

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»

КАФЕДРА ФИЗИКИ

ФИЗИКА

Программа и контрольные работы для студентов направления
подготовки бакалавров 151900.62 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
заочной формы обучения

**Составители А. А. Мальшин
Т. И. Янина**

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 9 от 24.04.2012
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления 151900.62
Протокол № 17 от 30.04.2012
Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2012

Содержание

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	2
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА	3
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	8
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ К 1 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	8
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1	13
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ К 2 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	22
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2	26
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ К 3 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	36
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3	41
ПРИЛОЖЕНИЕ	51

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целями освоения дисциплины «Физика» студентами направления подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» являются изучение физических явлений и законов природы, установление границ их применимости, применение данных законов в профессиональной деятельности, к решению практических задач для производства изделий требуемого качества, а также получение навыков работы с приборами и оборудованием современной физической лаборатории, использование различных методик проведения физических измерений и обработки экспериментальных данных.

Основной формой обучения студента-заочника является самостоятельная работа по учебникам и учебным пособиям. Выполнение контрольных работ способствует систематизации и закреплению полученных теоретических знаний. Для организации самостоятельной работы студентов-заочников преподавателями кафедры физики КузГТУ читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия. Задачи подобраны таким образом, чтобы при их решении студент-заочник проработал основную часть обязательного программного материала, а это поможет студенту успешно пройти порубежный контроль знаний (зачет, экзамен).

В контрольной работе студент должен решить ВОСЕМЬ ЗАДАЧ того варианта, номер которого совпадает с ПОСЛЕДНЕЙ ЦИФРОЙ его шифра.

На титульном листе контрольной работы указывают название дисциплины, номер контрольной работы, фамилию и инициалы студента, шифр и домашний адрес. В конце работы следует указать учебники и учебные пособия, которые использовались при решении задач.

Условия задач контрольных работ ПЕРЕПИСЫВАЮТСЯ ПОЛНОСТЬЮ, решения задач сопровождаются исчерпывающими пояснениями с использованием рисунков и схем (см. примеры). Задачи решаются в общем виде с проверкой размерности полученного результата. Значения величин при подстановке в расчётную формулу должны быть выражены в единицах СИ (SI). В виде исключения допускается использование других, но непременно одинаковых в числителе и знаменателе единиц измере-

ния. Контрольные работы на проверку необходимо присылать не позднее, чем ЗА 15 ДНЕЙ ДО НАЧАЛА СЕССИИ.

Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить её на повторную рецензию, включив в неё те задачи, решения которых оказались неверными. Работа над ошибками не зачтенной контрольной работы производится В ТОЙ ЖЕ ТЕТРАДИ.

Зачтённые работы «ЗАЩИЩАЮТСЯ» во время экзамена (зачёта), даются пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы. К контролю знаний (зачет, экзамен) допускаются студенты, защитившие контрольные работы и успешно выполнившие работы лабораторного практикума.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. МЕХАНИКА

1.1. Кинематика

Классическая и квантовая механики. Границы применимости классической механики. Релятивистская механика. Понятие материальной точки. Характеристики механического движения: система отсчета, путь, радиус-вектор, перемещение. Уравнения движения. Принцип независимости движений. Скорость и ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорения. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь линейных и угловых кинематических характеристик.

1.2. Динамика

Динамика поступательного движения. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Понятие массы и силы. Второй и третий законы Ньютона. Центр масс системы. Теорема о движении центра масс. Основное уравнение динамики поступательного движения твердого тела. Закон сохранения импульса как фундаментальный закон природы и связь его с однородностью пространства.

Динамика вращательного движения. Динамика твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Момент силы относительно точки и оси. Момент импульса системы материальных точек и твердого тела относительно начала координат. Момент инерции твердого тела относительно оси. Закон сохранения момента импульса. Гироскопы и их применение.

1.3. Энергия и работа

Механическая работа. Консервативные и диссипативные силы. Силы тяготения и упругости. Кинетическая энергия поступательного и вращательного движения твердого тела. Потенциальная энергия материальной точки во внешнем силовом поле и ее связь с силой, действующей на материальную точку. Закон изменения и сохранения энергии в механике.

1.4. Центральные силы, силы инерции

Основные свойства поля центральных сил. Траектория движения материальной точки в поле центральных сил. Законы Кеплера. Космические скорости. Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Силы инерции при ускоренном поступательном и произвольном движении системы отсчета.

1.5. Специальная теория относительности

Инерциальные системы отсчета и принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Длина отрезка и длительность событий в различных системах отсчета. Закон сложения скоростей. Зависимость массы от скорости. Релятивистское выражение импульса и кинетической энергии. Взаимосвязь массы и энергии.

1.6. Механика сплошных сред

Механика твердых тел. Упругие напряжения и деформации. Закон Гука. Пластическая деформация. Зависимость напряжения от деформации. Деформации сжатия и растяжения. Хрупкое разрушение твердых тел. Прочность твердых тел.

2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ (СТАТИСТИЧЕСКАЯ) ФИЗИКА

2.1. Молекулярно-кинетическая теория газов

Основные положения и уравнения молекулярно-кинетической теории газов. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Распределение Максвелла. Скорости газовых молекул. Распределение Больцмана. Кинетические явления. Число столкновений и длина свободного пробега молекул. Диффузия в газах и твердых телах. Явление внутреннего трения. Динамическая и кинематическая вязкости. Теплопроводность.

2.2. Законы термодинамики

Внутренняя энергия идеального газа. Работа расширения газа. Первое начало термодинамики. Процессы в газах. Применение

первого начала термодинамики для процессов в газах. Адиабатный процесс. Теплоемкость газов. Недостатки классической теории теплоемкости. Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс. Тепловые и холодильные машины. Второе начало термодинамики. Цикл Карно и его КПД для идеального газа. Энтропия. Статистическое толкование второго начала термодинамики.

3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

3.1. Электростатическое поле

Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Напряженность поля точечного заряда. Принцип суперпозиции электрических полей. Расчет полей методом суперпозиции.

Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме. Применение теоремы Остроградского-Гаусса к расчету полей заряженных тел. Потенциал – энергетическая характеристика электрического поля. Потенциал поля точечного заряда. Связь потенциала с напряженностью электрического поля. Напряженность как градиент потенциала. Эквипотенциальные поверхности.

Типы диэлектриков. Электронная и ориентационная поляризация. Ионная поляризация. Вектор поляризации. Проводники в электрическом поле. Поле внутри проводника и у его поверхности. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Энергия электростатического поля.

3.2. Постоянный электрический ток

Классическая теория проводимости металлов и ее опытное обоснование. Закон Ома в дифференциальной форме. Разность потенциалов, сторонние электродвижущие силы, напряжение. Границы применимости закона Ома. Закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме. Работа и мощность тока. Закон Видемана – Франца.

3.3. Магнитное поле

Индукция магнитного поля. Движение заряженных частиц в постоянном магнитном поле. Сила Лоренца. Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера. Взаимодействие токов. Контур с током в магнитном поле. Закон Био – Савара –

Лапласа. Примеры расчета магнитных полей. Закон полного тока для магнитного поля в вакууме. Намагничивание сред. Магнитные моменты атомов. Типы магнетиков. Элементарная теория диа- и парамагнетизма. Закон полного тока для магнитного поля в веществе. Ферромагнетики. Магнитный гистерезис.

Работа перемещения проводника и контура с током в магнитном поле. Явление электромагнитной индукции. Основной закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Явление самоиндукции. Индуктивность. Взаимная индуктивность. Энергия магнитного поля.

3.4. Основы теории Максвелла

Ток смещения. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной формах. Относительный характер электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля.

4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

4.1. Гармонические колебания

Механические и электромагнитные колебания и их характеристики. Способы изображения гармонических колебаний. Сложение гармонических колебаний. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Явление резонанса. Автоколебания.

4.2. Упругие волны

Механизм образования волн в упругой среде. Фазовая скорость. Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской волны. Плотность и поток энергии. Вектор Умова. Стоячие волны. Колебания струны.

5. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

5.1. Электромагнитные волны, интерференция

Уравнение электромагнитной волны. Свойства электромагнитных волн. Вектор Умова – Пойтинга. Энергия электромагнитной волны. Методы получения когерентных волн оптического диапазона. Интерференция. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона.

5.2. Дифракция

Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Фраунгофера на щели. Дифракционная решетка. Разрешающая способность оптических приборов. Голография и ее применение.

5.3. Поляризация световых волн, электромагнитные волны в веществе

Естественный и поляризованный свет. Поляризаторы. Законы Малюса и Брюстера. Двойное лучепреломление и его использование. Вращение плоскости поляризации. Искусственная анизотропия. Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света. Эффект Вавилова – Черенкова.

6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА, ФИЗИКА АТОМА

6.1. Квантовая физика

Тепловое излучение и его характеристики. Абсолютно черное тело. Законы излучения абсолютно черного тела. Противоречия классической физики. Квантовая гипотеза и формула Планка. Оптическая пирометрия. Энергия и импульс световых квантов. Фотоэффект и его законы. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона. Единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитных излучений.

6.2. Элементы квантовой механики

Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма частиц. Свойства волн де Бройля. Соотношение неопределенностей для координат и импульса, энергии и времени. Волновая функция. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Применение уравнения Шредингера для описания движения частиц. Квантование энергии и импульса частиц. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер.

6.3. Элементы квантовой теории металлов

Энергетические зоны в кристалле. Распределение электронов по энергетическим уровням. Валентная зона и зона проводимости. Уровень Ферми. Металлы, диэлектрики и полупроводники.

6.4. Атомное ядро и элементарные частицы

Строение атомных ядер. Модели ядра: газовая, капельная и оболочечная. Радиоактивность и ее законы. Ядерные силы. Энергия связи. Реакции деления и синтеза. Проблемы уравнения ядерной реакции. Общие свойства элементарных частиц. Взаимопревращения. Фундаментальные взаимодействия. Переносчики и участники. Лептоны, адроны, кварки. Единая теория взаимодействия.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Савельев, И. В. Курс физики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. и технолог. направлениям и специальностям : в 3 т. – 3-е изд., стереотип. – СПб. : Лань, 2007.
2. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – М. : Академия, 2007. – 720 с.
3. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для инж. - тех. специальностей вузов. – М. : Изд. Центр «Академия», 2008. – 560 с.
4. Чертов А.Г. Задачник по физике /А.Г. Чертов, А.А. Воробьев - М.: Физматлит, 2007.-640 с.

Дополнительная литература

1. Демидова, Н. Н. Методические указания для студентов-заочников по выполнению контрольных работ № 1, 2 / Н. Н. Демидова, Т. В. Лавряшина, Э. Н. Лебединская, А. А. Мальшин. – КузГТУ, 2009.– 36 с.
2. Демидова, Н. Н. Методические указания для студентов-заочников по выполнению контрольных работ № 3, 4 / Н. Н. Демидова, Т. В. Лавряшина, Э. Н. Лебединская, А. А. Мальшин. – КузГТУ, 2009.– 36 с.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ К 1 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Скорость мгновенная $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{ds}{dt} \cdot \vec{\tau}$,

где $\vec{r}$ – радиус-вектор материальной точки, t – время, s – расстояние вдоль траектории движения (путь), $\vec{\tau}$ – единичный вектор, касательный к траектории.

2. Ускорение *мгновенное*

тангенциальное $\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{\tau}$;

нормальное $\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \cdot \vec{n}$;

полное $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$; $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$; $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$,

где R – радиус кривизны траектории, $\vec{n}$ – единичный вектор главной нормали.

3. Скорость угловая $\vec{\omega} = \frac{d\varphi}{dt} \vec{n}$

где φ – угловое перемещение.

4. Ускорение угловое $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$.

Связь между линейными и угловыми величинами

$$s = \varphi \cdot R, \quad v = \omega \cdot R, \quad a_{\tau} = \varepsilon \cdot R, \quad a_n = \omega^2 \cdot R.$$

5. Импульс материальной точки $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$,

6. Основное уравнение динамики материальной точки

(второй закон Ньютона) $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \cdot \vec{a}$,

7. Закон сохранения импульса для изолированной системы

$$\sum_i m_i \vec{v}_i = const.$$

8. Радиус-вектор центра масс $\vec{r}_c = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i}$

9. Работа силы $A = \int \vec{F} d\vec{r} = \int F \cos \alpha dr$

10. Мощность $N = \frac{dA}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$

11. Потенциальная энергия

упруго деформированного тела $\Pi_{\text{упр}} = \frac{k(\Delta l^2)}{2};$

гравитационного взаимодействия $\Pi_{\text{грав}} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r};$

тела в однородном гравитационном поле $\Pi = m \cdot g \cdot h,$

12. Кинетическая энергия материальной точки

$$T = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{p^2}{2 \cdot m}.$$

13. Закон сохранения механической энергии для изолированной системы $E = T + \Pi = const.$

14. Момент инерции

материальной точки $I_{OO'} = m \cdot r^2,$

где r – расстояние до оси вращения OO' .

Моменты инерции тел относительно оси CC' , проходящей через центр масс

$$\text{тонкостенного цилиндра (кольца)} \quad I_{CC'} = m \cdot R^2;$$

$$\text{сплошного цилиндра (диска)} \quad I_{CC'} = \frac{1}{2} m \cdot R^2;$$

$$\text{шара} \quad I_{CC'} = \frac{2}{5} m \cdot R^2;$$

где R – радиус.

тонкого стержня длиной l , если ось вращения перпендикулярна стержню

$$I_{CC'} = \frac{1}{12} m \cdot l^2.$$

Моменты инерции тела массой m относительно произвольной оси (теорема Штейнера) $I_{OO'} = I_{CC'} + m \cdot d^2$,

где d – расстояние между осями.

$$15. \text{ Момент силы относительно точки} \quad \vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}],$$

где $\vec{r}$ – радиус-вектор точки приложения силы $\vec{F}$.

$$16. \text{ Момент импульса} \quad \vec{L} = J\vec{\omega}.$$

17. Основное уравнение динамики вращательного движения

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} J\vec{\varepsilon}.$$

$$18. \text{ Работа при вращательном движении} \quad A = \int \vec{M} d\vec{\phi}.$$

19. Кинетическая энергия вращающегося тела

$$T = \frac{J \cdot \omega^2}{2} = \frac{L^2}{2 \cdot J}.$$

$$20. \text{ Релятивистское сокращение длины} \quad l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

где l_0 – длина покоящегося тела, c – скорость света в вакууме

$$21. \text{ Релятивистское замедление времени} \quad t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где t_0 – собственное время.

22. Релятивистская масса

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где m_0 – масса покоя.

23. Энергия покоя частицы $E_0 = m_0 \cdot c^2$.

24. Полная энергия релятивистской частицы

$$E = m \cdot c^2 = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

25. Релятивистский импульс $\vec{p} = m \cdot \vec{v} = \frac{m_0 \cdot \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$

26. Кинетическая энергия релятивистской частицы

$$T = E - E_0 = m_0 \cdot c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right).$$

27. Релятивистское соотношение между полной энергией и импульсом $E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$

28. Количество вещества $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M},$

где N – число молекул, N_A – постоянная Авогадро, m – масса вещества, M – молярная масса.

29. Уравнение Менделеева-Клайперона $p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T,$

где p – давление газа, V – объем, R – молярная газовая постоянная, T – термодинамическая температура.

30. Средняя энергия молекулы $\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} \cdot k \cdot T,$

где i – число степеней свободы, k – постоянная Больцмана.

31. Внутренняя энергия идеального газа $U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T,$

32. Скорости молекул

средняя квадратичная $\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{3 \cdot k \cdot T / m_0} = \sqrt{3 \cdot R \cdot T / M}$;

средняя арифметическая $\langle v \rangle = \sqrt{8 \cdot k \cdot T / (\pi \cdot m_0)} = \sqrt{8 \cdot R \cdot T / (\pi \cdot M)}$;

наиболее вероятная $v_g = \sqrt{2 \cdot k \cdot T / m_0} = \sqrt{2 \cdot R \cdot T / M}$.

33. Средняя длина свободного пробега

$$\langle \lambda \rangle = (\sqrt{2} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n)^{-1},$$

где d – диаметр молекулы.

34. Среднее число столкновений $\langle z \rangle = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n$.

35. Распределение молекул в поле потенциальных сил

$$p = n_0 \cdot \exp\left(-\frac{\Pi}{k \cdot T}\right),$$

где Π – потенциальная энергия молекулы

36. Барометрическая формула $p = p_0 \cdot \exp\left(-\frac{m_0 \cdot g \cdot h}{k \cdot T}\right)$.

37. Уравнение диффузии $dm = -D_0 \cdot \frac{d\rho}{dx} \cdot dS \cdot dt$,

где D – коэффициент диффузии, ρ – плотность, dS – элементарная площадка, перпендикулярная оси Ох.

38. Уравнение теплопроводности $dQ = -\kappa \cdot \frac{dT}{dx} \cdot dS \cdot dt$,

где κ – теплопроводность.

39. Сила внутреннего трения $dF = -\eta \cdot \frac{dv}{dx} \cdot dS$,

где η – динамическая вязкость.

40. Коэффициент диффузии $D = \frac{1}{3} \cdot \langle v \rangle \cdot \langle \lambda \rangle$.

41. Вязкость динамическая $\eta = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot \langle v \rangle \cdot \langle \lambda \rangle = D \cdot \rho$.

42. Теплопроводность $\kappa = \frac{1}{3} \cdot c_v \cdot \rho \cdot \langle v \rangle \cdot \langle \lambda \rangle = \eta \cdot c_v$,

где c_v – удельная теплоемкость при постоянном объёме.

43. Первое начало термодинамики

$$dQ = dU + dA, dU = \nu \cdot C_v \cdot dT, dA = p \cdot dV.$$

44. Работа расширения газа при процессах:

изобарном $A = p \cdot (V_2 - V_1) = \nu \cdot R \cdot (T_2 - T_1);$

изотермическом $A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2};$

адиабатном $A = -\Delta U = \frac{p_1 \cdot T_1}{(\gamma - 1)} \cdot \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right],$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}.$

45. Уравнение Фика $dm = -D_0 \cdot \frac{d\rho}{dx} \cdot dS \cdot dt,$

где D_0 - коэффициент диффузии, ρ - плотность, dS - элементарная площадка, перпендикулярная оси Ох.

46. Уравнение Пуассона $p \cdot V^\gamma = const, T \cdot V^{\gamma-1} = const,$
 $T^\gamma \cdot p^{1-\gamma} = const.$

47. Коэффициент полезного действия $\eta = \frac{Q - Q_0}{Q} = \frac{T - T_0}{T},$

где Q и T - количество теплоты полученное от нагревателя и его температура; Q_0 и T_0 - количество теплоты переданное холодильнику и его температура.

48. Изменение энтропии $S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Кинематика

1.1. Тело массой 2 кг начинает движение с ускорением, изменяющимся по закону $a = 3t - 8$. Определить путь, перемещение, среднюю скорость и скорость в конце пятой секунды.

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

1.3. Зависимость пройденного телом пути от времени дается уравнением $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $C = 0,14$ м/с и $D = -15$ см/с. Через какое время после начала движения тело бу-

дет иметь ускорение 2 м/с^2 ? Найти среднее ускорение тела за этот промежуток времени.

1.4. Камень брошен горизонтально со скоростью 15 м/с . Найти нормальное и тангенциальное ускорения камня, через время $0,5 \text{ с}$ после начала движения.

1.5. Тело брошено со скоростью 20 м/с под углом 45° к горизонту. Найти радиус кривизны траектории движения тела через время 1 с после начала движения.

1.6. Тело брошено под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Найти тангенциальное и нормальное ускорения в начальный момент движения.

1.7. Колесо вращается с угловым ускорением 2 рад/с^2 . Через время $0,5 \text{ с}$ после начала движения полное ускорение колеса $13,6 \text{ см/с}^2$. Найти радиус колеса.

1.8. Тело вращается равноускоренно с начальной угловой скоростью 6 с^{-1} и угловым ускорением 2 с^{-2} . Сколько оборотов сделает тело за 10 с ?

1.9. 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.

1.10. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиус колеса от времени дается уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $B = 1 \text{ рад/с}$, $C = 1 \text{ рад/с}^2$ и $D = 1 \text{ рад/с}^3$. Найти радиус колеса, если известно, что к концу второй секунды движения для точек, лежащих на ободу колеса, нормальное ускорение 346 м/с^2 .

Динамика поступательного движения

1.11. Тело массой $m_1 = 0,5 \text{ кг}$ ударяется о неподвижное тело массой $m_2 = 5 \text{ кг}$, которое после удара начинает двигаться с кинетической энергией $W_{к2} = 5 \text{ Дж}$. Считая удар центральным и упругим, найти кинетическую энергию первого тела до и после удара.

1.12. Невесомый блок укреплен на конце стола. Две гири равной массы $m_1 = m_2 = 2 \text{ кг}$ соединены нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Коэффициент трения при движении гири

по горизонтальной поверхности равен $\mu = 0,05$. Найти: 1) ускорение, с которым движутся гири; 2) натяжение нити. Трением в блоке пренебречь.

1.13. Шар массой 10 кг сталкивается с шаром массой 4 кг. Скорость первого шара 4 м/с, второго шара 12 м/с. Найти общую скорость шаров после удара и кинетическую энергию их, если малый шар догоняет большой, двигающийся в том же направлении. Удар считать прямым, центральным, неупругим.

1.14. На железной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием массой $1,5 \cdot 10^3$ кг. Орудие стреляет под углом 60° к горизонту в направлении железнодорожного пути. Какую кинетическую энергию получает орудие с платформой вследствие отдачи, если масса снаряда 30 кг и он вылетает со скоростью 500 м/с?

1.15. Тело массой 0,5 кг ударяется о неподвижное тело массой 5 кг, которое после удара начинает двигаться с кинетической энергией 5 Дж. Считая удар центральным и упругим, найти кинетическую энергию первого тела до и после удара.

1.16. Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на лёгком жёстком стержне, и застревает в нём. Масса пули в тысячу раз меньше массы шара. Расстояние от точки подвеса стержня до центра шара равно 1 м. Найти скорость пули, если стержень с шаром отклонился от удара на угол $\varphi = 10^\circ$.

1.17. Человек массой $m_1 = 60$ кг, бегущий со скоростью $v_1 = 2,5$ м/с, догоняет тележку массой $m_2 = 80$ кг, движущуюся со скоростью $v_2 = 0,8$ м/с, и вскакивает на неё. Найти кинетическую энергию тележки с человеком и время движения до полной остановки, если коэффициент трения при движении тележки $\mu = 0,06$.

1.18. Шар массой $m_1 = 10$ кг сталкивается с шаром массой $m_2 = 4$ кг. Скорость первого шара $v_1 = 4$ м/с, второго — $v_2 = 12$ м/с. Найти скорость шаров после удара и их кинетическую энергию, если малый шар движется навстречу большому. Удар считать прямым, центральным, неупругим.

1.19. Масса снаряда $m_1 = 10$ кг, масса ствола орудия $m_2 = 600$ кг. При выстреле снаряд получает кинетическую

энергию $W_{kl} = 1,8 \cdot 10^6$ Дж. Определить кинетическую энергию, получаемую стволом орудия вследствие отдачи?

1.20. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 30° . Зависимость пройденного телом расстояния S от времени t дается уравнением $S = Ct^2$, где $C=1,73$ м/с². Найти коэффициент трения тела о плоскость.

Динамика вращательного движения

1.21. Определить момент инерции тонкой плоской пластины со сторонами $a = 10$ см, $b = 20$ см относительно оси, проходящей через центр тяжести пластины параллельно большей стороне. Масса пластины равномерно распределена по её площади с поверхностной плотностью $\sigma = 0,1$ кг/м².

1.22. Определить момент инерции проволочного равностороннего треугольника со стороной 15 см относительно оси, совпадающей с одной из сторон. Масса треугольника 12 г равномерно распределена по длине проволоки.

1.23. Две гири с разными массами соединены нитью, перекинутой через блок, момент инерции которого 50 кг·м² и радиусом 20 см. Момент сил трения вращающегося блока 100 Н·м. Найти разность сил натяжения нити по обе стороны блока, если известно, что блок вращается с угловым ускорением $2,40$ рад/с².

1.24. На конце тонкого стержня длиной $\ell = 60$ см укреплен шарик массой $m = 50$ г. Пренебрегая размерами шарика, определить момент инерции системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Масса распределена вдоль стержня равномерно с линейной плотностью $\tau = 0,1$ кг/м.

1.25. Маховик в виде диска массой $m = 50$ кг и радиусом 20 см был раскручен до угловой скорости $\omega_1 = 480$ об/мин и затем предоставлен самому себе. Под влиянием трения маховик остановился. Найти момент $M_{тр}$ сил трения, считая его постоянным, если маховик остановился через $t = 50$ с.

1.26. Цилиндр, расположенный горизонтально, может вращаться вокруг оси, совпадающей с осью цилиндра. Масса цилиндра $m_1 = 12$ кг. На цилиндр намотали шнур, к которому привязали гирю массой $m_2 = 1$ кг. С каким ускорением будет опускаться ги-

ря? Какова сила натяжения шнура во время движения гири?

1.27. Стержень длиной $\ell = 1,5$ м и массой $m = 10$ кг может вращаться вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня. В середине стержня застревает пуля массой $m_1 = 10$ г, летевшая в горизонтальном направлении со скоростью $v_1 = 500$ м/с. На какой угол φ отклонится стержень после удара?

1.28. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом $R = 2$ м, стоит человек. Масса платформы $m_1 = 200$ кг, масса человека $m_2 = 80$ кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через её центр. Найти угловую скорость ω вращения платформы, если человек будет идти вдоль её края со скоростью $v = 2$ м/с относительно Земли? Трением пренебречь.

1.29. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой $m = 60$ кг. На какой угол φ повернется платформа массой $m_1 = 240$ кг, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя её, вернется в исходную точку на платформе?

1.30. Тонкий прямой стержень длиной $\ell = 1$ м прикреплен к горизонтальной оси, проходящей через его конец. Стержень отклонили на угол $\varphi = 60^\circ$ от положения равновесия и отпустили. Определить линейную скорость v нижнего конца стержня в момент прохождения его через положение равновесия.

Работа и энергия

1.31. Обруч и диск одинаковой массы катятся без скольжения с одной и той же скоростью. Кинетическая энергия обруча 39,2 Дж. Найти кинетическую энергию диска.

1.32. Медный шар радиусом 10 см вращается с частотой 2 об/с вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое?

1.33. Найти линейные скорости движения центров шара, диска и обруча, скатывающихся без скольжения с наклонной плоскости. Высота наклонной плоскости 0,5 м, начальная скорость всех тел равна нулю. Сравнить найденные скорости со скоростью тела, соскальзывающего с наклонной плоскостью при от-

сутствии трения.

1.34. Колесо, вращаясь равнозамедленно, уменьшило за одну минуту частоту вращения от 300 об/мин до 180 об/мин. Момент инерции колеса $2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Найти угловое ускорение колеса, момент сил торможения, работу сил торможения и число оборотов, сделанных колесом за время 1 мин.

1.35. Маховое колесо начинает вращаться с угловым ускорением $0,5 \text{ рад/с}^2$ и через время 15 с после начала движения приобретает момент импульса $73,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$. Найти кинетическую энергию колеса через время 20 с после начала движения.

1.36. Однородный стержень длиной 1 м подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. На какой угол надо отклонить стержень, чтобы нижний конец стержня при прохождении положения равновесия имел скорость 5 м/с ?

1.37. Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой 10 об/мин. Человек массой 60 кг стоит при этом на краю платформы. С какой частотой начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу однородным диском, а человека - точечной массой.

1.38. Горизонтальная платформа массой 80 кг и радиусом 1 м вращается с частотой 20 об/мин. В центре платформы стоит человек и держит в расставленных руках гири. С какой частотой будет вращаться платформа, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от $3,94$ до $2,00 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$? Считать платформу однородным диском.

1.39. Человек массой 60 кг находится на неподвижной платформе массой 100 кг. С какой частотой будет вращаться платформа, если человек будет двигаться по окружности радиусом 5 м вокруг оси вращения? Скорость движения человека относительно платформы 4 км/ч . Радиус платформы 10 м. Считать платформу однородным диском, а человека – точечной массой.

1.40. Два шара подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Масса первого шара $0,25 \text{ кг}$, масса второго шара 100 г . Первый шар отклоняют так, что центр его поднимается на высоту 5 см, и отпускают. На ка-

кую высоту поднимутся шары после неупругого соударения?

Специальная теория относительности

1.41. С какой скоростью движется электрон, если его кинетическая энергия 1,02 МэВ? Определить импульс электрона.

1.42. Кинетическая энергия частицы оказалась равной ее энергии покоя. Какова скорость этой частицы?

1.43. Масса движущегося протона $2,5 \cdot 10^{-27}$ кг. Найти скорость и кинетическую энергию протона.

1.44. Протон прошел ускоряющую разность потенциалов в 200 МВ. Во сколько раз его релятивистская масса больше массы покоя? Чему равна скорость протона?

1.45. Определить скорость электрона, если релятивистская масса в три раза больше массы покоя. Вычислить кинетическую и полную энергию электрона.

1.46. Масса движущегося электрона $3,2 \cdot 10^{-31}$ кг. Найти скорость и кинетическую энергию электрона.

1.47. Найти импульс, полную и кинетическую энергию электрона, движущегося со скоростью, равной 0,7 м/с.

1.48. Протон и α -частица проходят одинаковую ускоряющую разность потенциалов, после чего масса протона составила половину массы покоя α -частицы. Определить разность потенциалов.

1.49. Найти импульс, полную и кинетическую энергию нейтрона, движущегося со скоростью 0,6 м/с.

1.50. Во сколько раз масса движущегося дейтрона больше массы движущегося электрона, если их скорости соответственно равны 0,6 и 0,9 м/с. Чему равны их кинетические энергии.

Силы в механике

1.51. Определить силу F гравитационного взаимодействия двух соприкасающихся железных шаров диаметром 10 см каждый. Плотность железа принять равной $7,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

1.52. Радиус R планеты Марс равен $3,4 \cdot 10^6$ м, а её масса $M = 6,4 \cdot 10^{23}$ кг. Определить ускорение g свободного падения на высоте, равной радиусу Марса.

1.53. Какую работу A нужно совершить, чтобы пружину жёсткостью $k = 100$ Н/м, сжатую $\Delta \ell_1 = 6$ см, дополнительно

сжать на $\Delta\ell_2 = 8$ см.

1.54. Какой наибольший груз может выдержать стальная проволока диаметром $d = 1$ мм, если предел упругости $\sigma_{\text{упр}} = 294$ МПа? Какую долю первоначальной длины составляет удлинение проволоки при этом грузе?

1.55. К стальному стержню длиной $\ell = 3$ м и диаметром $d = 2$ см подвешен груз массой $m = 2,5 \cdot 10^3$ кг. Определить напряжение σ в стержне, относительное ε и абсолютное $\Delta\ell$ удлинение стержня. Модуль Юнга для стали $E = 200$ ГПа.

1.56. К вертикальной проволоке длиной $\ell = 5$ м и площадью поперечного сечения $S = 2$ мм² подвешен груз массой 5,1 кг. В результате проволока удлинилась на 0,6 мм. Найти модуль Юнга материала проволоки.

1.57. Нижнее основание железного цилиндра диаметром $d = 20$ см и высотой $h = 20$ см закреплено неподвижно. На верхнее основание цилиндра действует горизонтальная сила $F = 20$ кН. Найти тангенциальное напряжение τ в материале, угол γ сдвига и смещение Δx верхнего основания цилиндра. Модуль сдвига для железа $G = 76$ ГПа.

1.58. Радиус малой планеты $R = 250$ км, средняя плотность $\rho = 3$ г/см³. Определить ускорение g свободного падения на поверхности планеты.

1.59. С высоты $h = 1000$ км на поверхность Земли падает метеорит $m = 30$ кг. Определить работу A сил гравитационного поля Земли, если известны ускорение свободного падения у поверхности Земли $g = 9,8$ м/с² и радиус Земли $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$ м.

1.60. На какую высоту над поверхностью Земли поднимется ракета, пущенная вертикально вверх со скоростью 6 км/с.

Молекулярная физика.

1.61. Коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях $D = 0,91$ см²/с. Определить коэффициент теплопроводности λ водорода.

1.62. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа равна 450 м/с. Давление газа равно 50 кПа. Найти плотность газа при этих условиях.

1.63. Колба емкостью $V = 4$ л содержит некоторый газ массой $m = 0,6$ г под давлением $p = 2 \cdot 10^5$ Па. Определить среднюю квадратичную скорость $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ молекул газа.

1.64. Количество вещества гелия $1,5$ моль, температура 120 К. Определить суммарную кинетическую энергию $E_{\text{п}}$ поступательного движения всех молекул этого газа.

1.65. Найти среднюю кинетическую энергию $\langle \varepsilon_{\text{вр}} \rangle$ вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре $T = 350$ К, а также суммарную кинетическую энергию $E_{\text{вр}}$ всех молекул, содержащихся в $m = 4$ г кислорода.

1.66. Коэффициент диффузии кислорода $D = 0,19$ см²/с при температуре $t = 0^\circ\text{C}$. Определить среднюю длину $\langle \ell \rangle$ свободного пробега молекул газа.

1.67. При нормальных условиях динамическая вязкость азота $\eta = 17$ мкПа·с. Найти среднюю длину $\langle \ell \rangle$ свободного пробега молекул газа.

1.68. Определить среднее число соударений $\langle Z \rangle$ в секунду молекул водорода при температуре $T = 300$ К и давлении $p = 10^{-3}$ мм. рт. ст.

1.69. При каком давлении p средняя длина свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекулы азота равна 1 м, если температура T газа равна 300 К?

1.70. Баллон ёмкостью $V = 10$ л содержит азот массой $m = 1$ г. Определить среднюю длину свободного пробега молекул газа.

Термодинамика.

1.71. Определить количество теплоты, которое надо сообщить кислороду объёмом 50 л при его изохорном нагревании, чтобы давление газа повысилось на $0,5$ МПа.

1.72. При изотермическом расширении $0,2$ кг азота при температуре 280 К его объём увеличился в 2 раза. Определить:

1) совершённую при расширении газа работу; 2) изменение внутренней энергии; 3) количество теплоты, полученное газом.

1.73. При адиабатном сжатии давление воздуха было увеличено от 50 кПа до $0,5$ МПа. Затем при неизменном объёме температура воздуха была понижена до первоначальной. Определить давление газа в конце процесса.

1.74. Кислород массой 200 г занимает объём 100 л и находится под давлением 200 кПа. При нагревании газ расширился до объёма 300 л, а затем его давление возросло до 500 кПа при неизменном объёме. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную газом работу и теплоту, переданную газу. Построить график процесса.

1.75. Объём водорода при изотермическом расширении при температуре 300 К увеличился в 3 раза. Определить работу, совершенную газом, и теплоту, полученную при этом. Масса водорода 200 г.

1.76. Азот массой 100 г был изобарно нагрет от 200 К до 400 К. Определить работу, совершенную газом, полученную им теплоту и изменение внутренней энергии азота.

1.77. Во сколько раз увеличится объём водорода, содержащий количество вещества 0,4 моль при изотермическом расширении, если при этом газ получит количество теплоты 800 Дж? Температура водорода 300 К.

1.78. Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой 5 г, взятого при температуре 290 К, если объём газа увеличивается в 3 раза?

1.79. Какая доля количества теплоты, подводимого к идеальному газу при изобарном процессе, расходуется на изменение внутренней энергии газа, и какая доля на работу расширения? Рассмотреть 3 случая, если газ: 1) одноатомный; 2) двухатомный; 3) трехатомный.

1.80. Определить работу, которую совершит азот, если ему при постоянном давлении сообщить количество теплоты 21 кДж. Найти также изменение внутренней энергии газа.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ К 2 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Закон Кулона
$$\vec{F} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r},$$

где q_1 и q_2 - величины точечных зарядов, ε_0 - электрическая постоянная, ε - диэлектрическая проницаемость среды, r - расстояние между зарядами.

2. Напряженность электрического поля
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

Напряженность поля

$$\text{точечного заряда } E = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2};$$

$$\text{бесконечно длинной заряженной нити } E = \frac{\tau}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2};$$

$$\text{заряженной бесконечной плоскости } E = \frac{\sigma}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon};$$

$$\text{между двумя разноименно заряженными плоскостями } E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon};$$

где τ - линейная плотность заряда, σ - поверхностная плотность заряда, r - расстояние до источника поля.

$$3. \text{ Электрическое смещение } D = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E;$$

4. Работа перемещения заряда в электростатическом поле

$$A = q \cdot \int_1^2 E_l dl = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2),$$

где φ_1 и φ_2 - потенциалы начальной и конечной точек.

$$4. \text{ Потенциал поля точечного заряда } \varphi = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r}.$$

5. Связь между потенциалом и напряженностью

$$E_l = -\frac{d\varphi}{dl}.$$

6. Емкость

$$\text{точечного заряда } C = \frac{q}{\varphi};$$

$$\text{плоского конденсатора } C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S}{d}.$$

7. Емкость батареи конденсаторов соединенных:

$$\text{параллельно } C = \sum_i C_i;$$

$$\text{последовательно } \frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}.$$

8. Энергия поля

заряженного проводника $W_9 = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2 \cdot C} = \frac{q \cdot \varphi}{2};$

заряженного конденсатора $W_9 = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2 \cdot V,$

где V – объем конденсатора.

9. Объемная плотность энергии

$$W_9 = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2}{2} = \frac{D^2}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon} = \frac{E \cdot D}{2}.$$

10. Сила тока $I = \frac{dq}{dt}.$

11. Закон Ома

в дифференциальной форме $j = \gamma \cdot E = \frac{E}{\rho};$

в интегральной форме $I = \frac{U}{R},$

где γ - удельная проводимость, ρ - удельное сопротивление, U - напряжение, R - сопротивление цепи, j - плотность тока.

12. Закон Джоуля-Ленца

в дифференциальной форме $\frac{dw}{dt} = j \cdot E = \gamma \cdot E^2 = \frac{E^2}{\rho};$

в интегральной форме $dQ = I \cdot U \cdot dt = \frac{U^2}{R} dt = I^2 \cdot R \cdot dt.$

13. Сопротивление однородного проводника $R = \frac{\rho \cdot l}{S},$

где l - длина проводника, S - площадь его поперечного сечения.

14. Зависимость удельного сопротивления от температуры

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t),$$

где α - температурный коэффициент сопротивления, t - температура по шкале Цельсия.

15. Сила Лоренца $\vec{F} = I[d\vec{\ell}, \vec{B}],$

где I - сила тока в проводнике, $d\vec{\ell}$ - элемент длины проводника.

16. Магнитный момент контура с током $p_m = I \cdot S,$

17. Закон Био-Савара-Лапласа
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I \cdot [d\vec{\ell}, \vec{r}]}{4 \cdot \pi \cdot r^3}$$

18. Магнитная индукция поля

в центре кругового тока
$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I}{2 \cdot R}$$

бесконечно длинного прямого тока
$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

созданного отрезком проводника
$$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I}{4 \cdot \pi \cdot r} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)$$

поля бесконечно длинного соленоида
$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot n \cdot I$$

где R - радиус кругового тока, r - кратчайшее расстояние до оси проводника, n - число витков на единицу длины соленоида, α_1 и α_2 - углы между отрезком проводника и линией, соединяющей концы отрезка с точкой поля.

19. Сила взаимодействия двух прямолинейных токов на единицу их длины
$$F = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

20. Работа по перемещению контура с током в магнитном поле
$$A = I \Delta \Phi$$

21. Магнитный поток
$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

22. Закон электромагнитной индукции
$$\varepsilon_i = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\varphi}{dt}$$

23. Потокосцепление контура с током
$$\psi = L \cdot I$$

где L - индуктивность контура.

24. Электродвижущая сила самоиндукции
$$\varepsilon_s = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

25. Индуктивность соленоида
$$L = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 \cdot V$$

где V - объем соленоида, n - число витков на единицу длины соленоида.

26. Энергия магнитного поля
$$W_M = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

27. Объемная плотность энергии магнитного поля

$$W_M = \frac{B \cdot H}{2} = \frac{B^2}{2 \cdot \mu_0 \cdot \mu} = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot H^2}{2}$$

28. Уравнение гармонического колебания $s = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, где A - амплитуда колебания, ω - циклическая частота, φ_0 - начальная фаза

29. Период колебаний маятников:

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

$$\text{Физического } T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}},$$

где m – масса маятника, k – жесткость пружины, I – момент инерции маятника, g – ускорение свободного падения, l – расстояние от центра до центра масс.

30. Период колебаний в электрическом колебательном контуре

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

где L - индуктивность контура, C - емкость конденсатора.

31. Уравнение плоской волны, распространяющейся в направлении оси Ox

$$s = A \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right],$$

где v - скорость распространения волны.

32. Длина волны $\lambda = vT$,

где T - период волны.

33. Скорость распространения электромагнитной волны

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}},$$

где c - скорость света в вакууме, ϵ - диэлектрическая проницаемость среды, μ - магнитная проницаемость.

34. Вектор Пойнтинга $\vec{p} = [\vec{E}, \vec{H}]$,

где $\vec{E}$, $\vec{H}$ - напряженности электрического и магнитного полей электромагнитной волны.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Электростатика.

2.1. Два шарика одинаковых радиуса и массы подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд нужно сообщить шарикам, чтобы сила натяжения нитей стала равной 98 мН? Расстояние от центра шарика до

точки подвеса 10 см; масса каждого шарика 5 г.

2.2. В вершинах правильного шестиугольника расположены три положительных и три отрицательных заряда. Найти напряжённость электрического поля в центре шестиугольника. Каждый заряд 1,5 нКл; сторона шестиугольника 3 см.

2.3. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды 0,3 нКл каждый. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

2.4. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами 40 нКл и «-10 нКл», находящимися на расстоянии 10 см друг от друга. Определить напряжённость поля в точке, удалённой от первого заряда на 12 см и от второго на 6 см.

2.5. Расстояние между двумя длинными тонкими проволоками, расположенными параллельно друг другу. Равно 16 см. Проволоки равномерно заряжены разноимёнными зарядами с линейной плотностью 150 мкКл/м. Какова напряжённость поля в точке, удалённой на 10 см как от первой, так и от второй проволоки?

2.6. По тонкому кольцу радиусом 10 см равномерно распределён заряд с линейной плотностью 10 нКл/м. Определить напряжённость и потенциал в точке, лежащей на оси кольца, на расстоянии 5 см от центра.

2.7. Тонкий стержень согнут в полукольцо. Стержень заряжен с линейной плотностью 133 нКл/м. Какую работу надо совершить, чтобы перенести заряд 6,7 нКл из центра полукольца в бесконечность?

2.8. Электрон влетел в пространство между пластинами плоского конденсатора со скоростью 10^7 м/с, направленной параллельно пластинам. На сколько приблизится электрон к положительно заряженной пластине за время движения внутри конденсатора (поле считать однородным), если расстояние между пластинами равно 16 мм, разность потенциалов 30 В и длина пластин 6 см?

2.9. Конденсатор ёмкостью 0,6 мкФ был заряжен до разности потенциалов 300 В и соединён со вторым конденсатором ёмкостью 0,4 мкФ, заряженным до разности потен-

циалов 150 В. Найти заряд, перетекший с пластин первого конденсатора на второй.

2.10. Пластины из эбонита толщиной 2 мм и площадью 300 см^2 поместили в однородное электрическое поле напряжённостью 1 кВ/м, расположив так, что силовые линии перпендикулярны её плоской поверхности. Найти плотность связанных зарядов на поверхности пластин; энергию электрического поля, сосредоточенную в пластине.

Законы постоянного тока

2.11. Ток в проводнике меняется со временем по закону $I = 4 + 2t$. Какое количество электричества проходит через поперечное сечение проводника за время от 2 с до 6 с? При каком постоянном токе через поперечное сечение проводника за то же время проходит такое же количество электричества?

2.12. Элемент, амперметр и некоторое сопротивление соединены последовательно. Если взять сопротивление из медной проволоки длиной 100 м и поперечным сечением 2 мм^2 , то амперметр показывает 1,43 А. Если же взять сопротивление из алюминиевой проволоки длиной 57,3 м и поперечным сечением 1 мм^2 , то амперметр показывает ток 1 А. Сопротивление амперметра 0,05 Ом. Найти ЭДС элемента и его внутреннее сопротивление.

2.13. Амперметр с сопротивлением 0,16 Ом зашунтирован сопротивлением 0,04 Ом. Амперметр показывает ток 8 А. Найти ток в цепи.

2.14. Имеется предназначенный для измерения токов до 15 мА амперметр с сопротивлением 5 Ом. Какое сопротивление надо взять и как его включить, чтобы этим прибором можно было измерять ток до 150 мА; разность потенциалов до 150 В?

2.15. От батареи с ЭДС 500 В требуется передать энергию на расстояние 2,5 км. Потребляемая мощность 10 кВт. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных подводящих проводов 1,5 см.

2.16. Амперметр и вольтметр подключили последовательно к батарее с ЭДС $\xi = 6,0 \text{ В}$. Если параллельно вольтметру, подключить некоторое сопротивление, то показание вольтметра уменьшается в $\eta = 2,0$ раза, а показание амперметра во столько же раз увеличивается. Найти показание вольтметра после подключе-

ния сопротивления.

2.17. Амперметр и вольтметр подключили последовательно к батарее с ЭДС 12 В. Если параллельно вольтметру, подключить некоторое сопротивление, то показание вольтметра уменьшается в три раза, а показание амперметра во столько же раз увеличивается. Найти показание вольтметра после подключения сопротивления.

2.18. Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. К клеммам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением $R_B = 4$ кОм. Амперметр показывает силу тока $I_A = 0,3$ А, вольтметр – напряжение $U_B = 120$ В. Определить сопротивление R катушки.

2.19. Длинный равномерно заряженный по поверхности цилиндр радиусом сечения $a = 1,0$ см движется с постоянной скоростью $v = 10$ м/с вдоль своей оси. Напряженность электрического поля непосредственно у поверхности цилиндра $E = 0,9$ кВ/см. Чему равен соответствующий конвекционный ток, т.е. ток, обусловленный механическим переносом заряда?

2.20. Плотность тока j в медном проводнике равна 3 А/мм². найти напряженность электрического поля E в проводнике.

2.21. Сколько тепла выделится в спирали сопротивлением R при прохождении через нее количества электричества q , если ток в спирали равномерно убывал до нуля в течение времени Δt .

2.22. Электромотор постоянного тока подключили к напряжению U . Сопротивление обмотки якоря равно R . При каком значении тока через обмотку полезная мощность мотора будет максимальной? Чему она равна? Каков при этом КПД мотора?

2.23. Источник постоянного тока один раз подсоединяют к катушке сопротивлением 9 Ом, другой раз – 16 Ом. В первом и втором случаях количество теплоты, выделяющееся на катушках за одно и то же время, одинаково. Определить внутреннее сопротивление источника тока.

2.24. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 10$ Ом равномерно убывает от значения $I_0 = 20$ А до $I_k = 5$ А в течение времени $t = 10$ с. Определить теплоту Q , выделившуюся в этом проводнике за указанный промежуток времени.

2.25. В проводнике за время $\Delta t = 10$ с при равномерном

возрастании тока от $I_1 = 1$ А до $I_2 = 2$ А выделилась теплота $Q = 5$ кДж. Найти сопротивление R проводника.

2.26. Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от нуля до некоторого максимального значения в течение времени $\Delta t = 20$ с. За это время в проводнике выделилась теплота $Q = 4$ кДж. Определить скорость нарастания тока в проводнике, если сопротивление его $R = 5$ Ом.

2.27. Сила тока в катушке равномерно возрастает от нулевого значения в течение 10 с. За это время выделилось количество теплоты 500 Дж. Определить скорость возрастания тока, если сопротивление катушки 10 Ом.

2.28. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 20$ Ом нарастает в течение времени $\Delta t = 2$ с по линейному закону от $I_0 = 2$ до $I_k = 6$ А. Определить теплоту Q_1 , выделившуюся в этом проводнике за первую секунду, и Q_2 - за вторую, а также найти отношение Q_2/Q_1 .

2.29. Ток в проводнике сопротивлением $R = 10$ Ом за время $t = 50$ с равномерно нарастает от $I_1 = 5$ А до $I_2 = 10$ А. Определить теплоту Q , выделившуюся за это время в проводнике.

2.30. Сила тока в проводнике сопротивлением 10 Ом меняется со временем по закону $I = I_0 \sin \omega t$. Найти теплоту, которая выделится в проводнике за половину периода T , если начальная сила тока $I_0 = 10$ А, циклическая частота $\omega = 50\pi$ с⁻¹. Сопротивление проводника $R = 20$ Ом.

Суперпозиция магнитных полей

2.31. Два бесконечно длинных прямолинейных проводника с токами 4 и 6 А расположены перпендикулярно друг другу. Определить индукцию и напряженность магнитного поля на середине кратчайшего расстояния между проводниками, равного 20 см.

2.32. По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи 5 и 10 А в одном направлении. Геометрическое место точек, в котором индукция равна нулю, находится на расстоянии 10 см от проводника с меньшим током. Определить расстояние между проводниками.

2.33. По кольцевому проводнику радиусом 10 см течет ток 4 А. Параллельно плоскости кольцевого проводника на расстоянии 2 см над его центром проходит бесконечно длинный прямо-

линейный проводник, по которому течёт ток 2 А. Определить индукцию и напряжённость магнитного поля в центре кольца. Рассмотреть все возможные случаи.

2.34. По квадратной рамке течет ток 4 А. Напряжённость магнитного поля в центре рамки 4,5 А/м. Определить периметр рамки.

2.35. Два круговых витка расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. Радиус каждого витка 2 см, токи в витках по 5А. Найти напряженность магнитного поля в центре этих витков.

2.36. Два круговых витка радиусом $R = 4$ см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии $d = 5$ см друг от друга. По виткам текут токи *по* 4 А. Найти напряжённость магнитного поля в центре одного из витков. Задачу решить, когда: а) токи в витках текут в одном направлении; б) токи в витках текут в противоположных направлениях.

2.37. По двум длинным параллельным проводам текут в одинаковом направлении токи $I_1 = 10$ А и $I_2 = 25$ А. Расстояние между проводами $d = 10$ см. Определить напряженность магнитного поля $\vec{H}$ в точке, удаленной от первого проводника на $r_1 = 15$ см и от второго на $r_2 = 6$ см. Решение пояснить рисунком.

2.38. Ток $I = 20$ А идет по длинному проводнику, согнутому под прямым углом. Определить напряженность магнитного поля $\vec{H}$ в точке, лежащей на биссектрисе прямого угла и отстоящей от вершины угла на расстоянии $a = 10$ см. Решение пояснить рисунком.

2.39. По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток $I = 40$ А. Сторона треугольника $a = 30$ см. Определить магнитную индукцию $\vec{B}$ в точке пересечения высот. Решение пояснить рисунком.

2.40. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной 10 см, идет ток силой 20 А. Определить магнитную индукцию $\vec{B}$ в центре шестиугольника.

Сила Ампера

2.41. Незакреплённый проводник массой 0,1 г и длиной 7,6 см находится в равновесии в горизонтальном магнитном поле напряжённостью 10 А/м. Определить силу тока в проводнике, ес-

ли он перпендикулярен линиям индукции поля.

2.42. Какое ускорение приобретает проводник массой $0,1$ г и длиной 8 см в однородном магнитном поле напряжённостью 10 кА/м, если сила тока в нём 1 А, а направления тока и магнитной индукции взаимно перпендикулярны?

2.43. Внутри длинного соленоида перпендикулярно его оси расположен проводник длиной 5 см, по которому проходит ток силой 10 А. Какая сила действует на проводник, если соленоид имеет 25 витков на сантиметр длины и по его обмотке течет ток силой 5 А?

2.44. Определить напряженность однородного горизонтального магнитного поля $\vec{H}$, в котором в равновесии находится незакрепленный, прямолинейный медный проводник с током силой 10 А. Диаметр проводника $d = 4$ мм.

2.45. Проводник в виде $1/3$ кольца расположен в однородном магнитном поле с индукцией $0,01$ Тл перпендикулярно силовым линиям поля. По проводнику течёт ток 5 А. Длина проводника 20 см. Определить силу, действующую на такой проводник.

2.46. Прямой провод длиной $\ell = 20$ см, по которому течет ток силой $I = 50$ А, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 2$ Тл. Какую работу A совершат силы, действующие на провод со стороны поля, переместив его на 10 см, если направление перемещения перпендикулярно линиям индукции и длине провода?

2.47. По трем прямым параллельным проводам, находящимся на одинаковом расстоянии 20 см друг от друга, текут токи одинаковой силы 400 А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу, действующую на единицу длины каждого провода.

2.48. Квадратная проволочная рама расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две её стороны параллельны проводу. По раме и проводу текут одинаковые токи силой $I = 200$ А. Определить силу F , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном её длине.

2.49. По прямому горизонтально расположенному проводу проходит ток $I_1 = 5$ А. Под ним находится второй, параллельный

ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток $I_2 = 1$ А. Расстояние между проводами $d = 1$ см. Какова должна быть площадь поперечного сечения второго провода, чтобы он находился в состоянии равновесия незакреплённым?

2.50. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии $d_1 = 10$ см друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А. Какую работу надо совершить (на единицу длины проводников), чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния $d_2 = 20$ см?

Сила Лоренца

2.51. Электрон с энергией 300 эВ движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля напряжённостью 465 А/м. Определить силу Лоренца, скорость и радиус траектории электрона.

2.52. Момент импульса протона в однородном магнитном поле напряжённостью 20 кА/м равен $6,6 \cdot 10^{-23}$ кг·м²/с. Найти кинетическую энергию протона, если он движется перпендикулярно линиям магнитной индукции поля.

2.53. На расстоянии 5 мм параллельно прямолинейному длинному проводнику движется электрон с кинетической энергией 1 кэВ. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводнику пустить ток 1 А?

2.54. Протон движется в магнитном поле напряжённостью 10 А/м по окружности радиусом 2 см. Найти кинетическую энергию протона.

2.55. На фотографии, полученной в камере Вильсона, траектория электрона в однородном магнитном поле представляет собой дугу окружности радиусом $R = 10$ см. Индукция магнитного поля $B = 10$ мТл. Найти энергию электрона.

2.56. Протон и электрон, двигаясь с одинаковой скоростью, влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривизны R_p траектории протона больше радиуса кривизны R_e траектории электрона?

2.57. Частица, обладающая энергией $W_e = 16$ МэВ, движется в однородном магнитном поле с индукцией 2,4 Тл по окружности радиусом $R = 24,5$ см. Определить заряд этой частицы q , если ее скорость $V = 2,72 \cdot 10^7$ м/с.

2.58. Протон и α - частица влетают в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению их движения. Во сколько раз период обращения T_p протона в магнитном поле больше периода обращения T_α α - частицы?

2.59. Определить частоту ν обращения электрона по круговой орбите в магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл.

2.60. Найти кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом $R = 6$ см в магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл.

Электромагнитная индукция

2.61. Рамка площадью 50 см^2 , содержащая 100 витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле индукцией 40 мТл. Определить максимальную ЭДС индукции, если ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции, а рамка вращается с частотой 960 об/мин.

2.62. Кольцо из проволоки сопротивлением 1 мОм находится в однородном магнитном поле индукцией 0,4 Тл. Плоскость кольца составляет с линиями индукции угол 90° . Определить заряд, который протечёт по кольцу, если его выдернуть из поля. Площадь кольца 10 см^2 .

2.63. В плоскости перпендикулярной магнитному полю напряжённостью $2 \cdot 10^5$ А/м вращается стержень длиной 0,4 м относительно оси, проходящей через его середину. В стержне индуцируется ЭДС, равная 0,2 В. Определить угловую скорость стержня.

2.64. Катушка из 100 витков площадью 15 см^2 вращается с частотой 5 Гц в однородном магнитном поле индукцией 0,2 Тл. Ось вращения перпендикулярна оси катушки и линиям индукции поля. Определить максимальную ЭДС индукции в катушке.

2.65. Цепь состоит из соленоида и источника тока. Соленоид без сердечника длиной 15 см и диаметром 4 см имеет плотную намотку из двух слоёв медного провода диаметром 0,2 мм. По соленоиду течёт ток 1 А. Определить ЭДС самоиндукции в соленоиде в тот момент времени после отключения его от источника тока, когда сила тока уменьшилась в два раза. Сопротивлением источника тока и подводящих проводов пренебречь.

2.66. Сила тока в соленоиде равномерно возрастает от 0 до

10 А за 1 мин, при этом соленоид накапливает энергию 20 Дж. Какая ЭДС индуцируется в соленоиде?

2.67. Однослойный соленоид без сердечника длиной 20 см и диаметром 4 см имеет плотную намотку медным проводом диаметром 0,1 мм. За 0,1 с сила тока в нём равномерно убывает с 5 А до 0. Определить ЭДС индукции в соленоиде.

2.68. Квадратная рамка со стороной 1 см содержит 100 витков и помещена в однородное магнитное поле напряжённостью 100 А/м. Направление поля составляет угол 30° с нормалью к рамке. Какая работа совершается при повороте рамки на 30° в одну и другую сторону, если по ней течёт ток 1 А?

2.69. Под действием однородного магнитного поля перпендикулярно линиям индукции начинает перемещаться прямолинейный проводник массой 2 г, по которому течёт ток 10 А. Какой магнитный поток пересечёт этот проводник к моменту времени, когда скорость его станет равна 31,6 м/с.

2.70. Проводник с током 1 А длиной 0,3 м равномерно вращается вокруг оси, проходящей через его конец, в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля напряжённостью 1 кА/м. За 1 мин вращения совершается работа 0,1 Дж. Определить угловую скорость вращения проводника.

Колебания и волны

2.71. Материальная точка совершает колебания по закону $x = 0,02 \sin^2(\pi t - \pi/4)$. Найти: а) амплитуду и период колебаний; изобразить график $x(t)$; б) проекцию скорости v_x как функцию координаты x ; изобразить график $v_x(x)$.

2.72. Частица совершает гармонические колебания вдоль оси x около положения равновесия $x = 0$. Частота колебаний $\omega = 4$ рад/с. В некоторый момент координата частицы $x_0 = 25$ см и ее скорость $v_{x0} = 100$ см/с. Написать уравнение колебаний, найти координату x и скорость v_x частицы через 2,4 с после этого момента.

2.73. Тело массой 5 г совершает гармонические колебания вдоль некоторой прямой с периодом $T = 0,60$ с и амплитудой $A = 10,0$ см. Найти силу, действующую на тело, энергию колебаний и импульс.

2.74. Колебательный контур состоит из конденсатора емко-

сти $C = 4,0$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 2,0$ мГн и активным сопротивлением $R = 10$ Ом. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в момент максимума тока.

2.75. Соленоид с индуктивностью $L = 7$ мГн и активным сопротивлением $R = 44$ Ом подключили сначала к источнику постоянного напряжения U_0 , а затем к генератору синусоидального напряжения с действующим значением $U = U_0$. При какой частоте генератора мощность, потребляемая соленоидом, будет в $\eta = 5,0$ раза меньше, чем в первом случае?

2.76. Участок цепи состоит из параллельно включенных конденсатора емкости C и катушки с активным сопротивлением R и индуктивностью L . Найти полное сопротивление этого участка для переменного напряжения с частотой ω .

2.77. Катушка с индуктивностью $L = 0,70$ Г и активным сопротивлением $r = 20$ Ом соединена последовательно с безындукционным сопротивлением R , и между концами этой цепи приложено переменное напряжение с действующим значением $U = 220$ В и частотой $\omega = 314$ рад/с. При каком значении сопротивления R в цепи будет выделяться максимальная тепловая мощность? Чему она равна.

2.78. Неподвижный источник испускает монохроматический звук. К нему приближается стенка со скоростью $u = 33$ см/с. Скорость распространения звука в среде $v = 330$ м/с. Как и на сколько процентов изменяется длина волны звука при отражении от стенки?

2.79. В однородной среде с плотностью ρ установилась продольная стоячая волна вида $\xi = a \cos kx \cos \omega t$. Найти выражения для объемной плотности: а) потенциальной энергии $W_p(x, t)$; б) кинетической энергии $W_k(x, t)$. Изобразить графики распределения объемной плотности полной энергии w в пределах между двумя соседними узлами смещения в моменты $t_0 = 0$ и $t_1 = T/4$, где T — период колебаний.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ К 3 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Оптическая длина пути в однородной среде

$$L = nS,$$

где S - геометрическая длина пути световой волны, n - показатель преломления среды.

2. Оптическая разность хода

$$\Delta = L_1 - L_2,$$

где L_1, L_2 - оптические пути двух световых волн.

3. Условие интерференционного

максимума $\Delta = \pm m \lambda_0, m = 0, 1, 2, \dots;$

минимума $\Delta = (\pm 2m - 1) \frac{\lambda_0}{2}, m = 0, 1, 2, \dots,$

где λ_0 - длина световой волны в вакууме.

4. Условие интерференционных полос в опыте Юнга

$$\Delta x = \frac{\lambda_0 l}{d},$$

где d - расстояние между когерентными источниками света, l - расстояние от источников до экрана.

5. Оптическая разность хода в тонких пленках:

в проходящем свете $\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i};$

в отраженном $\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda_0}{2},$

где d - толщина пленки n - показатель преломления пленки, i - угол падения света.

6. Радиусы колец Ньютона

светлых в проходящем свете (или темных в отраженном)

$$r_m = \sqrt{m \lambda R}, m = 0, 1, 2, \dots;$$

и темных колец в проходящем свете (или светлых в отраженном)

$$r_m = \sqrt{2(m-1) \frac{\lambda R}{2}}, m = 0, 1, 2, \dots,$$

где R - радиус кривизны, λ - длина световой волны в среде.

7. Радиусы зон Френеля

для сферической волновой поверхности $r_m = \sqrt{m \frac{\lambda ab}{a+b}}, m = 0, 1, 2, \dots;$

для плоской волновой поверхности $r_m = \sqrt{m \lambda b}, m = 0, 1, 2, \dots,$

где a - радиус волновой поверхности, b - кратчайшее расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения.

8. Дифракция от одной щели.

Условие максимумов $\varphi_0 = 0, a \sin \varphi_m = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2}, m = 1, 2, 3, \dots;$

Условие минимумов $a \sin \varphi_m = \pm m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots,$

где a - ширина щели.

9. Условие максимумов дифракционной решетки

$$c \sin \varphi_m = \pm m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots,$$

где c - постоянная дифракционной решетки.

10. Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = m\lambda,$$

где $\Delta\lambda$ - минимальная разность длин волн двух, спектральных линий, разрешаемых решеткой, m - порядок спектра.

11. Формула Вульфа - Брэгга

$$2d \sin \theta_m = m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots,$$

где d - расстояние между атомными плоскостями кристалла, θ_m - угол скольжения рентгеновских лучей.

12. Степень поляризации $P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}},$

где $I_{\max}$ и $I_{\min}$ - максимальная и минимальная интенсивность света/

13. Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} i_0 = \frac{n_1}{n_2},$$

где i_0 - угол Брюстера, n_1 и n_2 - показатели преломлений первой и второй среды.

14. Закон Малюса $I = I_0 \cos^2 \alpha,$

где I_0 и I - интенсивность плоско-поляризованного света, падающего и прошедшего через поляризатор, α - угол между плоскостью поляризации падающего света и главной плоскостью поляризатора.

15. Угол поворота плоскости поляризации света

в кристаллах и чистых жидкостях $\varphi = \varphi_0 l;$

в растворах $\varphi = [\varphi_0] cl,$

где φ_0 - постоянная вращения, c - концентрация оптически активного вещества в растворе, l - расстояние, пройденное светом в оптически активном веществе

16. Фазовая скорость света $v = \frac{c}{n}$,

где c – скорость света в вакууме, n - показатель преломления среды.

17. Закон Стефана – Больцмана $R = \sigma T^4$,
где R – энергетическая светимость черного тела, T - термодинамическая температура тела, σ - постоянная Стефана – Больцмана.

18. Закон смещения Вина $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$,

где $\lambda_{\max}$ - длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения черного тела, b – постоянная Вина.

19. Давление света при нормальном падении на поверхность

$$p = \frac{I}{c}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho),$$

где I - интенсивность света, ρ - коэффициент отражения, ω - объёмная плотность энергии излучения.

20. Энергия фотона $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$,

где h – постоянная Планка, ν - частота света.

21. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$\varepsilon = A + T_{\max},$$

где A – работа выхода электронов из металла, $T_{\max}$ – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

22. Комptonовская длина волны частицы $\lambda_c = \frac{h}{m_0 c} = \frac{hc}{E_0}$,

где m_0 - масса покоя частицы, E_0 - энергия покоя частицы.

23. Эффект Комптона

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_c(1 - \cos\theta) = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

где λ и λ' - длина волны падающего и рассеянного излучения, θ - угол рассеяния

24. Длина волны де Бройля $\lambda = \frac{h}{p}$

где h - постоянная Планка, p - импульс частицы

25. Соотношение неопределенностей Гейзенберга

Для координаты и импульса $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{2\pi}$

Для энергии и времени $\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$

где Δx - неопределенность координаты частицы, Δp_x - неопределенность проекции импульса частицы на соответствующую координатную ось, ΔE - неопределенность энергии частицы в некотором состоянии, Δt - время нахождения частицы в этом состоянии.

26. Плотность вероятности нахождения частицы в соответствующем месте пространства

$$\varpi = |\psi|^2$$

где ψ — волновая функция частицы.

27. Волновая функция, описывающая состояние частицы в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме

$$\psi_n = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi x}{l}$$

где l - ширина ямы, x - координата частицы в яме ($0 < x < l$), n - квантовое число ($n = 1, 2, 3, \dots$).

28. Энергия частицы в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме $E_n = \frac{k^2}{8ml^2} n^2$,

где m – масса частицы.

29. Сериальные формулы спектра водородоподобных атомов

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right),$$

где λ – длина волны спектральной линии, R – постоянная Ридберга, Z – порядковый номер элемента, $n = 1, 2, 3 \dots$ $k = n+1, n+2$.

30. Дефект массы ядра

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}$$

где m_p – масса протона, m_n – масса нейтрона, $m_{\text{я}}$ – масса ядра A_ZX , Z и A – зарядовое и массовое числа.

31. Энергия связи ядра

$$E_{\text{св}} = c^2 \Delta m,$$

где c – скорость света в вакууме

32. Удельная энергия связи $\varepsilon_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$.

33. Закон радиоактивного распада $N = N_0 \exp(-\lambda t)$,

где N_0 – начальное число радиоактивных ядер в момент времени 0, N – число не распавшихся радиоактивных ядер в момент времени t , λ – постоянная радиоактивного распада.

34. Активность радиоактивного вещества $A = \frac{dN}{dt} = \lambda N$.

35. Закон поглощения гамма-излучения веществом

$$I = I_0 \exp(-\mu x),$$

где I_0 – интенсивность гамма-излучения на входе в поглощающий слой вещества, I – интенсивность гамма-излучения после прохождения поглощающего слоя вещества толщиной x , μ – коэффициент поглощения.

42. Энергия ядерной реакции

$$Q = c^2(m_1 + m_2 - \sum m_i),$$

где m_1 и m_2 – массы покоя частиц, вступающих в реакцию, $\sum m_i$ – сумма масс покоя частиц, образовавшихся в результате реакции.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3

Волновая оптика

3.1. Для устранения отражения света на поверхность стеклянной линзы наносится пленка вещества с показателем преломления 1,2, меньшим, чем у стекла. При какой наименьшей толщине этой пленки отражение света с длиной волны 0,6 мкм не будет наблюдаться, если свет падает нормально?

3.2. На тонкий стеклянный клин падает нормально монохроматический свет. Наименьшая толщина клина, с которой видны интерференционные полосы в отраженном свете, равна 0,1 мкм. Расстояние между полосами 2 мм. Найти угол между поверхностями клина.

3.3. В опыте Юнга одна из щелей перекрывалась прозрачной пластинкой толщиной 10 мкм, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально занятое восьмой светлой полосой. Найти показатель преломления пластинки, если длина волны света 0,6 мкм.

3.4. На тонкий стеклянный клин падает нормально свет с длиной волны 0,6 мкм. Расстояние между соседними интерференционными полосами в отраженном свете равно 0,5 мм. Показатель преломления стекла 1,5. Определить угол между поверхностями клина.

3.5. Какова толщина мыльной пленки, освещенной белым светом, если при наблюдении ее в отраженном свете она представляется зеленой ($\lambda = 515$ нм), когда свет падает нормально? Показатель преломления мыльной воды принять 1,33.

3.6. Пучок света падает нормально на стеклянную пластинку, толщина которой 0,4 мкм. Показатель преломления стекла $n = 1,5$. Какие длины волн, лежащие в пределах видимого спектра (от 400 нм до 700 нм), усиливаются в отраженном пучке?

3.7. Диаметр d_2 второго светлого кольца Ньютона при наблюдении в проходящем ($\lambda = 0,6$ мкм) равен 1,2 мм. Определить оптическую силу Φ плосковыпуклой линзы, взятой для опыта.

3.8. Постоянная дифракционной решетки равна 2,5 мкм. Определить наибольший порядок спектра, общее число главных максимумов в дифракционной картине и угол дифракции в спектре третьего порядка при нормальном падении монохроматического света с длиной волны 0,59 мкм.

3.9. На дифракционную решетку, содержащую 100 штрихов на 1 мм, нормально падает монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум второго порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол 16° . Определить длину волны света, падающего на решетку.

3.10. Постоянная дифракционной решетки в 4 раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на ее поверхность. Определить угол между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.

3.11. Определить радиус третьей зоны Френеля, если рас-

стояния от точечного источника света ($\lambda=0,6$ мкм) до волновой поверхности и от волновой поверхности до точки наблюдения равны 1,5 м.

3.12. На диафрагму с круглым отверстием $d = 5$ мм падает нормально параллельный пучок света с длиной волны $\lambda=0,6$ мкм. Определить расстояние от точки наблюдения до отверстия, если отверстие открывает: 1) две зоны Френеля; 2) три зоны Френеля.

3.13. Определить период дифракционной решетки, если при наблюдении в монохроматическом свете ($\lambda = 0,6$ мкм) максимум пятого порядка отклонён на 18° . Под каким углом будет наблюдаться шестой максимум?

3.14. Дифракционная решетка содержит $N_0 = 200$ штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6$ мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

3.15. Естественный монохроматический свет падает на систему из двух скрещенных николей, между которыми находится кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно к оптической оси. Найти минимальную толщину пластинки, при которой эта система будет пропускать $\eta = 0,30$ светового потока, если постоянная вращения кварца $\alpha = 17$ угл.град/мм.

3.16. Естественный свет падает под углом Брюстера на поверхность стекла. Определить с помощью формул Френеля:

- а) коэффициент отражения;
- б) степень поляризации преломленного света.

3.17. Пучок естественного света падает на систему из $N = 6$ николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол $\varphi = 30^\circ$ относительно плоскости пропускания предыдущего николя. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

3.18. Угол преломления луча в жидкости 35° . Определить показатель преломления n жидкости, если известно, что отражённый пучок света максимально поляризован.

3.19. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, поставленные так, что угол между их главными плоскостями равен φ . Как поляризатор, так и анализатор поглощают и отражают 8% падающего на них света. Оказалось, что интенсив-

ность луча, вышедшего из анализатора, равна 9% интенсивности естественного света, падающего на поляризатор. Найти угол φ .

3.20. Пучок света последовательно проходит через два николя, плоскости пропускания которых образуют между собой угол $\varphi = 40^\circ$. Принимая, что коэффициент поглощения k каждого николя равен 0,15, найти, во сколько раз пучок света, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первый николь.

Тепловое излучение

3.21. Имеется два абсолютно черных источника теплового излучения. Температура одного из них $T_1 = 2500$ К. Найти температуру другого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его испускательной способности, на $\Delta\lambda = 0,50$ мкм больше длины волны, соответствующей максимуму испускательной способности первого источника.

3.22. Энергетическая светимость абсолютно черного тела $W_\varepsilon = 3,6$ Вт/см². Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела.

3.23. Излучение Солнца по своему спектральному составу близко к излучению абсолютно черного тела, для которого максимум испускательной способности приходится на длину волны 0,48 мкм. Найти массу, теряемую Солнцем каждую секунду за счет излучения. Оценить время, за которое масса Солнца уменьшится на 1%

3.24. Найти температуру T печи, если известно, что излучение из отверстия в ней площадью $S = 6,5$ см² имеет мощность $N=34,6$ Вт. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

3.25. Какую мощность излучения N имеет Солнце? Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно черного тела. Температура поверхности Солнца $T=5800$ К.

3.26. Какое количество энергии излучает 1 см² затвердевшего свинца в 1 с? Отношение энергетических светимостей поверхности свинца и абсолютно черного тела для этой температуры считать равным 0,6.

3.27. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности $N'=0,67$ кВт. Температура поверхности $T = 2500$ К, ее

площадь $S = 10 \text{ см}^2$. Какую мощность излучения N имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение k энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.

3.28. Диаметр вольфрамовой спирали в электрической лампочке $d=0,3 \text{ мм}$, длина спирали $l=5 \text{ см}$. При включении лампочки в сеть напряжением $U = 127 \text{ В}$ через лампочку течет ток $I=0,31 \text{ А}$. Найти температуру T спирали. Считать, что по установлении равновесия все выделяющееся в нити тепло теряется в результате излучения. Отношение энергетических светимостей вольфрама и абсолютно черного тела для данной температуры $k=0,31$.

3.29. Считая, что атмосфера поглощает 10% лучистой энергии, посылаемой Солнцем, найти мощность излучения N , получаемую от Солнца горизонтальным участком Земля площадью $S=0,5 \text{ га}$. Высота Солнца над горизонтом $\alpha = 30^\circ$. Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно черного тела.

3.30. Температура T абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость R_ν ? На сколько изменилась длина волны λ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости $R_{\nu,\lambda}$?

Давление света. Фотозффект

3.31. Плоская световая волна интенсивности $I = 0,70 \text{ Вт/см}^2$ освещает шар с абсолютно зеркальной поверхностью. Радиус шара $R = 5,0 \text{ см}$. Найти с помощью корпускулярных представлений силу светового давления, испытываемую шаром.

3.32. Короткий импульс света с энергией $E = 7,5 \text{ Дж}$ в виде узкого почти параллельного пучка падает на зеркальную пластинку с коэффициентом отражения $\rho = 0,60$. Угол падения $\alpha = 30^\circ$. Определить с помощью корпускулярных представлений импульс, переданный пластинке.

3.33. Лазер излучил в импульсе длительностью $\tau = 0,13 \text{ мс}$ пучок света с энергией $E = 10 \text{ Дж}$. Найти среднее давление такого светового импульса, если его сфокусировать в пятнышко диаметром $d = 10 \text{ мкм}$ на поверхность, перпендикулярную к пучку, с коэффициентом отражения $\rho = 0,50$.

3.34. Плоская световая волна интенсивности $I = 0,20 \text{ Вт/см}^2$ падает на плоскую зеркальную поверхность с коэффициентом отражения $\rho = 0,8$. Угол падения $\alpha = 45^\circ$. Определить с помощью корпускулярных представлений значение нормального давления, которое оказывает свет на эту поверхность.

3.35. Определить красную границу фотоэффекта для цинка и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности электромагнитным излучением с $\lambda = 250 \text{ нм}$.

3.36. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке в $\eta = 1,5$ раза длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра изменилась на $\Delta\lambda = 26 \text{ пм}$. Найти первоначальное напряжение на трубке.

3.37. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1 = 0,35 \text{ мкм}$ и $\lambda_2 = 0,54 \text{ мкм}$ обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в $\eta = 2,0$ раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла.

3.38. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1 = 0,35 \text{ мкм}$ и $\lambda_2 = 0,54 \text{ мкм}$ обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в $\eta = 2,0$ раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла.

3.39. До какого максимального потенциала зарядится удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 140 \text{ нм}$?

3.40. Имеется вакуумный фотоэлемент, один из электродов которого цезиевый, другой – медный. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, подлетающих к медному электроду, при освещении цезиевого электрода электромагнитным излучением с длиной волны $0,22 \text{ мкм}$, если электроды замкнуть снаружи накоротко.

Атомная физика

3.41. Найти квантовое число n , соответствующее возбужденному состоянию иона He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн $108,5$ и $30,4 \text{ нм}$.

3.42. Какой серии принадлежит спектральная линия ато-

марного водорода, волновое число которой равно разности волновых чисел следующих двух линий серии Бальмера: 486,1 и 410,2 нм? Какова длина волны этой линии?

3.43. Вычислить постоянную Ридберга R , если известно, что для ионов He^+ разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана $\Delta\lambda = 133,7$ пм.

3.44. Найти энергию связи электрона в основном состоянии водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна 108,5 нм.

3.45. Какому элементу принадлежит водородоподобный спектр, длины волн линий которого в четыре раза короче, чем у атомарного водорода?

3.46. Энергия связи электрона в основном состоянии атома He равна $E_0 = 24,6$ эВ. Найти энергию, необходимую для удаления обоих электронов из этого атома.

3.47. Найти скорость фотоэлектронов, вырываемых электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 18,0$ нм из ионов He^+ , которые находятся в основном состоянии и покоятся.

3.48. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрел атом?

3.49. Найти для атомов легкого и тяжелого водорода (H и D) разность: а) энергий связи их электронов в основном состоянии; б) длин волн головных линий серии Лаймана.

3.50. Вычислить расстояние между частицами системы в основном состоянии, соответствующую энергию связи и длину волны головной линии серии Лаймана, если системой является мезоатом водорода, ядром которого служит протон (в мезоатоме вместо электрона движется мезон, имеющий тот же заряд, но массу в 207 раз большую).

Волновые свойства частиц

3.51. Вычислить дебройлевские длины волн электрона, протона и атома урана, имеющих одинаковую кинетическую энергию 100 эВ.

3.52. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пм?

3.53. Найти дебройлевскую длину волны молекул водород-

да, соответствующую их наиболее вероятной скорости при комнатной температуре.

3.54. Показать, что для частицы, неопределенность местоположения которой $\Delta x = \lambda/2\pi$, где λ — ее дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна по порядку величины самой скорости частицы.

3.55. С какой скоростью движется электрон, если длина волны λ де Бройля электрона равна его комптоновской длине волны λ_c ?

3.56. Получить выражение для дебройлевской длины волны λ релятивистской частицы, движущейся с кинетической энергией T . При каких значениях T , ошибка в определении λ по нерелятивистской формуле не превышает 1% для электрона и протона?

3.57. Электрон с кинетической энергией $T \approx 4$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

3.58. Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером $l = 0,20$ нм.

3.59. Частица массы m движется в одномерном потенциальном поле $U = kx^2/2$ (гармонический осциллятор). Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимально возможную энергию частицы в таком поле.

3.60. Волновая функция электрона в основном состоянии атома водорода имеет вид $\psi(r) = Ae^{-r/r_1}$, где A — некоторая постоянная, r_1 — первый боровский радиус. Найти наиболее вероятное расстояние между электроном и ядром.

Радиоактивность

3.61. Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 дня, распадется за месяц?

3.62. Сколько β -частиц испускает в течение одного часа 2 мкг изотопа Na_{24} , период полураспада которого равен 15 ч?

3.63. При изучении β -распада радиоизотопа Mg_{23} в момент $t = 0$ был включен счетчик. К моменту $t_1 = 2,0$ с он зарегистрировал N_1 β -частиц, а к моменту $t_2 = 3t_1$ — в 2,66 раза больше. Найти среднее время жизни данных ядер.

3.64. Активность некоторого препарата уменьшается в 2,5 раза за 7,0 суток. Найти его период полураспада.

3.65. Найти постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного изотопа Co_{55} , если известно, что его активность уменьшается на 4,0% за час? Продукт распада нерадиоактивен.

3.66. Препарат U_{238} массы 1,0 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата.

3.67. Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа C_{14} у них составляет $3/5$ удельной активности этого изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ядер C_{14} равен 5570 лет.

3.68. В урановой руде отношение числа ядер U_{238} к числу ядер Pb_{206} $\eta = 2,8$. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец Pb_{206} является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада ядер U_{238} равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

3.69. В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего радиоизотоп Na_{24} активностью $A = 2,0 \cdot 10^3$ расп./с. Активность 1 см³ крови, взятой через $t = 5,0$ ч, оказалась $A' = 16$ расп./ (мин·см³). Период полураспада данного радиоизотопа $T = 15$ ч. Найти объем крови человека.

3.70. Радиоизотоп A_1 с постоянной распада λ_1 превращается в радиоизотоп A_2 с постоянной распада λ_2 . Считая, что в начальный момент препарат содержал только ядра изотопа A_1 , найти:

- а) закон накопления радиоизотопа A_2 со временем;
- б) промежуток времени, через который активность радиоизотопа A_2 достигнет максимума.

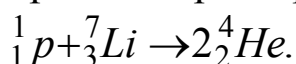
Ядерные реакции

3.71. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи альфа-частицы.

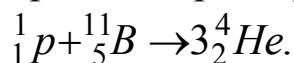
3.72. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $^{44}_{20}Ca$.

3.73. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $^{206}_{82}Pb$.

3.74. Вычислить энергию ядерной реакции



3.75. Вычислить энергию ядерной реакции



3.76. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра Ne_{20} на две α -частицы и ядро C_{12} , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах Ne_{20} , He_4 и C_{12} равны соответственно 8,03, 7,07 и 7,68 МэВ.

3.77. Найти с помощью табличных значений масс атомов:

- а) среднюю энергию связи на один нуклон в ядре O_{16} ;
- б) энергию связи нейтрона и α -частицы в ядре B_{11} ;
- в) энергию, необходимую для разделения ядра O_{16} на четыре одинаковые частицы.

3.78. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра Ne_{20} на две α -частицы и ядро C_{12} , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах Ne_{20} , He_4 и C_{12} равны соответственно 8,03, 7,07 и 7,68 МэВ.

3.79. Считая, что в одном акте деления ядра U_{235} освобождается энергия 200 МэВ, определить:

а) энергию, выделяющуюся при сгорании одного килограмма изотопа U_{235} , и массу каменного угля с теплотворной способностью 30 кДж/г, эквивалентную в тепловом отношении одному килограмму U_{235} ;

б) массу изотопа U_{235} , подвергшегося делению при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 30 килотонн, если тепловой эквивалент тротила равен 4,1 кДж/г.

3.80. Найти число нейтронов, возникающих в единицу времени в урановом реакторе, тепловая мощность которого $P = 100$ МВт, если среднее число нейтронов на каждый акт деления $\nu = 2,5$. Считать, что при каждом делении освобождается энергия $E = 200$ МэВ.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Универсальные физические постоянные

Название	Обозначение	Численное значение
Ускорение свободного падения	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	G	6,67·10 ⁻¹¹ м ³ /(кг·с ²)
Газовая постоянная	R	8,31 Дж/моль·К
Постоянная Авогадро	N_A	6,02·10 ²³ моль ⁻¹
Постоянная Больцмана	k	1,38·10 ⁻²³ Дж/К
Элементарный заряд	e	1,6·10 ⁻¹⁹ Кл
Масса покоя электрона	m_e	9,11·10 ⁻³¹ кг
Масса покоя нейтрона	m_n	1,68·10 ⁻²⁷ кг
Масса покоя α - частицы	m_α	6,64·10 ⁻²⁷ кг
Масса покоя протона	m_p	1,67·10 ⁻²⁷ кг
Электрическая постоянная	ε_0	8,85·10 ⁻¹² Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	12,56·10 ⁻⁷ Гн/м
Постоянная Планка	h	6,63·10 ⁻³⁴ Дж·с
Постоянная Планка (с чертой)	$\hbar = h / 2\pi$	1,05·10 ⁻³⁴ Дж·с
Постоянная Стефана – Больцмана	σ	5,67·10 ⁻⁸ Вт/(м ² ·К ⁴)
Постоянная закона смещения Вина	b	2,90·10 ⁻³ м·К
Постоянная Вина	C	1,30·10 ⁻⁵ Вт/(м ² ·К ⁵)
Постоянная Ридберга	R	3,29·10 ¹⁵ с ⁻¹
Радиус первой боровской орбиты	a	5,29·10 ⁻¹¹ м
Энергия ионизации атома водорода	W_i	2,16·10 ⁻¹⁸ Дж
Комптоновская длина волны электрона	λ_c	2,43·10 ⁻¹² м
Атомная единица массы	а.е.м.	1,66·10 ⁻²⁷ кг
Электрон-вольт	эВ	1,6·10 ⁻¹⁹ Дж

2. Эффективный диаметр молекулы газов

Газ	Диаметр, $d \cdot 10^{10}$, м
Азот	3,8
Водород	2,8
Кислород	3,6

3. Тепловые константы.

Вещество	Удельная теплоём- кость, C_m , Дж/(К·кг)	Удельная теплота плавления, λ , кДж/кг	Удельная теплота парообра- зования, L , МДж/кг
Вода	4200	—	2,3
Лёд	2100	330	—
Свинец	130	25	—

4. Период полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ изотопа	Тип распада	Период полураспада
Магний	$^{27}_{12}\text{Mg}$	β^-	10 мин
Фосфор	$^{32}_{15}\text{P}$	β^-	14,3 сут
Кобальт	$^{60}_{27}\text{Co}$	β^- , γ	5,3 года
Иод	$^{131}_{53}\text{I}$	β^- , γ	8 сут
Иридий	$^{192}_{77}\text{Ir}$	β^- , γ	75 сут

5. Масса и энергия покоя частиц

Изотоп	Символ	Масса, а.е.м.	Изотоп	Символ	Масса, а.е.м.
Нейтрон	^1_0n	1,00867	Протон	^1_1p	1,00728
Водород	^1_1H	1,00783	Бериллий	^7_4Be	7,01693
	^2_1H	2,01410		^9_4Be	9,01219
	^3_1H	3,01625	Бор	$^{10}_5\text{B}$	10,01294
Гелий	^3_2He	3,01603		$^{11}_5\text{B}$	11,00930
	^4_2He	4,00260	Углерод	$^{12}_6\text{C}$	12,00000
Литий	^6_3Li	6,01513		$^{13}_6\text{C}$	13,00335
	^7_3Li	7,01601		$^{14}_6\text{C}$	14,00324

Составители

Анатолий Александрович Мальшин
Татьяна Ивановна Янина

ФИЗИКА

Программа и контрольные работы для студентов направления
подготовки бакалавров 151900.62 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
заочной формы обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 25.05.2012. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 2,9.

Тираж 46 экз. Заказ

КузГТУ 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.