

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ИНСТИТУТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ Б. П. БУГАЕВА»

Л. И. Подымов

ФИЗИКА

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано
редакционно-издательским советом института

Ульяновск 2018

УДК 53 (075.8)

ББК ФЗя7

П45

Подымов, Л. И. Физика : учеб.-метод. пособие / Л. И. Подымов. – Ульяновск : УИ ГА, 2018. – 80 с.

Представлены рекомендации по самостоятельной подготовке курсантов (студентов) к занятиям по дисциплине «Физика», табличные и справочные данные, необходимые для решения задач. Приведены варианты расчетно-графических работ и типовые тестовые задания по всем разделам физики.

Разработано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом и рабочей программой учебной дисциплины «Физика».

Предназначено для курсантов и студентов заочной формы обучения специальности «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» и направлений подготовки «Техносферная безопасность», «Аэронавигация», «Эксплуатация аэропортов и обеспечение полетов воздушных судов», «Управление качеством».

УДК 53(075.8)

ББК ФЗя7

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| Методические рекомендации по изучению дисциплины | 3 |
| Содержание разделов дисциплины | 7 |
| Варианты расчетно-графических работ | 14 |
| Тестовые задания | 33 |
| Основные формулы общего курса физики | 49 |
| Рекомендуемая литература | 65 |
| Библиографический список | 69 |
| Приложения | 70 |

ВВЕДЕНИЕ

Физика – одна из самых сложных учебных дисциплин в школе. К примеру, в 2018-м году из 150 тысяч абитуриентов, сдававших ЕГЭ по физике, максимальный тестовый балл набрали лишь 269 человек (0,17 % от общего числа сдававших) [2]. Эти результаты почти не отличаются от результатов сдачи экзамена в 2017-м и 2016-м годах. Даже физика школьного уровня для многих – трудный предмет. Вузовский курс физики – еще более трудная дисциплина.

Данное учебно-методическое пособие призвано облегчить подготовку обучающихся к прохождению промежуточной и итоговой аттестации по физике.

Структурно пособие выстроено следующим образом. Сначала приведены рекомендации для самостоятельной работы курсантов (студентов) и рассмотрены распространенные ошибки и сложные моменты при изучении теоретического материала. Затем представлено содержание всего курса физики в виде тематического указателя, из которого формируется список экзаменационных вопросов.

Далее даны варианты расчетно-графических работ, приведены данные по всем вариантам и требования к оформлению соответствующих задач. Затем идут тестовые задания по всем разделам физики. Они пригодятся для отработки соответствующих тем перед самостоятельными и контрольными работами, а также для тренировки перед официальным тестированием.

Также отдельно собраны основные физические формулы с пояснениями, приведены список рекомендуемой литературы и приложения со справочным материалом, необходимым для решения задач.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс физики длится два семестра. В первом семестре разбираются разделы «Механика», «Электричество и магнетизм» и «Колебания и волны». Во втором – разделы «Оптика», «Молекулярная физика и термодинамика» и «Квантовая, атомная и ядерная физика».

Лекционного материала по физике много. Освоить его за неделю перед экзаменом трудно. Кроме того, нужно знать законы и входящие в их уравнения физические величины, чтобы решать задачи. Поэтому лучше разбирать и заучивать материал в течение всего семестра.

Чтобы продуктивно работать на практических занятиях, к ним нужно готовиться заранее: просматривать конспекты лекций и параграфы в учебнике, повторять формулы. При необходимости рекомендуется уточнить у преподавателя тему следующего практического занятия, чтобы лучше к нему подготовиться.

Физические формулы содержат большое количество букв греческого алфавита. Их правильное написание и названия приведены в приложении 8.

На занятиях по физике, в том числе при написании самостоятельных и контрольных работ, можно использовать непрограммируемый инженерный калькулятор. Благодаря этому не нужно заучивать значения тригонометрических функций разных углов. Но, как показывает практика, работать с калькулятором могут не все, что приводит к дополнительным сложностям при решении задач. Поэтому перед написанием проверочных работ обратите на это внимание.

В задачах, требующих аналитического решения, необходимо записать «Дано». Затем в решении написать основные формулы, которые относятся к теме данной задачи (рис. 1). Решать задачи лучше в общем виде, т. е. выражать искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе производить промежуточные вычисления не потребуется. С другой стороны, данный способ решения требует умения работать с алгебраическими выражениями.

Задача №4. Шар $D=6\text{ см}=0,06\text{ м}$ и $m=0,25\text{ кг}$ катится без скольжения по horiz. плоскости с частотой вращ. $n=40\text{ об/с}$. Найти E_k шара.

| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;"><u>Дано:</u></p> <p>$D=0,06\text{ м}$</p> <p>$m=0,25\text{ кг}$</p> <p>$n=40\text{ об/с}$</p> <p>$E_k=?$</p> | <p style="text-align: center;"><u>Решение:</u></p> $E_k = E_{k(\text{свращ})} + E_{k(\text{пост})} = \frac{J\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2};$ $J = \frac{2}{5}mR^2 = \frac{2}{5}m\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{1}{10}mD^2;$ $\omega = 2\pi n; \quad v = \omega R = 2\pi n \cdot \frac{D}{2} = \pi n D;$ $E_k = \frac{\frac{1}{10}mD^2 \cdot (2\pi n)^2}{2} + \frac{m(\pi n D)^2}{2} = \frac{mD^2 \cdot 4\pi^2 n^2}{10 \cdot 2} + \frac{m\pi^2 n^2 D^2}{2} =$ $= \frac{mD^2 \cdot \pi^2 n^2}{2} \left(\frac{4}{10} + 1 \right) = \frac{0,25 \cdot 0,06^2 \cdot 3,14^2 \cdot 4^2}{2} \cdot (1,4) =$ $= 0,0994 \text{ Дж} \approx 100 \text{ мДж}.$ |
|---|--|

Ответ: $\approx 100 \text{ мДж}$.

Рисунок 1

Числовые значения величин при подстановке их в расчетную формулу и при записи ответа необходимо выразать **только в единицах СИ**. Перевести единицы измерения нужно в процессе записи «Дано». Числа в ответе рекомендуется записывать в стандартном виде. Например, вместо 15 300 следует написать $1,53 \cdot 10^3$, вместо 0,00014 – $1,4 \cdot 10^{-4}$.

Лучше записывать величины в ответе с использованием десятичных приставок. Например, полученное значение энергии $W = 2\,500\,000$ Дж можно записать так: $W = 2,5$ МДж; полученное значение длины волны света $\lambda = 0,000000630$ м – $\lambda = 630$ нм или $\lambda = 0,63$ мкм. Названия десятичных приставок и их значения приведены в приложении 7.

Если в задаче даны графики, из которых необходимо взять часть данных, следует посмотреть, какие физические величины отложены по осям, в каких единицах измерения они заданы, какой масштаб по каждой оси. Например, одна клетка по оси времени может быть равна одной секунде или пяти минутам.

Распространенные ошибки при решении задач связаны с:

- неправильным переводом единиц измерения в систему СИ либо с отсутствием этого перевода. Например, забыли перевести скорость из км/ч в м/с;
- неправильным выражением множителей в формулах. Например, нужно было поделить, а не умножать;
- решением уравнения в скалярном виде вместо соответствующих действий с векторными величинами. Например, забыли, что импульс – векторная величина, а закон сохранения импульса – векторное равенство;
- некорректной работой с данными графиков. Например, не обратили внимание, что 2 по оси давления – это не 2 Па, а $2 \cdot 10^5$ Па;
- использованием формул, не имеющих отношения к данной задаче. Например, для случая равноускоренного движения применили формулу пути $S = V \cdot t$.

Отдельную сложность при изучении физики представляет высокий уровень ее математизации. И в лекциях, и при решении задач встречаются производные, интегралы, скалярное и векторное произведения векторов, градиенты, операции логарифмирования и потенцирования, матрицы и элементы теории вероятностей.

Пример. Найти изменение энтропии ΔS при нагревании воды массой $m = 100$ г от температуры $T_1 = 273$ К до $T_2 = 373$ К.

Решение

Общая формула для изменения энтропии:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_A^B \frac{dQ}{T}.$$

В нашем случае приращение теплоты равно

$$dQ = mcdT.$$

Подставив в общую формулу, получим

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mcdT}{T}.$$

Вынесем постоянные величины за знак интеграла и произведем интегрирование:

$$\Delta S = mc \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = mc \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right).$$

После вычислений получим

$$\Delta S = 132 \text{ Дж/К}.$$

Чтобы освоить физику и понимать ее законы и физические величины, входящие в эти законы, нужно разбираться в математических понятиях и операциях. Для отработки навыков применения методов элементарной и высшей математики при решении физических задач следует изучить учебное пособие [4, 5].

Основные элементарные формулы из школьного курса математики приведены в приложении 9.

Затруднение может вызывать округление полученных чисел в задачах и лабораторных работах. Правила округления приведены в главе «О приближенных вычислениях» задачника А. Г. Чертова [12].

Отметим, что единственный способ научиться решать физические задачи – это решать физические задачи. Причем разбираться с каждой задачей самостоятельно, а не переписывать готовые решения. Для наработки данного навыка лучше всего подходят сборники задач. В них можно найти задачи по всем разделам физики и иногда ответы к ним.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. Физические основы механики

Тема 1. Кинематика материальной точки

Предмет физики. Цель, формы и методы физического исследования: опыт, гипотеза, эксперимент, теория. Физика как основа технической подготовки современного специалиста. Формы движения материи. Физические величины. Механическое движение. Поступательное и вращательное движения. Система отсчета. Прямолинейное движение тела. Уравнение движения, перемещение, скорость, ускорение прямолинейного движения. Кинематическое уравнение движения, скорость и ускорение для равномерного, равнопеременного, неравномерного прямолинейного движения тела.

Криволинейное поступательное движение. Перемещение, скорость, ускорение криволинейного поступательного движения. Вращательное движение. Нормальное и тангенциальное ускорение. Угловая скорость, угловое ускорение и кинематическое уравнение поступательного движения тела по окружности. Соотношение между линейными и угловыми характеристиками.

Тема 2. Динамика материальной точки

Основные понятия динамики поступательного движения: масса, сила, импульс. Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Импульс. Теорема об изменении импульса. Реактивное движение. Закон сохранения импульса. Центр масс механической системы.

Силы в природе¹. Сила тяжести. Сила упругости. Сила трения.

Тема 3. Законы сохранения в механике

Механическая работа. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Полная механическая энергия системы. Консервативные силы. Закон сохранения механической энергии. Движение тел переменной массы. Уравнение Мещерского, формула Циолковского.

Центральный удар.

¹ Понятия, выделенные курсивом, а также темы 5, 6, 10, 14, 18, 25 и 26 не входят в учебную программу дисциплины «Физика» для направления подготовки «Управление качеством».

Тема 4. Механика твердого тела (кинематика и динамика)

Модель твердого тела. Вращательное движение твердого тела. Угол поворота. Угловая скорость. Угловое ускорение. Момент силы относительно точки. Момент силы относительно оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса – Штейнера. Кинетическая энергия вращательного движения. Момент импульса. Основной закон динамики вращательного движения твердого тела. Теорема об изменении момента импульса. Закон сохранения момента импульса механической системы.

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Сила Кориолиса. Механический гироскоп. Свойства гироскопа.

Тема 5. Механика сплошных сред

Модель несжимаемой жидкости. Течение идеальной жидкости (газа). Линии тока, трубка тока. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Вязкое течение несжимаемой жидкости. Ламинарное и турбулентное течения жидкости (газа). Число Рейнольдса. Формула Стокса.

Тема 6. Элементы специальной теории относительности

Гравитационное взаимодействие. Законы Кеплера. Напряженность гравитационного поля. Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия. Потенциал гравитационного взаимодействия. Понятие о космических скоростях. Границы применимости классической механики. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Принцип относительности Эйнштейна. Постулаты специальной теории относительности. Относительность одновременности. Преобразования Лоренца. Относительность промежутков времени. Относительность длины. Теорема сложения скоростей. Релятивистский закон взаимосвязи массы и энергии.

РАЗДЕЛ 2. Электричество и магнетизм

Тема 7. Электростатика

Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Электростатическое поле. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Графическое изображение электростатических полей. Напряженность электрического поля. Работа по перемещению

зарядов в электростатическом поле. Потенциал. Разность потенциалов. Связь между напряженностью и потенциалом. Проводники в электростатическом поле. Явление электростатической индукции. Емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия конденсатора. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии электрического поля.

Индукция электрического поля. Поток вектора напряженности (индукции) электрического поля. Теорема Остроградского – Гаусса и ее применение. Теорема о циркуляции вектора напряженности электрического поля. Диэлектрики в электростатическом поле. Явление поляризации диэлектриков.

Тема 8. Постоянный электрический ток

Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Сопротивление проводников. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Соединение сопротивлений. Электродвижущая сила. Закон Ома в интегральной форме. Закон Ома в дифференциальной форме. Тепловое действие тока. Закон Джоуля – Ленца (в интегральной и дифференциальной форме). Мощность тока.

Правила Кирхгофа.

Тема 9. Магнитное поле

Магнитное поле. Графическое изображение магнитных полей. Индукция магнитного поля. Напряженность магнитного поля. Поток магнитной индукции. Действие магнитного поля на проводник с током. Контур с током в магнитном поле. Взаимодействие токов. Закон Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Закон Био – Савара – Лапласа и его применение. Магнитное поле прямого тока. Магнитное поле кругового тока. Магнитное поле соленоида.

Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля.

Тема 10. Магнитное поле в веществе

Магнитное поле в веществе. Гипотеза Ампера. Намагниченность. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

Тема 11. Явление электромагнитной индукции

Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. ЭДС индукции в движущихся проводниках. Явление самоиндукции. Индуктивность проводников. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии. Трансформатор.

Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.

РАЗДЕЛ 3. Колебания и волны

Тема 12. Колебательное движение

Колебательное движение. Виды колебаний. Свободные колебания. Гармонические колебания и их параметры. Гармонический осциллятор. Уравнение гармонических колебаний. Графическое представление гармонических колебаний. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения. Свободные затухающие колебания и их параметры. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний. Вынужденные колебания и их параметры. Резонанс.

Сложение взаимно перпендикулярных колебаний, фигуры Лиссажу. Дифференциальное уравнение электрических колебаний в RLC-цепи.

Тема 13. Волновое движение

Продольные и поперечные волны. Виды волн. Уравнение бегущей волны. Длина волны, амплитуда, фаза, волновой вектор волны, волновое уравнение. Стоячие волны. Упругие волны в сплошной среде. Основы акустики. Эффект Доплера в акустике. Электромагнитные волны. Энергия волны, объемная плотность энергии, вектор Умова – Пойнтинга.

Интенсивность волны. Эффект Доплера для электромагнитных волн.

РАЗДЕЛ 4. Оптика

Тема 14. Световые волны. Геометрическая оптика

Развитие представлений о природе света. Световые волны. Геометрическая оптика. Законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Тонкие линзы.

Тема 15. Интерференция света

Монохроматические волны. Когерентные волны. Оптическая разность хода. Интерференция света. Опыт Юнга. Интерференция света в тонких пленках. Кольца Ньютона. Просветление оптики.

Тема 16. Дифракция света

Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракция света. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии, диске. Дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на узкой щели. Дифракция света на дифракционной решетке.

Разрешающая способность оптических приборов.

Тема 17. Поляризация света

Поляризация света. Виды поляризации. Закон Малюса. Поляризация света при отражении от диэлектрика. Закон Брюстера. Двойное лучепреломление.

Искусственная анизотропия.

Тема 18. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом

Поглощение света в веществе. Линейный коэффициент поглощения. Закон Бугера. Дисперсия света в веществе. Нормальная и аномальная дисперсия. Рассеяние света в веществе.

РАЗДЕЛ 5. Статистическая физика и термодинамика

Тема 19. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов

Статистический и термодинамический методы исследования. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.

Длина свободного пробега и среднее число столкновений молекул газа. Явления переноса. Диффузия. Теплопроводность. Вязкость.

Тема 20. Элементы статистической физики

Статистический и термодинамический методы. Степени свободы молекулы. Теорема Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул. Равновесное распределение молекул в потенциальном поле (распределение Больцмана). Барометрическая формула. Распределение Максвелла молекул газа по скоростям. Наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости теплового движения молекул. Статистический смысл термодинамической температуры.

Тема 21. Термодинамика

Внутренняя энергия термодинамической системы. Работа термодинамической системы. Работа газа в изопроцессах. Теплота. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Теплоемкость. Уравнение Майера. Первое начало термодинамики. Круговые процессы. Обратимые и необратимые процессы. Тепловая машина. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Цикл Карно. Энтропия. Изменение энтропии в изопроцессах. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики.

Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия реального газа. Агрегатное состояние вещества как следствие соотношения кинетической и потенциальной энергий молекул. Фазовые переходы. Жидкости. Поверхностное натяжение жидкости. Явление смачивания. Капиллярные явления.

РАЗДЕЛ 6. Квантовая, атомная и ядерная физика

Тема 22. Тепловое излучение

Тепловое излучение и его параметры. Абсолютно черное тело. Законы теплового излучения. Закон Кирхгофа для теплового излучения. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Закон Стефана – Больцмана. Закон смещения Вина. Формулы Рэлея – Джинса и Вина для излучения абсолютно черного тела. Гипотеза Планка.

Тема 23. Квантовые свойства света

Фотоэффект. Фотоны. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Корпускулярно-волновой дуализм. Энергия, масса и импульс фотона. Давление света. Эффект Комптона.

Тема 24. Теория атома водорода по Бору

Модели атома. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Спектр излучения атома водорода по Бору.

Спонтанное и вынужденное излучение. Оптические квантовые генераторы. Рентгеновское излучение. Рентгеновская трубка. Тормозное излучение и его спектр. Характеристическое излучение и его спектр. Закон Мозли. Дифракция рентгеновских лучей.

Тема 25. Элементы квантовой механики

Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее свойства. Уравнение Шредингера. Понятие о квантовых числах.

Тема 26. Элементы физики твердого тела

Зонная теория твердых тел. Электропроводность полупроводников. Зависимость сопротивления полупроводников от температуры.

Тема 27. Атомная и ядерная физика

Состав и основные характеристики атомных ядер. Ядерные силы. Дефект массы. Энергия связи нуклонов ядра. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Закономерности α -, β -, γ -распада. Ядерные реакции, их основные типы и характеристики. Ядерные реакции деления. Цепная реакция. Физические основы ядерной энергетики. Ядерный реактор. Реакции синтеза. Проблемы управляемого термоядерного синтеза. Элементы дозиметрии. Ионизирующее излучение. Дозиметрические характеристики.

Виды взаимодействий в природе. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Кварки.

ВАРИАНТЫ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Расчетно-графическая работа (РГР) выполняется на отдельных двойных листах или в тонких тетрадах. Номер варианта работы соответствует номеру в зачетной книжке или номеру по списку в журнале группы. Работа должна быть подписана (номер группы, Ф.И.О. обучающегося, номер варианта).

К каждой задаче необходимо записать «Дано». Рисунки и графики в задачах выполняются **только** карандашом. Рекомендуется сразу перевести все физические величины в задаче в систему СИ. В задачах на законы Ньютона должен быть записан второй закон Ньютона в общем векторном виде, а на рисунке должны быть указаны оси координат, на которые проецируются векторные величины. Задачи из раздела «Электродинамика» (РГР № 3) могут требовать геометрических построений.

Ответ в каждой задаче необходимо записать с указанием единиц измерения.

РГР должна быть сдана не позднее установленного срока.

Преподаватель оставляет за собой право провести защиту РГР с отдельными курсантами или со всей группой. Списывание работ не допускается.

РГР № 1. Основы кинематики

1.1. Графическое представление движения

В табл. 1 приведены 30 графиков для 30 вариантов работ. Используя соответствующий вашему варианту график, выполните указанные действия.

1.1.1–1.1.10. По графику зависимости скорости от времени $v(t)$ некоторого тела (см. табл. 1) постройте графики $a(t)$, $x(t)$, $s(t)$. Определите путь, пройденный телом за первые 2 и 4 с. Найдите аналитически значение скорости в моменты времени 0,6 и 3,2 с. v_0 и x_0 принять равными нулю.

1.1.11–1.1.18. По графику зависимости ускорения от времени $a(t)$ некоторого тела (см. табл. 1) постройте графики $v(t)$, $x(t)$, $s(t)$. Определите путь, пройденный телом за первые 3 и 4 с. Найдите значение скорости в моменты времени 2,5 и 4,5 с. v_0 и x_0 принять равными нулю.

1.1.19–1.1.26. По графику зависимости угловой скорости от времени $\omega(t)$ некоторого тела, совершающего вращательное движение (см. табл. 1), постройте графики зависимости углового ускорения и угла поворота от времени $\varepsilon(t)$

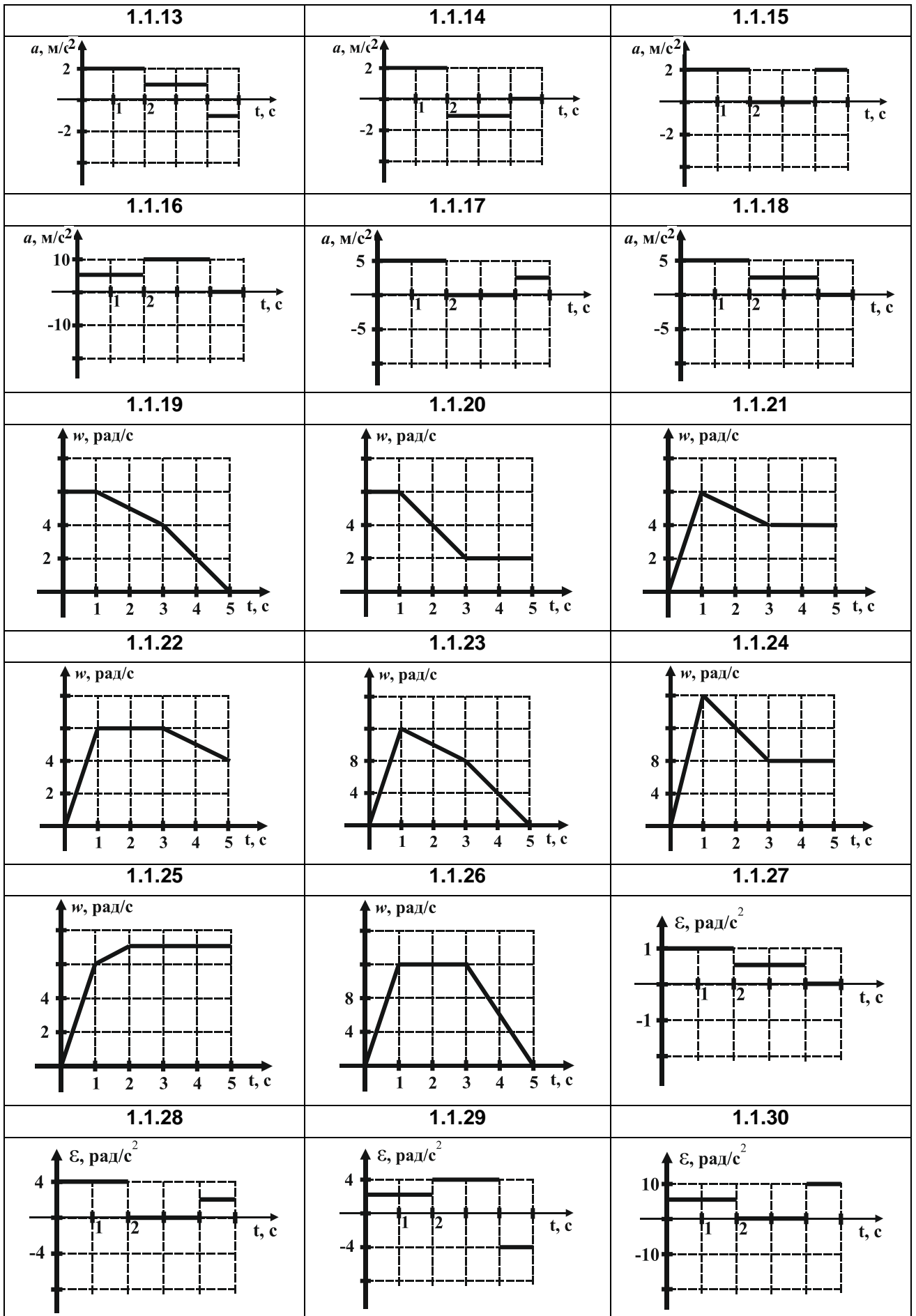
и $\varphi(t)$. Определите угол, на который повернется тело за первые 3 и 5 с. Найдите аналитически значение угловой скорости в моменты времени 1,5 и 2,8 с. ω_0 и φ_0 принять равными нулю.

1.1.27–1.1.30. По графику зависимости углового ускорения от времени $\varepsilon(t)$ (см. табл. 1) постройте графики зависимости угловой скорости и угла поворота от времени $\omega(t)$ и $\varphi(t)$. Определите угол, на который повернется тело за первые 1,5 и 5 с. Найдите значение угловой скорости в момент времени 2 и 3,5 с. ω_0 и φ_0 принять равными нулю.

Таблица 1

Графики к задачам 1.1.1–1.1.30

| 1.1.1 | 1.1.2 | 1.1.3 |
|--------|--------|--------|
| | | |
| 1.1.4 | 1.1.5 | 1.1.6 |
| | | |
| 1.1.7 | 1.1.8 | 1.1.9 |
| | | |
| 1.1.10 | 1.1.11 | 1.1.12 |
| | | |



1.2. Аналитическое представление движения

Точка движется по окружности радиусом R . Уравнение движения точки $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$. Найдите для моментов времени t_1 и t_2 : а) скорости точки; б) угловые скорости; в) угловые ускорения; г) тангенциальные, нормальные и полные ускорения; д) количество оборотов, совершенных точкой за заданное время. Условия задачи, соответствующие своему варианту, выберите из табл. 2.

Таблица 2

Данные к задаче 1.2

| Вариант | A , рад | B , рад/с | C , рад/с ² | D , рад/с ³ | R , см | t_1 , с | t_2 , с |
|---------|-----------|-------------|--------------------------|--------------------------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 3 | 2 | 0,2 | 0,3 | 20 | 3 | 6 |
| 2 | 1 | 3 | -2 | 0,01 | 10 | 2 | 5 |
| 3 | 5 | 10 | 1 | 1 | 15 | 4 | 7 |
| 4 | 35 | 0 | -0,2 | -0,1 | 30 | 5 | 10 |
| 5 | 10 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 5 | 2 | 4 |
| 6 | 30 | 20 | -0,4 | -0,2 | 40 | 1 | 4 |
| 7 | 0 | 0 | 4 | 2 | 8 | 3 | 5 |
| 8 | 5 | 5 | 0 | 2 | 25 | 1 | 3 |
| 9 | 15 | 20 | 0,6 | -0,1 | 35 | 2 | 4 |
| 10 | 6 | 2 | 0,5 | 4 | 60 | 0,5 | 2 |
| 11 | 25 | 15 | -0,3 | -0,06 | 20 | 1 | 2,5 |
| 12 | 15 | 0 | 0,4 | -0,1 | 16 | 2 | 3 |
| 13 | 0 | 2 | 1 | 0,4 | 55 | 1 | 4 |
| 14 | 10 | 4 | 2 | 1 | 50 | 1,5 | 3,5 |
| 15 | 15 | 2 | 0 | 5 | 32 | 0,5 | 2 |
| 16 | 0 | 0 | 10 | 0,8 | 24 | 1 | 2,5 |
| 17 | 2,5 | 3 | 0,5 | 0,5 | 10 | 2 | 4 |
| 18 | 0 | 4 | -1 | 0,4 | 35 | 1,5 | 3 |
| 19 | 5 | 5 | 5 | 2 | 45 | 4 | 8 |
| 20 | 10 | 2,5 | 4 | 4 | 30 | 1 | 5 |
| 21 | 15 | 20 | 4,6 | -0,5 | 20 | 2 | 7 |
| 22 | 20 | 4 | 10 | -0,3 | 50 | 1,5 | 3 |
| 23 | 5 | 15 | 1 | 0 | 23 | 2 | 5 |
| 24 | 0 | 0 | 4 | 2 | 35 | 3 | 6 |
| 25 | 12 | 14 | 2 | 0,5 | 20 | 1 | 4 |
| 26 | 0 | 3 | 0 | 4 | 15 | 2 | 7 |
| 27 | 8 | 0 | 0,4 | 1 | 10 | 2,5 | 4,5 |
| 28 | 10 | 2 | 0 | 3 | 35 | 2 | 5 |
| 29 | 15 | 4 | 2,5 | 0 | 30 | 2 | 5 |
| 30 | 5 | 1 | 1 | 0,2 | 25 | 2 | 5 |

1.3. Баллистическое движение

1.3.1. Камень массой m брошен с поверхности Земли со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите в момент времени t и в высшей точке траектории: а) модуль и направление (к горизонту) скорости тела; б) кинетическую, потенциальную и полную энергии камня. Сделайте рисунок. Данные возьмите из табл. 3.

1.3.2. Камень массой m брошен горизонтально со скоростью v_0 с высоты h . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите в момент времени t и в момент падения: а) модуль и направление (к горизонту) скорости тела; б) кинетическую, потенциальную и полную энергии камня. Сделайте рисунок. Данные возьмите из табл. 3.

Таблица 3

Данные к задачам 1.3.1 и 1.3.2

| Вариант | m , г | v_0 , м/с | α , ° | t , с | Вариант | m , г | v_0 , м/с | h , м | t , с | | |
|------------------------|---------|-------------|--------------|---------|---------|------------------------|-------------|---------|---------|----|-----|
| Условия к задаче 1.3.1 | 1 | 100 | 15 | 25 | 0,4 | Условия к задаче 1.3.2 | 2 | 100 | 15 | 6 | 0,4 |
| | 3 | 200 | 10 | 35 | 0,6 | | 4 | 200 | 10 | 8 | 0,6 |
| | 5 | 300 | 20 | 45 | 2,5 | | 6 | 300 | 20 | 10 | 1,1 |
| | 7 | 50 | 25 | 15 | 1 | | 8 | 50 | 25 | 12 | 1,3 |
| | 9 | 120 | 30 | 40 | 3 | | 10 | 120 | 30 | 14 | 0,8 |
| | 11 | 140 | 10 | 50 | 1,2 | | 12 | 140 | 10 | 16 | 0,2 |
| | 13 | 160 | 15 | 40 | 1,6 | | 14 | 160 | 15 | 18 | 1,6 |
| | 15 | 100 | 35 | 35 | 1,5 | | 16 | 100 | 35 | 20 | 1,5 |
| | 17 | 80 | 22 | 30 | 2 | | 18 | 80 | 22 | 4 | 0,2 |
| | 19 | 180 | 24 | 22 | 1,4 | | 20 | 180 | 24 | 15 | 0,7 |
| | 21 | 150 | 20 | 28 | 0,3 | | 22 | 150 | 20 | 22 | 0,3 |
| | 23 | 250 | 32 | 34 | 2,5 | | 24 | 250 | 32 | 40 | 2,5 |
| | 25 | 180 | 18 | 26 | 0,2 | | 26 | 110 | 18 | 13 | 0,2 |
| | 27 | 60 | 40 | 42 | 4,2 | | 28 | 60 | 40 | 35 | 2,4 |
| | 29 | 160 | 26 | 36 | 2,7 | | 30 | 160 | 26 | 13 | 1,4 |
| 31 | 260 | 16 | 24 | 0,4 | 32 | 260 | 16 | 20 | 0,9 | | |
| 33 | 330 | 3 | 45 | 0,1 | 34 | 330 | 3 | 4 | 0,3 | | |

РГР № 2. Основы динамики

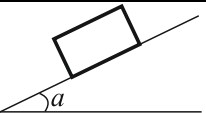
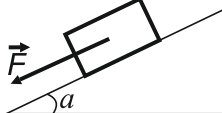
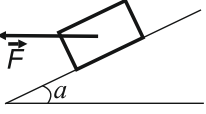
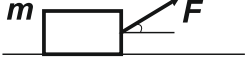
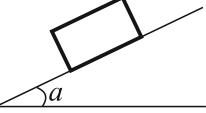
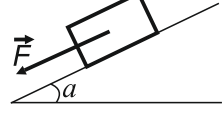
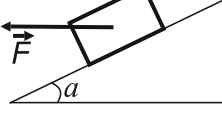
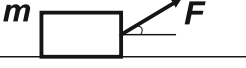
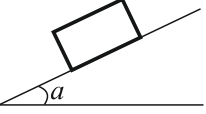
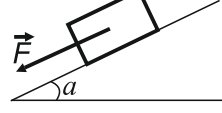
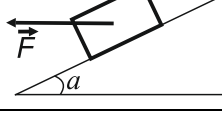
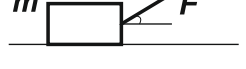
2.1. Динамика поступательного движения

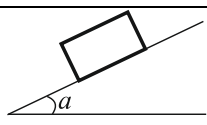
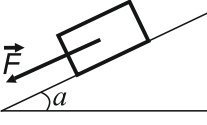
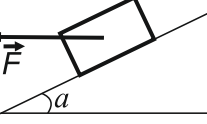
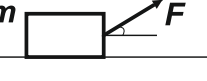
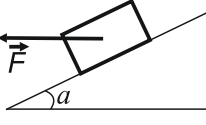
Тело массой m начинает движение из состояния покоя по наклонной плоскости, составляющей угол с горизонтом α (см. рисунок в табл. 4). К телу приложена сила F . Коэффициент трения между телом и плоскостью μ . Определите:

а) путь, пройденный телом за время t_1 ; б) скорость в момент времени t_2 ; в) силу давления тела на плоскость. Данные возьмите из табл. 4. Перерисуйте рисунок в тетрадь и расставьте все силы, действующие на тело.

Таблица 4

Данные к задаче 2.1

| Вариант | Рисунок | m , кг | α , ° | F , Н | μ | t_1 | t_2 |
|---------|---|----------|--------------|---------|-------|-------|-------|
| 1 |  | 2 | 50 | 0 | 0,25 | 2 | 1,5 |
| 2 |  | 3 | 25 | 10 | 0,2 | 4 | 1,5 |
| 3 |  | 1,5 | 35 | 12 | 0,22 | 2 | 2,5 |
| 4 |  α – угол наклона силы | 0,6 | 20 | 15 | 0,26 | 4 | 2,5 |
| 5 |  | 0,8 | 40 | 0 | 0,21 | 2 | 3,5 |
| 6 |  | 1,2 | 34 | 16 | 0,25 | 4 | 3,5 |
| 7 |  | 4 | 38 | 10 | 0,2 | 2 | 4,5 |
| 8 |  α – угол наклона силы | 6 | 28 | 20 | 0,18 | 4 | 4,5 |
| 9 |  | 3 | 20 | 0 | 0,22 | 2 | 5,5 |
| 10 |  | 4 | 20 | 10 | 0,24 | 4 | 5,5 |
| 11 |  | 2,5 | 24 | 15 | 0,26 | 2 | 1,5 |
| 12 |  α – угол наклона силы | 2,5 | 32 | 20 | 0,18 | 4 | 1,5 |

| Вариант | Рисунок | m , кг | α , ° | F , Н | μ | t_1 | t_2 |
|---------|---|----------|--------------|---------|-------|-------|-------|
| 13 |  | 3 | 37 | 0 | 0,2 | 2 | 2,5 |
| 14 |  | 3,5 | 35 | 22 | 0,26 | 4 | 2,5 |
| 15 |  | 4,5 | 27 | 12 | 0,25 | 2 | 3,5 |
| 16 |  α – угол наклона силы | 5 | 38 | 16 | 0,22 | 4 | 3,5 |
| 17 |  | 5,5 | 42 | 10 | 0,25 | 2 | 4 |

2.2. Законы сохранения в механике

Два тела массами m_1 и m_2 движутся навстречу друг другу со скоростями v_1 и v_2 (рис. 2) и неупруго сталкиваются. Найдите: а) скорость совместного движения шаров после удара; б) начальные и конечные кинетические энергии тел; в) долю энергии, перешедшую в тепло при ударе. Перерисуйте рисунок в тетрадь. Данные возьмите из табл. 5.

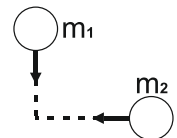


Рисунок 2

Таблица 5

Данные к задаче 2.2

| Вариант | m_1 , г | v_1 , м/с | m_2 , г | v_2 , м/с |
|---------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 1 | 100 | 15 | 300 | 2 |
| 2 | 200 | 10 | 800 | 7 |
| 3 | 300 | 20 | 50 | 5 |
| 4 | 750 | 25 | 150 | 0 |
| 5 | 120 | 30 | 120 | 20 |
| 6 | 140 | 10 | 600 | 0 |
| 7 | 160 | 15 | 900 | 4 |
| 8 | 100 | 35 | 400 | 10 |
| 9 | 480 | 22 | 220 | 5 |
| 10 | 450 | 24 | 300 | 0 |
| 11 | 900 | 7 | 200 | 0 |

| Вариант | m_1 , г | u_1 , м/с | m_2 , г | u_2 , м/с |
|---------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 12 | 600 | 9 | 440 | 3 |
| 13 | 250 | 12 | 250 | 6 |
| 14 | 800 | 5 | 330 | 2 |
| 15 | 100 | 20 | 200 | 10 |
| 16 | 700 | 3 | 400 | 3 |
| 17 | 350 | 2 | 1000 | 6 |

2.3. Динамика вращательного движения

На однородном тонком стержне длиной l и массой M закреплены три шарика массами m_1 , m_2 и m_3 (рис. 3). Расстояние между шариками m_2 и m_3 равно x . Расстояние от левого шарика m_1 до точки O равно d . Систему приводят в движение относительно оси, проходящей через точку O перпендикулярно стержню.

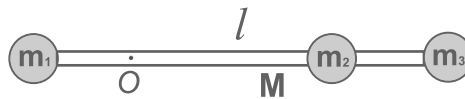


Рисунок 3

Определите: а) момент инерции всей системы; б) кинетическую энергию системы, если тела будут вращаться с угловой скоростью ω . Данные возьмите из табл. 6.

Таблица 6

Данные к задаче 2.3

| Вариант | m_1 | m_2 | m_3 | M | x | d | ω |
|---------|-------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|--------------------|
| 1 | m | $2m$ | $\frac{m}{3}$ | $2m$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{5}$ | 2ω |
| 2 | $2m$ | $\frac{m}{2}$ | $\frac{m}{4}$ | $3m$ | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{8}$ | 3ω |
| 3 | $2m$ | $3m$ | $4m$ | $\frac{5m}{2}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{\omega}{4}$ |
| 4 | $4m$ | m | $\frac{2m}{3}$ | $2m$ | $\frac{l}{6}$ | $\frac{l}{6}$ | $\frac{\omega}{3}$ |
| 5 | $3m$ | $\frac{m}{3}$ | $5m$ | $\frac{m}{2}$ | $\frac{l}{7}$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{\omega}{2}$ |
| 6 | m | $\frac{m}{3}$ | $\frac{m}{4}$ | $\frac{m}{5}$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{\omega}{5}$ |

Продолжение табл. 6

| Вариант | m_1 | m_2 | m_3 | M | x | d | ω |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| 7 | $3m$ | $2m$ | $3m$ | m | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{\omega}{6}$ |
| 8 | $\frac{m}{2}$ | $4m$ | $2m$ | $\frac{m}{3}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{6}$ | 4ω |
| 9 | $6m$ | m | $7m$ | $3m$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{9}$ | ω |
| 10 | $4m$ | $5m$ | $6m$ | $\frac{m}{5}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{4}$ | $\frac{\omega}{2}$ |
| 11 | $4m$ | $3m$ | $2m$ | m | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{4}$ | 2ω |
| 12 | $5m$ | $2m$ | m | $\frac{m}{3}$ | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{5}$ | ω |
| 13 | $\frac{m}{3}$ | $3m$ | $4m$ | m | $\frac{l}{6}$ | $\frac{l}{6}$ | 3ω |
| 14 | $\frac{m}{4}$ | m | $\frac{m}{2}$ | m | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{4}$ | $\frac{\omega}{3}$ |
| 15 | $\frac{m}{5}$ | $3m$ | m | $\frac{m}{5}$ | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{7}$ | 2ω |
| 16 | $2m$ | $\frac{m}{3}$ | m | m | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{\omega}{2}$ |
| 17 | $4m$ | m | m | $4m$ | $\frac{l}{7}$ | $\frac{l}{4}$ | 4ω |
| 18 | $5m$ | m | $2m$ | $\frac{m}{2}$ | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{4}$ | $\frac{\omega}{4}$ |
| 19 | $\frac{m}{2}$ | $3m$ | m | $\frac{m}{2}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{3}$ | ω |
| 20 | $\frac{m}{2}$ | m | $4m$ | $2m$ | $\frac{l}{6}$ | $\frac{l}{6}$ | 2ω |
| 21 | m | $\frac{m}{3}$ | $3m$ | $3m$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{\omega}{3}$ |
| 22 | m | $2m$ | $5m$ | m | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{4}$ | 3ω |
| 23 | $\frac{m}{4}$ | $\frac{m}{4}$ | $2m$ | m | $\frac{l}{7}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{\omega}{5}$ |
| 24 | m | $\frac{m}{2}$ | $2m$ | m | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{6}$ | 4ω |
| 25 | $4m$ | $2m$ | m | $4m$ | $\frac{l}{6}$ | $\frac{l}{7}$ | $\frac{\omega}{4}$ |
| 26 | m | m | $2m$ | $3m$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{8}$ | ω |

| Вариант | m_1 | m_2 | m_3 | M | x | d | ω |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| 27 | $\frac{m}{3}$ | $4m$ | m | m | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{4}$ | 2ω |
| 28 | $2m$ | $\frac{m}{2}$ | $3m$ | m | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{5}$ | 3ω |
| 29 | m | $\frac{m}{3}$ | m | $\frac{m}{5}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{6}$ | $\frac{\omega}{5}$ |
| 30 | $3m$ | $\frac{m}{3}$ | $2m$ | m | $\frac{l}{4}$ | $\frac{l}{5}$ | 2ω |
| 31 | $4m$ | $\frac{m}{5}$ | m | m | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{6}$ | 3ω |
| 32 | m | m | $\frac{m}{3}$ | $\frac{m}{4}$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{7}$ | ω |
| 33 | $2m$ | $4m$ | $6m$ | $\frac{m}{2}$ | $\frac{l}{3}$ | $\frac{l}{5}$ | 4ω |
| 34 | $2m$ | $2m$ | $3m$ | $3m$ | $\frac{l}{5}$ | $\frac{l}{5}$ | 3ω |
| 35 | m | m | $4m$ | $3m$ | $\frac{l}{6}$ | $\frac{l}{6}$ | 2ω |

РГР № 3. Электродинамика

3.1. Электростатика

3.1.1. Два точечных заряда q_1 и q_2 находятся на расстоянии r друг от друга (рис. 4). На расстоянии r_1 от первого и r_2 от второго заряда находится точка A . Диэлектрическая проницаемость среды, в которой находятся заряды, равна ϵ . Определите: а) модуль вектора напряженности электростатического поля E_A , создаваемого этими зарядами в точке A ; б) модуль вектора силы, действующей на точечный заряд q , помещенный в точку A .

Направление всех векторов покажите на рисунке. Данные возьмите из табл. 7.

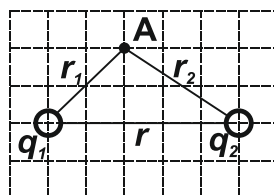


Рисунок 4

Данные к задаче 3.1.1

| Вариант | q_1 , мкКл | q_2 , мкКл | q , мкКл | r_1 , см | r_2 , см | r , см | ϵ |
|---------|--------------|--------------|------------|------------|------------|----------|------------|
| 1 | 10 | 20 | 5 | 4 | 8 | 10 | 4 |
| 2 | 15 | 15 | 15 | 10 | 15 | 20 | 1 |
| 3 | 10 | -20 | 5 | 4 | 8 | 10 | 2 |
| 4 | -25 | 25 | 5 | 10 | 15 | 20 | 3 |
| 5 | 3 | 4 | 5 | 20 | 30 | 40 | 2,8 |
| 6 | -5 | -5 | 2 | 10 | 15 | 20 | 1 |
| 7 | 200 | 300 | -100 | 15 | 20 | 25 | 4,6 |
| 8 | 300 | 400 | 50 | 2 | 3 | 4 | 27 |
| 9 | -100 | 200 | -100 | 12 | 14 | 20 | 2 |
| 10 | 50 | -50 | 50 | 5 | 7 | 10 | 16 |
| 11 | 20 | 20 | -20 | 10 | 15 | 20 | 1 |
| 12 | 5 | -5 | 5 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| 13 | 10 | 10 | 20 | 12 | 14 | 16 | 9 |
| 14 | -2 | -3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2,5 |
| 15 | 150 | 150 | 100 | 10 | 10 | 12 | 27 |

3.1.2. В вершинах квадрата со стороной a находятся четыре заряда (рис. 5). Диэлектрическая проницаемость среды, в которой находятся заряды, равна ϵ . Определите: а) модуль вектора напряженности электростатического поля E_A , создаваемого этими зарядами в точке A ; б) модуль вектора силы, действующей на точечный заряд q , помещенный в точку A .

Направление всех векторов покажите на рисунке. Данные возьмите из табл. 8.

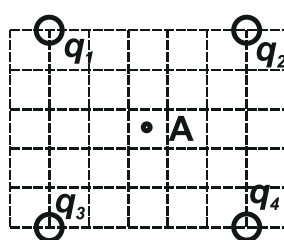


Рисунок 5

Таблица 8

Данные к задаче 3.1.2

| Вариант | q_1 , мкКл | q_2 , мкКл | q_3 , мкКл | q_4 , мкКл | q , мкКл | a , см | ϵ |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------|------------|
| 16 | 10 | 20 | 30 | -40 | 5 | 4 | 4 |
| 17 | 15 | 15 | 10 | 10 | 15 | 10 | 1 |
| 18 | 10 | -20 | 10 | 20 | 5 | 4 | 2 |
| 19 | 5 | 5 | -5 | -5 | 5 | 10 | 3 |

| Вариант | q_1 , мкКл | q_2 , мкКл | q_3 , мкКл | q_4 , мкКл | q , мкКл | a , см | ϵ |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------|------------|
| 20 | 20 | -10 | 20 | -10 | 10 | 20 | 2,8 |
| 21 | 5 | 6 | -5 | -6 | 2 | 15 | 1 |
| 22 | 40 | 40 | 40 | -40 | 20 | 20 | 4,6 |
| 23 | 20 | 30 | 40 | 20 | 15 | 5 | 27 |
| 24 | -10 | -20 | 10 | -20 | 5 | 12 | 2 |
| 25 | 60 | -40 | -60 | -40 | 20 | 25 | 16 |
| 26 | 5 | 7 | 9 | 11 | 15 | 10 | 9 |
| 27 | -5 | 7 | 9 | -11 | 15 | 5 | 2 |
| 28 | -10 | -20 | 30 | 40 | 20 | 15 | 1 |
| 29 | 20 | -30 | -40 | 20 | 5 | 20 | 2 |
| 30 | 10 | 10 | 30 | -30 | 5 | 20 | 4 |

3.2. Магнитостатика

Два прямых провода с токами I_1 и I_2 расположены параллельно друг другу на расстоянии r (рис. 6). Найдите: а) модуль и направление вектора индукции магнитного поля в точке A , удаленной на r_1 от первого и r_2 от второго провода; б) модуль и направление сил взаимодействия между этими проводами.

Данные возьмите из табл. 9. Положительный ток соответствует направлению «от нас», отрицательный – «к нам».

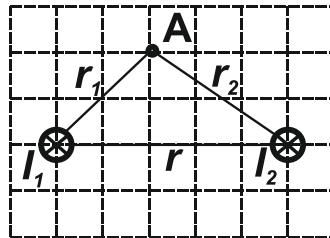


Рисунок 6

Таблица 9

Данные к задаче 3.2

| Вариант | I_1 , мА | I_2 , мА | r_1 , см | r_2 , см | r , см |
|---------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 1 | 30 | 40 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | -200 | -300 | 6 | 8 | 10 |
| 3 | 500 | 600 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | -450 | 450 | 6 | 8 | 10 |
| 5 | -50 | -50 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 100 | -200 | 6 | 8 | 10 |

| Вариант | $I_1, \text{мА}$ | $I_2, \text{мА}$ | $r_1, \text{см}$ | $r_2, \text{см}$ | $r, \text{см}$ |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| 7 | 40 | 60 | 3 | 4 | 5 |
| 8 | 800 | -800 | 6 | 8 | 10 |
| 9 | 800 | 500 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | -750 | 450 | 6 | 8 | 10 |
| 11 | 10 | 20 | 3 | 4 | 5 |
| 12 | 40 | -50 | 6 | 8 | 10 |
| 13 | -25 | 35 | 3 | 4 | 5 |
| 14 | 150 | -120 | 6 | 8 | 10 |
| 15 | 400 | 300 | 3 | 4 | 5 |
| 16 | -400 | 300 | 6 | 8 | 10 |
| 17 | 50 | -70 | 3 | 4 | 5 |
| 18 | 120 | 140 | 6 | 8 | 10 |
| 19 | -250 | -350 | 3 | 4 | 5 |
| 20 | 700 | -800 | 6 | 8 | 10 |
| 21 | -200 | -300 | 3 | 4 | 5 |
| 22 | 500 | 600 | 6 | 8 | 10 |
| 23 | -45 | 45 | 3 | 4 | 5 |
| 24 | -5 | -5 | 6 | 8 | 10 |
| 25 | 45 | -45 | 3 | 4 | 5 |
| 26 | 5 | -5 | 6 | 8 | 10 |
| 27 | 25 | 25 | 3 | 4 | 5 |
| 28 | 30 | 30 | 6 | 8 | 10 |
| 29 | 15 | 15 | 3 | 4 | 5 |
| 30 | -40 | 60 | 6 | 8 | 10 |

РГР № 4. Колебания и волны.

Уравнение гармонических колебаний

Материальная точка массой m совершает гармонические колебания по закону $x = A \cos(\omega t + \varphi)$. Запишите уравнения скорости $v(t)$, ускорения $a(t)$ и кинетической энергии точки $W(t)$. Определите: а) период колебаний T ; б) значение координаты точки в моменты времени t_1 и t_2 ; в) максимальное значение скорости точки v_{\max} ; г) максимальное значение силы, действующей на точку F_{\max} ; д) значение полной механической энергии точки. Постройте график зависимости от времени для той физической величины, которая указана в вашем варианте. Необходимые данные возьмите из табл. 10.

Данные к РГР № 4

| Вариант | A, см | ω , рад/с | φ , рад | t_1 , с | t_2 , с | График |
|---------|-------|------------------|-----------------|-----------|-----------|--------------|
| 1 | 2 | 2π | $\frac{\pi}{2}$ | 0 | 2 | $v(t)$ |
| 2 | 3 | π | $\frac{\pi}{4}$ | 0 | 1 | $a(t)$ |
| 3 | 4 | $1,5\pi$ | $\frac{\pi}{8}$ | 0 | 1,5 | $F(t)$ |
| 4 | 5 | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{\pi}{3}$ | 0 | 2,5 | $W_{кин}(t)$ |
| 5 | 10 | 3π | $\frac{\pi}{6}$ | 0 | 0,5 | $W_{пот}(t)$ |
| 6 | 15 | 4π | $\frac{\pi}{2}$ | 0 | 3 | $x(t)$ |
| 7 | 20 | 2π | $\frac{\pi}{4}$ | 0 | 2 | $v(t)$ |
| 8 | 25 | π | $\frac{\pi}{8}$ | 0 | 1 | $a(t)$ |
| 9 | 30 | $1,5\pi$ | $\frac{\pi}{3}$ | 0 | 1,5 | $F(t)$ |
| 10 | 35 | $\frac{\pi}{2}$ | π | 0 | 2,5 | $W_{кин}(t)$ |
| 11 | 40 | 3π | $\frac{\pi}{2}$ | 0 | 0,5 | $W_{пот}(t)$ |
| 12 | 45 | 4π | $\frac{\pi}{4}$ | 0 | 3 | $x(t)$ |
| 13 | 50 | $2,5\pi$ | $\frac{\pi}{8}$ | 0 | 2 | $v(t)$ |
| 14 | 2 | 2π | $\frac{\pi}{3}$ | 0 | 1 | $a(t)$ |
| 15 | 3 | π | $\frac{\pi}{6}$ | 0 | 1,5 | $F(t)$ |
| 16 | 4 | $1,5\pi$ | $\frac{\pi}{2}$ | 0 | 2,5 | $W_{кин}(t)$ |
| 17 | 5 | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{\pi}{4}$ | 0 | 0,5 | $W_{пот}(t)$ |
| 18 | 10 | 3π | $\frac{\pi}{8}$ | 0 | 3 | $x(t)$ |
| 19 | 15 | 4π | $\frac{\pi}{3}$ | 0 | 2 | $v(t)$ |
| 20 | 20 | $2,5\pi$ | π | 0 | 1 | $a(t)$ |

| Вариант | A, см | ω , рад/с | φ , рад | t_1 , с | t_2 , с | График |
|---------|-------|------------------|-----------------|-----------|-----------|---------------------|
| 21 | 25 | 2π | $\frac{\pi}{6}$ | 0 | 1,5 | $F(t)$ |
| 22 | 30 | π | $\frac{\pi}{2}$ | 0 | 2,5 | $W_{\text{кин}}(t)$ |
| 23 | 35 | $1,5\pi$ | $\frac{\pi}{4}$ | 0 | 0,5 | $W_{\text{пот}}(t)$ |
| 24 | 40 | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{\pi}{8}$ | 0 | 3 | $x(t)$ |
| 25 | 45 | 3π | $\frac{\pi}{3}$ | 0 | 2 | $v(t)$ |
| 26 | 50 | 4π | π | 0 | 1 | $a(t)$ |
| 27 | 2 | $2,5\pi$ | $\frac{\pi}{6}$ | 0 | 1,5 | $F(t)$ |
| 28 | 3 | 2π | $\frac{\pi}{2}$ | 0 | 2,5 | $W_{\text{кин}}(t)$ |
| 29 | 4 | π | $\frac{\pi}{4}$ | 0 | 0,5 | $W_{\text{пот}}(t)$ |
| 30 | 5 | $1,5\pi$ | $\frac{\pi}{8}$ | 0 | 3 | $x(t)$ |

РГР № 5. Термодинамика и статистическая физика

В табл. 11 приведены рисунки, на которых показан замкнутый термодинамический цикл для идеального газа.

1. Из табл. 11 выберите рисунок. Перерисуйте его. Из табл. 12 возьмите масштаб осей, значения давления и объема для одной клетки. Там же найдите остальные необходимые параметры.

2. Перестройте график в других осях координат (p, T) и (V, T) с указанием значений газовых параметров.

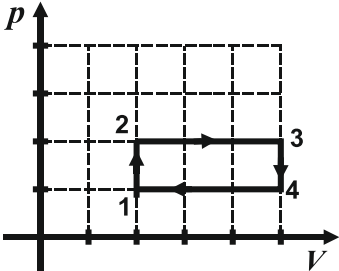
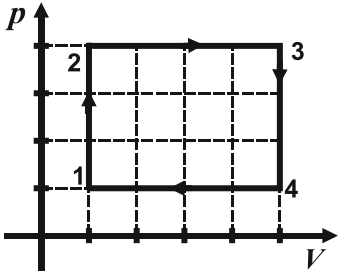
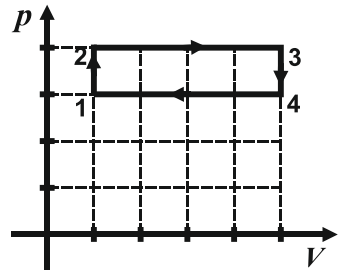
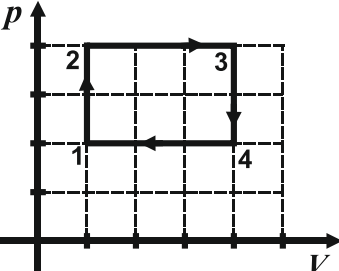
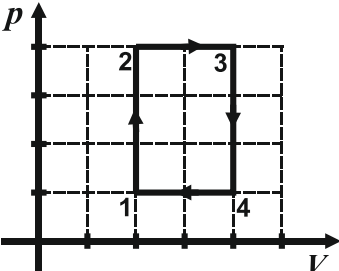
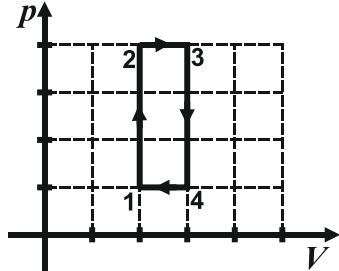
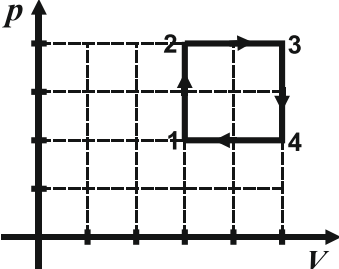
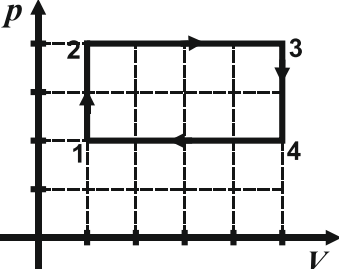
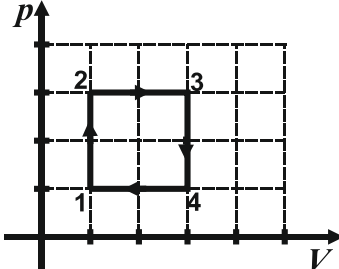
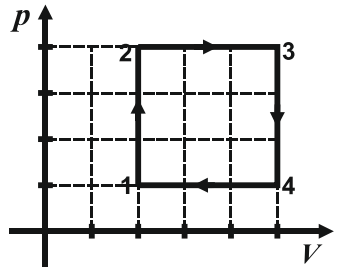
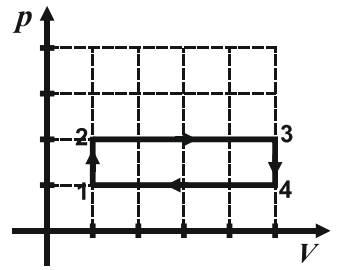
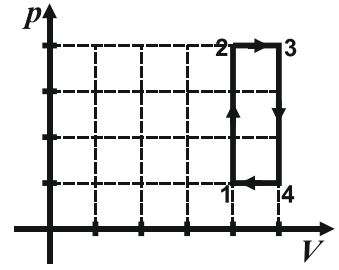
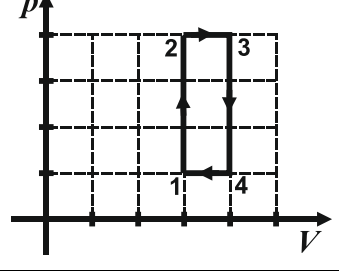
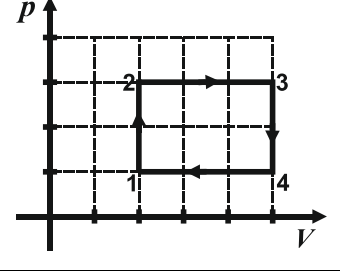
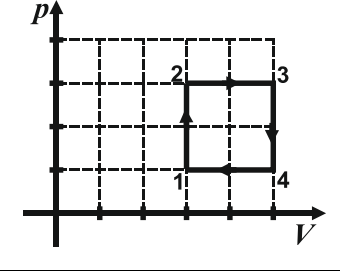
3. Рассчитайте Q , ΔU и A на всех участках. Определите количество теплоты Q_n , полученное от нагревателя, и Q_x , отданное в окружающую среду. Найдите работу за весь цикл.

4. Определите КПД цикла.

5. Найдите изменение энтропии (четные номера вариантов для участка 1–2, нечетные номера для участка 3–4).

6. Рассчитайте среднюю арифметическую и наиболее вероятную скорости для соответствующей точки (см. табл. 12).

Графики к РГР № 5

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |
| 7 | 8 | 9 |
|  |  |  |
| 10 | 11 | 12 |
|  |  |  |
| 13 | 14 | 15 |
|  |  |  |

| | | |
|--|--|--|
| <p style="text-align: center;">16</p> | <p style="text-align: center;">17</p> | <p style="text-align: center;">18</p> |
| <p style="text-align: center;">19</p> | <p style="text-align: center;">20</p> | <p style="text-align: center;">21</p> |
| <p style="text-align: center;">22</p> | <p style="text-align: center;">23</p> | <p style="text-align: center;">24</p> |
| <p style="text-align: center;">25</p> | <p style="text-align: center;">26</p> | <p style="text-align: center;">27</p> |
| <p style="text-align: center;">28</p> | <p style="text-align: center;">29</p> | <p style="text-align: center;">30</p> |

Данные к РГР № 5

| Вариант | Номер графика | Газ | Масса, г | Масштаб ρ , кПа | Масштаб V , л | Точка для расчета скорости |
|---------|---------------|------------------|----------|----------------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | 1 | N ₂ | 200 | 100 | 4 | 1 |
| 2 | 2 | O ₂ | 50 | 50 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | He | 100 | 200 | 10 | 3 |
| 4 | 4 | CO ₂ | 300 | 100 | 20 | 4 |
| 5 | 5 | H ₂ | 20 | 50 | 5 | 1 |
| 6 | 6 | H ₂ O | 80 | 400 | 1 | 2 |
| 7 | 7 | Ar | 300 | 50 | 4 | 3 |
| 8 | 8 | N ₂ | 20 | 200 | 2 | 4 |
| 9 | 9 | O ₂ | 80 | 300 | 10 | 1 |
| 10 | 10 | Cl ₂ | 200 | 400 | 20 | 2 |
| 11 | 11 | H ₂ O | 50 | 100 | 5 | 3 |
| 12 | 12 | CO ₂ | 100 | 10 | 1 | 4 |
| 13 | 1 | O ₂ | 300 | 20 | 4 | 1 |
| 14 | 2 | CO ₂ | 20 | 50 | 2 | 2 |
| 15 | 3 | H ₂ | 80 | 100 | 10 | 3 |
| 16 | 4 | He | 200 | 200 | 20 | 4 |
| 17 | 5 | H ₂ O | 150 | 50 | 5 | 1 |
| 18 | 6 | N ₂ | 100 | 400 | 1 | 2 |
| 19 | 7 | H ₂ O | 130 | 50 | 4 | 3 |
| 20 | 8 | He | 40 | 100 | 2 | 4 |
| 21 | 9 | H ₂ | 15 | 200 | 10 | 1 |
| 22 | 10 | Cl ₂ | 150 | 40 | 1 | 2 |
| 23 | 11 | H ₂ O | 200 | 100 | 4 | 3 |
| 24 | 12 | CO ₂ | 50 | 50 | 2 | 4 |
| 25 | 1 | O ₂ | 100 | 200 | 20 | 1 |
| 26 | 2 | CO ₂ | 300 | 100 | 20 | 2 |
| 27 | 3 | H ₂ | 20 | 50 | 5 | 3 |
| 28 | 4 | He | 80 | 400 | 1 | 4 |
| 29 | 5 | H ₂ O | 40 | 50 | 4 | 1 |
| 30 | 6 | N ₂ | 15 | 100 | 5 | 2 |

РГР № 6. Квантовая, атомная и ядерная физика

6.1. Рассчитайте дефект массы Δm , энергию связи $E_{\text{св}}$ и удельную энергию связи $E_{\text{св}}/A$ атомного ядра для соответствующего изотопа (табл. 13). Ответы выразите в а.е.м. и МэВ. Необходимые данные возьмите из приложения 2.

Данные к задаче 6.1

| Вариант | Изотоп | Вариант | Изотоп | Вариант | Изотоп |
|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|
| 1 | ${}^4_2\text{He}$ | 11 | ${}^{17}_8\text{O}$ | 21 | ${}^{11}_5\text{B}$ |
| 2 | ${}^{235}_{92}\text{U}$ | 12 | ${}^{210}_{84}\text{Po}$ | 22 | ${}^{234}_{90}\text{Th}$ |
| 3 | ${}^{12}_6\text{C}$ | 13 | ${}^{23}_{12}\text{Mg}$ | 23 | ${}^6_3\text{Li}$ |
| 4 | ${}^{244}_{94}\text{Pu}$ | 14 | ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ | 24 | ${}^{197}_{79}\text{Au}$ |
| 5 | ${}^9_4\text{Be}$ | 15 | ${}^{30}_{13}\text{Al}$ | 25 | ${}^{22}_{11}\text{Na}$ |
| 6 | ${}^{239}_{93}\text{Np}$ | 16 | ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ | 26 | ${}^{229}_{91}\text{Pa}$ |
| 7 | ${}^{14}_7\text{N}$ | 17 | ${}^{31}_{14}\text{Si}$ | 27 | ${}^{99}_{42}\text{Mo}$ |
| 8 | ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ | 18 | ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ | 28 | ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ |
| 9 | ${}^{14}_6\text{C}$ | 19 | ${}^{41}_{19}\text{K}$ | 29 | ${}^{44}_{20}\text{Ca}$ |
| 10 | ${}^{238}_{92}\text{U}$ | 20 | ${}^{221}_{87}\text{Fr}$ | 30 | ${}^{31}_{15}\text{P}$ |

6.2. Поверхность металлического катода облучается электромагнитным излучением с длиной волны λ . Определите красную границу для данного металла, максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов и задерживающее напряжение. Необходимые данные возьмите из табл. 14.

Таблица 14

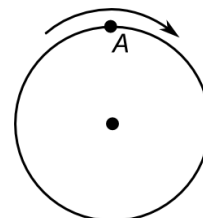
Данные к задаче 6.2

| Вариант | Работа выхода | Длина волны λ , нм | Вариант | Работа выхода | Длина волны λ , нм |
|---------|---------------|----------------------------|---------|---------------|----------------------------|
| 1 | Вольфрам | 450 | 16 | Вольфрам | 750 |
| 2 | Калий | 500 | 17 | Калий | 700 |
| 3 | Кальций | 550 | 18 | Кальций | 650 |
| 4 | Кобальт | 600 | 19 | Кобальт | 480 |
| 5 | Литий | 650 | 20 | Литий | 530 |
| 6 | Медь | 700 | 21 | Медь | 660 |
| 7 | Натрий | 750 | 22 | Натрий | 450 |
| 8 | Платина | 400 | 23 | Платина | 580 |
| 9 | Серебро | 450 | 24 | Серебро | 710 |
| 10 | Титан | 500 | 25 | Титан | 620 |
| 11 | Хром | 550 | 26 | Хром | 700 |
| 12 | Цезий | 600 | 27 | Цезий | 510 |
| 13 | Цинк | 650 | 28 | Цинк | 400 |
| 14 | Молибден | 700 | 29 | Молибден | 570 |
| 15 | Стронций | 750 | 30 | Стронций | 440 |

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

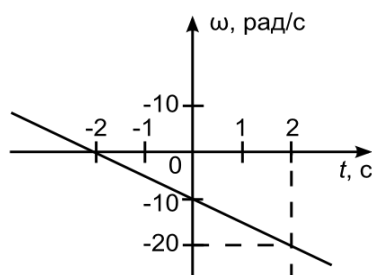
Механика

1. Материальная точка совершает ускоренное вращательное движение (см. рисунок). В некоторый момент времени материальная точка находится в положении A . Определите направления следующих векторов в этот момент: а) линейная скорость; б) угловая скорость; в) тангенциальное ускорение; г) нормальное ускорение; д) угловое ускорение. Укажите соответствующую цифру направления:



1) влево; 2) вверх; 3) вправо; 4) вниз; 5) к нам; 6) от нас.

2. Точка вращается вокруг неподвижной оси на расстоянии $R = 20$ см от нее. Зависимость угловой скорости от времени показана на рисунке. Найдите тангенциальное ускорение точки в момент времени $t = 2$ с.



3. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = 3t\vec{i} + 2t^2\vec{j} - 6\vec{k}$. Найдите проекцию скорости точки на ось Y через $t = 2$ с после начала движения.

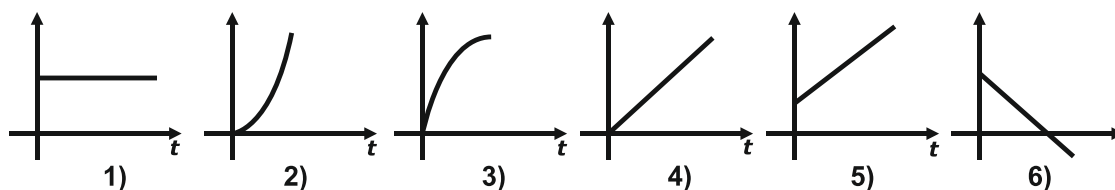
4. Материальная точка движется вдоль оси OX по уравнению $x = 3 - 2t + 3t^2$. Тангенциальное ускорение точки в момент времени $t = 2$ с будет равно...

1) 2 м/с^2 ; 2) 4 м/с^2 ; 3) 6 м/с^2 ; 4) 12 м/с^2 .

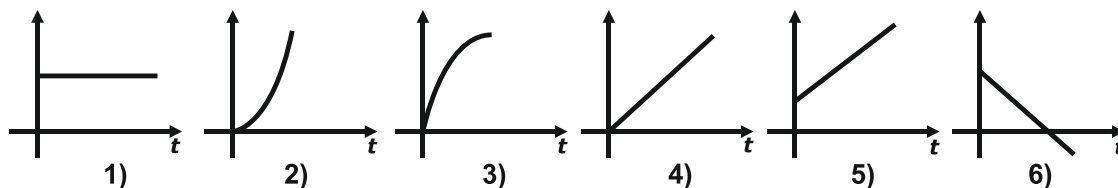
5. Некоторое тело бросают вертикально вверх с начальной скоростью, равной 20 м/с . Максимальная высота, на которую поднимется тело, будет равна...

1) 5 м; 2) 10 м; 3) 20 м; 4) 45 м.

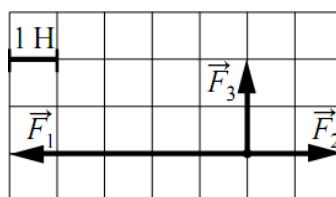
6. Момент импульса тела относительно неподвижной оси меняется по закону $L = 3t^2$. На каком рисунке верно показана зависимость момента сил, действующих на тело?



7. Угловая скорость тела относительно неподвижной оси меняется по закону $\omega = 4t$. На каком рисунке верно показана зависимость момента сил, действующих на тело?



8. На рисунке показаны силы, действующие на материальную точку. Модуль равнодействующей силы будет равен...



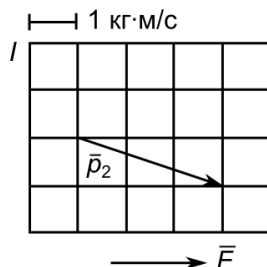
- 1) 6 Н; 2) $\sqrt{13}$ Н; 3) $2\sqrt{5}$ Н; 4) $3\sqrt{2}$ Н.

9. Тело массой 5 кг поднимают вертикально вверх с помощью привязанного к нему тонкого нерастяжимого троса. Тело поднимается с ускорением 10 м/с^2 . Сила натяжения троса будет равна...

- 1) 50 Н; 2) 750 Н; 3) 0 Н; 4) 25 Н.

10. На частицу действует сила, вектор которой определяется выражением $\vec{F} = 2\vec{i} - 5\vec{j}$. Найдите работу, совершенную этой силой при перемещении частицы из точки с координатами (0;0) в точку с координатами (0;4).

11. На тело, которое двигалось с импульсом p_1 , 0,01 с действовала постоянная сила 300 Н. Импульс тела стал равным p_2 (см. рисунок). Найдите величину начального импульса p_1 .



12. В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полета искусственного спутника над Землей уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились а) скорость; б) кинетическая энергия; в) период обращения спутника?

- 1) увеличились; 2) уменьшились; 3) не изменились.

13. Если от поверхности Земли подняться на высоту, равную радиусу Земли, ускорение свободного падения...

- 1) увеличится в 2 раза; 2) уменьшится в 2 раза;
- 3) увеличится в 4 раза; 4) уменьшится в 4 раза; 5) не изменится.

14. Два тела одинаковой массы двигались к стене с одинаковыми скоростями и при ударе остановились. Первое тело скользило, а второе катилось. Больше количество теплоты выделилось при ударе...

- 1) первого тела; 2) второго тела; 3) в обоих случаях одинаковое.

Электродинамика

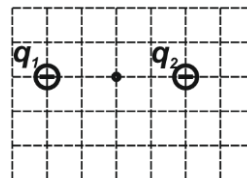
15. Расстояние между двумя точечными зарядами увеличили в три раза. Сила кулоновского взаимодействия между зарядами...

- 1) увеличилась в 3 раза; 2) уменьшилась в 3 раза;
- 3) увеличилась в 9 раз; 4) уменьшилась в 9 раз.

16. В однородном электрическом поле напряженностью 200 В/м движется точечный заряд 5 мкКл, масса которого 1 г. Ускорение заряда равно...

- 1) 0,01 м/с²; 2) 0,1 м/с²; 3) 1 м/с²; 4) 10 м/с².

17. Два отрицательных заряда $|q_1| > |q_2|$ расположены, как показано на рисунке. Вектор напряженности в точке A , находящейся посередине между этими зарядами, будет направлен...



- 1) вверх; 2) вниз; 3) влево;
- 4) вправо; 5) вектор равен нулю.

18. Плоский конденсатор зарядили и отключили от источника напряжения. После этого расстояние между обкладками конденсатора уменьшили в 2 раза. При этом энергия конденсатора...

- 1) увеличилась в 2 раза; 2) увеличилась в 4 раза;
- 3) уменьшилась в 2 раза; 4) уменьшилась в 4 раза.

19. Металлический провод с сопротивлением R разрезали на три одинаковых части и соединили эти части параллельно. Сопротивление получившегося элемента будет равно...

- 1) R ; 2) $3R$; 3) $\frac{R}{3}$; 4) $9R$; 5) $\frac{R}{9}$.

20. Сила тока в проводнике за $t = 10$ с равномерно возрастает от 0 до 5 А. Через сечение этого проводника успеет пройти заряд, равный...

- 1) 5 Кл; 2) 25 Кл; 3) 50 Кл; 4) 0,5 Кл.

21. Плотность тока при увеличении напряженности электрического поля в проводнике в 2 раза...

- 1) увеличится в 2 раза; 2) увеличится в $\sqrt{2}$ раз;
3) не изменится; 4) увеличится в 4 раза.

22. Два резистора с сопротивлениями $R_1 = 5$ Ом и $R_2 = 7$ Ом включены в электрическую цепь последовательно. Отношение количества теплоты Q_1/Q_2 , выделившееся в этих резисторах за одинаковое время, будет равно...

- 1) $\frac{5}{7}$; 2) $\frac{7}{5}$; 3) $\frac{25}{49}$; 4) $\frac{49}{25}$.

23. Два резистора с сопротивлениями $R_1 = 5$ Ом и $R_2 = 7$ Ом включены в электрическую цепь параллельно. Отношение количества теплоты Q_1/Q_2 , выделившееся в этих резисторах за одинаковое время, будет равно...

- 1) $\frac{5}{7}$; 2) $\frac{7}{5}$; 3) $\frac{25}{49}$; 4) $\frac{49}{25}$.

24. Два параллельных провода с токами $I_1 = I_2$ расположены так, как показано на рисунке. Вектор индукции магнитного поля, созданного этими проводниками, в точке M , находящейся посередине между проводами, направлен...



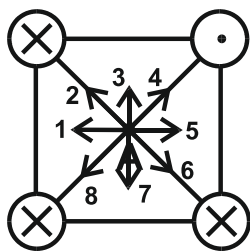
- 1) вверх; 2) вниз; 3) к нам; 4) от нас; 5) вектор равен нулю.

25. Два параллельных провода с токами $I_1 > I_2$ расположены так, как показано на рисунке. Вектор индукции магнитного поля, созданного этими проводниками, в точке M , находящейся посередине между проводами, направлен...



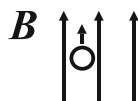
- 1) вверх; 2) вниз; 3) к нам; 4) от нас; 5) вектор равен нулю.

26. На рисунке изображены сечения четырех параллельных прямолинейных длинных проводников, расположенных в вершинах квадрата. Укажите направление вектора магнитной индукции поля, созданного этими проводниками в точке A (центр квадрата). Токи в проводниках одинаковы.



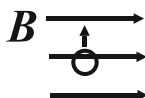
- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5; 6) 6; 7) 7; 8) 8.

27. Сила Лоренца, действующая на положительно заряженную частицу, направлена...



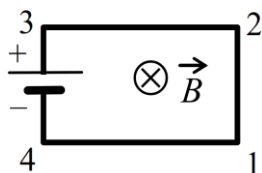
- 1) влево; 2) вправо; 3) к нам; 4) от нас; 5) сила равна нулю.

28. Сила Лоренца, действующая на отрицательно заряженную частицу, направлена...



- 1) вниз; 2) вправо; 3) к нам; 4) от нас; 5) сила равна нулю.

29. Электрическая цепь находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого направлен вертикально вниз (см. рисунок). Сила Ампера, действующая на проводник 1–2, направлена...



- 1) вверх; 2) вниз; 3) влево; 4) вправо; 5) к нам; 6) от нас.

30. Частица массой m , несущая заряд q , влетает со скоростью V в однородное магнитное поле с индукцией B и движется по окружности радиусом R . Что произойдет с радиусом орбиты и периодом обращения частицы при уменьшении скорости ее движения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

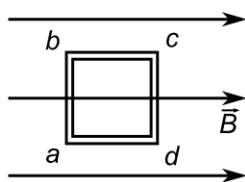
- 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

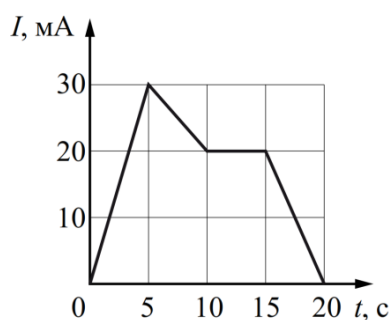
| Радиус орбиты | Период обращения |
|---------------|------------------|
| | |

31. В однородное магнитное поле поместили замкнутый проводящий контур (см. рисунок). Индукционный ток возникнет в этом контуре, если его будут...



- 1) двигать вдоль магнитных линий; 2) двигать поперек магнитных линий;
3) поворачивать вокруг стороны ab ; 4) поворачивать вокруг стороны bc .

32. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите ЭДС самоиндукции на каждом участке времени.



33. Магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур, равен 5 Вб при силе тока в 0,1 А. Индуктивность контура будет равна...

- 1) 0,5 Гн; 2) 50 Гн; 3) 0,02 Гн; 4) 5 Гн.

Колебания и волны

34. Уравнение колебаний точки имеет вид $x = 6 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$. Период колебаний точки будет равен...

- 1) 1 с; 2) 2 с; 3) 2π с; 4) $4\pi^2$ с.

35. Уравнение колебаний точки имеет вид $x = 0,2 \cos\left(5t + \frac{\pi}{3}\right)$. Максимальное значение скорости точки будет равно...

- 1) 0,2 м/с; 2) 1 м/с; 3) 25 м/с; 4) 5 м/с.

36. Массу груза, закрепленного на математическом маятнике, увеличили в 3 раза. Период колебаний данного маятника...

- 1) не изменится; 2) увеличится в 3 раза; 3) уменьшится в 3 раза;
4) увеличится в $\sqrt{3}$ раз; 5) уменьшится в $\sqrt{3}$ раз.

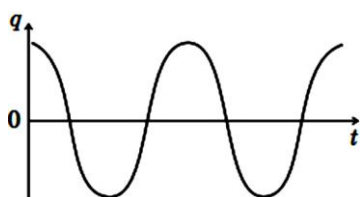
37. Массу груза, подвешенного к пружине, увеличили в 2 раза. Период колебаний данного пружинного маятника...

- 1) не изменится; 2) увеличится в 2 раза; 3) уменьшится в 2 раза;
4) увеличится в $\sqrt{2}$ раз; 5) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз.

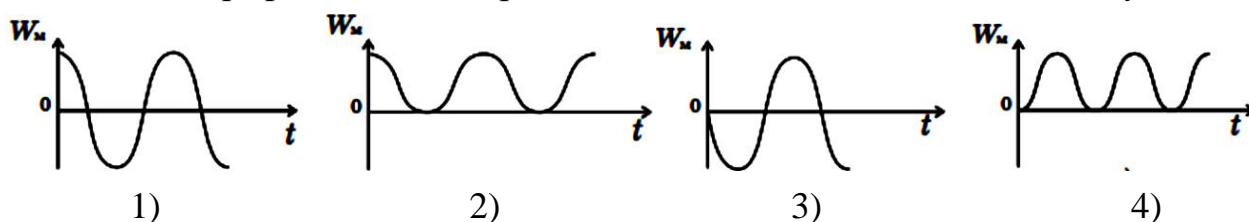
38. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности с $L = 16$ Гн и конденсатора с электроемкостью $C = 10$ нФ. Циклическая частота электромагнитных колебаний в контуре будет равна...

- 1) 4000 рад/с; 2) 2500 рад/с; 3) 8π рад/с; 4) $160 \cdot 10^{-9}$ рад/с.

39. На рисунке приведен график зависимости заряда на обкладках конденсатора колебательного контура от времени.



На каком графике показан процесс изменения магнитного поля катушки?



40. За 1 минуту волна пробегает 30 м, длина волны – 20 см. Частота колебаний частиц в волне будет равна...

- 1) 4 Гц; 2) 40 Гц; 3) 25 Гц; 4) 2,5 Гц.

41. Плоская волна описывается уравнением $\xi(x, t) = 0,5 \cos(628t - 2x)$. Период колебаний точек волны будет равен...

- 1) 0,5 с; 2) 628 с; 3) $\frac{1}{628}$ с; 4) 0,01 с.

42. Радиопередатчик вещает на частоте 5 ГГц. Длина радиоволны будет равна...

- 1) 5 м; 2) 5 см; 3) 6 см; 4) 6 мм.

43. При настройке контура радиопередатчика его электроемкость уменьшили. Как при этом изменятся: а) период колебаний тока в контуре; б) частота излучаемых волн; в) длина волны излучения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

44. Электромагнитная волна распространяется в некоторой среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 9$ и магнитной проницаемостью $\mu = 1$. Скорость распространения волны в этой среде будет равна...

- 1) $3 \cdot 10^8$ м/с; 2) $2 \cdot 10^8$ м/с; 3) $1,5 \cdot 10^8$ м/с; 4) 10^8 м/с.

45. С момента испускания радаром электромагнитной волны и до момента приема радаром отраженной от наблюдаемого объекта волны прошло 20 мкс. Расстояние до объекта будет равно...

- 1) 20 км; 2) 10 км; 3) 6 км; 4) 60 км.

Молекулярная физика и термодинамика

46. Какова молярная масса серной кислоты (H_2SO_4)?

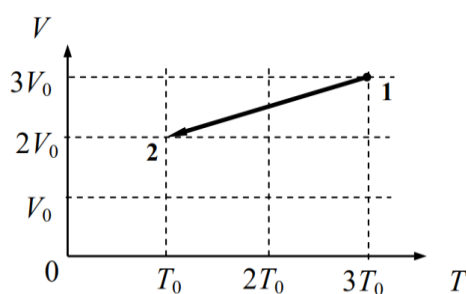
47. Сколько атомов содержит 1 г полония?

48. Какова масса молекулы азота (N_2)?

49. Давление неизменного количества идеального газа уменьшилось в 2 раза, а температура увеличилась в 2 раза. При этом объем газа...

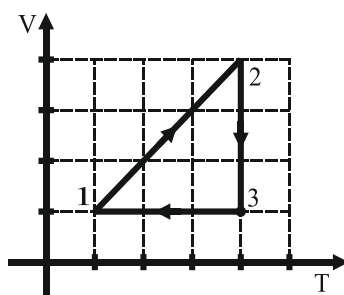
- 1) увеличился в 4 раза; 2) уменьшился в 4 раза; 3) увеличился в 2 раза; 4) уменьшился в 2 раза; 5) не изменился.

50. На рисунке показан график процесса, проведенного над идеальным газом постоянной массы. Отношение давлений $\frac{p_2}{p_1}$ будет равно...



- 1) 0,5; 2) 2; 3) 4,5; 4) 0,67.

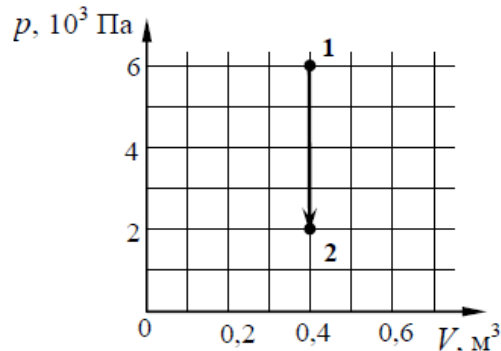
51. На рисунке показан график процесса, проведенного с идеальным газом, в координатах (V, T) . Перестройте этот график в координатах (p, V) и (p, T) .



52. Средние квадратичные скорости молекул азота (N_2) и гелия (He), находящихся при одинаковой температуре, отличаются...

- 1) в 4 раза; 2) в 2 раза; 3) в 7 раз; 4) в $\sqrt{7}$ раз; 5) в $\sqrt{14}$ раз.

53. Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза. Воздух перешел из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт не плотно, сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение N_2/N_1 количества молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



- 1) $\frac{1}{3}$; 2) $\frac{2}{3}$; 3) $\frac{3}{2}$; 4) $\frac{4}{3}$; 5) 3.

54. На какой высоте давление воздуха будет в 2 раза меньше, чем на поверхности Земли? Выберите верную формулу (M – молярная масса).

- 1) $\frac{2RT}{Mg}$; 2) $\frac{\ln 2RT}{Mg}$; 3) $\frac{\ln 2kT}{Mg}$; 4) $\frac{0,1 \ln 5RT}{Mg}$; 5) $\frac{\ln 0,5kT}{Mg}$.

55. При неизменной температуре давление газа увеличилось в 2 раза. При этом средняя длина свободного пробега молекул газа...

- 1) увеличилась в 2 раза; 2) уменьшилась в 2 раза;
3) увеличилась в $\sqrt{2}$ раз; 4) уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз.

56. Явление теплопроводности возникает при наличии...

- 1) градиента концентрации; 2) градиента массы;
3) градиента температуры; 4) градиента скорости слоев жидкости.

57. Явление вязкости (внутреннего трения) возникает при наличии...

- 1) градиента концентрации; 2) градиента массы;
3) градиента температуры; 4) градиента скорости слоев жидкости.

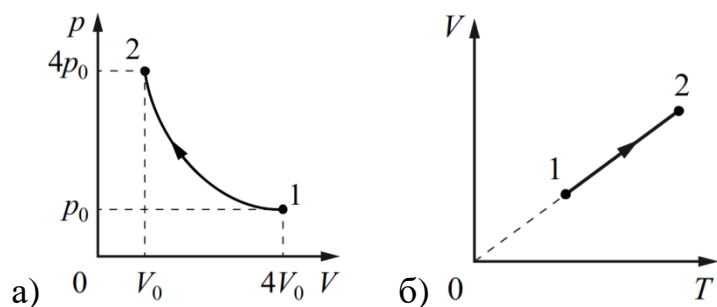
58. Внутренняя энергия термодинамической системы уменьшилась на 40 кДж, при этом система совершила работу против внешних сил 35 кДж и...

- 1) получила 75 кДж; 2) отдала 5 кДж; 3) отдала 40 кДж;
4) получила 15 кДж; 5) получила 5 кДж; 6) отдала 75 кДж.

59. Газ сжали, совершив работу 38 Дж, и сообщили ему количество теплоты 238 Дж. Внутренняя энергия газа...

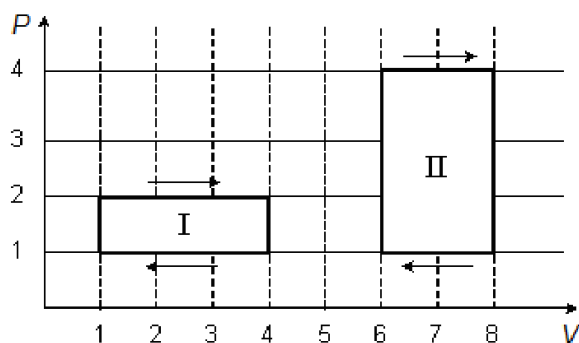
- 1) увеличилась на 200 Дж; 2) уменьшилась на 200 Дж;
- 3) уменьшилась на 276 Дж; 4) увеличилась на 276 Дж.

60. Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль идеального газа, и значениями физических величин, характеризующих эти процессы (ΔU – изменение внутренней энергии газа, A – работа газа).



- 1) $\Delta U = 0, A > 0$; 2) $\Delta U > 0, A > 0$;
- 3) $\Delta U > 0, A = 0$; 4) $\Delta U = 0, A < 0$.

61. На графике в координатах (p, V) изображены два циклических процесса. Найдите отношение работ, совершенных в этих циклах.



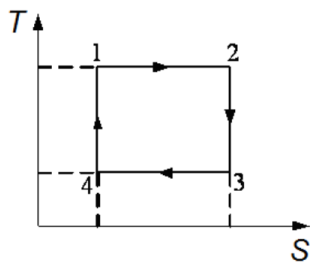
- 1) $\frac{1}{2}$; 2) $-\frac{1}{2}$; 3) 2; 4) -2; 5) $\frac{1}{4}$; 6) $-\frac{1}{4}$; 7) 4; 8) -4.

62. Какие соотношения справедливы для адиабатного сжатия идеального газа (ΔU – изменение внутренней энергии, A – работа газа, Q – количество теплоты, сообщенное газу)?

- 1) $Q = 0, A < 0, \Delta U > 0$; 2) $Q = 0, A > 0, \Delta U < 0$;
- 3) $Q > 0, A > 0, \Delta U = 0$; 4) $Q < 0, A < 0, \Delta U = 0$.

63. В результате циклического процесса газом совершена работа 100 Дж, при этом холодильнику было передано количество теплоты 400 Дж. Определите КПД цикла.

64. На рисунке изображен цикл Карно в координатах (T, S) , где S – энтропия.



На каком участке происходит: а) изотермическое расширение; б) изотермическое сжатие; в) адиабатное расширение; г) адиабатное сжатие газа?

Оптика

65. При переходе световой волны из вакуума в некоторую среду с показателем преломления $n = 2$ скорость света...

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

66. Луч света имеет частоту $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Каким будет цвет луча: а) в воздухе; б) в среде с показателем преломления 1,25?

- 1) зеленым и фиолетовым; 2) зеленым и красным;
- 3) зеленым и зеленым; 4) оранжевым и оранжевым.

67. Абсолютные показатели преломления воды и стекла равны 1,2 и 1,5 соответственно. Луч света переходит из воды в стекло. Предельный угол полного внутреннего отражения будет равен...

- 1) 53° ; 2) 60° ; 3) 37° ; 4) 39° .

68. Если человеку удобнее всего читать текст с расстояния 20 см, то ему нужны очки с оптической силой...

- 1) +1 дптр; 2) -1 дптр; 3) 5 дптр; 4) -5 дптр; 5) 0,2 дптр.

69. Оптическая сила двояковыпуклой стеклянной линзы с радиусами кривизны поверхностей $R_1 = R_2 = 20$ см будет равна...

- 1) 0,2 дптр; 2) 0,5 дптр; 3) 15 дптр; 4) 5 дптр; 5) 2,5 дптр.

70. Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы между фокусным и двойным фокусным расстоянием от нее. Предмет начинают приближать к фокусу линзы. При этом размер изображения и оптической силы линзы...

- 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

71. Оптическая разность хода лучей в некоторой точке равна 1,2 мкм. Длина волны используемого света равна 480 нм. В данной точке будет наблюдаться...

- 1) максимум порядка 2; 2) максимум порядка 2,5;
- 3) минимум порядка 2; 4) минимум порядка 2,5.

72. Радиус третьего светлого кольца Ньютона в проходящем свете для света с длиной волны 300 нм при радиусе кривизны линзы 10 м будет равен...

- 1) 2,7 мм; 2) 3 мм; 3) 3,3 мм; 4) 3 см.

73. Дифракционный максимум третьего порядка на решетке с периодом 3 мкм наблюдается под углом 30° . Длина волны используемого излучения равна...

- 1) 5 мкм; 2) 3 мкм; 3) 0,5 мкм; 4) 9 мкм; 5) 0,9 мкм.

74. Наибольший порядок спектра, полученный от дифракционной решетки с периодом 3 мкм при освещении ее светом с длиной волны 600 нм, будет равен...

- 1) 4; 2) 5; 3) 8; 4) 9; 5) 10.

75. При падении светового луча из воздуха на некоторый диэлектрик отраженный луч полностью линейно поляризован при угле падения 30° . Показатель преломления диэлектрика равен...

- 1) 0,5; 2) 2; 3) $\sqrt{3}$; 4) $\sqrt{2}$; 5) $\frac{\sqrt{3}}{3}$.

76. Угол между плоскостями пропускания двух поляризаторов равен 45° . Интенсивность естественного света, прошедшего через оба поляризатора, уменьшится...

- 1) в 2 раза; 2) в $\sqrt{2}$ раз; 3) в $\frac{\sqrt{2}}{2}$ раз; 4) в 4 раза.

77. Явление зависимости показателя преломления вещества от длины волны света называется...

- 1) интерференцией; 2) поляризацией; 3) дисперсией; 4) дифракцией.

Квантовая, атомная и ядерная физика

78. Энергетическая светимость абсолютно черного тела увеличилась в 4 раза. Его температура при этом увеличилась...

- 1) в 2 раза; 2) в $\sqrt{2}$ раз; 3) в 4 раза; 4) в 16 раз; 5) в 256 раз.

79. Если температура абсолютно черного тела увеличится в 3 раза, то длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости,...

- 1) увеличится в 3 раза; 2) увеличится в 9 раз; 3) увеличится в 27 раз;
- 4) уменьшится в 3 раза; 5) уменьшится в 9 раз; 6) уменьшится в 27 раз.

80. Металлическую пластину освещали монохроматическим светом одинаковой интенсивности: сначала красным, потом зеленым, затем синим. Максимальная кинетическая энергия вылетающих фотоэлектронов была наибольшей...

- 1) в случае красного света; 2) в случае зеленого света;
- 3) в случае синего света; 4) во всех случаях одинаковая.

81. Отношение энергии кванта с длиной волны 700 нм к энергии кванта с длиной волны 350 нм будет равно...

- 1) 0,5; 2) 2; 3) 4; 4) 0,25.

82. Длины волн двух фотонов соотносятся как $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2$. Отношение импуль-

сов этих фотонов $\frac{p_1}{p_2}$ будет равно...

- 1) 0,5; 2) 2; 3) 4; 4) 0,25.

83. Фотоны с энергией 4 эВ попадают на поверхность металла. Работа выхода электронов из металла равна 4,3 эВ. Максимальная кинетическая энергия выбитых электронов будет равна...

- 1) 0,3 эВ; 2) 8,3 эВ; 3) 0; 4) -0,3 эВ.

84. Протон и α -частица имеют одинаковые скорости. Отношение длин волн де Бройля протона и α -частицы будет равно...

- 1) 1; 2) 2; 3) 0,5; 4) 4; 5) 0,25.

85. Если увеличится длина волны падающего излучения, задерживающее напряжение...

- 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

86. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. Чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза, нужно увеличить энергию фотона на...

- 1) 0,1 эВ; 2) 0,2 эВ; 3) 0,3 эВ; 4) 0,4 эВ.

87. Монохроматический свет с частотой ν падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{\text{зап}}$. Как изменится длина волны λ падающего света, модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая красной границе фотоэффекта, если частота падающего света уменьшится? Для каждой величины определите соответствующий характер изменений:

- 1) увеличилась; 2) уменьшилась; 3) не изменилась.

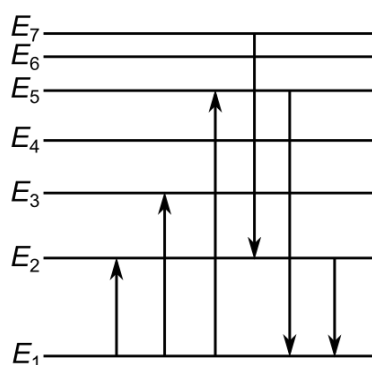
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Длина волны падающего света, λ | Модуль запирающего напряжения, $U_{\text{зап}}$ | Красная граница фотоэффекта, $\lambda_{\text{кр}}$ |
|--|---|--|
| | | |

88. Если зеркальную пластину, на которую падает свет, заменить на зачерненную той же площади, то световое давление...

- 1) увеличится в 4 раза; 2) уменьшится в 4 раза; 3) увеличится в 2 раза;
4) уменьшится в 2 раза; 5) не изменится.

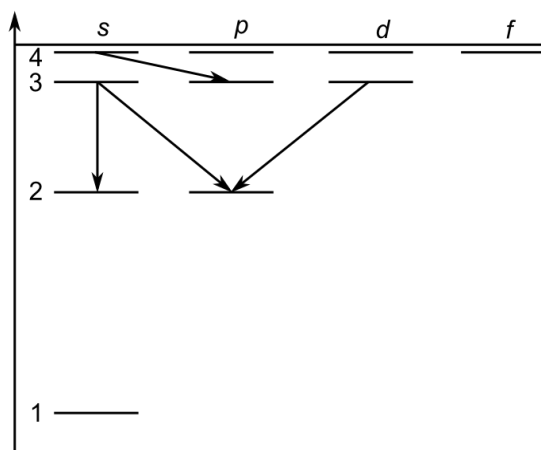
89. На рисунке изображена диаграмма энергетических уровней атома и переходов между ними (E_1 – энергия основного состояния). Какой из переходов соответствует: а) поглощению кванта наибольшей частоты; б) испусканию кванта наименьшей частоты?



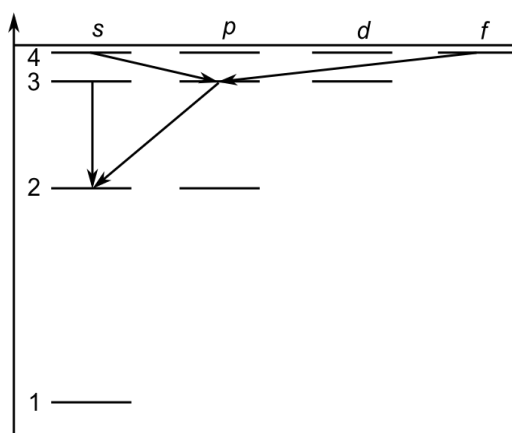
- 1) переход 1–2; 2) переход 1–3; 3) переход 1–5;
4) переход 7–2; 5) переход 5–1; 6) переход 2–1.

90. При переходах электрона в атоме с одного уровня на другой закон сохранения момента импульса накладывает определенные ограничения (правило отбора). В энергетическом спектре атома водорода (см. рисунок) запрещены переходы...

- 1) $3s - 2p$; 2) $3s - 2s$; 3) $3d - 2p$; 4) $4s - 3p$.



91. Укажите разрешенные законом сохранения момента импульса переходы в энергетических спектрах атома водорода, изображенных на рисунке.



92. В спектре излучения водорода в серии Пашена (переход на третий уровень) запрещены переходы...

- 1) $5s - 3d$; 2) $5d - 3p$; 3) $4d - 3p$; 4) $4p - 3s$.

93. Какой элемент образуется из изотопа актиния-225 в результате трех α -распадов?

94. При радиоактивном распаде изотопа свинца-209 испускается β^- -частица. В ядро какого элемента при этом превращается ядро изотопа свинца? Напишите соответствующую ядерную реакцию.

95. В какой изотоп превращается ядро радиоактивного изотопа урана-238 после двух α - и двух β -распадов?

96. Запишите ядерную реакцию, имеющую следующую компактную запись: $^{10}\text{B}(n, \alpha)\text{X}$. Запишите полученный химический элемент вместо X.

97. В результате реакции $^{25}_{12}\text{Mg} + ^1_1\text{H} \rightarrow ? + ^{22}_{11}\text{Na}$ испускается...

- 1) электрон; 2) протон; 3) нейтрон; 4) α -частица.

98. Есть 10^8 атомов радиоактивного изотопа иода-128, период полураспада которого составляет 25 минут. Какое количество ядер изотопа не распадется через 50 минут?

99. Изотоп магния-27 имеет период полураспада 10 минут. Если первоначально имелось 40 мг магния-27, то за 30 минут распадется...

- 1) 30 мг изотопа; 2) 20 мг изотопа;
- 3) 35 мг изотопа; 4) 5 мг изотопа.

100. Средняя поглощенная доза излучения сотрудником, работающим с рентгеновской установкой, равна 10 мкГр за 1 ч. Опасна ли работа сотрудника в течение 200 дней в году по 6 ч в день, если предельно допустимая доза облучения равна 50 мГр за год?

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ОБЩЕГО КУРСА ФИЗИКИ

Кинематика

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|---|---|
| $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ | Положение материальной точки | r – радиус-вектор, м |
| $\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$ | Средняя скорость | S – путь, м; км; v – скорость (линейная), м/с; км/ч |
| $v = \frac{dS}{dt}$ | Мгновенная скорость (производная от пути или координаты) | |
| $a = \frac{v - v_0}{t}$ | Среднее ускорение | a – ускорение (линейное), м/с ² |
| $a = \frac{dv}{dt}$ | Мгновенное ускорение (тангенциальное) | |
| $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a};$ $S = v_0 t + \frac{at^2}{2};$ $S = \int v dt$ | Путь при равнопеременном, равноускоренном или равнозамедленном прямолинейном движении и путь в общем виде | |
| $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ | Полное ускорение тела | a_τ – тангенциальное ускорение; a_n – нормальное ускорение |
| $\omega = \frac{\varphi}{t}$ | Средняя угловая скорость | φ – угол поворота, рад; ω – угловая скорость, рад/с |
| $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ | Мгновенная угловая скорость | |
| $\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t}$ | Среднее угловое ускорение | ε – угловое ускорение, рад/с ² |
| $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2};$ $\varphi = \varphi_0 + \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$ | Угол при равнопеременном вращательном движении | |
| $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ | Мгновенное угловое ускорение | |
| $a_\tau = \varepsilon R; \vec{a}_\tau = [\vec{\varepsilon} \vec{R}]$ | Связь между угловым и тангенциальным ускорением | В скалярной и векторной форме |
| $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$ | Нормальное (центростремительное) ускорение | |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|---|--|
| $v = \omega R$ | Связь между линейной и угловой скоростями | |
| $\omega = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi\nu R$ | Связь между угловой скоростью и периодом вращения (для равномерного движения) | T – период, с |
| $\nu = \frac{1}{T}$ | Линейная частота вращения | ν – линейная частота вращения, Гц |

Динамика

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|--|---|
| $\vec{F} = m\vec{a}$ | Второй закон Ньютона | F – сила или равнодействующая всех сил, Н |
| $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$ | Второй закон Ньютона для нескольких сил | |
| $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ | Второй закон Ньютона в импульсном виде | p – импульс, кг·м/с |
| $\vec{F} = \mu\vec{N}$ | Сила трения скольжения | μ – коэффициент трения скольжения; N – сила реакции опоры, Н |
| $\vec{p} = m\vec{v}$ | Импульс тела | |
| $J = mr^2;$ $J = \sum_i m_i r_i^2$ | Момент инерции материальной точки и системы материальных точек | J – момент инерции, кг·м ² |
| $J = \int r^2 dm$ | Момент инерции для тела с непрерывно распределенной массой | |
| $M = Fr, M = [\vec{r}\vec{F}]$ | Момент силы в скалярной и векторной форме | M – момент силы, Н·м; r – плечо силы |
| $L = m\vec{v} \cdot \vec{r} = J\omega;$ $\vec{L} = [\vec{r}\vec{p}]$ | Момент импульса тела в скалярной и векторной форме | L – момент импульса, кг·м ² /с |
| $\vec{M} = J\vec{\varepsilon}$ или $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$ | Основной закон динамики вращательного движения | |
| $J = J_0 + mz^2$ | Теорема Штейнера | J_0 – момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс; z – расстояние между осями |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|--|
| $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ | Закон всемирного тяготения (в общем виде) | r – расстояние между телами; G – гравитационная постоянная |
| $F = G \frac{m M_3}{(R_3 + h)^2}$ | Закон всемирного тяготения (для некоторого тела и Земли) | h – высота над поверхностью Земли; R_3 – радиус Земли; M_3 – масса Земли |
| $g = G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}$ | Формула ускорения свободного падения | |
| $v_1 = \sqrt{G \frac{M_3}{(R_3 + h)}}$ | Первая космическая скорость | |

Механика жидкостей

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|------------------------------------|---|
| $Sv = \text{const}$ или $S_1 v_1 = S_2 v_2 = \frac{V}{t}$ | Уравнение неразрывности | v – скорость; S – площадь сечения; V – объем жидкости |
| $\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}$ | Уравнение Бернулли | ρ – плотность жидкости; p – статическое давление; v – скорость |
| $F_A = \rho g V$ | Сила Архимеда (выталкивающая сила) | F_A – сила Архимеда, Вт |
| $F_C = 6\pi\eta r v$ | Сила Стокса | η – коэффициент вязкости |

Законы сохранения в механике

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|---|--|
| $(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots)_{\text{нач}} =$ $= (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots)_{\text{кон}} = \text{const}$ | Закон сохранения импульса | |
| $A = \vec{F} \cdot \vec{S} \cdot \cos \alpha$ или $A = \int F dS$ | Механическая работа | A – механическая работа, Дж |
| $N = \frac{dA}{dt}$ | Механическая мощность | N – механическая мощность, Вт |
| $W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$ | Кинетическая энергия поступательного движения | W_k – кинетическая энергия, Дж |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|---|--|
| $W_k = \frac{J\omega^2}{2}$ | Кинетическая энергия вращательного движения | |
| $F = -\text{grad}W_{II} = -\left(\vec{i} \frac{\partial W_{II}}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial W_{II}}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial W_{II}}{\partial z}\right)$ | Связь потенциальной энергии и силы, действующей на тело в данной точке поля | grad – градиент (производная по направлению) |
| $W_{II} = mgh$ | Потенциальная энергия в поле тяжести Земли | h – высота над поверхностью; g – ускорение свободного падения |
| $W_{II} = \frac{kx^2}{2}$ | Потенциальная энергия упруго деформированного тела (пружины) | k – жесткость пружины; x – удлинение, м |
| $L_1 + L_2 + \dots = \text{const} \Leftrightarrow J_1\omega_1 + J_2\omega_2 = \text{const}$ | Закон сохранения момента импульса | |
| $W_k + W_{II} = \text{const} \Leftrightarrow mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}$ | Закон сохранения полной механической энергии | |
| $v = u \ln \frac{m_c}{m_c - \mu t}$ | Формула Циолковского для скорости тела переменной массы | u – скорость истечения газов; m_c – стартовая масса; μ – массовый расход топлива |

Элементы специальной теории относительности

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|---------------------------------------|--|
| $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ | Релятивистское сокращение длины тела | l – длина тела в системе отсчета, относительно которой тело движется; l_0 – длина тела в системе отсчета, относительно которой тело покоится |
| $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ | Релятивистское замедление хода часов | Δt – время, измеренное в системе отсчета, относительно которой тело движется; Δt_0 – собственное время |
| $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ | Релятивистские масса и импульс | m_0 – масса покоя |
| $E_0 = m_0 c^2$ | Энергия покоя | |
| $E = m_0 c^2 + W_{\text{кин}}$ | Полная энергия релятивистской частицы | |

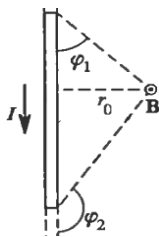
Электричество

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|---|
| $F = k \frac{q_1 q_2}{\varepsilon \cdot r^2}$ | Закон Кулона (сила электростатического взаимодействия между двумя точечными зарядами) | k – электрическая постоянная; r – расстояние между зарядами; q – заряд, Кл; ε – диэлектрическая проницаемость |
| $\vec{F} = \vec{E} \cdot q$ | Связь между вектором напряженности и электростатической силой | E – вектор напряженности электрического поля, В/м |
| $E = k \frac{Q}{\varepsilon \cdot r^2}$ | Вектор напряженности электрического поля, созданного точечным зарядом в данной точке пространства | Q – величина точечного заряда (заряд источника); r – расстояние от источника до данной точки |
| $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$ | Напряженность электростатического поля, созданная бесконечной заряженной пластиной | σ – поверхностная плотность заряда; ε_0 – электрическая постоянная |
| $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$ | Результирующий вектор напряженности от нескольких электрических полей в данной точке равен векторной сумме напряженностей (принцип суперпозиции) | |
| $E = -\text{grad}\varphi$ | Связь напряженности и потенциала электростатического поля | |
| $U = E \cdot d$ | Связь напряженности и напряжения (для однородного электростатического поля) | U – напряжение, В; d – расстояние между двумя указанными точками |
| $qU = \frac{mV^2}{2}$ | Условие для ускоряющей (замедляющей) разности потенциалов | |
| $I = \frac{dQ}{dt}; I = \frac{Q}{t}$ | Мгновенная сила тока и средняя сила тока | I – сила тока, А |
| $R = \frac{U}{I}$ | Закон Ома для участка цепи | R – сопротивление участка цепи (проводника), Ом |
| $R = \rho \frac{l}{S};$ $\gamma = \frac{1}{\rho}$ | Сопротивление прямого проводника; связь удельной проводимости и удельного сопротивления | l – длина; S – площадь сечения; ρ – удельное сопротивление; γ – удельная проводимость |
| $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ | Закон Ома в дифференциальной форме | j – плотность тока, А/м ² |
| $j = \frac{dI}{dS}$ | Плотность тока | S – площадь поперечного сечения проводника |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|---|--|
| а) $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$; б) $R = R_1 + R_2 + \dots$ | Общее сопротивление при соединении нескольких элементов цепи: а) параллельно; б) последовательно | |
| $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ | Закон Ома для полной цепи | ε – ЭДС источника тока, В; R – сопротивление внешней цепи; r – сопротивление источника тока |
| $P = UI = I^2R = U^2/R$ | Электрическая мощность | P – мощность, Вт |
| $Q = I^2Rt = IUt = \frac{U^2t}{R}$ | Закон Джоуля – Ленца (количество теплоты, выделившееся в участке цепи за время t) | |
| $w = jE = \gamma E^2$ | Закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме | w – удельная тепловая мощность |
| $C = \frac{Q}{U}$ | Электрическая емкость конденсатора | C – емкость, Ф; Q – заряд одной из обкладок конденсатора; U – напряжение между обкладками |
| $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0S}{d}$ | Емкость плоского конденсатора | |
| а) $C = C_1 + C_2 + \dots$; б) $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ | Общая емкость при соединении нескольких конденсаторов: а) параллельно; б) последовательно | |
| $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{QU}{2}$ | Энергия электрического поля конденсатора | |

Магнетизм

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|---|
| $dB = \frac{\mu_0\mu}{4\pi} \frac{I [d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$ | Закон Био – Савара – Лапласа для элемента проводника с током | dl – длина элемента проводника; r – расстояние от проводника до рассматриваемой точки |
| $B = \frac{\mu_0\mu}{2R} I$ | Вектор магнитной индукции в центре кругового витка с током | R – радиус витка; μ_0 – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость среды |
| $B = \frac{\mu_0\mu}{2\pi \cdot x} I$ | Вектор магнитной индукции, создаваемой отрезком проводника с током | x – расстояние от проводника до рассматриваемой точки |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|--|
| $B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi \cdot x} I (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)$ | Вектор магнитной индукции, создаваемой длинным прямым проводником с током  | |
| $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$ | Связь магнитной индукции и напряженности магнитного поля | |
| $F = BIl \sin \alpha$ | Сила Ампера – сила, с которой магнитное поле действует на фрагмент прямого проводника с током (направление – по правилу левой руки) | B – вектор магнитной индукции, Тл; I – сила тока в проводнике; l – длина проводника |
| $F = qVB \sin \alpha$ | Сила Лоренца – сила, с которой магнитное поле действует на движущуюся в нем заряженную частицу (направление – по правилу левой руки) | q – заряд частицы; V – скорость частицы; α – угол между направлением скорости и магнитной индукцией |
| $R = \frac{mv}{qB}, \quad T = \frac{2\pi m}{qB}$ | Радиус траектории и период вращения заряженной частицы, движущейся в магнитном поле | m – масса частицы |
| $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots$ | Принцип суперпозиции магнитных полей: результирующий вектор индукции от нескольких магнитных полей в данной точке равен векторной сумме векторов индукции | |
| $W = \frac{LI^2}{2}$ | Энергия магнитного поля катушки с током | L – индуктивность катушки, Гн |
| $w = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}$ | Объемная плотность энергии однородного магнитного поля | |
| $\Phi = BS \cos \alpha$ | Магнитный поток сквозь замкнутый контур | Φ – магнитный поток, Вб; S – площадь контура; α – угол между нормалью к площадке и вектором магнитной индукции |
| $\Phi = LI$ | Магнитный поток контура с током | |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|---|--|
| $\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt}$ | Закон Фарадея для электромагнитной индукции | ε_i – ЭДС электромагнитной индукции, В; N – число витков контура |
| $\varepsilon_i = BNS\omega \sin \omega t$ | ЭДС индукции, возникающая в рамке, вращающейся с угловой скоростью в магнитном поле | ω – угловая скорость |
| $\varepsilon_{si} = -L \frac{dI}{dt}$ | ЭДС самоиндукции | |
| $I = I_0 \exp\left(-\frac{R}{L}t\right)$ | Ток в цепи, содержащей индуктивность, после размыкания цепи | $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$ – начальное значение силы тока |
| $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S},$ $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t};$ $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0, \operatorname{div} \vec{B} = 0;$ $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S},$ $\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t};$ $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV, \operatorname{div} \vec{D} = \rho$ | Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме | |

Колебания и волны

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|---|---|
| $s = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$ | Уравнение гармонического (незатухающего) колебания | $\omega_0 = 2\pi/T$ – циклическая частота; φ – начальная фаза |
| $v = s' = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$ | Скорость изменения величины s | |
| $\frac{d^2 s}{dt^2} + \omega_0^2 s = 0$ | Дифференциальное уравнение гармонических колебаний | |
| $\frac{d^2 s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = 0$ | Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний | δ – коэффициент затухания |
| $s = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi)$ | Уравнение затухающих колебаний для случая малых затуханий | При условии δ гораздо меньше ω |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|--|
| $\theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T = \frac{T}{\tau}$ | Логарифмический декремент затухания | τ – время релаксации – время, за которое амплитуда колебаний уменьшится в e раз |
| $Q = \frac{\omega_0}{2\delta}$ | Добротность колебательной системы | |
| $\frac{d^2s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = x_0 \cos \omega t$ | Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний | x_0 – некая физическая величина, оказывающая периодическое воздействие на колеблющуюся систему |
| $T = 2\pi\sqrt{LC}$ | Формула Томсона | T – период собственных колебаний в электромагнитном контуре |
| $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ | Период свободных колебаний пружинного маятника | m – масса груза, кг; k – жесткость пружины |
| $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ | Период свободных колебаний математического маятника | l – длина маятника |
| $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgx}}$ | Период свободных колебаний физического маятника | J – момент инерции маятника; m – масса маятника; x – расстояние между точкой подвеса и положением центра масс маятника |
| $\lambda = \frac{v}{\nu}$ | Связь длины волны и частоты колебаний | v – скорость распространения волны |
| $\nu = \nu_0 \frac{v_{зв} \pm v_{пр}}{v_{зв} \mp v_{ист}}$ | Эффект Доплера в акустике | ν – частота принимаемой волны; ν_0 – частота испускаемой волны; $v_{зв}$, $v_{ист}$ и $v_{пр}$ – скорости звука, источника, приемника |
| $v_{зв} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ | Скорость звука в газе | γ – показатель адиабаты для данного газа; R – газовая постоянная; M – молярная масса газа; T – температура |
| $v = \frac{c}{n}$ | Скорость распространения электромагнитной волны в веществе | c – скорость света в вакууме; n – показатель преломления среды |
| $n = \sqrt{\epsilon\mu}$ | Показатель преломления среды | ϵ и μ – диэлектрическая и магнитная проницаемости данной среды |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--------------------------|--|---|
| $S = [\vec{E}, \vec{H}]$ | Вектор Умова – Пойнтинга (направлен в сторону распространения волны) | S – вектор плотности потока энергии ЭМВ |

Молекулярная физика

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|---|---|
| $\nu = \frac{N}{N_A}$ | Количество вещества | ν – количество вещества, моль |
| $M = \frac{m}{\nu}$ | Молярная масса | M – молярная масса, кг/моль |
| $\rho = \frac{m}{V}$ | Плотность вещества | ρ – плотность вещества, кг/м ³ |
| $n = \frac{N}{V}$ | Концентрация вещества | n – концентрация вещества, 1/м ³ |
| $pV = \frac{m}{M}RT, \quad p = \frac{\rho}{M}RT$ | Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева – Клапейрона) | T – абсолютная температура, К; R – газовая постоянная |
| $p_{\text{см}} = \sum_i p_i$ | Закон Дальтона | p_i – парциальное давление i -й компоненты газа, Па |
| $p = \frac{2}{3}n\langle W_{\kappa} \rangle;$ $p = \frac{1}{3}m_0n\langle v_{\text{кв}}^2 \rangle, \quad p = nkT$ | Основное уравнение кинетической теории газов | k – постоянная Больцмана; m_0 – масса молекулы |
| $\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ | Средняя квадратичная скорость движения молекул | |
| $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$ | Средняя арифметическая скорость движения молекул | |
| $v_B = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$ | Наиболее вероятная скорость движения молекул | |
| $n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}}$ | Распределение Больцмана (распределение частиц в силовом поле) | U – потенциальная энергия частиц; n_0 – концентрация частиц в точках, где $U = 0$ |
| $p = p_0 e^{-\frac{m_0gh}{kT}};$ $p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$ | Барометрическая формула (распределение частиц в однородном поле силы тяжести) | h – высота точки по отношению к нулевому уровню; p и p_0 – давление на высоте h и на нулевом уровне соответственно |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|---|---|
| $\langle z \rangle = \sqrt{2\pi} d^2 n \langle v \rangle$ | Среднее число соударений молекул | d – эффективный диаметр молекулы |
| $\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2\pi} d^2 n}$ | Средняя длина свободного пробега молекулы | |
| $\eta = \frac{\rho \langle v \rangle \langle l \rangle}{3}$ | Динамическая вязкость | η – коэффициент внутреннего трения, Па·с |
| $F = \eta \frac{dv}{dz} S$ | Закон Ньютона для внутреннего трения | $\frac{dv}{dz}$ – градиент скорости; F – сила внутреннего трения между двумя соприкасающимися слоями газа или жидкости; S – площадь слоев |
| $\lambda = \frac{c_v \rho \langle v \rangle \langle l \rangle}{3}$ | Коэффициент теплопроводности | λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) |
| $\Delta Q = -\lambda \frac{dT}{dx} S \Delta t$ | Закон Фурье для теплопроводности | $\frac{dT}{dx}$ – градиент температуры; ΔQ – количество теплоты, переносимое через сечение S за время t , Дж |
| $D = \frac{\langle v \rangle \langle l \rangle}{3}$ | Коэффициент диффузии | D – коэффициент диффузии, м ² /с |
| $\Delta m = -D \frac{d\rho}{dx} S \Delta t$ | Закон Фика для диффузии | $\frac{d\rho}{dx}$ – градиент плотности; Δm – масса вещества, переносимого через сечение S за время t |

Термодинамика

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|--|
| $\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{2} kT$ | Средняя кинетическая энергия, приходящаяся на одну степень свободы движения молекулы | k – постоянная Больцмана |
| $U = \frac{i}{2} \nu RT$ | Внутренняя энергия идеального газа | i – число степеней свободы молекул; R – газовая постоянная |
| $\delta A = p \delta V, \quad A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$ | Элементарная работа газа и полная работа газа | |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|---|--|
| $Q = \Delta U + A$ | Первое начало термодинамики | |
| $C = \frac{\delta Q}{dT}$ | Теплоемкость | C – теплоемкость, Дж/К |
| $C_M = \frac{\delta Q}{\nu dT}$ | Молярная теплоемкость | C_M – молярная теплоемкость, Дж/(моль·К) |
| $c = \frac{\delta Q}{mdT}$ | Удельная теплоемкость | c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К) |
| $C_V = \frac{iR}{2},$ $C_p = \frac{(i+2)R}{2}$ | Молярные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении | |
| $C_p = C_V + R$ | Уравнение Майера | |
| $pV^\gamma = \text{const};$ $TV^{\gamma-1} = \text{const};$ $T^\gamma p^{1-\gamma} = \text{const}$ | Уравнение адиабаты (уравнение Пуассона) | $\gamma = \frac{i+2}{i}$ – показатель адиабаты |
| $\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$ | КПД теплового двигателя | Q_H и Q_X – количества теплоты, полученное от нагревателя и отданное холодильнику |
| $\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$ | КПД идеального теплового двигателя (максимальный КПД цикла) | T_H – температура нагревателя; T_X – температура холодильника |
| $\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$ | Изменение энтропии | |
| $S = k \ln W$ | Связь энтропии системы и термодинамической вероятности | W – термодинамическая вероятность (число микросостояний, которыми может быть реализовано макросостояние) |
| $\left(p + \frac{\nu^2 a}{V^2}\right)(V - \nu b) = \nu RT$ | Уравнение Ван-дер-Ваальса (уравнение состояния реальных газов) | a и b – постоянные Ван-дер-Ваальса |
| $U = \nu \left(C_V T - \frac{a}{V_m} \right)$ | Внутренняя энергия реального газа | V_m – молярный объем; $V_m = \frac{V}{\nu}$ |
| $\sigma = \frac{F}{l}$ | Коэффициент поверхностного натяжения жидкости | F – сила, действующая на контур длины l |
| $h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g R}$ | Высота подъема жидкости в капилляре | θ – краевой угол; R – радиус канала капилляра |

Оптика

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|---|
| $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ | Закон преломления света | α – угол падения луча из среды 1 в среду 2; β – угол преломления |
| $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$ | Предельный угол полного внутреннего отражения при выходе из некоторой среды в воздух | |
| $v = \frac{c}{n}$ | Скорость распространения электромагнитной волны в среде | n – показатель преломления среды; c – скорость света в вакууме |
| $\pm \frac{1}{f} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{d'}$ | Формула тонкой линзы | f – фокусное расстояние линзы; d – расстояние от предмета до линзы; d' – расстояние от изображения до линзы |
| $L = nl$ | Оптическая длина пути | l – геометрическая длина пути; n – показатель преломления |
| $D = \left(\frac{n_{\text{лин}}}{n_{\text{сп}}} - 1 \right) \left(\pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right)$ | Оптическая сила тонкой линзы | R – радиусы кривизны поверхностей линзы (минус, если вогнутая сторона) |
| $\Delta = \pm m\lambda$ | Условие интерференционного максимума | Δ – оптическая разность хода; $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ |
| $\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$ | Условие интерференционного минимума | λ – длина волны |
| $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ | Ширина интерференционной полосы | d – ширина между щелями; l – расстояние от щелей до экрана |
| $r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2} \right) \lambda R}$ | Радиус m -го светлого кольца Ньютона в отраженном свете (или темного в проходящем) | R – радиус кривизны линзы |
| $r_m = \sqrt{m\lambda R}$ | Радиус m -го темного кольца Ньютона в отраженном свете | |
| $d = \frac{l}{N}$ | Период дифракционной решетки | N – число штрихов; l – единица длины |
| $d \sin \varphi = \pm m\lambda$ | Условие дифракционных максимумов для решетки | d – период дифракционной решетки |
| $2d \sin \theta = m\lambda$ | Формула Вульфа – Брегга (дифракция на кристаллах) | d – расстояние между атомными плоскостями кристалла; θ – угол скольжения |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|---|
| $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$ | Закон Малюса | I_1 и I_2 – интенсивность поляризованного света, падающего на анализатор и выходящего из него |
| $\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$ | Закон Брюстера | α_B – угол падения, при котором отраженная волна полностью поляризована |
| $v = v_0 \frac{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}{1 + \frac{v}{c} \cos \theta}$ | Эффект Доплера для электромагнитных волн | v – частота принимаемой волны; v_0 – частота испускаемой волны; c – скорость света |

Квантовая физика

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|--|--|
| $R_e = \frac{dW}{dSdt}$ | Энергетическая светимость | R_e – энергетическая светимость, Вт/м ² |
| $R_e = \sigma T^4$ | Закон Стефана – Больцмана | T – абсолютная температура; σ – постоянная Стефана – Больцмана |
| $R_e = \int_0^{\infty} r_v dv$ | Связь энергетической светимости и спектральной плотности энергетической светимости | |
| $\lambda_m = \frac{b}{T}$ | Закон смещения Вина | b – постоянная Вина; λ_m – длина волны, на которую приходится максимум излучения |
| $r_v = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{kT} - 1}$ | Формула Планка | h – постоянная Планка; ν – частота колебаний электромагнитной волны |
| $W_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ | Энергия кванта электромагнитного излучения (энергия фотона) | λ – длина волны |
| $p_\gamma = \frac{h}{\lambda}$ | Импульс фотона | |
| $p = \frac{E_e}{c} (1 + \rho) = \frac{Nh\nu}{tSc} (1 + \rho)$ | Давление света | ρ – коэффициент отражения; E_e – плотность потока энергии излучения; N – количество фотонов |

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|---|--|--|
| $h\nu = A + \frac{mV_{\max}^2}{2}$ | Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта | A – работа выхода электрона из металла |
| $\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A}$ | Красная граница фотоэффекта | |
| $\Delta\lambda = \frac{2h}{mc} \sin^2 \frac{\theta}{2}$ | Изменение длины волны фотона при эффекте Комптона (рассеянии на электроны) | θ – угол рассеяния; m – масса электрона |

Атомная физика

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|---|
| $\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ | Обобщенная формула Бальмера | R – постоянная Ридберга |
| $r_n = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m e^2}$ | Радиус n -й орбиты электрона в атоме водорода | e – заряд электрона; ϵ_0 – электрическая постоянная |
| $L_m = m\nu r_m = m\hbar$ | Первый постулат Бора | L – момент импульса; r – радиус орбиты; \hbar – приведенная постоянная Планка |
| $h\nu = E_m - E_n$ | Второй постулат Бора | E – энергия электрона на соответствующем уровне |
| $E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{Z^2 m e^4}{8h^2 \epsilon_0^2}$ | Энергия электрона в водородоподобном атоме | Z – зарядовое число атома; n – порядковый номер; m – масса электрона |
| $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$; $\Delta E \Delta t \geq \hbar$ | Соотношения неопределенностей Гейзенберга | Δx – неопределенность координаты |
| $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2}$ | Одномерное временное уравнение Шредингера | i – мнимая единица; Ψ – волновая функция |
| $\lambda_{\min} = \frac{2\pi\hbar c}{eU}$ | Коротковолновая граница сплошного рентгеновского спектра | U – разность потенциалов, приложенная к рентгеновской трубке |
| $\omega = CR(Z - \sigma)^2$ | Закон Мозли (в общем случае) | ω – частота линий рентгеновского спектра; C – постоянная; R – постоянная Ридберга; σ – постоянная экранирования |

Физика атомного ядра и радиоактивности

| Формула | Описание | Физические величины, единицы измерения |
|--|--|---|
| $r = r_0 A^{\frac{1}{3}}$ | Радиус атомного ядра | A – массовое число (число нуклонов в ядре); r_0 – коэффициент пропорциональности |
| $\Delta m = [(Zm_p + (A-Z)m_n] - m_{\text{я}}$ | Дефект массы атомного ядра | Z и A – зарядовое и массовое числа |
| $E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$ | Энергия связи атомного ядра | |
| $N = N_0 e^{-\lambda t};$ $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$ | Закон радиоактивного распада | N_0 и N – количество нераспавшихся ядер в начальный момент и к моменту времени t ; λ – постоянная распада; T – период полураспада |
| $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ | Связь постоянной распада и периода полураспада | |
| $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$ | Активность радионуклида | A – активность радионуклида, Бк |
| ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$ | Схема α -распада | |
| ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + {}^0_0 \tilde{\nu}_e$ | Схема электронного β -распада | |
| $I = I_0 e^{-\mu x}$ | Закон ослабления излучения (закон Бугера) | μ – линейный коэффициент ослабления; x – толщина поглощающего вещества |
| $D = \frac{\Delta W}{\Delta m}$ | Поглощенная доза | D – поглощенная доза, Дж/кг (Гр) |
| $X = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$ | Экспозиционная доза | x – экспозиционная доза, Кл/кг (Р) |
| $H = D \cdot K$ | Эквивалентная доза | H – эквивалентная доза, Зв; K – коэффициент качества |
| $\dot{D} = \frac{dD}{dt}$ и $\dot{X} = \frac{dX}{dt}$ | Мощности поглощенной и экспозиционной дозы | |
| $Q = c^2((m_1 + m_2) - (m_3 + m_4))$ | Энергия ядерной реакции | m_1 и m_2 – массы исходных продуктов реакции; m_3 и m_4 – массы конечных продуктов реакции |

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Эти книги рекомендуются в качестве основной учебной литературы (учебные пособия), дополнительных источников информации (учебно-методические пособия) и источников для общего развития (научно-популярные издания). Также приведены наиболее качественные электронные ресурсы.

Учебные пособия

1. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики / В. С. Волькенштейн. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб. : Книжный мир, 2006. – 328 с.
2. Подымов, Л. И. Современная естественнонаучная картина мира : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1 / Л. И. Подымов. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2015. – 153 с.
3. Подымов, Л. И. Современная естественнонаучная картина мира : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 2 / Л. И. Подымов. – Ульяновск : УИ ГА, 2017. – 127 с.
4. Применение математических методов для решения физических задач : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1 / сост. С. С. Самохина, С. П. Никонова, Н. В. Зорькина, Л. В. Миронова. – Ульяновск : УИ ГА, 2016. – 91 с.
5. Применение математических методов для решения физических задач : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 2 / сост. С. С. Самохина, С. П. Никонова, Н. В. Зорькина, Л. В. Миронова. – Ульяновск : УИ ГА, 2017. – 79 с.
6. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – М. : Академия, 2010. – 560 с.
7. Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики для вузов : учеб. пособие для инж.-техн. спец. вузов / Т. И. Трофимова. – 3-е изд. – М. : ОНИКС 21 век : Мир и образование, 2005. – 384 с.
8. Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики с решениями : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова, З. Г. Павлова. – 4-е изд. – М. : Высшая школа, 2003. – 591 с.
9. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М. : ЛКИ, 2016. – 448 с.
10. Физика : сборник тематических заданий : в 2 ч. Ч. 1. Механика. Электродинамика. Колебания и волны / сост. С. С. Самохина. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2012. – 139 с.

11. Физика : сборник тематических заданий : в 2 ч. Ч. 2. Термодинамика. Оптика. Квантовая физика / сост. С. С. Самохина. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2012. – 136 с.

12. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для втузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2009. – 640 с.

Учебно-методические пособия

13. Статистическая физика и термодинамика : лабораторный практикум по физике / сост. Ю. Ф. Пугачев, Т. Н. Кондратова, В. В. Канонистов. – 2-е изд. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2009. – 58 с.

14. Физика. Механика : лабораторный практикум / сост. С. С. Леонов, Л. И. Подымов, О. П. Харлова. – Ульяновск : УИ ГА, 2016. – 39 с.

15. Физика. Обработка результатов физического эксперимента : учеб.-метод. пособие / сост. С. С. Самохина. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2015. – 103 с.

16. Физика : метод. рекомендации по изучению дисциплины / сост. Н. Ю. Громова, С. С. Леонов. – Ульяновск : УИ ГА, 2017. – 61 с.

17. Физика. Оптика, основы атомной физики : лабораторный практикум / сост. Ю. Ф. Пугачев, С. С. Леонов, С. С. Самохина. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2010. – 70 с.

18. Электричество и магнетизм : лабораторный практикум по физике / сост. К. Е. Никитин, Ю. Ф. Пугачев, Д. В. Айдаркин. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2001. – 50 с.

Научно-популярные издания

19. Азимов, А. Миры внутри миров. История открытия и покорения атомной энергии / А. Азимов ; пер. с англ. С. Федорова. – М. : Центрполиграф, 2004. – 172 с.

20. Азимов, А. Популярная физика. От архимедова рычага до квантовой механики / А. Азимов. – М. : Центрполиграф, 2006. – 752 с.

21. Боданис, Д. $E = mc^2$. Биография самого знаменитого уравнения в мире / Д. Боданис ; пер. с англ. С. Ильина. – М. : Колибри, 2009. – 448 с.

22. Вильчек, Ф. Красота физики. Постигая устройство природы / Ф. Вильчек. – М. : Альпина нон-фикшн, 2017. – 604 с.

23. Волькенштейн, М. В. Энтропия и информация / М. В. Волькенштейн. – М. : Наука, 1986. – 196 с.

24. Гарднер, М. Теория относительности для миллионов / М. Гарднер. – М. : Атомиздат, 1967. – 191 с.
25. Кумар, М. Квант: Эйнштейн, Бор и великий спор о природе реальности / М. Кумар ; пер. с англ. И. Кагановой. – М. : АСТ ; CORPUS, 2013. – 592 с.
26. Ландау, Л. Д. Физика для всех : в 4 кн. Кн. 2. Молекулы / Л. Д. Ландау, А. И. Китайгородский. – М. : Наука, 1982. – 207 с.
27. Ландау, Л. Д. Физика для всех : в 4 кн. Кн. 3. Электроны / Л. Д. Ландау, А. И. Китайгородский. – М. : Наука, 1982. – 205 с.
28. Левин, У. Глазами физика. Путешествие от края радуги к границе времени / У. Левин, У. Гольдштейн. – М. : Миф, 2016. – 352 с.
29. Млодинов, Л. (Не)совершенная случайность. Как случай управляет нашей жизнью / Л. Млодинов. – М. : Гаятри/Livebook, 2013. – 352 с.
30. Наука. Величайшие теории / учредитель ООО «Де Агостини». – Вып. 1: Пространство – это вопрос времени. Эйнштейн. Теория относительности. – 2015. – 176 с.
31. Наука. Величайшие теории / учредитель ООО «Де Агостини». – Вып. 21: Вселенная погибнет от холода. Больцман. Термодинамика и энтропия. – 2015. – 160 с.
32. Попов, С. Вселенная. Краткий путеводитель по пространству и времени. От Солнечной системы до самых далеких галактик и от Большого взрыва до будущего Вселенной / С. Попов. – М. : Альпина нон-фикшн, 2018. – 400 с.
33. Решетников, В. П. Почему небо темное. Как устроена Вселенная / В. П. Решетников. – М. : Век-2, 2012. – 192 с.
34. Сасскинд, Л. Битва при черной дыре. Мое сражение со Стивеном Хокингом за мир, безопасный для квантовой механики / Л. Сасскинд. – М. : Питер, 2015. – 448 с.
35. Спасский, Б. И. История физики / Б. И. Спасский. – М. : Высшая школа, 1977. – 320 с.
36. Трефил, Д. 200 законов мироздания / Д. Трефил. – М. : Гелеос, 2007. – 528 с.
37. Фейнман, Р. Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман! / Р. Фейнман ; пер. с англ. С. Ильина. – М. : АСТ, 2018. – 480 с.
38. Фейнман, Р. КЭД – странная теория света и вещества / Р. Фейнман ; пер. с англ. С. Тиходеева, О. Тиходеевой. – М. : АСТ, 2017. – 208 с.

39. Фейнман, Р. Характер физических законов / Р. Фейнман. – Режим доступа: http://vivovoco.rsl.ru/VV/Q_PROJECT/FEYNMAN/PREFACE.HTM#01. – Загл. с экрана.

40. Хокинг, С. Кратчайшая история времени / С. Хокинг, Л. Млодинов. – М. : АСТ, 2017. – 176 с.

41. Чернин, А. Д. Физика времени / А. Д. Чернин. – М. : Наука, 1987. – 219 с.

Образовательные и научно-популярные электронные ресурсы

42. Википедия : свободная энциклопедия. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Загл. с экрана.

43. Лекториум : медиатека лекций российских вузов и авторских онлайн-курсов. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/user/OpenLektorium/>. – Загл. с экрана.

44. Лекции по физике Ришелевского лицея. – Режим доступа: www.youtube.com/user/pvictor54/videos. – Загл. с экрана.

45. ПостНаука : сайт о современной науке и ученых / ИД «ПостНаука». – М. : 2012– . – Режим доступа: www.postnauka.ru. – Загл. с экрана.

46. Элементы большой науки : научно-популярный проект. – Режим доступа: www.elementy.ru. – Загл. с экрана.

47. Google Книги : онлайн-библиотека. – Режим доступа: www.books.google.ru. – Загл. с экрана.

48. N + 1 : научно-популярное издание о науке и технике. – Режим доступа: www.nplus1.ru. – Загл. с экрана.

49. Teach-in : лекции ученых МГУ. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/channel/UCimGO16wSQWDbBFoVMQGzMg/>. – Загл. с экрана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики для студ. вузов / В. С. Волькенштейн. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб. : Книжный мир, 2006. – 328 с.
2. Демидова, М. Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2018 года / М. Ю. Демидова. – М. : ФИПИ, 2018.
3. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – М. : Академия, 2010. – 560 с.
4. Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики для вузов : учеб. пособие для инж.-техн. спец. вузов / Т. И. Трофимова. – 3-е изд. – М. : ОНИКС 21 век : Мир и образование, 2005. – 384 с.
5. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2009. – 640 с.

Физические постоянные

| Название | Значение |
|---|--|
| Ускорение свободного падения (у поверхности Земли, среднее) | $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ |
| Гравитационная постоянная | $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ |
| Радиус Земли (средний) | $R_3 = 6370 \text{ км}$ |
| Масса Земли | $M_3 = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ |
| Радиус Солнца | $R_C = 6,95 \cdot 10^8 \text{ км}$ |
| Масса Солнца | $M_C = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ |
| Астрономическая единица ² | $1 \text{ а.е.} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$ |
| Скорость света в вакууме ³ | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |
| Солнечная постоянная ⁴ | $C = 1367 \text{ Вт/м}^2$ |
| Постоянная Авогадро | $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ |
| Молярная газовая постоянная | $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ |
| Постоянная Больцмана | $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ |
| Электрическая постоянная | $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ |
| Магнитная постоянная | $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ А/м}$ |
| Элементарный заряд (заряд электрона) | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Масса электрона | $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ |
| Масса протона | $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Масса нейтрона | $m_n = 1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Постоянная Планка | $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж/с}$ |
| Приведенная постоянная Планка | $\hbar = h / 2\pi = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж/с}$ |
| Постоянная Стефана – Больцмана | $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ |
| Постоянная закона смещения Вина | $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ |
| Постоянная Ридберга для частоты | $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ |
| Постоянная Ридберга для длины волны | $R' = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ |
| Комптоновская длина волны электрона | $\lambda_C = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ |
| Электрон-вольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ |
| Атомная единица массы | $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Эквивалентность энергии и массы | $1 \text{ а.е.м.} \sim 931,5 \text{ МэВ}$ |
| Скорость звука в воздухе (при нормальных условиях) | $c_{зв} = 332 \text{ м/с}$ |
| Скорость звука в воде | $c_{зв} = 1450 \text{ м/с}$ |

² Среднее расстояние от Земли до Солнца.

³ Скорость света в вакууме. После переопределения единицы измерения «метр» в 1983 г. равна 299792,458 км/с.

⁴ Суммарная мощность солнечного излучения, падающего на единичную площадь на расстоянии 1 а.е. от Солнца.

Массы нейтральных атомов

| Изотоп | Масса нейтрального атома, а.е.м. | Изотоп | Масса нейтрального атома, а.е.м. |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| ${}^0_{-1}e$ (электрон) | 0,00055 | ${}^{23}_{11}\text{Na}$ (натрий) | 22,98977 |
| 1_0n (нейтрон) | 1,00867 | ${}^{23}_{12}\text{Mg}$ (магний) | 22,99414 |
| 1_1p (протон) | 1,00728 | ${}^{27}_{12}\text{Mg}$ (магний) | 26,98434 |
| ${}^1_1\text{H}$ (водород) | 1,00783 | ${}^{27}_{13}\text{Al}$ (алюминий) | 26,98146 |
| ${}^2_1\text{H}$ (дейтерий) | 2,01410 | ${}^{30}_{13}\text{Al}$ (алюминий) | 29,99817 |
| ${}^3_1\text{H}$ (тритий) | 3,01605 | ${}^{31}_{14}\text{Si}$ (кремний) | 30,97535 |
| ${}^3_2\text{He}$ (гелий) | 3,01602 | ${}^{31}_{15}\text{P}$ (фосфор) | 30,97376 |
| ${}^4_2\text{He}$ (гелий) | 4,00260 | ${}^{41}_{19}\text{K}$ (калий) | 40,96184 |
| ${}^6_3\text{Li}$ (литий) | 6,01513 | ${}^{44}_{20}\text{Ca}$ (кальций) | 43,95549 |
| ${}^7_3\text{Li}$ (литий) | 7,01601 | ${}^{99}_{42}\text{Mo}$ (молибден) | 98,90771 |
| ${}^7_4\text{Be}$ (бериллий) | 7,01693 | ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ (технеций) | 98,90625 |
| ${}^8_4\text{Be}$ (бериллий) | 8,00531 | ${}^{197}_{79}\text{Au}$ (золото) | 197,03346 |
| ${}^9_4\text{Be}$ (бериллий) | 9,01219 | ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ (свинец) | 205,97446 |
| ${}^{10}_4\text{Be}$ (бериллий) | 10,01354 | ${}^{210}_{84}\text{Po}$ (полоний) | 209,98297 |
| ${}^{10}_5\text{B}$ (бор) | 10,01294 | ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ (радон) | 222,01758 |
| ${}^{11}_5\text{B}$ (бор) | 11,00931 | ${}^{221}_{87}\text{Fr}$ (франций) | 221,01426 |
| ${}^{12}_6\text{C}$ (углерод) | 12,00000 | ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ (радий) | 226,02541 |
| ${}^{13}_6\text{C}$ (углерод) | 13,00335 | ${}^{225}_{89}\text{Ac}$ (актиний) | 225,02323 |
| ${}^{14}_6\text{C}$ (углерод) | 14,00307 | ${}^{234}_{90}\text{Th}$ (торий) | 234,04360 |
| ${}^{13}_7\text{N}$ (азот) | 13,00574 | ${}^{229}_{91}\text{Pa}$ (палладий) | 229,03210 |
| ${}^{14}_7\text{N}$ (азот) | 14,00307 | ${}^{235}_{92}\text{U}$ (уран) | 235,04393 |
| ${}^{15}_7\text{N}$ (азот) | 15,00011 | ${}^{238}_{92}\text{U}$ (уран) | 238,05079 |
| ${}^{16}_8\text{O}$ (кислород) | 15,99491 | ${}^{239}_{93}\text{Np}$ (нептуний) | 239,05294 |
| ${}^{17}_8\text{O}$ (кислород) | 16,99913 | ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ (плутоний) | 238,04956 |
| ${}^{18}_8\text{O}$ (кислород) | 17,99916 | ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ (плутоний) | 239,05216 |
| ${}^{19}_9\text{F}$ (фтор) | 18,99840 | ${}^{244}_{94}\text{Pu}$ (плутоний) | 244,06420 |
| ${}^{22}_{11}\text{Na}$ (натрий) | 21,99444 | | |

Периоды полураспада некоторых изотопов

| Изотоп | Тип распада | Период полураспада | Изотоп | Тип распада | Период полураспада |
|--------------|-------------------|--------------------|--------------|------------------|--------------------|
| Актиний-225 | α | 10 суток | Радий-219 | α | 10 миллисекунд |
| Иод-123 | β^+ | 13,2 часа | Радий-226 | α, γ | 1620 лет |
| Иод-131 | β^-, γ | 8 суток | Радон-222 | α | 3,8 суток |
| Иридий-192 | β^-, γ | 75 суток | Стронций-90 | β^- | 28 лет |
| Кобальт-60 | β^-, γ | 5,3 года | Технеций-99 | β^- | 210 100 лет |
| Магний-27 | β^- | 10 минут | Технеций-99m | γ | 6,02 часа |
| Молибден-99 | β^- | 2,75 суток | Торий-229 | α, γ | 7000 лет |
| Натрий-22 | γ | 2,6 года | Тритий-3 | β^- | 12,3 лет |
| Плутоний-238 | α | 87,7 лет | Углерод-14 | β^- | 5700 лет |
| Плутоний-239 | α | 24 110 лет | Уран-235 | α | 704 миллиона лет |
| Плутоний-244 | α | 80 миллионов лет | Уран-238 | α, γ | 4,5 миллиарда лет |
| Полоний-210 | α | 138,4 суток | Фосфор-32 | β^- | 14,3 суток |

Приложение 4

Работа выхода электронов для некоторых металлов⁵

| Металл | A, эВ | Металл | A, эВ | Металл | A, эВ |
|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| Вольфрам | 4,32 | Медь | 4,53 | Стронций | 2,59 |
| Калий | 2,29 | Молибден | 4,36 | Титан | 4,33 |
| Кальций | 2,87 | Натрий | 2,36 | Хром | 4,50 |
| Кобальт | 5,00 | Платина | 5,93 | Цезий | 2,14 |
| Литий | 2,93 | Серебро | 4,74 | Цинк | 3,63 |

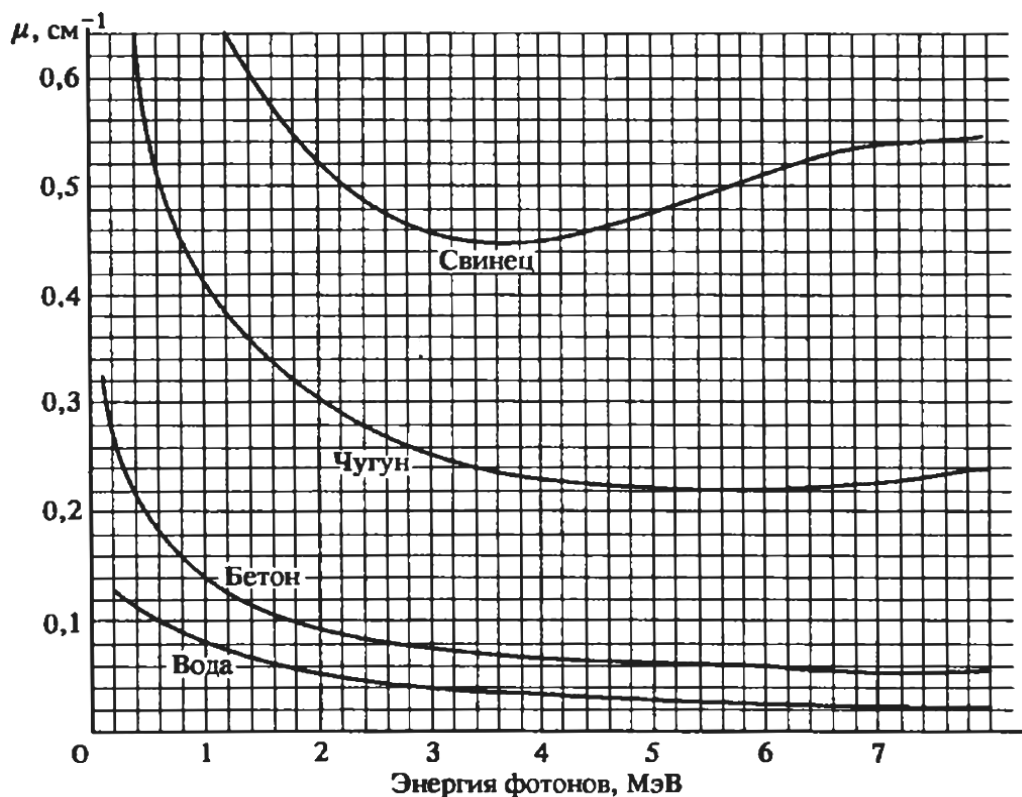
Приложение 5

Коэффициенты качества для эквивалентной дозы излучения

| Вид излучения | K, Зв/Гр |
|--|----------|
| Рентгеновское и γ -излучение | 1 |
| β -излучение (электроны, позитроны) | 1 |
| Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ | 3 |
| Нейтроны с энергией 0,1–10 МэВ | 10 |
| Протоны с энергией меньше 10 МэВ | 10 |
| α -излучение с энергией меньше 10 МэВ | 20 |
| Тяжелые ядра отдачи | 20 |

⁵ Работа выхода может зависеть от ориентации освещаемого кристалла. Этот эффект здесь не учитывается.

**Зависимость линейного коэффициента ослабления от энергии фотонов
(в законе ослабления излучения)**



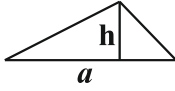
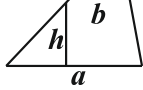
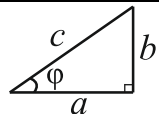
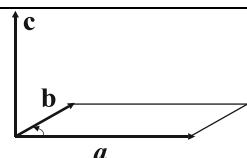
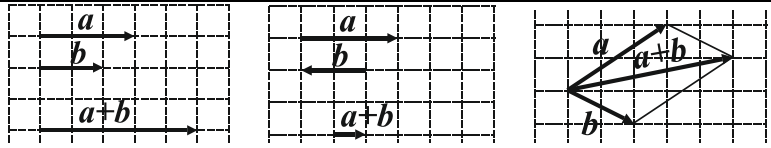
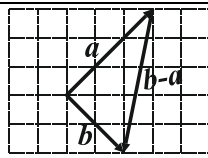
Десятичные приставки

| Наименование | Обозначение | | Множитель |
|--------------|-------------|---------------|------------|
| | русское | международное | |
| Пета | П | P | 10^{15} |
| Тера | Т | T | 10^{12} |
| Гига | Г | G | 10^9 |
| Мега | М | M | 10^6 |
| Кило | к | k | 10^3 |
| Гекто | г | h | 10^2 |
| Деци | д | d | 10^{-1} |
| Санتي | с | c | 10^{-2} |
| Милли | м | m | 10^{-3} |
| Микро | мк | μ | 10^{-6} |
| Нано | н | n | 10^{-9} |
| Пико | п | p | 10^{-12} |
| Фемто | ф | f | 10^{-15} |
| Атто | а | a | 10^{-18} |

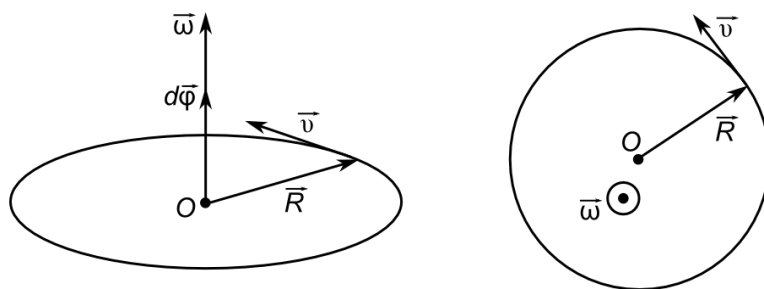
Греческий алфавит

| Название буквы | Обозначение буквы |
|----------------|-------------------|
| Альфа | Α α |
| Бета | Β β |
| Гамма | Γ γ |
| Дельта | Δ δ |
| Эпсилон | Ε ε |
| Дзета | Ζ ζ |
| Эта | Η η |
| Тета | Θ θ |
| Иота | Ι ι |
| Каппа | Κ κ |
| Ламбда | Λ λ |
| Мю | Μ μ |
| Ню | Ν ν |
| Кси | Ξ ξ |
| Омикрон | Ο ο |
| Пи | Π π |
| Ро | Ρ ρ |
| Сигма | Σ σ ς |
| Тау | Τ τ |
| Ипсилон | Υ υ |
| Фи | Φ φ |
| Хи | Χ χ |
| Пси | Ψ ψ |
| Омега | Ω ω |

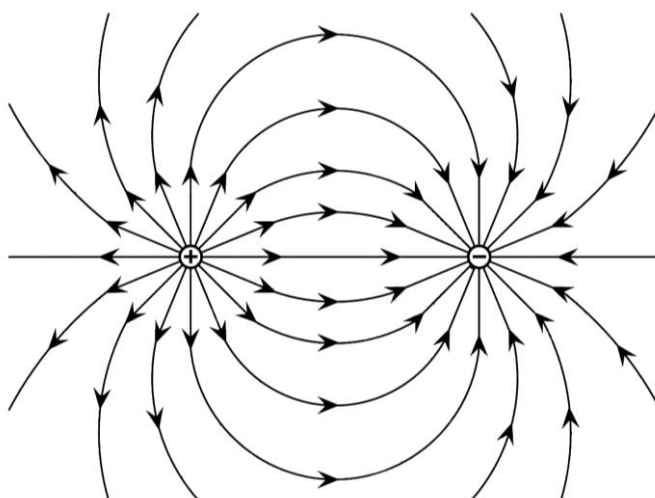
Элементарный математический справочник

| Описание | Формула | Рисунок, пояснение |
|---|---|---|
| Площадь треугольника | $S = \frac{1}{2} ah$ |  |
| Площадь трапеции | $S = \frac{a+b}{2} h$ |  |
| Площадь круга; длина окружности | $S = \pi R^2;$ $l = 2\pi R$ | R – радиус круга |
| Градусы и радианы | $360^\circ = 2\pi \text{ рад}$ | |
| Синус, косинус и тангенс острого угла; теорема Пифагора | $\sin \varphi = \frac{b}{c}; \cos \varphi = \frac{a}{c}; \operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a};$ $c^2 = a^2 + b^2$ |  |
| Основное тригонометрическое тождество | $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$ | |
| Тригонометрические функции двойного аргумента | $\sin 2\varphi = 2 \sin \varphi \cdot \cos \varphi;$ $\cos 2\varphi = \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi; \operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2 \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg}^2 \varphi}$ | |
| Свойства степеней | $a^m \cdot a^n = a^{m+n}, a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n;$ $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}; \frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n; a^{-n} = \frac{1}{a^n};$ $a^1 = a; a^0 = 1; (a^n)^m = a^{n \cdot m}; \sqrt[n]{a^n} = a$ | |
| Радиус-вектор и его модуль | $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k};$ $ \vec{r} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ | i, j, k – единичные векторы (орты) |
| Скалярное произведение векторов | $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{a} \cdot \vec{b} \cdot \cos \alpha;$ $\vec{a} \cdot \vec{b} = x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2$ | α – угол между векторами; x, y, z – их координаты |
| Векторное произведение векторов | $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$ или $\vec{c} = [\vec{a} \vec{b}];$ $ \vec{c} = \vec{a} \cdot \vec{b} \sin \alpha$ |  |
| Сложение векторов |  | |
| Вычитание векторов |  | |

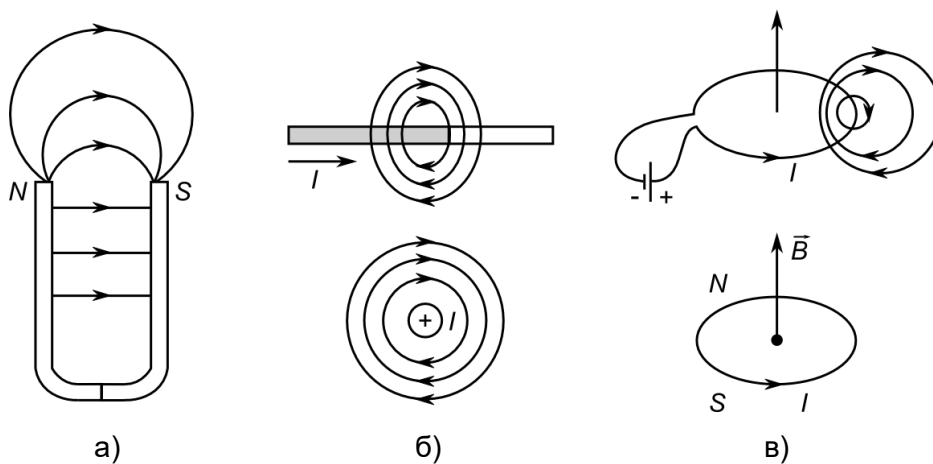
Визуальные модели некоторых физических понятий



Угловая скорость

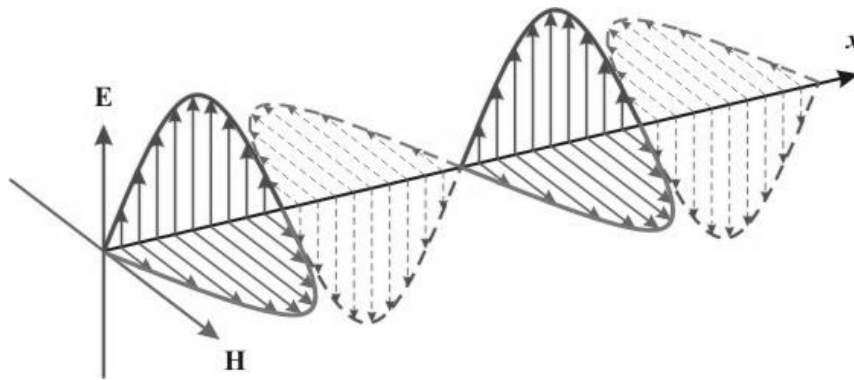


Электрическое поле точечных зарядов

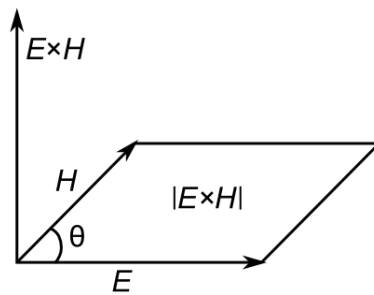


Магнитное поле:

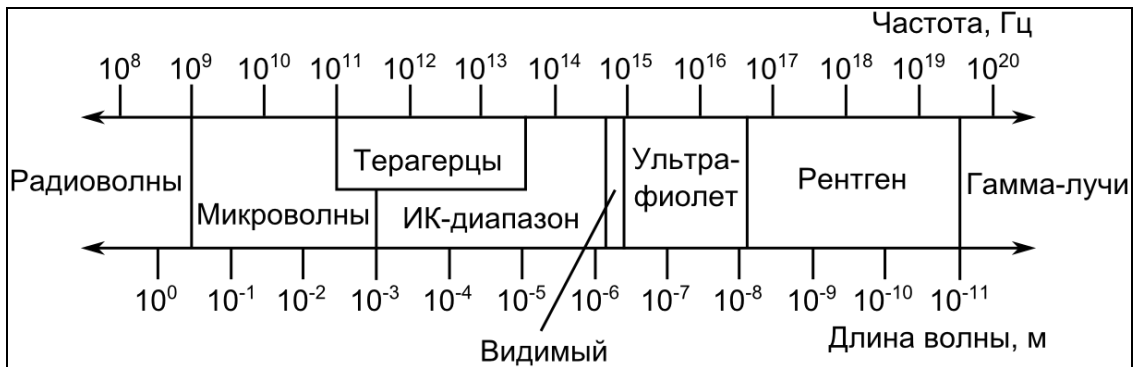
а) постоянного магнита; б) прямого тока; в) кругового тока



Электромагнитная волна



Вектор Умова – Пойнтинга



Спектр электромагнитных волн

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

| Период | Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | | |
| I | H 1,00797 Водород | He 4,0026 Гелий | | | | H 1,00797 Водород | He 4,0026 Гелий | | | | Обозначение элемента Li Литий | Атомный номер 3 6,939 |
| II | Li 6,939 Литий | Be 9,0122 Бериллий | B 10,811 Бор | C 12,01115 Углерод | N 14,0067 Азот | O 15,9994 Кислород | F 18,9984 Фтор | Ne 20,179 Неон | | | | Относительная атомная масса |
| III | Na 22,9898 Натрий | Mg 24,305 Магний | Al 26,9815 Алюминий | Si 28,086 Кремний | P 30,9738 Фосфор | S 32,064 Сера | Cl 35,453 Хлор | Ar 39,948 Аргон | | | | |
| IV | K 39,102 Калий | Ca 40,08 Кальций | Sc 44,956 Скандий | Ti 47,90 Титан | V 50,942 Ванадий | Cr 51,996 Хром | Mn 54,9380 Марганец | Fe 55,847 Железо | Co 58,9330 Кобальт | Ni 58,71 Никель | | |
| | Cu 63,546 Медь | Zn 65,37 Цинк | Ga 69,72 Галлий | Ge 72,59 Германий | As 74,9216 Мышьяк | Se 78,96 Селен | Br 79,904 Бром | Kr 83,80 Криптон | | | | |
| V | Rb 85,47 Рубидий | Sr 87,62 Стронций | Y 88,905 Иттрий | Zr 91,22 Цирконий | Nb 92,906 Ниобий | Mo 95,94 Молибден | Tc [99] Технеций | Ru 101,07 Рутений | Rh 102,905 Родий | Pd 106,4 Палладий | | |
| | Ag 107,868 Серебро | Cd 112,40 Кадмий | In 114,82 Индий | Sn 118,69 Олово | Sb 121,75 Сурьма | Te 127,60 Теллур | I 126,9044 Иод | Xe 131,30 Ксенон | | | | |
| VI | Cs 132,905 Цезий | Ba 137,34 Барий | La* 138,91 Лантан | Hf 178,49 Гафний | Ta 180,948 Тантал | W 183,85 Вольфрам | Re 186,2 Рений | Os 190,2 Осмий | Ir 192,2 Иридий | Pt 195,09 Платина | | |
| | Au 196,967 Золото | Hg 200,59 Ртуть | Tl 204,37 Таллий | Pb 207,19 Свинец | Bi 208,980 Висмут | Po [210]* Полоний | At [210] Астат | Rn [222] Радон | | | | |
| VII | Fr [223] Франций | Ra [226] Радий | Ac** [227] Актиний | Rf [261] Резерфордий | Db [262] Дубний | Sg [263] Сиборгий | Bh [262] Борий | Hs [265] Хассий | Mt [266] Мейтнерий | 110 | | |
| Лантаны | Ce 140,12 Церий | Nd 144,24 Неодим | Pm [147]* Прометий | Eu 151,96 Европий | Gd 157,25 Гадолиний | Tb 162,50 Тербий | Dy 164,930 Диспрозий | Ho 167,26 Эрбий | Tm 168,934 Тулий | Yb 173,04 Иттербий | Lu 174,97 Лютеций | |
| Актины | Th 232,038 Торий | U 238,03 Уран | Np [237] Нептуний | Am [243] Америций | Cm [247] Кюрий | Bk [252]* Берклий | Cf [254] Калифорний | Es [257] Эйнштейний | Fm [257] Фермий | Md [257] Менделевий | No [259] Нобелий | Lr [261] Лоренсий |

Образец оформления титульного листа лабораторной работы

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ИНСТИТУТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ Б. П. БУГАЕВА»**

Кафедра ЕНД

Группа: АБ-17-1

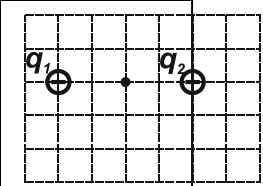
Иванова Дарья Петровна

Отчет о выполнении лабораторной работы № __
«Изучение закона Ома»

К работе допущен:

Работа выполнена:

Теория зачтена:



Учебно-методическое пособие

ПОДЫМОВ
ЛЕОНИД ИГОРЕВИЧ

ФИЗИКА

Редактор *М. Т. Любимова*
Компьютерная верстка *И. А. Ерёминой*

Подписано в печать 11.12.2018. Формат 60×90/16.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 5,0.
Тираж 25 экз. Заказ № 480.

РИО и типография УИ ГА. 432071, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8