

# КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

## ПО ФИЗИКЕ

для студентов заочной формы обучения

Составители

С. П. Майбуров  
К. Г. Иванов  
Е. П. Романова  
В. В. Безносова

Санкт-Петербург  
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

# КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

## ПО ФИЗИКЕ

для студентов заочной формы обучения

Составители

С. П. Майбуров  
К. Г. Иванов  
Е. П. Романова  
В. В. Безносова

Санкт-Петербург  
2017

## Методические указания к выполнению контрольных работ

1. За время обучения физике студент должен выполнить **четыре** контрольные работы. В I семестре – к/р №1 и к/р №2, во II семестре – к/р №3 и к/р №4.
2. Каждая контрольная работа содержит **четыре** задачи.
3. **Выбор варианта контрольной работы:**  
Вариант контрольной работы следует выбирать, согласно номеру зачетной книжки (по двум последним цифрам).  
Например: если последние две цифры зачетной книжки заканчиваются от 01 до 30, то вариант соответствует этим двум последним цифрам (номер зачетной книжки 0332126 – вариант № 26).  
Если две последние цифры больше 30, то номер варианта равен одной последней цифре (номер зачетной книжки 0332186 – вариант № 6).  
Если две последние цифры зачетной книжки – 00, то выполнять вариант №10.
4. Каждую контрольную работу надо выполнять в отдельной школьной тетради, на обложке которой указать номер контрольной работы, наименование дисциплины (физика), фамилию и инициалы студента, номер зачетной книжки, номер группы (для студентов дневной и вечерней форм обучения), домашний адрес (для студентов заочной формы обучения).
5. Контрольную работу следует выполнять аккуратно, оставляя поля для замечаний преподавателя.
6. Задачи своего варианта переписывать полностью, а заданные физические величины выписать отдельно, при этом все числовые величины должны быть выражены в СИ.
7. Для пояснения решения задачи, где это нужно, аккуратно сделать чертеж.
8. Решения задач и используемые формулы должны сопровождаться пояснениями.
9. Приводить вывод расчетной формулы, которая нужна для решения конкретной задачи.
10. Решение задачи рекомендуется сначала сделать в общем виде, т. е. только в буквенных обозначениях.
11. Вычисления следует проводить путем подстановки заданных величин в расчетную формулу.
12. Проверить размерность полученных величин по расчетной формуле и тем самым подтвердить ее правильность.
13. Студент должен прислать контрольную работу в электронном виде через отдел Дистанционных образовательных технологий.

**Контрольные работы, представленные без соблюдения вышеперечисленных указаний, зачитываться не будут.**

При представлении работы на повторную проверку обязательно предъявлять первоначальную работу с замечаниями преподавателя.

### **Методические рекомендации студентам при самостоятельной подготовке к экзаменам**

1. Сначала необходимо изучить данное определение и аналитическую запись рассматриваемого закона. При этом необходимо знать физический смысл всех входящих в формулу букв и символов, знать их размерность.
2. Запомнить самый простой, пусть даже не совсем корректный вид формулы данного закона, а затем научиться усложнять его до полной точной формулировки в аналитическом виде.
3. Для улучшения запоминания формулы уметь видеть и находить сходство в записи различных законов, например, кинетическая энергия поступательного и вращательного движений и энергия заряженного конденсатора записываются одинаково.
4. На простых, качественных примерах рассмотреть основные положения данного закона, что способствует запоминанию и пониманию его формулировки. Примеры дает лектор, либо необходимо их придумать самому. Подобные задачи составляют систему опорных сигналов, облегчающих понимание и запоминание закона.
5. Не продолжать разбирать лекции, если возник вопрос, на который нет ответа. Искать ответ либо в конспекте (лучше додуматься самостоятельно), либо использовать дополнительную литературу, но обязательно ответить на этот вопрос, даже если на это уйдет много времени. В крайнем случае, задать этот вопрос на консультации перед экзаменом. Не пропускать консультации.
6. При разборе лекции все математические действия должны быть полностью понятными. Уметь задавать себе вопросы, которые содержатся в лекции в неявном виде. И уметь отвечать на эти вопросы.
7. По возможности не пропускать лекции, даже если есть способ иметь потом конспект на руках. На лекции следить за логикой рассуждений, а не записывать автоматически без понимания.
8. Уметь видеть общие положения, с которых всегда начинается рассмотрение нового вопроса или задачи.

## Примеры решения задач

<p><b>Пример 1.</b> При фотоэффекте с платиновой поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов <math>U_3 = 0,8</math> В. Найти длину волны <math>\lambda</math> используемого облучения.</p>	
<p><b>Дано:</b>  <math>U_3 = 0,8</math> В  <math>\lambda = ?</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>Решение</b></p> <p>Из формулы Эйнштейна для фотоэффекта следует</p> $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_m^2$ <p>или, с учетом формулы</p> $\frac{1}{2}mv_m^2 = qU_3,$ <p>имеем</p> $\frac{hc}{\lambda} = A + qU_3,$ <p>откуда</p> $\lambda = \frac{hc}{A + qU_3} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,29 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,8} = \frac{19,86 \cdot 10^{-26}}{9,744 \cdot 10^{-19}} = 2,04 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 204 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 204 \text{ нм}.$ <p>(Из справочника мы взяли для платины <math>A = 5,29</math> эВ)</p>
<p><b>Пример 2.</b> Частица движется со скоростью <math>\vec{v} = -at\vec{e}_x</math>, где <math>a = 1</math> м/с<sup>2</sup>. Найти средние значения скорости <math>\langle \vec{v} \rangle</math> и ее модуля <math>\langle v \rangle</math> за промежуток времени от <math>t_1=1</math>с до <math>t_2=3</math>с.</p>	
<p><b>Дано:</b>  <math>\vec{v} = -at\vec{e}_x</math>  <math>a = 1</math> м/с<sup>2</sup>  <math>t_1 = 1</math>с  <math>t_2 = 3</math>с</p>	<p style="text-align: center;"><b>Решение</b></p> <p>Среднее значение скалярной или векторной величины <math>a(t)</math> за промежуток времени <math>t_2 - t_1</math> находят по формуле</p> $\langle a \rangle = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt, \quad (2.1)$
<p><math>\langle \vec{v} \rangle</math> - ?  <math>\langle v \rangle</math> - ?</p>	<p>где <math>a(t)</math> – зависимость физической величины от времени.          Среднее значение скорости найдем по формуле</p>

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \vec{v}(t) dt, \quad (2.2)$$

где  $\vec{v}(t)$  - зависимость скорости от времени. По условию задачи  $\vec{v} = -at\vec{e}_x$ . (2.3)

Подставляя выражение (2.3) в соотношение (2.2), находим

$$\begin{aligned} \langle \vec{v} \rangle &= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (-a \cdot t \cdot \vec{e}_x) dt = -\frac{1}{t_2 - t_1} a \vec{e}_x \int_{t_1}^{t_2} t dt = -\frac{1}{t_2 - t_1} a \cdot \vec{e}_x \frac{t^2}{2} \Big|_{t_1}^{t_2} = - \\ &= -\frac{1}{t_2 - t_1} a \cdot \vec{e}_x \frac{1}{2} (t_2^2 - t_1^2) = -a \cdot \vec{e}_x \frac{1}{2} (t_2 + t_1) = -1 \cdot \vec{e}_x \frac{1}{2} (3 + 1) = -2 \cdot \vec{e}_x. \end{aligned}$$

Среднее значение модуля скорости  $\langle v \rangle$  найдем по формуле (2.1), подставив  $v(t) = \sqrt{v_x^2} = \sqrt{(-at)^2} = at$ :

$$\begin{aligned} \langle v \rangle &= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} at dt = \frac{1}{t_2 - t_1} a \int_{t_1}^{t_2} t dt = \frac{1}{t_2 - t_1} a \frac{t^2}{2} \Big|_{t_1}^{t_2} = \\ &= -\frac{1}{t_2 - t_1} a \frac{1}{2} (t_2^2 - t_1^2) = -a \frac{1}{2} (t_2 + t_1) = 1 \frac{1}{2} (3 + 1) = 2. \end{aligned}$$

Ответ:  $\langle \vec{v} \rangle = -2\vec{e}_x$  (м/с),  $\langle v \rangle = 2$  м/с.

**Пример 3.** В баллоне объемом  $V = 10$  л находится гелий под давлением  $P_1 = 1$  МПа и при температуре  $T_1 = 300$  К. После того, как из баллона было выпущено  $M = 10$  г гелия, температура в баллоне понизилась до  $T_2 = 290$  К. Определить давление  $P_2$  гелия, оставшегося в баллоне.

<b>Дано:</b>	<b>Решение</b>
$V = 10$ л $P_1 = 1$ МПа $T_1 = 300$ К $M = 10$ г $T_2 = 290$ К	Запишем уравнения состояния идеального газа до выпуска газа $P_1 V = \nu_1 R T_1 = \frac{M_1}{\mu} R T_1 \quad (3.1)$ и после выпуска газа $P_2 V = \nu_2 R T_2 = \frac{M_2}{\mu} R T_2, \quad (3.2)$
$P_2 = ?$	где $M_1$ и $M_2$ – масса гелия в баллоне до и после выпуска соответственно. Так как по условию задачи $M_2 = M_1 - M$ , перепишем уравнение (2.2) в виде

$$P_2 V = \frac{M_1 - M}{\mu} R T_2. \quad (3.3)$$

Решим систему уравнений (3.1) и (3.3) относительно искомого давления  $P_2$ .

$$\frac{P_2 V}{T} = \frac{M_1}{\mu} R - \frac{M}{\mu} R = \frac{P_1 V}{T_1} - \frac{M}{\mu} R.$$

$$P_2 = \frac{T_2}{V} \left( \frac{P_1 V}{T_1} - \frac{M}{\mu} R \right) = \frac{290}{10 \cdot 10^{-3}} \left( \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{300} - \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,004} \cdot 8,31 \right) =$$

$$= 290 \cdot 10^2 (33,3 - 20,8) = 3625 \cdot 10^2 \text{ Па} = 0,36 \text{ МПа}.$$

Ответ:  $P_2 = 0,36 \text{ МПа}$ .

**Пример 4.** Два точечных электрических заряда  $q_1 = 1 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -2 \text{ нКл}$  находятся в воздухе на расстоянии  $d = 10 \text{ см}$  друг от друга. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке, удаленной от заряда  $q_1$  на расстояние  $r_1 = 9 \text{ см}$  и от заряда  $q_2$  на  $r_2 = 7 \text{ см}$ .

**Дано:**

$q_1 = 1 \text{ нКл}$   
 $q_2 = -2 \text{ нКл}$   
 $d = 10 \text{ см}$   
 $r_1 = 9 \text{ см}$   
 $r_2 = 7 \text{ см}$

**Решение**

Согласно принципу суперпозиции электрических полей напряженность поля, создаваемого зарядами  $q_1$  и  $q_2$  в интересующей нас точке

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2. \quad (4.1)$$

$E - ?$

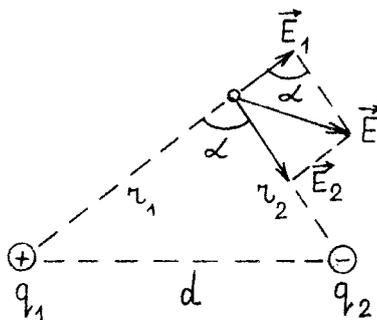


Рис. 4.1

Из рис. 4.1 видно, что по теореме косинусов

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1 E_2 \cos \alpha, \quad (4.2)$$

$$d^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \alpha. \quad (4.3)$$

Из выражения (4.3) найдем

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1r_2} = \frac{(0,09)^2 + (0,07)^2 - (0,1)^2}{2 \cdot 0,09 \cdot 0,07} = \\ &= \frac{0,0081 + 0,0049 - 0,01}{0,0126} = 0,238. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Кроме того,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{1 \cdot 10^{-9}}{0,0081} = 1,111 \cdot 10^3 \text{ В/м}, \quad (4.5)$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r_2^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,0049} = 3,673 \cdot 10^3 \text{ В/м}. \quad (4.6)$$

Подставляя числовые значения (4.4), (4.5) и (4.6) в соотношение (4.2),

получаем

$$E^2 = 1,234 \cdot 10^6 + 13,491 \cdot 10^6 - 2 \cdot 1,111 \cdot 3,673 \cdot 10^6 \cdot 0,238 = 12,78 \cdot 10^6 \text{ В}^2/\text{м}^2.$$

Откуда

$$E = 3,57 \cdot 10^3 \text{ В/м} = 3,57 \text{ кВ/м}.$$

Ответ:  $E = 3,57 \text{ кВ/м}$ .

## Контрольная работа 1

### Вариант 1

1. Зависимость радиус–вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = at\vec{e}_x - bt^2\vec{e}_y$ , где  $a$  и  $b$  – положительные постоянные. Найти уравнение траектории в параметрической форме  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ .
2. Обруч и диск одинаковых масс  $m_1 = m_2 = m$  катятся без скольжения с одной и той же скоростью  $v$ . Кинетическая энергия обруча  $T_1 = 39,24$  Дж. Найти кинетическую энергию  $T_2$  диска.
3. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. На одном конце доски стоит человек. Масса человека  $M = 60$  кг, масса доски  $m = 20$  кг. Найти, на какое расстояние  $d$  передвинется тележка, если человек перейдет на другой конец доски. Длина доски  $l = 2$  м. Массой колес пренебречь. Трение не учитывать.
4. Уравнение затухающих колебаний дано в виде  $x = 5e^{-0,25t} \sin(\pi \cdot t / 2)$ . Найти скорость  $v$  колеблющейся частицы в момент  $t = 4T$ , где  $T$  – период колебаний.

### Вариант 2

1. Зависимость радиус – вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = at\vec{e}_x - bt^2\vec{e}_y$ , где  $a$  и  $b$  – положительные постоянные. Найти уравнение траектории в виде зависимости  $y(x)$ .
2. Однородный цилиндр радиусом  $R = 0,2$  м и массой  $m = 5$  кг вращается вокруг своей оси. Зависимость угловой скорости  $\omega$  вращения цилиндра от времени  $t$  дается уравнением  $\omega = A + Bt$ , где  $B = 8$  рад/с<sup>2</sup>. Найти касательную силу  $F$ , приложенную к боковой поверхности цилиндра перпендикулярно его оси.
3. В лодке массой  $M = 240$  кг стоит человек массой  $m = 60$  кг. Лодка плывет со скоростью  $V_1 = 2$  м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью  $V_2' = 4$  м/с относительно лодки. Найти скорость  $U$  движения лодки после прыжка человека, если прыжок совершен в сторону, противоположную движению лодки.
4. Частица массой  $m = 5$  г гармонически колеблется с частотой  $\nu = 5$  Гц и амплитудой  $A = 3$  см. Найти модуль скорости  $v$  частицы в момент времени, когда ее смещение  $x = 1,5$  см.

### Вариант 3

1. Радиус-вектор частицы определяется выражением  $\vec{r} = 3t^2\vec{e}_x + 4t^2\vec{e}_y + 7\vec{e}_z$ . Вычислить путь  $S$ , пройденный частицей за первые 10 с движения.
2. Сила  $\vec{F} = 3\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 5\vec{e}_z$ , Н приложена к частице, радиус-вектор которой  $\vec{r} = 4\vec{e}_x + 2\vec{e}_y + 3\vec{e}_z$ , м. Найти момент силы  $\vec{M}$  относительно начала координат.
3. Найти скорость центра шара, скатившегося без проскальзывания с наклонной плоскости высотой  $h$ . Считать радиус шара много меньшим высоты наклонной плоскости.
4. Записать выражение для плоской волны с амплитудой  $A$ , частотой  $\omega$ , длиной волны  $\lambda$  и начальной фазой  $\pi/4$ , распространяющейся в непоглощающей среде вдоль оси  $y$ .

### Вариант 4

1. Радиус – вектор частицы меняется со временем по закону  $\vec{r} = at\vec{e}_x + bt^2\vec{e}_y$ , где  $a$  и  $b$  – положительные постоянные. Найти уравнение траектории частицы  $y(x)$ .
2. Шар массой  $m = 10$  кг и радиусом  $R = 20$  см вращается вокруг оси  $z$ , проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ , где  $B = 4$  рад/с<sup>2</sup>,  $C = -1$  рад/с<sup>3</sup>. Определить момент сил  $M_z$  в момент времени  $t = 2$  с.
3. Частица массой 1 г, двигавшаяся со скоростью  $\vec{V}_1 = 3\vec{e}_x - 2\vec{e}_y$ , испытала абсолютно неупругое столкновение с другой частицей, масса которой 2 г и скорость  $\vec{V}_2 = 4\vec{e}_y - 6\vec{e}_z$ . Найти скорость  $\vec{V}$  образовавшейся частицы.
4. Колесо диаметром  $D = 60$  см вращается под действием касательной к ее ободу силы  $F = 10$  Н. Найти момент инерции  $J$  колеса относительно неподвижной оси  $Z$ , проходящей через центр колеса перпендикулярно его плоскости, если за промежуток времени от  $t_1 = 0$  до  $t_2 = 7$ с проекция угловой скорости колеса изменилась от 0 до 12 рад/с.
5. Найти круговую частоту  $\omega$  гармонических колебаний частицы, если при смещении  $x_1$  и  $x_2$  от положения равновесия ее скорости равны  $v_1$  и  $v_2$  соответственно.

## Вариант 5

1. Радиус-вектор частицы определяется выражением  $\vec{r} = 3t\vec{e}_x + 4t^2\vec{e}_y + 7\vec{e}_z$  (м). Вычислить модуль перемещения за первые 10 с движения.
2. Первоначальная энергия тела  $E_1 = 10$  Дж, конечная энергия  $E_2 = 8$  Дж. Найти приращение энергии  $\Delta E$ .
3. Человек массой  $m$  стоит на краю горизонтального, однородного диска массой  $M$ , который может свободно вращаться вокруг неподвижной вертикальной оси, проходящей через его центр. В некоторый момент времени человек начал двигаться по краю диска и совершил перемещение на угол  $\varphi_{ч}$  относительно диска, после чего остановился. Пренебрегая размерами человека, найти угол  $\varphi_{д}$ , на который повернулся диск относительно неподвижной системы отсчета к моменту остановки человека.
4. Найти скорость центра шара, скатившегося без проскальзывания с наклонной плоскости высотой  $h$ . Считать радиус шара много меньшим высоты наклонной плоскости.

## Вариант 6

1. Частица движется в плоскости  $xu$  по закону:  $x = at$ ,  $y = at(1-\alpha t)$ , где  $a$  и  $\alpha$  – положительные постоянные,  $t$  – время. Найти уравнение траектории частицы  $y(x)$ .
2. Находясь под действием постоянной силы с компонентами (3, 10, 8) Н, частица переместилась из точки 1 с координатами (1, 2, 3) м в точку 2 с координатами (3, 2, 1) м. Какая при этом совершена работа?
3. Столб высотой  $h = 3$  м падает из вертикального положения на горизонтальную поверхность. Вычислить скорость  $v$  верхнего конца столба в момент его удара.
4. Частица массой  $m = 50$  г колеблется по закону  $x = A\cos\omega t$ , где  $A = 10$  см и  $\omega = 5$  с<sup>-1</sup>. Найти силу  $F_x$ , действующую на частицу в момент, когда фаза колебаний  $\omega t = \pi / 3$ .

### Вариант 7

1. Частица движется со скоростью  $\vec{V} = at(2\vec{e}_x + 3\vec{e}_y + 4\vec{e}_z)$ , где  $a = 1 \text{ м/с}^2$ . Найти модуль скорости в момент времени  $t = 1 \text{ с}$ .
2. По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром  $D = 75 \text{ см}$  и массой  $m = 40 \text{ кг}$  приложена сила  $F = 1 \text{ кН}$ . Определить угловое ускорение  $\beta$  и частоту вращения  $\nu$  маховика через промежуток времени  $\tau = 10 \text{ с}$  после начала действия силы, если радиус  $r$  шкива маховика равен  $12 \text{ см}$ .
3. Человек массой  $M = 60 \text{ кг}$  переходит со скоростью  $v' = 1 \text{ м/с}$  с одного конца доски-тележки на другой. Масса тележки  $20 \text{ кг}$ . Найти скорость тележки.
4. За время  $\tau_1 = 16,1 \text{ с}$  амплитуда колебаний уменьшилась в  $\eta = 5$  раз. За какое время  $\tau_2$  амплитуда уменьшится в  $e$  раз?

### Вариант 8

1. Зависимость радиуса-вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = bt\vec{e}_x - ct^2\vec{e}_y$ , где  $b$  и  $c$  – положительные постоянные. Найти скорость  $\vec{V}(t)$ .
2. Зависимость угла поворота маховика от времени  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 2 \text{ рад}$ ,  $B = 16 \text{ рад/с}$ ,  $C = -2 \text{ рад/с}^2$ . Момент инерции маховика  $J = 50 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ . Найти мощность  $P$  в момент  $t = 3 \text{ с}$ .
3. В лодке массой  $M = 240 \text{ кг}$  стоит человек массой  $m = 60 \text{ кг}$ . Лодка равномерно плывет со скоростью  $V_1 = 2 \text{ м/с}$ . Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью  $V_2' = 4 \text{ м/с}$  относительно лодки. Найти скорость  $U$  движения лодки после прыжка с нее человека. Человек прыгает вперед по направлению первоначального движения лодки.
4. Частица массой  $m = 50 \text{ г}$  совершает колебания, уравнение которых имеет вид  $x = A\cos\omega t$ , где  $A = 10 \text{ см}$  и  $\omega = 5 \text{ с}^{-1}$ . Найти силу  $F_x$ , действующую на частицу в положении ее наибольшего смещения.

## Вариант 9

1. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = bt\vec{e}_x - ct^2\vec{e}_y$ , где  $b$  и  $c$  – положительные константы.  
Найти модуль скорости  $v$ .
2. Потенциальная энергия частицы  $U = \alpha / r$ , где  $r$  – модуль радиус-вектора  $\vec{r}$ ,  $\alpha$  – постоянная. Найти работу сил поля при перемещении частицы из точки (1, 2, 3) м в точку (2, 3, 4) м.
3. Шар массой  $M$  неподвижен, шар массой  $m$  движется. Какая часть  $\eta$  кинетической энергии теряется при центральном абсолютно неупругом соударении шаров, если  $m = 0,1 M$ ?
4. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид  $\xi(x,t) = 10\cos(3400t - 10x)$  (время – в секундах,  $x$  – в метрах). Определить длину этой волны.

## Вариант 10

1. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = bt\vec{e}_x - ct^2\vec{e}_y$ , где  $b$  и  $c$  – положительные постоянные. Найти ускорение  $\vec{a}(t)$  частицы.
2. Сила  $\vec{F} = 3\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 5\vec{e}_z$  действует на частицу с радиус-вектором  $\vec{r} = 4\vec{e}_x + 2\vec{e}_y + 3\vec{e}_z$ . Найти модуль момента  $\vec{M}$  этой силы.
3. Тело массой 3 кг движется со скоростью 4 м/с и ударяется о неподвижное тело такой же массы. Считая соударение тел абсолютно неупругим, найти количество теплоты, выделившейся при этом соударении.
4. Частица участвует в двух однонаправленных колебаниях одного периода и разных начальных фаз. Амплитуды колебаний  $A_1 = 3$  см и  $A_2 = 4$  см. Найти амплитуду результирующего колебания.

## Вариант 11

1. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = bt\vec{e}_x - ct^2\vec{e}_y$ , где  $b$  и  $c$  – положительные константы. Найти модуль ускорения.
2. Радиус-векторы частицы  $\vec{r}_1 = 1\vec{e}_x + 2\vec{e}_y$  и  $\vec{r}_2 = 2\vec{e}_x - 3\vec{e}_y$ . Одна из сил  $\vec{F} = 3\vec{e}_x + 4\vec{e}_y$ . Найти работу силы  $\vec{F}$ . Все данные в СИ.
3. Человек массой  $m = 60$  кг находится на неподвижной платформе массой  $M = 100$  кг. С какой частотой  $\nu$  станет вращаться платформа, если человек начнет двигаться по окружности радиусом  $r = 5$  м вокруг оси вращения платформы? Скорость движения человека относительно платформы  $V_1' = 4$  м/с. Радиус платформы  $R = 10$  м. Считать платформу диском, а человека – точечной массой.
4. Частица массой  $m = 0,01$  кг гармонически колеблется вдоль оси  $x$  с периодом  $T = 2$  с. Энергия частицы  $E = 0,1$  мДж. Определить амплитуду  $A$  колебаний частицы.

## Вариант 12

1. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = at\vec{e}_x - bt^2\vec{e}_y$ , где  $a$  и  $b$  – положительные постоянные. Найти среднюю скорость частицы  $\langle \vec{V} \rangle$  за промежуток времени  $\tau$  от начала движения.
2. Стержень вращается вокруг оси  $z_C$ , проходящей через его середину, согласно уравнению  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 2$  рад/с,  $B = 0,2$  рад/с<sup>3</sup>. Определить вращающий момент  $M_z$ , действующий на стержень в момент времени  $t = 2$  с после начала вращения, если момент инерции стержня  $J = 0,048$  кг·м<sup>2</sup>.
3. Пуля, летящая горизонтально, попадает в деревянный шар, подвешенный на невесомом жестком стержне, и застревает в нем. Масса пули в 1000 раз меньше массы шара. Расстояние от центра шара до точки подвеса стержня  $l = 1$  м. Найти начальную скорость пули, если от удара пули стержень с шаром отклонился на угол  $\alpha = 10^\circ$  относительно вертикали.
4. За 1 с амплитуда свободных колебаний уменьшается в 10 раз. За какое время  $\tau$  амплитуда уменьшится в 100 раз?

### Вариант 13

1. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = bt\vec{e}_x - ct^3\vec{e}_y$ , где  $b$  и  $c$  – положительные постоянные. Найти среднее ускорение частицы  $\langle \vec{a} \rangle$  за промежуток времени  $\tau$  от начала движения.
2. К ободу однородного диска радиусом  $R = 0,2$  м приложена касательная сила  $F = 98,1$  Н. При вращении на диск действует момент сил трения  $M_{\text{тр}} = 4,9$  Н·м. Найти массу  $m$  диска, если известно, что диск вращается с угловым ускорением  $\beta = 100$  рад/с<sup>2</sup>.
3. Два шара претерпевают центральный абсолютно неупругий удар. До удара шар массой  $m_2$  неподвижен, а шар массой  $m_1$  движется с некоторой скоростью. Какая часть  $\eta$  первоначальной кинетической энергии теряется при соударении шаров, если  $m_1 = m_2$ .
4. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид  $\xi(x,t) = 5\cos(3200t - 12x)$ , где время – в секундах,  $x$  – в метрах. Определить скорость распространения волны.

### Вариант 14

1. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается законом  $\vec{r} = bt\vec{e}_x - ct^3\vec{e}_y$ , где  $b$  и  $c$  – положительные постоянные. Найти среднее значение модуля ускорения частицы  $\langle a \rangle$  за промежуток времени  $\tau$  от начала движения.
2. Однородный стержень длиной  $l = 1$  м и массой  $m = 0,5$  кг вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси  $z_C$ , проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением  $\beta$  вращается стержень, если на него действует момент сил  $M_z = 98,1$  мН·м?
3. На полу стоит тележка в виде длинной доски на легких колесах. На одном конце доски стоит человек массой  $M = 60$  кг. Масса доски  $m = 20$  кг. С какой скоростью  $V_1$  относительно пола будет двигаться тележка, если человек будет двигаться вдоль доски со скоростью  $V_1' = 1$  м/с относительно доски? Массой колес и трением в их осях пренебречь.
4. В среде плотностью  $1000$  кг/м<sup>3</sup> распространяется плоская волна вида  $\xi(x,t) = 80\cos(1800t - 5x)$ , где  $\xi$  – в микрометрах, время – в секундах,  $x$  – в метрах. Определить максимальное значение плотности кинетической энергии.

### Вариант 15

1. Тело вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла его поворота от времени  $t$  описывается законом  $\varphi = at^2$ , где  $a$  – положительная постоянная. Найти среднее значение модуля его угловой скорости за промежуток времени от 0 до  $\tau$ .
2. Тело массой  $m = 0,5$  кг движется прямолинейно по закону  $x = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$ , где  $C = 5$  м/с<sup>2</sup>,  $D = 1$  м/с<sup>3</sup>. Найти силу  $F$ , действующую на тело в конце первой секунды движения.
3. Платформа в виде диска радиусом  $R = 1,5$  м и массой  $M = 180$  кг вращается по инерции около вертикальной оси с частотой  $\nu = 10$  мин<sup>-1</sup>. В центре платформы стоит человек массой  $m = 60$  кг. Какую линейную скорость относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдет из центра на край платформы?
4. В среде плотностью  $25000$  кг/м<sup>3</sup> распространяется плоская волна вида  $\xi(x,t) = 80\cos(1800t - 5x)$ , где  $\xi$  – в микрометрах, время – в секундах,  $x$  – в метрах. Определить максимальное значение плотности энергии волны.

### Вариант 16

1. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = t - 3t^3$ , где  $t$  – время, с. Найти модуль углового ускорения тела в момент его остановки.
2. Для частицы массой  $m$  известна зависимость ее скорости от времени  $\vec{V}(t) = At\vec{e}_x + Bt^2\vec{e}_y + Ct^3\vec{e}_z$ , где  $A$ ,  $B$  и  $C$  – постоянные. Найти мощность  $P(t)$  силы, действующей на частицу.
3. Платформа-диск с человеком массой  $70$  кг на ее краю вращается с частотой  $14$  мин<sup>-1</sup>. При перемещении человека в центр платформы частота ее вращения становится равной  $25$  мин<sup>-1</sup>. Какова масса платформы?
4. Уравнение колебаний частицы массой  $m = 10$  г имеет вид  $x = 5\sin(\pi t/5 + \pi/4)$  см. Найти максимальную силу  $F_{\max}$ , действующую на частицу.

### Вариант 17

1. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 9t - t^3$ , где  $t$  - время, с. Найти среднее значение модуля угловой скорости за промежуток времени от начала движения тела до его остановки.
2. Под действием силы  $F = 10$  Н тело движется прямолинейно так, что координата  $x = A - Bt + Ct^2$ , где  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>,  $t$  - время. Найти массу частицы  $m$ .
3. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. На одном конце доски стоит человек. Его масса  $M = 60$  кг, масса доски  $m = 20$  кг. Найти, на какое расстояние переместится человек относительно пола при его переходе на другой конец доски со скоростью  $v_1 = 1$  м/с относительно доски. Длина доски  $l = 2$  м. Массой колес и трением в их осях пренебречь.
4. Затухающие колебания частицы происходят по закону  $x = A_0 e^{-\beta t} \sin \omega t$ . Найти скорость частицы в момент времени  $t = 0$ .

### Вариант 18

1. Тело вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла его поворота от времени  $t$  описывается законом  $\varphi = at^2$ ,  $a$  - положительная постоянная. Найти среднее значение модуля углового ускорения за промежуток времени от 0 до  $\tau$ .
2. Снаряд массой  $m = 10$  кг выпущен из зенитного орудия вертикально вверх со скоростью  $v_0 = 800$  м/с. Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной скорости, определить время  $\tau$  подъема снаряда до высшей точки. Коэффициент сопротивления  $k = 0,25$  кг/с.
3. Платформа массой  $M$  имеет форму однородного диска и может вращаться около вертикальной оси, проходящей через ее центр. По краю платформы начинает идти человек массой  $m$  и, обходя ее, возвращается в исходную точку. Найти угол поворота  $\varphi$  платформы. Человека считать точечной массой.
4. Логарифмический декремент затухания математического маятника  $\lambda = 0,2$ . Во сколько раз уменьшится амплитуда колебаний за время одного полного колебания маятника?

## Вариант 19

1. Начальная скорость частицы  $\vec{V}_1 = 1\vec{e}_x + 2\vec{e}_y + 5\vec{e}_z$ , конечная  $\vec{V}_2 = 2\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 6\vec{e}_z$ . Найти приращение скорости  $\Delta\vec{V}$  частицы.
2. Частица массой  $m$  в момент времени  $t = 0$  начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = \vec{F}_0 \sin \omega t$ , где  $\vec{F}_0$  и  $\omega$  – постоянные. Найти путь, пройденный частицей, в зависимости от времени  $t$ .
3. Лодка массой 300 кг с находящимся в ней человеком массой 80 кг стоит в спокойной воде. Человек начинает идти вдоль лодки со скоростью 2 м/с относительно лодки. С какой скоростью движется при этом человек относительно воды? Сопротивление воды движению лодки не учитывать.
4. Частица колеблется вдоль оси  $x$  по закону  $x = 0,1 \sin 6,28t$  (м). Найти среднее значение вектора скорости  $\langle \vec{V} \rangle$  за первую четверть периода колебаний  $T$ .

## Вариант 20

1. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 9t - t^3$ , рад, где  $t$  – время в с. Найти среднее значение модуля угловой скорости за промежуток времени от начала движения тела до его остановки.
2. Катер массой  $m = 500$  кг движется по озеру со скоростью  $v_0 = 16$  м/с. В момент времени  $t = 0$  двигатель катера выключают. Считая силу сопротивления движению равной  $F_c = 4v$  Н, где  $v$  – скорость движения катера, найти путь катера до остановки после выключения двигателя.
3. В лодке массой  $m_1 = 240$  кг стоит человек массой  $m_2 = 60$  кг. Лодка равномерно плывет со скоростью  $v_1 = 2$  м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью  $V_2' = 4$  м/с относительно лодки. Найти скорость  $U$  движения лодки после прыжка с нее человека. Человек прыгает вперед по направлению первоначального движения лодки.
4. Уравнение затухающих колебаний дано в виде  $x = 5e^{-0,25t} \sin(\pi/2 \cdot t)$ , м. Найти скорость  $v$  колеблющейся частицы в момент времени  $t = T$ , где  $T$  – период колебаний.

## Вариант 21

1. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = A - Bt + Ct^2$ , где  $A = 10$  рад,  $B = 20$  рад/с,  $C = -2$  рад/с<sup>2</sup>. Найти ускорение  $a$  частицы тела, находящейся на расстоянии  $r = 0,1$  м от оси вращения, для момента времени  $t = 4$  с.
2. Начальная скорость пули  $v_0 = 800$  м/с. При движении в воздухе за время  $\tau = 0,8$  с ее скорость уменьшилась до  $v = 200$  м/с. Масса пули  $m = 10$  г. Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости пули, определить коэффициент сопротивления  $k$ . Действием силы тяжести пренебречь.
3. Лодка массой 200 кг с находящимся в ней человеком массой 50 кг стоит в спокойной воде. Человек начинает идти вдоль лодки со скоростью 3 м/с относительно лодки. С какой скоростью движется при этом лодка по отношению к воде? Сопротивление воды движению не учитывать.
4. 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 скорость  $v_{x0} = 100$  см/с. Найти координату  $x$  частицы через время  $t = 2,4$  с.

## Вариант 22

1. Начальная скорость частицы  $\vec{V}_1 = 1\vec{e}_x + 3\vec{e}_y + 5\vec{e}_z$ , конечная  $\vec{V}_2 = 2\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 6\vec{e}_z$ . Найти приращение скорости  $\Delta\vec{V}$  частицы.
2. Частица массой  $m$  в момент времени  $t = 0$  начинает двигаться под действием силы,  $\vec{F} = \vec{F}_0 \cos \omega t$  где  $\vec{F}_0$  и  $\omega$  – постоянные. Какова максимальная скорость  $v_{\max}$  частицы при движении ее до первой остановки?
3. На краю горизонтальной круглой платформы массой 200 кг и радиусом 2 м стоит человек массой 80 кг. Пренебрегая трением, найти угловую скорость вращения платформы относительно вертикальной оси, проходящей через центр платформы, если человек идет вдоль края платформы со скоростью 2 м/с относительно платформы.
4. Найти амплитуду гармонических колебаний частицы, если на расстояниях  $x_1$  и  $x_2$  от положения равновесия ее скорость равна соответственно  $v_1$  и  $v_2$ .

### Вариант 23

1. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $B = 1$  рад/с,  $C = 1$  рад/с<sup>2</sup>,  $D = 1$  рад/с<sup>3</sup>. Найти радиус  $R$  колеса, если известно, что к концу второй секунды движения для частиц, лежащих на ободе колеса, нормальное ускорение  $a_n = 3,46 \cdot 10^2$  м/с<sup>2</sup>.
2. Частица массой  $m$  имеет скорость  $\vec{V} = A\vec{e}_x + B\vec{e}_y$ , где  $A$  и  $B$  – постоянные. В момент  $t = 0$  на частицу начала действовать сила  $\vec{F} = ct\vec{e}_y$ . Найти зависимость  $\vec{V}(t)$  вектора скорости частицы от времени после начала действия силы.
3. Человек массой 60 кг стоит на краю горизонтального диска-платформы массой 240 кг. Человек совершает равномерное перемещение по краю платформы на угол в 1 рад и останавливается. Считая человека точечной массой, найти угол поворота платформы.
4. Координата частицы  $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$ . Найти путь  $S$ , пройденный частицей за промежуток времени от  $t_1 = \frac{T}{8}$  до  $t_2 = \frac{T}{4}$ .

### Вариант 24

1. Колесо вращается вокруг неподвижной оси так, что угол  $\varphi$  его поворота зависит от времени как  $\varphi = bt^2$ , где  $b = 0,2$  рад/с<sup>2</sup>. Найти ускорение  $a$  частицы на ободе колеса в момент  $t = 2,5$  с, если скорость частицы в этот момент  $v = 0,65$  м/с.
2. На тело массой  $m$ , движущееся в вязкой среде, действует сила сопротивления  $F_c = kv$ , где  $k$  – положительная постоянная,  $v$  – скорость тела. Начальная скорость тела  $v_0$ . Найти его скорость  $v$  в зависимости от времени  $t$ .
3. Тело массой 3 кг движется со скоростью 4 м/с и ударяется о неподвижное тело такой же массы. Считая соударение тел абсолютно неупругим, найти количество теплоты, выделившейся при этом соударении.
4. Частица колеблется по закону  $x = 0,1 \sin 6,28t$ . Найти среднее значение вектора скорости за вторую четверть периода.

## Вариант 25

1. Тело вращается вокруг неподвижной оси так, что угол его поворота меняется в зависимости от времени  $t$  по закону  $\varphi = 2\pi(at - bt^2/2)$ , где  $a$  и  $b$  – положительные постоянные. Найти число оборотов  $N$  тела до остановки.
2. Частица массой  $m$  движется вдоль оси  $x$  под действием силы  $F_x = -kv_x$ , где  $k$  – положительная константа. В момент времени  $t = 0$  ее координата  $x = 0$  и скорость равна  $v_{0x}$ . Найти  $x(t)$  – координату  $x$  частицы в зависимости от времени  $t$ .
3. Найти изменение кинетической энергии при абсолютно неупругом соударении двух шаров с массами 40 и 60 г соответственно, если до столкновения они двигались навстречу друг другу со скоростями 2 и 4 м/с.
4. Полная энергия гармонически колеблющегося тела  $E = 30$  мкДж, максимальная сила, действующая на тело,  $F_{\max} = 1,5$  мН. Написать уравнение движения тела, если период его колебаний  $T = 2$  с и начальная фаза  $\alpha = \frac{\pi}{3}$ .

## Вариант 26

1. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = at - bt^3$ , где  $a = 6$  рад/с,  $b = 2$  рад/с<sup>3</sup>. Найти среднее значение модуля угловой скорости за промежуток времени от  $t = 0$  до его остановки.
2. Скорость частицы массой  $m$ , движущейся в плоскости  $xu$ , изменяется по закону  $\vec{V} = At\vec{e}_x + Bt^2\vec{e}_y$ , где  $A$  и  $B$  – постоянные. Найти модуль результирующей силы, действующей на частицу, в зависимости от времени.
3. Определить скорость  $v_c$  центра масс шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой  $h = 1$  м. Трением пренебречь.
4. Амплитуда гармонических колебаний  $A = 5$  см, период  $T = 4$  с. Найти максимальную скорость  $v_{\max}$  колеблющейся частицы.

### Вариант 27

1. Маховик начал вращаться равноускорено и за промежуток времени  $\Delta t = 10$  с достиг частоты вращения  $\nu = 300$  мин<sup>-1</sup>. Определить число  $N$  оборотов, которое он сделал за это время.
2. Частица массой  $m$  движется под действием силы  $\vec{F}$ . В момент времени  $t = 0$  радиус-вектор  $\vec{r}$  частицы равен нулю, а ее скорость равна  $\vec{V}_0$ . Найти  $\vec{r}(t)$  положение частицы в зависимости от времени  $t$ , если  $\vec{F} = -k\vec{v}$ , где  $k$  – положительная константа.
3. Лодка массой 300 кг с находящимся в ней человеком массой 80 кг стоит в спокойной воде. Человек начинает идти вдоль лодки со скоростью 2 м/с относительно лодки. С какой скоростью движется при этом человек относительно воды? Сопротивление воды движению лодки не учитывать.
4. Амплитуда затухающих колебаний уменьшилось в  $e^2$  раз за 50 колебаний. Чему равен логарифмический декремент затухания  $\lambda$ ?

### Вариант 28

1. Велосипедное колесо вращается с частотой  $\nu = 5$  с<sup>-1</sup>. Под действием сил трения оно остановилось через интервал времени  $\Delta t = 1$  мин. Определить число  $N$  оборотов, которое сделает колесо за это время.
2. Частица массой  $m$  движется под действием силы  $\vec{F} = \vec{F}_0 \sin \omega t$ , где  $\vec{F}_0$  – постоянный вектор,  $\omega$  – положительная константа. В момент  $t = 0$  радиус-вектор  $\vec{r}$  и скорость  $\vec{V}$  частицы равны нулю. Найти  $\vec{r}(t)$  положение частицы в зависимости от времени  $t$ .
3. На сколько переместится относительно берега лодка длиной  $l = 3,5$  м и массой  $m_1 = 200$  кг, если стоящий на корме человек массой  $m_2 = 80$  кг переместится на нос лодки? Считать лодку расположенной перпендикулярно берегу.
4. Частица массой  $m = 5$  г совершает гармонические колебания вдоль оси  $x$  с частотой  $\nu = 0,5$  Гц. Амплитуда колебаний  $A = 3$  см. Определить максимальную силу  $F_m$ , действующую на частицу.

### Вариант 29

1. Модуль скорости  $v$  частицы изменяется со временем  $t$  по закону  $v = b + ct$ , где  $b$  и  $c$  – положительные постоянные. Модуль ускорения  $a = 3$  с. Найти тангенциальное  $a_\tau$  и нормальное  $a_n$  ускорения частицы.
2. Частица массой  $m$  в момент времени  $t = 0$  начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = \vec{F}_0 \cos \omega t$ , где  $\vec{F}_0$  и  $\omega$  – постоянные. Сколько времени  $\tau$  частица будет двигаться до первой остановки?
3. Лодка массой  $m$  с находящимся в ней человеком массой  $M$  стоит в спокойной воде. Человек начинает идти вдоль лодки и проходит путь  $S$ . Каковы будут при этом смещения лодки и человека относительно воды?
4. Уравнение движения частицы дано в виде  $x = \sin \frac{\pi}{6} t$ .  
Найти моменты времени  $t$ , в которые достигается максимальная скорость частицы.

### Вариант 30

1. Модуль скорости  $V$  частицы изменяется со временем  $t$  по закону  $v = bt + c$ , где  $b$  и  $c$  – положительные постоянные. Модуль ускорения  $a = 3b$ . Найти радиус кривизны  $R$  траектории в зависимости от времени.
2. Зависимость радиуса-вектора  $\vec{r}$  частицы от времени  $t$  описывается законом  $\vec{r} = A(\cos \omega t \cdot \vec{e}_x + \sin \omega t \cdot \vec{e}_y)$ , где  $A$  и  $\omega$  – положительные постоянные. Считая известной массу  $m$  частицы, найти силу  $\vec{F}$ , действующую на частицу.
3. Два горизонтально расположенных диска одинакового радиуса вращаются вокруг вертикальной оси, проходящей через их центры. Первый диск имеет вдвое большую массу и угловую скорость вращения  $3$  рад/с. Угловая скорость вращения второго диска  $4$  рад/с. Определить угловую скорость установившегося вращения дисков после падения второго диска на первый.
4. Начальная фаза гармонических колебаний  $\alpha = 0$ . При смещении частицы от положения равновесия  $x_1 = 2,4$  см скорость частицы  $v_1 = 3$  см/с, а при смещении  $x_2 = 2,8$  см ее скорость  $v_2 = 2$  см/с. Найти амплитуду  $A$  и период  $T$  этих колебаний.

## Контрольная работа 2

### Вариант 1

1. Сосуд объемом  $10,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  заполнен смесью кислорода и криптона. Смесь находится под давлением  $10,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  при температуре  $400 \text{ К}$ . Масса криптона  $35 \text{ г}$ . Найти массу кислорода.
2. При адиабатическом расширении водорода массой  $m = 12 \text{ г}$  его объем увеличился в  $n_1 = 3,5$  раза, а температура уменьшилась до значения  $T = 200 \text{ К}$ . Затем было произведено изотермическое сжатие газа и оказалось, что полная работа, совершенная газом, равна  $3000 \text{ Дж}$ . Во сколько раз уменьшился объем газа при изотермическом сжатии?
3. Найти приращение энтропии при переходе льда массой  $m = 2000 \text{ г}$ , находящегося при температуре  $t_1 = -20 \text{ }^\circ\text{С}$ , в воду, температура которой  $t_2 = 26 \text{ }^\circ\text{С}$ .
4. Какое количество тепла  $Q$  надо сообщить смеси газов, состоящей из  $m_1 = 100 \text{ г}$  кислорода и  $m_2 = 200 \text{ г}$  азота, для ее изохорного нагревания  $\Delta T = 10 \text{ К}$ ?

### Вариант 2

1. В сосуде находится смесь азота и углекислого газа, причем процентное содержание равно 20. Найти плотность этой смеси при температуре  $T = 450 \text{ К}$  и давлении  $p = 7 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .
2. Работа, совершаемая газом массой  $m = 45 \text{ г}$  при постоянной температуре, равна  $2998 \text{ Дж}$ . Средняя квадратичная скорость молекул газа при этой температуре  $v_{\text{кв}} = 690 \text{ м/с}$ . Во сколько раз увеличился объем газа?
3. Вычислить концентрацию молекул жидкого азота, если плотность азота  $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$ .
4.  $\nu$  молей идеального газа изотермически переводят из состояния, в котором его давление  $p_1$ , в состояние, в котором его давление  $p_2$ . Определить приращение энтропии  $\Delta S$ .

### Вариант 3

1. Газ находится под давлением  $p = 20 \cdot 10^4$  Па при температуре 290 К. Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы?
2. Сосуд объемом  $V = 0,7$  м<sup>3</sup> заполнен смесью гелия и кислорода. Масса гелия  $m_1 = 10$  г, масса кислорода  $m_2 = 20$  г. Смесь находится под давлением  $p = 10$  кПа. Найти температуру смеси.
3. При получении некоторого количества теплоты водород при постоянном давлении переходит из состояния I в состояние II так, что его температура увеличивается от  $T_1 = 400$  К до  $T_2 = 650$  К. Приращение энтропии при этом  $\Delta S = 802,9$  Дж/К. Определить массу водорода.
4. Найти приращение энтропии одного моля углекислого газа при увеличении его термодинамической температуры в  $n = 2$  раза, если процесс нагревания изохорический.

### Вариант 4

1. Газ находится под давлением  $p = 6,5 \cdot 10^5$  Па. Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы  $\bar{E}_k = 7,2 \cdot 10^{-21}$  Дж. Найти концентрацию молекул газа.
2. Газ, находившийся при температуре  $T = 475$  К, адиабатически расширился так, что его объем увеличился в 1,8 раза, а температура уменьшилась на  $\Delta T = 56,5$  К. Сколько степеней свободы имеют молекулы газа?
3. При сообщении некоторого количества теплоты углекислый газ массой  $m = 15,6$  г при постоянном давлении переходит из одного состояния в другое так, что его температура меняется с  $T_1 = 445$  К до  $T_2 = 625$  К. Чему равно приращение энтропии в этом процессе?
4. Найти приращение энтропии одного моля углекислого газа при увеличении его термодинамической температуры в  $n = 2$  раза, если процесс нагревания изобарический.

### Вариант 5

1. В сосуде находится смесь водорода и неона под давлением  $p = 6$  кПа при температуре  $T = 300$  К. Масса водорода  $m_1 = 12$  г, масса неона  $m_2 = 18$  г. Вычислить объем сосуда.
2. Гелий массой  $m = 3,65$  г, находившийся под давлением  $p = 3,7 \cdot 10^5$  Па и занимавший объем  $V_1 = 8,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, изотермически расширился, причем работа, совершенная газом при расширении, составила 840 Дж. Во сколько раз уменьшилось давление газа?
3. Пар массой  $m_1 = 0,15$  кг при температуре  $t_1 = 165$  °С охлаждается при постоянном объеме в воду при температуре  $t_2 = 27$  °С. Определить приращение энтропии.
4. Газ совершает процесс, в ходе которого давление  $P$  изменяется с объемом  $V$  по закону  $P = P_0 e^{-\alpha(V-V_0)}$ , где  $P_0 = 6 \cdot 10^5$  Па,  $\alpha = 0,2$  м<sup>-3</sup>,  $V_0 = 2$  м<sup>3</sup>. Найти работу  $A$ , совершаемую газом при расширении от  $V_1 = 3$  м<sup>3</sup> до  $V_2 = 4$  м<sup>3</sup>.

### Вариант 6

1. При изотермическом расширении некоторого газа массой  $m = 28$  г объем увеличился в  $n = 2,1$  раза, а работа газа составила 847 Дж. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа при этом процессе.
2. Углекислый газ массой  $m = 48$  г, находившийся под давлением  $P_1 = 327$  кПа и занимавший объем  $V = 2,2 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>, изотермически расширился, причем работа, совершаемая газом при расширении, равна 4000 Дж. Во сколько раз при этом уменьшилось давление газа?
3. Чему равно приращение энтропии при изотермическом расширении кислорода массой  $m = 18$  г от объема  $V_1 = 38$  л до объема  $V_2 = 128$  л?
4. Водород занимает объем  $V = 10$  м<sup>3</sup> при давлении  $p_1 = 0,1$  МПа. Его нагрели при постоянном объеме до давления  $p_2 = 0,3$  МПа. Определить приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа.

## Вариант 7

1. Какое количество тепла  $Q$  надо сообщить смеси газов, состоящей из  $m_1 = 100$  г кислорода и  $m_2 = 200$  г азота, для ее изохорного нагревания  $\Delta T = 10$  К?
2.  $\nu$  молей идеального газа изотермически переводят из состояния, в котором его давление  $p_1$ , в состояние, в котором его давление  $P_2$ . Определить приращение энтропии  $\Delta S$ .
3. Газ совершает процесс, в ходе которого давление  $P$  изменяется с объемом  $V$  по закону  $P = P_0 e^{-\alpha(V-V_0)}$ , где  $P_0 = 6 \cdot 10^5$  Па,  $\alpha = 0,2 \text{ м}^{-3}$ ,  $V_0 = 2 \text{ м}^3$ . Найти работу  $A$ , совершаемую газом при расширении от  $V_1 = 3 \text{ м}^3$  до  $V_2 = 4 \text{ м}^3$ .
4. Объем аргона, находящегося при давлении  $P = 80$  кПа, увеличился от  $V_1 = 1$  л до  $V_2 = 2$  л. Определить приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа, если расширение производилось изобарно.

## Вариант 8

1. Найти молярную массу газа, если известны его удельные теплоемкости:  $C_v = 0,825$  Дж/(г·К) и  $C_p = 0,95$  Дж/(г·К).
2. Азот массой  $m = 8,2$  г изобарически расширяется в 1,95 раза за счет притока извне некоторого количества теплоты. Приращение внутренней энергии газа равно 1124,5 Дж. Определить начальную температуру газа.
3. Найти приращение энтропии при нагревании воды массой  $m = 140$  г от температуры  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 120^\circ\text{C}$  и последующем превращении в пар той же температуры.
4. Водород при нормальных условиях имел объем  $V_1 = 100 \text{ м}^3$ . Найти приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа при его адиабатическом расширении до объема  $V_2 = 150 \text{ м}^3$ .

### Вариант 9

1. Определить, под каким давлением находится в сосуде объемом  $V = 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$  смесь аргона и водорода при температуре  $T = 380 \text{ К}$ , если масса аргона  $m_1 = 29 \text{ г}$ , масса водорода  $m_2 = 14 \text{ г}$ .
2. Углекислый газ массой  $m = 16 \text{ г}$ , находившийся при температуре  $T = 420 \text{ К}$ , адиабатически расширился, причем объем увеличился в 1,9 раза. Затем при изотермическом сжатии объем газа уменьшился в 1,15 раза. Определить полную работу, совершенную газом.
3. Найти приращение энтропии при переходе олова в твердом состоянии при температуре  $t = 0^\circ\text{С}$  в расплав при температуре плавления. Масса олова  $m = 0,9 \text{ кг}$ .
4. Сосуд объемом  $10,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  заполнен смесью кислорода и криптона. Смесь находится под давлением  $10,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  при температуре  $400 \text{ К}$ . Масса криптона  $35 \text{ г}$ . Найти массу кислорода.

### Вариант 10

1. Вычислить концентрацию молекул воды. Плотность воды  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ .
2. Молекулы некоторого газа имеют 6 степеней свободы. Для нагревания на  $\Delta T = 115 \text{ К}$  при постоянном давлении необходимо затратить количество теплоты  $Q_1 = 29,2 \text{ Дж}$ . На сколько градусов нужно охладить газ при постоянном объеме, чтобы выделилось количество теплоты  $Q_2 = 35 \text{ Дж}$ ?
3. При нагревании некоторого количества газа на  $\Delta T_1 = 140 \text{ К}$  при постоянном давлении необходимо количество теплоты  $Q_1 = 2,45 \text{ Дж}$ . Если это же количество газа охладить на  $\Delta T_2 = 160 \text{ К}$  при постоянном объеме, то выделится количество теплоты  $Q_2 = 2 \text{ Дж}$ . Сколько степеней свободы имеют молекулы газа?
4. При адиабатическом расширении водорода массой  $m = 12 \text{ г}$  его объем увеличился в  $n_1 = 3,5$  раза, а температура уменьшилась до значения  $T = 200 \text{ К}$ . Затем было произведено изотермическое сжатие газа и оказалось, что полная работа, совершенная газом, равна  $3000 \text{ Дж}$ . Во сколько раз уменьшился объем газа при изотермическом сжатии?

## Вариант 11

1. В закрытом сосуде находится смесь азота и кислорода. При возрастании температуры смеси на  $\Delta T = 44$  К внутренняя энергия ее увеличилась на  $\Delta U = 391,5$  Дж. Масса азота  $m = 16$  г. Найти массу кислорода.
2. Один моль кислорода, находившегося при температуре  $T_0 = 299$  К, адиабатически сжали так, что его давление возросло в 12 раз. Определить температуру газа после сжатия.
3. Кислород при температуре  $T = 350$  К адиабатически расширился, причем его объем увеличился в 2,8 раза. Затем при изотермическом сжатии объем газа уменьшился в 2,1 раза. Определить массу кислорода, если полная работа, совершенная газом, равна 15,63 Дж.
4. Найти приращение энтропии при переходе льда массой  $m = 2000$  г, находящегося при температуре  $t_1 = -20^\circ\text{C}$ , в воду, температура которой  $t_2 = 26^\circ\text{C}$ .

## Вариант 12

1. Сосуд объемом 30 л содержит смесь водорода и гелия при температуре  $t = 30^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 3$  атм. Масса смеси  $m = 7$  г. Найти отношение массы водорода к массе гелия в данной смеси.
2. Гелий находится в закрытом сосуде при температуре  $T_1 = 442$  К. После увеличения температуры до  $T_2 = 540$  К давление газа в сосуде стало  $P_2 = 290$  кПа. При этом газу было передано количество теплоты  $Q = 295$  Дж. Найти объем сосуда.
3. Газ с молярной теплоемкостью  $C_v = 29,9$  Дж/(моль·К), находящийся под давлением  $p_1 = 500$  кПа в закрытом сосуде, получил извне некоторое количество теплоты. Температура газа при этом возросла в  $n = 1,45$  раза, а внутренняя энергия увеличилась на  $\Delta U = 1530$  Дж. Найти объем сосуда.
4. Работа, совершаемая газом массой  $m = 45$  г при постоянной температуре, равна 2998 Дж. Средняя квадратичная скорость молекул газа при этой температуре  $v_{\text{кв}} = 690$  м/с. Во сколько раз увеличился объем газа?

### Вариант 13

1. В баллоне находится смесь идеальных газов:  $\nu_1 = 0,3$  моля кислорода,  $\nu_2 = 0,5$  моля азота,  $\nu_3 = 0,7$  моля углекислого газа. Считая газы идеальными, найти молярную массу  $\mu$  данной смеси.
2. В закрытом сосуде находится смесь кислорода и углекислого газа. Масса кислорода  $m_1 = 3,9$  г, масса углекислого газа  $m_2 = 4,8$  г. На сколько увеличилась температура смеси газов, если внутренняя энергия возросла на  $\Delta U = 263,5$  Дж?
3. После сообщения некоторого количества теплоты водороду массой  $m = 9,5$  г, находящемуся в закрытом сосуде, газ перешел из состояния 1 в состояние 2 так, что приращение энтропии составило  $\Delta S = 38,9$  Дж/К. Начальная температура газа  $T = 245$  К. Найти конечную температуру.
4. Вычислить концентрацию молекул жидкого азота, если плотность азота  $\rho = 0,8$  г/см<sup>3</sup>.

### Вариант 14

1. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,8$  г азота и  $m_2 = 13$  г углекислого газа при температуре  $T = 325$  К и давлении  $p = 1,8$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.
2. Один моль кислорода, находившегося при температуре  $T = 220$  К, адиабатически сжали так, что его давление возросло в 5,8 раз. Найти работу, которая была совершена над газом.
3. Найти приращение энтропии при переходе расплавленного свинца массой  $m = 100$  г при температуре плавления в твердое состояние при температуре  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ .
4. При получении некоторого количества теплоты водород при постоянном давлении переходит из состояния I в состояние II так, что его температура увеличивается от  $T_1 = 400\text{K}$  до  $T_2 = 650\text{K}$ . Приращение энтропии при этом  $\Delta S = 802,9$  Дж/К. Определить массу водорода.

### Вариант 15

1. Определить, под каким давлением находится в сосуде объемом  $V = 12 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$  смесь азота и водорода при температуре  $T = 285 \text{ К}$ , если масса азота  $m_1 = 19 \text{ г}$ , масса водорода  $m_2 = 10 \text{ г}$ .
2. Газ находится под давлением  $p = 5 \text{ кПа}$ . Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы  $\bar{E}_k = 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ . Найти концентрацию молекул газа.
3. Чему равно приращение энтропии при изотермическом расширении аргона массой  $m = 28 \text{ г}$  от объема  $V_1 = 49 \text{ л}$  до объема  $V_2 = 115 \text{ л}$ ?
4. Газ, находившийся при температуре  $T = 475 \text{ К}$ , адиабатически расширился так, что его объем увеличился в 1,8 раза, а температура уменьшилась на  $\Delta T = 56,5 \text{ К}$ . Сколько степеней свободы имеют молекулы газа?

### Вариант 16

1. Три моля кислорода находятся при температуре  $32 \text{ }^\circ\text{С}$ . Найти его внутреннюю энергию.
2. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на  $\Delta T = 80 \text{ К}$ , сообщив ему количество теплоты  $Q = 2,9 \text{ кДж}$ . Найти приращение его внутренней энергии и показатель адиабаты  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ .
3. Найти приращение энтропии 1 моля углекислого газа при увеличении его температуры в  $n = 3,5$  раза при изобарическом процессе.
4. Пар массой  $m_1 = 0,15 \text{ кг}$  при температуре  $t_1 = 165^\circ\text{С}$  охлаждается при постоянном объеме в воду при температуре  $t_2 = 27^\circ\text{С}$ . Определить приращение энтропии.

### Вариант 17

1. При адиабатическом расширении кислорода массой  $m = 11$  г его объем увеличился в  $n_1 = 2,7$  раза, а температура уменьшилась до значения  $T = 220$  К. Затем было произведено изотермическое сжатие газа и оказалось, что полная работа, совершенная газом, равна 3250 Дж. Во сколько раз уменьшился объем газа при изотермическом сжатии?
2. Определить плотность смеси водорода массой  $m_1 = 9$  г и кислорода массой  $m_2 = 74$  г при температуре  $T = 280$  К и давлении 0,15 МПа.
3. Один моль кислорода изохорически нагревается от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2 = 2T_1$ . Найти приращение энтропии.
4. При изотермическом расширении некоторого газа массой  $m = 28$  г объем увеличился в  $n = 2,1$  раза, а работа газа составила 847 Дж. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа при этом процессе.

### Вариант 18

1. Сосуд объемом 22 л содержит смесь водорода и кислорода при температуре  $t = 22^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 3,5$  атм. Масса смеси  $m = 16$  г. Найти отношение массы водорода к массе кислорода в данной смеси.
2. При адиабатическом расширении азота массой  $m = 18$  г его объем увеличился в  $n_1 = 2,5$  раза, а температура уменьшилась до значения  $T = 120$  К. Затем было произведено изотермическое сжатие газа и оказалось, что полная работа, совершенная газом, равна 2000 Дж. Во сколько раз уменьшился объем газа при изотермическом сжатии?
3. Один моль водорода изохорически нагревается от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2 = 3T_1$ . Найти приращение энтропии.
4. Чему равно приращение энтропии при изотермическом расширении кислорода массой  $m = 18$  г от объема  $V_1 = 38$  л до объема  $V_2 = 128$  л?

## Вариант 19

1. В баллоне находится смесь идеальных газов:  $\nu_1 = 0,5$  моля кислорода,  $\nu_2 = 0,7$  моля азота,  $\nu_3 = 0,9$  моля углекислого газа. Считая газы идеальными, найти молярную массу  $\mu$  данной смеси.
2. Гелий при температуре  $T = 300$  К адиабатически расширился, причем его объем увеличился в 1,9 раза. Затем при изотермическом сжатии объем газа уменьшился в 1,5 раза. Определить массу гелия, если полная работа, совершенная газом, равна 20 Дж.
3. Найти приращение энтропии при переходе олова в твердом состоянии при температуре  $t = 10^\circ\text{C}$  в расплав при температуре плавления. Масса олова  $m = 1,2$  кг.
4. Газ, находившийся при температуре  $T = 398$  К, адиабатически расширился так, что его объем увеличился в  $n = 3,2$  раза. На сколько при этом уменьшилась температура газа? Молекулы газа имеют 6 степеней свободы.

## Вариант 20

1. Считая, что температура и молярная масса воздуха, а также ускорение свободного падения не зависят от высоты, найти разность высот, на которых плотности воздуха при температуре  $0^\circ\text{C}$  отличаются в « $e$ » раз.
2. Пусть  $\eta_0$  – отношение концентрации молекул водорода к концентрации молекул азота вблизи поверхности Земли, а  $\eta$  – соответствующее отношение на высоте  $h = 3000$  м. Найти отношение  $\eta/\eta_0$  при  $T = 280$  К, полагая, что температура и ускорение свободного падения не зависят от высоты.
3. Один моль кислорода, находившегося при температуре  $T_1 = 290$  К, адиабатически сжали так, что его давление возросло в  $\eta$  раз. Найти работу, которая была совершена над газом.
4. К азоту массой  $m = 20$  г подводится некоторое количество теплоты, при этом газ изотермически переходит из состояния 1 в состояние. Приращение энтропии при этом оказалось равным 9,25 Дж/К. Найти начальный объем газа  $V$ , если конечный объем его равен  $0,48$  м<sup>3</sup>.

### Вариант 21

1. В сосуде объемом  $V = 2 \text{ м}^3$  находится смесь гелия массой  $m_1 = 4 \text{ кг}$  и водорода массой  $m_2 = 2 \text{ кг}$  при температуре  $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить молярную массу и давление смеси газов.
2. В баллоне объемом  $V = 10 \text{ л}$  находится гелий под давлением  $p_1 = 1 \text{ МПа}$  и при температуре  $T_1 = 300 \text{ К}$ . После того как из баллона было выпущено  $M = 10 \text{ г}$  гелия, температура в баллоне понизилась до  $T_2 = 290 \text{ К}$ . Определить давление  $P_2$  гелия, оставшегося в баллоне.
3. Два моля аргона в закрытом сосуде охладили на  $\Delta T = 10 \text{ К}$ . Найти количество отданного газом тепла.
4. Найти молярную массу газа, если известны его удельные теплоемкости:  $C_v = 0,825 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$  и  $C_p = 0,95 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$ .

### Вариант 22

1. Газ, находившийся первоначально при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$ , подвергается сжатию, в результате этого объем газа уменьшается в 10 раз. Считая процесс сжатия адиабатическим, определить, до какой температуры  $t_2$  нагревается газ вследствие сжатия. Показатель адиабаты  $\gamma = 1,4$ .
2. При изотермическом расширении азота при температуре  $T = 280 \text{ К}$  объем его увеличился в два раза. Определить совершенную при расширении газа работу  $A$ . Масса азота  $m = 0,2 \text{ кг}$ .
3. Водород, находившийся при нормальных условиях в закрытом сосуде объемом  $V = 5 \text{ л}$ , охладили на  $\Delta T = 55 \text{ К}$ . Найти приращение внутренней энергии газа.
4. Азот массой  $m = 8,2 \text{ г}$  изобарически расширяется в 1,95 раза за счет притока извне некоторого количества теплоты. Приращение внутренней энергии газа равно  $1124,5 \text{ Дж}$ . Определить начальную температуру газа.

### Вариант 23

1. В некоторой температурной области энтропия термодинамической системы изменяется с температурой по закону  $S = a + bT$ , где  $a = 100$  Дж/К,  $b = 5$  Дж/К<sup>2</sup>. Какое количество тепла  $Q$  получает система при обратимом нагревании в этой области от  $T_1 = 290$  К до  $T_2 = 310$  К?
2. Полагая температуру воздуха и ускорение свободного падения не зависящими от высоты, определить, на какой высоте  $h$  над уровнем моря плотность воздуха меньше своего значения на уровне моря в два раза. Температуру воздуха положить равной  $0^\circ\text{C}$ .
3. Газ расширили по закону  $p = \alpha V$ , где  $\alpha$  – постоянная. Первоначальный объем газа  $V_0$ . В результате расширения объем увеличился в  $\eta$  раз. Найти работу, совершенную газом.
4. Найти приращение энтропии при нагревании воды массой  $m = 140$  г от температуры  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 120^\circ\text{C}$  и последующем превращении в пар той же температуры.

### Вариант 24

1. Определить молярную массу  $\mu$  смеси кислорода массой  $m_1 = 25$  г и азота массой  $m_2 = 75$  г.
2. Баллон содержит  $m_1 = 80$  г кислорода и  $m_2 = 320$  г аргона. Давление смеси  $P = 1$  МПа, температура  $T = 300$  К. Определить объем  $V$  баллона.
3. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7$  г азота и  $m_2 = 10$  г углекислого газа при температуре  $T = 290$  К и давлении  $p = 1$  атм. Найти плотность этой смеси.
4. Молекулы некоторого газа имеют 6 степеней свободы. Для нагревания на  $\Delta T = 115$  К при постоянном давлении необходимо затратить количество теплоты  $Q_1 = 29,2$  Дж. На сколько градусов нужно охладить газ при постоянном объеме, чтобы выделилось количество теплоты  $Q_2 = 35$  Дж?

### Вариант 25

1. Газ совершает процесс по закону  $P = P_0 + \frac{\alpha}{V}$ , где  $P_0$  и  $\alpha$  – положительные постоянные. Найти совершенную газом работу, если его объем увеличился от  $V_1$  до  $V_2$ .
2. Во сколько раз следует увеличить изотермически объем  $\nu = 4$  моля идеального газа, чтобы его энтропия испытала приращение  $\Delta S = 23$  Дж/К?
3. Азот массой  $M = 0,1$  кг был изобарно нагрет от температуры  $T_1 = 200$  К до температуры  $T_2 = 400$  К. Определить количество тепла  $Q$ , полученное азотом.
4. При нагревании некоторого количества газа на  $\Delta T_1 = 140$  К при постоянном давлении необходимо количество теплоты  $Q_1 = 2,45$  Дж. Если это же количество газа охладить на  $\Delta T_2 = 160$  К при постоянном объеме, то выделится количество теплоты  $Q_2 = 2$  Дж. Сколько степеней свободы имеют молекулы газа?

### Вариант 26

1. Молярная теплоемкость газа изменяется в ходе некоторого процесса по закону  $C_m = 20 + 500 / T$ . Найти количество тепла  $Q$ , полученное молем газа при нагревании от  $T_1 = 200$  К до  $T_2 = 544$  К.
2. Двухатомный идеальный газ расширили по закону  $P = \alpha V$ , где  $\alpha$  – постоянная. Первоначальный объем увеличился в  $\eta$  раз. Найти приращение внутренней энергии газа.
3. Водород при нормальных условиях имел объем  $V_1 = 100$  м<sup>3</sup>. Найти приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа при его адиабатическом расширении до объема  $V_2 = 150$  м<sup>3</sup>.
4. Кислород при температуре  $T = 350$  К адиабатически расширился, причем его объем увеличился в 2,8 раза. Затем при изотермическом сжатии объем газа уменьшился в 2,1 раза. Определить массу кислорода, если полная работа, совершенная газом, равна 15,63 Дж.

### Вариант 27

1. Объем аргона, находящегося при давлении  $p = 80$  кПа, увеличился от  $V_1 = 1$  л до  $V_2 = 2$  л. Определить приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа, если расширение производилось изобарно.
2. Водород занимает объем  $V = 10$  м<sup>3</sup> при давлении  $p_1 = 0,1$  МПа. Его нагрели при постоянном объеме до давления  $p_2 = 0,3$  МПа. Определить приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа.
3. Газ совершает процесс, в ходе которого давление  $P$  изменяется с объемом  $V$  по закону  $P = P_0 e^{-\alpha(V-V_0)}$ , где  $P_0 = 6 \cdot 10^5$  Па,  $\alpha = 0,2$  м<sup>-3</sup>,  $V_0 = 2$  м<sup>3</sup>. Найти работу  $A$ , совершаемую газом при расширении от  $V_1 = 3$  м<sup>3</sup> до  $V_2 = 4$  м<sup>3</sup>.
4. Газ с молярной теплоемкостью  $C_v = 29,9$  Дж/(моль·К), находящийся под давлением  $p_1 = 500$  кПа в закрытом сосуде, получил извне некоторое количество теплоты. Температура газа при этом возросла в  $n = 1,45$  раза, а внутренняя энергия увеличилась на  $\Delta U = 1530$  Дж. Найти объем сосуда.

### Вариант 28

1. Найти приращение энтропии одного моля углекислого газа при увеличении его термодинамической температуры в  $n = 2$  раза, если процесс нагревания изобарический.
2. Какое количество тепла  $Q$  надо сообщить смеси газов, состоящей из  $m_1 = 100$  г кислорода и  $m_2 = 200$  г азота, для ее изохорного нагревания  $\Delta T = 10$  К?
3. Водород при нормальных условиях имел объем  $V_1 = 100$  м<sup>3</sup>. Найти приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа при его адиабатическом расширении до объема  $V_2 = 150$  м<sup>3</sup>.
4. В закрытом сосуде находится смесь кислорода и углекислого газа. Масса кислорода  $m_1 = 3,9$  г, масса углекислого газа  $m_2 = 4,8$  г. На сколько увеличилась температура смеси газов, если внутренняя энергия возросла на  $\Delta U = 263,5$  Дж?

### Вариант 29

1. Какое количество тепла  $Q$  надо сообщить смеси газов, состоящей из  $M_1 = 200$  г кислорода и  $M_2 = 300$  г азота, для ее изохорного нагревания  $\Delta T = 20$  К?
2.  $\nu$  молей идеального газа изотермически переводят из состояния, в котором его давление  $P_1$ , в состояние, в котором его давление  $P_2$ . Определить приращение энтропии  $\Delta S$ .
3. Газ совершает процесс, в ходе которого давление  $P$  изменяется с объемом  $V$  по закону  $P = P_0 e^{-\alpha(V-V_0)}$ , где  $P_0 = 6 \cdot 10^5$  Па,  $\alpha = 0,2 \text{ м}^{-3}$ ,  $V_0 = 2 \text{ м}^3$ . Найти работу  $A$ , совершаемую газом при расширении от  $V_1 = 3 \text{ м}^3$  до  $V_2 = 4 \text{ м}^3$ .
4. После сообщения некоторого количества теплоты водороду массой  $m = 9,5$  г, находящемуся в закрытом сосуде, газ перешел из состояния 1 в состояние 2 так, что приращение энтропии составило  $\Delta S = 38,9$  Дж/К. Начальная температура газа  $T = 245$  К. Найти конечную температуру.

### Вариант 30

1. Определить, под каким давлением находится в сосуде объемом  $V = 12 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup> смесь азота и водорода при температуре  $T = 385$  К, если масса азота  $m_1 = 25$  г, масса водорода  $m_2 = 15$  г.
2. Газ находится под давлением  $p = 5$  кПа. Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы  $\bar{E}_k = 6,2 \cdot 10^{-21}$  Дж. Найти концентрацию молекул газа.
3. Чему равно приращение энтропии при изотермическом расширении аргона массой  $m = 35$  г от объема  $V_1 = 55$  л до объема  $V_2 = 200$  л?
4. Найти приращение энтропии при переходе расплавленного свинца массой  $m = 100$  г при температуре плавления в твердое состояние при температуре  $t_2 = 20^\circ\text{C}$

## Контрольная работа 3

### Вариант 1

1. Длинный цилиндр радиуса 3 м равномерно заряжен по поверхности с линейной плотностью 2 нКл на каждый сантиметр длины. Найти зависимость модуля напряженности этого поля от расстояния от оси цилиндра.
2. Два точечных электрических заряда  $q_1 = 3 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -4 \text{ нКл}$  находятся в воздухе на расстоянии  $d = 15 \text{ см}$  друг от друга. Определить напряженность электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке, удаленной от заряда  $q_1$  на расстоянии  $r_1 = 10 \text{ см}$  и от заряда  $q_2$  на  $r_2 = 6 \text{ см}$ .
3. На концах медного провода  $l = 7 \text{ м}$  поддерживается напряжение  $U = 2 \text{ В}$ . Определить плотность тока  $j$  в проводе.
4. Найти поток вектора  $\mathbf{B}$  однородного магнитного поля через полусферу радиуса  $R$ , если этот вектор параллелен оси симметрии полусферы.

### Вариант 2

1. Доказать, что поле бесконечной равномерно заряженной плоскости потенциально.
2. Длинный цилиндр радиуса 1 м равномерно заряжен по поверхности с поверхностной плотностью  $5 \text{ нКл/см}^2$ . Найти зависимость потенциала этого поля от расстояния от оси цилиндра.
3. Точечные заряды  $q_1 = 4q$  и  $q_2 = -2q$  расположены на расстоянии  $d = 30 \text{ см}$  друг от друга. Определить на каком расстоянии от заряда  $q_1$  напряженность электрического поля равна нулю.
4.  $\alpha$ -частица влетела параллельно одинаково направленным электрическому ( $E = 300 \text{ кВ/м}$ ) и магнитному полям ( $B = 0,3 \text{ Тл}$ ). Найдите уравнение ее траектории.

### Вариант 3

1. Бесконечная плоскость равномерно заряжена с поверхностной плотностью  $8 \text{ нКл/см}^2$ . Найти разность потенциалов двух точек этого поля, находящихся на расстоянии  $1 \text{ м}$  и  $2 \text{ м}$  от плоскости.
2. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I=2t+3t^2$ . Какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за промежутки времени от  $t_1=2\text{с}$  до  $t_2=6\text{с}$ .
3. Тонкий прямой стержень длиной  $3l$  (где  $l = 20\text{см}$ ) равномерно заряжен с линейной плотностью заряда  $\lambda = 0,2 \text{ мкКл/м}$ . Найти напряженность электрического поля на продолжении стержня, вне его на расстоянии  $a = 40\text{см}$  от центра стержня.
4. Протон влетает в магнитное поле со скоростью  $300 \text{ м/с}$  под углом  $90^\circ$  к силовым линиям магнитного поля с индукцией  $10 \text{ мТл}$ . Найти период обращения протона.

### Вариант 4

1. Шар равномерно заряжен с объемной плотностью  $0,70 \text{ нКл/м}^3$ . Найти напряженность электрического поля как функцию расстояния от центра.
2. Два одинаковых по модулю разноименных заряда находятся на расстоянии  $1 \text{ м}$ . Изобразить электрическое поле этой системы.
3. Половина тонкого кольца равномерно заряжена с линейной плотностью  $\lambda = 2,2 \text{ мкКл/м}$ . Определить потенциал  $\varphi$  электрического поля в точке, совпадающей с центром кольца.
4. Найти магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого отрезком прямолинейного провода с током в точке  $A$ , расположенной на перпендикуляре к середине этого отрезка на расстоянии  $d = 10 \text{ см}$  от него. По проводу течет ток с силой  $I = 40\text{А}$ . Отрезок провода виден из точки  $A$  под углом  $60^\circ$ .

### Вариант 5

1. Кольцо радиуса 10 см равномерно заряжена зарядом 0,10 нКл. Найти напряженность электрического поля в центре кольца.
2. Положительный заряд  $q = 1$ Кл равномерно распределен по тонкому кольцу радиусом  $R = 0,1$ м. Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы переместить точечный заряд  $q_0 = 1,5$  Кл в бесконечность из точки, находящейся на оси кольца на расстоянии  $x = 0,2$  м от центра.
3. Два точечных заряда  $q_1 = 10$ нКл и  $q_2 = -15$ нКл находятся на расстоянии 7 см друг от друга. Найти напряженность электрического поля в точке, расположенной на расстоянии  $r_1 = 5$ см от положительного заряда и  $r_2 = 7$ см от отрицательного заряда.
4. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, течет ток, силой  $I = 70$  А. Длины сторон прямоугольника равны -  $a = 40$  см и  $b = 50$  см. Определить индукцию магнитного поля в точке пересечения диагоналей.

### Вариант 6

1. Найти разность потенциалов между центром равномерно заряженной сферы и точкой, находящейся от центра на расстоянии двух радиусов сферы.
2. Положительный заряд  $q = 2$ мкКл равномерно распределен по тонкому кольцу радиусом  $R = 0,1$  м. Найти напряженность электрического поля на оси кольца на расстоянии  $x = 0,05$  м от его центра.
3. Заряд распределен равномерно по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью  $\sigma = 25$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов  $\Delta\varphi$  двух точек поля, одна из которых расположена на расстоянии  $r_1 = 9$ см, а другая – на расстоянии  $r_2 = 15$  см от плоскости.
4. Найти циркуляцию вдоль контура в виде окружности радиуса 1 м вектора индукции магнитного поля прямого тонкого длинного провода, по которому течет ток силой 0,1 А. Провод проходит внутри контура.

### Вариант 7

1. Найти разность потенциалов между точками, находящимися на расстояниях  $1\text{ м}$  и  $2\text{ м}$  от равномерно заряженной плоскости ( $\sigma = 4\text{ нКл/см}^2$ ).
2. Шар радиуса  $1\text{ м}$  равномерно заряжен по поверхности с плотностью  $7\text{ нКл/см}^2$ . Найти зависимость величины потока напряженности этого поля от расстояния.
3. В вершинах квадрата со стороной  $40\text{ см}$  расположены одинаковые положительные заряды по  $5\text{ нКл}$  каждый. Найти напряженность электрического поля в четвертой вершине.
4. Рядом с длинным прямым проводом, по которому течет ток силой  $I_1 = 60\text{ А}$ , расположена квадратная рамка с током силой  $I_2 = 10\text{ А}$ . Рамка и провод лежат в одной плоскости. Проходящая через середину противоположных сторон ось рамки параллельна проводу и отстоит от него на расстоянии  $b = 40\text{ мм}$ . Сторона рамки  $a = 20\text{ мм}$ . Найти силу, действующую на рамку.

### Вариант 8

1. Потенциал некоторого поля зависит от координат:  $\varphi = ax^2 + by^3 + cz^2$ , где  $a, b, c$  – заданные коэффициенты. Найти вектор  $E$  этого поля.
2. Сила тока в цепи изменяется по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ . Найти количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением  $R = 10\text{ Ом}$  за время, равное четверти периода (от  $t_1 = 0\text{ с}$  до  $t_2 = T/4\text{ с}$ , где  $T = 10\text{ с}$ ), если  $I_0 = 10\text{ А}$ .
3. Расстояние между зарядами  $q_1 = 1\text{ мкКл}$  и  $q_2 = -1\text{ мкКл}$  равно  $10\text{ см}$ . Определить напряженность электрического поля в точке, удаленной на расстояние  $10\text{ см}$  от первого заряда и лежащей на линии, проходящей через первый заряд перпендикулярно к направлению от  $q_1$  к  $q_2$ .
4. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи силой  $I = 2\text{ кА}$ . Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине  $10\text{ см}$ .

### Вариант 9

1. Кольцо радиуса 10 см равномерно заряжена зарядом 0,10 нКл. Найти напряженность электрического поля на оси кольца в точке, удаленной от центра на расстояние, равное радиусу кольца.
2. Найти плотность тока  $j$ , текущего по проводнику длиной 5 м, если на его концах поддерживается разность потенциалов 2 В. Удельное сопротивление материала проводника  $\rho = 2 \cdot 10^{-6}$  Ом·м.
3. Два точечных заряда  $q_1 = 4$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл находятся друг от друга на расстоянии 60 см. Определить напряженность электрического поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему равна напряженность электрического поля, если второй заряд положительный.
4. По двум бесконечно длинным параллельным проводам текут токи силой  $I_1 = 65$  А и  $I_2 = 115$  А в противоположных направлениях. Расстояние  $d$  между проводами 30 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной от первого провода на расстояние  $r_1 = 0,35$  м и на расстояние  $r_2 = 0,5$  м от второго провода.

### Вариант 10

1. Вычислить зависимость от расстояния потенциала электрического поля заряда  $q = 1$  мкКл, равномерно распределенного по объему шара, радиус которого равен 10 см.
2. Найти разность потенциалов между центром равномерно заряженной сферы и точкой, находящейся от центра на расстоянии трех радиусов сферы.
3. Круг расположен перпендикулярно силовым линиям однородного электрического поля. Во сколько раз изменится поток этого поля через площадь круга, если его радиус увеличить в два раза?
4. Заряженная частица, прошедшая ускоряющую разность потенциалов  $\Delta\varphi = 4$  кВ, движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 20$  мТл по окружности радиусом  $R = 2$  см. Определить скорость частицы.

## Вариант 11

1. Изобразить электрическое поле диполя.
2. Шар равномерно заряжен по поверхности. Как изменится напряженность электрического поля, если увеличить его радиус в два раза, а плотность заряда оставить прежней?
3. Две параллельные бесконечные плоскости заряжены – одна с поверхностной плотностью  $\sigma_1 = 0,8$  мкКл/м<sup>2</sup>, другая – с поверхностной плотностью  $\sigma_2 = -0,9$  мкКл/м<sup>2</sup>. Используя теорему Гаусса, определить напряженность поля в точке, расположенной между плоскостями.
4. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток силой  $I = 50$  А. Вычислить магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точке, лежащей на биссектрисе угла и удаленной от вершины угла на расстояние  $l = 200$  см.

## Вариант 12

1. Ток равномерно распределен по сечению провода радиуса  $R$  с плотностью  $j$ . Найти индукцию магнитного поля  $\mathbf{B}(r)$  как функцию расстояния от оси провода. Построить график.
2. Шар радиуса 1 м равномерно заряжен по объему с плотностью 7 нКл/см<sup>3</sup>. Найти зависимость величины потока напряженности этого поля от расстояния.
3. На тонком прямом отрезке проводника линейная плотность заряда  $\lambda = 15$  нКл/м. Найти потенциал поля на продолжении отрезка в точке, удаленной от его ближайшего конца на расстояние, равное длине самого отрезка.
4. По проводу длиной 10 см, расположенному в однородном магнитном поле с индукцией  $\mathbf{B} = 50$  мТл, проходит количество электричества, определяемое законом  $q = t^3 + 2t^2$ , где  $t = 8$  с. При этом на провод действует сила  $F = 4$  мН. Под каким углом к линиям индукции расположен провод.

### Вариант 13

1. Доказать, что электрическое поле точечного заряда потенциально.
2. Нить равномерно заряжена с линейной плотностью  $2 \text{ нКл/см}$ . Найти зависимость потенциала этого поля от расстояния.
3. Определить напряженность электростатического поля в точке А, расположенной вдоль прямой, соединяющей заряды  $q_1 = 10 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -8 \text{ нКл}$  и находящейся на расстоянии  $r_1 = 8 \text{ см}$  от отрицательного заряда. Расстояние между зарядами  $l = 20 \text{ см}$ .
4. Два круговых витка с током лежат в одной плоскости и имеют общий центр. Радиус большого витка  $R_1 = 14 \text{ см}$ , меньшего  $R_2 = 10 \text{ см}$ . Магнитная индукция в центре витков равна  $B = 75 \text{ мкТл}$ , если токи текут в одном направлении, и  $B = 0$ , если токи текут в противоположном направлении. Определить силу тока в обоих витках.

### Вариант 14

1. Шар радиуса  $1 \text{ м}$  равномерно заряжен по объему с плотностью  $4 \text{ нКл/см}^3$ . Найти зависимость величины потока напряженности этого поля от расстояния.
2. В вершинах квадрата со стороной  $5 \text{ см}$  находятся одинаковые положительные заряды  $q = 2 \text{ нКл}$ . Определить напряженность электростатического поля: 1) в центре квадрата, 2) в середине одной из сторон квадрата.
3. Две концентрические проводящие сферы радиусами  $R_1 = 10 \text{ см}$  и  $R_2 = 15 \text{ см}$  несут заряды, равные соответственно  $q_1 = -1 \text{ нКл}$  и  $q_2 = 2 \text{ нКл}$ . Используя теорему Гаусса, определить напряженность поля в точке, отстоящей от центра сфер на расстояние  $r = 25 \text{ см}$ .
4. В магнитное поле с индукцией  $40 \text{ мТл}$  влетает  $\alpha$ -частица со скоростью  $300 \text{ м/с}$  под углом  $45^\circ$  к силовым линиям. Найти работу сил поля за один период ее обращения.

### Вариант 15

1. Потенциал некоторого поля имеет вид  $\varphi = ax^4 + by^3 + cz$ , где  $a, b, c$  даны. Найти вектор напряженности этого поля.
2. Четверть тонкого кольца радиусом  $R=20$  см несет равно распределенный заряд  $q = 4$  мкКл. Определить напряженность электростатического поля в точке, совпадающей с центром кольца.
3. В однородном электрическом поле электрон получает ускорение  $a=2 \cdot 10^{12}$  м/с<sup>2</sup>. Найти разность потенциалов  $\Delta\varphi$ , ускоряющую этот электрон, если известно, что электрон ускорялся в течение времени  $\tau = 1,5$  мкс.
4. Магнитный поток однородного магнитного поля через квадрат радиуса 1 см равен 7 мВб. Найти индукцию магнитного поля, если плоскость квадрата составляет угол  $45^\circ$  с вектором магнитной индукции.

### Вариант 16

1. Шар равномерно заряжен с объемной плотностью  $0,70$  нКл/м<sup>3</sup>. Найти потенциал его электрического поля как функцию расстояния от центра.
2. На двух концентрических сферах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями соответственно  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Используя теорему Гаусса, определить модуль и направление напряженности электрического поля в точке, удаленной от центра сфер на расстояние  $r$ . Принять  $\sigma_1 = -8\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ ,  $r = 1,7R$ .
3. Какой заряд  $q$  пройдет по проводнику за промежуток времени  $\tau = 10$ с, если сила тока за это время равномерно убывает от  $I_0 = 10$ А до  $I_{\min} = 5$ А.
4. Два одинаковых круговых витка, по которым проходят токи  $I_1 = 2,5$ А и  $I_2 = 4,5$ А, расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях так, что их центры совпадают. Индукция магнитного поля в общем центре витков  $B = 45$  мкТл. Определить радиус витков.

### Вариант 17

1. Найти разность потенциалов между центром равномерно заряженной сферы и точкой, находящейся от центра на расстоянии трех радиусов сферы. Заряд и радиус сферы даны.
2. В центре куба находится заряд 1 Кл. Как зависит поток вектора  $\mathbf{E}$  через его поверхность от длины ребра куба?
3. В электростатическом поле, образованном системой распределенных зарядов, потенциал меняется по закону  $\varphi = a(x^2 + y^2) + bz^2$ , где  $a = 2$  В/м,  $b = 5$  В/м. Найти напряженность поля в точке  $A(2, 3, 4)$ .
4. Бесконечно длинный провод образует круговой виток, касательный к проводу. По проводу течет ток силой  $I = 8$  А. Найти радиус витка, если магнитная индукция в центре витка  $\mathbf{B} = 70$  мкТл.

### Вариант 18

1. Шар радиуса 1 м равномерно заряжен по поверхности с плотностью  $4$  нКл/см<sup>2</sup>. Найти зависимость величины потока напряженности этого поля от расстояния.
2. Найти разность потенциалов между точкой, находящейся в середине радиуса равномерно заряженной сферы и точкой, находящейся от центра на расстоянии 10 радиусов сферы.
3. Ток в проводнике сопротивлением 20 Ом равномерно возрастает от нуля до 6 А в течение 2 с. Найти количество тепла, выделившееся в проводнике за 2-ю секунду.
4. По контуру в виде квадрата со стороной  $l = 10$  см течет ток силой  $I = 3$  А. Определить магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  в точке пересечения диагоналей.

### Вариант 19

1. Найти разность потенциалов между токами, находящимися на расстояниях 4 м и 2 м от равномерно заряженной плоскости. Поверхностная плотность заряда плоскости равна  $1 \text{ мкКл/м}^2$ .
2. Ток в проводнике сопротивлением 50 Ом равномерно возрастает от 2 до 6 А в течение 2 с. Найти количество тепла, выделившееся в проводнике.
3. Под действием поля бесконечно заряженной плоскости точечный заряд  $q = 0,9 \text{ нКл}$  переместился на расстояние  $l = 5 \text{ см}$ . При этом совершена работа  $A = 10 \text{ мкДж}$ . Найти поверхностную плотность заряда на плоскости.
4. По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток силой  $I = 5,5 \text{ А}$ . Длина стороны треугольника, равна 6 см. Найти магнитную индукцию  $B$  в точке пересечения высот.

### Вариант 20

1. Тонкая длинная нить равномерно заряжена с линейной плотностью  $0,70 \text{ нКл/м}$ . Найти потенциал электрического поля нити как функцию расстояния от нее.
2. Шар радиуса 1 м равномерно заряжен по объему с плотностью  $7 \text{ нКл/см}^3$ . Найти зависимость величины потока напряженности этого поля от расстояния.
3. Какую работу надо совершить, чтобы переместить точечный заряд  $q_1 = 0,3 \text{ нКл}$  из точки, удаленной на расстояние  $r_1 = 9 \text{ см}$ , в точку на расстоянии  $r_2 = 4 \text{ см}$  от точечного заряда  $q_2 = -0,8 \text{ мкКл}$ .
4. По проводу, расположенному в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 40 \text{ мТл}$  под углом  $60^\circ$  к линиям индукции, проходит количество электричества, определяемое законом  $q = 2,5t^3 + 0,5t^2$ , где  $t = 6 \text{ с}$ . Сила, действующая при этом на проводник, равна  $250 \text{ мкН}$ . Определить длину провода.

## Вариант 21

1. Доказать, что однородное электрическое поле потенциально.
2. Длинный цилиндр радиуса 3 м равномерно заряжен по поверхности с линейной плотностью 2 нКл/см длины. Найти зависимость потенциала этого поля от расстояния от оси цилиндра.
3. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ . Найти заряд  $q$ , проходящий через поперечное сечение проводника за время  $\tau$ , равное половине периода  $T$ , если начальная сила тока  $I_0 = 10\text{А}$ , круговая частота  $\omega = 50\pi$  Гц.
4. Ток равномерно распределен по сечению провода радиуса  $R$  с плотностью  $j$ . Найти индукцию магнитного поля  $B(r)$  как функцию расстояния от оси провода. Построить график.

## Вариант 22

1. Шар радиуса 1 м равномерно заряжен по объему с плотностью 4 нКл/см<sup>3</sup>. Найти зависимость величины потока напряженности этого поля от расстояния.
2. Электростатическое поле образовано заряженной сферой радиусом  $R = 15$  см с поверхностной плотностью  $\sigma = 0,9$  мкКл/м<sup>2</sup>. Какую работу надо совершить, чтобы переместить точечный заряд  $q_1 = 3$  нКл из точки, расположенной на расстоянии  $r_1 = 35$  см, в точку на расстоянии  $r_2 = 10$  см от поверхности сферы.
3. В медном проводнике объемом  $V = 10$  см<sup>3</sup> при прохождении по нему постоянного тока за время  $t = 1,5$  мин, выделилось количество теплоты  $Q = 300$  Дж. Вычислить напряженность электрического поля в проводнике.
4. Электрон и  $\alpha$ -частица влетели перпендикулярно магнитному полю ( $B = 0,3$  Тл) со скоростями 200 м/с. Найти отношение радиусов кривизны их траекторий.

### Вариант 23

1. Потенциал некоторого поля имеет вид  $\varphi = ax^2 + by^3 + cz^2$ , где  $a, b, c$  даны. Найти напряженность этого поля как функцию координат.
2. Тонкое кольцо радиуса 10 см равномерно заряжено зарядом 0,10 нКл. Найти напряженность электрического поля в точке на оси кольца, находящейся на расстоянии 10 см от его центра.
3. Бесконечная плоскость равномерно заряжена с поверхностной плотностью 8 нКл/см<sup>2</sup>. Найти силу, действующую на заряд 1 нКл, находящийся на расстоянии 1 м от плоскости.
4. По проводу длиной 5 см, расположенному в однородном магнитном поле под углом 30° к линиям магнитной индукции, проходит количество электричества, определяемое законом  $q = 2,5t^3 - 0,5t^2$ , где  $t = 3$  с. При этом на провод действует сила  $F = 2$  мН. Определить индукцию магнитного поля.

### Вариант 24

1. Шар равномерно заряжен с объемной плотностью 0,70 нКл/м<sup>3</sup>. Найти потенциал его электрического поля как функцию расстояния от центра.
2. Два одинаковых по модулю разноименных точечных заряда находятся на расстоянии 1 м. Найти точки, в которых результирующая напряженность максимальна.
3. Две параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d = 0,5$  см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 0,2$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = -0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между пластинами.
4. Бесконечно длинный провод образует круговой виток, касательный к проводу. По проводу течет ток силой  $I = 8$  А. Найти радиус витка, если магнитная индукция в центре витка  $B = 70$  мкТл.

### Вариант 25

1. Найти разность потенциалов между точкой, находящейся на расстоянии, равном половине радиуса от центра равномерно заряженной сферы и точкой, находящейся от центра на расстоянии трех радиусов сферы.
2. В центре куба находится заряд 20 нКл. Вычислить поток вектора  $\mathbf{E}$  через любую одну грань куба.
3. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I=t+3t^2$ . Какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за промежуток времени от  $t_1=2$ с до  $t_2=6$ с.
4. Протон влетает со скоростью 100 м/с под углом  $30^\circ$  к силовым линиям магнитного поля с индукцией 100 мТл. Найти шаг описываемой им спирали.

### Вариант 26

1. Найти разность потенциалов между центром равномерно заряженной сферы и точкой, находящейся от центра на расстоянии 10 радиусов сферы.
2. Ток в проводнике сопротивлением 20 Ом равномерно убывает от 2 А до нуля в течение 2 с. Найти заряд, прошедший по проводнику за 1-ю секунду.
3. Сила тока в проводнике линейно нарастает за время 7с от  $I_0=0$ А до  $I_{\max}=15$ А. Сопротивление проводника 15 Ом. Определить количество теплоты, выделившееся за первые 2с.
4. Найти индукцию магнитного поля соленоида радиусом 10 мм и длиной 100 см, если его обмотка имеет 1000 витков, а ток в ней равен 1 А.

### Вариант 27

1. Найти разность потенциалов между токами, находящимися на расстояниях 1 м и 2 м от равномерно заряженной плоскости. Поверхностная плотность заряда плоскости равна  $2 \text{ мкКл/м}^2$ .
2. Ток в проводнике сопротивлением  $50 \text{ Ом}$  равномерно возрастает от 2 до 10 А в течение 2 с. Найти заряд, прошедший за это время по проводнику.
3. Два точечных электрических заряда  $q_1 = 3 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -4 \text{ нКл}$  находятся в воздухе на расстоянии  $d = 15 \text{ см}$  друг от друга. Определить напряженность электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке, удаленной от заряда  $q_1$  на расстоянии  $r_1 = 10 \text{ см}$  и от заряда  $q_2$  на  $r_2 = 6 \text{ см}$ .
4. Электрон, влетев в магнитное поле с магнитной индукцией  $B = 2 \text{ мТл}$ , движется по круговой орбите радиусом 15 см. Определить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного тока.

### Вариант 28

1. Потенциал некоторого поля имеет вид  $\varphi = ax^2 + by^3 + cz^2$ , где  $a, b, c$  даны. Вычислить напряженность этого поля в начале координат.
2. Шар радиуса 1 м равномерно заряжен по объему с плотностью  $7 \text{ нКл/см}^3$ . Найти зависимость величины потока напряженности этого поля от расстояния.
3. В однородном электрическом поле электрон получает ускорение  $a = 3 \cdot 10^{12} \text{ м/с}^2$ . Найти разность потенциалов  $\Delta\varphi$ , ускоряющую этот электрон, если известно, что электрон ускорился в течение времени  $\tau = 2 \text{ мкс}$ .
4. Найти циркуляцию вдоль окружности радиуса 1 м вектора напряженности магнитного поля прямого тонкого длинного провода, по которому течет ток силой 0,1 А. Провод проходит снаружи от контура.

### Вариант 29

1. Какой заряд пройдет по проводнику, если сила тока в нем равномерно убывает от 10 до 2 А в течение 4 с?
2. Кольцо радиусом 10 см равномерно заряжено зарядом 0,10 нКл. Найти максимальную напряженность электрического поля на оси кольца.
3. Потенциал некоторого поля зависит от координат:  $\varphi = ax^3 + by + cz^{1/2}$ . Выразить вектор  $E$  этого поля как функцию координат.
4. Электрон влетел в однородное магнитное поле со скоростью 1 мм/с перпендикулярно линиям электромагнитной индукции, которая равна  $B=0,2$  Тл. Найти нормальное и тангенциальное ускорение электрона.

### Вариант 30

1. Найти разность потенциалов между центром равномерно заряженной сферы и точкой, находящейся от центра на расстоянии трех радиусов сферы.
2. Две концентрические проводящие сферы радиусами  $R_1 = 10$  см и  $R_2 = 15$  см несут заряды, равные соответственно  $q_1 = -1$  нКл и  $q_2 = 2$  нКл. Используя теорему Гаусса, определить напряженность поля в точке, отстоящей от центра сфер на расстояние  $r = 25$  см.
3. На концах медного провода  $l = 10$  м поддерживается напряжение  $U = 5$  В. Определить плотность тока  $j$  в проводе.
4. Кольцо радиуса 10 см находится в однородном магнитном поле ( $B=0,4$  Тл) под углом  $30^\circ$  к силовым линиям. Вычислить поток вектора магнитной индукции через площадь круга, ограниченного кольцом.

## Контрольная работа 4

### Вариант 1

1. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=4$ ), находится на расстоянии  $0,4 l$  от левого края ямы в интервале шириной  $0,01 l$ .
2. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для пучка протонов, прошедших ускоряющую разность потенциалов  $\Delta\varphi = 100$  В.
3. Спектральная плотность энергетической светимости некоторого тела задана законом  $r_\lambda = r_0 e^{-\alpha\lambda}$ . Определить его температуру.
4. Фотон с длиной волны  $\lambda = 6$  пм рассеялся под прямым углом на покоившемся свободном электроне. Найти частоту рассеянного фотона.

### Вариант 2

1. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности цинка излучением с длиной волны 250 нм.
2. Какому углу рассеяния отвечает максимальное комптоновское смещение длины волны?
3. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=3$ ), находится на расстоянии  $0,3 l$  от левого края ямы в интервале шириной  $0,02 l$ .
4. Фотоэлектрический порог для некоторого металла  $\lambda_0 = 275$  нм. Найти максимальную скорость  $v_m$  электронов, вырываемых из металла светом с длиной волны  $\lambda = 180$  нм.

### Вариант 3

1. Испускательная способность некоторого тела задана законом  $r_\lambda = r_0 e^{-\beta\lambda}$ . Определить его энергетическую светимость в интервале  $d\lambda$ .
2. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности меди излучением с длиной волны 350 нм.
3. При каком угле рассеяния комптоновское смещение длины волны минимально?
4. Черное тело имеет температуру  $T_1 = 500$  К. Какова будет температура  $T_2$  этого тела, если в результате его нагревания поток  $\Phi$  излучения увеличится в  $n = 5$  раз?

### Вариант 4

1. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=4$ ), находится на расстоянии  $0,4l$  от края ямы в интервале шириной  $0,01l$ .
2. За какое время Солнце уменьшит свою массу на 1000 кг за счет излучения? Максимум испускательной способности Солнца приходится на длину волны 500 нм.
3. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра излучением с длиной волны 80 нм.
4. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, имеющего кинетическую энергию  $T = 1$  МэВ.

### Вариант 5

1. При каком угле рассеяния комптоновское смещение длины волны минимально?
2. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=2$ ), находится на расстоянии  $0,5l$  от левого края ямы в интервале шириной  $0,01l$ .
3. Чему равна испускательная способность некоторого тела, если известен его коэффициент поглощения?
4. Длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения черного тела,  $\lambda_m = 580$  нм. Найти энергетическую светимость  $R_s^0$  поверхности тела.

### Вариант 6

1. Энергия рентгеновских квантов равна 0,8 Мэв. Найти энергию электрона отдачи, если длина волны в результате комтоновского рассеяния изменилась на 10 %.
2. Максимум испускательной способности Солнца приходится на длину волны 500 нм. Какую массу теряет Солнце в секунду за счет излучения?
3. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=5$ ), находится в центре ямы в интервале шириной  $0,01 l$ .
4. Температура черного тела изменилась при его нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость тела  $R_0^o$ ?

### Вариант 7

1. Чему равна испускательная способность некоторого тела, если известна его поглотительная способность?
2. Энергия рентгеновских квантов равна 0,5 Мэв. Найти энергию электрона отдачи, если их частота в результате комтоновского рассеяния изменилась на 10 %.
3. Максимум испускательной способности некоторой звезды приходится на длину волны 400 нм. За какое время звезда потеряет половину своей массы за счет излучения?
4. Найти задерживающую разность потенциалов  $U_3$  для электронов, вырывааемых при освещении калия светом с длиной волны  $\lambda = 330$  нм.

## Вариант 8

1. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=2$ ), находится на расстоянии  $0,15 l$  от левого края ямы в интервале шириной  $0,01 l$ .
2. Чему равен коэффициент поглощения некоторого тела, если известна его испускательная способность?
3. На металл направлен пучок ультрафиолетового излучения ( $\lambda = 0,25$  мкм). Фототок прекращается при напряжении  $U_3 = 1$  В. Какова работа выхода  $A$  электрона из этого металла?
4. Энергия квантов равна  $0,7$  Мэв. Найти энергию рассеянного кванта, если длина волны в результате комтоновского рассеяния изменилась на  $10\%$ .

## Вариант 9

1. Фотоэлектрический порог для некоторого металла равен  $275$  нм. Найти максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности светом с длиной волны  $200$  нм.
2. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=7$ ), находится на расстоянии  $0,05 l$  от края ямы в интервале шириной  $0,02 l$ .
3. Чему равен коэффициент поглощения идеально отражающей поверхности?
4. Зачерненный шарик остывает от температуры  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 293$  К. На сколько изменилась при этом длина волны  $\lambda_m$ , соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости?

### Вариант 10

1. Энергия рентгеновских квантов равна 0,7 Мэв. Найти энергию электрона отдачи, если длина волны квантов в результате комптоновского рассеяния изменилась на 10 %. До рассеяния электрон покоился.
2. Фотоэлектрический порог для некоторого металла равен 275 нм. Найти максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности светом с длиной волны 150 нм.
3. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Найти вероятность того, что электрон, находящийся в возбужденном состоянии ( $n=3$ ), находится от края ямы на расстоянии  $0,02 l$ .
4. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн  $\lambda_1 = 0,35$  мкм и  $\lambda_2 = 0,54$  мкм соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются в 2 раза. Найти работу выхода  $A$  электронов с поверхности этого металла.

### Вариант 11

1. Чему равен коэффициент отражения некоторого не прозрачного тела, если известна его поглощательная способность?
2. Энергия рентгеновских квантов равна 0,9 Мэв. Найти изменение энергии рассеянного электрона, если длина волны в результате комптоновского рассеяния изменилась на 20 %.
3. Найти частоту света, вырывающего электроны из металла, если они полностью задерживаются разностью потенциалов 4 В. Красная граница фотоэффекта 185 нм.
4. Вычислить энергию  $W$ , излучаемую за 1 мин с площади в  $1 \text{ см}^2$  черного тела, температура которого  $T = 10^3 \text{ К}$ .

## Вариант 12

1. Мощность излучения электрической лампы составляет 25 Вт. Температура нити накала равна 2365 К, а коэффициент теплового излучения нити составляет 0.3. Определить площадь излучающей поверхности лампы. Потерями тепла, связанными с теплопроводностью, пренебречь.
2. Максимальная кинетическая энергия фотона составляет 0,764 эВ. На работу вырывания фотоэлектрона фотон израсходовал 75 % энергии. Определить красную границу фотоэффекта.
3. Электрон находится в прямоугольном потенциальном ящике с непроницаемыми стенками. Ширина ящика  $\lambda = 0,2$  нм, энергия электрона  $E = 37,8$  эВ. Определить модуль волнового вектора  $k$ .
4. Определить фотоэлектрический порог  $\lambda_0$  для металла, если при его облучении фиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 400$  нм максимальная скорость  $v_{\max}$  фотоэлектронов равна 0,65 Мм/с.

## Вариант 13

1. Поток энергии, излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен 18,7 Вт. Площадь смотрового окошка равна  $5 \text{ см}^2$ . Определить длину волны, на которую приходится максимум испускательной способности смотрового окошка.
2. Красная граница фотоэффекта 0,66 мкм, максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона 0,5 эВ. Определить долю энергии фотона, израсходованную на работу вырывания фотоэлектрона.
3. Электрон с кинетической энергией  $T = 4$  эВ локализован в области размером  $\lambda = 1$  мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.
4. Поток энергии излучения раскаленного металла  $\Phi' = 0,67$  кВт. Температура поверхности  $T = 2500$  К, площадь  $S = 10 \text{ см}^2$ . Каков был бы поток  $\Phi$ , если бы эта поверхность была черной?

### Вариант 14

1. Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 500$  К. В результате нагревания поток излучения с поверхности тела увеличился в  $n = 5$  раз? На сколько изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности тела?
2. Максимальная кинетическая энергия фотона составляет 0,764 эВ. На работу вырывания фотоэлектрона фотон израсходовал 75 % энергии. Определить красную границу фотоэффекта.
3.  $\alpha$ -частица, начальной скоростью которой можно пренебречь, прошла ускоряющую разность потенциалов  $U = 100$  В. Найти длину волны де Бройля.
4. Энергетическая светимость черного тела  $R_s^0 = 250$  кВт/м<sup>2</sup>. На какую длину волны  $\lambda_m$  приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости тела?

### Вариант 15

1. Пренебрегая потерями тепла на теплопроводность, подсчитать мощность  $\Phi$  электрического тока, необходимую для накаливания нити диаметром 1 мм и длиной 20 см до температуры 3500 К. Считать, что нить излучает, подчиняясь закону Стефана-Больцмана.
2. До какого максимального потенциала зарядится цинковая пластина при облучении ее монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 320$  нм?
3. Энергия фотона, излученного возбужденным атомом, 10 эВ, а неопределенность местоположения фотона  $\Delta x = 0,1$  см. Найти ширину спектральной линии  $\Delta \lambda$ .
4. Определить массу и импульс фотона, если его энергия 10 кэВ.

## Вариант 16

1. Какую энергию теряет вследствие излучения каждую секунду тело с площадью поверхности  $1 \text{ м}^2$ , если его температура на  $10 \text{ К}$  больше, чем температура окружающей среды, находящейся при комнатной температуре?
2. Определить максимальную скорость  $v_{\text{max}}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла под действием излучения с длиной волны  $\lambda = 0,3 \text{ нм}$ .
3. Неточность в определении координаты фотона, излученного атомом,  $\Delta x = 200 \text{ см}$ , а длина волны излучения  $750 \text{ нм}$ . Найти ширину соответствующей спектральной линии?
4. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $\Delta \varphi = 200 \text{ В}$ , имеет дебройлевскую длину волны  $\lambda = 2,02 \text{ пм}$ . Найти массу  $m$  частицы, если ее заряд по модулю равен заряду электрона.

## Вариант 17

1. Мощность излучения электрической лампы составляет  $35 \text{ Вт}$ . Температура нити накала равна  $2000 \text{ К}$ , а коэффициент теплового излучения нити составляет  $0,3$ . Определить площадь излучающей поверхности лампы. Потери тепла, связанными с теплопроводностью, пренебречь.
2. При фотоэффекте с поверхности металла, освещаемого излучением с длиной волны  $\lambda = 0,4 \text{ мкм}$ , вырываются электроны, работа выхода которых из металла  $A_{\text{вых}} = 5,7 \text{ эВ}$ . Определить задерживающую разность потенциалов.
3. При каком значении кинетической энергии дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны?
4. Черное тело излучает поток энергии  $\Phi = 10 \text{ кВт}$ . Найти площадь  $S$  излучавшей поверхности тела, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны  $\lambda_m = 700 \text{ нм}$ .

### Вариант 18

1. Пренебрегая потерями тепла на теплопроводность, подсчитать мощность  $\Phi$  электрического тока, необходимую для накаливания нити диаметром 1,5 мм и длиной 25 см до температуры 3800 К. Считать, что нить излучает, подчиняясь закону Стефана-Больцмана.
2. Какой энергией должны обладать фотоны, чтобы при комптоновском рассеянии под углом  $\alpha = 90^\circ$  длина волны соответствующего им излучения удваивалась?
3. Вычислить длину волны де Бройля для протона, движущегося со скоростью  $v = 0,9c$  ( $c$  – скорость света в вакууме).
4. Поток  $\Phi$  энергии излучения раскаленного металла равен 0,67 кВт. Температура поверхности  $T = 2500$  К, ее площадь  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Найти отношение  $k$  энергетических светимостей этой поверхности и черного тела при данной температуре.

### Вариант 19

1. Какую мощность надо подводить к черному шарiku радиусом 3 см, чтобы поддерживать его температуру на  $27^\circ\text{C}$  выше температуры окружающей среды, имеющей температуру  $20^\circ\text{C}$ ?
2. До какого максимального потенциала зарядится удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны  $\lambda = 140$  нм?
3. Определить относительную неопределенность  $\Delta p/p$  импульса движущейся частицы, если неопределенность ее координаты равна длине волны де Бройля.
4. Фотоэлектрический порог для некоторого металла  $\lambda_0 = 275$  нм. Найти работу выхода  $A$  электрона из этого металла.

## Вариант 20

1. Раскаленная металлическая поверхность площадью в  $10 \text{ см}^2$  излучает в одну минуту  $10^4$  Дж. Найти коэффициент серости этой поверхности, если ее температура равна  $2500 \text{ }^\circ\text{C}$ .
2. Красная граница фотоэффекта равна  $0,472 \text{ мкм}$ , максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона составляет  $0,054 \text{ эВ}$ . Определить долю энергии фотона, израсходованную на вырывание электрона.
3. Электрон с кинетической энергией  $T = 8 \text{ эВ}$  локализован в области размером  $\lambda = 2 \text{ мкм}$ . Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.
4. Какой энергией  $h\nu$  должны обладать фотоны, чтобы при комптоновском рассеянии на свободных покоящихся электронах под углом  $\nu = \pi/2$  длина волны отвечающего им излучения испытывала удвоение?

## Вариант 21

1. Пренебрегая потерями тепла на теплопроводность, подсчитать мощность  $W$  электрического тока, необходимую для накаливания нити диаметром  $1 \text{ мм}$  и длиной  $20 \text{ см}$  до температуры  $3500 \text{ К}$ . Считать, что нить излучает, подчиняясь закону Стефана-Больцмана.
2. Определить максимальную скорость  $v_{\text{max}}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла под действием излучения с длиной волны  $\lambda_{\square} = 0,5 \text{ нм}$ .
3. Неопределенность координаты фотона, излученного атомом,  $\Delta x = 0,4 \text{ см}$ , а длина волны излучения  $\lambda_{\square} = 450 \text{ нм}$ . Оценить неопределенность энергии фотона.
4. При увеличении температуры  $T$  черного тела в два раза длина волны  $\lambda_m$  максимума излучения уменьшилась на  $\Delta\lambda_m = 400 \text{ нм}$ . Найти первоначальную температуру тела.

## Вариант 22

1. Испускательная способность черного тела имеет вид:

$r_{\omega,T} = A\omega^3 e^{-\alpha\omega/T}$  Найти частоту, на которую приходится максимум испускательной способности этого тела.

2. Красная граница фотоэффекта равна 0,5 мкм, максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона составляет 0,06 эВ. Определить долю энергии фотона, израсходованную на вырывание электрона.
3. Во сколько раз дебройлевская длина волны  $\lambda$  частицы меньше неопределенности  $\Delta x$  ее координаты, которая соответствует относительной неопределенности импульса в 1 %?
4. При увеличении температуры  $T$  черного тела в два раза максимум его излучения по длине волны уменьшился на  $\Delta\lambda_m = 400$  нм. Определить конечную температуру тела.

## Вариант 23

1. Мощность излучения электрической лампы составляет 25 Вт, площадь излучающей поверхности нити накала равна 5 см<sup>2</sup>. Определить длину волны, на которую приходится максимум испускательной способности лампы.
2. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит под углом  $\pi/2$ ? Энергия фотона до рассеяния  $\approx 0,51$  МэВ
3. Пучок моноэнергетических электронов ( $T = 10$  эВ) падает на щель шириной  $a = 10$  нм. Оценить относительную неопределенность в определении импульса электрона.
4. Найти дебройлевскую длину волны  $\lambda$  электрона с кинетической энергией  $T = 10$  кэВ.

## Вариант 24

1. Испускательная способность черного тела имеет вид:  
 $r_{\omega,T} = A\omega^3 e^{-\alpha\omega/T}$  Частота, на которую приходится максимум испускательной способности, равна  $\omega_0$ . Определить температуру тела.
2. Фотоэффект у данного металла начинается при частоте падающего света  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Найти частоту света, вырывающего из металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_3 = 3В$ .
3. Фотон, излученный возбужденным атомом, имеет длину волны  $\lambda_0 = 550$  нм. Ширина спектральной линии  $\Delta\lambda = 0,01$  нм. Найти неопределенность координаты фотона.
4. Фотон с энергией  $h\nu = 0,4$  МэВ рассеялся под прямым углом на свободном электроне. Найти кинетическую энергию  $T$  электрона отдачи.

## Вариант 25

1. При переходе от температуры  $T_1$  к температуре  $T_2$  площадь под кривой), представляющей спектральный состав излучения, увеличилась в 16 раз. Как изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности?
2. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна 0,65 эВ. Фотон израсходовал 70 % своей энергии на работу вырывания фотоэлектрона. Определить красную границу фотоэффекта.
3. Определить, какая частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 1000$  В, имеет длину волны де Бройля 0,38 А.
4. Найти частоту  $\nu$  света, вырывающего из металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_3 = 3$  В. Фотоэффект начинается при частоте света  $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14}$  Гц.

## Вариант 26

1. При уменьшении температуры абсолютно черного тела в два раза длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности этого тела, увеличилась на 400 нм. Определить начальную температуру тела.
2. При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния  $\pi/2$ . Найти импульс рассеянного фотона.
3. Электрон с кинетической энергией  $T = 6$  эВ локализован в области размером  $\lambda = 1,5$  мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.
4. Фотон рассеялся под углом  $\nu = 120^\circ$  на покоящемся свободном электроне, в результате этого электрон получил кинетическую энергию  $T = 0,5$  МэВ. Найти энергию падающего фотона.

## Вариант 27

1. Пренебрегая потерями тепла на теплопроводность, подсчитать мощность  $W$  электрического тока, необходимую для накаливания нити диаметром 1 мм и длиной 20 см до температуры 3500 К. Считать, что нить излучает, подчиняясь закону Стефана-Больцмана.
2. Фотон с энергией 2 МэВ рассеялся на свободном покоящемся электроне. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на 25 %.
3. Оценить относительную ширину спектральной линии, если известно, что время жизни атома в возбужденном состоянии  $\tau = 10^{-8}$  с, а длина волны излученного фотона 0,6 мкм.
4. Найти длину волны  $\lambda$  де Бройля для электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов  $\Delta\varphi = 100$  В.

### Вариант 28

1. Поток излучения абсолютно черного тела  $\Phi_e = 10$  кВт. Максимум энергии излучения приходится на длину волны  $0,8$  мкм. Определить площадь излучающей поверхности.
2. Фотон с импульсом  $p = 1,5 \cdot 10^6$  эВ/с рассеялся на свободном покоящемся электроны, в результате чего его импульс стал равным  $p' = 0,6 \cdot 10^6$  эВ/с ( $c$  - скорость света). Найти угол рассеяния фотона.
3. При каком значении кинетической энергии дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны?
4. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электролампе  $T = 2450$  К. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости черного тела  $k = 0,3$ . Найти площадь излучаемой поверхности спирали.

### Вариант 29

1. При переходе от температуры  $T_1$  к температуре  $T_2$  (площадь под кривой), представляющей спектральный состав излучения, увеличилась в 81 раз. Как изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности?
2. Фотоэффект у данного металла начинается при частоте падающего света  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Найти частоту света, вырывающего из металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_s = 3$ В.
3. Частица находится в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной  $\lambda$  на третьем энергетическом уровне. Определить вероятность нахождения частицы на расстоянии  $0,5\lambda$  от стенки в интервале длиной  $0,01\lambda$ .
4. Определить энергию  $E$ , эВ, и импульс  $p$  фотона с длиной волны  $\lambda = 555$  нм (видимый свет).

### Вариант 30

1. Температура абсолютно черного источника теплового излучения  $T_1 = 3000$  К. Найти температуру другого такого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его испускательной способности на  $\lambda_2 = 0,7$  мкм больше длины волны, соответствующей максимуму испускательной способности первого источника.
2. Определить, под каким углом фотон с энергией  $0,4$  МэВ рассеялся на свободном покоящемся электроне, если энергия рассеянного фотона  $0,2757$  МэВ?
3. Электрон с кинетической энергией  $20$  эВ находится в пылинке диаметром  $1$  мкм. Вычислить в процентах относительную неопределенность его скорости.
4. Черное тело излучает поток энергии  $\Phi = 10$  кВт. Найти площадь  $S$  излучающей поверхности тела, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны  $\lambda_m = 700$  нм.

## ЛИТЕРАТУРА

### а) основная учебная литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1-3. М.: КНОРУС, 2009.
2. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. – М.: КНОРУС, 2009.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М.: Лань, 2006. - 416 с.
4. Сивухин Д.В. Механика. - М.: Физматгиз. 2010.- 560 с.
5. Румынская И.Г. Квантовая физика. Курс лекций по физике, СПб.: СПГУТД, 2006.–134с.

### б) дополнительная литература и другие информационные источники

6. Иванов К.Г. Романова Е.П. Электричество и магнетизм. Курс лекций. – СПб.: СПГУТД, 2013.
7. Соколов Ю.И., Громова Е.С., Тараканов Б.М., Иванова С.Ю. Контрольные задания по физике. Молекулярная физика и термодинамика. – СПб.: СПГУТД, 2004.
8. Методические указания к выполнению лабораторных работ по физике. – СПб.: СПГУТД, 1999-2005.
9. Гусев Г.В., Буркова Л.А. Обработка результатов лабораторного эксперимента. СПб.: 2003.
- 10.Иродов И.Е. Механика. Электромагнетизм. Физика макросистем. Квантовая физика. М.: БИНОМ. 2007.
- 11.Соколов Ю.И., Иванов К.Г., Иванова С.Ю. Контрольные задания по физике для студентов дневного отделения. – СПб.: СПГУТД, 2005.
- 12.Банк заданий для подготовки к тестированию по курсу общей физики. Часть I. Механика: учеб.пособие для студентов дневной формы обучения / Е. П. Романова, К. О. Урюпина. Спб.: СПГУТД, 2011. – 84 с.
- 13.Банк заданий для подготовки к тестированию по курсу общей физики. Часть II. Молекулярная физика и термодинамика : учеб.пособие для студентов дневной формы обучения / Е. П. Романова, В. В. Безносова. Спб.: СПГУТД, 2011. – 54 с.
- 14.Банк заданий для подготовки к тестированию по курсу общей физики. Часть III. Электродинамика и магнетизм. Часть IV. Квантовая физика : учеб.пособие для студентов дневной формы обучения / Е. П. Романова, В. В. Безносова, К.О. Урюпина. Спб.: СПГУТД, 2013. – 54 с.

**Перечень вопросов к экзамену (зачету), разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
<b>I СЕМЕСТР</b>		
1	Кинематика поступательного движения материальной точки	1
2	Кинематика вращательного движения материальной точки и твердого тела	1
3	Связь между линейными и угловыми характеристиками движения.	1
4	Динамика поступательного движения. Понятие центра инерции. Законы Ньютона	2-3
5	Понятие об импульсе, моменте импульса, моменте силы	3
6	Момент инерции твердого тела	3
7	Динамика вращательного движения твердого тела. Второй закон Ньютона для вращательного движения	3
8	Представление о механической энергии. Кинетическая, потенциальная энергия. Работа силы	4
9	Закон сохранения механической энергии	4
10	Закон сохранения импульса	4
11	Закон сохранения момента импульса	4
12	Свойства пространства и времени: однородность пространства, изотропия пространства, однородность времени. Связь с законами сохранения	4
13	Преобразования координат и времени в классической физике. Принцип относительности Галилея	5
14	Постулаты Эйнштейна	5
15	Преобразования координат и времени Лоренца	6
16	Следствия из преобразований Лоренца	6
17	Релятивистский закон сложения скоростей	6
18	Релятивистская динамика	6
19	Взаимосвязь массы и энергии. Формула Эйнштейна	6
20	Понятие об общей теории относительности	6
21	Колебательное движение. Гармонические линейные колебания	7
22	Сложение однонаправленных и взаимно перпендикулярных колебаний	7
23	Затухающие колебания	8
24	Вынужденные колебания	8
25	Явление Резонанса	8
26	Волны в упругой среде	9

27	Уравнение плоской волны	9
28	Волновое уравнение	9
29	Основные положения МКТ газов. Идеальный газ	10
30	Основное уравнение МКТ. Законы Авогадро, Дальтона	10
31	Параметры макросостояния системы. Термодинамическая температура и давление. Уравнение Менделеева-Клапейрона	10
32	Число степеней свободы молекул идеального газа. Работа и внутренняя энергия идеального газа	10
33	Первое начало термодинамики	10
34	Изопроцессы	10
35	Теплоемкость идеального газа	10
36	Адиабатический процесс. Уравнение адиабаты	10
37	Понятие об энтропии по Клаузиусу. Качество энергии	11
38	Статистический вес. Энтропия по Больцману	11
39	Второе начало термодинамики	11
40	Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла)	12
41	Барометрическая формула.	12
42	Распределение молекул по энергиям (распределение Больцмана)	12
43	Физическая кинетика. Средняя длина свободного пробега и эффективный диаметр молекул	13
44	Диффузия	13
45	Теплопроводность	13
46	Явление вязкости	13
47	Агрегатное состояние вещества. Кристаллические и аморфные тела	14
48	Уравнение состояния реального газа. Изотермы реального газа	14
49	Фазовые переходы. Тройная точка	14
50	Модели строения жидкостей. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления	14
<b>II СЕМЕСТР</b>		
51	Электрические заряды. Модель точечного заряда и модели с непрерывным распределением заряда	15
52	Закон Кулона. Напряженность электростатического поля.	15
53	Поток вектора напряженности электростатического поля. Теорема Гаусса для вектора $E$	15
54	Примеры расчета полей бесконечной плоскости, заряженной сферы, шара	15
55	Потенциал электростатического поля.	15
56	Взаимосвязь между напряженностью и потенциалом	15
57	Циркуляция вектора $E$ . Теорема о циркуляции вектора $E$	15

58	Постоянный электрический ток. Сила тока. Вектор плотности тока. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.	15
59	Электрическое поле в веществе. Полярные и неполярные диэлектрики. Вектор поляризованности. Диэлектрическая проницаемость	16
60	Магнитное поле в вакууме. Вектор магнитной индукции.	17
61	Закон Био Савара Лапласа. Индукция магнитного поля прямолинейного проводника с током. Поле кругового тока	17
62	Закон Ампера. Рамка с током в магнитном поле. Сила Лоренца	17
63	Поток вектора магнитной индукции. Теорема о циркуляции вектора $\mathbf{B}$ . Закон полного тока. Теорема Гаусса для индукции магнитного поля	17
64	Магнитное поле соленоида и тороида	17
65	Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея Ленца.	18
66	Явление самоиндукции. Индуктивность контура. Взаимная индукция. Трансформатор	18
67	Энергия электрического и магнитного поля. Вектор Пойнтинга	18
68	Уравнения Максвелла в интегральной форме для вакуума	18
69	Магнитное поле в веществе. Вектор намагниченности. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость.	19
70	Виды магнетиков. Диамагнетики и парамагнетики, ферромагнетики	19
71	Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн	20
72	Интерференция света	20
73	Дифракция света. Принцип Гюйгенса Френеля. Метод зон Френеля	20
74	Поляризация света. Виды поляризации. Поляризаторы. Закон Малюса	21
75	Двойное лучепреломление. Искусственное двойное лучепреломление. Эффект Керра	21
76	Оптическая активность веществ. Эффект Фарадея	21
77	Рассеяние и поглощение света. Закон Рэлея. Закон Бугера	21
78	Тепловое излучение. Понятие об абсолютно черном теле. Законы теплового излучения	22
79	Формула Рэлея-Джинса. Гипотеза Планка. Формула Планка для излучения абсолютно черного тела	22
80	Внешний фотоэффект. Законы фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта	23
81	Корпускулярно волновой дуализм микрообъектов. Гипотеза де Бройля. Волны де Бройля	24
82	Особые свойства микрообъектов. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Следствия соотношения	24

	неопределенностей Гейзенберга	
83	Волновая функция. Принцип суперпозиции в квантовой механике. Уравнение Шредингера для свободной частицы	25
84	Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Квантование энергии	25
85	Строение атома по Резерфорду. Постулаты Бора. Теория Бора атома водорода и водородоподобных ионов	26
86	Квантовые числа. Пространственное квантование	26
87	Принцип Паули. Многоэлектронные атомы. Периодический закон Менделеева	26
88	Зонная теория твердых тел. Металлы, диэлектрики. Полупроводники. Проводимости p и n типов	28
89	Уровень Ферми. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. p-n переход	28
90	Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры. Трех и четырехуровневая схема лазерной генерации.	28
91	Строение атомного ядра. Энергия связи нуклонов в ядре. Изотопы	29
92	Дефект массы. Удельная энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы	29
93	Модели ядра	29
94	Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада	29
95	Ядерные реакции. Цепная реакция на медленных нейтронах	30
96	Ядерный реактор	30
97	Термоядерная реакция	30
98	Взаимодействие радиоактивного излучения с веществом. Биологическое действие радиоактивного излучения	30
99	Классификация элементарных частиц. Понятие о стандартной модели	30
100	Кварковая модель ядра	30