила натяжения нити в нижнем положении, если угол отклонения нити в крайнем положении равен α ? Ускорение свободного падения g .

- А) $mg(1 - \cos\alpha)$ В) $mg(1 - \sin\alpha)$ **С) $mg(1 + \sin\alpha)$** Д) $3mg$ Е) $mg(1 + \cos\alpha)$

4. Пуля массой m , летящая горизонтально, попадает в центр бруска массой $10m$, висящий неподвижно на нити, и застревает в нем. Во сколько раз кинетическая энергия пули перед ударом превышает кинетическую энергию бруска с пулей сразу после удара?

- А) 11 раз** В) 10 раз С) 121 раз Д) 100 раз Е) $\sqrt{10}$ раз

5. Реактивный самолет летит со скоростью $V_0=720$ км/час. С некоторого момента самолет движется с ускорением в течение $t=10$ с и в последнюю секунду проходит путь $S=295$ м. Определите конечную скорость V самолета.

- A) 250 м/с **B) 300 м/с** C) 280 м/с Д) 275 м/с E) 240 м/с

6. В каком из перечисленных устройств использованы автоколебания?

- A) груз, колеблющийся на нити
B) груз, колеблющийся на пружине
C) колебательный контур радиоприемника
Д) механические часы
E) рессоры автомобиля

7. Для реализации изотермического сжатия газа, необходимо ...

- A) теплоизолировать сосуд с газом
B) необходимо поддерживать постоянное давление
C) постоянно подводить определенное количество теплоты
Д) постоянно отводить определенное количество теплоты
E) среди приведенных ответов нет правильного

8. Точка совершает гармонические колебания по закону $x=3 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{8}\right)$, м.

Определите максимальное ускорение точки.

- A) 7,4 м/с²** B) 7,6 м/с² C) 7,8 м/с² Д) 8,0 м/с² E) 8,2 м/с²

9. Тело плавает в сосуде с водой, движущемся вниз с ускорением a ($a < g$). Найдите выталкивающую силу, действующую на тело.

- A) $\rho_b g V_n$ **B) $\rho_b(g-a)V_n$** C) $\rho_b(g+a)V_n$ Д) $\rho_b(a-g)V_n$ E) $\rho_b a V_n$

10. В цилиндре под поршнем находится некоторая масса водорода при температуре 300 К, занимающая при давлении 0,1 МПа объем 6 л. На сколько градусов изменится температура водорода, если при неизменном давлении совершена работа по сжатию, равная 50 Дж?

- A) 25 К** B) 20 К C) 15 К Д) 10 К E) 5 К

11. Какова энергия электрического поля конденсатора электроемкостью 20 мкФ при напряжении 10 В?

- A) $1 \cdot 10^3$ Дж B) $2 \cdot 10^{-4}$ Дж C) $1 \cdot 10^{-4}$ Дж Д) $2 \cdot 10^{-3}$ Дж **E) $1 \cdot 10^{-3}$ Дж**

12. Выражение $\frac{E^2 r}{(R + r)^2}$ представляет собой:

- А) силу тока в замкнутой цепи
- В) мощность, выделяющуюся во внешней цепи
- С) мощность, выделяющуюся во внутренней цепи источника тока
- Д) напряжение на зажимах источника тока
- Е) работу перемещения единичного положительного заряда по замкнутой цепи

13. Катушка длиной $L=50$ см и диаметром $d=5$ см содержит $N=200$ витков. По катушке течет ток $I=1$ А. Определите индуктивность катушки. Магнитная постоянная $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

- А) 177 мкГн В) 187 мкГн С) 197 мкГн Д) 207 мкГн Е) 217 мкГн

14. Площадь пластины плоского воздушного конденсатора 60 см^2 , заряд конденсатора 1 нКл , разность потенциалов между его пластинами 90 В . Определите расстояние между пластинами конденсатора. Электрическая постоянная $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

- А) 3,9 мм В) 4,2 мм С) 4,5 мм Д) 4,8 мм Е) 5,1 мм

15. Аккумулятор с внутренним сопротивлением $r=0,08 \text{ Ом}$ при токе $I_1=4 \text{ А}$ отдает во внешнюю цепь мощность $P_1=8 \text{ Вт}$. Какую мощность P_2 отдаст он во внешнюю цепь при токе $I_2=6 \text{ А}$?

- А) 16 Вт В) 12 Вт С) 8 Вт Д) 10 Вт Е) 11 Вт

16. Какие вещества из перечисленных ниже обычно используют в ядерных реакторах в качестве поглотителей нейтронов:

1 – уран, 2 – графит, 3 – кадмий, 4 – тяжелая вода, 5 – бор, 6 – плутоний?

- А) 2 и 3 В) 3 и 4 С) 2 и 4 Д) 1 и 6 Е) 3 и 5

17. Абсолютный показатель преломления среды, длина световой волны в которой равна $5 \cdot 10^{-7}$ м, а частота $5 \cdot 10^{14}$ Гц, равен:

- A) 2 B) 1,5 C) 1,25 **Д) 1,2** E) 1,15

18. Перемещая линзу между экраном и предметом, удается получить два его четких изображения – одно размером $L_1=2$ см, а другое – размером $L_2=8$ см. Каков размер предмета?

- A) 3 см B) 5 см **С) 4 см** Д) 10 см E) 6 см

19. Период электрических колебаний в контуре $T=10$ мкс. При подключении параллельно конденсатору контура дополнительного конденсатора емкостью $C_1=30$ нФ период колебаний увеличился в два раза. Определите емкость C первого конденсатора.

- A) 15 нФ B) 20 нФ C) 30 нФ **Д) 10 нФ** E) 60 нФ

20. Активность некоторого препарата уменьшается в 2,5 раза за 7 суток. Найдите период полураспада.

- A) 5,3 суток** B) 5,8 суток C) 6,3 суток Д) 6,8 суток E) 7,3 суток

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.2 Экзаменационное задание по физике 2

1. Мальчик массой $m=50$ кг качается на качелях с длиной подвеса $L=4$ м. С какой силой он давит на сиденье при прохождении среднего положения со скоростью $V=6$ м/с? Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

- A) 1000 Н **В) 950 Н** C) 900 Н Д) 850 Н E) 800 Н

2. Пружина растянута сначала на величину ΔL , а затем еще на столько же. Сравните значения работ A_1 и A_2 , совершенных при первом и втором растяжениях.

- A) $A_1=2A_2$ B) $A_2=A_1$ C) $A_2=2A_1$ **Д) $A_2=3A_1$** E) $A_2=4A_1$

3. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, ударяется в земляной вал и проникает в него на глубину 36 см. Чему будет равна скорость пули к моменту, когда пуля пройдет 99 % своего пути?

- A) 40 м/с** B) 32 м/с C) 4 м/с Д) 10 м/с E) 16 м/с

4. Считая известным ускорение свободного падения у поверхности Земли g и ее радиус R , определите радиус круговой орбиты искусственного спутника, который движется по ней со скоростью V .

- A) $\frac{gR^2}{V^2}$** B) $\frac{V^2R}{2g}$ C) $\frac{gR}{V^2}$ Д) $\frac{V^2}{2gR}$ E) $\frac{2gR^2}{V^2}$

5. Груз массой m , привязанный к нерастяжимой нити, вращается в вертикальной плоскости. Найдите максимальную разность сил натяжения нити. Ускорение силы тяжести g .

- A) $4mg$ B) $2mg$ **C) $6mg$** Д) $5mg$ E) $3mg$

6. При максимальном отклонении нити математического маятника от вертикали ускорение шарика при гармонических колебаниях направлено ...

- A) перпендикулярно нити**
B) горизонтально
C) вдоль нити
Д) вертикально вверх

Е) Вертикально вниз

7. Какая из приведенных формул выражает зависимость внутренней энергии ν молей идеального одноатомного газа от температуры?

- А) νRT В) $\frac{1}{3} \nu RT$ С) $\frac{1}{2} \nu RT$ Д) $\frac{3}{2} \nu RT$ Е) $\frac{2}{3} \nu RT$

8. В дизеле в начале такта сжатия температура воздуха равна 27°C , а давление 70 кПа. Во время сжатия объем воздуха уменьшается в 15 раз, а давление возрастает до $3,5$ МПа. При этих условиях температура воздуха в конце такта сжатия равна ...

- А) 1000°C В) 727°C С) 427°C Д) 517°C Е) 600°C

9. На гладком столе лежит цепь, свешиваясь у его края на $\frac{1}{5}$ своей длины. Если длина цепи L , а ее масса m , то какая работа требуется, чтобы втянуть свешивающуюся часть цепи на стол? Ускорение силы тяжести равно g .

- А) $\frac{mgL}{50}$ В) $\frac{mgL}{25}$ С) $\frac{mgL}{20}$ Д) $\frac{mgL}{10}$ Е) $\frac{mgL}{5}$

10. Полый шар, отлитый из чугуна, плавает в воде, погружившись ровно наполовину. Найдите объем V внутренней полости шара, если масса шара $m=50$ кг. Плотность чугуна $7,8$ г/см³, воды – 1 г/см³.

- А) $85,1$ дм³ В) $93,6$ дм³ С) $95,7$ дм³ Д) $89,8$ дм³ Е) $87,3$ дм³

11. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними уменьшить в 3 раза?

- А) увеличится в 3 раза
В) уменьшится в 3 раза
С) увеличится в 9 раз
Д) уменьшится в 9 раз

Е) не изменится

12. При прохождении через какие среды электрического тока происходит перенос вещества?

- А) через растворы электролитов и газы
- В) через газы и полупроводники
- С) через металлы и полупроводники
- Д) через полупроводники и растворы электролитов
- Е) через растворы электролитов и металлы

13. Конденсатор емкостью 1 мФ при напряжении 1,2 кВ применяют для импульсной контактной сварки медной проволоки. Найдите среднюю полезную мощность разряда, если он длится 1 мкс. КПД установки 4 %.

- А) 28,8 МВт В) 21,6 МВт С) 14,4 МВт Д) 10,8 МВт Е) 7,2 МВт

14. Электрон, обладая скоростью $V=10$ Мм/с, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля $B=0,1$ мТл. Определите нормальное ускорение электрона. Масса электрона $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, его заряд $e= - 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А) 0 В) $1,43 \cdot 10^{11}$ м/с² С) $1,54 \cdot 10^{12}$ м/с² Д) $1,65 \cdot 10^{13}$ м/с² Е) $1,76 \cdot 10^{14}$ м/с²

15. Определите ток короткого замыкания аккумулятора, если при внешнем сопротивлении $R_1=50$ Ом ток в цепи $I_1=0,2$ А, а при $R_2=110$ Ом ток $I_2=0,1$ А.

- А) 9,6 А В) 4,8 А С) 2,4 А Д) 1,2 А Е) 0,6 А

16. Ядро изотопа ${}_{83}\text{Bi}^{211}$ образовалось после последовательных α - и β - распадов из ядра изотопа ...

- А) ${}_{85}\text{At}^{211}$ В) ${}_{85}\text{At}^{213}$ С) ${}_{84}\text{Po}^{213}$ Д) ${}_{84}\text{Po}^{215}$ Е) ${}_{82}\text{Pb}^{215}$

17. Радиосвязь на коротких волнах между радиолюбителями, находящимися на противоположных сторонах Земли, возможна, так как ионосфера ...

- А) поляризует короткие волны
- В) преломляет короткие волны
- С) пропускает короткие волны
- Д) поглощает короткие волны
- Е) отражает короткие волны

18. Когда предмет расположен на расстоянии $d_1=10$ см от центра линзы, то линейное увеличение $\Gamma_1=2$. Определите линейное увеличение Γ_2 , когда предмет расположен на расстоянии $d_2=30$ см.

- А) $\frac{2}{3}$ В) $\frac{2}{7}$ С) $\frac{2}{5}$ Д) $\frac{1}{3}$ Е) 3

19. Радиостанция передает звуковой сигнал, частота которого $\nu_{зв}=440$ Гц. Определите число N колебаний электромагнитной волны, переносящей одно колебание звуковой частоты, если передатчик работает на волне $\lambda=50$ м. Скорость света $c=3 \cdot 10^8$ м/с.

- А) $12,8 \cdot 10^3$ В) $13,0 \cdot 10^3$ С) $13,2 \cdot 10^3$ Д) $13,4 \cdot 10^3$ Е) $13,6 \cdot 10^3$

20. Вдоль оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F=12$ см расположен предмет, один конец которого находится на расстоянии $d_1=17,9$ см от линзы, а другой конец на расстоянии $d_2=18,1$ см. Определите увеличение Γ изображения.

- А) 1 В) 2 С) 3 Д) 4 Е) 5

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.3 Экзаменационное задание по физике 3

1. Движущийся со скоростью 30 м/с автомобиль подвергается постоянному ускорению 2 м/с^2 на пути 175 м. Сколько времени потребовалось на это?

- А) 4 с В) 5 с С) 6 с Д) 8 с Е) 3 с

2. Какая из перечисленных физических величин имеет размерность $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$?

- А) работа В) сила **С) импульс** Д) скорость Е) ускорение

3. Под действием некоторой силы тележка, двигаясь из состояния покоя, прошла путь 40 см. Когда на тележку положили груз 200 г, то под действием той же силы за то же время тележка прошла из состояния покоя путь 20 см. Какова масса тележки?

- А) 200 г** В) 300 г С) 400 г Д) 100 г Е) 600 г

4. Камень брошен под углом 60° к горизонту. Как соотносятся между собой начальная кинетическая T_1 камня с его кинетической энергией T_2 в верхней точке траектории?

- А) $T_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} T_2$ В) $T_1 = \frac{3}{4} T_2$ С) $T_1 = T_2$ **Д) $T_1 = 4T_2$** Е) $T_1 = 2T_2$

5. Тело массой $m=2$ кг двигалось со скоростью $V=5$ м/с и упруго столкнулось с жесткой стенкой, двигавшейся навстречу со скоростью $U=2$ м/с. Чему будет равна кинетическая энергия тела после столкновения?

- А) 81 Дж** В) 49 Дж С) 25 Дж Д) 9 Дж Е) 1 Дж

6. Каким стал момент силы тяжести груза на нити относительно точки подвеса в момент прохождения им нижней точки траектории в ходе колебаний? Масса груза равна m . Длина нити L . Ускорение силы тяжести g .

- А) $-mgL$ **В) 0** С) $+mgL$ Д) $-\frac{1}{2} mgL$ Е) $+\frac{1}{2} mgL$

7. Чему равна разность фаз точек волны, отстоящих друг от друга на расстоянии 50 см, если волна распространяется со скоростью 6 м/с при частоте 3 Гц?

- А) $\frac{2\pi}{3}$ В) $\frac{\pi}{3}$ С) $\frac{\pi}{6}$ Д) $\frac{\pi}{4}$ Е) $\frac{\pi}{2}$

8. Если к пружине подвесить поочередно два разных груза, пружина удлиняется на $\Delta x_1=1$ см и $\Delta x_2=2$ см, соответственно. Определите период колебаний, когда к пружине подвешены оба груза. Ускорение свободного падения $g=9,8$ м/с².

- А) 0,25 с В) 0,2 с С) 0,35 с Д) 0,45 с Е) 0,4 с

9. Если бы удалось полностью использовать энергию, которая выделяется при остывании 250 г воды от температуры 100 °С до 20 °С, то на какую высоту можно было бы поднять груз массы 1000 кг? Удельная теплоемкость воды 4 200 Дж/(кг·К). Ускорение свободного падения 9,8 м/с².

- А) 8,2 м В) 8,6 м С) 6,5 м Д) 7,8 м Е) 7,2 м

10. На какой глубине радиус пузырька воздуха вдвое меньше, чем у поверхности воды, если давление у поверхности равно P_0 ? Плотность воды ρ . Ускорение свободного падения g . Температура воды постоянна.

- А) $\frac{3P_0}{\rho g}$ В) $\frac{5P_0}{\rho g}$ С) $\frac{7P_0}{\rho g}$ Д) $\frac{8P_0}{\rho g}$ Е) $\frac{2P_0}{\rho g}$

11. Вычислите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон в однородном магнитном поле с индукцией 10^{-4} Тл, если вектор скорости электрона направлен перпендикулярно вектору индукции, а модуль скорости равен 10^6 м/с. Элементарный заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

- А) 8,7 см В) 7,7 см С) 6,7 см Д) 5,7 см Е) 4,7 см

12. Для заряженной проводящей сферы в состоянии равновесия напряженность электрического поля равна нулю ...

- А) на поверхности сферы
- В) внутри сферы**
- С) вне сферы
- Д) только в центре сферы
- Е) ни в одной точке

13. Два резистора с одинаковым сопротивлением каждый включаются в сеть постоянного напряжения первый раз параллельно, а второй раз последовательно. Какая электрическая мощность потребляется в обоих случаях?

- А) $P_1=P_2$
- В) $P_2=4P_1$
- С) $P_1=4P_2$**
- Д) $P_2=2P_1$
- Е) $P_1=2P_2$

14. Повышающий трансформатор имеет коэффициент трансформации 10. Полное сопротивление первичной обмотки 100 Ом. Чему равно сопротивление вторичной обмотки?

- А) 10 Ом
- В) 10^2 Ом
- С) 10^3 Ом
- Д) 10^4 Ом**
- Е) 0,1 Ом

15. По тонкому кольцу радиуса R равномерно распределен заряд q . Модуль напряженности электрического поля на оси кольца на расстоянии $R\sqrt{3}$ от его центра равен

- А) $\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{3q}{R^2}$
- В) $\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{3q}{8R^2}$
- С) $\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{3q}{4R^2}$
- Д) $\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{\sqrt{3}q}{4R^2}$
- Е) $\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{\sqrt{3}q}{8R^2}$**

16. Элемент ${}_Z X^A$ испытал два α - распада и один β^- -распад. Какое массовое и зарядовое числа будут у нового элемента Y ?

- А) ${}_{Z-1} Y^{A-4}$
- В) ${}_{Z-8} Y^A$
- С) ${}_{Z-3} Y^{A-8}$**
- Д) ${}_{Z+4} Y^{A-4}$
- Е) ${}_{Z-3} Y^{A-4}$

17. Радиосвязь центра управления полетами с космическими кораблями на орбитах возможна на ультракоротких волнах благодаря свойству ионосферы ...

- А) отражать их
- В) поглощать их
- С) преломлять их
- Д) пропускать их**
- Е) поляризовать их

18. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом частотой $\nu_1=8,69 \cdot 10^{14}$ Гц и $\nu_2=5,56 \cdot 10^{14}$ Гц было обнаружено, что соответствующие максимальные энергии фотоэлектронов отличаются друг от друга в 2 раза. Найдите работу выхода этого металла. Постоянная Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Элементарный заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А) 0,9 эВ **В) 1 эВ** С) 1,1 эВ Д) 1,2 эВ Е) 1,3 эВ

19. После того, как конденсатору колебательного контура был сообщен заряд 1 мкКл, в контуре происходят затухающие электромагнитные колебания. Какое количество теплоты выделится в контуре к тому времени, когда колебания полностью затухнут? Емкость конденсатора 10 нФ.

- А) 7 мкДж В) 5 мкДж С) 5 мДж **Д) 50 мкДж** Е) 70 мкДж

20. Предмет находится на расстоянии $a=0,1$ м от переднего фокуса собирающей линзы, а экран, на котором получается четкое изображение предмета – на расстоянии $b=0,4$ м от заднего фокуса линзы. Найдите увеличение Γ предмета.

- А) 2** В) 2,5 С) 3 Д) 3,5 Е) 4

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.4 Экзаменационное задание по физике 4

1. За какое время сделает 100 оборотов колесо, имеющее угловую скорость 4π рад/с ?

А) 25с В) 20 с С) 40 с **Д) 50 с** Е) 400 с

2. Во сколько раз возрастает импульс тела при увеличении его кинетической энергии в три раза?

А) в 9 раз **В) в $\sqrt{3}$ раз** С) в 3 раза Д) в 2 раза Е) не меняется

3. Какова должна была бы быть продолжительность суток на Земле, чтобы предметы, расположенные на экваторе, ничего не весили? Радиус Земли 6400 км. Ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 .

А) 84 мин В) 96 мин С) 60 мин Д) 72 мин Е) 48 мин

4. Тело массы 0,5 кг бросили вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Если за все время полета силы сопротивления воздуха совершили работу, модуль которой равен 36 Дж, то тело упало обратно на землю со скоростью

А) 20м/с В) 8 м/с С) 12 м/с Д) 10 м/с **Е) 16 м/с**

5. Две частицы движутся с ускорением $g=9,8 \text{ м/с}^2$ в однородном поле тяжести. В начальный момент частицы находились в одной точке и имели скорости $V_1=3 \text{ м/с}$ и $V_2=4 \text{ м/с}$, направленные горизонтально и в противоположные стороны. Найдите расстояние между частицами в момент, когда векторы скоростей окажутся взаимно перпендикулярными.

А) 2,27 м **В) 2,47 м** С) 2,67 м Д) 2,87 м Е) 3,07 м

6. К валу приложен вращающий момент 100 Н·м. На вал насажено колесо диаметром 0,5 м. Какую минимальную касательную тормозящую силу следует приложить к ободу колеса, чтобы колесо не вращалось?

А) 200 Н **В) 400 Н** С) 100 Н Д) 50 Н Е) 800 Н

7. Звуковые волны из воздуха распространились в воду. Длина волны звука в воздухе $\lambda_1=1$ м. Какова длина волны звука в воде? Скорость звука в воде $V_2=1,36 \cdot 10^3$ м/с, в воздухе $V_1=0,34 \cdot 10^3$ м/с.

- A) 0,4 м B) 0,2 м C) 1 м **Д) 4 м** E) 2 м

8. Если смешать в калориметре две жидкости, имеющие одинаковые удельные теплоемкости, но разные массы ($m_2=2m_1$) и разные температуры ($T_2=\frac{1}{2} T_1$), то температура смеси будет равна

- A) $\frac{3}{8} T_1$ B) $\frac{3}{4} T_1$ C) $\frac{4}{5} T_1$ **Д) $\frac{2}{3} T_1$** E) $\frac{5}{8} T_1$

9. Определите плотность однородного тела ρ , вес которого в воздухе $P_1=280$ Н, а в воде $P_2=180$ Н. Потерей веса в воздухе пренебрегайте. Плотность воды $\rho_{\text{в}}=1000$ кг/м³.

- A) 2,8 г/см³** B) 2,4 г/см³ C) 2 г/см³ D) 1,6 г/см³ E) 1,8 г/см³

10. Какой скоростью обладала молекула паров серебра, если ее угловое смещение в опыте Штерна составляло $5,4^\circ$ при частоте вращения прибора 150 с⁻¹? Расстояние между внутренним и внешним цилиндрами равно 2 см.

- A) 100 м/с B) 150 м/с **C) 200 м/с** D) 250 м/с E) 300 м/с

11. Гальванический элемент с внутренним сопротивлением $r=6$ Ом замкнут на сопротивление $R=24$ Ом. При каком другом внешнем сопротивлении полезная мощность цепи будет такой же?

- A) 9,5 Ом B) 6,5 Ом C) 4,5 Ом D) 2,5 Ом **E) 1,5 Ом**

12. Заряженный воздушный конденсатор обладает энергией W . Чему станет равна его энергия, если пространство между обкладками заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=4$?

- A) $4W$ B) $\frac{1}{4}W$ C) W D) $2W$ E) $\frac{1}{2}W$

13. Элемент с ЭДС, равной 6 В, дает максимальную силу тока 3 А. Найдите наибольшее количество теплоты, которое может быть выделено внешним сопротивлением за 2 минуты.

- A) 2 160 Дж B) 540 Дж C) 1 540 Дж D) 480 Дж E) 40 Дж

14. По двум направляющим параллельным проводникам, расстояние между которыми $L=15$ см, движется с постоянной скоростью $V=0,6$ м/с перемычка перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B=1$ Тл. В замкнутую цепь включен резистор с сопротивлением $R=2$ Ом. Определите количество теплоты Q , выделенной в резисторе в течение $t=2$ с.

- A) 9,2 мДж B) 8,1 мДж C) 7,0 мДж D) 5,9 мДж E) 4,8 мДж

15. Два одинаковых положительных заряда находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Найдите на прямой, перпендикулярной линии, соединяющей заряды и проходящей через середину этой линии, точку, в которой напряженность поля максимальна.

- A) 10 см B) 8 см C) 7,8 см D) 7,1 см E) 5 см

16. Какой из приборов используют для регистрации альфа – частиц?

- A) спектрограф
B) циклотрон
C) фотоэлемент
D) камера Вильсона

Е) лазер

17. Расстояние между источником света и экраном равно 1,6 м. Когда между ними поместили собирающую линзу на расстоянии 0,4 м от источника, то на экране получилось его четкое изображение. Чему равно главное фокусное расстояние линзы?

А) 0,8 м В) 0,6 м С) 0,5 м Д) 0,4 м **Е) 0,3 м**

18. Действующее значение напряжения на конденсаторе в контуре равно 100 В. Определите максимальное значение энергии конденсатора (электрического поля), если электроемкость конденсатора равна 10 пФ.

А) 0,001 мкДж В) 0,01 мкДж **С) 0,1 мкДж** Д) 1 мкДж Е) 10 мкДж

19. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot 13,6 \text{ эВ}$, $n=1,2,3,\dots$. При переходе электрона с верхнего уровня энергии на нижний уровень атом излучает фотон. При переходе электрона с верхнего уровня на уровень с $n=1$ образуется серия Лаймана, а при переходе на уровень с $n=3$ образуется серия Пашена и т.д. Найдите отношение минимальной энергии фотона в серии Лаймана к максимальной энергии фотона в серии Пашена.

А) 3,25 **В) 6,75** С) 5,4 Д) 2,25 Е) 4,5

20. До какого максимального заряда q можно зарядить покрытый селеном шар радиусом $R=10 \text{ см}$, облучая его светом длиной волны $\lambda=110 \text{ нм}$, если работа выхода из селена равна $A=9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$? Скорость света в вакууме $c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Постоянная Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$. Электрическая постоянная $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$. Элементарный заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

А) $6,3 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ В) $6,3 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$ С) $6,3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ Д) $6,3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ Е) $6,3 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.5 Экзаменационное задание по физике 5

1. По какой траектории движется частица в горизонтальной плоскости в случае, если $|\vec{V}|=\text{const}$ и $|\vec{a}|=\text{const}$. При этом скорость \vec{V} и ускорение \vec{a} отличны от нуля.

А) синусоида **В) окружность** С) прямая Д) парабола Е) гипербола

2. Определите начальную скорость тела, брошенного с высоты $H=135$ м вертикально вниз и достигшего земли через время $t=5$ с. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

А) 2 м/с В) 3 м/с С) 1,35 м/с Д) 2,7 м/с Е) 1,25 м/с

3. Космической ракете сообщена вертикальная скорость 12 200 м/с; как известно, такая ракета будет неограниченно удаляться от Земли. Если вторую космическую скорость считать равной 11 300 м/с, то "на бесконечность" ракета улетит со скоростью ...

А) 900 м/с **В) 4 599 м/с** С) 6 813 м/с Д) 9 765 м/с Е) 23 500 м/с

4. С аэростата сбросили два шарика, одинакового объема 4 см³, один алюминиевый, плотность которого 2700 кг/м³, другой – стальной, плотность которого 7800 кг/м³. Шарики соединены длинной тонкой нерастяжимой и невесомой нитью. Найдите натяжение нити после того, как из-за сопротивления воздуха движение шариков станет установившимся. Ускорение силы тяжести равно 10 м/с².

А) 306 мН В) 51 мН **С) 102 мН** Д) 204 мН Е) 408 мН

5. С некоторой высоты свободно падает тело. Через 3 секунды с той же высоты свободно падает второе тело. Определите через сколько времени утроится расстояние, разделявшее тела до начала падения второго из них.

А) 9 с В) 4 с **С) 3 с** Д) 2 с Е) 1 с

6. Каково давление одноатомного идеального газа, занимающего объем 2 л, если его внутренняя энергия равна 300 Дж?

А) $1,5 \cdot 10^5$ Па В) $1,5 \cdot 10^6$ Па С) $6 \cdot 10^6$ Па Д) $1 \cdot 10^6$ Па **Е) $1 \cdot 10^5$ Па**

7. К ободу колеса диаметром 60 см приложена касательная тормозящая сила 100 Н. Какой минимальный по величине вращательный момент может заставить колесо вращаться?

- A) 30 Н·м B) 60 Н·м C) 50 Н·м D) 100 Н·м E) 600 Н·м

8. Груз массой $m=100$ г, подвешенный на пружине, совершает колебания. Когда к пружине с грузом подвесили еще один груз, частота колебаний уменьшилась в $n=2$ раза. Определите массу второго груза.

- A) 25 г B) 50 г C) 200 г D) 300 г E) 400 г

9. Плавающее тело вытесняет керосин объемом 120 см^3 . Какой объем воды будет вытеснять это тело? Плотность керосина 800 кг/м^3 , воды – 1000 кг/м^3 .

- A) 78 см^3 B) 96 см^3 C) 92 см^3 D) 106 см^3 E) 84 см^3

10. Материальная точка, совершающая гармонические колебания с частотой $\nu=1$ Гц, в момент времени $t=0$ проходит положение, определяемое координатой $x_0=5$ см, со скоростью $V_0=15$ см/с. Определите амплитуду колебаний.

- A) 5,54 см B) 5,74 см C) 5,94 см D) 6,14 см E) 6,34 см

11. Если на точечный заряд 1 нКл, помещенный в некоторую точку поля, действует сила 0,02 мкН, то модуль напряженности электрического поля в этой точке равен ...

- A) 50 В/м B) 500 В/м C) 10 В/м D) 200 В/м E) 20 В/м

12. В магнитном поле, индукция которого равна B , вращается стержень длиной L с постоянной угловой скоростью ω . Ось вращения перпендикулярна стержню, проходит через его конец и параллельна линиям индукции магнитного поля. ЭДС индукции, возникающая в стержне, равна ...

- А) $BL^2\omega$ В) $\frac{1}{4}BL^2\omega$ С) $\frac{1}{4\pi}BL^2\omega$ Д) $\frac{1}{2}BL^2\omega$ Е) $\frac{1}{2\pi}BL^2\omega$

13. Шарику радиуса $R=2$ см сообщен заряд $q=4$ пКл. С какой скоростью подлетает к шару электрон, начавший движение из бесконечно удаленной от него точки? Удельный заряд электрона $\gamma=1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг. Электрическая постоянная $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

- А) 500 км/с В) 600 км/с С) 700 км/с Д) 800 км/с Е) 900 км/с

14. Элемент ЭДС которого равна 6 В, замыкают на внешнее сопротивление 2 Ом. При этом во внешней цепи выделяется мощность 8 Вт. Найдите внутреннее сопротивление элемента.

- А) 0,4 Ом В) 0,6 Ом С) 0,8 Ом Д) 1 Ом Е) 1,2 Ом

15. Ионы двух изотопов с массами m_1 и m_2 , имеющие одинаковый заряд и прошедшие в электрическом поле одинаковую ускоряющую разность потенциалов, влетают в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Отношение радиусов окружностей $\frac{r_1}{r_2}$, по которым будут двигаться ионы в магнитном поле, равно

- А) $\frac{m_1}{m_2} \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$ В) $\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$ С) $\sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$ Д) $\frac{m_1}{m_2}$ Е) $\frac{m_2}{m_1}$

16. В идеальном колебательном контуре сила тока изменяется по закону $I=0,4 \cdot \cos 10^4 t$, А. Если в этом контуре индуктивность катушки равна 0,01 Гн, то емкость конденсатора равна ...

- А) 10^{-2} мкФ В) 1 мкФ С) 10 мкФ Д) 10^{-1} мкФ Е) 10^2 мкФ

17. Во сколько раз импульс фотона с частотой $1 \cdot 10^{16}$ Гц больше импульса фотона с длиной волны $8,1 \cdot 10^{-5}$ см? скорость света $3 \cdot 10^5$ км/с.

- A) 9 B) 27 C) 81 D) 160 E) 243

18. В колебательном контуре максимальное напряжение на конденсаторе 120 В. Определите максимальную силу тока, если индуктивность катушки 5 мГн, а емкость конденсатора 10 мкФ. Считайте, что активное сопротивление пренебрежимо мало.

- A) 5,37 А B) 4,12 А C) 3,42 А D) 2,13 А E) 1,08 А

19. На оси x в точке $x_1=0$ находится тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F=30$ см, а в точке $x_2>0$ – плоское зеркало, перпендикулярное оси x . Главная оптическая ось линзы лежит на оси x . На собирающую линзу по оси x падает параллельный пучок света из области $x<0$. Пройдя оптическую систему, пучок остается параллельным. Найдите расстояние L от линзы до зеркала.

- A) 60 см B) 45 см C) 15 см D) 7,5 см E) 30 см

20. В процессе колебаний в идеальном колебательном контуре в момент времени t заряд конденсатора $q=4 \cdot 10^{-9}$ Кл, а сила электрического тока в катушке равна $I=3$ мА. Период колебаний $T=6,3 \cdot 10^{-6}$ с. Найдите амплитуду колебаний заряда.

- A) 5 нКл B) 6 нКл C) 7 нКл D) 8 нКл E) 9 нКл

Верные ответы в заданиях отмечены красным цветом.

5.6 Экзаменационное задание по физике 6

1. Со стола высотой 1,25 м слетает шарик со скоростью 2 м/с, направленной горизонтально (ускорение свободного падения 10 м/с²). Дальность полета в горизонтальном направлении равна ...

A) 1 м В) 2 м С) 4 м Д) 0,5 м Е) 0,25 м

2. Мотор с полезной мощностью 15 кВт, установленный на автомобиле, может сообщить ему при движении по горизонтальному участку дороги скорость 90 км/час. Определите силу сопротивления движению автомобиля при заданной скорости.

A) 600 Н В) 800 Н С) 500 Н Д) 750 Н Е) 450 Н

3. Чтобы удержать тело на наклонной плоскости с углом наклона $\alpha=45^\circ$ надо приложить силу $F_1=0,2$ Н, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать вверх, надо приложить силу $F_2=0,6$ Н. Найдите коэффициент трения.

A) 0,25 В) 0,75 С) 1 Д) 0,5 Е) 0,4

4. Пуля массой 20 г, выпущенная под углом 60° к горизонту с начальной скоростью 600 м/с, в верхней точке траектории имеет кинетическую энергию, равную ...

A) 400 Дж В) 500 Дж С) 600 Дж Д) 800 Дж Е) 900 Дж

5. Определите массу груза, который нужно сбросить с аэростата массой 1 100 кг, движущегося равномерно вниз, чтобы аэростат стал двигаться с такой же по модулю скоростью вверх. Архимедова сила, действующая на аэростат, равна 10^4 Н. Сила сопротивления воздуха при движении аэростата пропорциональна скорости. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

A) 400 кг В) 300 кг С) 250 кг Д) 200 кг Е) 150 кг

6. Газ находится в сосуде под давлением 50 МПа. При сообщении газу 60 МДж теплоты он изобарно расширился на $0,5$ м³. На сколько изменилась внутренняя энергия газа?

A) 50 МДж В) 45 МДж С) 40 МДж Д) 35 МДж Е) 30 МДж

7. Через один кран резервуар заполняется за 18 минут, а через другой – за 27 минут. На какой промежуток времени надо открыть оба крана, чтобы наполнить 0,5 резервуара?

- А) 5,2 мин В) 5,4 мин С) 5,5 мин Д) 5,6 мин Е) 5,8 мин

8. Стальную деталь проверяют ультразвуковым дефектоскопом, работающим на частоте 1 МГц. Отраженный от дефекта сигнал возвратился на поверхность детали через 8 мкс после посылки. Если длина ультразвуковой волны в стали равна 5 мм, то дефект находится на глубине ...

- А) 40 мм В) 20 мм С) 12 мм Д) 8 мм Е) 4 мм

9. Чему равна плотность кислорода при температуре 47 °С и давлении 1 МПа? Молярная масса кислорода $\mu=32$ г/моль. Универсальная газовая постоянная 8,31 Дж/(моль·К).

- А) 1,2 кг/м³ В) 12 кг/м³ С) 16 кг/м³ Д) 68 кг/м³ Е) 6,8 кг/м³

10. Материальная точка совершает колебания согласно уравнению $x=A\sin\omega t$. В какой-то момент времени смещение точки $x_1=15$ см. При возрастании фазы колебаний в два раза смещение оказалось равным 24 см. Определите амплитуду A колебаний.

- А) 36 см В) 32 см С) 30 см Д) 25 см Е) 24 см

11. Если частица, имеющая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиуса R , то импульс частицы равен ...

- А) $\frac{qB}{2\pi R}$ В) $qB2\pi R$ С) $qB\pi R^2$ Д) qBR^2 Е) qBR

12. Если от капли воды, несущей электрический заряд $+5e$, отделится капелька с электрическим зарядом $-3e$, то электрический заряд оставшейся части капли будет равен ...

- A) $-8e$ B) $-2e$ C) $+2e$ D) $+4e$ E) $+8e$

13. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл по окружности. Определите угловую скорость вращения электрона. Масса электрона $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, его заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- A) $1,46 \cdot 10^{10} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ B) $1,56 \cdot 10^{10} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ C) $1,66 \cdot 10^{10} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ D) $1,76 \cdot 10^{10} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ E) $1,86 \cdot 10^{10} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

14. Напряжение на (внешнем) участке цепи $U_1=5$ В, сила тока $I_1=3$ А. После изменения сопротивления этого участка напряжение стало $U_2=8$ В, а сила тока $I_2=2$ А. Каково внутреннее сопротивление источника тока?

- A) 1 Ом B) 2 Ом C) 3 Ом D) 4 Ом E) 5 Ом

15. Плоский воздушный конденсатор заряжен и отключен от источника. Какова толщина L плоской стеклянной пластинки, которую нужно ввести в зазор, чтобы разность потенциалов уменьшилась в n раз? Диэлектрическая проницаемость стекла ϵ . Ширина зазора между обкладками d ($d > L$).

- A) $d \frac{n+1}{n} \frac{\epsilon}{\epsilon+1}$ B) $d \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \frac{n+1}{n}$ C) $d \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \frac{n-1}{n}$ D) $d \frac{\epsilon}{\epsilon+1} \frac{n-1}{n}$ E) $d \frac{n}{n-1} \frac{\epsilon-1}{\epsilon}$

16. Конденсатор емкости C заряжается до напряжения U_0 и замыкается на катушку с индуктивностью L . Чему равна амплитуда I_0 силы тока в образовавшемся колебательном контуре? Активным сопротивлением контура пренебрегайте.

A) $\frac{\sqrt{LC}}{U_0}$ B) $\frac{U_0}{\sqrt{LC}}$ C) $U_0\sqrt{LC}$ D) $U_0\sqrt{\frac{L}{C}}$ E) $U_0\sqrt{\frac{C}{L}}$

17. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

A) 0,5 B) 0,71 C) 0,37 D) 0,25 E) 0,29

18. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 20 мкГн и конденсатора емкостью 10 нФ. На какую длину волны рассчитан этот контур? Скорость света в вакууме $c=300\,000$ км/с.

A) 456 м B) 548 м C) 612 м D) 720 м E) 843 м

19. Объектив проекционного аппарата имеет оптическую силу 5,4 дптр. Экран расположен на расстоянии 4 м от объектива. Определите размеры экрана, на котором должно уместиться изображение диапозитива размером 6*9 см.

A) 1,45 м B) 1,65 м C) 1,85 м D) 2,05 м E) 2,15 м

20. При облучении металла светом с длиной волны 245 нм наблюдается фотоэффект. Работа выхода металла равна 2,4 эВ. Рассчитайте величину задерживающего напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза. Постоянная Планка равна $6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Скорость света $3 \cdot 10^8$ м/с. Элементарный заряд равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

A) 1,6 В B) 1,8 В C) 2,0 В D) 2,2 В E) 2,4 В

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.7 Экзаменационное задание по физике 7

1. Шарик массой 500 г, укрепленный на конце легкого стержня длиной 1 м, равномерно вращается в вертикальной плоскости с угловой скоростью 2 рад/с. С какой силой действует шарик на стержень в нижней точке траектории? Ускорение силы тяжести 10 м/с².

A) 7 Н B) 10 Н C) 5 Н D) 12 Н E) 4 Н

2. Чему равен тормозной путь автомобиля массой 1 000 кг, движущегося со скоростью 30 м/с? Коэффициент трения скольжения между дорогой и шинами автомобиля равен 0,15. Ускорение свободного падения 10 м/с^2 .

A) 15 м B) 30 м C) 150 м D) 300 м E) 90 м

3. Камень, привязанный к веревке длиной $L=2,5 \text{ м}$, равномерно вращается в вертикальной плоскости. Масса камня $m=2 \text{ кг}$. Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$. При каком значении периода обращения камня его вес в верхней точке траектории станет равным нулю?

A) 6,28 с B) 3,14 с C) 1,57 с D) 2 с E) 4 с

4. Первую четверть пути автомобиль двигался со скоростью 60 км/час, а оставшуюся часть пути – со скоростью 20 км/час. Найдите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

A) 40 км/час B) 36 км/час C) 32 км/час D) 28 км/час E) 24 км/час

5. Грузовой автомобиль с двумя ведущими осями и массой $M=4 \text{ т}$ тянет за нерастяжимый трос вверх по уклону легковой автомобиль массой $m=1 \text{ т}$, двигатель которого выключен. С каким максимальным ускорением могут двигаться автомобили, если угол наклона составляет $\alpha=\arcsin 0,1$, а коэффициент трения μ между шинами грузового автомобиля и дорогой равен 0,2? Силой трения качения, действующей на легковой автомобиль, и массой колес пренебречь. Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$.

A) $0,33 \text{ м/с}^2$ B) $0,55 \text{ м/с}^2$ C) $0,77 \text{ м/с}^2$ D) $0,44 \text{ м/с}^2$ E) $0,66 \text{ м/с}^2$

6. Сосуд, содержащий некоторую массу азота при нормальных условиях, движется со скоростью 100 м/с. Какова будет максимальная температура азота при внезапной остановке сосуда? Удельная теплоемкость азота при постоянном объеме равна $745 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

A) 273 К B) 320 К C) 300 К D) 400 К E) 280 К

7. Однородный шар плавает на поверхности воды, наполовину погруженный в воду. Чему равен объем шара, если на него действует выталкивающая сила F ? Ускорение силы тяжести g . Плотность воды ρ .

- A) $2F\rho g$ B) $F\rho g$ C) $\frac{F}{\rho g}$ D) $\frac{F}{2\rho g}$ E) $\frac{2F}{\rho g}$

8. Расстояние между гребнями волны в море $L=5$ м. При встречном движении (навстречу волне) катера волна за время $t=1$ с ударяет о корпус катера 4 раза, а при попутном – 2 раза. Найдите скорость катера.

- A) 32 км/час B) 36 км/час C) 42 км/час D) 48 км/час E) 54 км/час

9. Если при постоянной температуре число молекул идеального газа, содержащегося в замкнутом сосуде, увеличить на 220 %, объем сосуда увеличить на 40 %, то давление газа увеличится в ...

- A) 1,7 раза B) 1,9 раза C) 2,1 раза D) 2,3 раза E) 2,5 раза

10. К пружине подвешивают поочередно два различных груза. Период гармонических колебаний первого груза равен T_1 , второго – T_2 . Чему будет равен период колебаний, если к этой же пружине подвесить одновременно два груза?

- A) $\sqrt{T_1^2 + T_2^2}$ B) $\sqrt{\frac{T_1^2 + T_2^2}{2}}$ C) T_1+T_2 D) $\frac{T_1 + T_2}{2}$ E) $\sqrt{T_1 T_2}$

11. Вычислите сопротивление спирали лампы от карманного фонаря, если при напряжении 3,5 В сила тока в ней 280 мА.

- A) 12,5 Ом B) 125 Ом C) 50 Ом D) 25 Ом E) 250 Ом

12. Частица массы m и заряда q движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией B в плоскости, перпендикулярной линиям индукции. Если радиус окружности R , то кинетическая энергия частицы равна ...

- А) $\frac{q^2 BR^2}{2m}$ В) $\frac{qB^2 R^2}{2m}$ С) $\frac{q^2 B^2 R}{2m}$ **Д) $\frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$** Е) $\frac{qBR^2}{2m}$

13. К источнику с ЭДС $E=2$ В и внутренним сопротивлением $r=1$ Ом подключают нагрузку. Если ток в цепи равен $I=1$ А, то нагрузка потребляет мощность, равную ...

- А) 1 Вт** В) 2 Вт С) 4 Вт Д) $\sqrt{2}$ Вт Е) $2\sqrt{2}$ Вт

14. Положительный заряд в 1 мкКл равномерно распределен по поверхности шара радиусом 10 см. Каков потенциал в точке, удаленной на 20 см от поверхности шара? Электрическая постоянная $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

- А) 45 кВ В) 40 кВ С) 25 кВ Д) 20 кВ **Е) 30 кВ**

15. По жесткому проволочному кольцу диаметром $d=10$ см и сечением $S=5$ мм² течет ток силой $I=5$ А. Плоскость кольца перпендикулярна магнитному полю, индукция которого $B=1$ Тл. Определите механическое напряжение (силу, действующую на единицу площади поверхности) в проволоке.

- А) $1 \cdot 10^5$ Па В) $2 \cdot 10^5$ Па **С) $5 \cdot 10^5$ Па** Д) $8 \cdot 10^5$ Па Е) $10 \cdot 10^5$ Па

16. Замкнутый контур в виде рамки с площадью $S=60$ см² равномерно вращается с частотой $\nu=20$ с⁻¹ в однородном магнитном поле с индукцией $B=20$ мТл. Ось вращения и направление поля взаимно перпендикулярны. Определите действующее значение E ЭДС в контуре.

- А) 9,7 мВ В) 10,7 мВ С) 11,7 мВ Д) 12,7 мВ Е) 13,7 мВ

17. Какая энергия выделилась бы при полном превращении 1 г вещества в излучение?

- А) $9 \cdot 10^{12}$ Дж В) $9 \cdot 10^{13}$ Дж С) $9 \cdot 10^{14}$ Дж Д) $9 \cdot 10^{15}$ Дж Е) $9 \cdot 10^{16}$ Дж

18. Фотоэффект у данного металла начинается при частоте излучения $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Найдите частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет 3 В. Постоянная Планка $h=6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, элементарный заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А) $1,32 \cdot 10^{15}$ Гц В) $1,47 \cdot 10^{15}$ Гц С) $1,61 \cdot 10^{15}$ Гц Д) $1,73 \cdot 10^{15}$ Гц Е) $1,86 \cdot 10^{15}$ Гц

19. Заряженный конденсатор подключается к идеальной катушке. Какая доля энергии останется в конденсаторе через $\frac{1}{8}$ периода свободных колебаний в контуре?

- А) $\frac{1}{6}$ В) $\frac{1}{12}$ С) $\frac{1}{2}$ Д) $\frac{1}{4}$ Е) $\frac{1}{8}$

20. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом частотой $\nu_1=8,57 \cdot 10^{14}$ Гц и $\nu_2=5,56 \cdot 10^{14}$ Гц было обнаружено, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в 2 раза. Найдите работу выхода этого металла. Постоянная Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Элементарный заряд равен $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А) 1,5 эВ В) 1,7 эВ С) 1,9 эВ Д) 2,1 эВ Е) 2,3 эВ

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.8 Экзаменационное задание по физике 8

1. Лыжник спускается с горы за время t . За какое время он спустится с горы такой же формы, но в 4 раза большей высоты?

- A) 8 t B) 2 t C) 16 t D) 1 t E) 4 t

2. Действуя постоянной силой $F=200$ Н, поднимают груз массой $M=10$ кг на высоту $h=10$ м. Какую работу A совершает сила F ? Ускорение силы тяжести $g=10$ м/с²?

- A) 500 Дж B) 1 000 Дж C) 2 000 Дж D) 2 500 Дж E) 4 000 Дж

3. Радиус планеты меньше радиуса Земли в 3 раза. Чему равна масса планеты, если сила тяжести тела на ее поверхности равна силе тяжести этого тела на поверхности Земли? Масса Земли равна M .

- A) $\frac{M}{3}$ B) 3 M C) $\frac{M}{9}$ D) 9 M E) M

4. Из орудия массой $M=10$ т выстрелили в горизонтальном направлении. Масса снаряда $m=40$ кг, его скорость при вылете $V=1$ км/с. Определите длину отката орудия, если коэффициент трения лафета о почву $\mu=0,4$. Ускорение силы тяжести $g=10$ м/с².

- A) 1 м B) 1,5 м C) 2 м D) 2,5 м E) 3 м

5. Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $t_1=1$ с, а второй – за $t_2=1,5$ с. Длина вагона $L=12$ м. Найдите ускорение a поезда, считая движение равнопеременным.

- A) $-1,5$ м/с² B) -2 м/с² C) $-2,4$ м/с² D) -3 м/с² E) $-3,2$ м/с²

6. Чему равна плотность водорода при нормальных условиях? Молярная масса водорода $\mu=2$ г/моль. Газовая постоянная $R=8,31$ Дж/(моль·К).

- A) 0,02 кг/м³ B) 0,04 кг/м³ C) 0,09 кг/м³ D) 0,86 кг/м³ E) 1,26 кг/м³

7. Каково давление в жидкости плотностью 1 г/см^3 на глубине 10 м от поверхности? Ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 .

- А) 10^{-3} Па В) 10^{-1} Па С) 10 Па Д) 10^3 Па Е) 10^5 Па

8. Если увеличить массу груза, подвешенного к спиральной пружине на 600 г , то период колебаний груза возрастает в 2 раза. Определите массу первоначально подвешенного груза.

- А) 300 г В) 250 г С) 450 г Д) 400 г Е) 200 г

9. Масса m идеального газа, находящегося при температуре T , охлаждается изохорно так, что давление падает в n раз. Затем газ расширяется при постоянном давлении. В конечном состоянии его температура равна первоначальной. Определите совершенную газом работу. Молярная масса газа μ . Универсальная газовая постоянная R .

- А) $\frac{n+1}{n} \frac{m}{\mu} RT$ В) $\frac{n-1}{n} \frac{m}{\mu} RT$ С) $n \frac{m}{\mu} RT$ Д) $\frac{1}{n} \frac{m}{\mu} RT$ Е) $\frac{n}{n+1} \frac{m}{\mu} RT$

10. Найдите отношение кинетической энергии точки, совершающей гармонические колебания по синусоидальному закону, к ее потенциальной энергии для момента времени, когда смещение точки от положения равновесия составляет $x = \frac{A}{4}$, где A – амплитуда колебаний.

- А) 4 В) 15 С) 3 Д) 0 Е) 16

11. Какой силы ток должен проходить по проводнику, включенному в сеть напряжением 220 В , чтобы в нем ежеминутно выделялось по $6,6 \text{ кДж}$ теплоты?

- А) $0,33 \text{ А}$ В) $0,5 \text{ А}$ С) $0,66 \text{ А}$ Д) $0,4 \text{ А}$ Е) $0,44 \text{ А}$

12. Какую размерность в системе СИ имеет единица измерения магнитного потока?

- А) $\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}^2}$ В) $\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{А}}$ С) $\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А}}$ Д) $\frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{А}}$ Е) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{А}}$

13. К источнику постоянного тока, ЭДС которого 36 В, а внутреннее сопротивление 1 Ом, подключены параллельно два резистора с сопротивлением 4 Ом каждый. Каково напряжение на выходе источника тока?

- А) 28,8 В В) 7,2 В С) 12 В Д) 24 В Е) 32 В

14. Два маленьких одинаковых металлических шарика заряжены разноименными зарядами $+q$ и $-5q$. Шарик привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменился модуль силы взаимодействия шариков?

- А) уменьшился в 1,25 раза
В) увеличился в 1,25 раза
С) увеличился в 1,8 раза
Д) уменьшился в 1,8 раза
Е) не изменился

15. Прямой проводник длиной $L=10$ см помещен в однородном магнитном поле с индукцией $B=1$ Тл. Концы проводника замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи $R=0,4$ Ом. Какая мощность P потребуется для того, чтобы двигать проводник перпендикулярно линиям индукции со скоростью $V=20$ м/с?

- А) 2 Вт В) 4 Вт С) 10 Вт Д) 20 Вт Е) 40 Вт

16. Найдите коэффициент мощности $\cos\varphi$ электрической цепи, если генератор отдает в цепь мощность $P=8$ кВт. Амплитуда тока в цепи $I_0=100$ А и амплитуда напряжения на зажимах генератора $U_0=200$ В.

- А) 0,4 В) 0,5 С) 0,6 Д) 0,7 Е) 0,8

17. Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них (перпендикулярно плоскостям этих зеркал) падает световая волна длиной 600 нм. Чему должно быть равно минимальное расстояние между зеркалами, чтобы наблюдался первый минимум при интерференции отраженных световых волн?

- А) 600 нм В) 300 нм **С) 150 нм** Д) 900 нм Е) 1 200 нм

18. Найдите оптическую силу объектива проекционного аппарата, если он дает двадцатикратное увеличение, когда слайд находится от него на расстоянии 21 см.

- А) 2 дптр В) 3 дптр С) 4 дптр **Д) 5 дптр** Е) 6 дптр

19. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{1}{n^2} 13,6$, эВ, где $n=1,2,3,\dots$. При переходе электрона с верхнего уровня энергии на нижний уровень атом излучает фотон. При переходе с верхнего уровня на уровень с $n=1$ образуется серия Лаймана, при переходе на уровень с $n=2$ образуется серия Бальмера, и при переходе на уровень с $n=3$ образуется серия Пашена и т.д. Найдите отношение минимальной энергии фотона в серии Лаймана к максимальной энергии в серии Бальмера.

- А) 3** В) 2 С) $\frac{3}{2}$ Д) $\frac{4}{3}$ Е) $\frac{16}{9}$

20. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы электрического тока в катушке индуктивности $I_0=5$ мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе $U_0=2$ В. В момент времени t сила тока в катушке $I=3$ мА. Найдите напряжение на конденсаторе в этот момент.

- А) 1,8 В **В) 1,6 В** С) 1,4 В Д) 1,2 В Е) 1 В

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.9 Экзаменационное задание по физике 9

1. Санки скользят вниз по склону с постоянным ускорением, равным 3 м/с^2 . Определите скорость санок после того, как они проскользили 10 м вниз, если их начальная скорость была 2 м/с .

- A) 6 м/с B) 7 м/с C) 8 м/с D) 9 м/с E) 10 м/с

2. Определите ускорение свободного падения на высоте h , равной половине радиуса Земли. У поверхности Земли ускорение свободного падения считайте равным $g=10 \text{ м/с}^2$.

- A) 4,95 м/с² B) 3,3 м/с² C) 4,4 м/с² D) 5,5 м/с² E) 6,6 м/с²

3. Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом $2 \cdot 10^7 \text{ м}$. Определите скорость корабля, считая известными радиус Земли 6 400 км и ускорение свободного падения 10 м/с^2 .

- A) 11 км/с B) 8 км/с C) 6,3 км/с D) 4,5 км/с E) 3,8 км/с

4. Тело, спустившись с наклонной плоскости высотой h и углом наклона α , остановилось, пройдя путь S по горизонтали. Определите коэффициент трения, считая его постоянным на всем пути движения тела.

- A) $\frac{h}{h \cdot \operatorname{tg} \alpha + S}$ B) $\frac{h}{h \cdot \operatorname{ctg} \alpha + S}$ C) $\frac{h}{h \cdot \cos \alpha + S}$ D) $\frac{h}{h \cdot \sin \alpha + S}$ E) $\frac{h}{h + S \cdot \sin \alpha}$

5. Тележка массой 0,8 кг движется по инерции со скоростью 2,5 м/с. На тележку с высоты 50 см падает кусок пластилина массой 0,2 кг и прилипает к ней. Рассчитайте энергию, которая перешла во внутреннюю энергию при этом ударе. Ускорение свободного падения 10 м/с^2 .

- A) 2 Дж B) 1 Дж C) 0,5 Дж D) 1,5 Дж E) 2,5 Дж

6. При неизменной концентрации молекул гелия средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Как при этом изменилось давление газа?

- A) не изменилось

- В) уменьшилось в 2 раза
- С) увеличилось в 2 раза
- Д) увеличилось в 4 раза**
- Е) увеличилось в 16 раз

7. Подводная лодка находится на глубине $h=100$ м. С какой скоростью через отверстие в корпусе лодки будет врываться струя воды? Ускорение силы тяжести $g=9,8$ м/с².

- А) 44,3 м/с**
- В) 42,3 м/с
- С) 40,3 м/с
- Д) 38,3 м/с
- Е) 36,3 м/с

8. Через какую долю периода T скорость точки будет равна половине ее максимальной скорости? В начальный момент, совершая гармонические колебания, точка проходит положение равновесия.

- А) $\frac{T}{2}$
- В) $\frac{T}{3}$
- С) $\frac{T}{4}$
- Д) $\frac{T}{6}$**
- Е) $\frac{T}{8}$

9. Определите, во сколько раз увеличивается среднее расстояние между молекулами воды, когда она переходит из жидкого в газообразное состояние при нормальном атмосферном давлении?

- А) в 10^2 раз
- В) в 10^4 раз
- С) в 10 раз**
- Д) в 10^3 раз
- Е) не изменится

10. Математический маятник, отведенный на угол α_0 от вертикали, проходит положение равновесия со скоростью V . Считая колебания гармоническими, найдите частоту собственных колебаний маятника.

- А) $\omega = \frac{g\alpha_0}{V}$**
- В) $\omega = \frac{2g\alpha_0}{V}$
- С) $\omega = \frac{g\alpha_0}{2V}$
- Д) $\omega = \frac{V_0}{2g\alpha_0}$
- Е) $\omega = \frac{2V_0}{g\alpha_0}$

11. Электрический утюг рассчитан на напряжение 220 В. Сопротивление его нагревательного элемента 88 Ом. Чему равна мощность этого утюга?

- А) $4 \cdot 10^2$ Вт
- В) $5,5 \cdot 10^2$ Вт**
- С) $2 \cdot 10^3$ Вт
- Д) $4 \cdot 10^3$ Вт
- Е) $5,5 \cdot 10^3$ Вт

12. В магнитном поле, индукция которого $B=0,05$ Тл, вращается стержень длиной $L=1$ м. Ось вращения, проходящая через один из концов стержня, параллельна направлению магнитного поля. Найдите магнитный поток Φ , пересекаемый стержнем при каждом обороте.

- A) 0,16 Вб B) 0,2 Вб C) 0,25 Вб D) 0,1 Вб E) 0,5 Вб

13. Два одинаковых маленьких металлических шарика заряжены положительными зарядами q и $4q$. Центры шариков находятся на расстоянии r друг от друга. Шарик привели в соприкосновение. На какое расстояние x после этого нужно развести центры шариков, чтобы сила их взаимодействия осталась прежней?

- A) $0,8r$ B) $2r$ C) r D) $1,25r$ E) $1,5r$

14. Понижающий трансформатор используется для того, чтобы зажечь лампочку с маркировкой 12 В, 24 Вт от сети напряжением 240 В. Ток в первичной обмотке составляет 125 мА. Каков КПД этого трансформатора?

- A) 70 % B) 75 % C) 80 % D) 85 % E) 90 %

15. При замыкании источника тока на внешнее сопротивление 4 Ом в цепи протекает ток 0,3 А, а при замыкании на сопротивление 7 Ом протекает ток 0,2 А. Определите ток короткого замыкания этого источника.

- A) 1,2 А B) 2,1 А C) 0,5 А D) 1,6 А E) 0,9 А

16. Каким из перечисленных ниже свойств обладают поперечные волны, но не обладают продольные волны?

- A) отражение
B) преломление

- С) интерференция
- Д) поляризация**
- Е) дифракция

17. Сколько возможных квантов с различной энергией может испустить атом водорода, если электрон находится на третьей стационарной орбите?

- А) 4
- В) 5
- С) 1
- Д) 3**
- Е) 2

18. Определите увеличение, даваемое линзой, фокусное расстояние которой равно 0,13 м, если предмет отстоит от нее на 15 см.

- А) 7,5
- В) 7
- С) 5
- Д) 6
- Е) 6,5**

19. Первичная обмотка понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации $k=10$ включена в сеть переменного тока с напряжением $U_1=120$ В. Сопротивление вторичной обмотки $r=1,2$ Ом, ток в ней $I_2=5$ А. Найдите сопротивление R нагрузки трансформатора.

- А) 1,1 Ом
- В) 1,2 Ом**
- С) 1,4 Ом
- Д) 1,5 Ом
- Е) 2,4 Ом

20. В цепочке радиоактивных превращений ${}_{92}\text{U}^{235}$ и ${}_{82}\text{Pb}^{207}$ содержится несколько альфа- и бета-распадов. Сколько всего распадов в этой цепочке?

- А) 11**
- В) 13
- С) 14
- Д) 12
- Е) 10

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.10 Экзаменационное задание по физике 10

1. Лодка идет по реке от пункта А до пункта В по течению со скоростью 12 км/час относительно берега, а обратно со скоростью 8 км/час. Какова скорость течения воды в реке?

А) 1,5 км/час В) 2 км/час С) 1,8 км/час Д) 1,2 км/час Е) 2,4 км/час

2. Поезд массы $m=500$ т после прекращения тяги паровоза останавливается под действием силы трения $F=0,1$ МН через время $t=1$ мин. С какой скоростью V шел поезд до момента прекращения тяги паровоза?

А) 37,8 км/час В) 39,6 км/час С) 41,4 км/час Д) 43,2 км/час Е) 45 км/час

3. Какое ускорение сообщает Солнце Земле своим притяжением? Расстояние до Солнца примерно в 24 тыс. раз больше, чем радиус Земли, а масса Солнца превышает массу Земли в 333 тыс. раз. Ускорение свободного падения у поверхности Земли $g=10$ м/с².

А) $6 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$ В) $12 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$ С) $18 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$ Д) $24 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$ Е) $30 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}$

4. Тело обладает импульсом $P=40$ кг· $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ и кинетической энергией $E_k=100$ Дж. Чему равна его масса?

А) 2 кг В) 10 кг С) 5 кг Д) 4 кг Е) 8 кг

5. Нить маятника длиной $L=1$ м, к которой подвешен груз массой $m=0,1$ кг, отклонена на угол α от вертикального положения и отпущена. Сила T натяжения нити в момент прохождения маятником положения равновесия равна 2 Н. чему равен угол α ? Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

А) 57° В) 90° С) 45° Д) 30° Е) 60°

6. Какое свойство отличает кристалл от аморфного тела?

- А) плотность
- В) прочность
- С) прозрачность

- Д) твердость
Е) анизотропность

7. Сосуд кубической формы наполнен жидкостью массы m . Определите полную силу давления на дно сосуда и четыре его боковые стенки. Ускорение силы тяжести g .

- А) mg В) $2mg$ С) $3mg$ Д) $4mg$ Е) $5mg$

8. Когда лодки двигаются по реке навстречу друг другу, то за каждые 10 с расстояние между ними уменьшается на 20 м. Когда лодки двигаются в разные стороны по реке, то за каждые 10 с расстояние между ними увеличивается на 10 м. Найдите, во сколько раз скорость одной лодки больше другой.

- А) 4 В) 2,5 С) 2 Д) 1,5 Е) 3

9. В сообщающиеся сосуды налита ртуть ($\rho_r=13,6 \text{ г/см}^3$), поверх которой в одном из них находится вода ($\rho_v=1 \text{ г/см}^3$). Разность уровней ртути 14,7 мм. Высота столба воды равна:

- А) 9 см В) 20 см С) 40 см Д) 66 см Е) 6 см

10. Шарик массой $m=0,1 \text{ кг}$ на нити длиной $L=0,4 \text{ м}$ раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение короткого промежутка времени $t=0,01 \text{ с}$ действует сила $F=0,1 \text{ Н}$, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на угол $\alpha=60^\circ$? Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$.

- А) 200 В) 141 С) 100 Д) 87 Е) 50

11. При гидролизе серной кислоты за время $t=3 \cdot 10^3 \text{ с}$ выделилось $m=0,3 \text{ г}$ водорода. Определите силу постоянного тока, протекающего через электролит, если электрохимический эквивалент водорода $k=10^{-5} \text{ г/Кл}$.

- А) 9 А В) 0,9 А С) 1,5 А **Д) 10 А** Е) 1 А

12. Две длинные катушки намотаны на общий сердечник, причем индуктивности этих катушек $L_1=0,64$ Гн и $L_2=0,04$ Гн. Определите, во сколько раз число витков первой катушки больше, чем у второй.

- А) 4 раза** В) 8 раз С) 16 раз Д) 128 раз Е) 256 раз

13. Аккумуляторная батарея перед зарядкой имела ЭДС $E_1=90$ В, после зарядки $E_2=100$ В. Величина тока в начале зарядки была $I_1=10$ А. Какова была величина тока I_2 в конце зарядки, если внутреннее сопротивление батареи $r=2$ Ом, а напряжение U , создаваемое зарядным устройством, постоянно.

- А) 8 А В) 9 А С) 6 А **Д) 5 А** Е) 4 А

14. Напряженность электрического поля на поверхности капли, образовавшейся при слиянии N маленьких одинаково заряженных одинаковых капелек, больше напряженности на поверхности маленькой капельки до слияния в ... раз.

- А) $\frac{1}{N^3}$** В) $\frac{2}{N^3}$ С) $\frac{3}{N^2}$ Д) $\frac{1}{N^2}$ Е) N

15. Плоская горизонтальная фигура площадью $S=0,1$ м², ограниченная проводящим контуром, имеющим сопротивление $R=5$ Ом, находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протечет по контуру за большой промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикаль равномерно меняется с $B_{1z}=2$ Тл до $B_{2z}=-2$ Тл?

- А) 0,04 Кл В) 0,06 Кл **С) 0,08 Кл** Д) 0,1 Кл Е) 0,12 Кл

16. Солнечный свет, освещая капли росы на листьях, заставляет их переливаться всеми цветами радуги. Какое физическое явление при этом наблюдается?

- А) фотоэффект
- В) поляризация
- С) дисперсия
- Д) дифракция
- Е) интерференция

17. В сеть переменного тока действующим напряжением $U=220$ В последовательно включены конденсатор емкостью $C=2$ мкФ, катушка индуктивностью $L=0,51$ Гн и активным сопротивлением $R=100$ Ом. Определите силу тока при наступлении резонанса.

- А) 0,51А В) 1 А **С) 2,2 А** Д) 44 А Е) 2 А

18. Фотокатод облучают светом, у которого длина волны $\lambda=300$ нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_{\text{кр}}=450$ нм. Какое напряжение U нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился? Постоянная Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света $c=3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А) 1,18 В В) 1,28 В **С) 1,38 В** Д) 1,48 В Е) 1,58 В

19. При какой скорости кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя? Скорость света в вакууме равна c .

- А) $\frac{1}{2}c$ В) $\frac{3}{4}c$ С) c **Д) $\frac{\sqrt{3}}{2}c$** Е) $\frac{\sqrt{2}}{2}c$

20. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке $I_0=5$ мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора равна $q_0=2,5$ нКл. В момент времени t заряд конденсатора $q=1,5$ нКл. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

- А) 4 мА** В) 3 мА С) 1 мА Д) 2 мА Е) 5 мА

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.11 Экзаменационное задание по физике 11

1. С какой скоростью движется полоса бумаги при печатании газет, если машина отпечатывает 18 000 листов в час? Длина каждого газетного листа 50 см.

- A) 25 м/с B) 2 м/с C) 9 м/с **Д) 2,5 м/с** E) 0,9 м/с

2. Барабан сушильной машины, имеющий диаметр $D=1,96$ м, вращается с угловой скоростью $\omega=20$ рад/с. Во сколько раз сила F , прижимающая ткань к стенке, больше силы тяжести mg , действующей на ткань? Ускорение силы тяжести $g=9,8$ м/с².

- A) 5 B) 10 C) 20 **Д) 40** E) 80

3. Человек сидит на краю круглой горизонтальной платформы радиусом $R=4$ м. При какой минимальной частоте n вращения платформы вокруг вертикальной оси человек не сможет удержаться на ней при коэффициенте трения $\mu=0,27$? Ускорение силы тяжести $g=9,8$ м/с².

- A) 7,77** $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ B) 8,12 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ C) 8,35 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ D) 8,63 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ E) 9,02 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$

4. Кинетическая энергия тела 16 Дж. Чему равна масса тела, если при этом импульс тела равен $8 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$?

- A) 4 кг B) 0,4 кг C) 1 кг D) 20 кг **E) 2 кг**

5. Автомобиль приближается к пункту А со скоростью 80 км/час. В тот момент, когда ему оставалось проехать 10 км, из пункта А в перпендикулярном направлении выезжает грузовик со скоростью 60 км/час. Чему равно наименьшее расстояние между автомобилем и грузовиком?

- A) 10 км B) 9 км C) 8 км **Д) 6 км** E) 5 км

6. В два сосуда конической формы, расширяющихся 1) кверху и 2) книзу, и 3) цилиндрический сосуд, налита вода при температуре $t=100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Как изменится давление на дно сосудов после охлаждения воды до комнатной температуры?

- А) во всех сосудах – 1,2,3 давление увеличится
- В) во всех сосудах – 1,2,3 давление уменьшится
- С) в 1 – увеличится, в 2 – уменьшится, в 3 – не изменится
- Д) в 1 – уменьшится, в 2 – увеличится, в 3 – не изменится
- Е) во всех сосудах – 1,2,3 давление остается неизменным

7. Если масса молекулы первого газа в 4 раза меньше массы молекулы второго газа, а концентрация молекул первого вдвое больше второго, то отношение плотности первого газа к плотности второго $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ равно ...

- А) 2
- В) $\frac{1}{2}$
- С) 4
- Д) $\frac{1}{4}$
- Е) $\frac{1}{8}$

8. Шарик, подвешенный на нити длиной $L=2\text{ м}$, отклоняют на угол $\alpha=4^{\circ}$ и наблюдают его колебания. Полагая колебания незатухающими гармоническими, найдите скорость шарика при прохождении им положения равновесия. Ускорение силы тяжести $g=9,8\text{ м/с}^2$.

- А) 31 см/с
- В) 41 см/с
- С) 61 см/с
- Д) 21 см/с
- Е) 51 см/с

9. Средний квадрат скорости поступательного движения молекул некоторого газа, находящегося под давлением $8 \cdot 10^4\text{ Па}$, равен $6 \cdot 10^5\text{ м}^2/\text{с}^2$. Чему равна плотность этого газа при данных условиях?

- А) 1 кг/м^3
- В) $0,5\text{ кг/м}^3$
- С) $0,8\text{ кг/м}^3$
- Д) $0,3\text{ кг/м}^3$
- Е) $0,4\text{ кг/м}^3$

10. С подводной лодки, погружающейся равномерно, испускаются звуковые импульсы длительностью $\tau_1=30,1\text{ с}$. Длительность импульса, принятого на лодке после его отражения от дна, равна $\tau_2=29,9\text{ с}$. Определите скорость V погружения лодки. Скорость звука в воде $V_{\text{зв}}=1\,500\text{ м/с}$.

- А) 5 м/с
- В) 4 м/с
- С) 3 м/с
- Д) 2 м/с
- Е) 1 м/с

11. Коэффициент полезного действия источника тока может быть вычислен по формуле ...

A) $\eta = \frac{r}{R + r}$ B) $\eta = \frac{E R^2}{R + r}$ C) $\eta = \frac{R}{R + r}$ D) $\eta = \frac{E^2 R}{(R + r)^2}$ E) $\eta = \frac{E R}{R + r}$

12. Как взаимодействуют два кольцевых проводника, если их плоскости расположены параллельно друг другу, а токи протекают в противоположных направлениях?

- A) проводники притягиваются
B) результирующая сила взаимодействия равна нулю
C) стремятся сдвинуться друг относительно друга в параллельных плоскостях
D) проводники отталкиваются
E) верный ответ не указан

13. Периоды обращения по окружности α - частицы (T_α) и протона (T_p), влетевших в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одной и той же скоростью, соотносятся между собой ($m_\alpha = 4m_p$; $q_\alpha = 2q_p$) ...

A) $T_\alpha = 8T_p$ B) $T_\alpha = \frac{1}{2} T_p$ C) $T_\alpha = 2T_p$ D) $T_\alpha = 4T_p$ E) $T_\alpha = \frac{1}{4} T_p$

14. Для того чтобы удалить пластину диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ϵ из заряженного и отключенного от источника напряжения плоского конденсатора, обладающего энергией W , нужно совершить работу ...

A) ϵW B) $\frac{1}{\epsilon} W$ C) $\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} W$ D) $(\epsilon - 1)W$ E) $(\epsilon + 1)W$

15. Каково сопротивление R отрезка медного провода диаметром $d=2$ мм, если его масса $m=0,89$ кг? Удельное сопротивление меди $\rho=0,017 \cdot 10^{-4}$ Ом·см, ее плотность $\tau=8,9$ г/см³.

A) 0,17 Ом B) 0,34 Ом C) 1,7 Ом D) 3,4 Ом E) 0,85 Ом

16. Каким выражением определяется амплитуда колебаний силы тока I_0 в последовательной цепи переменного тока с частотой ω при амплитуде колебаний напряжения U_0 на катушке индуктивности L ?

- A) $U_0\omega L$ B) $\frac{U_0}{\omega L}$ C) $\frac{\omega L}{U_0}$ D) $\frac{U_0 L}{\omega}$ E) $\frac{U_0 \omega}{L}$

17. Ядро какого элемента получается при взаимодействии нейтрона с протоном (сопровождающимся выделением γ - кванта)

- A) неона B) гелия C) трития D) лития E) дейтерия

18. Каково главное фокусное расстояние F линзы, если для получения изображения какого-нибудь предмета в натуральную величину предмет этот должен быть помещен на расстоянии $d=20$ см от линзы?

- A) 40 см B) 30 см C) 5 см D) 10 см E) 20 см

19. Определите длину электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд конденсатора равен $2 \cdot 10^{-8}$ Кл, а максимальный ток в контуре равен $I=1$ А. Скорость света $c=3 \cdot 10^8$ м/с.

- A) 4π (м) B) 6π (м) C) 8π (м) D) 10π (м) E) 12π (м)

20. Энергия свободных незатухающих колебаний, происходящих в колебательном контуре, составляет 0,2 мДж. При медленном раздвигании пластин конденсатора частота колебаний увеличилась в $n=2$ раза. Определите работу, совершенную против сил электрического поля.

- A) 0,4 мДж B) 0,8 мДж C) 0,1 мДж D) 0,05 мДж E) 0,6 мДж

Верные ответы в заданиях отмечены красным цветом.

5.12 Экзаменационное задание по физике 12

1. Чему равна мощность двигателя подъемного крана, поднимающего равномерно со скоростью $0,1 \text{ м/с}$ груз массой 4 тонны при общем КПД установки 40% ? Ускорение силы тяжести 10 м/с^2 .

- A) 1 кВт B) 10 кВт C) 4 кВт D) 40 кВт E) 16 кВт

2. Искусственный спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите. Высота спутника над поверхностью Земли $3\,200 \text{ км}$. Чему равно ускорение свободного падения на этой высоте? Радиус Земли считайте равным $6\,400 \text{ км}$. Ускорение свободного падения у поверхности Земли равно $9,8 \text{ м/с}^2$.

- A) $4,36 \text{ м/с}^2$ B) $4,46 \text{ м/с}^2$ C) $4,56 \text{ м/с}^2$ D) $4,66 \text{ м/с}^2$ E) $4,76 \text{ м/с}^2$

3. Груз поднимают равноускоренно на высоту $h=10 \text{ м}$ с помощью веревки. Масса груза $m=2 \text{ кг}$. Изначально груз покоился. Определите время подъема t , если сила натяжения веревки в процессе подъема $T=30 \text{ Н}$. Ускорение силы тяжести $g=10 \text{ м/с}^2$.

- A) 6 с B) 5 с C) 4 с D) 3 с E) 2 с

4. Поезд первую половину пути шел со скоростью в $1,5$ раза большей, чем вторую половину пути. Какова скорость поезда на первой половине пути, если средняя скорость прохождения всего пути равна 12 м/с ?

- A) 14 м/с B) 15 м/с C) 16 м/с D) 20 м/с E) 18 м/с

5. Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 10 м/с . В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка, массы которых относятся как $1:2$. Осколок меньшей массы полетел горизонтально со скоростью 20 м/с . На каком расстоянии от места выстрела упадет второй осколок? Поверхность Земли можно считать плоской и горизонтальной. Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$.

- A) 5 м B) 8 м C) 10 м D) 16 м E) 20 м

6. Тело совершает гармонические синусоидальные колебания с нулевой начальной фазой. Если через 0,5 с после начала колебаний смещение тела от положения равновесия впервые становится равным половине амплитудного значения, то период колебаний равен ...

- A) 1 с B) 4 с C) 8 с D) 2 с E) 6 с

7. Нижняя грань кубика, имеющего длину ребра $a=80$ мм, изготовленного из материала плотностью $\rho=0,7$ г/см³ и помещенного в раствор плотностью $\rho_0=1,2$ г/см³, опустится на глубину, равную (ускорение свободного падения $g=10$ м/с²) ...

- A) 42 мм B) 45 мм C) 47 мм D) 51 мм E) 29 мм

8. Стальной шарик периодически подпрыгивает на стальной плите с периодом 1 с. На какую величину он поднимается? Ускорение свободного падения 10 м/с².

- A) 1,25 м B) 1,375 м C) 2,5 м D) 2,75 м E) 5 м

9. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 500 м/с, попадает в стенку и входит в нее. На сколько повышается температура пули, если 10% кинетической энергии пули идет на ее нагревание? Удельная теплоемкость свинца 130 Дж/(кг·К).

- A) 81 К B) 90 К C) 96 К D) 105 К E) 120 К

10. Воду, текущую по водопроводной трубе со скоростью 2 м/с, быстро перекрывают жесткой заслонкой. Определите силу, действующую на заслонку при остановке воды. Скорость звука в воде 1,4 км/с. Сечение трубы 5 см². Плотность воды 1 г/см³.

- A) 140 Н B) 700 Н C) 1 400 Н D) 2 800 Н E) 280 Н

11. Точечный заряд удалили от точки А на расстояние, в $n=3$ раза превышающее первоначальное. Во сколько раз уменьшилась напряженность электрического поля в точке А?

- А) 3 В) 9 С) 6 Д) 1,5 Е) 8

12. На проволочный виток радиусом $R=10$ см, помещенный между полюсами магнита, действует максимальный механический момент $M=6,5$ мкН·м. Сила тока в витке $I=2$ А. Определите магнитную индукцию B поля между полюсами магнита.

- А) 93 мкТл В) 103 мкТл С) 113 мкТл Д) 123 мкТл Е) 133 мкТл

13. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U=1\ 000$ В, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное направлению его движения. Индукция магнитного поля $B=1,19 \cdot 10^{-3}$ Тл. Найдите радиус кривизны траектории электрона при движении в магнитном поле. Масса электрона $m=9,11 \cdot 10^{-31}$ кг, его заряд $e=-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А) 9 см В) 8 см С) 7 см Д) 6 см Е) 5 см

14. Два проводника, соединенные последовательно, имеют сопротивление в 6,25 раза большее, чем при их параллельном соединении. Найдите во сколько раз сопротивление одного проводника больше сопротивления другого.

- А) 8 В) 2 С) 3 Д) 4 Е) 5

15. Определите ускоряющую разность потенциалов, которую должен пройти в электрическом поле электрон, чтобы его скорость возросла от $V_1=1$ Мм/с до $V_2=5$ Мм/с. Масса электрона $m=9,11 \cdot 10^{-31}$ кг, его заряд $e=-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- А) 68,3 В В) 70,3 В С) 72,3 В Д) 74,3 В Е) 76,3 В

16. Каким выражением определяется амплитуда I_0 колебаний силы тока в последовательной цепи переменного тока с частотой ω при амплитуде колебаний напряжения U_0 на конденсаторе емкостью C ?

- A) $\frac{U_0}{\omega C}$ B) $\frac{U_0 \omega}{C}$ C) $U_0 \omega C$ D) $\frac{U_0 C}{\omega}$ E) $\frac{U_0}{\sqrt{LC}}$

17. Энергия фотона, поглощаемого фотокатодом, равна 5 эВ. Работа выхода электрона из фотокатода равна 2 эВ. Чему равна величина задерживающего потенциала, при котором прекратится фототок?

- A) 7 В B) 3,5 В C) 2,5 В D) 5 В E) 3 В

18. Фокусное расстояние стеклянной собирающей линзы с показателем преломления 1,6 равно 25 см. Определите фокусное расстояние этой линзы в воде. Показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

- A) 70 см B) 75 см C) 80 см D) 85 см E) 90 см

19. Лазер мощностью 1 мВт генерирует монохроматическое излучение с длиной волны 0,6 мкм. За какое время лазер испускает фотоны, суммарная масса которых равна массе покоя протона? Масса покоя протона $1,672 \cdot 10^{-27}$ кг. Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.

- A) $1,5 \cdot 10^{-4}$ с B) $1,5 \cdot 10^{-5}$ с C) $1,5 \cdot 10^{-6}$ с D) $1,5 \cdot 10^{-7}$ с E) $1,5 \cdot 10^{-8}$ с

20. В процессе естественной радиоактивности изотоп урана ${}_{92}\text{U}^{238}$ превращается в стабильный изотоп свинца ${}_{82}\text{Pb}^{206}$. При этом происходит n альфа-распадов и k бета-распадов ...

- A) $n=4, k=4$ B) $n=6, k=4$ C) $n=5, k=7$ D) $n=8, k=6$ E) $n=8, k=4$

Верные ответы в заданиях отмечены красным цветом.

5.13 Экзаменационное задание по физике 13

1. Колесо, имеющее угловую скорость вращения $\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, сделает 50 оборотов за время ...

- A) 25 с B) 100 с C) 75 с D) 50 с E) 60 с

2. Груз подвешен на нити и отклонен от положения равновесия так, что его высота над Землей увеличилась на 20 см. Чему примерно равна скорость, с которой тело будет проходить положение равновесия при свободных колебаниях? Ускорение силы тяжести 10 м/с^2 .

- A) 1 м/с B) 2 м/с C) 2,5 м/с D) 4 м/с E) 4,25 м/с

3. Самолет делает "мертвую петлю" с радиусом $R=100 \text{ м}$ и движется по ней со скоростью $V=280 \text{ км/час}$. С какой силой F тело летчика массой $M=80 \text{ кг}$ будет давить на сиденье самолета в верхней точке петли? Ускорение силы тяжести $g=9,8 \text{ м/с}^2$.

- A) 2853 Н B) 3256 Н C) 3812 Н D) 4056 Н E) 5624 Н

4. По наклонной доске пустили катиться снизу вверх шарик. На расстоянии $L=30 \text{ см}$ от начала пути шарик побывал дважды: через $t_1=1 \text{ с}$ и через $t_2=2 \text{ с}$ после начала движения. Определите начальную скорость V_0 , считая ускорение движения шарика постоянным.

- A) 40 см/с B) 45 см/с C) 30 см/с D) 35 см/с E) 50 см/с

5. Самолет делает "мертвую петлю". В нижней точке траектории сила, прижимающая летчика к сиденью в 5 раз больше силы тяжести. В верхней точке траектории летчик испытывает состояние невесомости. Во сколько раз скорость самолета в нижней точке больше, чем в верхней?

- A) $\frac{3}{2}$ B) 2 C) 3 D) 4 E) $\frac{5}{2}$

6. Человек за секунду произносит 4 слога. Определите, на каком расстоянии надо поставить преграду перед ним, чтобы он успел произнести слово из 5 слогов прежде, чем услышит эхо. Скорость звука 340 м/с.

- А) 435 м В) 217,5 м С) 207,5 м Д) 425 м Е) 212,5 м

7. Однородное тело плавает на поверхности керосина так, что объем погруженной части составляет 0,92 всего объема тела. Определите, какую часть от объема тела составляет погруженная часть при плавании тела на поверхности воды. Плотность воды 1 г/см^3 , керосина – $0,8 \text{ г/см}^3$. Ускорение силы тяжести $9,8 \text{ м/с}^2$.

- А) 0,71 В) 0,74 С) 0,78 Д) 0,82 Е) 0,87

8. Шарик, прикрепленный к пружине, совершает гармонические колебания на гладкой горизонтальной плоскости с амплитудой 10 см. На сколько сместится шарик от положения равновесия за время, в течение которого его кинетическая энергия уменьшится вдвое?

- А) 5,1 см В) 6,1 см С) 7,1 см Д) 8,1 см Е) 9,1 см

9. Работа, совершаемая идеальной тепловой машиной, имеющей КПД 70% и отдающей за один цикл холодильнику 300 Дж теплоты, равна за один цикл ...

- А) 210 Дж В) 420 Дж С) 1 000 Дж Д) 300 Дж Е) 700 Дж

10. Определите температуру газа, находящегося в закрытом сосуде, если давление газа увеличивается на 0,4% первоначального давления при нагреве на $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

- А) 225 К В) 250 К С) 275 К Д) 300 К Е) 325 К

11. Если при неизменных размерах и температуре проводника плотность тока возросла в 2 раза, то во сколько раз увеличилось напряжение на концах этого проводника?

- А) 8 раз В) $\sqrt{2}$ раза **С) 2 раза** Д) 4 раза Е) не изменилось

12. Чему равна индуктивность соленоида, если при протекании по виткам соленоида тока силой 5 А через него проходит магнитный поток 0,5 Вб?

- А) 10 мГн **В) 100 мГн** С) 1 000 мГн Д) 250 мГн Е) 25 мГн

13. Два сопротивления 30 Ом и 20 Ом, соединенные параллельно, подключены к аккумулятору с ЭДС, равной 14 В. Ток в общей цепи 1 А. Чему равен ток короткого замыкания?

- А) 14 А В) 12 А С) 10 А **Д) 7 А** Е) 20 А

14. Восемь заряженных водяных капель радиусом 1 мм каждая сливаются в одну большую каплю. Найдите потенциал большой капли, если заряд малой 10^{-10} Кл. Электрическая постоянная $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

- А) 2,8 кВ В) 3,2 кВ **С) 3,6 кВ** Д) 4,0 кВ Е) 4,4 кВ

15. Две материальные точки, имеющие одинаковые массы и заряженные равными по величине, но противоположными по знаку зарядами, движутся по окружности вокруг своего неподвижного центра масс. Действуют только Кулоновские силы. Чему равно отношение потенциальной энергии электрического взаимодействия этих частиц к их кинетической энергии?

- А) 1 В) -1 С) 4 **Д) -2** Е) 2

16. От чего зависит угол отклонения альфа-частиц в опыте Резерфорда:

А) от скорости альфа-частиц

В) от заряда ядра элемента, из которого изготовлена фольга?

А) только А В) только В **С) А и В** Д) ни А, ни В Е) зависит от условий наблюдения

17. Собирающая линза дает четкое изображение пламени свечи на экране, если свеча располагается на расстоянии 0,2 м, а экран на расстоянии 0,5 м от линзы. Фокусное расстояние линзы равно ...

А) 0,70 м В) 0,35 м **С) 0,14 м** Д) 0,25 м Е) 0,30 м

18. Фотограф хочет снять финиш забега спортсменов сбоку. Расстояние от объектива фотоаппарата до ближайшего бегуна $d=10$ м. Фокусное расстояние объектива $F=10$ см. Размытость контуров изображения на фотопленке не должна превышать $\Delta L=0,1$ мм. Оцените время экспозиции τ , если спортсмены финишируют со скоростью $V=10$ м/с.

А) 10^{-3} с В) 10^{-2} с С) 10^{-1} с Д) 10^{-4} с Е) 10^{-5} с

19. Максимальное напряжение в колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью $L=5$ мкГн и конденсатора емкостью $C=13,4$ нФ, $U_0=1,2$ В. Сопротивление контура ничтожно мало. Определите действующее значение силы тока в контуре.

А) 33 мА **В) 44 мА** С) 55 мА Д) 66 мА Е) 77 мА

20. Определите период полураспада висмута Bi^{210} , если известно, что висмут массой $m=1,0$ г выбрасывает $N=4,58 \cdot 10^{15}$ β^- -частиц за $t=1$ с. Число Авогадро $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$.

А) 2 суток В) 3 суток С) 4 суток **Д) 5 суток** Е) 6 суток

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.14 Экзаменационное задание по физике 14

1. По одному направлению из одной точки одновременно начали двигаться два тела: одно равномерно со скоростью $V=9,8$ м/с, а другое – равноускоренно без начальной скорости с ускорением $a=9,8$ см/с². Через какое время второе тело догонит первое?

- А) 100 с В) 120 с С) 160 с Д) 180 с Е) 200 с

2. Движущийся со скоростью 72 км/час автомобиль массой 1,5 т сталкивается с деревом. За время 30 мс он полностью останавливается и при этом получает вмятину глубиной 30 см. Чему равна средняя сила, действующая на автомобиль в течение этого времени?

- А) 1 МН В) 1,1 МН С) 1,2 МН Д) 1,5 МН Е) 1,6 МН

3. Человек сидит на краю круглой платформы радиусом $R=4$ м. При какой минимальной частоте вращения ν платформы вокруг вертикальной оси человек не сможет удержаться на ней при коэффициенте трения $\mu=0,27$? Ускорение силы тяжести $g=9,8$ м/с².

- А) 7,77 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ В) 8,12 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ С) 8,35 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ Д) 8,63 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ Е) 9,02 $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$

4. В шахту опускается равноускоренно груз массой 580 кг. За первые 10 с он проходит 35 м. Найдите натяжение каната, на котором висит груз. Ускорение силы тяжести 10 м/с².

- А) 4,6 кН В) 5,0 кН С) 5,4 кН Д) 5,8 кН Е) 6,2 кН

5. Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 10 м/с. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка, массы которых относятся как 1: 2. Осколок меньшей массы упал на Землю со скоростью 20 м/с. Чему равна скорость большего осколка при падении на Землю? Поверхность Земли считайте плоской и горизонтальной.

- А) 13,2 м/с В) 14,2 м/с С) 15,2 м/с Д) 16,2 м/с Е) 17,2 м/с

6. Если тело совершает гармонические синусоидальные колебания с амплитудой 10 см и начальной фазой $\frac{\pi}{6}$, то в начальный момент времени $t=0$ смещение тела от положения равновесия равно:

- A) 8,67 см B) 5 см C) 0 D) 10 см E) 0,707 см

7. Работа, которую нужно совершить, чтобы медленно поднять камень объемом V с глубины h до поверхности воды, равна (плотность камня ρ_k , плотность воды ρ_v , ускорение силы тяжести g):

- A) $(\rho_k + \rho_v)Vgh$ B) $(\rho_k - \rho_v)Vgh$ C) $\frac{\rho_k + \rho_v}{2} Vgh$ D) $\frac{\rho_k - \rho_v}{2} Vgh$ E) $\frac{\rho_k \rho_v}{\rho_k + \rho_v} Vgh$

8. Груз, подвешенный на пружине, в покое растягивает ее на 1 см. Если сместить груз на 2 см вниз из нерастянутого положения и отпустить, то с каким периодом T будут совершаться гармонические колебания груза? Ускорение свободного падения 10 м/с^2 .

- A) 0,4 с B) 0,2 с C) 0,3 с D) 1,8 с E) 2 с

9. При изобарическом процессе газ совершает работу 100 Дж при изменении его температуры от $T_1=2T_2$ до T_2 . Какая работа будет совершена, если начальную температуру газа увеличить вдвое ($T_1=4T_2$)?

- A) 300 Дж B) 500 Дж C) 200 Дж D) 100 Дж E) 400 Дж

10. Из сосуда объемом 1 дм^3 выкачивается воздух. Рабочий объем цилиндра насоса 0,1 л. Через сколько циклов работы насоса давление в сосуде уменьшится в 2 раза?

- A) 10 B) 7 C) 5 D) 4 E) 3

11. Напряженность электрического поля на расстоянии 30 см от точечного заряда равна 9 В/см. Чему равна напряженность поля на расстоянии 10 см от заряда?

- A) $27 \frac{\text{В}}{\text{см}}$ B) $81 \frac{\text{В}}{\text{см}}$ C) $18 \frac{\text{В}}{\text{см}}$ D) $1 \frac{\text{В}}{\text{см}}$ E) $3 \frac{\text{В}}{\text{см}}$

12. Определите плотность тока в медной проволоке длиной $L=10$ м, если разность потенциалов на ее концах $\Delta\varphi=0,12$ В. Удельное сопротивление меди $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

- A) $0,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ B) $0,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ C) $0,5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ D) $0,6 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ E) $0,7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

13. Определите внутреннее сопротивление аккумулятора, если известно, что при замыкании его на внешнее сопротивление 14 Ом напряжение на зажимах аккумулятора 28 В, а при замыкании на сопротивление 29 Ом напряжение на зажимах 29 В. Сопротивлением соединительных проводов пренебрегайте.

- A) $\frac{1}{2}$ Ом B) 2 Ом C) $\frac{1}{4}$ Ом D) 1 Ом E) 4 Ом

14. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,5$ Тл движется равномерно проводник длиной $L=10$ см. По проводнику течет ток $I=2$ А. Скорость движения проводника $V=20$ см/с и направлена перпендикулярно к направлению магнитного поля. Найдите работу A перемещения проводника за время $t=10$ с.

- A) 0,05 Дж B) 0,1 Дж C) 0,2 Дж D) 0,4 Дж E) 0,5 Дж

15. Парафиновая пластинка заполняет все пространство между обкладками плоского конденсатора. Диэлектрическая проницаемость парафина ϵ . Емкость конденсатора с парафином равна C , его заряд q . Какую работу надо совершить, чтобы вытащить пластинку из конденсатора?

- A) $\frac{q^2(\epsilon - 1)}{2C}$ B) $\frac{q^2(\epsilon + 1)}{2C}$ C) $\frac{q^2}{2C(\epsilon - 1)}$ D) $\frac{q^2}{2C(\epsilon + 1)}$ E) $\frac{q^2}{2C\epsilon}$

16. Конденсатор емкостью C зарядили до напряжения U_0 и замкнули на катушку индуктивностью L . Пренебрегая сопротивлением контура, определите амплитудное значение силы тока в данном колебательном контуре.

- A) $U_0 \sqrt{\frac{C}{L}}$ B) $U_0 \sqrt{LC}$ C) $\frac{U_0}{LC}$ D) $\frac{U_0}{\sqrt{LC}}$ E) $U_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$

17. При дифракции монохроматического света с длиной волны λ на дифракционной решетке с периодом $d=5\lambda$ максимум третьего порядка наблюдается под углом:

- A) $\arcsin 0,3$ B) $\arcsin 0,6$ C) $\arcsin 0,5$ D) $\arcsin 0,4$ E) $\arcsin 0,2$

18. Высота Солнца над горизонтом составляет 46° . Чтобы отраженные от плоского зеркала солнечные лучи пошли вертикально вниз, угол падения световых лучей на зеркало должен быть равен ...

- A) 22° B) 44° C) 46° D) 68° E) 23°

19. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой покоя m_0 от $0,6c$ до $0,8c$ (где c – скорость света в вакууме)?

- A) $0,8 m_0 c^2$ B) $0,42 m_0 c^2$ C) $0,2 m_0 c^2$ D) $0,14 m_0 c^2$ E) $0,5 m_0 c^2$

20. Во сколько раз изменится частота собственных колебаний контура, если между пластинами воздушного конденсатора, входящего в контур, внести пластину из диэлектрика ($\epsilon=4$), толщина которой вдвое меньше расстояния между пластинами конденсатора?

- A) $0,58$ B) $0,65$ C) $0,72$ D) $0,79$ E) $0,86$

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

5.15 Экзаменационное задание по физике 15

1. С какой начальной скоростью V_0 надо бросить вниз мяч с высоты h , чтобы он подпрыгнул на высоту $2h$ от поверхности Земли? Удар мяча о поверхность Земли считайте абсолютно упругим. Ускорение свободного падения равно g .

- A) $\sqrt{2gh}$ B) \sqrt{gh} C) $2\sqrt{gh}$ D) $2\sqrt{2gh}$ E) $\frac{\sqrt{gh}}{2}$

2. Канат лежит на столе так, часть его свешивается со стола и начинает скользить тогда, когда длина свешивающейся части составляет $k=0,2$ его длины. Чему равен коэффициент трения каната о стол?

- A) 0,4 B) 0,3 C) 0,1 D) 0,2 E) 0,25

3. На каком расстоянии H от поверхности Земли ускорение свободного падения равно $a=\frac{g}{4}$, где g – ускорение свободного падения у поверхности Земли. Радиус Земли равен R .

- A) R B) $\frac{R}{2}$ C) $2R$ D) $\sqrt{2}R$ E) $\frac{R}{\sqrt{2}}$

4. За время, равное 2 с, тело, двигаясь прямолинейно и равноускоренно, прошло путь 20 м. Его скорость при этом увеличилась в 3 раза. Определите ускорение тела.

- A) 6 м/с^2 B) 5 м/с^2 C) 4 м/с^2 D) 3 м/с^2 E) 2 м/с^2

5. Две стрелки движутся по циферблату в одну сторону. Период вращения 1-й составляет $T_1=50$ с, а 2-й – $T_2=30$ с. Положения стрелок при этом совпадают через интервал времени, равный

- A) 80 с B) 60 с C) 70 с D) 65 с E) 75 с

6. На двух пружинах подвешены грузы массами $m_1=100$ г и $m_2=50$ г, соответственно. При этом пружины удлиняются на одинаковую величину. Найдите жесткость первой пружины, если жесткость второй пружины $k_2=10$ Н/м.

- A) 20 Н/м B) 5 Н/м C) 10 Н/м D) $10\sqrt{2}$ Н/м E) $\frac{10}{\sqrt{2}}$ Н/м

7. По какой из формул можно рассчитать среднюю квадратичную скорость молекул газа при заданной температуре? Масса одной молекулы – m_0 . Постоянная Больцмана – k . Абсолютная температура – T .

- A) $\frac{3kT}{m_0}$ B) $\sqrt{\frac{3kT}{2m_0}}$ C) $\sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ D) $\sqrt{3kTm_0}$ E) $\sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$

8. Один из математических маятников совершает $N_1=10$ колебаний, а другой за то же время совершает $N_2=5$ колебаний. Найдите отношение длины подвеса первого маятника к длине подвеса второго.

- A) 1 B) 2 C) 0,5 D) 4 E) 0,25

9. Шарик всплывает с постоянной скоростью в жидкости, плотность которой в четыре раза больше плотности материала шарика. Определите силу сопротивления жидкости при движении в ней шарика, считая ее постоянной. Масса шарика 10 г. Ускорение силы тяжести 10 м/с².

- A) 0,1 Н B) 0,2 Н C) 0,3 Н D) 0,4 Н E) 0,5 Н

10. Каков должен быть минимальный коэффициент трения μ для того, чтобы клин, заколоченный в бревно, не выскакивал из него? Угол при вершине клина равен α .

- A) $\mu=\sin\frac{\alpha}{2}$ B) $\mu=\sin\alpha$ C) $\mu=\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ D) $\mu=\operatorname{tg}\alpha$ E) $\mu=\cos\frac{\alpha}{2}$

11. ЭДС батареи $E=20$ В, сопротивление внешней цепи $R=20$ Ом, сила тока $I=4$ А. Определите КПД батареи.

- A) 40 % B) 60 % C) 80 % D) 90 % E) верный ответ не указан

12. По длинному соленоиду с немагнитным сердечником ($\mu=1$) сечением $S=5$ см², содержащему $N=1\ 200$ витков, течет ток силой $I=2$ А. Индукция магнитного поля в центре соленоида $B=10$ мТл. Определите его индуктивность.

- A) 1 мГн B) 2 мГн C) 3 мГн D) 4 мГн E) 5 мГн

13. Никелирование изделия с поверхностью $S=120$ см² продолжалось $t=5$ часов при силе тока $I=300$ мА. Найдите толщину слоя никеля. Электрохимический эквивалент никеля $k=0,3$ мг/Кл. Плотность никеля $\rho=8,8$ г/см³.

- A) 30 мкм B) 25 мкм C) 20 мкм D) 15 мкм E) 10 мкм

14. Между двумя горизонтально расположенными пластинами, заряженными до 10 кВ, удерживается в равновесии пылинка массой $2 \cdot 10^{-10}$ кг. Определите заряд пылинки, если расстояние между пластинами 5 см. Ускорение свободного падения равно 10 м/с².

- A) $1 \cdot 10^{-11}$ Кл B) $1 \cdot 10^{-12}$ Кл C) $1 \cdot 10^{-13}$ Кл D) $1 \cdot 10^{-14}$ Кл E) $1 \cdot 10^{-15}$ Кл

15. Однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно к плоскости изготовленного из проволоки медного кольца, имеющего диаметр $D=20$ см и толщину $d=2$ мм. С какой скоростью должна изменяться во времени магнитная индукция B , чтобы индукционный ток в кольце равнялся 10А? Удельное сопротивление меди $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

- A) $1,02 \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$ B) $1,08 \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$ C) $1,14 \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$ D) $1,20 \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$ E) $1,26 \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$

16. Период полураспада радиоактивного элемента 2 часа. Какая доля радиоактивных атомов распадется через 4 часа?

- A) 50 % B) 25 % C) 75 % D) 12,5 % E) 0 %

17. Посередине между двумя плоскими зеркалами, параллельными друг другу помещен точечный источник света. С какими одинаковыми скоростями должны двигаться оба зеркала, оставаясь параллельными друг другу, чтобы первые мнимые изображения источника в зеркалах сближались со скоростями 4 м/с?

- A) 1 м/с B) 2 м/с C) 4 м/с D) 8 м/с E) 16 м/с

18. В электрической цепи переменного тока соединены последовательно резистор с активным сопротивлением 4 Ом, идеальная катушка с индуктивным сопротивлением 2 Ом и идеальный конденсатор с емкостным сопротивлением 1 Ом. Какая мощность выделяется в электрической цепи при амплитудном значении силы тока 2 А?

- A) 10 Вт B) 4 Вт C) 20 Вт D) 16 Вт E) 8 Вт

19. Капля воды массой $m=2 \cdot 10^{-4}$ г нагревается светом с длиной волны $\lambda=7,5 \cdot 10^{-7}$ м, поглощая за 1 с $N=10^{13}$ фотонов. За какое время капля нагреется на $\Delta T=1$ К? Удельная теплоемкость воды $c=4200$ Дж/(кг·К). Постоянная Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Скорость света в вакууме $V=3 \cdot 10^8$ м/с.

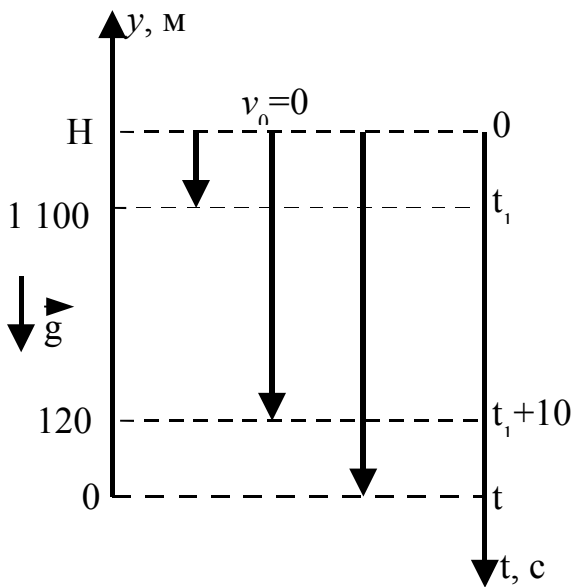
- A) 632 с B) 520 с C) 425 с D) 317 с E) верный ответ не указан

20. Какая часть атомов радиоактивного кобальта ${}_{27}\text{Co}^{58}$ распадается за 20 суток, если период полураспада равен 72 суткам.

- A) 12,5 % B) 14,5 % C) 15,5 % D) 16,5 % E) 17,5 %

Верные ответы в заданиях отмечены **красным цветом**.

6 Примеры решения задач



1. Свободно падающее тело спустя некоторый промежуток времени после начала падения находилось на высоте 1 100 м, а еще через 10 с на высоте 120 м над поверхностью Земли. С какой высоты падало тело? Сколько времени оно было в движении? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Дано: $y(t_1)=1\ 100 \text{ м}$; $y(t_1+10)=120 \text{ м}$;
 $g=10 \text{ м/с}^2$; $v_0=0$.
 $H=?$ $t=?$

Решение. Так как движение тела происходит по вертикали, то для описания движения возьмем вертикальную ось Oy с началом на поверхности земли. Раз тело падает свободно, то начальная скорость $v_0=0$. Обозначим H – искомая высота, t – время падения (см. рис.).

Направим ось Oy вертикально вверх, ось времени Ot направим вертикально вниз с началом отсчета времени $t=0$ на высоте H (т.к. тело начинает движение с высоты H). Каждой высоте будем сопоставлять моменты времени:

- в начальный момент времени $t=0$ тело находится на высоте H ;
- спустя некоторый промежуток времени t_1 – на высоте 1 100 м;
- еще через 10 с, т.е. через t_1+10 после начала движения – на высоте 120 м;
- через время t после начала движения $y=0$ (тело достигает поверхности Земли).

В уравнение движения тела по оси Oy в общем виде $y(t)=y_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2$ подставляем значения $y_0=H$ (тело начинает движение в момент $t=0$ с этой координаты), $v_0=0$ (тело свободно падает), $a=-g$ (т.к. проекция $g_y=-g$). Итак, уравнение движения имеет вид: $y(t)=y_0-\frac{1}{2}gt^2$. Применяя последнее уравнение для моментов времени t_1 , t_1+10 и t , получим 3 уравнения:

$$1\ 100=H-\frac{1}{2}gt_1^2; \quad 120=H-\frac{1}{2}g(t_1+10)^2; \quad 0=H-\frac{1}{2}gt^2.$$

Решая систему из трех уравнений, найдем искомые величины H и t . Вычтем почленно из первого уравнения второе, затем найдем t_1 :

$$1\ 100 - 120 = H - \frac{1}{2}gt_1^2 - H + \frac{1}{2}g(t_1+10)^2, \text{ откуда}$$

$$t_1 = \frac{980 - 50g}{10g} = \frac{980 - 50 \cdot 10}{10 \cdot 10} = 4,8 \text{ с.}$$

Подставляя полученное значение t_1 в первое уравнение, найдем H :

$$1100 = H - \frac{1}{2}gt_1^2 \quad \text{и} \quad H = 1100 + \frac{1}{2}gt_1^2 = 1100 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4,8^2 = 1215 \text{ м.}$$

Из третьего уравнения найдем t :

$$0 = H - \frac{1}{2}gt^2, \quad \text{откуда} \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1215}{10}} = 15,6 \text{ с.}$$

Ответ: $H = 1215 \text{ м}; t = 15,6 \text{ с.}$

2. Точка движется по окружности со скоростью, которая меняется по закону $v = bt$, где $b = 0,5 \text{ м/с}^2$. Найдите модуль полного ускорения, когда точка совершит первый оборот после начала движения.

$$\text{Дано: } \underline{v = bt; b = 0,5 \text{ м/с}^2.}$$

$a - ?$

Решение. Из уравнения $v = bt$ следует, что в начальный момент времени $t=0$ начальная скорость $v_0 = b \cdot 0 = 0$, и в этот момент угловая скорость равна $\omega_0 = v_0/R = 0/R = 0$, где R – радиус окружности.

Один оборот соответствует повороту на угол 2π рад. Уравнение вращательного движения точки $\varphi = 2\pi = \frac{1}{2}\varepsilon t^2$, откуда находим $t^2 = 4\pi/\varepsilon$, где ε – угловое ускорение.

Поскольку тангенциальное ускорение по определению $a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(bt) = b$, то из $a_\tau = \varepsilon R$, находим $\varepsilon = a_\tau/R = b/R$.

Нормальное ускорение равно:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(bt)^2}{R} = \frac{b^2}{R} \cdot t^2 = \frac{b^2}{R} \cdot \frac{4\pi}{\varepsilon} = \frac{b^2}{R} \cdot \frac{4\pi}{b/R} = 4\pi b.$$

Полное ускорение равно:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{(4\pi b)^2 + b^2} = b\sqrt{(4\pi)^2 + 1} = 0,5\sqrt{(4\pi)^2 + 1} = 6,3 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a = 6,3 \text{ м/с}^2$.

3. Космонавт массой $m_1=80$ кг находится на поверхности астероида, имеющего форму шара радиуса $R=1$ км, и держит в руках камень массой $m_2=4$ кг. С какой скоростью v_2 относительно астероида (в горизонтальном направлении) космонавт может бросить камень, не рискуя, что сам станет спутником астероида? Плотность астероида $\rho=5$ г/см³. Гравитационная постоянная равна $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

Дано: $m_1=80$ кг; $R=1\ 000$ м; $m_2=4$ кг; $\rho=5\ 000$ кг/м³; $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².
 $v_2=?$

Решение. Первая космическая скорость для астероида равна: $v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}}$,

где $M = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$ – масса астероида.

Итак,

$$v_1 = \sqrt{\frac{G}{R} \cdot M} = \sqrt{\frac{G}{R} \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3} = 2R \sqrt{\frac{\pi G \rho}{3}}.$$

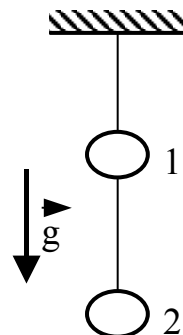
Допустим, что космонавт после броска камня приобретает скорость v_1 . В этом случае, если космонавт массой m_1 бросит камень массой m_2 со скоростью v_2 относительно астероида, то по закону сохранения импульса системы «космонавт – камень» имеем: $m_1 v_1 = m_2 v_2$, откуда находим

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1 = \frac{m_1}{m_2} \cdot 2R \sqrt{\frac{\pi G \rho}{3}} = \frac{80}{4} \cdot 2 \cdot 1000 \sqrt{\frac{\pi \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5000}{3}} = 23,6 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v_2 = 23,6$ м/с.

4. Если пережечь нить, связывающую грузы, висащие на резиновом шнуре, то верхний груз (1) придет в движение с ускорением $a_1=5$ м/с² (см. рис.). Если грузы поменять местами и пережечь нить, то с каким ускорением a_2 придет в движение груз (2)? Ускорение силы тяжести $g=10$ м/с².

Дано: $a_1=5$ м/с²; $g=10$ м/с².
 $a_2 = ?$



Решение. Упругая резина под действием силы тяжести двух грузов растягивается на величину Δx , определяемую законом Гука $|\vec{F}_{\text{упр}}| = k \cdot \Delta x = (m_1 + m_2)g$. Когда нить, связывающую грузы (1) и (2) пережигают, то на верхний груз (1) действуют $\vec{F}_{\text{упр}}$ и сила тяжести $m_1 \vec{g}$, и по второму закону Ньютона

$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_{\text{упр}} + m_1 \vec{g} \quad (\text{см. рис.}).$$

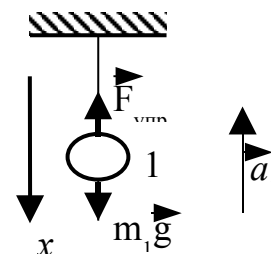
Это уравнение в проекции на вертикальную ось $0x$ имеет вид:

$$-m_1 a_1 = -k \cdot \Delta x + m_1 g.$$

С учетом, что $k \cdot \Delta x = (m_1 + m_2)g$, имеем

$$-m_1 a_1 = -(m_1 + m_2)g + m_1 g = -m_2 g, \text{ т.е. } m_1 a_1 = m_2 g$$

и
$$a_1 = \frac{m_2}{m_1} g.$$



Если поменять грузы (1) и (2) местами, то при тех рассуждениях можно получить выражение для a_2 :

$$a_2 = \frac{m_1}{m_2} g.$$

Перемножая почленно полученные выражения для a_1 и a_2 , имеем:

$$a_1 \cdot a_2 = \frac{m_2}{m_1} g \cdot \frac{m_1}{m_2} g = g^2,$$

откуда находим

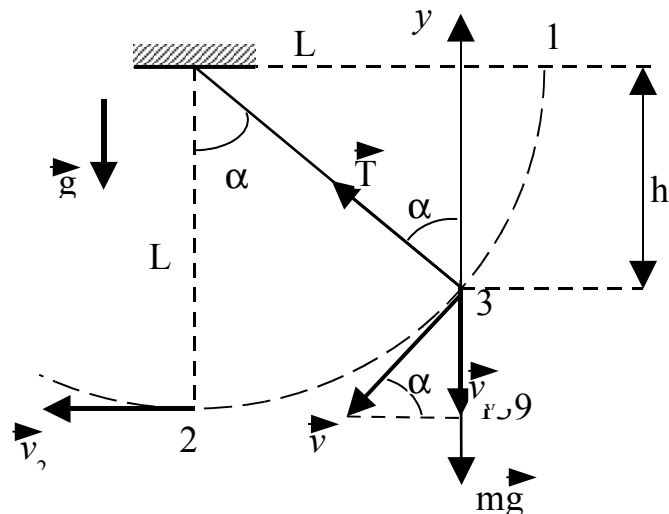
$$a_2 = \frac{g^2}{a_1} = \frac{10^2}{5} = 20 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a_2 = 20 \text{ м/с}^2$.

5. Шарик, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. Какой угол с вертикалью образует нить в тот момент, когда проекция скорости шарика на вертикальное направление наибольшая?

Дано: $\alpha_0 = 90^\circ$; $v_y = v_{y, \text{max}}$
 $\alpha = ?$

Решение. В начальный момент (положение 1 на рисунке) скорость шарика равна нулю. Значит, равна нулю и проекция скорости на вертикальную ось $0y$. В положении 2 вертикальная составляющая скорости снова равна



на нулю, так как вектор скорости \vec{v}_2 направлен горизонтально. Следовательно, по мере движения шарика из положения 1 в положение 2 вертикальная проекция скорости v_y сначала увеличивается, достигая максимального значения, а затем начинает уменьшаться. Возрастание вертикальной проекции скорости будет продолжаться до тех пор, пока не станет равной нулю вертикальная проекция равнодействующей приложенных к шарикау силы тяжести $m\vec{g}$ и силы натяжения нити \vec{T} . В этот момент (положение 3 на рис.) вертикальная проекция ускорения обратится в нуль, и второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy запишется в виде:

$$T \cdot \cos\alpha - mg = 0,$$

где α - угол между нитью и вертикалью. Натяжение нити T найдем, воспользовавшись тем, что шарик движется по дуге окружности радиуса L , где L – длина нити. Уравнение движения (второй закон Ньютона) в проекции на ось, совпадающей с нитью, выглядит так:

$$T - mg \cdot \cos\alpha = m \cdot \frac{v^2}{L}.$$

Квадрат линейной скорости v^2 шарика найдем из закона сохранения энергии:

$$m \cdot \frac{v^2}{2} = mgh, \text{ где } h = L \cdot \cos\alpha \text{ (см. рис.)}, \text{ откуда } v^2 = 2gL \cos\alpha.$$

Учитывая все записанные соотношения, получаем

$$3mg \cos^2\alpha - mg = 0, \quad \text{и} \quad 3\cos^2\alpha - 1 = 0,$$

откуда находим

$$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad \text{и} \quad \alpha = \arccos \frac{1}{\sqrt{3}} = 55^\circ.$$

Эту задачу можно решить, используя математический прием. Как известно, в точках экстремума функции ее производная равна нулю. В произвольном положении шарика вертикальная проекция скорости равна:

$$v_y = v \cdot \sin\alpha = \sqrt{2gL \cdot \cos\alpha} \cdot \sin\alpha.$$

Приравняем нулю производную от этого выражения:

$$v_y' = \frac{\sqrt{gL}}{\sqrt{2\cos\alpha}} (-\sin^2\alpha + 2\cos^2\alpha) = \sqrt{\frac{gL}{2\cos\alpha}} (3\cos^2\alpha - 1) = 0.$$

Отсюда вытекает условие: $3\cos^2\alpha - 1 = 0$, совпадающее с найденным ранее.

Ответ: $\alpha = 55^\circ$.

6. Квадратная рамка из однородной проволоки, у которой отрезана одна сторона, подвешена на гвоздь. Найдите тангенс угла между средней стороной и вертикалью.

Дано: $L_1=L_2=L_3=L$.
 $\text{tg}\alpha$ —?

Решение. На рамку действуют сила реакции \vec{N} и силы тяжести $m_1\vec{g}$, $m_2\vec{g}$, $m_3\vec{g}$, приложенные к серединам сторон рамки (см. рис.). Так как проволока однородная, то массы сторон рамки равны между собой $m_1=m_2=m_3=m$. Сторону рамки обозначим через a . Приравнявая нулю сумму моментов сил (условие равновесия) относительно оси, проходящей через точку подвеса (гвоздь) O , получим уравнение:

$$m_1g \cdot \frac{a}{2} \cos\alpha - m_2g \cdot \frac{a}{2} \sin\alpha - m_3g \cdot x = 0.$$

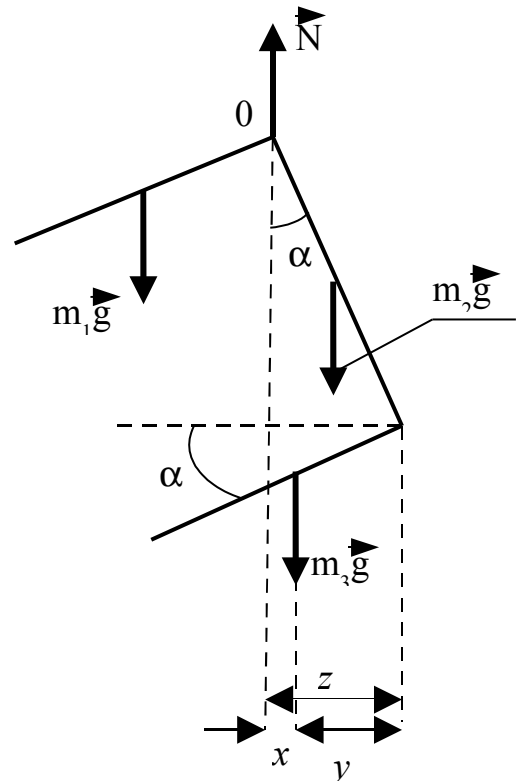
С учетом того, что $x = y - z = a \cdot \sin\alpha - \frac{a}{2} \cos\alpha$ и массы сторон рамки равны, уравнение моментов примет вид:

$$mg \cdot \frac{a}{2} \cos\alpha - mg \cdot \frac{a}{2} \sin\alpha - mg \cdot (a \cdot \sin\alpha - \frac{a}{2} \cos\alpha) = 0,$$

откуда получим искомый тангенс угла α :

$$\text{tg}\alpha = \frac{2}{3}.$$

Ответ: $\text{tg}\alpha = \frac{2}{3}$.



7. Какая сила давления может быть получена на гидравлическом прессе, если к длинному плечу рычага, передающего давление на малый поршень, приложена сила $F_0 = 100$ Н, соотношение плеч рычага равно $L_0/L_1 = 9$, а площади

поршней пресса соответственно равны $S_1=5 \text{ см}^2$ и $S_2=500 \text{ см}^2$. КПД пресса $\eta=0,8$.

Дано: $F_0 = 100 \text{ Н}$; $L_0/L_1 = 9$; $S_1=5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $S_2=500 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $\eta=0,8$ (80 %).
 F_2 –?

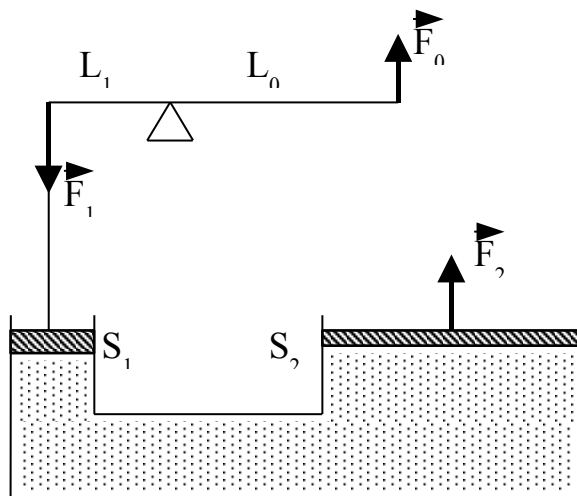
Решение. Сделаем схематический рисунок гидравлического пресса. Обозначения на рисунке: $L_0/L_1 = 9$ – отношение плеч рычага; F_1 и F_2 – силы, действующие на малый и большой поршни, соответственно; S_1 и S_2 – площади поршней.

Напишем уравнение для гидравлического пресса:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{l_2}{l_1},$$

где l_1 и l_2 – перемещения поршней.

Из этого уравнения следует, что $F_1 l_1 = F_2 l_2$, т.е. $A_1 = F_1 l_1$ – работа, совершаемая силой F_1 , действующей на малый поршень, и $A_2 = F_2 l_2$ – работа, совершаемая силой F_2 , действующей на большой поршень, равны. Так как гидравлический пресс используется для получения выигрыша в силе, то $A_2 = A_{\text{пол}}$ – представляет собой полезную работу, а $A_1 = A_{\text{затр}}$ представляет собой затраченную работу. $A_{\text{пол}} = A_{\text{затр}}$ – полезная и затраченная работы равны только в том случае, когда не учитываются силы сопротивления, действующие в механизмах пресса. В общем случае, как в нашей задаче, КПД пресса равен:



$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{F_1 l_1}{F_2 l_2} = \frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{l_1}{l_2}.$$

Так как из уравнения гидравлического пресса следует, что

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{S_2}{S_1}, \quad \text{тогда} \quad \eta = \frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{S_2}{S_1},$$

откуда находим

$$F_2 = \eta F_1 \frac{S_2}{S_1}.$$

Значение F_1 находим из уравнения для рычага: $F_1 L_1 = F_0 L_0$, т.е. $F_1 = F_0 \frac{L_0}{L_1}$.
Подставляя выражение для F_1 в уравнение для F_2 , получаем:

$$F_2 = \eta F_1 \frac{S_2}{S_1} = \eta \cdot F_0 \cdot \frac{L_0}{L_1} \cdot \frac{S_2}{S_1} = 0,8 \cdot 100 \cdot 9 \cdot \frac{500}{5} = 72 \cdot 10^3 \text{ Н} = 72 \text{ кН}.$$

Ответ: $F_2 = 72 \text{ кН}$.

8. По трубе радиусом $R = 1,5 \text{ см}$ течет углекислый газ (с плотностью $\rho = 7,5 \text{ кг/м}^3$). Определите скорость его течения, если за время $t = 20 \text{ мин}$ через поперечное сечение трубы протекает $m = 950 \text{ г}$ газа.

Дано: $R = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $\rho = 7,5 \text{ кг/м}^3$; $t = 20 \cdot 60 \text{ с}$; $m = 0,95 \text{ кг}$.
 $v = ?$

Решение. Пишем формулу для массового расхода газа, т.е. для массы газа, протекающего в единицу времени через поперечное сечение трубы:

$$Q = \frac{m}{t} = \rho S v,$$

где v – скорость течения газа, $S = \pi R^2$ – площадь поперечного сечения трубы, т.е.

$$\frac{m}{t} = \rho \pi R^2 v,$$

откуда находим:

$$v = \frac{m}{\rho \pi R^2 t} = \frac{0,95}{7,5 \cdot \pi \cdot (1,5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 20 \cdot 60} = 0,15 \text{ м/с} = 15 \text{ см/с}.$$

Ответ: $v = 15 \text{ см/с}$.

9. Лодка массой M стоит в неподвижной воде. Насколько сместится лодка, если рыбак массой m переместится с кормы на нос лодки. Длина лодки l . Сопротивлением воды пренебрегайте.

Дано: M ; m ; l .
 $L = ?$

Решение. В системе отсчета, связанной с неподвижной водой или берегом сохраняется проекция импульса системы рыбак – лодка на горизонтальное направление:

$$0 = Mu_x + mv_x,$$

где u_x, v_x – проекции скоростей лодки и рыбака на горизонтально расположенную ось Ox .

Но $v_x = u_x + v_x'$, где v_x' – проекция скорости рыбака относительно лодки, поэтому

$$0 = Mu_x + m(u_x + v_x') \quad \text{или} \quad 0 = (M+m)u_x + mv_x'.$$

Умножим обе части последнего уравнения на Δt – время перемещения рыбака с кормы на нос, тогда с учетом того, что $u_x \Delta t = L$ – перемещение лодки относительно берега, $v_x' \Delta t = l$ – перемещение рыбака относительно лодки равно длине лодки, имеем:

$$0 = (M+m)L + ml,$$

откуда находим

$$L = -\frac{m}{M+m} \cdot l.$$

Знак “–” указывает на то, что лодка перемещается в направлении, противоположном перемещению рыбака.

Ответ: $L = -\frac{m}{M+m} \cdot l.$

10. Платформа в виде сплошного диска радиуса $R=1,5$ м и массой $m_1=180$ кг вращается вокруг оси симметрии с частотой $\nu_0=10$ об/мин. В центре платформы стоит человек массой $m_2=60$ кг. Какую линейную скорость v относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдет на край платформы? Человека принять за материальную точку.

Дано: $R=1,5$ м; $m_1=180$ кг; $\nu=10$ об/мин = $(1/6) \text{ с}^{-1}$; $m_2=60$ кг.
 $v=?$

Решение. Так как на платформу не действуют внешние силы, соответственно, их момент можно считать равным нулю. В этом случае момент импульса системы «платформа – человек» остается неизменным:

$$L = J\omega = \text{const},$$

где J – момент инерции системы «платформа + человек» относительно оси вращения, ω – угловая скорость вращения платформы.

Момент инерции системы равен сумме моментов инерции тел, входящих в состав системы, поэтому в начальный момент времени $J=J_1+J_2$, в конечном состоянии $J'=J_1'+J_2'$. В итоге закон сохранения момента импульса примет вид:

$$(J_1+J_2)\cdot\omega=(J_1'+J_2')\cdot\omega',$$

где J_1 и J_1' - значения момента инерции платформы в начальном и конечном состоянии, J_2 и J_2' - значения момента инерции человека в начальном и конечном состоянии.

На момент инерции платформы относительно оси вращения переход человека не влияет, и момент инерции платформы, имеющей форму диска, равен:

$J_1=J_1' = \frac{1}{2} m_1 R^2$. Момент инерции человека, как материальной точки, в начальный момент, когда он находится в центре платформы, $J_2=0$; а в конечном состоянии, когда человек находится на краю платформы, $J_2'=m_2 R^2$.

Записанные соотношения для моментов инерций подставим в уравнение, выражающее закон сохранения момента импульса, и учтем, что угловая скорость в начальный момент $\omega=2\pi\nu$ и в конечный момент $\omega'=\frac{v}{R}$, где v – скорость человека относительно пола помещения:

$$\left(\frac{1}{2} m_1 R^2+0\right)\cdot 2\pi\nu=\left(\frac{1}{2} m_1 R^2+ m_2 R^2\right)\cdot \frac{v}{R},$$

откуда находим искомую скорость

$$v = \frac{2\pi\nu R m_1}{m_1 + 2m_2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{6} \cdot 1,5 \cdot 180}{180 + 2 \cdot 60} = 1 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v = 1 \text{ м/с.}$

11. Определите релятивистский импульс p и кинетическую энергию T электрона, движущегося со скоростью $v=0,9c$, где c – скорость света в вакууме.

Дано: $m_0=9,1\cdot 10^{-31}$ кг; $c=3\cdot 10^8$ м/с; $v=0,9c$.
 $p=?$ $T=?$

Решение. Релятивистский импульс по определению равен:

$$p = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} v,$$

где m_0 – масса покоя и m – релятивистская масса электрона. Подставив значения, произведем вычисление релятивистского импульса:

$$p = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} v = \frac{m_0 \cdot 0,9c}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,9c}{c}\right)^2}} = \frac{0,9m_0c}{\sqrt{1 - 0,81}} = \frac{0,9 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{0,19}} = 5,6 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

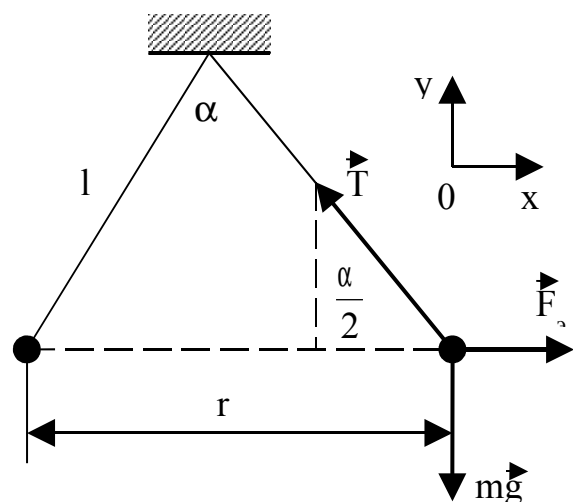
В релятивистской механике кинетическая энергия T равна разности между полной энергией E и энергией покоя:

$$T = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2 - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) =$$

$$= 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0,81}} - 1 \right) = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}.$$

Ответ: $p = 5,6 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $T = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.

12. На шелковых нитях длиной $l = 50$ см подвешены в одной точке в воздухе два одинаково заряженных шарика массами $m = 0,8$ г каждый. Сколько избыточных электронов надо сообщить каждому шарiku, чтобы нити подвеса шариков разошлись на угол $\alpha = 60^\circ$? Элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Ускорение силы тяжести $g = 9,8$ м/с². Диэлектрическая проницаемость воздуха $\epsilon = 1$. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.



Дано: $l = 0,5$ м; $m = 0,8 \cdot 10^{-3}$ кг; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;
 $g = 9,8$ м/с²; $\epsilon = 1$; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; $\alpha = 60^\circ$.

N-?

Решение. На каждый шарик действуют силы: $m\vec{g}$ – сила тяжести, \vec{T} – сила натяжения нити, \vec{F}_3 – сила электрического (кулоновского) отталкивания шариков (см. рис.). Так как шарики находятся в равновесии, то условие равновесия любого из шариков записывается в виде:

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_3 = 0,$$

т.е. векторная сумма сил, действующих на шарик, равна нулю. Распишем это векторное уравнение в проекциях по осям координат Ox , Oy :

$$F_3 - T \sin \frac{\alpha}{2} = 0; \quad T \cos \frac{\alpha}{2} - mg = 0,$$

или

$$T \sin \frac{\alpha}{2} = F_3; \quad T \cos \frac{\alpha}{2} = mg.$$

Поделив почленно уравнения в последней системе, друг на друга, имеем:

$$\frac{F_3}{mg} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad \text{или} \quad F_3 = mg \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

В последнее уравнение подставим выражение для F_3 , следующее из закона Кулона:

$$F_3 = \frac{1}{4\pi \epsilon \epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}, \quad \text{где} \quad r = 2l \sin \frac{\alpha}{2},$$

т.е.

$$F_3 = \frac{q^2}{16\pi \epsilon \epsilon_0 l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}.$$

Итак,

$$F_3 = \frac{q^2}{16\pi \epsilon \epsilon_0 l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} = mg \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Заряд каждого шарика q складывается из зарядов избыточных электронов, так как создается их совокупностью, т.е. $q = Ne$, где N – число избыточных электронов. Подстановка выражения для q в предыдущее уравнение дает:

$$\frac{N^2 e^2}{16\pi \epsilon \epsilon_0 l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} = mg \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

откуда находим

$$N = \frac{4l}{e} \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{\pi \varepsilon \varepsilon_0 m g t g \frac{\alpha}{2}} =$$

$$= \frac{4 \cdot 0,5}{1,6 \cdot 10^{-19}} \sin 30^0 \sqrt{\pi \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot \operatorname{tg} 30^0} = 2,21 \cdot 10^{12}.$$

Ответ: $N = 2,21 \cdot 10^{12}$.

13. Четыре конденсатора $C_1 = 3$ пФ, $C_2 = 7$ пФ, $C_3 = 6$ пФ и $C_4 = 4$ пФ соединены по схеме, приведенной на рисунке и подключены к источнику напряжения с ЭДС $E = 1\,000$ В. Определите показания вольтметра, подключенного между точками А и В схемы.

Дано: $C_1 = 3$ пФ; $C_2 = 7$ пФ; $C_3 = 6$ пФ; $C_4 = 4$ пФ; $E = 1\,000$ В.
 U_V —?

Решение. Напряжение U , поданное на схему (между точками 1 и 2), равно ЭДС источника, т.е.

$$U = U_{12} = E = 1000 \text{ В.}$$

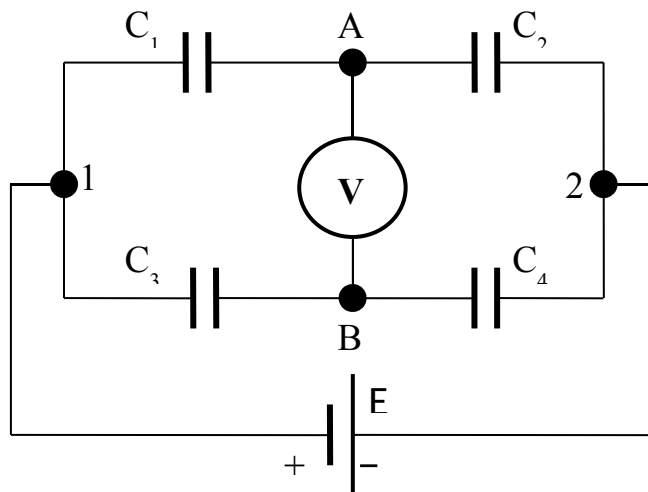
Рассмотрим участок цепи, состоящий из последовательно соединенных конденсаторов C_1 и C_2 , к которой приложено напряжение $U_{12} = U$. При последовательном соединении конденсаторов заряды их одинаковы и равны заряду системы из C_1 и C_2 :

$$q_1 = q_2 = q_{12}.$$

Емкость C_{12} цепи из двух последовательно соединенных конденсаторов C_1 и C_2 найдем из известного соотношения для емкости батареи конденсаторов при последовательном соединении:

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, \quad \Rightarrow \quad C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Теперь найдем заряд, ушедший из источника в систему из конденсаторов C_1 и C_2 :



$$q_{12} = C_{12}U_{12} = C_{12}U = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} U.$$

Определим напряжение U_1 на конденсаторе C_1 :

$$U_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_{12}}{C_1} = \frac{1}{C_1} \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} U = \frac{C_2}{C_1 + C_2} U.$$

Повторяя приведенные выше рассуждения для цепи, состоящей из последовательно соединенных конденсаторов C_3 и C_4 , можно найти напряжение на конденсаторе C_3 :

$$U_3 = \frac{C_4}{C_3 + C_4} U.$$

Напряжение U_3 есть разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_B$ (см. рис.):

$$U_3 = \varphi_1 - \varphi_B,$$

и, соответственно,

$$U_1 = \varphi_1 - \varphi_A.$$

Вычитая почленно два последних уравнения, имеем:

$$U_3 - U_1 = \varphi_A - \varphi_B.$$

Но $(\varphi_A - \varphi_B)$ – есть разность потенциалов (напряжение) между точками А и В и будет равно показанию вольтметра, подключенного между этими точками:

$$\begin{aligned} U_V = U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = U_3 - U_1 &= \frac{C_4}{C_3 + C_4} U - \frac{C_2}{C_1 + C_2} U = \\ &= U \left(\frac{C_4}{C_3 + C_4} - \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) = 1\,000 \left(\frac{4}{6 + 4} - \frac{7}{3 + 7} \right) = -300 \text{ В}. \end{aligned}$$

Знак “–” указывает на то, что $\varphi_A - \varphi_B < 0$, т.е. $\varphi_A < \varphi_B$.

Ответ: $U_V = -300 \text{ В}$.

Теперь исследуем случай, когда показание вольтметра будет нулевое, т.е. когда

$$U_V = \varphi_A - \varphi_B = U \left(\frac{C_4}{C_3 + C_4} - \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) = 0.$$

Поскольку $U \neq 0$, то должно быть:

$$\frac{C_4}{C_3 + C_4} - \frac{C_2}{C_1 + C_2} = 0, \quad \text{или} \quad \frac{C_4}{C_3 + C_4} = \frac{C_2}{C_1 + C_2}, \quad \text{или} \quad \frac{1}{\frac{C_3}{C_4} + 1} = \frac{1}{\frac{C_1}{C_2} + 1}.$$

Последнее равенство выполняется при выполнении условия:

$$\frac{C_3}{C_4} = \frac{C_1}{C_2}.$$

Эту пропорцию можно привести к виду

$$\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}.$$

Таким образом, при выполнении соотношений между емкостями приведенной схемы:

$$\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}, \quad \text{или} \quad \frac{C_3}{C_4} = \frac{C_1}{C_2},$$

будет $\varphi_A - \varphi_B = 0$, т.е. $\varphi_A = \varphi_B$.

В этом случае:

- показания вольтметра, подключенного между точками А и В будут нулевыми, т.е. $U_V = \varphi_A - \varphi_B = 0$;

- подключение между точками А и В приведенной схемы конденсатора любой емкости (также любого резистора) или наличие между этими точками разрыва или перемычки (шунта) никак не повлияет на распределение зарядов и напряжений на конденсаторах C_1, C_2, C_3 и C_4 ;

- полученные результаты можно использовать при расчете подобных схем.

14. Аккумулятор с внутренним сопротивлением $r = 0,08$ Ом при силе тока $I_1 = 4$ А отдает во внешнюю цепь мощность $P_1 = 8$ Вт. Какую мощность P_2 он отдает во внешнюю цепь при силе тока $I_2 = 6$ А?

Дано: $r = 0,08$ Ом; $I_1 = 4$ А; $P_1 = 8$ Вт; $I_2 = 6$ А.
 P_2 —?

Решение: Обозначим через E – ЭДС источника тока (аккумулятора); R_1 и R_2 – сопротивление нагрузки в первом и во втором случаях, соответственно; I_1 и I_2 – сила тока в цепи в первом и во втором случаях, соответственно.

В первом случае мощность, отдаваемая аккумулятором во внешнюю цепь, равна

$$P_1 = I_1^2 R_1, \quad \text{где} \quad I_1 = \frac{E}{R_1 + r}.$$

Во втором случае сила тока изменилась из-за того, что сопротивление нагрузки изменилось и стало равным, например, R_2 . Тогда мощность, отдаваемая во внешнюю цепь во втором случае, равна:

$$P_2 = I_2^2 R_2, \quad \text{где} \quad I_2 = \frac{E}{R_2 + r}.$$

Решая систему из написанных четырех последних уравнений, находим:

$$P_2 = I_2 \left[\frac{P_1}{I_1} + (I_1 - I_2)r \right] = 6 \left[\frac{8}{4} + (4 - 6)0,08 \right] = 11,04 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P_2 = 11,04$ Вт.

15. Два гальванических элемента с ЭДС $E_1 = 2$ В и $E_2 = 1,5$ В и внутренними сопротивлениями $r_1 = 0,6$ Ом и $r_2 = 0,4$ Ом, соответственно, соединены параллельно (см. рис.). Определите силу тока I в контуре и разность потенциалов $\phi_1 - \phi_2$ между точками 1 и 2.

Дано: $E_1 = 2$ В; $E_2 = 1,5$ В; $r_1 = 0,6$ Ом; $r_2 = 0,4$ Ом.

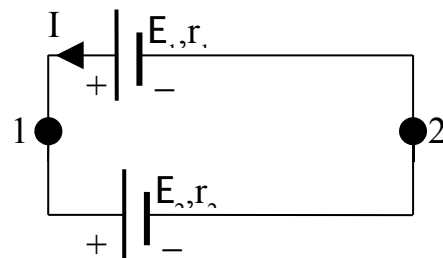
$\phi_1 - \phi_2$ –?

Решение: Согласно второму правилу Кирхгофа

$$E_1 - E_2 = I(r_1 + r_2),$$

Откуда находим

$$I = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2} = \frac{2 - 1,5}{0,6 + 0,4} = 0,5 \text{ А.}$$



Согласно закону Ома для неоднородного участка цепи

$$\varphi_1 - \varphi_2 = E_1 - Ir_1 = 2 - 0,5 \cdot 0,6 = 1,7 \text{ В},$$

или

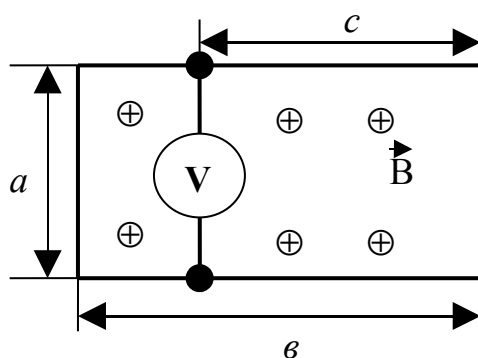
$$\varphi_1 - \varphi_2 = E_2 + Ir_2 = 1,5 + 0,5 \cdot 0,4 = 1,7 \text{ В}.$$

Ответ: $\varphi_1 - \varphi_2 = 1,7 \text{ В}$.

16. Из однородной проволоки, обладающей заметным сопротивлением, сделан прямоугольный контур размером $a \cdot b$. Перпендикулярно плоскости контура создается магнитное поле, индукция которого растет со временем по закону $B = \alpha t$. На расстоянии c от одной из сторон a подключен вольтметр, сопротивление которого очень велико (см. рис.). Какое напряжение покажет вольтметр?

Дано: $a, b, c; B = \alpha t$.
 $U - ?$

Решение: По основному закону электромагнитной индукции из-за изменения магнитного потока через весь контур возникает ЭДС индукции:



$$|E| = E = \Phi' = (BS)' = (\alpha t a b)' = \alpha a b.$$

По закону Ома определяем силу тока в контуре:

$$I = \frac{E}{R} = \alpha a b \left(\rho \frac{2(a+b)}{S} \right)^{-1} = \alpha a b \frac{S}{2\rho(a+b)},$$

где R – сопротивление контура, ρ - удельное сопротивление проволоки, S – площадь ее поперечного сечения.

В контуре, образованном вольтметром и участком провода длиной c и имеющим сопротивление

$$R_1 = \rho \frac{2c+a}{S},$$

создается ЭДС

$$E_1 = \alpha a c.$$

Согласно закону Ома

$$E_1 = U + IR_1,$$

откуда находим

$$U = E_1 - IR_1 = \alpha ac - \alpha av \frac{S}{2\rho(a + v)} \rho \frac{2c + a}{S} = \frac{\alpha a^2(2c - v)}{2(a + v)}.$$

Ответ: $U = \frac{\alpha a^2(2c - v)}{2(a + v)}.$

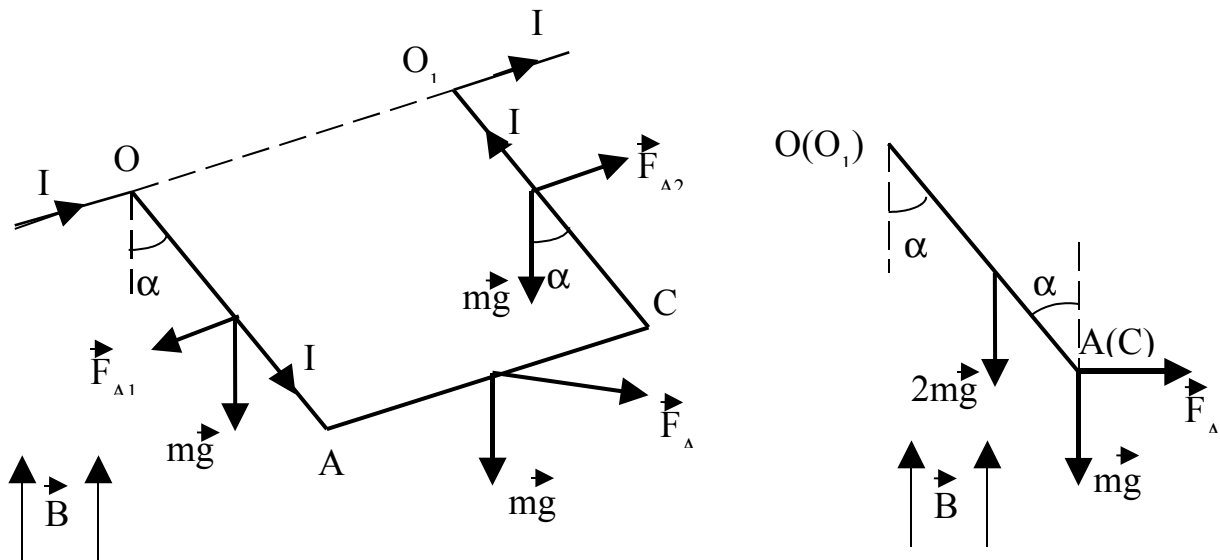
17. Провод из материала плотностью ρ и сечением S согнут в виде трех сторон квадрата и прикреплен своими концами к горизонтальной оси, вокруг которой он может вращаться в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией B (см. рис.). На какой угол α от вертикали отклонится плоскость этого контура при прохождении по проводу тока I . Ускорение свободного падения равно g .

Дано: $\rho; S; g; B; I.$
 $\alpha - ?$

Решение: Обозначим силы, действующие на согнутый проводник:

- одинаковые силы тяжести $m\vec{g}$, приложенные к участкам OA , AC , CO_1 одинаковой длины, т.е. $OA=AC=CO_1=l$;
- силу Ампера \vec{F}_A , действующую на горизонтальный участок AC ;
- силы Ампера \vec{F}_{A1} и \vec{F}_{A2} , действующие на участки OA и CO_1 .

Направления сил \vec{F}_A , \vec{F}_{A1} и \vec{F}_{A2} определяем по правилу правого винта (правилу левой руки).



Так как контур находится в равновесии, то сумма моментов всех приложенных к нему сил относительно оси вращения OO_1 равна нулю. Силы \vec{F}_{A1} и \vec{F}_{A2} параллельны оси OO_1 и их моменты относительно OO_1 равны нулю. Моменты сил реакции шарниров (на рисунке эти силы не показаны) относительно

оси OO_1 также равны нулю. Для остальных сил уравнение моментов сил относительно оси OO_1 запишется так:

$$mg \sin \alpha + 2mg \frac{1}{2} \sin \alpha - F_A l \cos \alpha = 0.$$

Подставляя в это уравнение

$$m = \rho \cdot S \cdot l \quad \text{и} \quad F_A = I \cdot l \cdot B,$$

получаем

$$2\rho \cdot S \cdot l \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha = I \cdot l \cdot B \cdot l \cdot \cos \alpha,$$

откуда находим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{IB}{2\rho Sg}.$$

Ответ: $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{I \cdot B}{2 \cdot \rho \cdot S \cdot g}.$

18. В колебательном контуре к конденсатору параллельно присоединили другой конденсатор вдвое большей емкости, после чего частота колебаний в контуре уменьшилась на $\Delta\nu = 300$ Гц. Определите первоначальную частоту колебаний в контуре.

Дано: $\Delta\nu = 300$ Гц; $C = 2C_1$.
 ν_1 —?

Решение: напишем выражения для частот ν колебаний в контуре в двух случаях:

$$\nu_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC_1}}, \quad \nu_2 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC_2}},$$

где емкость C_2 контура во втором случае равна

$$C_2 = C + C_1 = 2C_1 + C_1 = 3C_1,$$

так как во втором случае к конденсатору емкости C_1 присоединяют параллельно конденсатор вдвое большей емкости, т.е. емкости $2C_1$.

Согласно условию задачи

$$\Delta v = v_1 - v_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} - \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} - \frac{1}{2\pi\sqrt{L3C_1}} =$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = v_1 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \right),$$

откуда находим

$$v_1 = \Delta v \left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \right)^{-1} = 300 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \right)^{-1} = 710 \text{ Гц.}$$

Ответ: $v_1 = 710 \text{ Гц.}$

19. Лампочку для карманного фонаря, рассчитанную на напряжение $U_0 = 3,5 \text{ В}$ и силу тока $I_0 = 0,28 \text{ А}$, соединили последовательно с конденсатором и включили в сеть с эффективным напряжением $U_{\text{Э}} = 220 \text{ В}$ и частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$. Какой должна быть емкость C конденсатора, чтобы лампочка горела нормальным накалом?

Дано: $U_0 = 3,5 \text{ В}; I_0 = 0,28 \text{ А}; U_{\text{Э}} = 220 \text{ В}; \nu = 50 \text{ Гц.}$
 $C - ?$

Решение: Электрическое сопротивление R лампочки находим из закона Ома для участка цепи:

$$R = \frac{U_0}{I_0}.$$

Амплитудное значение напряжения U_A в сети равно

$$U_A = U\sqrt{2}.$$

Нормальный накал лампочки будет в случае, когда сила тока через нее будет равна I_0 . Тогда согласно закону Ома для цепи переменного тока

$$I_0 = \frac{U_A}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi\nu C} \right)^2}} = \frac{U\sqrt{2}}{\sqrt{\left(\frac{U_0}{I_0} \right)^2 + \frac{1}{(2\pi\nu C)^2}},}$$

откуда находим

$$C = \frac{1}{2\pi\nu} \left(\frac{2U^2}{I_0^2} - \frac{U_0^2}{I_0^2} \right)^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{2\pi \cdot 50} \left(\frac{2 \cdot 220^2}{0,28^2} - \frac{3,5^2}{0,28^2} \right)^{-\frac{1}{2}} = 2,86 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 2,86 \text{ мкФ}.$$

Ответ: $C = 2,86 \text{ мкФ}$.

20. Катушка длиной $l = 0,5 \text{ м}$ и площадью поперечного сечения $S = 10^{-3} \text{ м}^2$ включена в цепь переменного тока частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$. Число витков катушки $N = 3\,000$. Найдите сопротивление R катушки, если сдвиг фаз между напряжением и током $\varphi = 60^\circ$. Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

Дано: $l = 0,5 \text{ м}$; $S = 10^{-3} \text{ м}^2$; $\nu = 50 \text{ Гц}$; $N = 3\,000$; $\varphi = 60^\circ$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.
 $R - ?$

Решение: Сдвиг фаз φ между напряжением и током в данной задаче определяется выражением:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi\nu L}{R},$$

где

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} S,$$

- индуктивность катушки индуктивности.

Подстановка соотношения для L в выражение для $\operatorname{tg}\varphi$ дает:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{2\pi\nu L}{R} = \frac{2\pi\nu\mu_0 N^2 S}{Rl},$$

откуда находим

$$R = \frac{2\pi\nu\mu_0 N^2 S}{l \operatorname{tg}\varphi} = \frac{2\pi \cdot 50 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3000^2 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot \operatorname{tg}60^\circ} = 4,1 \text{ Ом}.$$

Ответ: $R = 4,1 \text{ Ом}$.

21. Материальная точка массой $m = 5 \text{ г}$ совершает горизонтальные колебания с частотой $\nu = 0,5 \text{ Гц}$ и амплитудой $A = 3 \text{ см}$. Определите: 1) скорость v точки в момент времени, когда смещение $x = 1,5 \text{ см}$; 2) максимальную силу F_m , действующую на точку; 3) полную энергию W колеблющейся точки.

Дано: $m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$; $A = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; $\nu = 0,5 \text{ Гц}$; $x(t)$.
 $v(t) - ?$ $F_m - ?$ $W - ?$

Решение. Кинематическое уравнение гармонических колебаний запишем в виде $x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$,

где x – смещение колеблющейся точки от положения равновесия; A – амплитуда; $(\omega t + \varphi)$ – фаза колебания; φ – начальная фаза; ω – циклическая частота ($\omega = 2\pi\nu$); t – время.

1) Формулу скорости получим, взяв первую производную по времени от смещения, $v = x' = A\omega \cdot \cos(\omega t + \varphi)$. Исходя из условия, задачи скорость надо выразить через смещение. Для этого исключим время из двух записанных уравнений. Для этого исключим время из двух записанных уравнений. Возведя оба уравнения в квадрат, затем, разделив первое уравнение на A^2 , второе – на $A^2\omega^2$ и, сложив их, получим:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{A^2\omega^2} = 1 \quad \text{или} \quad \frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{A^2(2\pi\nu)^2} = 1.$$

Решив это уравнение относительно v , найдем

$$v = \pm 2\pi\nu \sqrt{A^2 - x^2} = \pm 2\pi \cdot 0,5 \sqrt{3^2 - 1,5^2} = \pm 8,16 \text{ см/с}.$$

Знак "плюс" соответствует случаю, когда направление скорости совпадает с положительным направлением оси абсцисс, знак "минус" – в противном случае.

2) Силу F , действующую на точку, найдем из второго закона Ньютона:

$$F = ma,$$

где a – ускорение точки, которое определим, взяв производную по времени от скорости:

$$a = v' = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) \quad \text{или} \quad a = -A4\pi^2\nu^2 \sin(\omega t + \varphi),$$

откуда найдем максимальное значение силы

$$F_m = ma_m = m \cdot A \cdot 4\pi^2\nu^2 = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,5^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 1,49 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 1,49 \text{ мН}.$$

3) Полная энергия колеблющейся точки представляет собой сумму кинетической и потенциальной энергий, вычисленных для любого момента времени. В данной задаче проще всего найти полную энергию в момент, когда кинетическая энергия достигает максимального значения, так как в этот момент потенциальная энергия равна нулю. Поэтому полная энергия W колеблющейся точки равна максимальной кинетической энергии

$$W_k = \frac{1}{2} m v_m^2.$$

Максимальное значение скорости v_m определим, положив в формуле скорости $\cos(\omega t + \varphi) = 1$, тогда $v_m = 2\pi v A$. Итак, полная энергия

$$W = W_k = \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{1}{2} m (2\pi v A)^2 = \frac{1}{2} 5 \cdot 10^{-3} \cdot (2\pi \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 10^{-2})^2 =$$

$$= 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 22,2 \text{ мкДж}.$$

Ответ: $v = \pm 8,16 \text{ см/с}$; $F_m = 1,49 \text{ мН}$; $W = 22,2 \text{ мкДж}$;

22. К пружине подвешена чашка весов с гирями. Период ее вертикальных колебаний T_1 . После того, как на чашку положили добавочные гири, период вертикальных колебаний стал равен T_2 . Насколько удлинилась пружина после увеличения груза? Ускорение свободного падения равно g .

Дано: $T_1; T_2; g$
 $\Delta x - ?$

Решение. Период вертикальных колебаний чашки с гирями до того, как был добавлен груз,

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

где m – масса чашки с гирями, k – коэффициент жесткости пружины. Пусть масса добавленных гирь Δm , тогда период колебаний

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m + \Delta m}{k}}.$$

Вызывающая удлинение пружины Δx сила равна

$$F = k\Delta x,$$

отсюда

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{\Delta m \cdot g}{\Delta x},$$

где g – ускорение свободного падения.

Возводя выражения для периодов колебаний в квадрат и вычитая одно выражение из другого, получим:

$$T_2^2 - T_1^2 = \frac{4\pi^2 \cdot \Delta m}{k}.$$

Подставим в последнее равенство выражение для k и получим

$$T_2^2 - T_1^2 = \frac{4\pi^2 \cdot \Delta x}{g},$$

откуда находим:
$$\Delta x = \frac{g(T_2^2 - T_1^2)}{4\pi^2}.$$

Ответ:
$$\Delta x = \frac{g(T_2^2 - T_1^2)}{4\pi^2}.$$

23. Найдите относительное изменение длины математического маятника, необходимое для того, чтобы его период колебаний на высоте h был равен периоду колебаний на уровне моря.

Дано: $h; R_0.$
 $\varepsilon - ?$

Решение. При перенесении маятника на более высокий уровень над Землей его период колебаний увеличится, так как ускорение свободного падения уменьшается по мере увеличения высоты. Следовательно, для того, чтобы период колебаний не изменился, длину маятника следует уменьшить.

Пусть математический маятник длиной L_0 на уровне моря колеблется с периодом

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L_0}{g_0}},$$

где $g_0 = G \frac{M}{R_0^2}$ – ускорение свободного падения на уровне моря; M и R_0 – масса и радиус Земли; G – гравитационная постоянная.

На высоте h маятник длиной L будет иметь период колебаний

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}, \quad \text{где} \quad g = G \frac{M}{(R_0 + h)^2}.$$

Согласно условию задачи $T = T_0$, поэтому

$$\frac{L_0}{g_0} = \frac{L}{g} \quad \text{или} \quad \frac{L_0 R_0^2}{GM} = \frac{L(R_0 + h)^2}{GM},$$

откуда

$$\frac{L}{L_0} = \frac{R_0^2}{(R_0 + h)^2}.$$

Относительное уменьшение длины маятника

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_0 - L}{L_0} = 1 - \frac{L}{L_0} = 1 - \frac{R_0^2}{(R_0 + h)^2} = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R_0}\right)^2} = 1 - \left(1 + \frac{h}{R_0}\right)^{-2}.$$

Далее воспользуемся с известным из математики условием $(1+x)^n \approx 1 + nx$, при $x \ll 1$. Для случая, когда $h \ll R_0$:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = 1 - \left(1 + \frac{h}{R_0}\right)^{-2} \approx 1 - \left(1 + (-2)\frac{h}{R_0}\right) = 2\frac{h}{R_0}.$$

Итак, при $h \ll R_0$:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = 2\frac{h}{R_0}.$$

Ответ: $\varepsilon = 2\frac{h}{R_0}$.

24. Шарик совершает гармонические колебания. Найдите отношение скоростей v_1/v_2 шарика в точках, удаленных от положения равновесия, соответственно, на половину и на одну треть амплитуды.

Дано: $x = A \cdot \sin \omega t$; $x_1 = A/2$; $x_2 = A/3$.
 $v_1/v_2 = ?$

Решение. Предположим, что шарик совершает гармонические колебания по закону синуса:

$$x = A \cdot \sin \omega t.$$

Тогда уравнение колебаний скорости будет иметь вид:

$$v = x' = A\omega \cdot \cos \omega t.$$

Согласно условию задачи в момент времени t_1 :

$$x_1 = \frac{A}{2} = A \cdot \sin \omega t_1 \quad \text{и} \quad v_1 = A\omega \cdot \cos \omega t_1,$$

а в момент времени t_2 :

$$x_2 = \frac{A}{3} = A \cdot \sin \omega t_2 \quad \text{и} \quad v_2 = A\omega \cdot \cos \omega t_2.$$

Из первой пары уравнений выражаем $\sin \omega t_1$ и $\cos \omega t_1$, возводим в квадрат и складываем:

$$\sin^2 \omega t_1 + \cos^2 \omega t_1 = 1 = \frac{1}{4} + \left(\frac{v_1}{A\omega} \right)^2.$$

А из второй пары уравнений выражаем $\sin \omega t_2$ и $\cos \omega t_2$, возводим в квадрат и складываем:

$$\sin^2 \omega t_2 + \cos^2 \omega t_2 = 1 = \frac{1}{9} + \left(\frac{v_2}{A\omega} \right)^2.$$

Из последних двух уравнений выражаем

$$\left(\frac{v_1}{A\omega} \right)^2 = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}, \quad \left(\frac{v_2}{A\omega} \right)^2 = 1 - \frac{1}{9} = \frac{8}{9},$$

затем эти уравнения почленно делим и извлекаем квадратный корень:

$$\left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{9}{8}, \quad \left(\frac{v_1}{v_2} \right) = \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{9}{8}} = \frac{3\sqrt{6}}{8}.$$

Ответ: $\left(\frac{v_1}{v_2} \right) = \frac{3\sqrt{6}}{8}.$

25. Воду, текущую по водопроводной трубе со скоростью $v = 2$ м/с, быстро перекрывают жесткой заслонкой. Определите силу, действующую на заслонку при внезапной остановке воды, если скорость звука в воде $c = 1\,400$ м/с. Сечение трубы $S = 5$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³. Найдите давление на заслонку.

Дано: $v = 2$ м/с; $c = 1\,400$ м/с; $\rho = 10^3$ кг/м³; $S = 5 \cdot 10^{-4}$ м².

$$F - ? \quad P - ?$$

Решение. Столкнувшись с заслонкой, часть воды, прилегающая к ней, останавливается, сжимается и возбуждает волну давления, распространяющуюся навстречу потоку со скоростью звука в воде c . Если бы вода была несжимаема, то скорость всего потока уменьшилась бы мгновенно до нуля. Однако, благодаря сжимаемости вода продолжает движение, и до нуля падает скорость только той части столба, которая может быть достигнута волной давления. Выбирая положительное направление оси в направлении скорости потока v , запишем закон изменения импульса за время Δt :

$$0 - mv = 0 - \rho \cdot \Delta v \cdot v = 0 - \rho \cdot (c \Delta t S) \cdot v = F \cdot \Delta t.$$

Сила, действующая на заслонку:

$$F_c = -F = \rho c v S.$$

Следовательно, давление на заслонку равно:

$$P = \frac{F_c}{S} = \rho c v.$$

Подставляя числовые значения, найдем:

$$F_c = \rho c v S = 10^3 \cdot 1.4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 1400 \text{ Н} = 1,4 \text{ кН}.$$

$$P = \rho c v = 10^3 \cdot 1.4 \cdot 10^3 \cdot 2 = 28 \cdot 10^5 \text{ Па} = 28 \text{ атм}.$$

Рассмотренное явление внезапного контакта воды с преградой называют гидравлическим ударом. Разрушительное действие капель также объясняется этим явлением.

Ответ: $F_c = 1,4 \text{ кН}$; $P = 28 \text{ атм}$.

26. В стакан налито $V=200$ мл воды. Найдите число молей воды, количество и концентрацию молекул, массу молекулы. Молярная масса воды $\mu=18$ г/моль, ее плотность $\rho=1$ г/см³. Число Авогадро $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

$$\text{Дано: } \underline{V=200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3; \mu=18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль; } \rho=10^3 \text{ кг/м}^3; N_A=6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.}$$

$$v - ? \quad N - ? \quad n - ? \quad m_1 - ?$$

Решение. Число молей ν (количество вещества) равно отношению массы воды m к ее молярной массе μ . Учитывая, что масса равна $m = \rho V$, имеем:

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{\rho V}{\mu} = \frac{10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-6}}{18 \cdot 10^{-3}} = 11,1 \text{ моль}.$$

Число молекул воды N найдем, исходя из того, что в одном моле содержится число молекул, равное числу Авогадро N_A , согласно выражению:

$$N = \nu N_A = \frac{m}{\mu} N_A = \frac{\rho V}{\mu} N_A = \frac{10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3}} = 6,7 \cdot 10^{24}.$$

Концентрация молекул n равна числу молекул, содержащихся в единице объема:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\nu N_A}{V} = \frac{m N_A}{\mu V} = \frac{\rho N_A}{\mu} = \frac{10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}.$$

Массу молекулы воды m_1 можно определить, разделив массу воды на число содержащихся в ней молекул, используя одно из приведенных ниже соотношений:

$$m_1 = \frac{m}{N} = \frac{\rho}{n} = \frac{\mu}{N_A}. \quad m_1 = \frac{\mu}{N_A} = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3,0 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

Ответ: $\nu = 11,1$ моль; $N = 6,7 \cdot 10^{24}$; $n = 3,3 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$; $m_1 = 3,0 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$.

27. Со дна водоема поднимается пузырек воздуха. У поверхности его диаметр оказывается в 1,3 раза большим, чем у дна. Найдите глубину водоема, если атмосферное давление равно 750 мм рт. ст., а температура воды на поверхности водоема на 5 градусов выше температуры на дне, равной $t_1 = 4^\circ\text{C}$. Плотности воды $\rho_v = 1 \text{ г/см}^3$, $\rho_p = 13,6 \text{ г/см}^3$. Ускорение силы тяжести $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Дано: $d_2 = 1,3 d_1$; $\rho_v = 10^3 \text{ кг/м}^3$; $\rho_p = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $T_1 = 277 \text{ К}$; $T_2 = 282 \text{ К}$;
 $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; $P_0 = 0,75 \text{ м рт. ст.}$
 $H - ?$

Решение. Давление P воздуха в пузырьке на дне водоема равно давлению, оказываемому на пузырек со стороны окружающей среды и определяемому как сумма атмосферного P_0 и гидростатического P_r давлений:

$$P = P_0 + P_r.$$

Гидростатическое давление (давление столба жидкости) зависит от глубины погружения H и рассчитывается по формуле $P_r = \rho_v g H$. Следовательно, давление воздуха в пузырьке на дне водоема

$$P_1 = P_0 + \rho_v g H,$$

где H – глубина водоема.

А давление воздуха в пузырьке на поверхности равно $P_2 = P_0$, так как на поверхности водоема $H = 0$. Атмосферное давление равно

$$P_0 = \rho_p g h,$$

где h – высота столбика ртути.

При подъеме пузырька со дна водоема термодинамические параметры воздуха в нем удовлетворяют объединенному газовому закону:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}.$$

Учитывая, что

$$V_1 = \frac{1}{6} \pi d_1^3 \quad \text{и} \quad V_2 = \frac{1}{6} \pi d_2^3,$$

где d_1 и d_2 – диаметры пузырька воздуха на дне и у поверхности, получаем:

$$\frac{(P_0 + \rho_v g H) \pi d_1^3}{6 T_1} = \frac{P_0 \pi (1,3 d_1)^3}{6 T_2}.$$

Решая это уравнение относительно H , находим:

$$H = \left((1,3)^3 \frac{T_1}{T_2} - 1 \right) \frac{P_0}{\rho_v g} = \left((1,3)^3 \frac{T_1}{T_2} - 1 \right) \frac{\rho_p g h}{\rho_v g} = \left((1,3)^3 \frac{T_1}{T_2} - 1 \right) \frac{\rho_p h}{\rho_v} =$$

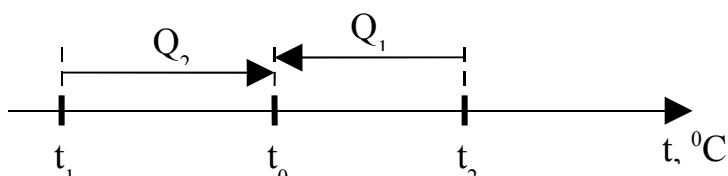
$$= \left((1,3)^3 \frac{277}{282} - 1 \right) \frac{13,6 \cdot 10^3 \cdot 0,75}{10^3} = 11,8 \text{ м.}$$

Ответ: $H = 11,8 \text{ м.}$

28. Для измерения температуры воды, имеющей массу $m_v = 7,3 \text{ г}$ в нее погрузили термометр, который показал $t_0 = 32,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Какова действительная температура t_2 воды, если теплоемкость термометра $C = 1,9 \text{ Дж/К}$ и перед погружением в воду он показывал $t_1 = 17,8 \text{ }^\circ\text{C}$? Удельная теплоемкость воды $c_v = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$. Потерями тепла во время измерения пренебрегайте.

Дано: $m_v = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; t_0 = 32,4 \text{ }^\circ\text{C}; t_1 = 17,8 \text{ }^\circ\text{C}; C = 1,9 \text{ Дж/К}; c_v = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.
 t_2 –?

Решение. При составлении уравнения теплового баланса часто бывает полезным рису-



нок, на котором изображена температурная ось t с обозначениями точек (температур) согласно условию задачи. Для данной задачи на температурной оси всего три точки t_1 , t_0 , t_2 . Согласно уравнению теплового баланса (закону сохранения энергии при тепловых процессах) количество теплоты Q_1 , теряемое водой при остывании от t_2 до t_0 равно количеству теплоты, необходимому для нагрева термометра от t_1 до t_0 :

$$Q_1 = Q_2, \quad \text{т.е.} \quad C(t_0 - t_1) = c_B m_B (t_2 - t_0).$$

Из этого уравнения находим искомую исходную температуру воды до погружения в нее термометра:

$$t_2 = t_0 + \frac{C(t_0 - t_1)}{c_B m_B} = 32,4 + \frac{1,9(32,4 - 17,8)}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 7,3 \cdot 10^{-3}} = 33,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Примечание. Если в процессе теплообмена участвуют более двух тел и процесс идет с фазовыми превращениями – плавлением или парообразованием, то число точек на температурной оси будет более трех, а число слагаемых в уравнении теплового баланса будет более двух.

Ответ: $t_2 = 33,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

29. Какое количество бензина потребуется автомобилю, чтобы проехать со скоростью $v = 72 \text{ км/ч}$ в течение $t = 2$ часов, если масса машины $m_a = 10 \text{ т}$, КПД двигателя $\eta = 28 \%$, а сопротивление движению составляет $\mu = 0,04$ силы тяжести автомобиля? Найдите силу тяги, мощность двигателя и расход горючего на 1 кВт·ч работы. Ускорение силы тяжести $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. Удельная теплота сгорания бензина $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$, а его плотность $\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$.

Дано: $v=20 \text{ м/с}$; $t=7\ 200 \text{ с}$; $m_a=10^4 \text{ кг}$; $\eta=0,28$; $\mu=0,04$;
 $q=4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$; $\rho=0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}=3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.
 m_B –? V_B –? F_T –? $P_{\text{пол}}$ –? α –?

Решение. При равномерном движении ($v = \text{const}$, ускорение $a = 0$) по горизонтальной дороге сила тяги F_T , развиваемая двигателем, равна силе сопротивления движению F_c , равной согласно условию задачи $\mu = 0,04$ от силы тяжести $m_a g$ автомобиля:

$$F_T = F_c = \mu m_a g = 0,04 \cdot 10^4 \cdot 9,8 = 3,92 \cdot 10^3 \text{ Н} = 3,92 \text{ кН}.$$

Работа силы тяги двигателя $A_{\text{пол}}$ (полезная работа), выполняемая при движении автомобиля, равна произведению силы тяги F_T на путь $S = vt$, пройденный автомобилем:

$$A_{\text{пол}} = F_T \cdot S = F_c \cdot vt = \mu m_a g \cdot vt = 0,04 \cdot 10^4 \cdot 9,8 \cdot 20 \cdot 7\ 200 =$$

$$5,64 \cdot 10^8 \text{ Дж} = \frac{5,64 \cdot 10^8}{3,6 \cdot 10^6} \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 157 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Мощность $P_{\text{пол}}$, развиваемая двигателем, рассчитывается как отношение выполненной работы $A_{\text{пол}}$ ко времени t , в течение которого она выполнялась:

$$P_{\text{пол}} = \frac{A_{\text{пол}}}{t} = \frac{F_T \cdot S}{t} = F_T \cdot v = 3,92 \cdot 10^3 \cdot 20 = 7,84 \cdot 10^4 \text{ Вт} = \frac{7,84 \cdot 10^4}{735} \text{ л.с.} = 106,7 \text{ л.с.}$$

(здесь учтено, что 1 л.с. = 1 лошадиная сила = 735 Вт)

Коэффициент полезного действия равен отношению полезной работы $A_{\text{пол}}$, выполненной для перемещения автомобиля, к количеству теплоты $Q_{\text{заг}}$, выделенной при сгорании бензина в двигателе автомобиля:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{A_{\text{пол}}}{m_{\text{б}} \cdot q},$$

где $m_{\text{б}}$ – масса бензина.

Из последнего уравнения находим:

$$m_{\text{б}} = \frac{A_{\text{пол}}}{\eta \cdot q} = \frac{5,64 \cdot 10^8}{0,28 \cdot 4,6 \cdot 10^7} = 43,8 \text{ кг}.$$

Объем израсходованного бензина $V_{\text{б}}$ найдем как отношение массы $m_{\text{б}}$ к плотности ρ бензина:

$$V_{\text{б}} = \frac{m_{\text{б}}}{\rho} = \frac{43,8}{0,7 \cdot 10^3} = 62,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 62,6 \text{ л}.$$

Расход горючего (бензина) на 1 кВт·ч работы равен отношению массы $m_{\text{б}}$ израсходованного бензина к совершенной полезной работе $A_{\text{пол}}$, выраженной в киловатт-часах:

$$\alpha = \frac{m_{\text{б}}}{A_{\text{пол}}} = \frac{43,8}{157} = 0,28 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} = 280 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}.$$

Ответ: $F_T=3,92 \text{ кН}$; $P_{\text{пол}}=106,7 \text{ л.с.}$; $m_{\text{б}}=43,8 \text{ кг}$; $V_{\text{б}}=62,6 \text{ л}$; $\alpha=280 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$.

30. В сосуд с ртутью опустили стеклянную капиллярную трубку. Разность уровней ртути в сосуде и капилляре равна $h = 7,5 \text{ мм}$. Считая несмачивание полным (краевой угол $\varphi = 180^\circ$), определите радиус R кривизны ртутного мениска в капилляре. Плотность ртути $\rho = 13,6 \text{ г/см}^3$, ее коэффициент поверхностного натяжения $\sigma = 0,5 \text{ Н/м}$. Ускорение силы тяжести $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Дано: $h = 7,5 \cdot 10^{-3}$ м; $\rho = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³; $\sigma = 0,5$ Н/м; $g = 9,8$ м/с².
R –?

Решение. Давление Лапласа, вызванное кривизной мениска ртути, равно:

$$P = \frac{2\sigma}{R},$$

где R – радиус кривизны мениска в капилляре.

Так как ртуть не смачивает стекло, то она в трубке опускается на такую высоту h, когда гидростатическое давление, равное ρgh , будет уравновешено давлением Лапласа:

$$\frac{2\sigma}{R} = \rho gh,$$

откуда находим

$$R = \frac{2\sigma}{\rho gh} = \frac{2 \cdot 0,5}{13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}} = 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм.}$$

При полном несмачивании радиус R кривизны мениска совпадает с радиусом капиллярной трубки. Значит, радиус капилляра 1 мм.

Примечание. Используя прием решения этой задачи, можно выяснить условия, при которых можно носить воду в решете. Допустим, решето имеет систему отверстий диаметром (размером) $d = 1$ мм. Если вода ($\sigma = 0,07$ Н/м) не смачивает материал решета, то вода в решете будет удерживаться на уровне h, определяемом условием:

$$\frac{2\sigma}{R} = \frac{4\sigma}{d} = \rho gh,$$

откуда

$$h = \frac{4\sigma}{\rho gd} = \frac{4 \cdot 0,07}{10^3 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}} = 0,03 \text{ м} = 3 \text{ см.}$$

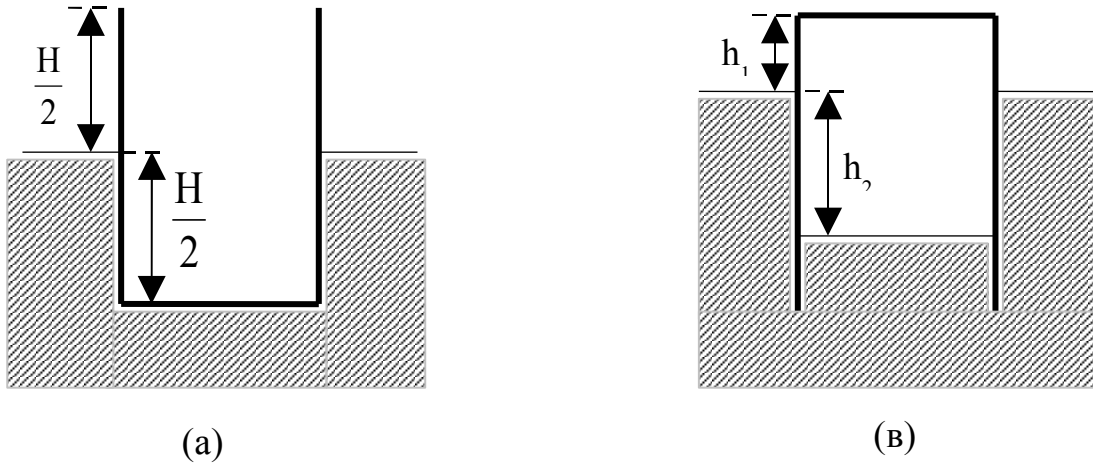
Таким образом, если в такое решето налить воду, то вода может удерживаться на максимальном уровне $h = 3$ см от дна. Причем эту воду из решета не удастся вылить через край решета, так как при наклоне решета уровень превысит $h = 3$ см, и вода будет выливаться сквозь отверстия.

Ответ: R = 1 мм.

31. Тонкостенный стакан плавает в воде, погружившись наполовину. насколько изменится глубина погружения, если стакан поставить в воду вверх дном. Температура воздуха в стакане постоянна. Высота стакана H. Атмосферное давление P_0 . Плотность воды ρ . Ускорение силы тяжести g.

Дано: H ; P_0 ; ρ ; g .
 Δh –?

Решение. Сделаем рисунок, на котором изобразим положение стакана в обоих случаях. В позиции (а) стакан плавает, погрузившись на $\frac{H}{2}$, и на $\frac{H}{2}$ край стакана выступает над уровнем воды. В позиции (в) для перевернутого стакана: на h_1 дно стакана выступает над уровнем воды, h_2 – разница уровней воды в стакане и вне стакана.



1) Для изотермического процесса для воздуха в стакане применяем закон Бойля – Мариотта:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2, \quad \text{или} \quad P_0 H S = (P_0 + \rho g h_2)(h_1 + h_2) S,$$

где S – площадь поперечного сечения стакана.

2) Если записывать условия плавания стакана, то в обоих случаях сила тяжести стакана mg (m – масса стакана) уравновешивается выталкивающими силами (Архимеда). Поэтому в качестве второго уравнения записываем:

$$mg = F_{\text{Арх1}} = F_{\text{Арх2}}, \quad \text{т.е.} \quad F_{\text{Арх1}} = F_{\text{Арх2}},$$

или

$$\rho g \frac{H}{2} S = \rho g h_2 S,$$

откуда находим

$$h_2 = \frac{H}{2}.$$

Подставляем это значение $h_2 = \frac{H}{2}$ в первое уравнение

$$P_0HS = (P_0 + \rho g \frac{H}{2}) \cdot (h_1 + \frac{H}{2})S,$$

откуда находим

$$h_1 = \frac{H}{2} \cdot \frac{2P_0 - \rho gH}{2P_0 + \rho gH}.$$

А приращение глубины погружения стакана равно (см. рисунок):

$$\Delta h = \frac{H}{2} - h_1 = \frac{H}{2} - \frac{H}{2} \cdot \frac{2P_0 - \rho gH}{2P_0 + \rho gH} = H \left(1 + \frac{2P_0}{\rho gH} \right)^{-1}.$$

Ответ: $\Delta h = H \left(1 + \frac{2P_0}{\rho gH} \right)^{-1}.$

32. Найдите значение избыточного давления внутри мыльного пузыря радиусом $R = 0,5$ см. Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора $\sigma = 0,04$ Н/м.

Дано: $R = 0,5 \cdot 10^{-2}$ м; $\sigma = 0,04$ Н/м.
 $P_{\text{избыт}} - ?$

Решение. Давление P внутри мыльного пузыря равно:

$$P = P_0 + P_{\text{избыт}},$$

где P_0 – атмосферное давление, $P_{\text{избыт}}$ – избыточное давление, создаваемое искривленным поверхностным слоем мыльной воды.

Избыточное давление $P_{\text{избыт}}$ равно удвоенному давлению Лапласа:

$$P_{\text{избыт}} = 2 \cdot \frac{2\sigma}{R},$$

множитель 2 перед дробью (давлением Лапласа) поставлен потому, что мыльный пузырь имеет две поверхности – внешнюю и внутреннюю.

Итак,

$$P_{\text{избыт}} = 2 \cdot \frac{2\sigma}{R} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 0,04}{0,5 \cdot 10^{-2}} = 32 \text{ Па}.$$

Значение $P_{\text{избыт}}$ обратно пропорционально радиусу R пузырька. При закипании воды при малых R , например, в пузырьках воздуха в воде давление $P_{\text{избыт}}$

может быть сравнимо с атмосферным давлением. Правда в этом случае поверхность пузырька одинарная, и $P_{\text{избыт}} = \frac{2\sigma}{R}$.

Ответ: $P_{\text{избыт}} = 32 \text{ Па}$.

33. Гелий из состояния с температурой $T_1 = 200 \text{ К}$ расширяется в процессе $PV^2 = \text{const}$ (P – давление, V – объем газа) с постоянной теплоемкостью C . От газа отвели количество теплоты $Q = 400 \text{ Дж}$, и конечный объем газа стал вдвое больше начального. Определите теплоемкость C .

Дано: $T_1 = 200 \text{ К}; PV^2 = \text{const}; Q = 400 \text{ Дж}; V_2/V_1 = 2$.
 C –?

Решение. Запишем уравнение процесса и уравнение Клапейрона для гелия:

$$PV^2 = \text{const}, \quad \frac{PV}{T} = \text{const}.$$

Поделив почленно первое уравнение на второе, имеем:

$$VT = \text{const}.$$

Последнее уравнение для перехода гелия из состояния 1 в состояние 2 записывается так:

$$V_1 T_1 = V_2 T_2,$$

из которого находим температуру гелия в конечном состоянии

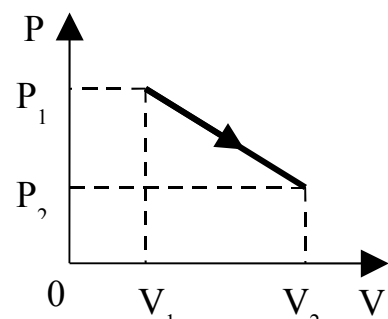
$$T_2 = \frac{V_1}{V_2} \cdot T_1 = \frac{1}{2} \cdot 200 = 100 \text{ К}.$$

Теплоемкость C по определению равна количеству теплоты, необходимому для изменения температуры системы (газа) на 1 К:

$$C = \frac{|Q|}{|T_2 - T_1|} = \frac{400}{200 - 100} = 4 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

Ответ: $C = 4 \text{ Дж/К}$.

34. С азотом произошел процесс, изображенный на рисунке в координатах P - V . Определите температуру газа T в этом процессе, когда его объем равен



$V=1,1$ л, если масса азота равна $m=0,56$ г; $P_1=100$ кПа; $V_1=0,5$ л; $P_2=40$ кПа; $V_2=1,5$ л. Молярная масса азота $\mu=28$ г/моль. Универсальная газовая постоянная $R=8,31$ Дж/(моль·К).

$$\text{Дано: } \underline{P_1 = 100 \cdot 10^3 \text{ Па; } V_1 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; P_2 = 40 \cdot 10^3 \text{ Па; } V_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;}$$

$$\underline{\mu = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль; } V = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К).}$$

T – ?

Решение. Процесс, происходящий с газом (см. рисунок), можно выразить уравнением:

$$P = P_0 - \alpha V,$$

где P_0 – значение давления при нулевом объеме, α – угловой коэффициент в зависимости $P(V)$.

Запишем это уравнение процесса для состояний 1 и 2:

$$P_1 = P_0 - \alpha V_1,$$

$$P_2 = P_0 - \alpha V_2.$$

Из этих уравнений выразим постоянные α и P_0 :

$$\alpha = \frac{P_1 - P_2}{V_2 - V_1}; \quad P_0 = P_1 + \frac{P_1 - P_2}{V_2 - V_1} \cdot V_1.$$

Для промежуточного состояния запишем уравнение процесса и уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$P = P_0 - \alpha V,$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT.$$

Из этих уравнений с учетом выражений для α и P_0 найдем искомую температуру T:

$$T = \frac{PV\mu}{mR} = \frac{V\mu}{mR} \cdot P = \frac{V\mu}{mR} \cdot (P_0 - \alpha V) = \frac{V\mu}{mR} \cdot \left(P_1 + \frac{P_1 - P_2}{V_2 - V_1} \cdot V_1 - \alpha V \right) =$$

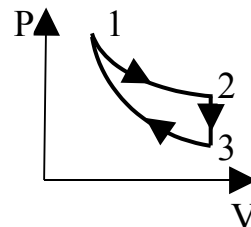
$$= \frac{V\mu}{mR} \cdot \left(P_1 + \frac{P_1 - P_2}{V_2 - V_1} \cdot V_1 - \frac{P_1 - P_2}{V_2 - V_1} \cdot V \right) = \frac{V\mu}{mR} \cdot \left(P_1 + \frac{P_1 - P_2}{V_2 - V_1} \cdot (V_1 - V) \right) =$$

$$= \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{0,56 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31} \cdot \left(100 \cdot 10^3 + \frac{100 \cdot 10^3 - 40 \cdot 10^3}{1,5 \cdot 10^{-3} - 0,5 \cdot 10^{-3}} \cdot (0,5 \cdot 10^{-3} - 1,1 \cdot 10^{-3}) \right) =$$

$$= 424 \text{ К.}$$

Ответ: T = 424 К.

35. Коэффициент полезного действия тепловой машины, работающей по циклу (см. рисунок), состоящему из изотермы 1-2, изохоры 2-3 и адиабаты 3-1, равен η . Разность максимальной и минимальной температур газа в цикле равна ΔT . Найдите работу, совершенную ν молями одноатомного идеального газа в изотермическом процессе.



Дано: η ; $T_1 - T_3 = \Delta T$; $T_1 = T_2$; $i = 3$; ν ; $R = 3$.
 $A_{12} = ?$

Решение. К каждому из трех процессов на участках 1-2, 2-3, 3-1 рассматриваемого цикла будем применять первый закон термодинамики – количество теплоты ΔQ , переданное системе, идет на изменение внутренней энергии ΔU системы и на совершение системой работы ΔA против внешних сил:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V,$$

где i – число степеней свободы молекул газа; ν – количество вещества; R – газовая постоянная; P – давление; ΔT и ΔV – изменения температуры и объема в рассматриваемом элементарном процессе.

Участок 1-2 – изотерма, температуры в состояниях 1 и 2 одинаковы, т.е. $T_1 = T_2$. Поэтому на этом участке внутренняя энергия не меняется, т.е. $\Delta U_{12} = 0$. И работа A_{12} совершается за счет теплоты $Q_{12} = Q_1$, получаемой тепловой машиной от нагревателя:

$$A_{12} = Q_1.$$

Участок 2-3 – изохора, объемы в состояниях 2 и 3 одинаковы, т.е. $V_2 = V_3$. Поэтому на этом участке работа не совершается, т.е. $A_{23} = 0$. На участке 2-3 температура понижается, и убыль внутренней энергии $\Delta U_{23} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$ производится за счет передачи теплоты $Q_{23} = Q_2$ холодильнику:

$$Q_2 = \frac{i}{2} \nu R \Delta T.$$

Участок 3-1 – адиабата, на этом участке процесс происходит без теплообмена с окружающей средой:

$$Q_3 = 0.$$

Коэффициент полезного действия η тепловой машины по определению равен:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$$

В полученное уравнение для η вместо Q_1 и Q_2 подставим их выражения, записанные выше:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{A_{12}},$$

откуда найдем искомую работу:

$$A_{12} = \frac{3\nu R \Delta T}{2(1 - \eta)}.$$

Ответ: $A_{12} = \frac{3\nu R \Delta T}{2(1 - \eta)}.$

36. Один моль идеального газа совершает замкнутый процесс, состоящий из двух изохор и двух изобар (см. Рисунок). Температура в точке 1 равна T_1 , а в точке 3 равна T_3 . Точки 2 и 4 лежат на одной изотерме. Чему равна работа газа за цикл? Универсальная газовая постоянная равна R .

Дано: $R; T_1; T_3; T_4 = T_2; P_3 = P_2; P_4 = P_1; V_2 = V_1; V_3 = V_4; \nu = 1$ моль.

Решение. В каждой точке состояния будем обозначать соответствующими индексами. Напрямую в точке 4 с учетом условия задачи использовать следующие параметры: давления, объема, температуры:

Используя уравнение Клапейрона

$$\frac{PV}{T} = \text{const},$$

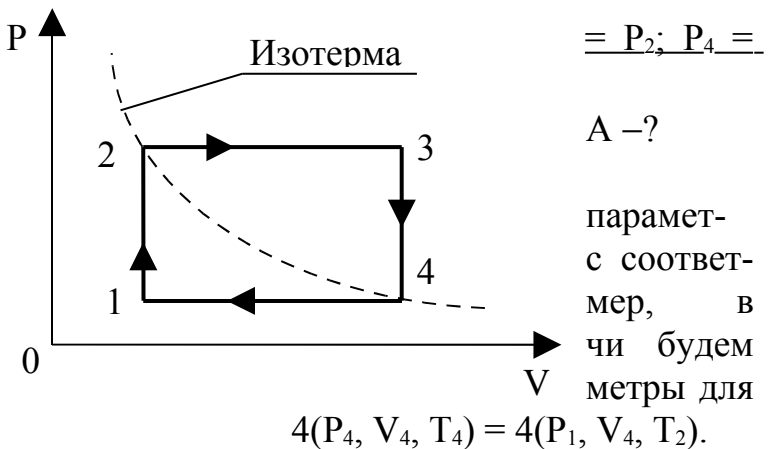
запишем уравнения изопроцессов 1-2, 2-3, 3-4, 4-1.

Из уравнений изохор 1-2 и 3-4

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}, \quad \frac{P_2}{T_3} = \frac{P_1}{T_2}$$

получаем выражение:

$$P_1 = P_2 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}. \quad (*)$$



Из уравнений изобар 2-3 и 4-1

$$\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_4}{T_3}, \quad \frac{V_4}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$$

получаем соотношения:

$$V_4 = V_1 \cdot \frac{T_3}{T_2}, \quad T_2 = \sqrt{T_1 \cdot T_3}. \quad (**)$$

Работа газа за цикл равна площади фигуры (в данном случае площади прямоугольника) на диаграмме в координатах P-V:

$$A = (P_2 - P_1) \cdot (V_4 - V_1).$$

Преобразуем записанное выражение для работы с учетом соотношений (*) и (**):

$$\begin{aligned} A &= (P_2 - P_1) \cdot (V_4 - V_1) = P_2 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}\right) \cdot V_1 \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right) = \\ &= P_2 V_2 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}\right) \cdot \left(\frac{T_3}{\sqrt{T_1 T_3}} - 1\right). \end{aligned}$$

Преобразуем полученное выражение для работы с учетом уравнения состояния в точке 2:

$$P_2 V_2 = \nu R T_2, \quad (\nu = 1 \text{ моль}).$$

Итак, имеем:

$$\begin{aligned} A &= P_2 V_2 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}\right) \cdot \left(\frac{T_3}{\sqrt{T_1 T_3}} - 1\right) = R T_2 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}\right) \cdot \left(\sqrt{\frac{T_3}{T_1}} - 1\right) = \\ &= R \sqrt{T_1 \cdot T_3} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}\right) \cdot \left(\sqrt{\frac{T_3}{T_1}} - 1\right) = R \cdot \left(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1}\right)^2. \end{aligned}$$

Ответ: $A = R \cdot \left(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1}\right)^2.$

37. Изображение предмета находится на расстоянии b от заднего фокуса, а предмет – на расстоянии a от переднего фокуса собирающей линзы. Определите увеличение Γ линзы.

Дано: $f = F + b$; $d = F + a$.
 Γ –?

Решение. Согласно условию задачи расстояние от линзы до изображения равно

$$f = F + b,$$

расстояние от линзы до предмета равно

$$d = F + a,$$

где F - фокусное расстояние линзы.

Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F + b} + \frac{1}{F + a},$$

из которой находим фокусное расстояние

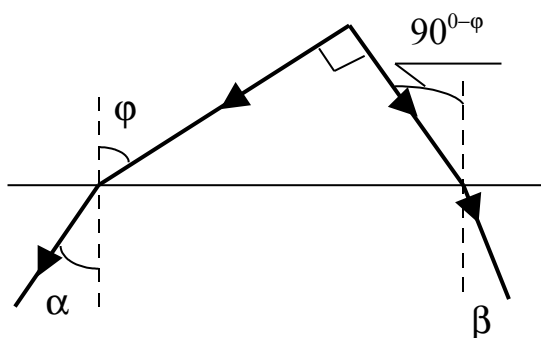
$$F = \sqrt{ab}.$$

Увеличение Γ линзы равно отношению расстояния от линзы до изображения f к расстоянию от предмета до линзы:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F + b}{F + a} = \frac{\sqrt{ab} + b}{\sqrt{ab} + a} = \frac{\sqrt{b}(\sqrt{a} + \sqrt{b})}{\sqrt{a}(\sqrt{b} + \sqrt{a})} = \sqrt{\frac{b}{a}}.$$

Ответ: $\Gamma = \sqrt{\frac{b}{a}}.$

38. Два взаимно перпендикулярных луча падают из воздуха на поверхность жидкости. При этом один луч преломляется под углом $\alpha = 36^\circ$, а другой преломляется под углом $\beta = 20^\circ$ (см. рисунок). Определите показатель преломления жидкости.



Дано: $\alpha = 36^\circ$; $\beta = 20^\circ$.
 n - ?

Решение. Если нет специальных указаний, полагают, что абсолютный показатель преломления воздуха, как и у вакуума, равен 1.

Из того, что лучи, падающие на поверхность жидкости, взаимно перпендикулярны, следует, что если угол падения первого луча равен φ , то угол падения второго луча будет равен $(90^\circ - \varphi)$. Запишем законы преломления первого и второго лучей на границе воздух-жидкость:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \alpha} = n, \quad \frac{\sin(90^\circ - \varphi)}{\sin \beta} = \frac{\cos \varphi}{\sin \beta} = n.$$

Поделив почленно первое уравнение на второе, имеем:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \quad \text{и} \quad \varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{\sin 36^\circ}{\sin 20^\circ}\right) = 60^\circ.$$

Из закона преломления первого луча находим:

$$n = \frac{\sin\varphi}{\sin\alpha} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 36^\circ} = 1,5.$$

Ответ: $n = 1,5$.

39. Плосковыпуклая линза с показателем преломления $n=1,6$ выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Радиус третьего светлого кольца в отраженном свете ($\lambda=0,6$ мкм) равен $r_3=0,9$ мм. Определите фокусное расстояние F линзы.

$$\text{Дано: } \underline{n = 1,6; \lambda = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м; } r_3 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ м; } m = 3. \\ F - ?$$

Решение. Радиус m -го светлого кольца Ньютона r_m в отраженном свете определяется соотношением:

$$r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda R},$$

где λ - длина волны монохроматического света, падающего на линзу, m - номер кольца, R - радиус кривизны выпуклой стороны линзы (плоская сторона имеет радиус кривизны $R_{\text{пл}} \rightarrow \infty$).

Из этого соотношения выражаем R :

$$R = \frac{r_m^2}{\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda}.$$

Запишем формулу тонкой линзы:

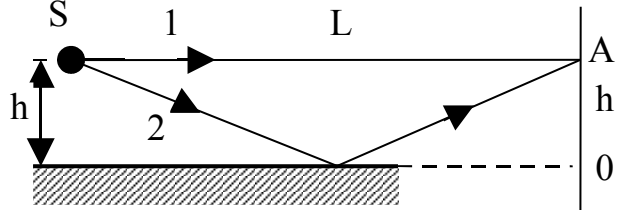
$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_{\text{пл}}} \right) = (n - 1) \frac{1}{R},$$

откуда находим фокусное расстояние линзы:

$$F = \frac{R}{n-1} = \frac{r_m^2}{(n-1)\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda} = \frac{(0,9 \cdot 10^{-3})^2}{(1,6-1) \cdot \left(3 - \frac{1}{2}\right) \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}} = 0,9 \text{ м.}$$

Ответ: $F = 0,9 \text{ м.}$

40. На рисунке представлена схема получения интерференции света с помощью плоского зеркала. Центральный интерференционный максимум наблюдается в точке 0 экрана. Расстояние от источника S до зеркала равно h , длина волны источника $\lambda = 600 \text{ нм}$. Луч 1 идет параллельно зеркалу и попадает в точку A экрана, где наблюдается второй интерференционный минимум. Чему равно расстояние h в этом опыте, если расстояние от источника до экрана $L = 20 \text{ м}$?



Дано: $L = SA = 20 \text{ м}; m = 2; \lambda = 600 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$
 $h - ?$

Решение. Интерференционный минимум наблюдается, если на разности хода ΔL лучей 1 и 2 укладывается нечётное число полуволин:

$$\Delta L = (2m - 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

где m – порядок интерференционного минимума.

Из приведенного рисунка найдем разность хода лучей 1 и 2:

$$\Delta L = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + h^2} - L = L \cdot \left(\sqrt{1 + \left(\frac{2h}{L}\right)^2} - 1 \right) \approx L \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2h}{L}\right)^2 - 1 \right) = \frac{2h^2}{L}.$$

В этих преобразованиях воспользовались следующим математическим приемом:

$$(1+x)^n \approx 1 + nx, \quad \text{при } x \ll 1.$$

В нашем случае $2h \ll L$, и этот прием уместен.

Далее приравняем правые части записанных выражений для разности хода ΔL и найдем искомую величину h :

$$(2m-1) \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{2h^2}{L} \Rightarrow h = \frac{\sqrt{(2m-1)\lambda L}}{2} = \frac{\sqrt{(2 \cdot 2 - 1) \cdot 600 \cdot 10^{-9} \cdot 20}}{2} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм.}$$

Ответ: $h = 3$ мм.

41. Определите длину волны λ монохроматического света, если в установке Юнга расстояние между щелями равно $d=0,6$ мм, расстояние от щелей до экрана $L=4,6$ м и расстояние от главного до первого максимума $\Delta x=3,8$ мм. Экран и плоскость, в которой лежат щели, параллельны друг другу.

Дано: $\Delta x = 3,8 \cdot 10^{-3}$ м; $d = 0,6 \cdot 10^{-3}$ м; $L = 4,6$ м.
 λ -?

Решение. Воспользуемся известным выражением для ширины интерференционной полосы Δx в схеме Юнга:

$$\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d},$$

где Δx – ширина интерференционной полосы (расстояние между соседними интерференционными максимумами или минимумами на экране), d – расстояние между источниками или щелями, как в нашем случае.

Из приведенного соотношения выразим искомую длину волны λ :

$$\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{L} = \frac{3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{4,6} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,5 \text{ мкм.}$$

Ответ: $\lambda = 0,5$ мкм.

42. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. Определите угол дифракции φ_2 для линии $\lambda_2=0,55$ мкм в $m_2=4$ порядке, если угол дифракции для линии $\lambda_1=0,6$ мкм в $m_1=3$ порядке составляет $\varphi_1=30^\circ$.

Дано: $\lambda_2 = 0,55$ мкм; $m_2 = 4$; $\lambda_1 = 0,6$ мкм; $\varphi_1 = 30^\circ$.
 φ_2 -?

Решение. Запишем условия главных дифракционных максимумов для обоих случаев:

$$d \cdot \sin \varphi_1 = m_1 \cdot \lambda_1, \quad d \cdot \sin \varphi_2 = m_2 \cdot \lambda_2.$$

Поделим оба уравнения почленно друг на друга и выразим искомый угол φ_2 :

$$\sin \varphi_2 = \frac{m_2 \lambda_2}{m_1 \lambda_1} \cdot \sin \varphi_1 \Rightarrow \varphi_2 = \arcsin\left(\frac{m_2 \lambda_2}{m_1 \lambda_1} \cdot \sin \varphi_1\right) = \arcsin\left(\frac{4 \cdot 0,55}{3 \cdot 0,6} \cdot \sin 30^\circ\right) = 38^\circ.$$

Ответ: $\varphi_2 = 38^\circ$.

43. Отрицательно заряженная цинковая пластинка освещается монохроматическим светом длиной волны $\lambda=300$ нм. Красная граница фотоэффекта для цинка составляет $\lambda_{кр}=332$ нм. Какой максимальный потенциал приобретет цинковая пластинка? Постоянная Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Скорость света в вакууме $c=3 \cdot 10^8$ м/с. Элементарный заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Дано: $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $c=3 \cdot 10^8$ м/с; $\lambda_{кр}=332 \cdot 10^{-9}$ м; $\lambda=3 \cdot 10^{-7}$ м; $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
 U –?

Решение. Так как $\lambda < \lambda_{кр}$, то внешний фотоэффект с цинковой пластинки возможен. Поскольку при фотоэффекте цинковую пластинку покидают отрицательно заряженные фотоэлектроны, то пластинка приобретет положительный потенциал. Таким образом, первоначально отрицательно заряженная цинковая пластинка перезарядится.

Согласно закону Эйнштейна для фотоэффекта максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов ϵ_k равна разности энергии фотона (hc/λ) и работы выхода ($hc/\lambda_{кр}$):

$$\epsilon_k = \frac{m \cdot v_{\max}^2}{2} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - h \cdot \frac{c}{\lambda_{кр}} = \frac{hc(\lambda_{кр} - \lambda)}{\lambda \lambda_{кр}}$$

Потенциал точек, находящихся на бесконечности, полагают равным нулю. Поэтому разность потенциалов U между точками на пластинке и удаленными точками равна потенциалу пластинки. В стационарном режиме освещения пластинки, когда пластинка приобретет максимальный положительный потенциал, на отрицательные фотоэлектроны действует тормозящее электрическое поле. При этом электроны, вылетая из пластинки с максимальной скоростью v_{\max} , на бесконечности имеют нулевую скорость. Вследствие этого в стационарном режиме максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов ϵ_k равна произведению элементарного заряда на тормозящую разность потенциалов U :

$$\epsilon_k = eU, \quad \text{или} \quad \frac{hc(\lambda_{кр} - \lambda)}{\lambda \lambda_{кр}} = eU,$$

откуда находим

$$U = \frac{hc(\lambda_{кр} - \lambda)}{e \lambda \lambda_{кр}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot (332 - 300) \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 300 \cdot 10^{-9} \cdot 332 \cdot 10^{-9}} = 0,4 \text{ В.}$$

Ответ: $U = 0,4 \text{ В.}$

44. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода $A=4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж), освещается светом, у которого длина волны $\lambda=300$ нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле индукцией $B=8,3 \cdot 10^{-4}$ Тл перпен-

дикулярно линиям индукции этого поля. Чему равен максимальный радиус окружности R , по которой движутся электроны? Скорость света $c=3 \cdot 10^8$ м/с, постоянная Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, элементарный заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса электрона $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

$$\text{Дано: } \underline{e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл; } m=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг; } h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с; } c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с;}} \\ \underline{B=8,3 \cdot 10^{-4} \text{ Тл; } \lambda=300 \cdot 10^{-9} \text{ м; } A=4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}} \\ R - ?$$

Решение. Фотоэлектроны, влетевшие со скоростью v в однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно линиям индукции, движутся по окружности. Радиус окружности находим из уравнения движения электрона, приравняв магнитную составляющую силы Лоренца центростремительной силе (произведению массы электрона на центростремительное ускорение):

$$evB = m \frac{v^2}{R},$$

откуда находим радиус окружности

$$R = \frac{m}{eB} \cdot v.$$

Получили, что радиус окружности пропорционален скорости, т.е. фотоэлектроны с максимальной скоростью будут двигаться по окружности максимального радиуса. Эту скорость найдем из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2},$$

где v – максимальная скорость фотоэлектронов.

Выразим эту скорость v и подставим в выражение для радиуса окружности:

$$R = \frac{m}{eB} \cdot v = \frac{m}{eB} \cdot \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} = \frac{1}{eB} \sqrt{2m \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} = \\ = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8,3 \cdot 10^{-4}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \left(\frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} - 4,42 \cdot 10^{-19} \right)} = \\ = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,8 \text{ мм.}$$

Ответ: $R = 4,8 \text{ мм.}$

45. Пучок ультрафиолетовых лучей с длиной волны $\lambda = 10^{-7}$ м передает металлической поверхности мощность $P = 10^{-6}$ Вт. Определите силу возникающего фототока, если фотоэффект вызывает $\eta = 1$ % падающих фотонов. Постоянная Планка $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

$$\text{Дано: } \underline{\lambda = 10^{-7} \text{ м; } P = 10^{-6} \text{ Вт; } \eta = 0,01; h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с;}} \\ \underline{c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с; } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}} \\ I = ?$$

Решение. Энергия, передаваемая металлической поверхности за время t , равна произведению мощности на время, т.е. равна Pt . С другой стороны эта энергия равна произведению числа фотонов N на энергию одного фотона, т.е. равна $N \cdot hc/\lambda$. Приравняем выражения для этих энергий

$$Pt = N \cdot \frac{hc}{\lambda},$$

откуда найдем число фотонов, падающих на металлическую поверхность за время t :

$$N = \frac{Pt\lambda}{hc}.$$

Определим число n фотонов, вызывающих фотоэффект, как долю η от общего их числа N :

$$n = \eta \cdot N = \eta \cdot \frac{Pt\lambda}{hc}.$$

Число фотоэлектронов равно n , переносимый ими заряд Q равен произведению числа фотоэлектронов n на элементарный заряд e :

$$Q = ne = \eta \cdot \frac{Pt\lambda}{hc} \cdot e.$$

Сила тока по определению равна заряду, уносимому с поверхности металлической поверхности в единицу времени:

$$I = \frac{Q}{t} = \eta \cdot \frac{P\lambda}{hc} \cdot e = 0,01 \cdot \frac{10^{-6} \cdot 10^{-7}}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 8 \cdot 10^{-10} \text{ А.}$$

Ответ: $I = 8 \cdot 10^{-10}$ А.

46. Во сколько раз отличаются напряженности E электрического поля на второй и третьей боровских орбитах атома водорода?

$$\text{Дано: } \underline{n_2 = 2; n_3 = 3.} \\ E_2/E_3 - ?$$

Решение. Если обозначить радиус первой ($n = 1$) боровской орбиты через R_1 , то радиус n -й орбиты выражается так:

$$R_n = R_1 \cdot n^2.$$

Поэтому радиусы второй и третьей орбит можем записать следующим образом:

$$R_2 = R_1 \cdot n_2^2 \quad \text{и} \quad R_3 = R_1 \cdot n_3^2.$$

Поделив почленно второе выражение на первое, имеем:

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{n_3^2}{n_2^2} = \left(\frac{n_3}{n_2} \right)^2.$$

Заряд ядра атома водорода равен элементарному заряду e . Напряженность электрического поля на боровских орбитах находим как напряженность поля точечного заряда:

$$\frac{E_2}{E_3} = k \frac{e}{R_2^2} : k \frac{e}{R_3^2} = \left(\frac{R_3}{R_2} \right)^2 = \left(\frac{R_1 \cdot n_3^2}{R_1 \cdot n_2^2} \right)^2 = \left(\frac{n_3}{n_2} \right)^4 = \left(\frac{3}{2} \right)^4 = 5.$$

Ответ: $\frac{E_2}{E_3} = 5.$

47. Рентгеновское (тормозное) излучение возникает при бомбардировке быстрыми электронами металлического антикатада рентгеновской трубки. Определите длину волны коротковолновой границы спектра тормозного излучения, если скорость электронов составляет $\eta = 40\%$ от скорости света в вакууме. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Масса покоя электрона $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. Постоянная Планка $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

$$\text{Дано: } \underline{\eta = 0,4; c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с; } m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг; } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж·с.}} \\ \lambda - ?$$

Решение. При внешнем фотоэффекте энергия фотона преобразуется в энергию фотоэлектрона, причем часть энергии фотона идет на совершение работы выхода из металла. В рентгеновской трубке ускоренные сильным электрическим полем электроны попадают на металлический анод, и энергия электрона

преобразуется в энергию фотона (в этом случае если бы нужно было вести речь о работе выхода, то из-за малости работы выхода по сравнению с энергией быстрых электронов ею можно было пренебречь). При этом энергию (кинетическую энергию) электрона приравнивают максимальной энергии фотона. Такой фотон имеет максимально возможную частоту и минимально возможную (короткую) длину волны. Для нахождения длины волны рентгеновского излучения кинетическую энергию электрона приравняем энергии фотона.

Скорость электронов v сравнима со скоростью света c в вакууме ($v = \eta c$), поэтому воспользуемся релятивистским выражением для кинетической энергии ϵ_k электрона:

$$\epsilon_k = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{\eta c}{c}\right)^2}} - m_0c^2 = m_0c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}} - 1 \right).$$

Теперь приравняем энергию фотона кинетической энергии электрона ϵ_k :

$$h \frac{c}{\lambda} = \epsilon_k = m_0c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}} - 1 \right),$$

откуда находим искомую длину волны рентгеновского излучения

$$\lambda = \frac{h}{m_0c \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}} - 1 \right)} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0,4^2}} - 1 \right)} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ м.}$$

Ответ: $\lambda = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ м.}$

48. Газообразный водород бомбардируется потоком протонов. Масса протона m , скорость протона v много меньше скорости света c . На какое минимальное расстояние может приблизиться протон к ядру атома водорода? Электрическая постоянная ϵ_0 . Элементарный заряд e .

Дано: $v; v \ll c; m; e; \epsilon_0$.
R –?

Решение. Так как ядро атома водорода представляет собой протон, то будем рассматривать взаимодействие двух протонов. На достаточно большом расстоянии от ядра атома водорода протон имеет скорость v и кинетическую энергию $mv^2/2$. Когда протон и ядро приблизятся на минимальное расстояние R , то

их центр масс будет двигаться со скоростью u , которую найдем из закона сохранения импульса:

$$mv = 2mu \Rightarrow u = \frac{v}{2}.$$

Далее воспользуемся законом сохранения энергии – кинетическая энергия протона на «бесконечности» равна сумме кинетической энергии системы протон-ядро и потенциальной энергии взаимодействия двух протонов, находящихся на минимально возможном расстоянии R между ними:

$$\frac{mv^2}{2} = 2m \frac{u^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{R} = 2m \left(\frac{v}{2}\right)^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{R} \Rightarrow \frac{mv^2}{4} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{R},$$

откуда находим

$$R = \frac{e^2}{\pi\epsilon_0 mv^2}.$$

Ответ: $R = \frac{e^2}{\pi\epsilon_0 mv^2}.$

49. Активность некоторого препарата уменьшается в 2,5 раза за $t = 7$ суток. Найдите период полураспада T .

Дано: $t = 7$ суток; $A/A_0 = 1/2,5$.
 T –?

Решение. Так как активность A (число распадов в единицу времени) пропорциональна числу ядер N , то закон изменения активности подобен основному закону радиоактивного распада:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = \frac{1}{2,5} = 0,4 = 2^{-\frac{t}{T}},$$

Прологарифмируем это выражение и найдем период полураспада T :

$$\lg 0,4 = -\frac{t}{T} \lg 2 \Rightarrow T = -t \cdot \frac{\lg 2}{\lg 0,4} = -7 \cdot \frac{\lg 2}{\lg 0,4} = 5,3 \text{ суток.}$$

Ответ: $T = 5,3$ суток.

7 Литература, рекомендуемая для изучения физики

1. **Павленко, Ю.Г.** Начала физики / Ю.Г. Павленко.–М.: Экзамен, 2005.–864 с.
2. **Павленко, Ю.Г.** Физика. Ответы на вопросы / Ю.Г. Павленко.–М.: Экзамен, 2006.–192 с.
3. **Павленко, Ю.Г.** ТЕСТ-ФИЗИКА / Ю.Г. Павленко.–М.: Экзамен, 2004.–256 с.
4. **Роуэлл, Г.** Физика / Г. Роуэлл, С. Герберт.–М.: Просвещение, 1994.–576 с.
5. **Перельман, Я.И.** Знаете ли вы физику? / Я.И. Перельман.–М.: Наука, 1992.–272 с.
6. **Черноуцан, А.И.** Физика / А.И. Черноуцан.–М.: Университет, 2001.–336 с.
7. **Гомонова, А.И.** Физика / А.И. Гомонова.–М.: Экзамен, 2002.–384 с.
8. **Бендриков, Г.А.** Физика. Сборник задач / Г.А. Бендриков, Б.Б. Буховцев, В.В. Керженцев, Г.Я. Мякишев.–М.: «Альянс – В», 2003.–416 с.
9. **Баканина, Л.П.** Сборник задач по физике / Л.П. Баканина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел.–М.: Просвещение, 1995.–176 с.
10. **Павлов, С.В.** Сборник конкурсных заданий по физике для поступающих в вузы / С.В. Павлов, И.В. Платонова.–М.: Интеллект-Центр, 2001.–672 с.
11. **Турчина, Н.В.** Физика: 3 800 задач для школьников и поступающих в вузы / Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суров, Г.Г. Спирин, Т.А. Ющенко.–М.: Дрофа, 2000.–672 с.
12. **Гольдфарб, Н.И.** Сборник вопросов и задач по физике / Н.И. Гольдфарб.–М.: Высшая школа, 1993.–352 с.
13. **Козел, С.М.** Физика. Сборник задач и заданий / С.М. Козел, В.А. Коровин, В.А. Орлов.–М.: Мнемозина, 2001.–254 с.
14. **Гельфгат, И.М.** 1001 задача по физике / И.М. Гельфгат, Л.Э. Генденштейн, Л.А. Кирик.–М.: «Илекса», 2001.–352 с.
15. **Игропуло, В.С.** Физика. Алгоритмы, задачи, решения / В.С. Игропуло, Н.В. Вязников.–М.: «Илекса», 2002.–592 с.
16. **Задачи по физике: учебное пособие** / Под ред. О.Я. Савченко.–М.: Наука, 1988.–416 с.

Приложение А
(справочное)
Основные физические константы

Скорость света в вакууме	$c=2,9979 \cdot 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	$G=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н· м ² /кг ²
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях	$V_{\mu}=22,414$ $\frac{\text{л}}{\text{моль}}$
Универсальная газовая постоянная	$R=8,314$ $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
Постоянная Фарадея	$F=96\,500$ $\frac{\text{Кл}}{\text{Моль}}$
Число Авогадро	$N_A=6,022 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Постоянная Больцмана	$k=1,38 \cdot 10^{-23}$ $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ = $8,625 \cdot 10^{-5}$ $\frac{\text{эВ}}{\text{К}}$
Элементарный заряд	$e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электрическая постоянная	$\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ $\frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ $k=(4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)^{-1}=9 \cdot 10^9$ $\frac{\text{В}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$
Магнитная постоянная	$\mu_0=4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ $\frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ = $12,56 \cdot 10^{-7}$ $\frac{\text{Гн}}{\text{м}}$
Постоянная Планка	$h=6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с = $4,136 \cdot 10^{-15}$ эВ·с $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,054 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Ридберга	$R=3,29 \cdot 10^{15}$ с ⁻¹ $R=1,10 \cdot 10^7$ м ⁻¹
Масса покоя электрона	$m_e=9,11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	$m_p=1,672 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя нейтрона	$m_n=1,675 \cdot 10^{-27}$ кг
Атомная единица массы	1 а.е.м. = $1,6606 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрон-вольт	1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж
Нормальное атмосферное давление	101 325 Па
Первый Боровский радиус	$r_1=0,528 \cdot 10^{-10}$ м
Масса изотопа ${}^1_1\text{H}$	$m_n=1,6736 \cdot 10^{-27}$ кг

Приложение Б
(справочное)
Соотношения между единицами некоторых
физических величин

Длина	<p>1 Å (Ангстрем) = $1 \cdot 10^{-10}$ м</p> <p>1 дюйм = 2,54 см</p> <p>1 пк (парсек) $\approx 3,1 \cdot 10^{16}$ м</p> <p>1 св. год (световой год) $\approx 0,95 \cdot 10^{16}$ м</p> <p>1 ферми = 10^{-15} м</p> <p>1 фут = 30,48 см</p> <p>1 ярд = 91,44 см</p>
Масса	<p>1 тонна = 10^3 кг</p> <p>1 а.е.м. = $1,6606 \cdot 10^{-27}$ кг</p> <p>1 кар (карат) = 0,2 г</p>
Время	<p>1 сутки = 86400 с</p> <p>1 мин = 60 с</p> <p>1 час = 60 мин</p> <p>1 сутки = 24 часа</p> <p>1 год $\approx 3,16 \cdot 10^7$ с</p>
Объем	1 л = $1 \cdot 10^{-3}$ м ³
Сила	1 кГ = 1 кгс (килограмм-сила) = 9,81 Н
Давление	<p>1 бар = $1 \cdot 10^5$ Па</p> <p>1 атм = 760 мм рт. ст. = $1,01325 \cdot 10^5$ Па</p> <p>1 ат = 1 кгс/см² = $0,98 \cdot 10^5$ Па</p> <p>1 торр = 1 мм рт. ст. = 133,3 Па</p>
Энергия	<p>1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж</p> <p>1 квт·ч = $3,6 \cdot 10^6$ Дж</p> <p>1 кал = 4,1868 Дж</p>
Мощность	1 л.с. (лошадиная сила) = 735 Вт

Приложение В
(справочное) Приложение Г
(справочное)
Основные формулы по физике

$V = \frac{S}{t}$ при равномерном движении скорость V равна отношению пути S ко времени t .

$V_{\text{ср.}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ $V_{\text{ср.}}$ - средняя скорость равна отношению пути ΔS к промежутку времени Δt , в течение которого этот путь был пройден.

$\vec{V}_{\text{ср.}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ $\vec{V}_{\text{ср.}}$ - вектор средней скорости перемещения за время Δt , $\Delta \vec{r}$ - вектор перемещения.

$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{r}'_t$ \vec{V} - вектор мгновенной скорости равен производной от перемещения по времени.

$V = \frac{dS}{dt} = S'_t$ V - модуль мгновенной скорости равен производной от пути по времени.

$\vec{a}_{\text{ср.}} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$ $\vec{a}_{\text{ср.}}$ - вектор среднего ускорения равен отношению изменения скорости $\Delta \vec{V}$ к промежутку времени Δt , за которое это изменение произошло.

$\vec{a} = \frac{dV}{dt} = V'_t$ мгновенное ускорение равно производной от скорости по времени

$a_t = \frac{dV}{dt} = V'_t$ тангенциальное (касательное) ускорение характеризует быстроту изменения скорости по модулю и направлено по касательной к траектории в данной точке.

$a_n = \frac{V^2}{R}$ нормальное (центростремительное) ускорение a_n характеризует быстроту изменения скорости по направлению и направлено к центру кривизны траектории. R - радиус кривизны траектории, V - скорость. (при равномерном вращении по окружности a_n - центростремительное ускорение, R - радиус окружности).

$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$ a - полное ускорение при криволинейном движении;

$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$ a_n, a_t - нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.

$x(t) = x_0 + V_0 \cdot t$ кинематическое уравнение равномерного движения вдоль оси x , x_0 - начальная координата, t - время.

$x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$ кинематическое уравнение равнопеременного движения ($a = \text{const}$) вдоль оси x , V_0 - начальная скорость. Значения V_0 и a - положительны, если векторы \vec{V}_0 и \vec{a} направлены в сторону положительной полуоси x , и

отрицательны в противном случае.

$S = V_0 t + \frac{at^2}{2}$ S —путь и V —мгновенная скорость при равнопеременном движении, V_0 - начальная скорость, a - ускорение, t - время.

$$V = V_0 + a \cdot t$$

$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}$ кинематическое уравнение, связывающее путь S , пройденный телом за некоторое время, с начальной - V_0 и конечной - V скоростями на этом отрезке пути, с ускорением a .

$H = \frac{gt^2}{2}$; $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ свободное падение ($v_0 = 0$) тела с высоты H : t - время падения; g - ускорение свободного падения; V - скорость тела в момент достижения поверхности (Земли), $h(t)$ - высота в момент времени t .

$$h(t) = H - \frac{gt^2}{2}$$

$$V = gt = \sqrt{2gH}$$

$$x(t) = V_0 t;$$

$$y(t) = H - \frac{gt^2}{2};$$

$$t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}}; L = V_0 t_0;$$

$$V_x = V_0; |V_y| = gt$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

движение тела, брошенного горизонтально со скоростью V_0 с высоты H : $x_0 = 0$ и $y_0 = H$ - начальное положение тела (в момент броска); $x(t)$ и $y(t)$ - уравнения движения по осям; t_0 - время полета; L - дальность полета; V_x и V_y - составляющие скорости \vec{V} тела по осям координат для любого момента времени t во время полета (до удара о поверхность).

$$V_{ox} = V_0 \cdot \cos\alpha; V_{oy} = V_0 \cdot \sin\alpha;$$

$$x(t) = V_{ox}(t); y(t) = V_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} gt^2;$$

$$V_x(t) = V_{ox}; V_y(t) = V_{oy} - gt;$$

$$H = \frac{V_{oy}^2}{2g}; t_0 = \frac{2V_{oy}}{g};$$

$$L = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

движение тела, брошенного со скоростью V_0 под углом α к горизонту: $x_0 = 0$ и $y_0 = 0$ - начальное положение тела (в момент броска); V_{ox} и V_{oy} - проекции скорости \vec{V}_0 по осям; $x(t)$ и $y(t)$ - уравнения движения по осям; $V_x(t)$ и $V_y(t)$ - зависимость составляющих скорости по осям от времени t ; H - высота подъема, t_0 - время полета; L - дальность полета.

$v = \frac{N}{t}$, $T = \frac{t}{N}$ при равномерном вращательном движении: v - частота вращения, T - период вращения, N - число оборотов за время t .

$$v = T^{-1}, T = v^{-1}$$

$\omega = \frac{\phi}{t}$; $N = \frac{\phi}{2\pi}$; ω - угловая скорость при равномерном вращении; ϕ - угол поворота, N - число оборотов за время t ; v - частота вращения, T - период вращения.

$$\omega = 2\pi v = \frac{2\pi}{T}$$

$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \varphi'_t$ ω - угловая скорость равна производной угла поворота по времени.

$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \omega'_t$ ε - угловое ускорение равно производной угловой скорости по времени.

$S=R \cdot \varphi$ S - путь, пройденный материальной точкой при повороте на угол φ по дуге окружности радиуса R .

$V=\omega \cdot R = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu$	связь между линейной и угловой скоростями при равномерном вращательном движении
---	---

$a_t=R \cdot \varepsilon, a_n=\omega^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} = V \cdot \omega$ a_n и a_t - нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.

$\varphi(t)=\varphi_0 + \omega_0 \cdot t$ кинематическое уравнение равномерного вращения, φ_0 - начальное угловое положение.

$\varphi(t)=\varphi_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$ кинематическое уравнение равнопеременного вращения ($\varepsilon=\text{const}$), ω_0 - начальная угловая скорость.

$\omega(t)=\omega_0 + \varepsilon \cdot t$ ω - мгновенная угловая скорость при равнопеременном вращении в момент времени t , ω_0 - начальная угловая скорость, ε - угловое ускорение.
 $\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t}$

$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$ кинематическое уравнение, связывающее угол поворота φ с начальной ω_0 и конечной ω угловыми скоростями и с угловым ускорением ε .

$\rho = \frac{m}{V}$ ρ - плотность тела, m - масса, V - объем тела.

$\vec{P} = m \cdot \vec{V}$ \vec{P} - импульс тела - векторная величина, равная произведению массы тела на его скорость \vec{V} .

$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{V}}{dt}, \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{P}'_t$ второй закон Ньютона: m - масса тела, \vec{F} - равнодействующая всех приложенных к телу сил, \vec{a} - ускорение, \vec{P} - импульс тела.

$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$ третий закон Ньютона: силы, с которыми действуют друг на друга два тела, всегда равны по модулю и противоположно направлены.

$F_{\text{упр.}} = -k \cdot \Delta l,$ закон Гука: сила упругости $F_{\text{упр.}}$ пропорциональна удлинению тела (пружины) Δl и направлена в сторону, противоположную направлению перемещений частиц тела при деформации; k - коэффициент пропорциональности (жесткость пружины),
 $\sigma = \varepsilon \cdot E,$

$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$, $\sigma = \frac{F}{S}$ $\Delta l = l - l_0$ ны); σ - механическое напряжение; S - площадь поперечного сечения образца, к которому приложена сила F ; E - модуль Юнга (упругости); ε - относительное удлинение; l_0 - начальная длина.

$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$ закон всемирного тяготения: два тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния R между их центрами масс; G - гравитационная постоянная. В такой форме записи закон справедлив для взаимодействия материальных точек и однородных тел сферической формы.

$g(h) = G \cdot \frac{M}{(R + h)^2}$ $g(h)$ - ускорение свободного падения на высоте h над поверхностью планеты, M и R - масса и радиус планеты; g - ускорение свободного падения у поверхности планеты
 $g(h) = g \left(1 + \frac{h}{R}\right)^{-2}$ (без учета вращения планеты), т.е. $g = G \frac{M}{R^2}$.

$F_{тр.} = \mu \cdot N$ сила трения скольжения равна максимальной силе трения покоя $F_{тр.}$, пропорциональной силе нормального давления N (реакции опоры); μ - коэффициент трения.

$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ P - сила тяжести, m - масса тела, g - ускорение свободного падения.

$V_1 = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R}} = \sqrt{g \cdot R}$ V_1 - первая космическая скорость: M и R - масса и радиус планеты, G - гравитационная постоянная, g - ускорение свободного падения на поверхности планеты.

$V_2 = \sqrt{2} V_1 = \sqrt{2g \cdot R}$	V_2 - вторая космическая скорость, V_1 - первая космическая скорость.
--	---

$\Delta A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha$ ΔA - элементарная работа равна скалярному произведению силы \vec{F} на перемещение $\Delta \vec{r}$, α - угол между \vec{F} и $\Delta \vec{r}$.

$N_{ср.} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$ мощность равна работе, совершаемой в единицу времени: $N_{ср.}$ - средняя мощность за время Δt .

$N = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V \cdot \cos \alpha$ мгновенная мощность N равна скалярному произведению силы \vec{F} на скорость \vec{V} , с которой движется точка приложения силы, α - угол между \vec{F} и \vec{V} .

$E_K = \frac{m \cdot V^2}{2} = \frac{P^2}{2m}$ E_K - кинетическая энергия тела массой m , движущегося со скоростью V , P - импульс тела.

$A = E_{K2} - E_{K1}$ работа равнодействующей силы равна изменению кинетической энергии тела (при условии постоянства потенциальной энергии).

$A = -\Delta U$ работа консервативных сил совершается за счет убыли потенциальной энергии (при условии постоянства кинетической энергии).

$E_{II} = m g \cdot h$ потенциальная энергия тела в поле тяготения: h - высота над поверхностью Земли (высота от нулевого уровня), g - ускорение свободного падения, m - масса тела.

$E_{II} = \frac{k \cdot (\Delta l)^2}{2}$ потенциальная энергия упруго деформированного тела (пружины).

$E_{II} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R}$ потенциальная энергия взаимодействия двух тел массами m_1 и m_2 , находящихся на расстоянии R друг от друга.

$\sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \sum_{i=1}^N m_i \cdot \vec{V}_i = \text{const}$ закон сохранения импульса: суммарный импульс замкнутой системы остается постоянным (по величине и направлению) при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$m \cdot \vec{V} - m \cdot \vec{V}_0 = \vec{F} \cdot \Delta t$ изменение импульса тела $\Delta \vec{P}$ за время Δt равно импульсу равнодействующей силы $\vec{F} \cdot \Delta t$.

$E = E_k + E_{II}$ полная механическая энергия материальной точки (тела) равна сумме кинетической и потенциальной энергий.

$E = E_k + E_{II} = \text{const}$ закон сохранения полной механической энергии: полная механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной при любых движениях тел системы, если в системе не действуют диссипативные силы.

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$
 $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_1 u_2^2}{2}$ законы сохранения импульса и энергии при центральном абсолютно упругом ударе двух тел (шаров).

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$ закон сохранения импульса при центральном абсолютно неупругом ударе двух тел.

$\Delta E_k = Q = \left(\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \right) - \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2}$ изменение кинетической энергии при абсолютно неупругом ударе (часть ее переходит в «тепловую» форму энергии).

$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{затр}}}$
 $\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100\% = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{затр}}} \cdot 100\%$ коэффициент полезного действия механизмов равен отношению полезной работы $A_{\text{пол}}$ (полезной мощности $N_{\text{пол}}$) к затраченной $A_{\text{затр}}$ (затраченной - $N_{\text{затр}}$).

$\frac{dE_n}{dx} = (E_n)'_x = 0$ условие равновесия - экстремальное значение потенциальной энергии (для случая одномерной задачи, когда E_n зависит только от координаты x , т.е. когда $E_n = E_n(x)$).

$\frac{d^2E_n}{dx^2} = (E_n)''_{xx} > 0$ условие устойчивого равновесия

$\vec{M} = [\vec{R} \cdot \vec{F}]$ момент силы \vec{M} относительно неподвижной точки - физическая величина, равная векторному произведению радиус-вектора \vec{R} , проведенного из этой точки в точку приложения силы, на эту силу \vec{F} .

$M = R \cdot F \cdot \sin\alpha = F \cdot d$ модуль момента силы - M , α - угол между \vec{R} и \vec{F} , $d=R \cdot \sin\alpha$ - плечо силы равно кратчайшему расстоянию от оси вращения до линии действия силы.

$\sum \vec{F}_i = 0$ (первое) условие равновесия тела при отсутствии вращения: векторная сумма всех сил, приложенных к телу, равна нулю.

$\sum M_i = 0$ (второе) условие равновесия твердого тела с неподвижной осью вращения: алгебраическая сумма моментов сил относительно любой оси равна нулю, причем моменты сил, вращающих в одну сторону, считают положительными, а в другую - отрицательными.

$\sum [\vec{R}_i \cdot m_i \vec{g}] = 0$ центр тяжести тела: сумма моментов сил тяжести всех частиц тела по отношению к оси, проходящей через центр тяжести, равна нулю.

$\vec{R}_c = \frac{\sum m_i g \vec{R}_i}{\sum m_i g}$ центр тяжести тела: $\vec{R}_c(x_c, y_c, z_c)$ - радиус-вектор, проведенный из начала координат в центр тяжести тела; x_c, y_c, z_c - координаты центра тяжести; x_i, y_i, z_i - координаты частиц тела, причем $\vec{R}_i(x_i, y_i, z_i)$; суммирование производится по всем частицам тела.

$$x_c = \frac{\sum m_i g x_i}{\sum m_i g}$$

$$y_c = \frac{\sum m_i g y_i}{\sum m_i g}$$

$$z_c = \frac{\sum m_i g z_i}{\sum m_i g}$$

$\vec{R}_{цм} = \frac{\sum m_i \vec{R}_i}{\sum m_i}$ $\vec{R}_{цм}(x_{цм}, y_{цм}, z_{цм})$ - радиус-вектор центра масс системы материальных точек; m_i и \vec{R}_i - масса и радиус-вектор i -ой материальной точки (если твердое тело, то суммирование производится по всем частицам тела).

$\vec{R}_c = \vec{R}_{цм}$ координаты центра масс и центра тяжести тела совпадают в случае, если размерами тела можно пренебречь в сравнении с размерами Земли (планеты).

$M = F \cdot d$ момент пары сил: d - плечо пары сил ($F_1=F_2=F$) - кратчайшее

$\frac{F}{mg} = \frac{l_1}{l_2}$ расстояние между линиями действия сил.
 правило рычага: во сколько раз плечо l_2 силы F больше плеча l_1 груза весом mg , тем меньше усилие F требуется, чтобы сдвинуть груз.

$\vec{L} = [\vec{R} \cdot \vec{P}] = [\vec{R} \cdot m\vec{V}]$ \vec{L} – момент импульса материальной точки относительно неподвижной точки O : \vec{R} – радиус-вектор от точки O до материальной точки; $\vec{P} = m \cdot \vec{V}$ – импульс материальной точки; α – угол между \vec{R} и \vec{P} ; d – плечо вектора \vec{P} относительно неподвижной точки O .
 $L = R \cdot P \cdot \sin\alpha = P \cdot d$

$P = \frac{F}{S}$ давление равно отношению силы, перпендикулярной к поверхности тела, к величине площади поверхности S , на которую действует эта сила.

$P = \rho \cdot g \cdot h$ P – гидростатическое давление: ρ – плотность жидкости, h – высота столба жидкости, g – ускорение свободного падения.

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{l_2}{l_1}$ гидравлический пресс дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз площадь ее большого поршня превосходит площадь маленького поршня, S_1 и S_2 – площади поперечного сечения поршней, l_1 и l_2 – перемещения поршней, F_1 и F_2 – силы, приложенные к поршням.

$F_A = \rho \cdot g \cdot V_n$ закон Архимеда: на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости или газа. ρ – плотность жидкости (газа), V_n – объем погруженной в жидкость (газ) части тела, g – ускорение свободного падения.

$S \cdot v = \text{const}$ уравнение неразрывности (непрерывности) для несжимаемой жидкости: произведение скорости течения v на поперечное сечение S трубки тока есть величина постоянная для данной трубки тока;

$\frac{V}{t} = S \cdot v$	объем жидкости (газа) V , проходящий через сечение S струи (трубы) за время t .
---------------------------	---

$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ в сообщающихся сосудах высота столбиков жидкостей над уровнем раздела обратно пропорциональна плотностям жидкостей.

$P + \frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h = \text{const}$ уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости: P – статическое давление, $\frac{\rho \cdot v^2}{2}$ – динамическое давление, $\rho \cdot g \cdot h$ – гидростатическое давление, v – скорость течения жидкости в данном сечении.

$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ формула Торричелли: v - скорость истечения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде, h - глубина, на которой находится отверстие относительно уровня жидкости.

$v = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$ v - количество вещества: μ - молярная масса, N_A - число Авогадро, N - число молекул в веществе (газе) массой m .

$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{\mu}{N_A}$ m_0 - масса одной молекулы.

$T = t + 273$ T - температура по абсолютной шкале температур (шкале Кельвина), t - температура по шкале Цельсия.

$P \cdot V = \text{const}$ закон Бойля-Мариотта: для данной массы газа ($m = \text{const}$) при неизменности состава газа (молярная масса $\mu = \text{const}$) при постоянной температуре ($T = \text{const}$) произведение давления газа P на его объем V есть величина постоянная.

$V = V_0 \cdot (1 + \alpha t)$ закон Гей-Люссака: объем данной массы газа ($m = \text{const}$) при неизменности состава газа (молярная масса $\mu = \text{const}$) при постоянном давлении ($P = \text{const}$) изменяется линейно с температурой, $\alpha = 273^{-1} \text{ K}^{-1}$ - термический коэффициент расширения, V_0 - объем при 0°C .

$V = V_0 \cdot \alpha \cdot T$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$P = P_0 \cdot (1 + \beta t)$ закон Шарля: давление данной массы газа ($m = \text{const}$) при неизменности состава газа (молярная масса $\mu = \text{const}$) при постоянном объеме ($V = \text{const}$) изменяется линейно с температурой, $\beta = 273^{-1} \text{ K}^{-1}$ - термический коэффициент давления, P_0 - давление при 0°C .

$P = P_0 \cdot \beta \cdot T$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$V_\mu = \frac{V}{\nu} = 22,41 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$ закон Авогадро: моли любых идеальных газов при одинаковых условиях (одинаковых температуре и давлении) занимают одинаковые объемы, в частности, при нормальных условиях, - 22,41 л.

$P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ значения давления и температуры при нормальных условиях.
 $t = 0^\circ \text{C}$

$P = \sum P_i$ закон Дальтона: давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов; P_i - парциальное давление i -ой компоненты равно давлению, которое создавала бы i -ая компонента смеси газов, если бы она одна занимала объем, равный объему смеси при той же температуре.

$\frac{P \cdot V}{T} = \text{const}$ уравнение Клапейрона справедливо при неизменности состава и массы газа, P - давление, V - объем, T - абсолютная температура.

$P \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$ уравнение Клапейрона-Менделеева (уравнение состояния идеального газа), m - масса газа, R - универсальная газовая постоянная.

янная, μ - молярная масса газа.

$R = k \cdot N_A$ R - универсальная газовая постоянная, k - постоянная Больцмана, N_A - число Авогадро.

$n = \frac{N}{V}$; n - концентрация молекул - число молекул в единице объема.

$\rho = \frac{m}{V}$; $\rho = m_0 \cdot n$ ρ - плотность газа, m_0 - масса одной молекулы

$P = n \cdot k \cdot T$ зависимость давления P от концентрации молекул n и температуры T ; k - постоянная Больцмана.

$P = \frac{2}{3} n \cdot E_0$; основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов: давление P идеального газа равно $\frac{2}{3}$ среднеквадратической кинетической энергии молекул, содержащихся в единице объема, m_0 - масса одной молекулы, n - концентрация молекул.

$E_0 = \frac{m_0 \cdot V^2}{2} = \frac{3}{2} k \cdot T$ E_0 - среднеквадратическая кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газа, m_0 - масса молекулы, k - постоянная Больцмана, T - температура, V - среднеквадратическая скорость.

$V = \bar{V} = \sqrt{\overline{V^2}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N V_i^2}{N}}$ $V(\bar{V})$ - среднеквадратическая скорость молекул идеального газа.

$\bar{V} = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m_0}} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{\mu}} = \sqrt{\frac{3 \cdot P}{\rho}}$ R - универсальная газовая постоянная, μ - молярная масса, T - температура, P - давление, ρ - плотность газа, k - постоянная Больцмана, m_0 - масса молекулы.

$V_{cp} = \sqrt{\frac{8 \cdot k \cdot T}{\pi \cdot m_0}} = \sqrt{\frac{8 \cdot R \cdot T}{\pi \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{8 \cdot P}{\pi \cdot \rho}}$ V_{cp} - средняя арифметическая скорость молекул газа.

$V_H = \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot T}{m_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot T}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}}$ V_H - наиболее вероятная скорость молекул газа.

$\lambda = \frac{V_{cp}}{Z} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n}$ λ - средняя длина свободного пробега молекул газа равна среднему расстоянию между двумя последовательными столкновениями молекулы, Z - среднее число соударений молекулы за 1 с, d - эффективный диаметр молекулы, n - концентрация молекул, V_{cp} - относительная средняя арифметическая скорость молекул.

$E_{\text{ср}} = \frac{i}{2} \cdot k \cdot T$ $E_{\text{ср}}$ - средняя энергия молекулы, i - число степеней свободы молекул газа, k - постоянная Больцмана, T - температура.

$U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T$ U - внутренняя энергия идеального газа, ν - количество вещества, R - универсальная газовая постоянная, T - температура.

$Q = \Delta U + A$ первое начало термодинамики: количество теплоты Q , переданное системе, идет на изменение внутренней энергии ΔU системы и на совершение системой работы A против внешних сил.

$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T = \frac{i}{2} P \cdot \Delta V$ ΔU - изменение внутренней энергии при изменении температуры на ΔT ; ΔV - изменение объема при давлении P .

$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ C - теплоемкость численно равна количеству теплоты, необходимому для изменения температуры тела на 1 К.

$c = \frac{C}{m} = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T}$ c - удельная теплоемкость равна теплоемкости единицы массы тела, m - масса тела.

$C_V = \frac{i}{2} \cdot R$ C_V - молярная теплоемкость газа при постоянном объеме, i - число степеней свободы молекул газа, R - универсальная газовая постоянная.

$C_P = \frac{(i + 2)}{2} \cdot R$ C_P - молярная теплоемкость газа при постоянном давлении.

$R = C_P - C_V$ уравнение Майера: универсальная газовая постоянная численно равна работе, которую 1 моль идеального газа совершает, изобарически расширяясь при нагревании на 1 К.

$A = P \cdot \Delta V$ A - работа, совершаемая газом при изменении его объема, P - давление газа, ΔV - изменение его объема.

$A = P \cdot (V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot (T_2 - T_1)$ A - работа газа при изобарическом процессе.

$A = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{P_1}{P_2}$ A - работа газа при изотермическом процессе.

$A = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{R}{\gamma - 1} \cdot (T_1 - T_2) = \frac{m}{\mu} \cdot C_V \cdot (T_1 - T_2)$ A - работа газа при адиабатическом процессе, γ - показатель адиабаты.

$P \cdot V^\gamma = \text{const}$ уравнение Пуассона (уравнение адиабатического процесса),

$T \cdot V^{\gamma-1} = \text{const}$ $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ - показатель адиабаты.

$T^\gamma \cdot P^{1-\gamma} = \text{const}$

$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$ γ - показатель адиабаты, C_p и C_v - молярные теплоемкости при постоянных давлении и объеме, соответственно; i - число степеней свободы молекул газа.

$L = L_0 \cdot (1 + \alpha t)$ линейное расширение твердых тел: L_0 - длина при 0°C , L - длина при температуре $t^\circ\text{C}$, α - линейный коэффициент расширения равен относительному изменению длины при нагреве на 1°C (1 К).
 $\alpha = \frac{1}{L} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta t}$
 $\Delta L = L - L_0$

$V = V_0 \cdot (1 + \beta t)$ объемное расширение твердых тел и жидкостей: V_0 - объем при 0°C , V - объем при температуре $t^\circ\text{C}$, β - объемный коэффициент расширения равен относительному изменению объема при нагреве на 1°C (1 К).
 $\beta = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$
 $\Delta V = V - V_0$

$\beta = 3\alpha$ соотношение между коэффициентами линейного (α) и объемного (β) расширения.

$q = \frac{Q}{m}$ удельная теплота сгорания равна количеству теплоты, выделяющемуся при сгорании единицы массы топлива.

$\lambda = \frac{Q}{m}$ количество теплоты, необходимое для превращения единицы массы из твердого (жидкого) состояния в жидкое (твердое) при температуре плавления (кристаллизации), называют удельной теплотой плавления (кристаллизации) λ . Удельная теплота плавления равна удельной теплоте кристаллизации. Температура плавления равна температуре кристаллизации.

$r = \frac{Q}{m}$ количество теплоты, которое необходимо сообщить жидкости для испарения единицы ее массы при постоянной температуре (в частности, при температуре кипения), называют удельной теплотой парообразования r . С ростом температуры величина удельной теплоты парообразования уменьшается.

$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ η - коэффициент полезного действия теплового двигателя: A - работа, совершенная за цикл, Q_1 - количество теплоты, полученное системой (от нагревателя), Q_2 - количество теплоты, отданное системой (холодильнику; окружающей среде).

$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ η - коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя (цикла Карно): T_1 и T_2 - температуры нагревателя и холодильника, соответственно; Q_1 - количество теплоты, полученное газом от нагревателя при изотермическом расширении; Q_2 - количество теплоты, отданное газом холодильнику при изотермическом сжатии.

$\rho = \frac{m}{V}$ абсолютной влажностью ρ называют количество водяного пара в граммах, содержащегося в 1 м^3 воздуха при данной температуре.

$\varphi = \frac{\rho}{\rho_H}$ относительной влажностью φ называют отношение абсолютной влажности к тому количеству водяного пара, которое необходимо для насыщения 1 м^3 воздуха при той же температуре.

$\varphi = \frac{P}{P_H}$ относительной влажностью φ называют отношение парциального давления P водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению P_H насыщенного пара при той же температуре.

$\delta = \frac{F}{L}$ δ - коэффициент поверхностного натяжения равен силе поверхностного натяжения, приходящейся на единицу длины границы свободной поверхности жидкости.

$\delta = \frac{A}{\Delta S}$ δ - коэффициент поверхностного натяжения равен работе, необходимой для увеличения свободной поверхности жидкости при постоянной температуре на единицу.

$\Delta P = \delta \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$ формула Лапласа: избыточное давление ΔP , обусловленное кривизной поверхности жидкости; r_1 и r_2 - радиусы кривизны двух взаимно перпендикулярных нормальных сечений поверхности жидкости; δ - коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

$\Delta P = \frac{2 \cdot \delta}{r}$ избыточное давление в случае сферы: r - радиус сферы, δ - коэффициент поверхностного натяжения.

$h = \frac{2 \cdot \delta \cdot \cos \nu}{\rho \cdot g \cdot r_0}$ h - высота подъема жидкости в капиллярной трубке: ν - краевой угол, r_0 - радиус капилляра, ρ - плотность жидкости, g - ускорение свободного падения, δ - коэффициент поверхностного натяжения, ($\nu = 0$ - полное смачивание; $\nu = 180^\circ$ - полное несмачивание)

$\Sigma q_i = \text{const}$ закон сохранения заряда: алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе (т.е. в системе, не обменивающейся зарядами с внешними телами) остается неизменной при любых процессах внутри этой системы.

$F = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2}$ закон Кулона: сила взаимодействия F между двумя неподвижными точечными зарядами прямо пропорциональна абсолютным значениям зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, ε_0 - электрическая

$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\varepsilon \cdot r^2}$ постоянная, $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$, ε - диэлектрическая проницаемость изотропной непрерывной среды нахождения зарядов.

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ \vec{E} - напряженность электростатического поля равна силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

$E = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot r^2}$ E - напряженность электростатического поля точечного заряда q на расстоянии r от него: ϵ_0 - электрическая постоянная, ϵ - диэлектрическая проницаемость среды.

$\vec{E} = \sum \vec{E}_i$ принцип суперпозиции (наложения) электростатических полей: напряженность \vec{E} результирующего поля, создаваемого системой зарядов, равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых в данной точке каждым из зарядов в отдельности.

$\vec{p} = q\vec{l}$ \vec{p} - электрический момент диполя: \vec{l} - плечо диполя.

$\sigma = \frac{Q}{S}$ σ - поверхностная плотность заряда равна заряду, приходящемуся на единицу площади поверхности несущего заряд тела.

$\rho = \frac{Q}{V}$ ρ - объемная плотность заряда равна заряду, приходящемуся на единицу объема заряженного по объему тела.

$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon}$ E - напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью: σ - поверхностная плотность заряда, ϵ_0 - электрическая постоянная, ϵ - диэлектрическая проницаемость среды нахождения плоскости.

$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot \epsilon}$ E - напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными разноименно заряженными плоскостями, в пространстве между этими плоскостями.

$W_{\Pi} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot r}$ W_{Π} - потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов, находящихся на расстоянии r друг от друга.

$\phi = \frac{W_{\Pi}}{q_0}$ ϕ - потенциал электростатического поля равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в данную точку.

$\phi = \frac{A_{\infty}}{q_0}$ ϕ - потенциал поля равен работе перемещения единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность.

$\phi = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot r}$ ϕ - потенциал поля точечного заряда на расстоянии r от него.

$\phi = \sum \phi_i$ принцип суперпозиции для потенциала: если поле создается несколькими зарядами, то потенциал поля системы зарядов равен алгебраической сумме потенциалов полей всех этих зарядов в данной точке.

$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q_0}$ разность потенциалов между двумя точками равна работе поля по перемещению единичного положительного заряда из начальной точки в конечную; U - напряжение.

$U = \varphi_1 - \varphi_2$

$\epsilon = \frac{E_0}{E}$ диэлектрическая проницаемость ϵ показывает во сколько раз электрическое поле ослабляется диэлектриком; E_0 - напряженность поля в вакууме, E - напряженность поля в диэлектрике.

$\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot \vec{E}$ \vec{D} – электрическое смещение.

$E = - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ связь между напряженностью E и разностью потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ для однородного электростатического поля: d - расстояние между точками поля, отсчитанное вдоль силовой линии (знак минус “-” в первом уравнении указывает на то, что вектор напряженности поля направлен в сторону убывания потенциала).

$E = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{d}$

$E = \frac{U}{d}$ E – напряженность однородного электрического поля в пространстве между обкладками плоского конденсатора; U - напряжение и d – расстояние между обкладками.

$C = \frac{q}{\varphi}$ C - емкость уединенного проводника равна заряду, сообщенному которому проводнику изменяет его потенциал на единицу.

$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}$ C - емкость конденсатора равна отношению заряда q , накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов (напряжению) между его обкладками.

$C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$ C - емкость плоского конденсатора: S - площадь каждой из обкладок, d - расстояние между обкладками.

$C = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot R$ C - емкость шара радиуса R .

$C = \sum C_i$ C - емкость батареи конденсаторов при их параллельном соединении, C_i – емкость отдельного конденсатора.

$U = U_i$ напряжения на конденсаторах при их параллельном соединении одинаковы.

$q = \sum q_i$ q – общий заряд на батарее конденсаторов при их параллельном соединении, q_i – заряд на отдельном конденсаторе.

$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$ C - емкость батареи конденсаторов при их последовательном соединении, C_i – емкость отдельного конденсатора.

$U = \sum U_i$ U – общее напряжение на батарее конденсаторов при их последовательном соединении, U_i – напряжение на отдельном конденсаторе.

$q = q_i$ заряды на конденсаторах при их последовательном соединении одинаковы.

$$W = \frac{q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{q^2}{2 \cdot C}$$

W - энергия заряженного конденсатора: q - заряд, U - напряжение (разность потенциалов), C - емкость конденсатора.

$$\omega = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}$$

ω - объемная плотность энергии электростатического поля, E - напряженность поля.

$$F = \frac{q^2}{2\varepsilon_0\varepsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon_0\varepsilon} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2 S}{2}$$

F - сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками плоского конденсатора.

$$\begin{aligned} \frac{m \cdot V_1^2}{2} + q \cdot \phi_1 &= \\ &= \frac{m \cdot V_2^2}{2} + q \cdot \phi_2 \end{aligned}$$

закон сохранения энергии при движении заряженной частицы с зарядом q и массой m: V_1 и V_2 - скорости частицы в точках 1 и 2, ϕ_1 и ϕ_2 - потенциалы в точках 1 и 2, соответственно.

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

сила тока I равна заряду, протекающему через поперечное сечение проводника в единицу времени.

$$I = \frac{dq}{dt} = q'_t$$

$$j = \frac{I}{S}$$

плотность тока j равна силе тока, протекающего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока.

$$\vec{j} = e \cdot n \cdot \vec{V}_{\text{др}}$$

направление вектора плотности тока \vec{j} совпадает с направлением упорядоченного движения положительных зарядов, n - концентрация носителей тока, $\vec{V}_{\text{др}}$ - скорость упорядоченного движения зарядов в проводнике (скорость дрейфа), e - заряд носителей тока.

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

закон Ома для (однородного) участка цепи: I - сила тока, U - напряжение на участке цепи равно разности потенциалов, т.е. $U = \phi_1 - \phi_2$, R - сопротивление участка цепи.

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

R - сопротивление однородного линейного проводника длиной l с постоянной площадью поперечного сечения S, ρ - удельное электрическое сопротивление проводника.

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

σ - удельная электрическая проводимость вещества, ρ - удельное электрическое сопротивление.

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

зависимость удельного сопротивления ρ от температуры: ρ_0 - удельное сопротивление при 0 °C, α - температурный коэффициент сопротивления равен относительному изменению сопротивления при нагреве на 1 °C (1 K).

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta t}$$

$R = \sum R_i$ R - общее сопротивление цепи при последовательном соединении проводников, R_i - сопротивление i -го проводника.

$U = \sum U_i$ U - общее напряжение в цепи последовательно соединенных проводников; U_i - напряжение на сопротивлении R_i .

$I = I_i$ сила тока в цепи последовательно соединенных сопротивлений одинакова на всех проводниках.

$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$ R - общее сопротивление цепи при параллельном соединении проводников, R_i - сопротивление i -го проводника.

$U = U_i$ напряжение при параллельном соединении проводников одинакова на всех сопротивлениях

$I = \sum I_i$ I - общая сила тока при параллельном соединении проводников; I_i - сила тока на сопротивлении R_i .

$U = \frac{A}{q}$ напряжение U равно работе электрического поля по перемещению единичного электрического заряда на данном участке цепи.

$E = \frac{A_{\text{стор}}}{q}$ E - электродвижущая сила (ЭДС), действующая в цепи, равна работе сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда.

$I = \frac{E}{R + r}$ закон Ома для замкнутой (полной) цепи: сила тока I в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорциональна сумме внешнего R и внутреннего r сопротивлений.

$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + E_{12}}{R}$ закон Ома для неоднородного участка цепи (участка цепи с источником тока): $\varphi_1 - \varphi_2$ - разность потенциалов на концах участка цепи, E_{12} - ЭДС источника (источников) тока, входящего в участок с сопротивлением R . $U = IR = \varphi_1 - \varphi_2 + E_{12}$ напряжение на неоднородном участке цепи не равно разности потенциалов, т.е. $U \neq \varphi_1 - \varphi_2$.

$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} = \frac{\vec{E}}{\rho}$ закон Ома в дифференциальной форме: j - плотность тока, σ - удельная электропроводность, ρ - удельное сопротивление, E - напряженность электростатического поля.

$\sum I_k = 0$ первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю.

$\sum I_k \cdot R_k = \sum E_i$ второе правило Кирхгофа: для любого замкнутого контура разветвленной электрической цепи алгебраическая сумма произведений сил токов I_k на сопротивления R_k соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС E_i в этом контуре.

$I = \frac{n \cdot E}{n \cdot r + R}$ закон Ома для замкнутой цепи при последовательном соединении n одинаковых источников тока: n - число источников тока, r - вну-

трение сопротивление каждого из источников, E - ЭДС отдельного источника, R - внешнее сопротивление цепи.

$$I = \frac{E}{\frac{r}{n} + R}$$

закон Ома для замкнутой цепи при параллельном соединении n одинаковых источников тока.

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{n-1}$$

расчет сопротивления шунта $R_{\text{ш}}$ для расширения верхнего предела измерения амперметра в $n = \frac{I}{I_0}$ раз, R_A - сопротивление амперметра.

$$R_{\text{доб}} = R_V \cdot (n-1)$$

расчет добавочного сопротивления $R_{\text{доб}}$ для расширения верхнего предела измерения вольтметра в $n = \frac{U}{U_0}$ раз, R_V - сопротивление вольтметра.

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

A - работа постоянного тока: I - сила тока в цепи, U - напряжение на участке цепи с сопротивлением R , t - время.

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

P - мощность тока.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t = I \cdot U \cdot t$$

закон Джоуля-Ленца: Q - количество теплоты, выделяющейся на участке цепи с сопротивлением R за время t .

$$\omega = j \cdot E = \sigma \cdot E^2$$

закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме: ω - удельная тепловая мощность тока (количество теплоты, выделяющейся в единицу времени в единице объема), σ - удельная электропроводность, j - плотность тока, E - напряженность электростатического поля.

$$m = k \cdot q = k \cdot I \cdot t$$

первый закон Фарадея для электролиза: масса вещества m , выделившаяся на электроде, пропорциональна заряду q , прошедшему через электролит, I - сила постоянного тока, протекавшего за время t , k - электрохимический эквивалент вещества.

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n}$$

второй закон Фарадея: электрохимический эквивалент k пропорционален химическому эквиваленту $\frac{A}{n}$, A - атомная (молярная) масса данного химического элемента, n - его валентность, F - постоянная Фарадея.

$$j_n = N \cdot q \cdot d$$

j_n - плотность тока насыщения в газе: N - число пар ионов, возникающих в единице объема в единицу времени, d - расстояние меж-

ду электродами, q - заряд ионов (в частном случае $q = e =$ элементарному заряду).

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{R}{R + r}$$

η - коэффициент полезного действия (КПД) источника тока: R - внешнее сопротивление, r - внутреннее сопротивление, E - ЭДС источника, U - напряжение на R .

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4 \cdot r}$$

P_{\max} - максимальная полезная мощность источника тока: E - ЭДС источника, r - внутреннее сопротивление источника. При этом внешнее сопротивление $R=r$.

$$r^2 = R_1 \cdot R_2$$

соотношение между внутренним сопротивлением r источника и внешними сопротивлениями R_1 и R_2 , когда мощности, выделяемые на R_1 и R_2 , одинаковы (R_1 и R_2 подключаются поочередно).

$$\eta = 1 - \frac{P \cdot R}{U^2}$$

η - КПД линии электропередачи: P - мощность, развиваемая источником при напряжении U на зажимах источника, R - сопротивление линии передачи (сопротивление проводов).

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot [d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{4 \cdot \pi \cdot r^3}$$

$$dB = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot dl \cdot \sin\alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

закон Био-Савара-Лапласа: $d\vec{B}$ - магнитная индукция поля, создаваемая элементом длины dl проводника с током I в вакууме, \vec{r} - радиус-вектор от $d\vec{l}$ в точку наблюдения, α - угол между $d\vec{l}$ и \vec{r} , μ_0 - магнитная постоянная.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot q \cdot [\vec{v} \cdot \vec{r}]}{4 \cdot \pi \cdot r^3}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot q \cdot v \cdot \sin\alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

\vec{B} - индукция магнитного поля свободно движущегося в вакууме заряда q с нерелятивистской скоростью \vec{v} : \vec{r} - радиус-вектор, проведенный от заряда к точке наблюдения; α - угол между векторами \vec{v} и \vec{r} .

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot R}$$

B - индукция магнитного поля в центре кругового проводника, находящегося в вакууме: R - радиус витка, I - сила тока в проводнике.

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot b}$$

B - индукция магнитного поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током I в вакууме, b - расстояние от оси проводника до точки наблюдения.

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot I$$

B - индукция магнитного поля внутри (длинного) соленоида, находящегося в вакууме: l - длина соленоида, N - число витков.

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

B - индукция магнитного поля внутри тороида, находящегося в вакууме, N - число витков, r - расстояние от оси до средней линии тороида, I - сила тока, μ_0 - магнитная постоянная.

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$$

принцип суперпозиции (наложения) магнитных полей: \vec{B} - магнитная индукция результирующего поля; \vec{B}_i - магнитные индукции складываемых полей.

$$\vec{F}_A = I \cdot [\Delta \vec{l} \cdot \vec{B}]$$

$$F_A = I \cdot \Delta l \cdot B \cdot \sin \alpha$$

закон Ампера: F_A - сила Ампера, действующая на участок проводника длины Δl с током I , помещенный в магнитное поле с индукцией B , α - угол между направлением отрезка $\Delta \vec{l}$ проводника с током и \vec{B} , направление $\Delta \vec{l}$ совпадает с направлением тока.

$$F = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2}{R} \cdot l$$

сила взаимодействия двух прямых прямолинейных бесконечных параллельных проводников с токами I_1 и I_2 : R - расстояние между проводниками; l - длина одного из проводников, на которую действует сила F ; μ - магнитная проницаемость окружающей среды; μ_0 - магнитная постоянная.

$$\vec{P}_m = N \cdot I \cdot S \cdot \vec{n}$$

$$P_m = N \cdot I \cdot S$$

P_m - магнитный момент плоского контура с током I и площадью S : \vec{n} - единичный вектор нормали к поверхности рамки, N - число витков рамки.

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}]$$

$$M = P_m \cdot B \cdot \sin \alpha$$

M - механический момент сил, действующий на плоский контур с током, помещенный в однородное магнитное поле с индукцией B : P_m - магнитный момент рамки с током, α - угол между нормалью \vec{n} к плоскости контура и вектором \vec{B} .

$$\vec{F}_L = q \cdot [\vec{V} \cdot \vec{B}]$$

$$F_L = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha$$

сила Лоренца (ее магнитная составляющая): F_L - сила, действующая на электрический заряд q , движущийся в магнитном поле с индукцией B со скоростью V , α - угол между \vec{V} и \vec{B} .

$$\vec{F}_L = q\vec{E} + q \cdot [\vec{V} \cdot \vec{B}] = \vec{F}_{эл} + \vec{F}_{магн}$$

общее выражение для силы Лоренца \vec{F}_L при наличии в пространстве электрического (с напряженностью \vec{E}) и магнитного (с индукцией \vec{B}) полей. \vec{F}_L - складывается из электрической $\vec{F}_{эл}$ и магнитной $\vec{F}_{магн}$ составляющих (слагаемых).

$R = \frac{mv}{qB}$ $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$	<p>R – радиус окружности и T – период обращения заряженной частицы с зарядом q и массой m, влетевшей со скоростью v в однородное магнитное поле с индукцией B нормально к линиям индукции.</p>
--	--

$R = \frac{mv \cdot \sin \alpha}{qB}$ $T = \frac{2\pi R}{v \cdot \sin \alpha} = \frac{2\pi m}{qB}$	<p>R – радиус окружности, T – период обращения и h – шаг спирали, по которой движется заряженная частица с зарядом q и массой m, влетевшая в однородное магнитное поле с индукцией B со скоростью \vec{v}, составляющей угол α с линиями индукции, т.е. с вектором \vec{B}.</p>
--	---

$h = vT \cos \alpha = \frac{2\pi m}{qB} \cdot v \cdot \cos \alpha$ $v = \frac{qB}{m} \sqrt{R^2 + \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}$	$v = v(R, h)$ - выражение скорости v заряженной частицы через радиус окружности R и шаг спирали h .
--	---

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ Φ - магнитный поток (поток магнитной индукции) через площадку S : α - угол между вектором \vec{B} и нормалью \vec{n} к площадке, $B_n = B \cdot \cos \alpha$ - проекция вектора \vec{B} на направление \vec{n} .
 $\Phi = B_n \cdot S$

$A = I \cdot \Delta \Phi$ работа по перемещению проводника с током в магнитном поле

$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ закон Фарадея (основной закон электромагнитной индукции): ЭДС индукции в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром.
 $E = - \frac{d\Phi}{dt} = - \Phi'_t$

$E = - N \frac{d\Phi}{dt} = - N \Phi'_t$ E - ЭДС индукции в рамке с числом витков N .

$E = B \cdot l \cdot v = \varphi_1 - \varphi_2$ разность потенциалов (ЭДС индукции), возникающая на концах прямолинейного отрезка проводника длиной l при его движении в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной линиям индукции \vec{B} , со скоростью \vec{v} ; \vec{v} - перпендикулярна проводнику.

$q = \frac{\Delta \Phi}{R}$ q - величина заряда, протекающего в замкнутом контуре с сопротивлением R при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром, на $\Delta \Phi$.

$\Phi = L \cdot I$ Φ - магнитный поток, создаваемый током I в контуре с индуктивностью L .

$E_c = - L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ E_c - ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения силы тока в контуре, L - индуктивность контура.

$E_c = - L \cdot \frac{dI}{dt} = - L \cdot I'_t$

$\mu = \frac{B}{B_0}$ μ - магнитная проницаемость вещества показывает, во сколько раз индукция результирующего поля в магнетике больше индукции внешнего поля B_0 (поля, создаваемого намагничивающим током в вакууме); $\mu = 1$ для вакуума.

$\vec{B} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}$ \vec{B} - магнитная индукция в случае однородной изотропной среды, H - напряженность магнитного поля, μ_0 - магнитная постоянная, μ - магнитная проницаемость среды.

$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot N^2 \cdot \frac{S}{l}$ L - индуктивность соленоида, N - число витков, l - длина соленоида, S - его площадь поперечного сечения, $V=S \cdot l$ - объем соленоида.

$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$ W - энергия магнитного поля, создаваемого током I в замкнутом контуре с индуктивностью L .

$\omega = \frac{B^2}{2 \cdot \mu \cdot \mu_0} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot H^2}{2} = \frac{B \cdot H}{2}$ ω - объемная плотность энергии однородного магнитного поля (энергия магнитного поля в единице объема).

$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$ k - коэффициент трансформации трансформатора, N_2 и N_1 - число витков во вторичной и первичной обмотках, U_2 и U_1 - напряжения на обмотках в режиме холостого хода.

$x(t) = A \cdot \cos(\omega_0 t + \alpha)$ кинематическое уравнение гармонических колебаний: x - смещение колеблющейся точки из положения равновесия, A - амплитуда, ω_0 - круговая (циклическая) частота, α - начальная фаза, t - время, $(\omega_0 t + \alpha)$ - фаза колебаний.

$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$ дифференциальное уравнение гармонических колебаний; ω_0 - циклическая частота.

$$x''_{tt} + \omega_0^2 x = 0$$

$T = \frac{t}{N} = v^{-1}; v = \frac{N}{t}$ T - период колебаний равен времени совершения одного колебания; v - частота колебаний; N - число полных колебаний за время t .

$T = \frac{2\pi}{\omega_0}, v = \frac{\omega_0}{2\pi}$ T и v - период и частота гармонических колебаний, ω_0 - циклическая частота.

$V(t) = \frac{dx}{dt} = x'_t = -A \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_0 t + \alpha) = A \cdot \omega_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2})$ V - скорость колеблющейся точки.

$a(t) = \frac{dV}{dt} = V'_t = -A \cdot \omega_0^2 \cdot \sin\left(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right) = A \cdot \omega_0^2 \cdot \cos(\omega_0 t + \alpha + \pi)$ a - ускорение колеблющейся точки.

$F = -m \cdot \omega_0^2 \cdot x$ F - упругая (квазиупругая) сила, действующая на колеблющуюся материальную точку массой m , x - смещение колеблющейся точки из положения равновесия.

$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ T - период колебаний математического маятника, l - длина маятника, g - ускорение силы тяжести.

$F = ma = mx''$, $F = -kx$; второй закон Ньютона для гармонических колебаний пружинного маятника: m - масса груза, подвешенного на пружине с жесткостью k ; $F = -k \cdot x$ - сила упругости; ω_0 - циклическая частота.

$$mx'' = -kx; x'' + \frac{k}{m}x = 0;$$

$$x'' + \omega_0^2 x = 0; \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ T - период колебаний пружинного маятника: m - масса груза, подвешенного на пружине жесткостью k .

$W_K = \frac{m \cdot V^2}{2} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \sin^2(\omega_0 t + \alpha)}{2}$ кинетическая энергия материальной точки, совершающей прямолинейные гармонические колебания.

$W_{\Pi} = \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot \omega_0^2 \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \cos^2(\omega_0 t + \alpha)}{2}$ потенциальная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания под действием упругой силы F .

$W = W_K + W_{\Pi} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$ полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.

$V = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T}$ связь между скоростью волны V , длиной волны λ , частотой ν , периодом T ;

$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ V – скорость распространения звуковых (акустических) волн в упругой среде, E – модуль Юнга среды и ρ - ее плотность.

$x(r,t) = A \cdot \cos \omega_0 \left(t - \frac{r}{V} \right) = A \cdot \cos(\omega_0 t - k \cdot r)$ уравнение плоской прямой (бегущей) волны, распространяющейся в среде без поглощения в сторону положительной полуоси r , k – волновое число.

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} = \frac{\omega_0}{V}$$

$$q'' + \frac{1}{LC}q = 0$$

$$q'' + \omega_0^2 q = 0$$

дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний заряда q в контуре; L - индуктивность и C - емкость контура

$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \alpha);$$

$$I = \frac{dq}{dt} = q'_t = -q_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha);$$

$$I = I_0 \cos\left(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right); \quad I_0 = q_0 \omega_0;$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad q_0 = CU_0; \quad \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2};$$

уравнения колебаний заряда $q(t)$ и тока $I(t)$ в LC- контуре; ω_0 - циклическая частота; q_0, I_0, U_0 -амплитудные значения заряда, силы тока и напряжения.

связь между амплитудными значениями силы тока и напряжения в контуре.

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

T - период колебаний электрического контура (формула Томсона).

$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2}$	полная электромагнитная энергия контура равна сумме энергий электрического и магнитного полей. Она также равна максимальной энергии электрического или магнитного полей.
---	--

$$\lambda_0 = cT = \frac{c}{\nu_0}; \quad \nu_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

связь между скоростью распространения электромагнитной волны в вакууме c (скоростью света в вакууме), длиной волны λ_0 , частотой ν_0 , периодом T .

$$\Phi = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\alpha = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\omega t$$

Φ - магнитный поток через контур площадью S и числом витков N ; ω - циклическая частота вращения рамки; α - угол поворота рамки (угол между индукцией \vec{B} и нормалью \vec{n}) в момент времени t ; N - число витков.

$$E_i = -\Phi'_t = -\frac{d\Phi}{dt} = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin\omega t$$

E_i - ЭДС индукции, возникающая при вращении рамки.

$$E_{\max} = N \cdot B \cdot S \cdot \omega$$

значение максимальной (амплитудной) ЭДС во вращающейся рамке (при $\sin\omega t = 1$).

$$X_L = \omega \cdot L$$

X_L - (реактивное) индуктивное сопротивление.

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

X_C - (реактивное) емкостное сопротивление.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}$$

Z - (импеданс) - полное сопротивление цепи переменного тока, содержащей последовательно включенные резистор сопротивлением R , катушку индуктивностью L , конденсатор емкостью C . На концы цепи подается переменное напряжение

$$U=U_0 \cdot \cos\omega t.$$

$$I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

закон Ома для цепи переменного тока, I_0 - амплитудное значение силы тока в цепи переменного тока, Z - импеданс.

$U_{0R}=I_0R$ $U_{0L}=I_0X_L$ $U_{0C}=I_0X_C$	U_{0R}, U_{0L}, U_{0C} – амплитудные значения напряжений на активном сопротивлении, катушке индуктивности и конденсаторе, соответственно, в цепи переменного тока.
---	--

$U_R=I_0R \cdot \sin\omega t$ $U_C=I_0X_C \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ $U_L=I_0X_L \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	фазовые соотношения между напряжениями на активном сопротивлении U_R , катушке индуктивности U_L и конденсаторе U_C , соответственно, в цепи переменного тока.
---	--

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

φ - сдвиг фаз между напряжением и силой тока в цепи, содержащей последовательно включенные R, L, C .

$$P = \frac{U_0 \cdot I_0 \cdot \cos\varphi}{2} = U_{\text{Э}} \cdot I_{\text{Э}} \cdot \cos\varphi ;$$

$$U_{\text{Э}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} ; \quad I_{\text{Э}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} ; \quad \cos\varphi = \frac{R}{Z} ;$$

P - средняя мощность, выделяемая в цепи переменного тока: $\cos\varphi$ - коэффициент мощности, (φ - сдвиг фаз между U и I), U_0 и I_0 - амплитудные значения, $U_{\text{Э}}$ и $I_{\text{Э}}$ - действующие (эффективные) значения напряжения и силы переменного тока, соответственно.

$$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \quad C - \text{скорость света в вакууме (электродинамическая постоянная), } \varepsilon_0 - \text{электрическая постоянная, } \mu_0 - \text{магнитная постоянная.}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} \quad V - \text{скорость распространения света (электромагнитной волны) в среде: } \varepsilon \text{ и } \mu - \text{электрическая и магнитная проницаемости среды.}$$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{21} \quad \text{закон преломления света: отношение синуса угла падения } (\alpha) \text{ к синусу угла преломления } (\beta) \text{ есть величина постоянная для данных сред.}$$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad n_{21} - \text{относительный показатель преломления второй среды относительно первой равен отношению их абсолютных показателей преломления.}$$

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = n;$$

соотношение между длинами волн света (электромагнитной волны) в вакууме - λ_0 и в среде - λ ; n - абсолютный показатель преломления среды; c и v - скорости света в вакууме и среде.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n = \sqrt{\epsilon}$$

формула, связывающая показатель преломления n с диэлектрической проницаемостью ϵ .

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = n_2 / n_1$$

$\alpha_{\text{пр}}$ - предельный угол полного внутреннего отражения, угол преломления $\beta=90^\circ$ ($\sin \beta = 1$), $n_2 < n_1$.

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{R} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

формула сферического зеркала: d и f - расстояния от (полюса) зеркала до предмета и изображения, соответственно; F - фокусное расстояние зеркала; R - радиус кривизны зеркала.

$$\Gamma = \frac{y'}{y} = \left| \frac{f}{d} \right|$$

Γ - линейное увеличение, даваемое сферическим зеркалом; y' и y - линейные размеры изображения и предмета

$$D = \frac{1}{F} = (n_{21} - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

формула двояковыпуклой линзы: n_{21} - относительный показатель преломления линзы по отношению к окружающей среде, R_1 и R_2 - радиусы кривизны поверхностей линзы, D - оптическая сила линзы, F - фокусное расстояние линзы.

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

формула тонкой линзы: d и f - расстояния от линзы до предмета и изображения, соответственно.

$$\Gamma = \frac{y'}{y} = \frac{f}{d}$$

Γ - увеличение, даваемое линзой: y' и y - размеры изображения и предмета, d и f - расстояния от линзы до предмета и изображения.

$$\Gamma = \frac{d_0}{F}$$

Γ - увеличение лупы: $d_0=25$ см - расстояние наилучшего зрения для нормального глаза, F - фокусное расстояние лупы.

$$L = n \cdot l$$

L - оптическая длина пути; l - геометрическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n .

$$k(l_2 - l_1) = 2 \cdot \pi \cdot m;$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

условие интерференционных максимумов: $l_2 - l_1$ - разность хода двух когерентных волн, возбуждающих колебания в данной точке; λ - длина волны; k - волновое число; $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$k(l_2 - l_1) = 2 \cdot \pi \cdot \left(m + \frac{1}{2} \right)$$

условие интерференционных минимумов: k - волновое число; $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d}$$

опыт (метод) Юнга: Δx - ширина интерференционной полосы - расстояние между двумя соседними максимумами (или минимумами); d - расстояние между двумя когерентными источниками, находящимися на расстоянии L от экрана, параллельного линии, со-

единяющей источники; $L \gg d$.

$r_m = \sqrt{m \cdot \lambda \cdot R}$ r_m - радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете (или светлых - в проходящем свете); $m=1,2,3\dots$ - номера колец, R - радиус кривизны линзы, λ - длина волны света.

$r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \cdot R}$ r_m - радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете (или темных - в проходящем свете), $m = 1,2,3\dots$

$n \cdot d = \frac{\lambda}{4}$ просветление оптики (условия гашения интерферирующих лучей в отраженном свете): d - толщина пленки, при которой в результате интерференции наблюдается гашение отраженных лучей; n - показатель преломления пленки; λ - длина волны света, для которой выполняется условие гашения;

$n \cdot d = \left(m + \frac{1}{4}\right) \lambda$ $n =$ в результате интерференции наблюдается гашение отраженных лучей; n - показатель преломления пленки; λ - длина волны света, для которой выполняется условие гашения; n_c - показатель преломления стекла (материала линзы); $m=0, 1, 2, \dots$

$\sqrt{n_c}$

$d \cdot \sin\varphi = m \cdot \lambda$ условие главных максимумов дифракционной решетки: $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ - порядок максимума; d - период решетки; λ - длина волны света; φ - угол дифракции.

$d = \frac{1}{N}$ d - период дифракционной решетки; N - число щелей (штрихов), входящих на единицу длины решетки.

$m_{\max} = \frac{d}{\lambda}$ m_{\max} - максимальный порядок дифракционных максимумов дифракционной решетки (берется целая часть от полученного значения).

$n_{\max} = 2 m_{\max} + 1$ n_{\max} - общее число максимумов, даваемых дифракционной решеткой.

$I = I_0 \cdot \cos^2\alpha$ закон Малюса: I_0 и I - интенсивности света, падающего на второй поляризатор (анализатор) и вышедшего из него, соответственно; α - угол между главными плоскостями двух скрещенных поляризаторов (поляризатора и анализатора).

$\operatorname{tg}\varphi_{\text{Бр}} = n_{21}$ закон Брюстера: тангенс угла (Брюстера) падения равен относительному показателю преломления n_{21} второй среды относительно первой; при этом отраженный луч является плоскополяризованным (линейнополяризованным), причем в этом случае отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.

$\varepsilon = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda_0}$ ε - энергия фотона; ν - частота световой волны, λ_0 - длина волны в вакууме, h - постоянная Планка.

$P = \frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{h}{\lambda_0}$ P - импульс фотона.

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} \quad m - \text{масса фотона}$$

$\varepsilon = P \cdot c$ соотношение между энергией ε и импульсом P фотона, c - скорость света в вакууме.

$h\nu = A + \frac{m \cdot V_{\max}^2}{2}$ уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта: $h\nu$ - энергия падающего фотона расходуется на совершение электроном работы выхода A из металла и на сообщение

$eU_3 = h(\nu - \nu_0)$ ему кинетической энергии $\frac{m \cdot V_{\max}^2}{2}$, m - масса электро-

$A = h\nu_0$ на, $\frac{m \cdot V_{\max}^2}{2} = e \cdot U_3$, U_3 - задерживающее напряжение, e -

$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$ элементарный заряд, λ_0 - граничная длина волны (красная граница фотоэффекта), h - постоянная Планка.

$P = \frac{E_e}{c}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho)$ P - давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность: $E_e = N h\nu$ - облученность поверхности (энергия всех фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени); ρ - коэффициент отражения; ω - объемная плотность энергии излучения; c - скорость света в вакууме.

$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0c} \sin^2 \frac{\vartheta}{2}$ эффект Комптона - изменение длины волны электромагнитного излучения при рассеянии фотонов на свободных электронах с массой покоя m_0 . h - постоянная Планка, c - скорость света в вакууме, ϑ - угол рассеяния фотона, $\Delta\lambda$ - изменение длины волны рассеянного фотона, λ_c - комптоновская длина волны.

$x = x' + V \cdot t$
 $y = y'$
 $z = z'$
 $t = t'$ преобразования координат и времени Галилея для случая, когда система координат K' движется со скоростью V вдоль положительного направления оси x инерциальной системы K (в начальный момент времени начала координат совпадают).

$\vec{V} = \vec{V}' + \vec{U}$ правило сложения скоростей в классической механике: \vec{V} и \vec{V}' - скорости материальной точки относительно систем координат K и K' , \vec{U} - скорость системы K' относительно K .

$\vec{a} = \vec{a}'$ ускорение точки в системах координат K и K' , движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно, одинаково.

$U = \frac{U' + V}{1 + \frac{V \cdot U'}{c^2}}$, $U' = \frac{U - V}{1 - \frac{V \cdot U}{c^2}}$ релятивистский закон сложения скоростей: V - скорость системы координат K' относительно K ; U и U' - скорость точки относительно систем K и K' , соответственно; c - скорость света в вакууме.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

длина тела в различных системах отсчета: l_0 - длина тела, покоящегося относительно системы K , l - длина тела, движущегося относительно K' , V - скорость движения тела относительно K' . Линейные размеры тела наибольшие в той инерциальной системе отсчета, относительно которой тело покоится.

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

длительность событий в различных системах отсчета: $\tau_0 < \tau$, т.е. длительность события, происходящего в некоторой точке, наименьшая в той инерциальной системе отсчета, относительно которой эта точка неподвижна. Событие длительностью τ_0 происходит в некоторой точке, покоящейся относительно системы K , а K' движется со скоростью V относительно K ; τ - длительность события в K' ; c - скорость света в вакууме.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

m - релятивистская масса, m_0 - масса покоя частицы, V - скорость частицы, c - скорость света в вакууме.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{V} = \frac{m_0 \cdot \vec{V}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = \frac{E \cdot \vec{V}}{c^2}$$

\vec{p} - релятивистский импульс, \vec{V} - скорость частицы, E - полная энергия частицы.

$$E_0 = m_0 \cdot c^2 \quad E_0 - \text{энергия покоя частицы.}$$

$$E = m \cdot c^2 \quad E - \text{полная энергия частицы.}$$

$$E_{\text{кин}} = E - E_0 = (m - m_0) \cdot c^2 \quad E_{\text{кин}} - \text{кинетическая энергия релятивистской частицы.}$$

$$E^2 = m_0^2 \cdot c^4 + p^2 \cdot c^2 \quad \text{релятивистское соотношение между полной энергией } E \text{ и импульсом } p \text{ частицы.}$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \quad \text{закон взаимосвязи массы и энергии: } \Delta E - \text{изменение полной энергии тела, } \Delta m - \text{изменение массы, } c - \text{скорость света в вакууме.}$$

$$L_n = m_e \cdot V r_n = n \cdot \frac{h}{2\pi} = n \cdot \hbar$$

первый постулат Бора: в стационарном состоянии атома электрон, двигаясь по круговой орбите, имеет дискретные значения момента импульса L_n ; m_e - масса электрона; V - его скорость на n -ой орбите радиуса r_n ; h - постоянная Планка; $n=1,2,3,\dots$

$$h \nu_{mn} = E_n - E_m$$

второй постулат Бора: при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) фотон с энергией $h \nu_{mn}$, равной разности энергий соответствующих стационарных состояний E_n и E_m

$$\nu_{mn} = \frac{c}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

частота света, излучаемого атомом водорода при переходе с m -ой орбиты на n -ую; R - постоянная Ридберга; c - скорость света в вакууме; λ - длина волны линии спектра;

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$	уравнение движения электрона в атоме водорода (классическая теория атома водорода по Бору).
--	---

$E_n = -13,6 \frac{1}{n^2}$ (эВ) энергия электрона на n-ой стационарной орбите в атоме водорода.

$r_n = r_1 \cdot n^2$	радиус орбиты атома водорода на n - ой стационарной орбите; $r_1 = 0,528 \cdot 10^{-10}$ м – первый Боровский радиус.
-----------------------	--

$\lambda = \frac{h}{p}$ λ - дебройлевская длина волны частицы импульсом P, h - постоянная Планка. Соотношение де-Бройля.

$\Delta m = [Z m_p + (A-Z) m_n] - m_{\text{я}}$ Δm - дефект массы ядра: m_p , m_n , $m_{\text{я}}$ - соответственно массы протона, нейтрона и ядра; $m_{\text{H}} = m_p + m_e$ - масса атома водорода ${}^1\text{H}^1$; m_e - масса электрона; m - масса атома; A - массовое число (число нуклонов) равно сумме числа протонов Z и числа нейтронов N.

$\Delta m = [Z m_{\text{H}} + (A-Z) m_n] - m$ атома водорода ${}^1\text{H}^1$; m_e - масса электрона; m - масса атома; A - массовое число (число нуклонов) равно сумме числа протонов Z и числа нейтронов N.

$$A = Z + N$$

$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$ $E_{\text{св}}$ - энергия связи нуклонов в ядре, Δm - дефект массы, c - скорость света в вакууме. $\epsilon_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$ - удельная энергия связи - энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

$Q = c^2 (\sum m_i - \sum m_j)$	изменение энергии при ядерной реакции; $\sum m_i$ – сумма масс частиц до реакции; $\sum m_j$ – сумма масс частиц после реакции; при $\sum m_i > \sum m_j$ – реакция идет с выделением энергии, а при $\sum m_i < \sum m_j$ – реакция идет с поглощением энергии, c - скорость света в вакууме.
---------------------------------	--

$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt$ dN - число ядер, распавшихся за промежуток времени от t до t+dt, N - число нераспавшихся ядер к моменту времени t, λ - постоянная распада.

$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$ T - период полураспада - время, за которое исходное число радиоактивных ядер уменьшается в 2 раза.

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ закон радиоактивного распада: N_0 - начальное число нераспавшихся ядер (в момент времени t=0); N - число нераспавшихся ядер к моменту времени t; T - период полураспада; λ - постоянная распада - равна доле ядер, распадающихся в единицу времени, и имеет смысл вероятности распада ядра за 1с.

$\Delta N = N_0 - N$ ΔN - число ядер, распавшихся за время t.

$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ln 2} = \frac{T}{0,693}$ τ - среднее время жизни радиоактивного ядра: λ - постоянная распада, T - период полураспада.

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = |N'_t| = \lambda \cdot N$$

A - активность ядра (нуклида) равна числу распадов, происходящих за единицу времени.



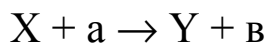
правило смещения для α -распада



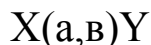
правило смещения для β^- -распада



правило смещения для β^+ -распада



символическая запись ядерной реакции



Некоторые математические формулы.

Алгебра

$$\frac{a}{b} = \frac{a}{b};$$

$$\frac{a}{b} : c = \frac{a}{b \cdot c};$$

$$a : \frac{b}{c} = \frac{a \cdot c}{b};$$

$$\frac{a}{b} : \frac{m}{n} = \frac{a \cdot n}{b \cdot m};$$

$$\frac{a}{b} = \frac{a}{b};$$

$$a \cdot n = b \cdot m \Leftrightarrow \frac{n}{b} = \frac{m}{a};$$

$$\frac{a}{b} \pm \frac{m}{n} = \frac{a \cdot n \pm b \cdot m}{b \cdot n};$$

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m};$$

$$\frac{a^n}{a^m} = a^{n-m};$$

$$(a^n)^m = a^{n \cdot m};$$

$$\frac{a+b}{2} \geq \sqrt{a \cdot b} \quad \text{при } a > 0, b > 0.$$

$$a^2 - b^2 = (a-b)(a+b);$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2;$$

$$\frac{a+b}{2} = \sqrt{a \cdot b} \quad \text{при } a=b.$$

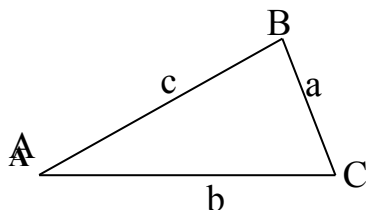
$$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3; \quad a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2);$$

$$ax^2 + bx + c = 0; \quad x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}; \quad (a \neq 0); \quad x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}; \quad x_1 \cdot x_2 = \frac{c}{a}$$

$$\sin x \approx x, \quad \cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}, \quad (x \ll 1);$$

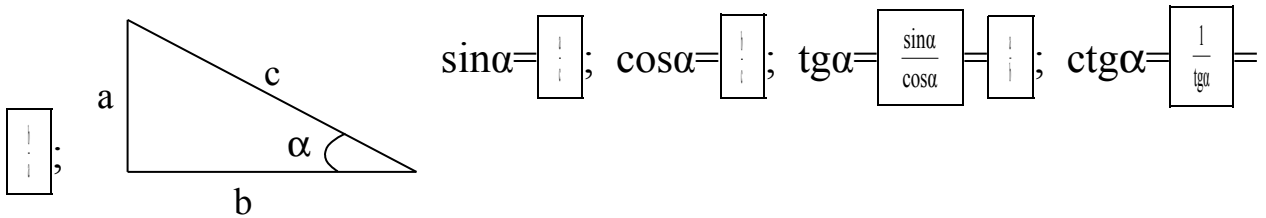
$$(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx, \quad (x \ll 1; n \neq 0);$$

Тригонометрия



$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C};$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C;$$



$$a^2 + b^2 = c^2;$$

x	$\pm \alpha$	$\frac{\pi}{2} \pm \alpha$	$\pi \pm \alpha$	$\frac{3}{2}\pi \pm \alpha$
$\sin x$	$\pm \sin \alpha$	$\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$
$\cos x$	$\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$
$\operatorname{tg} x$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$

α	$0^\circ(0)$	$30^\circ(\frac{\pi}{6})$	$45^\circ(\frac{\pi}{4})$	$60^\circ(\frac{\pi}{3})$	$90^\circ(\frac{\pi}{2})$	$180^\circ(\pi)$
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}; \operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}; \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1; \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha;$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}; \operatorname{ctg}^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\sin^2 \alpha}; \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha; \overline{\sin^2 \alpha} = \overline{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{2}.$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta; \cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta;$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha); \cos^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 + \cos 2\alpha); \sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha \pm \beta}{2} \cos \frac{\alpha \mp \beta}{2};$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\beta - \alpha}{2}; \cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]; \sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2}[\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)];$$

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]; \operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$$

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x, (x \ll 1); x = \frac{x^0 \cdot \pi}{180^0}, [x] = \text{рад}, [x^0] = \text{град};$$

Геометрия

$$L_{\text{окружн}} = 2\pi r = \pi d; \quad S_{\text{круг}} = \pi r^2 = \left[\frac{1}{4} \pi d^2 \right]; \quad S_{\text{сфер}} = 4\pi r^2 = \pi d^2; \quad (d = 2r);$$

$$V_{\text{шар}} = \left[\frac{4}{3} \pi r^3 \right] = \left[\frac{1}{6} \pi d^3 \right]; \quad (d = 2r); \quad S_{\text{эллипс}} = \pi \cdot a \cdot b, \quad a, b - \text{полуоси эллипса};$$

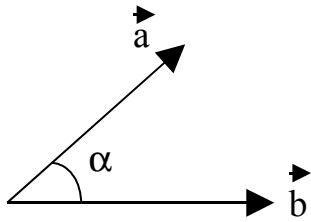
Векторы

$$A(x_1, y_1, z_1), B(x_2, y_2, z_2), \quad \vec{AB} = \{x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1\};$$

$$\vec{a} = \{a_x, a_y, a_z\}; \quad \vec{b} = \{b_x, b_y, b_z\};$$

$$\vec{a} \pm \vec{b} = \{a_x \pm b_x, a_y \pm b_y, a_z \pm b_z\}; \quad \lambda \vec{a} = \{\lambda a_x, \lambda a_y, \lambda a_z\};$$

$$\vec{a}[\vec{b}\vec{c}] = \vec{b}[\vec{c}\vec{a}] = \vec{c}[\vec{a}\vec{b}]; \quad |\vec{a}[\vec{b}\vec{c}]| = \vec{b}(\vec{a}\vec{c}) - \vec{c}(\vec{a}\vec{b});$$

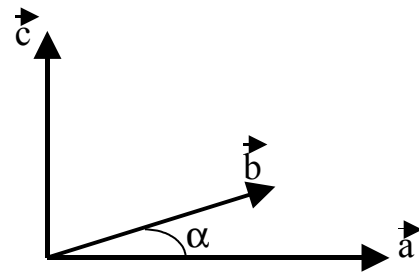


$$(\vec{a}, \vec{b}) = \vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \alpha = a \cdot b \cdot \cos \alpha;$$

$$(\vec{a}, \vec{b}) = \vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z;$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - правая тройка векторов.

$$\vec{c} = \{c_x, c_y, c_z\}, \quad c = \sqrt{c_x^2 + c_y^2 + c_z^2};$$



$$|\vec{c}| = c = ab \sin \alpha;$$

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}; \quad c_x = a_y b_z - a_z b_y; \quad c_y = a_z b_x - a_x b_z; \quad c_z = a_x b_y - a_y b_x;$$

Логарифмы

$$\lg(x^n) = n \lg x; \quad \lg(xy) = \lg x + \lg y; \quad \lg\left(\frac{x}{y}\right) = \lg x - \lg y; \quad \ln x = \frac{\lg x}{\lg e}; \quad \lg x = \frac{\ln x}{\ln 10};$$

($x > 0, y > 0$).

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = 2,718...; \quad a^x = e^{x \ln a}; \quad a^x = 10^{x \lg a};$$

Элементы анализа

$$(x^n)' = n x^{n-1}; \quad (x^{-n})' = -n x^{-(n+1)}; \quad (C x^n)' = C n x^{n-1}; \quad (C/x^n)' = -C n/x^{n+1};$$

$$(\cos x)' = -\sin x; \quad (\sin x)' = \cos x; \quad (\cos kx)' = -k \sin kx; \quad (\sin kx)' = k \cos kx;$$

$$(U \cdot V)' = U' V + U V'; \quad (U/V)' = (U' V - U V')/V^2;$$

$$(C \cdot e^x)' = C \cdot e^x; \quad (a^{Cx})' = C \cdot a^{Cx} \cdot \ln a; \quad (\ln x)' = \frac{1}{x}; \quad y'_{x'} = [f(z(x))]$$

$$y'_x = f'_z \cdot z'_x;$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C, \quad (n \neq -1); \quad \int Ax^n dx = A \frac{x^{n+1}}{n+1} + C, \quad (n \neq -1); \quad \int \frac{dx}{x} = \ln |x| + C;$$

$$\int \frac{dx}{x^2} = -\frac{1}{x} + C; \quad \int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C; \quad \int \frac{A}{x^2} dx = -\frac{A}{x} + C; \quad \int \cos x \cdot dx = \sin x + C;$$

$$\int \sin x \cdot dx = -\cos x + C; \quad \int \cos kx \cdot dx = \frac{1}{k} \sin kx + C; \quad \int \sin kx \cdot dx = -\frac{1}{k} \cos kx + C;$$

(A, C, k, a - const).

Десятичные приставки к названиям единиц

Э – экса – 10^{18}	к – кило – 10^3	мк – микро – 10^{-6}
П – пета – 10^{15}	г – гекто – 10^2	н – нано – 10^{-9}
Т – тера – 10^{12}	д – деци – 10^{-1}	п – пико – 10^{-12}
Г – гига – 10^9	с – санти – 10^{-2}	ф – фемто – 10^{-15}
М – мега – 10^6	м – милли – 10^{-3}	а – атто – 10^{-18}