

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А.А. Ежевского  
КАФЕДРА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ФИЗИКИ

Бузунова М.Ю., Вржащ Е.Э.

## **ФИЗИКА**

# **Методические указания и контрольные задания для самостоятельной работы студентов – заочников инженерных направлений подготовки**

Иркутск  
2018

УДК 53(072)  
ББК 22.3

Рецензент:  
д.т.н., профессор Кузнецов Б.Ф.  
(кафедра электрооборудования и физики ИрГАУ)

**Бузунова М.Ю., Вржащ Е.Э.,**  
**Физика. Методические указания и контрольные задания для самостоятельной работы студентов – заочников инженерных направлений подготовки – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2018, – 46 с.**

Методические указания рекомендованы для самостоятельной работы студентов базового уровня бакалавриата заочной формы обучения всех направлений подготовки энергетического и инженерного факультетов ИрГАУ, а также для самостоятельной работы студентов всех форм обучения, при подготовке к контрольным работам, тестированию и экзаменам по физике.

© Бузунова М.Ю., Вржащ Е.Э. 2018.  
© Иркутский государственный аграрный университет, 2018.

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Настоящие методические указания включают в себя, контрольные задания, справочный материал по физике и предназначены для студентов заочной формы обучения базового уровня бакалавриата всех направлений подготовки энергетического и инженерного факультетов ИрГАУ.

Указания могут быть рекомендованы также для самостоятельной подготовки студентов очной формы обучения инженерных специальностей при подготовке к контрольным работам, тестированию и экзаменам по физике.

Данные указания представляют собой исправленные, переработанные и дополненные методические указания и контрольные задания для студентов–заочников инженерных специальностей, изданные 2010 г. (авт. Вржаш Е.Э., Макрилина Л.Н.).

Основной формой обучения студента – заочника является самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы организуются чтение лекций и лабораторно – практические занятия. Контрольные работы позволяют закрепить теоретический материал курса, а рецензии на работу помогают студенту доработать и правильно освоить различные разделы курса физики.

Контрольные работы распределены следующим образом:

- 1) Физические основы механики.
- 2) Молекулярная физика и термодинамика.
- 3) Электричество. Магнитные явления.
- 4) Оптика. Элементы квантовой теории. Основы атомной и ядерной физики.

*Вариант задания контрольной работы определяется в соответствии с последней цифрой шифра (номера зачетной книжки) по таблице для контрольных работ. Если, например, последняя цифра 5, то во всех контрольных работах студент решает задачи, номера которых заканчиваются на 5, 15, 25, ... .*

**При выполнении контрольных работ необходимо соблюдать следующие правила:**

- 1) указывать на титульном листе номер контрольной, наименование дисциплины, фамилию и инициалы студента, шифр и домашний адрес;
- 2) *контрольную работу следует выполнять аккуратно, оставляя поля для замечаний рецензента;*
- 3) *каждая следующая задача должна начинаться с новой страницы, условия задач переписываются полностью без сокращений, а заданные физические величины выписать отдельно, при этом все величины должны быть переведены в одну систему единиц;*
- 4) для пояснения решения задачи там, где это нужно, сделать чертеж;
- 5) решение задачи и используемые формулы должны сопровождаться пояснениями;

- 6) в пояснениях к задаче необходимо указывать те основные законы и формулы, на которых базируется решение данной задачи;
- 7) задачу рекомендуется решить сначала в общем виде, т. е. только в буквенных обозначениях, поясняя применяемые при написании формул буквенные обозначения;
- 8) вычисления следует проводить с помощью подстановки заданных числовых величин в расчетную формулу. Все необходимые числовые значения величин должны быть выражены в СИ;
- 9) проверить единицы полученных величин по расчетной формуле и тем самым подтвердить ее правильность;
- 10) константы физических величин и другие справочные данные выбирать из таблиц;
- 11) при вычислениях по возможности использовать микрокалькулятор, точность расчета определять числом значащих цифр исходных данных;
- 12) в контрольной работе следует указывать учебники и учебные пособия, которые использовались при решении задач.

Контрольные работы, оформленные без соблюдения указанных правил, а также работы, выполненные не по своему варианту, не зачитывают.

Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с не зачтенной.

Зачтенные контрольные работы предъявляются экзаменатору. Студент должен быть готов во время экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

## 1. Физические основы механики

Кинематика материальной точки. Относительность механического движения. Системы отсчета. Основные понятия механики: материальная точка, траектория, перемещение, путь, скорость, ускорение. Кинематика движения по криволинейной траектории. Тангенциальное и нормальное ускорения. Движение по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение и их связь с линейными характеристиками движения. Преобразования Галилея. Классический закон сложения скоростей.

Динамика материальной точки. Взаимодействие материальных тел. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Масса. Сила. Уравнения движения. Принцип относительности Галилея. Фундаментальные взаимодействия в природе. Силы в классической механике. Закон всемирного тяготения. Свойства сил тяжести, упругости, трения.

Законы сохранения в механике. Понятие замкнутой системы. Импульс материальной точки, системы материальных точек. Закон сохранения и изменения импульса. Реактивное движение. Работа сил. Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения энергии в механике. Момент импульса материальной точки и системы материальных точек. Момент силы. Закон сохранения и изменения момента импульса.

Динамика вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси. Момент инерции твердых тел разной формы. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела.

Колебательное движение. Гармонические колебания. Скорость и ускорение гармонических колебаний. Простейшие механические колебательные системы (груз на пружине, физический и математический маятники). Энергия гармонических колебаний. Сложение колебаний. Затухающие колебания и их характеристики. Вынужденные колебания, явление резонанса.

Элементы гидро – и аэродинамики. Движение идеальной жидкости, поле скоростей, линии и трубки тока. Уравнение Бернулли. Ламинарные и турбулентные потоки. Течение вязкой жидкости, формула Пуазейля.

## 2. Молекулярная физика и термодинамика

Основные представления молекулярно – кинетической теории (МКТ). Статистический и термодинамический подходы. Термодинамические параметры. Опытные газовые законы. Идеальный газ. Основное уравнение МКТ. Уравнение состояния идеального газа. Распределение молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла). Барометрическая формула и распределение молекул в поле потенциальных сил (распределение Больцмана). Явления переноса: диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.

Основы термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа. Работа термодинамической системы. Первый закон (начало) термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Количество теплоты. Теплоемкость. Число степеней свободы молекул. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия тепловых машин. Энтропия. Второй закон (начало) термодинамики.

Реальные газы и жидкости. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Переход из газообразного состояния в жидкое. Критические параметры. Сжижение газов.

### **3. Электричество и магнетизм**

Электростатика. Электрический заряд. Закон Кулона. Напряженность электрического поля (ЭП). Принцип суперпозиции. Потенциал. Разность потенциалов. Связь между напряженностью и потенциалом ЭП. Диполь. Электрическое поле диполя. Дипольный момент. Проводники в ЭП. Распределение зарядов на проводнике. ЭП внутри и вне проводника. Электростатическая защита. Поток вектора напряженности ЭП. Теорема Гаусса. Приложения теоремы Гаусса к расчету полей. Потенциальный характер ЭП. Работа по перемещению заряда в ЭП. Диэлектрики в ЭП. Механизмы поляризации. Электрическая емкость. Конденсаторы. Энергия ЭП. Плотность энергии ЭП.

Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока. Закон Ома для участка цепи и замкнутого контура. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Закон Ома в дифференциальной форме. Классическая электронная теория электропроводности металлов и ее опытные доказательства. Закон Джоуля – Ленца. Вывод законов Ома, Джоуля – Ленца и Видемана – Франца в электронной форме. Закон Ома для неоднородного участка цепи в интегральной форме (обобщенный закон Ома). Разветвленные электрические цепи. Правила Кирхгофа. Контактная разность потенциалов. Термоэлектронная эмиссия. Электрический ток в газах. Электрический ток в полупроводниках.

Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Закон Ампера. Закон Био – Савара – Лапласа. Применение закона Био – Савара - Лапласа к расчету магнитного поля. Магнитное взаимодействие параллельных проводников с током. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока (циркуляция вектора напряженности магнитного поля). Магнитное поле тороида и соленоида. Магнитное поле движущегося заряда. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле. Циклотрон. Магнитный поток. Работа, совершаемая при перемещении проводника с током в магнитном поле. Явление магнитной индукции. Правило Ленца. Вывод основного закона электромагнитной индукции из закона сохранения энергии. Индуктивность контура и соленоида. Самоиндукция. Взаимная индукция. Трансформатор. Энергия магнитного поля. Магнитное поле в веществе. Диа-, пара- и ферромагнетики. Кривая намагничивания. Гистерезис. Понятие об уравнениях Максвелла (обобщенной теоремы Максвелла).

### **4. Оптика. Колебания и волны**

Электромагнитная природа света. Уравнение волны. Оптический и видимый диапазоны электромагнитных волн. Интерференция света. Условия интерференционных максимумов и минимумов. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников. Интерференция в тонких пленках. Просветление оптики. Практическое применение интерференции. Интерферометры.

Дифракция света. Принцип Гюйгенса – Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция плоских волн (дифракция Фраунгофера). Дифракция на щели. Дифракционная решетка. Пространственная решетка. Формула Вульфа – Брэгга. Поляризация света.

Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Стефана – Больцмана, Вина. Квантовый характер излучения. Формула Планка. Вывод из формулы Планка законов Стефана – Больцмана и Вина.

Внешний фотоэффект и его законы. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.

## **5. Элементы квантовой теории. Основы атомной и ядерной физики**

Волновые свойства вещества. Формула де Бройля. Дифракция электронов. Соотношение неопределенностей. Границы применимости классической механики. Квантовая механика и ее основная величина – волновая функция. Уравнение Шредингера. Приложения квантовой механики.

Ядерная модель атома. Опыт Резерфорда по рассеянию  $\alpha$  - частиц. Дискретные уровни энергии. Модель атома водорода по Бору. Квантовые числа. Принцип Паули и принцип минимума энергии. Строение многоэлектронных атомов.

Атомное ядро: его состав и основные характеристики. Энергия связи атомных ядер. Дефект массы. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Искусственная радиоактивность. Деление тяжелых ядер. Цепная реакция. Ядерный реактор. Термоядерные реакции.

## Контрольная работа 1

Вариант	Номера задач					
0	110	120	130	140	150	160
1	101	111	121	131	141	151
2	102	112	122	132	142	152
3	103	113	123	133	143	153
4	104	114	124	134	144	154
5	105	115	125	135	145	155
6	106	116	126	136	146	156
7	107	117	127	137	147	157
8	108	118	128	138	148	158
9	109	119	129	139	149	159

**101.** Материальная точка движется согласно уравнению

$$x = A + Bt + Ct^3, \quad \text{где} \quad A = 2\text{ м}, \quad B = 1\text{ м/с}, \quad C = -0,5\text{ м/с}^3.$$

Найти координату  $x$ , скорость и ускорение точки в момент времени  $t = 2\text{ с}$ .

**102.** Прямолинейное движение точки описывается уравнением  $s = 4t^4 + 2t^2 + 7$ . Найти скорость и ускорение точек в момент времени  $t = 2\text{ с}$  и среднюю скорость за первые две секунды движения.

**103.** По прямой линии движутся две материальные точки согласно уравнениям:  $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$  и  $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$ , где

$$A_1 = 10\text{ м}; \quad B_1 = 1\text{ м/с}; \quad C_1 = -2\text{ м/с}^2; \quad A_2 = 3\text{ м}; \quad B_2 = 2\text{ м/с}; \quad C_2 = 0,2\text{ м/с}^2.$$

В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковы? Найти ускорения этих точек в момент  $t = 3\text{ с}$ .

**104.** Определить полное ускорение в момент  $t = 3\text{ с}$  точки, находящейся на ободе колеса радиусом  $R = 0,5\text{ м}$ , вращающегося согласно уравнению  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 2\text{ рад/с}$ ;  $B = 0,2\text{ рад/с}^3$ .

**105.** Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения имеет вид  $x = At + Bt^3$ , где  $A = 3\text{ м/с}$ ;  $B = 0,06\text{ м/с}^3$ . Найти скорость и ускорение точки в моменты времени  $t_1 = 0$  и  $t_2 = 3\text{ с}$ . Каковы средние значения скорости и ускорения за первые  $3\text{ с}$  движения?

**106.** Диск радиусом  $R=0,2$  м вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A=3 \text{ рад}$ ;  $B=-1 \text{ рад/с}$ ;  $C=0,1 \text{ рад/с}^3$ .

Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска для момента времени  $t = 10$  с.

**107.** Материальная точка движется по окружности радиус, которой  $20$  м. Зависимость пути, пройденного точкой, от времени выражается уравнением  $s = t^3 + 4t^2 - t + 8$ . Определить пройденный путь, угловую скорость и угловое ускорение точки через  $3$  с от начала ее движения.

**108.** Автомобиль движется по закруглению шоссе, имеющему радиус кривизны  $100$  м. Закон движения автомобиля выражается уравнением  $s = 100 + 10t - 0,5t^2$ . Найти скорость автомобиля, его тангенциальное, нормальное и полное ускорение в конце пятой секунды.

**109.** Материальная точка движется по окружности радиуса  $1$  м согласно уравнению  $s = 8t - 0,2t^3$ . Найти скорость, тангенциальное, нормальное и полное ускорение в момент времени  $3$  с.

**110.** Тело вращается равноускоренно с начальной угловой скоростью  $5 \text{ с}^{-1}$  и угловым ускорением  $1 \text{ с}^{-2}$ . Сколько оборотов сделает тело за  $10$  с?

**111.** С покоящимся шаром массой  $2$  кг сталкивается такой же шар, движущийся со скоростью  $1$  м/с. Вычислить работу, совершенную вследствие деформации при прямом центральном неупругом ударе.

**112.** Масса снаряда  $10$  кг, масса ствола орудия  $500$  кг. При выстреле снаряд получает кинетическую энергию  $1,5 \cdot 10^6$  Дж. Какую кинетическую энергию получает ствол орудия вследствие отдачи?

**113.** Конькобежец массой  $60$  кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $2$  кг со скоростью  $10$  м/с. На какое расстояние откатится при этом конькобежец, если коэффициент трения коньков о лед  $0,02$ .

**114.** Молекула водорода, двигающаяся со скоростью  $400$  м/с, подлетает к стенке сосуда под углом  $60^\circ$  и упруго ударяется о нее. Определить импульс, полученный стенкой. Принять массу молекул равной  $3 \cdot 10^{-27}$  кг.

**115.** Стальной шарик массой  $50$  г упал с высоты  $1$  м на большую плиту, передав ей импульс силы, равный  $0,27 \text{ Н} \cdot \text{с}$ . Определить количество теплоты, выделившегося при ударе и высоту, на которую поднимается шарик.

**116.** Снаряд массой 200 кг, летящий со скоростью 300 м/с, попадает в мишень с песком массой 100 кг и застревает в ней. С какой скоростью и в каком направлении будет двигаться мишень после попадания снаряда в следующих случаях: 1) мишень была неподвижна; 2) мишень двигалась в одном направлении со снарядом со скоростью 72 км/ч; 3) мишень двигалась навстречу снаряду со скоростью 72 км/ч.

**117.** Снаряд летит с горизонтальной скоростью 600 м/с и разбивается на два осколка. Один из осколков большей массы летит по горизонтали, а другой массой в 2 раза меньше первого движется после разрыва под углом  $30^\circ$  к горизонту. Какова скорость второго осколка?  $v_1 = 800 \text{ м/с}$ .

**118.** Человек массой 70 кг, бегущий со скоростью 9 км/ч, догоняет тележку массой 190 кг, движущуюся со скоростью 3,6 км/ч, и вскакивает на нее. С какой скоростью будет двигаться тележка с человеком, если человек до прыжка бежал навстречу тележке?

**119.** По небольшому куску мягкого железа, лежащему на наковальне массой 300 кг, ударяет молот массой 8 кг. Определить К.п.д. удара, если удар неупругий. Полезной считать энергию, пошедшую на деформацию куска железа.

**120.** Определить К.п.д. неупругого удара бойка массой 0,5 т, падающего на сваю массой 120 кг. Полезной считать энергию, пошедшую на вбивание сваи.

**121.** При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх пуля массой  $m=20$  г поднялась на высоту  $h=5$  м. Определить жесткость пружины пистолета, если она была сжата на  $x=10$  см. Массой пружины пренебречь.

**122.** Из ствола автоматического пистолета вылетела пуля массой  $m_1 = 10$  г со скоростью  $v = 300$  м/с. Затвор пистолета массой  $m_2 = 200$  г прижимается к стволу пружиной, жесткость которой  $k = 25$  кН/м. На какое расстояние отойдет затвор после выстрела? Считать, что пистолет жестко закреплен.

**123.** Пружина жесткостью  $k = 500$  Н/м сжата силой  $F = 100$  Н. Определить работу внешней силы, дополнительно сжимающей эту пружину еще на  $\Delta l = 2$  см.

**124.** Какую нужно совершить работу, чтобы пружину жесткостью  $k = 800$  Н/м, сжатую на  $x = 6$  см, дополнительно сжать на  $\Delta x = 8$  см?

**125.** Из пружинного пистолета с жесткостью пружины  $k = 150$  Н/м был произведен выстрел пулей массой  $m = 8$  г. Определить скорость пули при вылете из пистолета, если пружина была сжата на  $\Delta x = 4$  см.

**126.** Какое нормальное ускорение должен иметь искусственный спутник на высоте, равной половине земного радиуса, чтобы он мог обращаться вокруг Земли по круговой траектории?

**127.** Центробежное ускорение, с которым движется искусственный спутник Земли, равно  $9,2 \text{ м/с}^2$ . На какой высоте над поверхностью Земли движется спутник?

**128.** Спутник вращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом 1700 км. Определить его линейную скорость и период обращения, если радиус Земли равен 6400 км.

**129.** Спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите на высоте 520 км. Определить период обращения спутника.

**130.** Определить линейную и угловую скорости спутника Земли на высоте 300 км, приняв орбиту спутника за круговую.

**131.** Тело массой 5 кг поднимают с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Определить работу силы в течение первых пяти секунд.

**132.** Определить работу, совершаемую при подъеме груза массой 50 кг по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  к горизонту на расстояние 4 м, если время подъема 2 с, а коэффициент трения  $\mu = 0,06$ .

**133.** Тело массой 5 кг падает с высоты 20 м. Определить сумму потенциальной и кинетической энергий тела в точке, находящейся от поверхности Земли на высоте 5 м. Трением тела о воздух пренебречь.

**134.** Тело, падая с некоторой высоты, в момент соприкосновения с Землей обладает импульсом  $100 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$  и кинетической энергией 500 Дж. Определить: 1) с какой высоты тело падало; 2) массу тела.

**135.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на какой высоте  $h$  кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии.

**136.** Шар диаметром 6 см катится без скольжения по горизонтальной плоскости, делая 4 оборота в секунду. Масса шара 0,25 кг. Найти кинетическую энергию катящегося шара.

**137.** Сплошной цилиндр массой 4 кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости. Линейная скорость оси цилиндра равна 1 м/с. Определить полную кинетическую энергию цилиндра.

**138.** Вычислить кинетическую энергию вала диаметром 0,3 м, вращающегося с частотой 200 об/мин, если масса его  $2 \cdot 10^3$  кг.

**139.** Обруч и сплошной цилиндр имеют одинаковую массу по 2 кг и катятся с одинаковой скоростью 5 м/с. Найти кинетические энергии этих тел.

**140.** Снаряд, имеющий форму цилиндра массой 30 кг и диаметром 6 см, движется со скоростью 400 м/с и вращается с частотой 500 об/с. Найти его полную кинетическую энергию.

**141.** Сплошной цилиндр массой 0,1 кг катится без скольжения с постоянной скоростью 4 м/с. Определить кинетическую энергию цилиндра, время до его остановки, если на него действует сила трения 0,1 Н.

**142.** Сплошной шар скатывается по наклонной плоскости, длина которой 1 м и угол наклона  $30^\circ$ . Определить скорость шара в конце наклонной плоскости. Трение шара о плоскость не учитывать.

**143.** Полый цилиндр массой 1 кг катится по горизонтальной поверхности со скоростью 10 м/с. Определить силу, которую необходимо приложить к цилиндру, чтобы остановить его на пути 2 м.

**144.** Маховик, имеющий форму диска массой 10 кг и радиусом 0,1 м, был раскручен до частоты  $120 \text{ мин}^{-1}$ . Под действием силы трения диск остановился через 10 с. Найти момент сил трения, считая его постоянным.

**145.** Маховик, массу которого 6 кг можно считать распределенной по ободу радиусом 18 см, вращается на валу со скоростью, соответствующей 600 об/мин. Под действием тормозящего момента  $10 \text{ Н} \cdot \text{м}$  маховик останавливается. Найти, через сколько времени он остановился, какое число оборотов он совершил за это время.

**146.** По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром 75 см и массой 40 кг приложена сила 1 кН. Определить угловое ускорение и частоту вращения маховика через 10 с после начала действия силы, если радиус шкива равен 12 см. Силой трения пренебречь.

**147.** На обод маховика диаметром 60 см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 2 кг. Определить момент инерции маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время 3 с приобрел угловую скорость 9 рад/с.

**148.** Стержень вращается вокруг оси, проходящей через его середину, согласно уравнению  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 2$  рад/с,  $B = 0,2$  рад/с<sup>3</sup>. Определить вращающий момент, действующий на стержень через 2 с после начала вращения, если момент инерции стержня  $0,048 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

**149.** На краю платформы и в виде диска диаметром 2 м, вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси с частотой  $8 \text{ мин}^{-1}$ , стоит человек массой 70 кг. Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться с частотой  $10 \text{ мин}^{-1}$ . Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

**150.** Платформа в виде диска диаметром 3 м и массой 180 кг может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массой 70 кг со скоростью 1,8 м/с относительно платформы?

**151.** Амплитуда гармонического колебания равна 5 см, период 4 с. Найти максимальную скорость колеблющейся точки и ее максимальное ускорение.

**152.** Уравнение движения точки дано в виде  $x = 2 \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ см}$ . Найти:

1) период колебаний, 2) максимальную скорость точки, 3) ее максимальное ускорение.

**153.** Материальная точка массой 10 г колеблется по уравнению  $x = 5 \sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ см}$ . Найти максимальную силу, действующую на точку, и полную энергию колеблющейся точки.

**154.** На пружине подвешено тело массой 2 кг. Какой коэффициент упругости пружины, если тело колеблется с частотой 6 Гц?

**155.** Однородный диск радиусом 0,4 м колеблется в вертикальной плоскости около горизонтальной оси. Ось перпендикулярна диску и проходит через его край. Как изменится период колебания диска, если ось перенести к центру параллельно самой себе на расстояние  $3/4$  радиуса от прежнего положения?

**156.** Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой 20 мм, периодом 2 с и начальной фазой  $30^\circ$ . Найти скорость и ускорение для времени 1 с, а также максимальные скорость и ускорение.

**157.** Точка совершает гармонические колебания с амплитудой  $A = 10\text{ см}$  и периодом  $T = 5\text{ с}$ . Определить для точки: 1) максимальную скорость; 2) максимальное ускорение.

**158.** Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, уравнения которых  $x=8\sin 2t$  и  $y=4\cos 2t$ . Написать уравнение траектории и построить ее. Показать направление движения точки.

**159.** Материальная точка массой  $m = 0,1\text{ г}$  колеблется согласно уравнению  $x=5\sin 2t$ . Определить максимальные значения возвращающей силы и кинетической энергии точки.

**160.** Определить частоту простых гармонических колебаний диска радиусом  $20\text{ см}$  около горизонтальной оси, проходящей через середину радиуса диска перпендикулярно его плоскости.

### Контрольная работа 2

Вариант	Номера задач					
0	210	220	230	240	250	260
1	201	211	221	231	241	251
2	202	212	222	232	242	252
3	203	213	223	233	243	253
4	204	214	224	234	244	254
5	205	215	225	235	245	255
6	206	216	226	236	246	256
7	207	217	227	237	247	257
8	208	218	228	238	248	258
9	209	219	229	239	249	259

**201.** Определить количество вещества и число молекул кислорода массой  $0,5\text{ кг}$ .

**202.** Вода при  $4^{\circ}\text{ С}$  занимает объем  $1\text{ см}^3$ . Определить количество вещества и число молекул воды.

**203.** Найти молярную массу и массу одной молекулы поваренной соли ( $\text{NaCl}$ ).

**204.** Определить количество вещества водорода, заполняющего сосуд объемом  $3\text{ л}$ , если концентрация молекул газа в сосуде  $2 \cdot 10^{18}\text{ м}^{-3}$ .

**205.** В баллоне емкостью 3 л содержится кислород массой 10 г. Определить концентрацию молекул газа.

**206.** В баллоне находится газ при температуре 400 К. До какой температуры надо нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в 1,5 раза?

**207.** В сосуде, имеющем форму шара, радиус которого 0,1 м, находится 56 г азота. До какой температуры можно нагреть сосуд, если его стенки выдерживают давление  $5 \cdot 10^5$  Па?

**208.** Вычислить плотность азота, находящегося в баллоне под давлением 2 МПа и имеющего температуру 400 К.

**209.** Найти плотность азота при температуре 400 К и давлении 2 МПа.

**210.** Определить плотность водяного пара, находящегося под давлением 2,5 кПа и имеющего температуру 250 К.

**211.** Определить внутреннюю энергию водорода, а также среднюю кинетическую энергию молекулы этого газа при температуре 300 К, если количество вещества этого газа равно 0,5 моль.

**212.** Определить суммарную кинетическую энергию поступательного движения всех молекул газа, находящегося в сосуде вместимостью 3 л под давлением 540 кПа.

**213.** Молярная внутренняя энергия некоторого двухатомного газа равна 6,02 кДж/моль. Определить среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы этого газа. Газ считать идеальным.

**214.** Определить среднюю кинетическую энергию одной молекулы водяного пара при температуре 500 К.

**215.** Водород находится при температуре 300 К. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы, а также суммарную кинетическую энергию всех молекул этого газа; количество водорода 0,5 моль.

**216.** При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы газа равна  $4,14 \cdot 10^{-21}$  Дж?

**217.** Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 0,20 г водорода при температуре 27 °С.

**218.** Давление идеального газа 10 мПа, концентрация молекул  $8 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ . Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы и температуру газа.

**219.** Кислород массой 1 кг находится при температуре 320 К. Определите: 1) внутреннюю энергию молекул кислорода; 2) среднюю кинетическую энергию вращательного движения молекул кислорода. Газ считайте идеальным.

**220.** Чему равна энергия вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре  $7^{\circ} \text{C}$ ?

**221.** Определить среднюю длину свободного пробега молекул кислорода, находящегося при температуре  $0^{\circ} \text{C}$ , если среднее число столкновений, испытываемых молекулой в 1 с, равно  $3,7 \cdot 10^9$ .

**222.** При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул водорода равна 2,5 см, если температура газа равна  $67^{\circ} \text{C}$ ? Диаметр молекулы водорода примите равным 0,28 нм.

**223.** Средняя длина свободного пробега молекул водорода при нормальных условиях составляет 0,1 мкм. Определите среднюю длину их свободного пробега при давлении 0,1 мПа, если температура газа остается постоянной.

**224.** Определить: 1) плотность воздуха в сосуде; 2) концентрацию его молекул; 3) среднюю длину свободного пробега молекул, если сосуд откачан до давления 0,13 Па. Диаметр молекул воздуха примите равным 0,27 нм. Температура воздуха 300 К.

**225.** В сосуде, объем которого 1 л, содержится 5 г идеального газа под давлением  $0,5 \cdot 10^5$  Па. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.

**226.** Кислород находится при температуре  $47^{\circ} \text{C}$ . Определить: 1) кинетическую энергию одной молекулы; 2) среднюю квадратичную скорость молекул.

**227.** Определить среднюю арифметическую скорость молекул идеального газа, плотность которого при давлении 35 кПа составляет  $0,3 \text{ кг/м}^3$ .

**228.** Средняя квадратичная скорость некоторого газа при нормальных условиях равна 480 м/с. Сколько молекул содержит 1 г этого газа?

**229.** В баллоне вместимостью 10 л находится гелий массой 2 г. Определить среднюю длину свободного пробега молекул гелия. Диаметр молекулы принять равным 0,19 нм.

**230.** Определить среднюю квадратичную скорость молекул аргона, находящегося под давлением 0,1 МПа, если известно, что средняя длина свободного пробега его молекул 0,1 мкм. Диаметр молекулы аргона принять равным 0,29 нм.

**231.** Определить молярную массу двухатомного газа и его удельные теплоемкости если известно, что разность  $c_p - c_v$  удельных теплоемкостей этого газа равна 260 Дж/(кг·К).

**232.** Найти удельные  $c_p$  и  $c_v$ , а также молярные  $C_p$  и  $C_v$  теплоемкости углекислого газа.

**233.** Определить показатель адиабаты  $\gamma$  идеального газа, который при температуре 350 К и давлении 0,4 МПа занимает объем 300л и имеет теплоемкость  $C_v = 857$  Дж/К.

**234.** В сосуде вместимостью 6 л находится при нормальных условиях двух атомный газ. Определить теплоемкость  $C_v$  этого при постоянном объеме.

**235.** Вычислить удельные теплоемкости газа, зная, что его молярная масса  $4 \cdot 10^{-3}$  кг/моль и отношение теплоемкостей  $C_p / C_v = 1,67$ .

**236.** Определить удельные теплоемкости  $c_v$  и  $c_p$ , если известно, что некоторый двухатомный газ при нормальных условиях имеет плотность 1,43 кг/м<sup>3</sup>.

**237.** Считая азот идеальным газом, определить его удельную теплоемкость: 1) для изохорного процесса; 2) для изобарного процесса.

**238.** Найти молярную массу среды, для которой удельная изобарная теплоемкость  $c_p = 1820$  Дж/(кг·К) и изохорная  $c_v = 1360$  Дж/(кг·К).

**239.** Определить число степеней свободы молекул и молярные теплоемкости  $C_p$  и  $C_v$  газа, если его показатель адиабаты равен 1,4.

**240.** Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем 5 л. Вычислить теплоемкость  $C_v$  этого газа при постоянном объеме.

**241.** Определить какое количество теплоты необходимо сообщить аргону массой 400 г, чтобы нагреть его на 100 К: 1) при постоянном объеме; 2) при постоянном давлении.

**242.** Работа расширения некоторого двухатомного идеального газа составляет 2 кДж. Определить количество подведенной к газу теплоты, если процесс протекал: 1) изотермически; 2) изобарно.

**243.** Какое количество теплоты выделится, если азот массой 1 г, взятый при температуре 280 К под давлением  $p_1 = 0,1$  МПа, изотермически сжать до давления  $p_2 = 1$  МПа?

**244.** Водород занимает объем  $10 \text{ м}^3$  при давлении  $p_1 = 0,1$  МПа. Его нагрели при постоянном объеме до давления  $p_2 = 0,3$  МПа. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную им, и теплоту, сообщенную газу.

**245.** Газ, занимающий объем 12 л под давлением 100 кПа, был изобарно нагрет от температуры  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 400$  К. Определить работу расширения газа.

**246.** Расширяясь, водород совершил работу 6 кДж. Определить количество теплоты, подведенное к газу, если процесс протекал: 1) изобарно; 2) изотермически.

**247.** Азот массой 14 г сжимают изотермически при температуре 300 К от давления 100 кПа до давления 500 кПа. Определить: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) работу сжатия; 3) количество выделившейся теплоты.

**248.** Водород массой 4 г был нагрет на  $\Delta T = 10 \text{ К}$  при постоянном давлении. Определить работу расширения газа.

**249.** Гелий массой 1 г был нагрет на  $\Delta T = 100 \text{ К}$  при постоянном давлении. Определить: 1) количество теплоты, переданное газу; 2) работу расширения; 3) изменение внутренней энергии газа.

**250.** Кислород при неизменном давлении 80 кПа нагревается. Его объем увеличивается от  $V_1 = 1 \text{ м}^3$  до  $V_2 = 3 \text{ м}^3$ . Определить: 1) изменение внутренней энергии кислорода; 2) работу, совершенную им при расширении; 3) количество теплоты, сообщенное газу.

**251.** Совершая цикл Карно, газ отдал холодильнику 0,25 теплоты, полученной от нагревателя. Определить температуру холодильника, если температура нагревателя 400 К.

**252.** При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу 1000 Дж. Температура нагревателя 500 К, температура холодильника 300 К. Определить количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

**253.** В результате кругового процесса газ совершил работу 2 кДж и передал холодильнику количество теплоты 8,4 кДж. Определить КПД цикла.

**254.** Газ, совершающий цикл Карно,  $3/4$  теплоты, полученной от нагревателя, отдает холодильнику. Температура холодильника  $0^{\circ}\text{C}$ . Определить температуру нагревателя.

**255.** Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, имеет температуру нагревателя  $227^{\circ}\text{C}$ , температуру холодильника  $127^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз нужно увеличить температуру нагревателя, чтобы КПД машины увеличился в 3 раза?

**256.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя  $500\text{ K}$ , холодильника  $300\text{ K}$ . Работа изотермического расширения газа составляет  $2\text{ кДж}$ . Определить: 1) термический КПД цикла; 2) количество теплоты, отданное газом при изотермическом сжатии холодильнику.

**257.** Идеальный газ, совершающий цикл Карно,  $70\%$  количества теплоты, полученного от нагревателя, отдает холодильнику. Количество теплоты, получаемое от нагревателя, равно  $5\text{ кДж}$ . Определить: 1) термический КПД цикла; 2) работу, совершенную при полном цикле.

**258.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Газ получил от нагревателя количество теплоты  $5,5\text{ кДж}$  и совершил работу  $1,1\text{ кДж}$ . Определить: 1) термический КПД цикла; 2) отношение температур нагревателя и холодильника.

**259.** Идеальный газ совершает цикл Карно при температурах холодильника  $290\text{ K}$  и нагревателя  $400\text{ K}$ . Во сколько раз увеличится термический КПД цикла, если температура нагревателя возрастет до  $T_1^1 = 600\text{ K}$  ?

**260.** Газ, совершающий цикл Карно, отдал холодильнику количество теплоты  $14\text{ кДж}$ . Определить температуру нагревателя, если при температуре холодильника  $280\text{ K}$  работа цикла  $6\text{ кДж}$ .

### Контрольная работа 3

Вариант	Номера задач				
0	310	320	330	340	350
1	301	311	321	331	341
2	302	312	322	332	342
3	303	313	323	333	343
4	304	314	324	334	344
5	305	315	325	335	345
6	306	316	326	336	346
7	307	317	327	337	347
8	308	318	328	338	348
9	309	319	329	339	349

**301.** Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин плотностью  $0,8 \text{ г/см}^3$ . Какой должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же? Диэлектрическая проницаемость керосина  $\varepsilon = 2$ .

**302.** В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые положительные заряды  $Q = 2 \text{ нКл}$ . Какой отрицательный заряд  $Q_1$  необходимо поместить в центр треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравновесила силы отталкивания положительных зарядов?

**303.** Свинцовый шарик ( $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$ ). Диаметр  $0,5 \text{ см}$  помещен в глицерин ( $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$ ). Определить заряд шарика, если в однородном электростатическом поле шарик оказался взвешенным в глицерине. Электростатическое поле направлено вертикально вверх, и его напряженность  $E = 4 \text{ кВ/см}$ .

**304.** Два шарика массой  $m = 0,1 \text{ г}$  каждый подвешены в одной точке на нитях длиной  $l = 20 \text{ см}$  каждая. Получив одинаковый заряд, шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол  $\alpha = 60^\circ$ . Найти заряд каждого шарика.

**305.** Расстояние между двумя точечными зарядами  $Q_1 = 1 \text{ мкКл}$  и  $Q_2 = -Q_1$  равно  $10 \text{ см}$ . Определить силу  $F$ , действующую на точечный заряд  $Q = 0,1 \text{ мкКл}$ , удаленный на  $r_1 = 6 \text{ см}$  от первого и на  $r_2 = 8 \text{ см}$  от второго заряда.

**306.** Определить напряженность электростатического поля в точке А, расположенной вдоль прямой, соединяющей заряды  $Q_1 = 10 \text{ нКл}$  и  $Q_2 = -8$

нКл и находящейся на расстоянии  $r = 8$  см от отрицательного заряда. Расстояние между зарядами  $l = 20$  см.

**307.** Две одноименно заряженные бесконечно протяженные плоскости отталкиваются с силой  $F = 5,1$  Н/м<sup>2</sup> на единицу площади. Найти поверхностную плотность заряда  $\sigma$  на плоскостях.

**308.** Расстояние  $l$  между зарядами  $Q = \pm 2$  нКл равно 25 см. Определить напряженность  $E$  поля, созданного этими зарядами в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 15$  см от первого и на расстоянии  $r_2 = 20$  см от второго заряда.

**309.** Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью с постоянной линейной плотностью  $\tau = 1$  нКл/см. Какую скорость приобретет электрон, приблизившись под действием внешних сил вдоль линии напряженности с расстояния  $r_1 = 1,5$  см до  $r_2 = 1$  см?

**310.** Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно одноименными зарядами с поверхностной плотностью соответственно  $\sigma_1 = 2$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 4$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность электростатического поля: 1) между плоскостями; 2) за пределами плоскостей.

**311.** Электростатическое поле создается бесконечным цилиндром радиусом 8 мм, равномерно заряженным с линейной плотностью  $\tau = 10$  нКл/м. Определить разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии  $r_1 = 2$  мм и  $r_2 = 7$  мм от поверхности этого цилиндра.

**312.** Электростатическое поле создается сферой радиусом  $R = 5$  см, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между двумя точками поля, лежащими на расстояниях  $r_1 = 10$  см и  $r_2 = 15$  см от центра сферы.

**313.** Определить ускоряющую разность потенциалов  $U$ , которую должен пройти в электрическом поле электрон, обладающий скоростью  $v = 10^6$  м/с, чтобы скорость его возросла в 2 раза.

**314.** Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d = 0,5$  см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 0,2$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = -0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов  $U$  между плоскостями.

**315.** Сто одинаковых капель ртути, заряженных до потенциала  $\varphi = 20\text{В}$ , сливаются в одну большую каплю. Каков потенциал образовавшейся капли? Плотность ртути равна  $13,6\text{ г/см}^3$ .

**316.** Какую требуется совершить работу, чтобы две находящиеся в воздухе частички, имеющие одинаковые заряды по  $3\text{ мкКл}$ , сблизить до  $20\text{ см}$ , если первоначально расстояние между ними было  $60\text{ см}$ ?

**317.** Две параллельные заряженные плоскости, поверхностные плотности заряда которых  $\sigma_1 = 2\text{ мкКл/м}^2$  и  $\sigma_2 = -0,8\text{ мкКл/м}^2$ , находятся на расстоянии  $d = 0,6\text{ см}$  друг от друга. Определить разность потенциалов  $U$  между плоскостями.

**318.** Пылинка массой  $0,2\text{ мг}$ , несущая на себе заряд  $Q = 40\text{ нКл}$ , влетела в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов  $U = 200\text{ В}$  пылинка имела скорость  $v = 10\text{ м/с}$ . Определить скорость  $v_0$  пылинки до того, как она влетела в поле.

**319.** Электрон, обладающий кинетической энергией  $T = 10\text{ эВ}$ , влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов  $U = 8\text{ В}$ ?

**320.** Заряд  $1\text{ нКл}$  притянулся к бесконечной плоскости, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 0,2\text{ мкКл/м}^2$ . На каком расстоянии от плоскости находился заряд, если работа сил поля по его перемещению равна  $1\text{ мкДж}$ ?

**321.** Конденсаторы емкостью  $C_1 = 5\text{ мкФ}$  и  $C_2 = 10\text{ мкФ}$  заряжены до напряжений  $U_1 = 60\text{ В}$  и  $U_2 = 100\text{ В}$  соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одноименные заряды.

**322.** Конденсатор емкостью  $C_1 = 10\text{ мкФ}$  заряжен до потенциала  $U = 10\text{ В}$ . Определить заряд на обкладках этого конденсатора после того, как параллельно ему был подключен другой, незаряженный конденсатор емкостью  $C_2 = 20\text{ мкФ}$ .

**323.** Конденсаторы емкостями  $C_1 = 2\text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 5\text{ мкФ}$  и  $C_3 = 10\text{ мкФ}$  соединены последовательно и находятся под напряжением  $U = 850\text{ В}$ . Определить напряжение и заряд на каждом из конденсаторов.

**324.** Электроемкость  $C$  плоского конденсатора равна  $1,5$  мкФ. Расстояние  $d$  между пластинами равно  $5$  мм. Какова будет электроемкость  $C$  конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной  $d = 3$  мм ( $\varepsilon=3$ ).

**325.** Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка ( $\varepsilon=7$ ). Конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U_1 = 100$  В. Какова будет разность потенциалов  $U_2$ , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?

**326.** К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов  $U_1 = 500$  В. Площадь пластин  $S = 200$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d_1 = 1,5$  мм. Пластины раздвинули до расстояния  $d_2 = 15$  мм. Найти энергию  $W_1$  и  $W_2$  конденсатора до и после раздвижения пластин, если источник перед раздвижением: 1) отключался; 2) не отключался.

**327.** Два конденсатора емкостями  $C_1 = 5$  мкФ и  $C_2 = 8$  мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 80$  В. Определить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$  конденсаторов и разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  между их обкладками.

**328.** Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов  $300$  В. Площадь пластин  $S = 1$  см<sup>2</sup>, напряженность поля в зазоре между ними  $E = 300$  кВ/м. Определить поверхностную плотность заряда на пластинах, емкость и энергию конденсатора.

**329.** Конденсатор емкостью  $6$  мкФ последовательно соединен с конденсатором неизвестной емкости и они подключены к источнику постоянного напряжения  $12$  В. Определить емкость второго конденсатора и напряжения на каждом конденсаторе, если заряд батареи  $24$  мкКл.

**330.** Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора  $U = 100$  В. Площадь каждой пластины  $S = 200$  см<sup>2</sup>, расстояние между пластинами  $d = 0,5$  мм, пространство между ними заполнено парафином ( $\varepsilon = 2$ ). Определить силу притяжения пластин друг к другу.

**331.** Плотность тока в никелиновом проводнике длиной  $25$  м равна  $1$  МА/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов на концах проводника.

**332.** Определить плотность тока, текущего по проводнику длиной  $5$  м, если на концах его поддерживается разность потенциалов  $2$  В. Удельное сопротивление материала  $\rho = 2$  мкОм·м.

**333.** Напряжение на концах проводника сопротивлением 5 Ом за 0,5 с равномерно возрастает от 0 до 20 В. Какой заряд проходит через проводник за это время.

**334.** Температура вольфрамовой нити электролампы  $2000^{\circ}\text{C}$ , диаметр 0,02 мм, сила тока в ней 4 А. Определить напряженность поля в нити.

**335.** На концах никелинового проводника длиной 5 м поддерживается разность потенциалов 12 В. Определить плотность тока в проводнике, если его температура  $540^{\circ}\text{C}$ .

**336.** Через лампу накаливания течет ток, равный 0,6 А. Температура вольфрамовой нити диаметром 0,1 мм равна  $2200^{\circ}\text{C}$ . Ток подводится медным проводом сечением  $6\text{ мм}^2$ . Определить напряженность электрического поля: 1) в вольфраме (удельное сопротивление при  $0^{\circ}\text{C}$   $\rho_0 = 55\text{ нОм}\cdot\text{м}$ , температурный коэффициент сопротивления  $\lambda = 0,0045^{\circ}\text{C}^{-1}$ ); 2) в меди ( $\rho = 17\text{ нОм}\cdot\text{м}$ ).

**337.** По алюминиевому проводу сечением  $S = 0,2\text{ мм}^2$  течет ток  $I = 0,2\text{ А}$ . Определить силу, действующую на отдельные свободные электроны со стороны электрического поля. Удельное сопротивление алюминия  $\rho = 26\text{ нОм}\cdot\text{м}$ .

**338.** Определить плотность тока в железном проводнике длиной 10 м, если провод находится под напряжением 6 В, удельное сопротивление железа  $\rho = 98\text{ нОм}\cdot\text{м}$ .

**339.** Определить плотность тока, если за 2 с через проводник сечением  $S = 1,6\text{ мм}^2$  прошло  $2 \cdot 10^{19}$  электронов.

**340.** По медному проводу сечением  $S = 0,3\text{ мм}^2$  течет ток 0,3 А. Определить силу, действующую на отдельные свободные электроны со стороны электрического поля. Удельное сопротивление меди  $\rho = 17\text{ нОм}\cdot\text{м}$ .

**341.** Внутреннее сопротивление аккумулятора 1 Ом. При силе тока 2 А его КПД равен 0,8. Определить электродвижущую силу аккумулятора.

**342.** Определить электродвижущую силу аккумуляторной батареи, ток короткого замыкания которой 10 А, если при подключении к ней резистора 2 Ом сила тока в цепи равна 1 А.

**343.** Электродвижущая сила аккумулятора автомобиля 12 В. При силе тока 3 А его КПД равен 0,8. Определить внутреннее сопротивление аккумулятора.

**344.** ЭДС батареи 80 В, внутреннее сопротивление 5 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность 100 Вт. Определить силу тока в цепи, напряжение под которым находится, внешняя цепь и ее сопротивление.

**345.** ЭДС батареи 24 В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея,  $I_{max} = 10\text{А}$ . Определить максимальную мощность  $P_{max}$ , которая может развиваться во внешней цепи.

**346.** При включении электромотора в сеть с напряжением 220 В он потребляет ток 5 А. Определить мощность, потребляемую мотором, и его КПД, если сопротивление обмотки мотора равно 6 Ом.

**347.** Два цилиндрических проводника одинаковой длины и одинакового сечения, один из меди, а другой из железа, соединены параллельно. Определить отношение мощностей токов для этих проводников. Удельные сопротивления меди и железа равны соответственно 17 и 98 нОМ·м.

**348.** ЭДС батареи аккумуляторов равна 12 В, сила тока короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

**349.** К батарее аккумуляторов, ЭДС которой равна 2 В и внутреннее сопротивление 0,5 Ом, присоединен проводник. Определить: 1) сопротивление проводника, при котором мощность, выделяемая в нем, максимальна; 2) мощность, которая при этом выделяется в проводнике.

**350.** При силе тока  $I_1 = 3\text{ А}$  во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность  $P_1 = 18\text{ Вт}$ , при силе тока  $I_2 = 1\text{ А}$  выделяется мощность  $P_2 = 10\text{ Вт}$ . Определить ЭДС и внутреннее сопротивление батареи.

## Контрольная работа 4

Вариант	Номера задач						
0	410	420	430	440	450	460	470
1	401	411	421	431	441	451	461
2	402	412	422	432	442	452	462
3	403	413	423	433	443	453	463
4	404	414	424	434	444	454	464
5	405	415	425	435	445	455	465
6	406	416	426	436	446	456	466
7	407	417	427	437	447	457	467
8	408	418	428	438	448	458	468
9	409	419	429	439	449	459	469

**401.** Обмотка соленоида содержит два слоя плотно прилегающих друг к другу витков провода диаметром  $d = 0,2$  мм. Определить магнитную индукцию  $B$  на оси соленоида, если по проводу идет ток  $I = 0,5$  А.

**402.** По двум кольцевым проводникам, имеющим общий центр, текут в одном направлении токи 2,5 А и 4 А. Радиусы кольцевых проводников 7 и 9 см. Угол между плоскостями кольцевых проводников  $60^\circ$ . Определить напряженность магнитного поля в общем центре колец.

**403.** Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного провода, в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии  $R = 4$  см от его середины. Длина отрезка провода  $l = 20$  см, а сила тока в проводе  $I = 10$  А.

**404.** Определить индукцию магнитного поля в центре проволочной квадратной рамке со стороной  $a = 15$  см, если по рамке течет ток  $I = 5$  А.

**405.** По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам, находящимся на расстоянии  $R = 10$  см друг от друга в вакууме, текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А одинакового направления. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого токами в точках, лежащих на прямой, соединяющей оба провода, если: 1) точка  $C$  лежит на расстоянии  $r_1 = 2$  см левее левого провода; 2) точка  $D$  лежит на расстоянии  $r_2 = 3$  см правее правого провода; 3) точка  $G$  лежит на расстоянии  $r_3 = 4$  см правее левого провода.

**406.** По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми  $d = 20$  см, текут токи  $I_1 = 40$  А и  $I_2 = 80$  А в одном направлении. Определить магнитную индукцию  $B$  поля в точке  $A$ , удаленной от первого проводника на расстоянии  $r_1 = 12$  см и от второго на  $r_2 = 16$  см.

**407.** Определить магнитную индукцию в центре кругового проволочного витка радиусом  $R = 10$  см, по которому течет ток  $I = 1$  А.

**408.** По кольцевому медному проводнику протекает ток 30 А. В центре контура с током создается магнитное поле напряженностью 30 А/м. Определить разность потенциалов на концах проводника, если его поперечное сечение  $3 \text{ мм}^2$ . Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**409.** По двум длинным параллельным проводам текут в одном направлении токи 20 и 50 А. Определить напряженность магнитного поля в точке, удаленной от первого провода на 8 см и от второго на 20 см. Расстояние между проводами 12 см.

**410.** По кольцевому проводнику радиусом 20 см течет ток 50 А. Параллельно плоскости кольцевого проводника на расстоянии 3 см проходит прямой длинный проводник с током 30 А. Определить величину напряженности в центре кольца.

**411.** Соленоид длиной 10 см и диаметром 4 см содержит 20 витков на каждом сантиметре длины. Определить магнитный момент соленоида, если сила тока в нем равна 2 А.

**412.** Проволочное кольцо с током, диаметр которого 15 см, имеет магнитный момент  $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ . Определить силу тока в кольце и напряженность магнитного поля в его центре.

**413.** Определить радиус плоской катушки, имеющей 40 витков, если при силе тока 3,5 А она имеет магнитный момент  $1,33 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

**414.** По витку радиусом 10 см течет ток 50 А. Виток помещен в однородное магнитное поле напряженностью 100 А/м. Определить вращающий (механический) момент, действующий на виток, если плоскость витка составляет угол  $60^\circ$  с линиями напряженности.

**415.** В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл находится квадратная рамка с током 0,4 А. Плоскость рамки составляет с направлением поля угол  $60^\circ$ . Определить вращающий момент, действующий на рамку, если сторона ее равна 2 см.

**416.** Электрон с энергией 0,5 кэВ пролетает в вакууме через однородное магнитное поле напряженностью 3000 А/м перпендикулярно полю. Определить скорость электрона, силу Лоренца и радиус кривизны траектории движения электрона в поле.

- 417.** Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Скорость электрона  $v = 4 \cdot 10^7$  м/с. Индукция магнитного поля равна 1 мТл. Чему равно нормальное ускорение электрона в магнитном поле?
- 418.** Контур из провода, изогнутого в форме квадрата со стороной  $a = 0,5$  м, расположен в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $I = 5$  А так, что две его стороны параллельны проводу. Сила тока в контуре  $I_1 = 1$  А. Определить силу, действующую на контур, если ближайшая к проводу сторона контура находится на расстоянии  $b = 10$  см.
- 419.** Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 0,5$  кВ, движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии  $r = 1$  см от него. Определить силу, действующую на электрон, если через проводник пропустить ток  $I = 10$  А.
- 420.** Электрон, влетев в однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $B = 2$  мТл, движется по круговой орбите радиусом  $R = 15$  см. Определить магнитный момент  $p_m$  кругового тока.
- 421.** Определить магнитный поток сквозь площадь поперечного сечения катушки (без сердечника), имеющей на каждом сантиметре длины  $n = 8$  витков. Радиус соленоида  $r = 2$  см, сила тока в нем  $I = 2$  А.
- 422.** В однородное магнитное поле напряженностью  $H = 100$  кА/м помещена квадратная рамка со стороной  $a = 10$  см. Плоскость рамки составляет с направлением магнитного поля угол  $\varphi = 30^\circ$ . Определить магнитный поток, пронизывающий рамку.
- 423.** В однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл) равномерно с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup> вращается рамка, содержащая  $N = 1200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить максимальную ЭДС, индуцируемую в рамке.
- 424.** Катушка длиной  $l = 50$  см и диаметром  $d = 5$  см содержит  $N = 200$  витков. По катушке течет ток  $I = 1$  А. Определить: 1) индуктивность катушки; 2) магнитный поток, пронизывающий площадь ее поперечного сечения.
- 425.** Длинный соленоид индуктивностью  $L = 4$  мГн содержит  $N = 600$  витков. Площадь поперечного сечения соленоида  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Определить магнитную индукцию поля внутри соленоида, если сила тока по его обмотки, равна 6 А.

- 426.** Рамка площадью  $20 \text{ см}^2$ , содержащая 10 витков, равномерно вращается с частотой  $10 \text{ с}^{-1}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $0,04 \text{ Тл}$ . Определить максимальную ЭДС, индуцируемую в рамке, если ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции.
- 427.** В магнитном поле, индукция которого  $5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ , вращается стержень длиной  $1 \text{ м}$  с постоянной угловой скоростью  $20 \text{ рад/с}$ . Ось вращения проходит через конец стержня и параллельна силовым линиям магнитного поля. Найти ЭДС индукции, возникающую на концах стержня.
- 428.** В плоскости, перпендикулярной однородному магнитному полю напряженностью  $2 \cdot 10^5 \text{ А/м}$  вращается стержень длиной  $0,4 \text{ м}$  относительно оси, проходящей через его середину. В стержне индуцируется электродвижущая сила, равная  $0,2 \text{ В}$ . Определить угловую скорость стержня.
- 429.** Катушка из 100 витков площадью  $15 \text{ см}^2$  вращается с частотой  $5 \text{ Гц}$  в однородном магнитном поле индукцией  $0,2 \text{ Тл}$ . Ось вращения перпендикулярна оси катушки и линиям индукции поля. Определить максимальную электродвижущую силу индукции в катушке.
- 430.** Рамка, содержащая  $N = 200$  витков тонкого провода, может свободно вращаться относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Площадь рамки  $50 \text{ см}^2$ . Ось рамки перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,05 \text{ Тл}$ ). Определить максимальную ЭДС, которая индуцируется в рамке при ее вращении с частотой  $n = 40 \text{ с}^{-1}$ .
- 431.** На дифракционную решетку падает нормально параллельный пучок белого света. Спектры третьего и четвертого порядка частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре четвертого порядка накладывается граница ( $\lambda = 780 \text{ нм}$ ) спектра третьего порядка?
- 432.** На дифракционную решетку, содержащую 600 штрихов на миллиметр, падает нормально белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определить ширину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана  $L = 1,2 \text{ м}$ . Границы видимого спектра:  $\lambda_{\text{кр}} = 780 \text{ нм}$ ,  $\lambda_{\text{ф}} = 400 \text{ нм}$ .
- 433.** Постоянная дифракционной решетки в 4 раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на ее поверхность. Определить угол  $\varphi$  между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.

- 434.** Расстояние между штрихами дифракционной решетки  $d = 4$  мкм. На решетку нормально падает свет с длиной волны  $\lambda = 0,58$  мкм. Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?
- 435.** На дифракционную решетку нормально падает свет с длиной волны 600 нм. Определить наибольший порядок спектра, полученный с помощью этой решетки, если ее постоянная 2 мкм.
- 436.** Определить число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу  $30^\circ$  соответствует максимум четвертого порядка для монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм.
- 437.** Монохроматический свет нормально падает на дифракционную решетку. Определить угол дифракции, соответствующий максимуму четвертого порядка, если максимуму третьего порядка соответствует угол  $18^\circ$ .
- 438.** На дифракционную решетку, содержащую 500 штрихов на 1 мм, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определить ширину спектра первого порядка на экране, если расстояние  $L$  от линзы до экрана равно 3 м. Границы видимого спектра  $\lambda_{кр.} = 780$  нм,  $\lambda_{ф} = 400$  нм.
- 439.** Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda = 0,6$  мкм) максимум пятого порядка наблюдается под углом  $\varphi = 18^\circ$ ?
- 440.** Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картине максимум второго порядка отклонен на угол  $\varphi_1 = 14^\circ$ . На какой угол  $\varphi_2$  отклонен максимум третьего порядка?
- 441.** Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из вольфрамового электрода, освещаемого ультрафиолетовым светом с длиной волны 0,2 мкм.
- 442.** Катод вакуумного фотоэлемента освещается светом с длиной волны 0,38 мкм. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов равной 1,4 В. Найти работу выхода электронов из катода.
- 443.** Цинковый электрод освещается монохроматическим светом. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов 0,4 В. Вычислить длину волны света, применявшегося при освещении.

**444.** Красной границе фотоэффекта соответствует длина волны 0,332 мкм. Найти длину монохроматической световой волны, падающей на электрод, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной 0,4 В.

**445.** На поверхность калия падает свет с длиной волны 150 нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов.

**446.** Какова должна быть длина волны  $\gamma$ -излучения, падающего на платиновую пластинку, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была 3 Мм/с?

**447.** На металлическую пластинку направлен пучок ультрафиолетового излучения с длиной волны 0,25 мкм. Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов 0,96 В. Определить работу выхода электронов из металла.

**448.** На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны 0,1 мкм. Красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 0,3$  мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

**449.** На металл падает рентгеновское излучение с длиной волны 1 нм. Пренебрегая работой выхода, определить максимальную скорость фотоэлектронов.

**450.** На металлическую пластинку направлен монохроматический пучок света с частотой  $\nu = 7,3 \cdot 10^{14}$  Гц. Красная граница фотоэффекта для данного материала  $\lambda_0 = 560$  нм. Определить максимальную скорость фотоэлектронов.

**451.** Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если  $5/8$  начального количества ядер этого изотопа распалось за 849 с.

**452.** Определить, какая доля радиоактивного изотопа  ${}_{89}^{225}\text{Ac}$  распадается в течение 6 суток. Период полураспада этого изотопа составляет 10 суток.

**453.** Определить постоянную радиоактивного распада  $\lambda$  для изотопов: 1) тория  ${}_{90}^{229}\text{Th}$ ; 2) урана  ${}_{92}^{238}\text{U}$ ; 3) йода  ${}_{53}^{131}\text{I}$ . Период полураспада этих изотопов равен: 1)  $7 \cdot 10^3$  лет; 2)  $4,5 \cdot 10^9$  лет; 3) 8 сут.

454. Найти среднюю продолжительность жизни  $\tau$  атома радиоактивного изотопа кобальта  ${}_{27}^{60}\text{Co}$ . Период полураспада этого изотопа составляет 5,3 года.

455. Определить, что (и во сколько раз) продолжительнее - три периода полураспада или два средних времени жизни радиоактивного ядра.

456. Определить, какая часть (%) начального количества ядер радиоактивного изотопа останется не распавшейся по истечении времени  $t$ , равного двум средним временам жизни  $\tau$  радиоактивного ядра.

457. Период полураспада радиоактивного изотопа актиния  ${}_{89}^{225}\text{Ac}$  составляет 10 суток. Определить время, за которое распадается  $1/3$  начального количества ядер актиния.

458. Постоянная радиоактивного распада  $\lambda$  для изотопа  ${}_{82}^{210}\text{Pb}$  равна  $10^{-9} \text{ с}^{-1}$ . Определить время, в течение которого распадается  $2/5$  начального количества ядер этого радиоактивного изотопа.

459. Определить, какая часть начального количества ядер радиоактивного изотопа распадается за время  $t$ , равное двум периодам полураспада.

460. Из каждого миллиона атомов радиоактивного изотопа каждую секунду распадается 200 атомов. Определить период полураспада изотопа

461. Найти энергию, выделяющуюся при реакции  ${}_{3}^{7}\text{Li} + {}_{1}^{2}\text{H} \rightarrow {}_{4}^{8}\text{Be} + {}_{0}^{1}\text{n}$ .

462. Найти энергию ядерной реакции  ${}_{4}^{9}\text{Be} + {}_{1}^{2}\text{H} \rightarrow {}_{5}^{10}\text{B} + {}_{0}^{1}\text{n}$ .

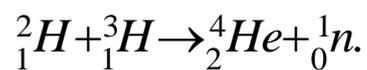
463. Вычислить энергию ядерной реакции  ${}_{3}^{6}\text{Li} + {}_{1}^{2}\text{H} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{2}^{4}\text{He}$ .

464. Вычислить энергию ядерной реакции  ${}_{4}^{9}\text{Be} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{0}^{1}\text{n}$ .  
Выделяется или поглощается энергия?

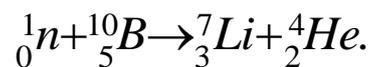
465. Вычислить энергию ядерной реакции  ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{1}^{2}\text{H} \rightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{2}^{4}\text{He}$ .  
Выделяется или поглощается энергия при этой реакции?

466. Вычислить энергию ядерной реакции  ${}_{2}^{4}\text{He} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{1}^{1}\text{p} + {}_{3}^{7}\text{Li}$ .

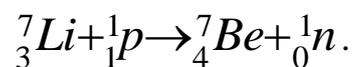
467. Вычислить энергию ядерной реакции



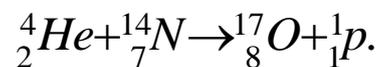
468. Вычислить энергию ядерной реакции



469. Вычислить энергию ядерной реакции



470. Вычислить энергию ядерной реакции



# ПРИЛОЖЕНИЕ №1

## ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

### 1. Физические основы механики

Средняя путевая скорость

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Мгновенная скорость и мгновенное ускорение

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t}; \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

Тангенциальное и нормальное ускорения

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}; \quad a_n = \frac{v^2}{R}$$

Полное ускорение

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau; \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Кинематические уравнения равнопеременного поступательного движения

$$\begin{cases} v = v_0 \pm at, \\ s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} \end{cases}$$

Угловая скорость и угловое ускорение

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}; \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

Кинематические уравнения равнопеременного вращательного движения

$$\begin{cases} \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t, \\ \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}. \end{cases}$$

Связь между линейными и угловыми величинами при вращательном движении

$$s = R \cdot \varphi; \quad v = R \cdot \omega;$$

$$a_\tau = R\varepsilon; \quad a_n = \omega^2 \cdot R.$$

Импульс (количество движения)

$$p = mv.$$

Второй закон Ньютона

$$F = ma = \frac{dp}{dt}.$$

Сила трения скольжения

$$F_{mp} = \mu N.$$

Сила упругости

$$F = -kx.$$

Сила тяжести

$$P = mg.$$

Сила гравитационного взаимодействия

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Закон сохранения импульса (для замкнутой системы)

$$\vec{p} = \sum m_i \vec{v}_i = \text{const.}$$

Работа переменной силы на участке траектории 1-2

$$A = \int_1^2 F \cos \alpha dx.$$

Мгновенная мощность

$$N = \frac{dA}{dt}, \quad N = Fv.$$

Кинетическая энергия

$$T = \frac{mv^2}{2}.$$

Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью земли

$$\Pi = mgh.$$

Потенциальная энергия упругодеформированного тела

$$\Pi = \frac{kx^2}{2}.$$

Закон сохранения механической энергии (для консервативной системы)

$$T + \Pi = E = \text{const.}$$

Скорость шаров массами  $m_1$  и  $m_2$  после абсолютно упругого центрального удара

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2};$$

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}.$$

Скорость шаров после абсолютно неупругого удара

$$v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}.$$

Момент инерции материальной точки

$$J = mr^2.$$

Моменты инерции полого и сплошного цилиндров (или диска) относительно оси симметрии

$$J = mR^2; \quad J = \frac{1}{2}mR^2.$$

Момент инерции шара относительно оси, проходящей через центр шара

$$J = \frac{2}{5}mR^2.$$

Момент инерции тонкого стержня относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину

$$J = \frac{1}{12}ml^2.$$

Теорема Штейнера

$$J = J_c + ma^2.$$

Кинетическая энергия вращающегося тела относительно неподвижной оси

$$T_{\text{вр}} = \frac{J\omega^2}{2}.$$

Модуль момента силы

$$M = Fl.$$

Момент импульса твердого тела относительно неподвижной оси

$$L = J\omega.$$

Уравнение динамики вращательного движения твердого тела

$$M = J\varepsilon.$$

Закон сохранения момента импульса

$$L = J\omega = \text{const.}$$

## 2. Основы молекулярной физики и термодинамики

Количество вещества

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}.$$

Уравнение Клапейрона- Менделеева для произвольной массы газа

$$pV = \frac{m}{M}RT = \nu RT.$$

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

$$p = \frac{1}{3}nm_0\langle v_{\text{кв}} \rangle^2.$$

Средняя квадратичная скорость молекулы

$$\langle v_{кв} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

Средняя арифметическая скорость молекулы

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}.$$

Наиболее вероятная скорость молекулы

$$v_с = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}.$$

Средняя длина свободного пробега молекул

$$\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}.$$

Среднее число столкновений

$$\langle z \rangle = \sqrt{2}\pi d^2 n \langle v \rangle.$$

Зависимость давления газа от концентрации молекул и от температуры

$$p = nkT.$$

Средняя кинетическая энергия одной молекулы, приходящаяся на все степени свободы

$$\langle E \rangle = \frac{i}{2} kT.$$

Внутренняя энергия произвольной массы газа

$$U = \nu \frac{i}{2} RT = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT.$$

Первое начало термодинамики

$$\delta Q = dU + \delta A.$$

Молярная теплоемкость газа при постоянном объеме и постоянном давлении

$$C_V = \frac{i}{2} R; \quad C_P = \frac{i+2}{2} R.$$

Работа при изменении его объема

$$dA = pdV.$$

Работа газа при изобарном расширении

$$A = p(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1).$$

Работа газа при изотермическом расширении

$$A = Q = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Уравнения адиабатного процесса (уравнение Пуассона)

$$pV^\gamma = const;$$

$$TV^{\gamma-1} = const;$$

$$T^\gamma p^{1-\gamma} = const.$$

$$T^\gamma p^{1-\gamma} = const.$$

Работа газа при адиабатном расширении

$$A = \frac{m}{\mu} C_V (T_1 - T_2).$$

Термический КПД цикла Карно

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad \text{или} \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

### 3. Электричество и магнетизм

Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2}.$$

Напряженность электрического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_0}.$$

Напряженность поля:  
точечного заряда

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2};$$

бесконечно длинной заряженной  
нити

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 \epsilon r};$$

равномерно заряженной  
бесконечной плоскости

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon};$$

Между двумя разноименно  
заряженными бесконечными  
плоскостями

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}.$$

Работа по перемещению заряда в  
электрическом поле

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Потенциал поля точечного заряда

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r}.$$

Связь между потенциалом  
электрического поля и его  
напряженностью

$$E = -\text{grad}\varphi,$$

в случае однородного поля

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d}.$$

Электрическая емкость уединенного  
проводника

$$C = \frac{Q}{\varphi}.$$

Электрическая емкость шара

$$C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R.$$

Электрическая емкость плоского  
конденсатора

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}.$$

Электрическая емкость параллельно  
и последовательно соединенных  
конденсаторов

$$C = \sum_{i=1}^n C_i; \quad \frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}.$$

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{QU}{2} = \frac{Q^2}{2C}.$$

Объемная плотность энергии  
электрического поля

$$\varpi = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{Ed}{2}.$$

Сила тока

$$I = \frac{dQ}{dt}.$$

Плотность тока

$$j = \frac{I}{S}.$$

Электросопротивление однородного  
проводника

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

Общее сопротивление соединения  
проводников:

а) последовательного

$$R_{об} = \sum_{i=1}^n R_i;$$

б) параллельного

$$\frac{1}{R_{об}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}.$$

Зависимость удельного сопротивления металлического проводника от температуры

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Закон Ома для однородного участка цепи

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}.$$

Закон Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}.$$

Закон Ома в дифференциальной форме

$$j = \gamma E = \frac{1}{\rho} E.$$

Мощность тока

$$P = \frac{dA}{dt} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

Закон Джоуля – Ленца

$$dQ = IU dt = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt.$$

Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме

$$\varpi = jE = \gamma E^2.$$

Магнитный момент рамки с током

$$p_m = IS.$$

Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}.$$

Закон Био-Савара-Лапласа

$$dB = \frac{1}{4\pi} \frac{\mu_0 \mu I \sin \alpha}{r^2} dl.$$

Магнитная индукция:

в центре кругового тока

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R};$$

Поля бесконечно длинного прямого тока

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r};$$

поля, созданного отрезком проводника с током

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi r} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2);$$

поля бесконечно длинного соленоида

$$B = \mu_0 \mu n I.$$

Величина силы Ампера

$$F_A = IlB \sin \alpha.$$

Величина механического момента, действующего на контур с током, помещенный в магнитное поле

$$M = P_m B \sin \alpha.$$

Величина силы Лоренца

$$F = qvB \sin \alpha.$$

Работа по перемещению контура с током в магнитном поле

$$A = I \Delta \Phi.$$

Магнитный поток однородного магнитного поля через площадку  $S$

$$\Phi = BS \cos \alpha.$$

Закон электромагнитной индукции

$$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\psi}{dt}.$$

Потокоцепление контура с током

$$\psi = LI.$$

Электродвижущая сила самоиндукции

$$\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt}.$$

Индуктивность соленоида

$$L = \mu_0 \mu n^2 V.$$

Энергия магнитного поля

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

Объемная плотность энергии магнитного поля

$$W_m = \frac{BH}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0\mu} = \frac{\mu_0\mu H^2}{2}.$$

### 3. Колебания и волны

Уравнение гармонического колебания

$$s = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

Период колебаний маятников: пружинного

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}};$$

физического

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}};$$

математического

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

формула Томсона

$$T = 2\pi \sqrt{LC}.$$

Длина волны

$$\lambda = \nu T.$$

### 4. Оптика. Элементы атомной и ядерной физики

Условия интерференционных максимумов и минимумов

$$\Delta = \pm m\lambda_0 \quad (m=0,1,2,\dots);$$

$$\Delta = \pm (2m+1)\frac{\lambda_0}{2} \quad (m=0,1,2,\dots).$$

Условие главных максимумов дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = \pm m\lambda \quad (m=1,2,3,\dots).$$

Закон Малюса

$$I = I_0 \cos^2 \alpha.$$

Закон Стефана – Больцмана

$$R = \sigma T^4.$$

Закон смещения Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}.$$

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$h\nu = A + \frac{m\nu_{\max}^2}{2}.$$

Энергия и импульс фотона

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda};$$

$$p_\gamma = \frac{\varepsilon}{c} = \frac{h\nu}{c}.$$

Обобщенная формула Бальмера

$$\nu = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

Энергия электрона в водородоподобном атоме

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{Z^2 m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \quad (n=1,2,3,\dots)$$

Энергия связи нуклонов в ядре

$$E_{св} = [Zm_p + (A-Z)m_n - m_я]c^2,$$

в Дж.

$$E_{св} = 931 [Zm_p + (A-Z)m_n - m_я],$$

в МэВ

Дефект массы

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n] - m_я.$$

Энергия ядерной реакции

$$Q = c^2(m_1 + m_2 - \Sigma m_i'), \text{ в Дж.}$$

$$Q = 931(m_1 + m_2 - \Sigma m_i'), \text{ в МэВ.}$$

Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \text{ или}$$

$$N = N_0 2^{-t/T}.$$

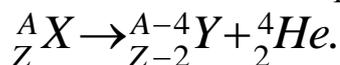
Период полураспада

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

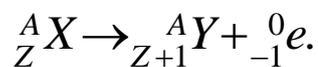
Среднее время жизни  
радиоактивного ядра

$$\tau = \frac{1}{\lambda}.$$

Правило смещения для  $\alpha$  - распада



Правило смещения для  $\beta^-$  - распада



## ПРИЛОЖЕНИЕ №2

### 1. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ (ОКРУГЛЕННЫЕ)

Физическая величина	Обозначени	Значение
Нормальное ускорение свободного падения	$g$	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Постоянная Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная (универсальная) газовая постоянная	$R$	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Атомная единица массы	а.е.м.	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Заряд электрона	$e$	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса покоя электрона	$m_e$	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p$	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n$	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0$	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Скорость света в вакууме	$c$	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Число Фарадея	$F$	$9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/Моль}$
Постоянная Планка	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### 2. НЕКОТОРЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Наименование	Значение
Масса Земли	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Масса Луны	$7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6 \text{ м}$
Масса Солнца	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$
Расстояние от центра Земли до Луны	$3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$
Расстояние от центра Земли до Солнца	$1,49 \cdot 10^{11} \text{ м}$

### 3. ЭФФЕКТИВНЫЕ ДИАМЕТРЫ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ, нм

Газ	Диаметр	Газ	Диаметр
Гелий	0,20	Азот	0,30
Водород	0,23	Водяной пар	0,26
Кислород	0,30	Углекислый газ	0,33
Аргон	0,36		

### 4. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ ЭЛЕМЕНТОВ МЕНДЕЛЕЕВА

Название	Символ	Порядковый номер	Округленная атомная масса, а. е. м.	Название	Символ	Порядковый номер	Округленная атомная масса, а. е. м.
Водород	H	1	1	Никель	Ni	28	59
Гелий	He	2	4	Медь	Сu	29	63,5
Углерод	C	6	12	Цинк	Zn	30	65
Азот	N	7	14	Мышьяк	As	33	75
Кислород	O	8	16	Ниобий	Nb	41	93
Неон	Ne	10	20	Серебро	Ag	47	108
Натрий	Na	11	23	Олово	Sn	50	119
Магний	Mg	12	24	Сурьма	Sb	51	122
Алюминий	Al	13	27	Йод	I	53	127
Кремний	Si	14	28	Ксенон	Xe	54	131
Фосфор	P	15	31	Барий	Ba	56	137
Сера	S	16	32	Вольфрам	W	74	184
Аргон	Ar	18	40	Платина	Pt	78	195
Калий	K	19	39	Золото	Au	79	197
Кальций	Ca	20	40	Ртуть	Hg	80	200,6
Титан	Ti	22	49	Свинец	Pb	82	207
Хром	Cr	24	52	Висмут	Bi	83	209
Марганец	Mn	25	55	Радий	Ra	88	226
Железо	Fe	26	56	Уран	U	92	238
Кобальт	Co	27	59	Плутоний	Pu	94	(244)

## 5. РАБОТА ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ МЕТАЛЛА, эВ

Вещество	Работа выхода электронов из металла	Вещество	Работа выхода электронов из металла
Вольфрам	4,5	Литий	2,4
Цинк	4,0	Натрий	2,8
Ванадий+Цезий	1,6	Калий	2,0
Платина+Цезий	1,40	Цезий	1,9
Платина	5,3	Висмут	4,4
Серебро	4,74	Сурьма	4,08

## 6. АТОМНЫЕ МАССЫ НЕКОТОРЫХ НУКЛИДОВ

Нуклид	$m$ , а.е.м.	Нуклид	$m$ , а.е.м.	Нуклид	$m$ , а.е.м.
${}^1_1\text{H}$	1,00783	${}^7_3\text{Li}$	7,01600	${}^{16}_8\text{O}$	15,99492
${}^2_1\text{H}$	2,01410	${}^7_4\text{Be}$	7,01693	${}^{10}_5\text{B}$	10,01294
${}^3_1\text{H}$	3,01605	${}^{12}_6\text{C}$	12,00000	${}^{63}_{29}\text{Cu}$	62,92960
${}^4_2\text{He}$	4,00260	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307	${}^{238}_{92}\text{U}$	238,05353
${}^6_3\text{Li}$	6,01703	${}^9_4\text{Be}$	9,01505	${}^8_4\text{Be}$	8,00785

## 7. МНОЖИТЕЛИ И ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КРАТНЫХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение
$10^{12}$	тера	Т	$10^{-1}$	деци	д
$10^9$	гига	Г	$10^{-2}$	санτι	с
$10^6$	мега	М	$10^{-3}$	милли	м
$10^3$	кило	к	$10^{-6}$	микро	мк
$10^2$	гекто	г	$10^{-9}$	нано	н
$10^1$	дека	да	$10^{-12}$	пико	п

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.И. Курс физики.: учебн. пособие для вузов. - М.: Академия, 2010. – 557 с..
2. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физике. – СПб.: Лань, 2008. – 352 с.
3. Ковалевский И.Г. Справочное пособие по курсу физики. – Иркутск: ИрГСХА, 2014.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Рабочая программа	5
Контрольная работа №1	8
Контрольная работа №2	14
Контрольная работа №3	20
Контрольная работа №4	25
Приложение №1	33
Приложение №2	40
Литература	44

Учебное издание

Бузунова Марина Юрьевна

*Вржаш Евгений Эдуардович*

Методические указания и контрольные задания  
Для самостоятельной работы студентов – заочников инженерных направлений  
подготовки