

Министерство образования республики Беларусь

Могилёвский государственный университет
имени А.А. Кулешова

**Методические указания и
контрольные задания по физике
для слушателей заочных
подготовительных курсов**

**Могилёв
1998**

Министерство образования республики Беларусь

Могилёвский государственный университет
имени А.А. Кулешова

**Методические указания и
контрольные задания по физике
для слушателей заочных
подготовительных курсов**

**Могилёв
1998**

Герасимова Т.Ю. Методические указания и контрольные задания по физике для слушателей заочных подготовительных курсов. – Могилёв, 1998 г. – 40 с.

Данные методические указания составлены в соответствии с программой по физике для поступающих в вузы и позволяют подготовиться к вступительным экзаменам слушателям заочных подготовительных курсов.

Методические указания содержат 7 контрольных заданий по физике.

Рекомендовано к изданию кафедрой общей физики,
протокол № 10 от 5 июня 1998 г.

Рецензент: Жарина Л.В.

Подписано к печати 30.06.98. Заказ № 57
Тираж 50 Объём 2.5 усл. печ. листов

Издательство Могилёвского государственного университета
им. А.А. Кулешова
Лаборатория оперативной полиграфии, МГУ им. А.А. Кулешова,
г. Могилёв, ул. Космонавтов, 1

Введение

Для успешной подготовки к вступительным экзаменам по физике необходимо, организовать учебную работу так, чтобы в течение учебного года целенаправленно, систематически и последовательно изучался теоретический курс и решались соответствующие задачи.

Работа по повторению начинается с изучения вопросов программы вступительных экзаменов и ознакомлению с содержанием учебного материала в учебниках и учебных пособиях для поступающих в вузы, составлению краткого конспекта по вопросу и решению контрольных заданий.

К решению и оформлению задач контрольных заданий предъявляются следующие требования.

1. Каждая контрольная работа должна выполняться в отдельной тетради. На обложке тетради указывается название предмета и номер контрольного задания, а так же фамилия, имя, отчество слушателя, место учёбы, домашний адрес.
2. Каждая задача контрольного задания оформляется следующим образом. Сначала записывается полное условие задачи, затем краткое условие, в котором осуществляется перевод данных в СИ. Делается схематический чертёж, на который наносятся данные условия задачи. Прежде чем записать основные законы и формулы, нужно обосновать возможность их применения. Решение каждой задачи выполняется в общем виде. Затем в полученную формулу подставляют числовые значения и вычисляют искомую величину.
3. После решения каждой задачи необходимо оставить достаточно места для записи замечаний преподавателя.
4. При получении от преподавателя незначенной работы её необходимо доработать и выслать повторно в течение трёх дней.

Кинематика

Основные формулы

$$\left. \begin{array}{l} \vec{r} = \vec{r}(t) \\ x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \\ S_x = S_x(t) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{— векторное} \\ \text{— скалярные} \end{array} \rightarrow \text{кинематические уравнения движения точки}$$

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t} \text{ — средняя скорость движения точки}$$

$$v_{\text{ср}x} = \frac{\Delta S_x}{\Delta t} \text{ — проекция средней скорости на ось } x$$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t} = \vec{S}' \text{ — мгновенная скорость движения точки}$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \text{ — ускорение тела}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \text{ — закон сложения скоростей в ИСО}$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{S} = \vec{v}t \\ S_x = v_x t \\ v = \text{const} \\ a = 0 \\ x = x_0 + v_x t \end{array} \right\} \text{— уравнения равномерного движения тела}$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \\ v_x = v_{0x} + a_x t \\ \vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \\ a = \text{const} \\ S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x} \end{array} \right\} \text{— уравнения равнопеременного движения тела}$$

$$\left. \begin{aligned} g &= G \frac{M}{(R+H)^2} \\ t &= \frac{v_0}{g} \\ v &= \sqrt{2gh} \\ h_{\max} &= \frac{v_0^2}{2g} \\ t &= \sqrt{\frac{2H}{g}} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{-- уравнения, описывающие свободное падение тел,} \\ \text{где } g = 9.81 \frac{M}{c^2}, G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{\kappa^2} \end{array}$$

$$\left. \begin{aligned} x_{\max} &= v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ t &= \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ x &= v_0 t \\ y &= H - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{-- уравнения, описывающие движение тела брошенно-} \\ \text{го горизонтально} \end{array}$$

$$\left. \begin{aligned} t_{\text{mod}} &= \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \\ h &= \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \\ S &= \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{-- уравнения, описывающие движение тела брошенного} \\ \text{под углом к горизонту} \end{array}$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$a = \omega^2 R$$

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$\omega = 2\pi \nu$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{t}{N}$$

$$v = \frac{N}{t}$$

— уравнения равномерного движения тела по окружности

Методические рекомендации по решению задач

1. Сделать схематический чертёж, на котором изобразить систему отчёта, указать траекторию движения тела, основные кинематические величины. Начало системы координат совместить с движущейся точкой в момент времени $t = 0$. При выборе направлений координат учитывать направления векторов скорости и ускорения.

2. Составить систему уравнений на основании законов движения в векторном виде для всех тел, а затем в скалярной форме, спроектировав векторные уравнения на соответствующие координатные оси.

3. Если необходимо, дополнить полученную систему уравнений на основе конкретных условий задачи.

4. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины в общем виде.

5. Произвести числовые расчёты, проанализировать полученный результат.

Графический метод:

1. Проанализировать данный график и установить характер движения тела.

2. Записать соответствующие кинематические уравнения с учётом условий задачи.

3. Найти искомую зависимость и, исследовав её, построить необходимый график.

Контрольная работа №1

1. Человек бежит по эскалатору. В первый раз он насчитал $n_1 = 50$ ступенек, во второй раз, двигаясь в ту же сторону со скоростью втрое большей, он насчитал $n_2 = 75$ ступенек. Сколько ступенек он насчитал бы на неподвижном эскалаторе?

Ответ: $n = \frac{2n_1n_2}{3n_1 - n_2}$, $n = 100$.

2. С какой скоростью v и по какому курсу должен двигаться самолёт, чтобы за 2 часа пролететь точно на север путь 300 км, если во время полёта дует северо-западный ветер под углом 30° к меридиану со скоростью 27 км/ч?

Ответ: $v = 174$ км/ч, $\varphi \approx 5^\circ$.

3. Поезд первую половину пути шёл со скоростью в 1.5 раза больше скорости на второй половине пути. Средняя скорость поезда на всём пути была равна 43.2 км/ч. Каковы скорости поезда на первой и второй половинах пути?

Ответ: $v_1 = 54$ км/ч, $v_2 = 36$ км/ч.

4. Движение материальной точки задано уравнениями $x = 2 + t$; $y = 1 + 2t$. Написать уравнение траектории $y = y(x)$, построить траекторию на плоскости XOY. Найти координаты точки при $t = 0$, скорость её движения и направление скорости по отношению к оси OX.

Ответ: $y(x) = -3 + 2x$; 2 м, 1 м; $v = 2.24$ м/с; $\varphi = 64^\circ$.

5. Шарик брошенный вверх по наклонной плоскости, проходит последовательно два равных отрезка длиной l каждый и продолжает двигаться дальше. Первый отрезок шарик прошел за t секунд, второй – за $3t$ секунд. Какова скорость шарика в конце первого отрезка пути?

Ответ: $v = \frac{5l}{6t}$.

6. Два тела брошены вертикально вверх из одной точки, одно вслед за другим с интервалом времени $\tau = 2$ с. Начальная скорость обоих тел одинакова и равна 50 м/с. Через какое время и на какой высоте встретятся тела?

Ответ: $t = \frac{v_0}{g} + \frac{\tau}{2}$; $t = 6$ с; $h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g\tau^2}{8}$; $h = 120$ м.

7. С каким промежутком времени оторвались от карниза две капли, если спустя две секунды после начала падения второй капли расстояние между каплями было 25 м. Трением о воздух пренебречь.

Ответ: $\tau = 1$ с.

8. Из одной точки одновременно бросают два тела под углами $\alpha_1 = 60^\circ$ и $\alpha_2 = 45^\circ$ к горизонту с начальными скоростями $v_1 = 40 \text{ м/с}$ и $v_2 = 50 \text{ м/с}$. Траектории тел лежат в одной плоскости. На каком расстоянии друг от друга будут находиться тела через $t_1 = 3 \text{ с}$? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: $S = 46 \text{ м}$.

9. Тело брошено со скоростью v_0 под углом α к наклонной плоскости, которая образует с горизонтом угол β . Определить время полёта и максимальное удаление тела от наклонной плоскости.

Ответ: $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g \sin \beta}$; $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g \cos \beta}$.

10. Найти радиус вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше линейной скорости точки, лежащей на 5 см ближе к оси колеса.

Ответ: $R \approx 8 \text{ см}$.

Основы динамики и законы сохранения

Основные формулы

$m = \rho V$ — масса однородного тела

$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ — II закон Ньютона

$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ — III закон Ньютона

$F_{\text{упр}x} = -kx$ — закон Гука

$F_{\text{тр}} = \mu N$ — сила трения

$F = G \frac{Mm}{r^2}$ — закон всемирного тяготения

$\vec{F} = m\vec{g}$ — сила тяжести

$P = m(a \pm g)$ — вес тела

$v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$ — первая космическая скорость

$v = \sqrt{gR}$ — первая космическая скорость у поверхности планеты

$\vec{p} = m\vec{v}$ — импульс тела

$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$ – II закон Ньютона

$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2 + \dots + m_n\vec{v}'_n$ – закон сохранения импульса

$A = FS \cos \alpha$ – работа постоянной силы F

$A = mg(h_2 - h_1)$ – работа силы тяжести

$A = k\left(\frac{x_1^2}{2} - \frac{x_2^2}{2}\right)$ – работа силы упругости

$A = -F_{тр} \Delta x$ – работа силы трения

$N = \frac{A}{t}$, $N = Fv \cos \alpha$ – мощность, развиваемая постоянной силой F

$W_K = \frac{mv^2}{2}$ – кинетическая энергия

$A = \Delta W_K$ – теорема о кинетической энергии

$W_n = mgh$ – потенциальная энергия

$W_n = \frac{kx^2}{2}$ – потенциальная энергия упруго деформированного тела

$W = W_K + W_n$ – полная механическая энергия

$W_K + W_n = const$
 $\left. \begin{array}{l} \\ \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 \end{array} \right\}$ – законы сохранения механической энергии, замкнутой системы

$\Delta W = A + A_{тр}$ – закон сохранения механической энергии в незамкнутой системе, где A – работа внешних сил, $A_{тр}$ – работа сил трения

Методические рекомендации по решению задач

Задачи на второй закон Ньютона:

1. Выяснить с какими телами взаимодействует данное тело.
2. Сделать схематический рисунок, изобразить все силы, действующие на каждое тело рассматриваемой системы.
3. Выбрать систему координат XOY таким образом, чтобы одна из осей совпадала с направлением ускорения тела.
4. Записать второй закон Ньютона в векторной форме для каждого тела в

отдельности: $m\vec{a} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$

5. Спроектировать данное векторное уравнение на оси OX и OY .

6. Дополнить, при необходимости, систему кинематическими уравнениями.
7. Решить полученную систему в общем виде относительно неизвестных величин.
8. Подставить числовые данные в расчётную формулу и вычислить её.
9. Проанализировать полученный результат.

Задачи на закон сохранения импульса:

1. Сделать схематический рисунок, указав, какие тела входят в рассматриваемую систему. Изобразить все векторы скоростей до и после взаимодействия.

2.

1. Выяснить является ли система замкнутой:

а) внешние силы взаимно уравновешивают друг друга;

б) время взаимодействия мало (взрыв, выстрел, удар и т. д.). Записать

закон сохранения импульса: $\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$;

2. если система не замкнута, но есть такое направление, что проекция суммы всех внешних сил на это направление равна нулю, то закон сохранения импульса записывается так:

$\sum_{i=1}^n p_{ik} = const$

3. если система не замкнута, то: $\vec{F}\Delta t = \Delta \vec{p}$

3. Выбрать систему координат.

4. Спроектировать записанные уравнения на оси координат.

5. Если число неизвестных больше числа составленных уравнений, то необходимо дополнить систему кинематическими и динамическими уравнениями.

6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

Задачи на закон сохранения энергии:

1. Сделать схематический рисунок, указав на нём начальное и конечное положение тела.

2. Выбрать нулевой уровень отсчёта потенциальной энергии.

3. Изобразить на рисунке силы, действующие на тело, скорости тел и высоты, координаты тела, характеризующие начальное и конечное положения.

4. а) Если система замкнута и в ней действуют только консервативные силы, то записывают закон сохранения энергии: $W_{K1} + W_{P1} = W_{K2} + W_{P2}$

б) Если система замкнута и в ней действовали силы трения, то записывают закон сохранения: $(W_{K1} + W_{P1}) - (W_{K2} + W_{P2}) = A_{TP}$

в) Если система незамкнута и внешние силы совершают работу, то записывают закон сохранения: $(W_{K1} + W_{P1}) - (W_{K2} + W_{P2}) = A_{TP} + A$

5. Если число неизвестных больше числа составленных уравнений, то необходимо дополнить систему уравнениями, составленными на основе второго закона Ньютона, закона сохранения импульса, кинематическими уравнениями.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

Задачи на расчёт работы постоянной силы:

1. Сделать рисунок. Указать силы, приложенные к телу, вектор перемещения, угол между векторами \vec{F} и \vec{S} . Выбрать систему координат.
2. Записать исходную формулу работы.
3. Если сила не задана, найти её из второго закона Ньютона.
4. Если неизвестно перемещение, найти его из кинематических уравнений.
5. Подставить полученные значения силы и перемещения в формулу для работы, найти искомую величину.

Задачи на расчёт мощности:

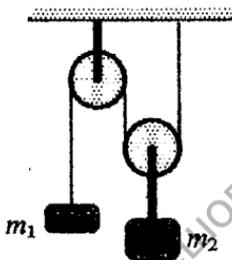
1. Выяснить, какую мощность надо найти: среднюю или мгновенную.
2. Записать формулу для расчёта мощности
 1. $N = \frac{A}{t}$ – позволяет рассчитать среднюю мощность
 2. $N = Fv \cos \alpha$
 $N = Fv$ } – позволяет рассчитать среднюю и мгновенную мощность
3. Из второго закона Ньютона найти силу тяги, сделав предварительно рисунок с указанием всех сил, действующих на тело, а также выбрав систему координат.
4. Из законов кинематики определить среднюю или мгновенную скорости, если они не заданы в условии задачи.
5. Подставить полученные значения силы и скорости в формулу для расчёта мощности. Найти искомую величину.

Контрольная работа № 2

1. Найти ускорения a_1 и a_2 тел массами m_1 и m_2 и силу натяжения нити в системе, приведенной на рисунке. Трение не учитывать. Массой блоков и нити пренебречь.

$$\text{Ответ: } a_1 = 2 \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2}, \quad a_2 = \frac{a_1}{2},$$

$$T_1 = \frac{3m_1 m_2 g}{4m_1 + m_2}$$



2. Через неподвижный блок перекинута веревка, к одному концу которой привязан груз массой 64 кг. На втором конце веревки повис человек массой 65 кг, который выбирая веревку, поднимает груз и остается на одном и том же расстоянии от пола. За какое время груз будет поднят на высоту 3 м? Массу веревки и блока не учитывать.

$$\text{Ответ: } t = \sqrt{\frac{2m_1 h}{g(m_2 - m_1)}}, \quad t = 6.3 \text{ с}$$

3. К грузу массой 7 кг подвешен на веревке груз массой 5 кг. Определить модуль силы натяжения середины веревки, если всю систему поднимать вертикально вверх с силой 240 Н, приложенной к большему грузу. Веревка однородная, её масса равна 4 кг.

$$\text{Ответ: } F = 105 \text{ Н}$$

4. Ледяная горка образует с горизонтом угол 10° . По ней пускают вверх камень, который поднявшись на некоторую высоту, движется вниз по тому же пути. Чему равен коэффициент трения, если время подъема в $n = 2$ раза меньше времени спуска.

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} \operatorname{tg} \alpha, \quad \mu = 0.1$$

5. Человек стоит на краю круглой горизонтальной платформы радиусом $R = 4 \text{ м}$. С какой частотой должна вращаться платформа вокруг вертикальной оси, чтобы человек не мог удержаться на ней при коэффициенте трения 0.27?

$$\text{Ответ: } \nu \geq \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu g}{R}}, \quad \nu \geq 0.13 \text{ Гц}$$

6. Диаметр астероида $5 \cdot 10^3 \text{ м}$. Считая, что плотность вещества астероида составляет $5.5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, найти на его поверхности силу тяжести человека массой 70 кг. Определить, на какую высоту поднялся бы человек, находящийся на астероиде, прыгнув с ускорением, достаточным для прыжка на высоту 0.5 м на поверхности Земли.

Ответ: $F = 0.27 \text{ Н}$, $h = 1.28 \cdot 10^3 \text{ м}$

7. Человек, сидящий в лодке, бросает камень вдоль неё под углом 60° к горизонту. Масса камня 1 кг , масса человека и лодки 150 кг , начальная скорость относительно берега 10 м/с . Найти расстояние между точкой падения и лодкой в момент, когда камень коснулся воды.

Ответ: $S = 8.89 \text{ м}$

8. Человек массой 60 кг за 15 сек переходит с кормы на нос первоначально покоившейся лодки длиной 5 м и массой 100 кг . Найти скорость, которую в результате этого приобретёт лодка, если сопротивлением воды можно пренебречь.

Ответ: $U = 0.125 \text{ м/с}$

9. К лежащему на горизонтальной поверхности бруску массой 12 кг прикреплена пружина жёсткостью 300 Н/м . Коэффициент трения между бруском и поверхностью 0.4 . К свободному концу пружины приложена сила под углом 30° к горизонту, под действием которой груз равномерно перемещается на расстояние 4 м . Определить совершённую работу.

Ответ: $A \approx 159 \text{ Дж}$

10. Пуля массой m , летящая горизонтально, упруго отражается от поверхности клина массой M и взлетает вертикально вверх на некоторую высоту. Горизонтальная скорость клина после удара v . Найти высоту подъёма пули.

Ответ: $h = \frac{Mv^2}{2mg} \left(\frac{M}{m} - 1 \right)$

11. Небольшое тело соскальзывает вниз по наклонному желобу переходящему в мёртвую петлю радиуса R . С какой высоты должно начать двигаться тело, чтобы не оторваться от петли в верхней части траектории?

Ответ: $H \geq \frac{5}{2} R$

Молекулярная физика и термодинамика

Основные формулы

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_a} = \frac{V}{V_a} \text{ — количество вещества}$$

$$m_0 = \frac{\mu}{N_a} \text{ — масса молекулы}$$

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 = \frac{2}{3} n_0 \bar{E} \text{ — основное уравнение МКТ}$$

$$p = nkT = n \frac{R}{N_a} T \text{ — давление газа}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \text{ — средняя арифметическая скорость молекул газа}$$

$$\bar{v}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \text{ — средняя квадратичная скорость молекул газа}$$

$$W = \frac{3}{2} kT \text{ — средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул}$$

$$pV = \text{const} \text{ при } m = \text{const} \text{ и } T = \text{const} \text{ — закон Бойля-Мариотта}$$

$$\frac{p}{T} = \text{const} \text{ при } m = \text{const} \text{ и } V = \text{const} \text{ — закон Шарля}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const} \text{ при } m = \text{const} \text{ и } p = \text{const} \text{ — закон Гей-Люссака}$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \text{ при } m = \text{const} \text{ — объединённый газовый закон}$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \text{ — уравнение Менделеева-Клапейрона}$$

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n \text{ — закон Дальтона}$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT \text{ — внутренняя энергия одноатомного идеального газа}$$

$$Q = cm\Delta t \text{ — количество теплоты, необходимое для нагревания тела}$$

$$\left. \begin{aligned} Q &= \lambda m \\ Q &= Lm \\ Q &= gm \end{aligned} \right\} \text{ — количество теплоты, необходимое для изменения агрегатного состояния вещества}$$

$A = p\Delta V = \frac{m}{\mu} R\Delta T$ – работа газа при изобарическом процессе

$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ – работа газа при изотермическом процессе

$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q$
 $Q = \Delta U + A$ } – первый закон термодинамики

$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A_{\text{л}}}{Q_1}$ – КПД теплового двигателя

$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ – КПД идеального теплового двигателя

$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\% = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$ – относительная влажность

Методические рекомендации по решению задач

I. Задачи на расчёт параметров состояния газа:

1. Проанализировать условие задачи, выяснив, изменяется ли состояние газа. Если задано одно состояние газа, то для нахождения искомым параметров записывают уравнение Менделеева-Клапейрона.
2. Если в задаче заданы два или несколько состояний газа, то, если возможно, делают схематический рисунок, на котором указывают основные параметры, описывающие I, II, и т.д. состояния газа.
3. Выясняют, меняется ли масса газа при переходе из одного состояния в другое. Если масса не изменяется, то используют уравнение Менделеева-Клапейрона или один из законов идеального газа.
4. Если масса газа изменяется, то для каждого состояния записывают уравнение Менделеева-Клапейрона.
5. Записать дополнительные уравнения, связывающие искомые величины или параметры состояния, используя условие задачи.
6. Если в задаче рассматривается процесс смешивания газов, находящихся в разных сосудах или отделённых друг от друга поршнями или перегородками, то пункты 3 – 5 применяют для каждого газа отдельно.
7. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.
8. Подставив числовые значения, найти искомую величину. Проанализировать полученные результаты.

II. Графический метод

1. Нарисовать физические зависимости процессов, указанных в условии задачи, в соответствующих координатных осях;
2. Проанализировать полученные семейства кривых, условия перехода из одного равновесного состояния в другое;
3. Если необходимо, на основе заданного, построить новые графические зависимости исследуемых процессов;
4. Найти, если необходимо, используя графики, искомые величины.

III. Основы термодинамики:

1. Выяснить, что является причиной изменения внутренней энергии тел системы, которые входят в рассматриваемую термодинамическую систему.
2. Если система адиабатически изолирована и замкнута, установить, у каких тел системы внутренняя энергия увеличивается или уменьшается, обратив внимание на наличие переходов из одного состояния в другое. Изобразить графически.
3. Составить уравнение теплового баланса (частный случай первого закона термодинамики): $\sum_{i=1}^n Q_i = 0$ или $\sum_{i=1}^n \Delta U_i = 0$. При этом помнить, что в этой сумме слагаемые, соответствующие плавлению или парообразованию, берут со знаком «+», а слагаемые соответствующие кристаллизации или конденсации со знаком «-».
4. Если при взаимодействии 2-х тел внутренняя энергия изменяется за счёт работы, то необходимо установить, что является причиной изменения энергии.
5. Записать первый закон термодинамики, который при отсутствии подвода теплоты имеет вид: $\Delta U = A_{\text{вн}}$.
6. Учесть КПД процесса в уравнениях $\eta \Delta U + A = 0$ или $\Delta U = \eta A_{\text{вн}}$, при этом работа, совершаемая газом, зависит от того, какой из параметров остается неизменным (p , V , T или $\Delta Q = 0$).
7. Для задач, в которых при взаимодействии 3-х и более тел происходит теплообмен с окружающей средой и совершается механическая работа, первый закон термодинамики записывают в общем виде: $\Delta U = A_{\text{вн}} + Q$ или $Q = \Delta U + A$.
8. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.
9. Подставив числовые значения, найти значение величины. Проверить размерность.

Контрольная работа № 3

1. На пути молекулярного пучка стоит „зеркальная” стенка. Найти давление, испытываемое этой стенкой, если скорость молекул в пучке 10^3 м/с, концентрация $5 \cdot 10^{17}$ $1/м^3$, масса $3.32 \cdot 10^{-27}$ кг. Рассмотреть случаи:

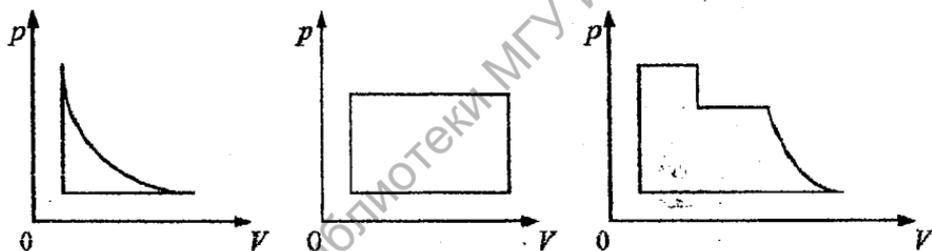
1. стенка расположена перпендикулярно скорости пучка и неподвижна;
2. пучок движется по направлению, составляющему со стенкой угол 45° ;
3. стенка движется навстречу пучку со скоростью 50 м/с

Ответ: 1) $p \approx 3.3 \cdot 10^{-3}$ Па, 2) $p \approx 2.4 \cdot 10^{-3}$ Па, 3) $p \approx 3.7 \cdot 10^{-3}$ Па

2. После того, как в комнате протопили печь, температура поднялась с 15° до 27° С. На сколько уменьшилось число молекул в воздухе.

Ответ: $\frac{\Delta N}{N} = 4\%$

3. Изобразить процесс изменения состояния идеального газа, представленный на рисунке, в координатах (p, T) , (V, T) .



4. Вертикальный цилиндр, закрытый с обеих сторон, разделён тяжёлым теплонепроницаемым поршнем на две части, в которых находится одинаковое количество воздуха. При температуре 300 К давление в нижней части сосуда в 2 раза больше, чем в верхней. До какой температуры нужно нагреть воздух в нижней части цилиндра, чтобы поршень оказался на середине цилиндра?

Ответ: $T_2 = 525$ К

5. Три баллона ёмкостями 3 л, 7 л, 5 л наполнены соответственно кислородом ($p_1 = 2 \cdot 10^5$ Па), азотом ($p_2 = 3 \cdot 10^5$ Па) и углекислым газом ($p_3 = 6 \cdot 10^5$ Па) при одной и той же температуре. Баллоны соединяют между собой, причём, образуется смесь той же температуры. Каково давление смеси?

Ответ: $p = 3.8 \cdot 10^5$ Па

6. Вычислить конечные температуру и давление одноатомного газа, находящегося в баллоне объёмом 1.5 м³ при температуре 300 К и давлении

нии $1.8 \cdot 10^5$ Па, если этому газу сообщено количество теплоты, равное $5.4 \cdot 10^4$ Дж.

Ответ: $T = 340$ К, $p = 204$ кПа

7. Тело массой 1 кг скользит по наклонной плоскости длиной 21 м, которая образует с горизонтом угол 30° . Скорость тела у основания наклонной плоскости равна 4.1 м/с. Вычислить количество теплоты, выделившееся при трении тела о плоскость, если начальная скорость тела равна нулю.

Ответ: $Q = 94.7$ Дж

8. Два свинцовых шара массами 0.4 кг и 0.2 кг движутся по гладкому столу навстречу друг другу со скоростями 2 м/с и 6 м/с. На сколько повысится температура шаров при центральном неупругом ударе? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Ответ: $\Delta T = 0.055$ К

9. В бак, содержащий воду массой 10 кг при температуре 20°C , бросили кусок железа массой 2 кг, нагретый до температуры 500°C . При этом некоторое количество воды превратилось в пар. Конечная температура, установившаяся в баке, равна 24°C . Определить массу воды, превратившейся в пар.

Ответ: $m = 0.495$ кг

10. На электроплитке с КПД 78 % нагрелась медная кастрюля с водой. Масса кастрюли 800 г, масса воды в кастрюле 2.1 кг. Какова мощность электроплитки, если процесс нагревания до кипения длится 40 мин, и при этом 15 % воды испарилось? Начальная температура воды 15°C .

Ответ: $N = 795$ Вт

Электричество

Основные формулы

$q = eN$ – заряд тела (частицы)

$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$ – Закон Кулона, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const$ – закон сохранения электрического заряда

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{np}}$ – напряжённость электрического поля

$\epsilon = \frac{E_0}{E}$ – диэлектрическая проницаемость среды

$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$ – напряжённость электрического поля точечного заряда в некоторой точке

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$ – принцип суперпозиции полей

$\varphi = \frac{W}{q}$ – потенциал электростатического поля

$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$ – потенциал поля точечного заряда

$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$ – работа электрического поля по перемещению заряда между двумя точками поля

$\Delta\varphi = \Delta dE$ – связь разности потенциалов электростатического поля с напряжённостью

$C = \frac{q}{\varphi}$ – электроёмкость уединённого проводника

$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U}$ – электроёмкость конденсатора

$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$ – ёмкость плоского конденсатора

$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$ – ёмкость шара

$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$ – электроёмкость батареи конденсаторов при параллельном соединении

$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$ – электроёмкость батареи конденсаторов при последовательном соединении

$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$ – энергия электрического поля плоского конденсатора

$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$ – объёмная плотность энергии электростатического поля

$\epsilon = \frac{A_{ст}}{q}$ – электродвижущая сила источника

$I = \frac{q}{t}$ – сила тока в проводнике

$I = nevS$ – сила постоянного тока

$I = \frac{U}{R}$ – закон Ома

$R = R_0(1 + \alpha t)$ – зависимость сопротивления проводника от температуры

$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ – зависимость удельного сопротивления проводника от температуры

$R = \rho \frac{l}{S}$ — сопротивление проводника

$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ — закон Ома для полной цепи

$I = \frac{n\mathcal{E}}{R+nr}$ — сила тока в цепи, замкнутой на батарею n одинаковых источников, соединённых последовательно

$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}$ — сила тока в цепи, замкнутой на батарею n одинаковых источников, соединённых параллельно

$A = qU = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$ — работа тока на участке цепи

$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ — мощность тока на участке цепи

$A = q\mathcal{E} = \mathcal{E}It = \frac{\mathcal{E}^2 t}{R+r} = I^2 (R+r)t$ — работа источника тока в замкнутой цепи

$P = \mathcal{E}I = \frac{\mathcal{E}^2}{R+r} = I^2 (R+r)$ — мощность источника тока

$\eta = \frac{A_n}{A_s} = \frac{P_{\text{внешн}}}{P_{\text{полн}}} = \frac{U}{\mathcal{E}} = \frac{R}{R+r}$ — КПД источника тока

$m = kq = kIt = \frac{1}{F} \cdot \frac{\mu}{n} It$ — закон Фарадея, где F — постоянная Фарадея,

$F = 96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$

$A_i = e\varphi_i$ — работа ионизации

Методические рекомендации по решению задач

При решении задач:

I. На закон Кулона:

1. Проанализировать условие задачи, сделать рисунок с изображением взаимодействующих зарядов, убедиться в том, что взаимодействующие тела можно рассматривать как точечные.
2. Указать на рисунке все силы, действующие на каждое тело, выбрать систему координат.
3. На основании второго закона Ньютона описать состояние каждого заряженного тела.
4. Спроектировать каждое полученное векторное уравнение на выбранные оси координат.

5. Если по условию задачи заряды соприкасаются и необходимо найти величины зарядов после соприкосновения, то пользуются законом сохранения электрического заряда.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестных величин.
7. Найти числовые значения искомых величин, подставив в полученные формулы данные условия и табличные величины.

II. Задачи на расчёт характеристик электростатического поля (напряжённость, потенциал, разность потенциалов):

1. Установить источники электростатического поля, указать их параметры, используя правила проведения силовых линий и эквипотенциальных поверхностей.
2. Описать математически зависимость рассматриваемых характеристик от заряда и расстояния до источника поля.
3. Применяя принцип суперпозиции, найти искомые значения каждой из характеристик результирующего электростатического поля.

III. Задачи на движение заряженных частиц в электрическом поле:

1. Указать все силы, действующие на заряженную частицу, выбрать систему координат.
2. Записать второй закон Ньютона в векторной форме для описания поведения частицы в поле.
3. Спроектировать полученное уравнение на соответствующие оси координат.
4. Дополнить полученную систему уравнений необходимыми уравнениями кинематики и решить её относительно неизвестной величины.
5. Найти числовое значение искомой величины.

IV. Задачи на изучение закономерностей соединения конденсаторов

V. Исследование энергетических превращений, происходящих в системе, содержащей конденсаторы

VI. Определение конкретных характеристик конденсатора или системы конденсаторов

1. Выполнить рисунок, на котором указать характер соединения конденсаторов, их параметры.
2. В зависимости от требования задачи, записать:
 - а) основные формулы, устанавливающие закономерности соединения конденсаторов и из них выразить искомую величину;
 - б) закон сохранения электрического заряда, закон сохранения и превращения энергии;

в) формулы зависимости электроёмкости конденсатора от размеров, особенностей диэлектриков, взаимного расположения.

3. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины, найти её числовое значение.

VII. При решении задач на законы постоянного тока необходимо:

1. Сделать рисунок с изображением элементов цепи, указать направление тока, проходящего через каждый элемент (**помнить!** между точками равного потенциала ток не течёт).
2. Если соединение смешанное, то необходимо выделить участки последовательного и параллельного соединения проводников, нарисовать эквивалентные схемы.
3. Амперметр и вольтметр учитываются и описываются в цепи так же, как последовательное и параллельное соединение проводников.
4. Записать основные формулы, выражающие закономерности последовательного и параллельного соединения проводников, если нужно, применить закон Ома.
5. Если в задаче необходимо рассчитать работу, мощность тока, то нужно выяснить о какой работе (мощности) – полной или полезной – идёт речь и использовать соответствующие закономерности.
6. Если надо сравнить количества теплоты, выделяемые в разных проводниках, то прежде чем записывать формулу, необходимо установить, какая из величин I или U остаётся постоянной.
7. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины, найти её числовые значения.

Контрольная работа № 4

1. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин. Какова должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же? Диэлектрическая проницаемость керосина 2.

Ответ: $\rho = 1600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

2. В вершинах квадрата находятся одинаковые положительные заряды q . Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре, чтобы система была в равновесии.

Ответ: $q_1 = \frac{q \cdot (2\sqrt{2} + 1)}{4}$ Кл

3. Никелевый шар диаметром 1 см и зарядом $1 \cdot 10^{-8}$ Кл помещён в масло. Определить напряжённость поля, в котором находится система, если шар неподвижно висит в масле.

Ответ: $E = 4 \cdot 10^3$ В/м

4. Электрон, летящий из бесконечности со скоростью 10^6 м/с, остановился на расстоянии 0,8 м от поверхности отрицательно заряженного шара радиусом 4 см. Определить потенциал шара.

Ответ: $\varphi = 60$ В

5. В однородном электростатическом поле, вектор напряжённости которого направлен вверх, равномерно вращается шарик массой 100 г с положительным зарядом $5 \cdot 10^{-7}$ Кл, подвешенный на нити длиной 1 м. Угол отклонения нити от вертикали равен 30° . Найти силу натяжения и кинетическую энергию шарика, если напряжённость поля $2 \cdot 10^4$ В/м.

Ответ: $W_k = 0,14$ Дж, $T = 1,12$ Н

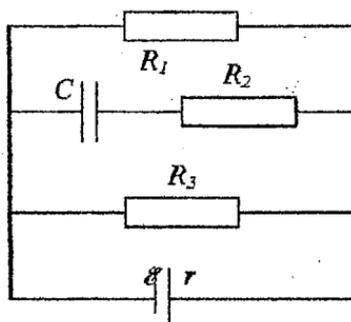
6. Пространство между обкладками плоского конденсатора наполовину заполнили диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ , во второй половине остался воздух. Во сколько раз отличается распределение энергии в диэлектрике и воздушном зазоре, а также ёмкость конденсатора в случаях „а” и „б”?



Ответ: а) $\frac{W_1}{W_2} = \epsilon$, б) $\frac{W_1}{W_2} = \frac{1}{\epsilon}$, $\frac{C_a}{C_b} = \frac{(\epsilon + 1)^2}{4\epsilon}$

7. Определить заряд конденсатора, включённого в схему. Ёмкость конденсатора 1 пФ, $\epsilon = 6$ В, внутреннее сопротивление 5 Ом, внешние сопротивления равны друг другу и $R_1 = R_2 = R_3 = 20$ Ом.

Ответ: $q = 4 \cdot 10^{-12}$ Кл



8. Вольтметр, подключенный последовательно с сопротивлением 70 Ом, показывает напряжение 100 В при напряжении в сети 240 В. Что пока-

жет этот вольтметр, если его включить последовательно с сопротивлением 10 Ом в ту же сеть?

Ответ: $U = 200$ В

9. Нагреватель электрического чайника имеет две обмотки. При включении одной из них вода закипает за время $t_1 = 20$ мин, при включении другой за – время $t_2 = 35$ мин. Через сколько времени закипает вода, если включить обе обмотки последовательно? параллельно?

Ответ: $t_3 = 55$ мин, $t_4 \approx 12.7$ мин

10. Определить сопротивление подводящих проводов от источника напряжения 120 В, если при коротком замыкании предохранитель из свинцовой проволоки с площадью поперечного сечения 1 мм^2 и длиной 2 см плавится за 0.03 с. Начальная температура предохранителя 27°C .

Ответ: $R \approx 0.4$ Ом

Магнетизм, колебания и волны

Основные формулы

$$B = \frac{M_{\max}}{IS} \text{ – индукция магнитного поля}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n \text{ – принцип суперпозиции магнитных полей}$$

$$B = \frac{\mu \mu_0 I}{2\pi r} \text{ – индукция магнитного поля прямого бесконечно длинного проводника с током}$$

$$\mu = \frac{B}{B_0} \text{ – магнитная проницаемость среды}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м – магнитная постоянная}$$

$$F_A = IBl \sin \alpha \text{ – сила Ампера}$$

$$F_L = qvB \sin \alpha \text{ – сила Лоренца}$$

$$\Phi = BS \cos \alpha \text{ – магнитный поток}$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \text{ – закон электромагнитной индукции}$$

$$\mathcal{E}_i = vBl \sin \alpha \text{ – ЭДС индукции в движущемся проводнике}$$

$$\mathcal{E}_{Cl} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \text{ – ЭДС самоиндукции}$$

$$L = \mu \mu_0 n^2 V \text{ – индуктивность соленоида}$$

$$n = \frac{N}{l} \text{ – число витков, приходящееся на единицу длины соленоида}$$

$W = \frac{LI^2}{2}$ – энергия магнитного поля проводника с током

$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ – уравнение гармонических колебаний

$T = \frac{t}{N}$ – период колебаний

$v_x = \omega A \cos(\omega t + \varphi_0)$ – скорость при гармонических колебаниях

$a_x = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x$ – ускорение при гармонических колебаниях

$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ – циклическая частота

$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$ – частота колебаний

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ – период колебаний математического маятника

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ – период колебаний пружинного маятника

$W = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$ – энергия гармонических механических колебаний

$W = \frac{m\nu^2 x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$ – полная механическая энергия маятника

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ – период собственных колебаний в контуре

$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{Q_m^2}{2C} = \frac{LI^2}{2}$ – полная энергия колебательного контура

$\lambda = \nu T$ – длина волны

$\nu = \lambda\nu = \lambda \frac{\omega}{2\pi}$ – связь между скоростью, частотой и длиной волны

$x = A \sin\omega\left(t - \frac{r}{\nu}\right)$ – уравнение плоской волны

$\nu = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ – скорость электромагнитной волны, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с

Методические рекомендации по решению задач

1. *Задачи расчётного характера о силах, действующих на проводник с током в однородном магнитном поле:*

1. Выполнить схематический чертёж, на котором указать проводник с током, направление вектора \vec{B} , отметить углы между направлением тока и вектором \vec{B} . Если проводник состоит из нескольких участков, то указанные действия провести для каждого из них.
2. Используя правило левой руки, определить направление сил поля, действующих на каждый элемент проводника, и проставить векторы этих сил на чертеже.
3. Записать выражения для сил, действующих на отдельные проводники (или вращающихся моментов, создаваемых этими силами) и найти из них искомую величину.
4. Если в задаче изучается равновесие проводника или контура с током в магнитном поле, то помимо силы Ампера, нужно указать и все остальные силы, действующие на проводник, и записать условие его равновесия $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ (или $\sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0$ для рамки с током). Получить окончательное уравнение для отыскания искомой величины.

II. Задачи на движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях:

1. Выполнить чертёж, указав на нём силовые линии магнитного и электрического поля, отметить знак заряженной частицы и направление движения.
2. Разложить вектор скорости на две составляющие: перпендикулярную и параллельную вектору \vec{B} . Это помогает представить сложное движение в виде двух более простых, что значительно упрощает решение задачи, так как вдоль магнитного поля сила Лоренца не действует.
3. Изобразить силы, действующие на заряженные частицы (обычно действие силы тяжести не учитывают).
4. Разложить силы, действующие на частицу, вдоль направления поля и перпендикулярно ему.
5. Записать второй закон Ньютона для движущейся частицы, спроектировать его на выбранные оси.
6. Подставить в основное уравнение выражения для каждой из действующих на частицу сил.
7. При необходимости добавить уравнения кинематики, решить полученную систему уравнений относительно неизвестных величин.

III. Задачи на применение закона электромагнитной индукции:

1. Установить причины изменения магнитного потока, связанного с контуром.

2. Записать закон электромагнитной индукции.
3. Записать выражение для $\Delta\Phi$.
4. Подставить выражение для $\Delta\Phi$ в исходную формулу и записать дополнительные условия.
5. Решить полученные уравнения совместно относительно искомой величины.

IV. Задачи на применение общих уравнений гармонических колебаний:

1. Записать заданное уравнение и уравнение гармонических колебаний в общем виде.
2. Сопоставив эти уравнения, определить величины, характеризующие колебания (амплитуду, период, частоту, фазу, начальную фазу, смещение), если необходимо построить график колебаний, или наоборот, по данным параметрам задачи записать уравнения колебаний.

V. Задачи о маятниках:

1. Сделать рисунок, установив начальные, конечные положения системы, а так же положение равновесия.
2. Выбрать нулевой уровень отсчёта потенциальной энергии.
3. Установить, какие превращения энергии происходят в указанных в задаче процессах.
4. Составить уравнение закона сохранения и превращения энергии.
5. Решить полученное уравнение относительно искомой величины.

VI. Задачи об электромагнитных колебаниях в колебательном контуре

решаются по такому же алгоритму как и задачи на тему «Механические колебания».

VII. Задачи, учитывающие скорость распространения волн в различных средах:

1. Определить характер волны и записать соответствующее уравнение.
2. Выяснить свойства среды, в которой распространяется волна. Важно различать мгновенную скорость колеблющейся точки $v = v_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$ и постоянную скорость волны $v = \lambda\nu$.
3. Электромагнитные волны описываются аналогично как упругие волны, однако скорость электромагнитных волн в среде $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$, где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
4. Используя общие указания к решению задач, составить систему уравнений и решить её относительно искомой величины.

Контрольная работа № 5

1. В горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией 0.01 Тл, перпендикулярно к полю расположен горизонтальный проводник, масса единицы длины которого 0.01 кг/м. Какой силы ток должен проходить по проводнику, чтобы он находился в состоянии равновесия? приобрёл за 3 с скорость 6 м/с вертикально вниз? двигался с постоянной скоростью вертикально в верх?

Ответ: 10 А, 8 А

2. Горизонтальный металлический стержень длиной 0.5 м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов с частотой 2 об/с. Определить разность потенциалов между его концами, если вертикальная составляющая магнитного поля Земли $5 \cdot 10^{-5}$ Тл.

Ответ: $\varphi = 0.08 \cdot 10^{-3}$ В

3. Отрицательно заряженная частица массой m с зарядом q влетает со скоростью v в пространство с параллельными магнитным и электрическим полями перпендикулярно к силовым линиям. По какой траектории движется частица? Найти её параметры.

Ответ: $R = \frac{mv}{Bq}$; $h = \frac{qE}{2m} T^2 (2n - 1)$; $T = \frac{2\pi m}{Bq}$

4. Однослойная катушка площадью сечения 10 см^2 , содержащая 100 витков, помещена в однородное магнитное поле с индукцией 8 мТл, параллельно линиям магнитной индукции. Сопротивление провода катушки 10 Ом. Какой заряд пройдёт по катушке, если отключить магнитное поле?

Ответ: $q = 8 \cdot 10^{-5}$ Кл

5. Уравнение колебаний материальной точки массой 10 г имеет вид $x = 0.05 \sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ м. Определить амплитуду, частоту, период, начальную фазу, а так же смещение, фазу колебаний и значение действующей силы при $t = \frac{T}{8}$ с.

Ответ: 0.05 м, 5 Гц, 0.2 с, $\frac{\pi}{4}$, 0.05 см, $\frac{\pi}{2}$, 0.49 Н

6. Определить массу тела, совершающего гармонические колебания с амплитудой 10 см, частотой 2 Гц и начальной фазой $\frac{\pi}{6}$, если полная энер-

тия $7.7 \cdot 10^{-3}$ Дж. Через сколько секунд после начала движения тела кинетическая энергия станет равной потенциальной?

Ответ: $m \approx 0.01$ кг, $t = 0.021$ с

7. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 12 мкФ и катушки. Чему равна индуктивность катушки, если при переключении конденсатора от источника напряжения 200 В на катушку сила тока в контуре равна 0.2 А, а напряжение на конденсаторе в это время 100 В? Сопротивлением контура пренебречь.

Ответ: $L = 9$ Гн

8. Контур состоит из катушки индуктивностью 28 мкГн, сопротивления 1 Ом и конденсатора ёмкостью 2222 пФ. Какую мощность должен потреблять контур, чтобы в нём поддерживались незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе 5 В?

Ответ: $P \approx 10^{-3}$ Вт

9. Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, расстояние между двумя соседними горбами волн 1.2 м. Какова скорость распространения волн?

Ответ: $v = 2.4$ м/с

10. Катушка, индуктивность которой 30 мкГн, присоединена к плоскому конденсатору. Площадь каждой пластины 100 см², расстояние между пластинами 0.1 мм. Определить диэлектрическую проницаемость среды, заполняющую пространство между обкладками конденсатора, если контур резонирует на длину волны 750 м?

Ответ: $\epsilon = 6$

Оптика

Основные формулы

$\alpha = \beta$ – закон отражения

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ – закон преломления

$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon \mu} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ – абсолютный показатель преломления

$\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1}$ – закон преломления для случая полного отражения света

$D = \frac{1}{F}$ – оптическая сила линзы

$\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F}$ – формула тонкой линзы

$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ – увеличение линзы

$L = nl$ – оптическая длина пути светового луча

$\Delta = L_2 - L_1$ – оптическая разность хода двух когерентных лучей

$\Delta = k\lambda$ – условие интерференционного максимума

$\Delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ – условие интерференционного минимума

$d \sin \varphi = n\lambda$ – условие главных максимумов дифракционной решётки

$b \sin \varphi = n\lambda$ – условие главных минимумов дифракционной решётки

$d = a + b$ – постоянная дифракционной решётки

Методические рекомендации по решению задач

I. Задачи по геометрической оптике:

1. Тщательно построить чертёж с применением линейки и карандаша, при этом выполняя следующие требования: действительные лучи изображать сплошными линиями с указанием направления и продолжения лучей – пунктирными линиями.
2. Записать математические формулы соответствующих оптических законов и формулы, определяющие оптические величины.
3. Записать вспомогательные формулы, вытекающие из геометрических построений.
4. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.

II. Задачи по теме: «Преломление света на границе раздела сред. Плоскопараллельная пластинка. Призма»:

1. Сделать чертёж, отображающий процесс, указав на нём источники света и заданные расстояния.
2. Указать ход лучей из одной среды в другую, предварительно установив, из какой среды в какую (оптически более или менее плотной в оптически более или менее плотную) переходят лучи.
3. В точке падения луча на границу раздела двух сред, там, где он преломляется, провести нормаль и отметить углы падения и преломления.
4. Записать закон преломления для каждого перехода из одной среды в другую.

5. При необходимости составить дополнительные соотношения между углами и расстояниями.
6. Решить полученную систему уравнений относительно искомых величин.
7. Вычислить искомые величины, проанализировать полученный результат.

III. Задачи на определение положения линзы, её фокусов и типа:

1. Сделать чертёж, отображающий процесс, описанный в задаче.
2. Провести прямую (луч), проходящую через положение светящейся точки и её изображения, которая пересекает главную оптическую ось в её оптическом центре.
3. Изобразить положение линзы.
4. На основании зависимости от предмета до линзы и от линзы до изображения определить, какая это линза.
5. Построив ход луча, параллельного главной оптической оси, определить положение главного фокуса.
6. Используя свойство обратимости светового луча или протяжённость OF , определить положение переднего фокуса линзы.

IV. Задачи на построение изображений в тонких линзах:

1. Изобразить линзу, провести её главную оптическую ось.
2. Проставить основные характеристики: F , $2F$, O .
3. Определить относительно главных характеристик линзы положение предмета, который описан в задаче, и изобразить его условным обозначением в виде стрелки.
4. Для любых двух точек предмета построить двумя лучами их изображение.
5. Описать полученное изображение относительно главных характеристик линзы, какова величина изображения в сравнении с предметом, какое это изображение (действительное или мнимое, прямое или перевёрнутое).

V. Задачи на построение и расчёт изображений в одиночных линзах:

1. Изобразить линзу, провести главную оптическую ось, изобразить основные характеристики: F , $2F$, O .
2. Построить изображение предмета в линзе, при этом использовать лучи, параллельные главной оптической оси (преломляясь, они проходят через главный фокус сами или своим продолжением), и лучи, идущие через оптический центр (их направление не изменяется).
3. Записать формулу тонкой линзы и формулу увеличения.
4. При необходимости составить дополнительные уравнения.

5. Решить полученную систему уравнений относительно искомых величин.
6. Вычислить искомые величины, проанализировать полученный результат.

VI. Задачи на оптические системы, состоящие из тонких линз:

1. Сделать схематический чертёж в соответствии с условием задачи, отметить на нём линзы, предметы.
2. Указать характерные точки линз и заданные расстояния.
3. Построить изображение предмета в первой линзе.
4. Используя формулу линз и формулу увеличения (если требуется определить размеры изображения даваемого системой), необходимо найти расстояние от этого изображения сначала до первой, а затем до второй линзы.
5. При этом нужно сразу же находить числовые значения этих расстояний, поскольку именно они позволяют судить о том, как то или иное изображение (предмет) расположено относительно второй линзы.
6. Считая первое изображение предметом для второй линзы, аналогично предыдущему, найти построением и расчётом положение и величину второго изображения. Точно так же рассчитывают последующие изображения, если линз несколько.

VII. Задачи по волновой оптике:

1. Интерференция света:

1. выяснить причины появления оптической разности хода между интерферирующими лучами, определить эту разность хода;
2. записать условия максимума и минимума освещённости интерференционной картины;
3. сопоставить полученные уравнения, найти из них искомую величину.

2. Дифракция света:

1. выяснить причину дифракции;
2. составить основные уравнения с учётом условий положения главных максимумов освещённости на экране;
3. при необходимости дополнить основные уравнения геометрическими соотношениями и решить относительно искомых величин.

Контрольная работа № 6

1. Луч падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом 30° . Выходящий из пластинки луч параллелен падающему. Показатель преломления стекла 1.5. Какова толщина пластинки, если смещение лучей составляет 3.88 см?

Ответ: $d = 0.2$ м

2. Монохроматический луч падает под углом 60° на боковую поверхность стеклянной равнобедренной призмы. Угол в вершине призмы 40° . На какой угол сместится луч, вышедший из призмы, если показатель преломления материала призмы 1.54?

Ответ: $\Theta = 28^\circ 54'$

3. На дне реки глубиной 2 м лежит предмет. Где будет видеть изображение этого предмета человек, луч зрения которого составляет угол 30° с перпендикуляром к поверхности воды?

Ответ: $h \approx 1.4$ м

4. Линза с фокусным расстоянием 16 см даёт резкое изображение в 2-х положениях, расстояние между которыми 60 см. Найти расстояние от предмета до экрана.

Ответ: $L = 1$ м

5. Если расстояние от предмета до линзы 36 см, то высота изображения 10 см, если расстояние – 24 см, то высота изображения – 20 см. Определить фокусное расстояние линзы.

Ответ: $F = 12$ см

6. Оптическая система состоит из двух собирающих линз с фокусными расстояниями 10 см и 5 см, находящимися на расстоянии 35 см друг от друга. Предмет находится на расстоянии 25 см от первой линзы. Определить, где находится изображение, полученное с помощью такой системы? Чему равно увеличение, даваемое этой системой?

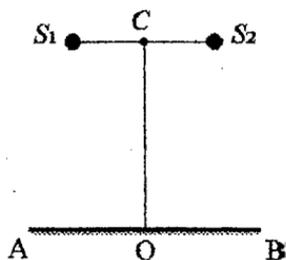
Ответ: $f_2 = 6.88$ см, $k = 0.25$

7. На призму с преломляющим углом 60° падает луч белого света под углом 45° . Определить угол между крайними лучами видимого спектра при выходе из призмы, если показатели их преломления равны 1.624 и 1.671.

Ответ: $\Theta = 7^\circ 24'$

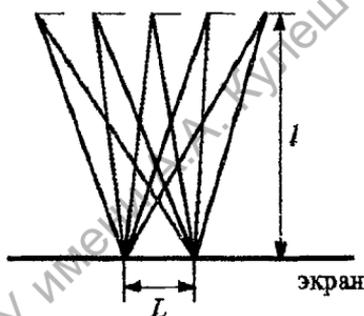
8. Расстояние на экране между двумя соседними максимумами освещённости составляет 1.2 мм. Определить длину волны света, испускаемого когерентными источниками, если $OC = 2\text{ м}$, $S_1S_2 = 1\text{ мм}$.

Ответ: $\lambda = 600\text{ нм}$



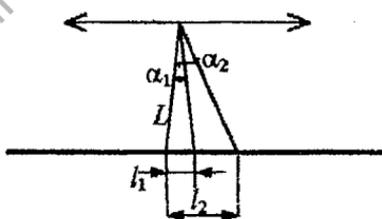
1. Определить число штрихов на 1 см дифракционной решётки, если при нормальном падении света с длиной волны 600 нм решётка даёт первый максимум на расстоянии $l = 3.3\text{ см}$ от центрального. Расстояние от решётки до экрана $L = 110\text{ см}$.

Ответ: $N = \frac{l}{m\lambda L} = 5000$



2. На дифракционную решётку с периодом $2 \cdot 10^{-6}\text{ м}$ нормально падает белый свет. Спектр проецируется на экран с помощью линзы. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 4 м. ($\lambda_{\text{кр}} = 780\text{ нм}$, $\lambda_{\text{ф}} = 400\text{ нм}$)

Ответ: $\Delta l = l_2 - l_1 = 76\text{ см}$



Атомная и ядерная физика

Основные формулы

$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ – энергия светового кванта, где

$h = 6.625 \cdot 10^{-34}\text{ Дж} \cdot \text{с}$ – постоянная Планка

$p = mc = h \frac{\nu}{c}$ – импульс фотона

$$m = \frac{h\nu}{c^2} \text{ — масса фотона}$$

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m\nu^2}{2} \text{ — уравнение Эйнштейна для фотоэффекта}$$

$$\frac{m\nu^2}{2} = eU \text{ — максимальная кинетическая энергия электрона}$$

$$\nu_{\text{кр}} = \frac{A}{h} = \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} \text{ — красная граница фотоэффекта}$$

$$p = \frac{I(1+\rho)}{c} \text{ — световое давление}$$

$$I = \frac{W}{St} \text{ — интенсивность света}$$

$$h\nu = E_2 - E_1 \text{ — энергия излучаемая или поглощаемая атомом}$$

$$m_e v_n r_n = n\hbar \text{ — условие квантования электронных орбит}$$

$$\text{где } \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1055 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \text{ — формула Бальмера}$$

$$R = 10973731 \text{ м}^{-1} \text{ — постоянная Ридберга}$$

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}} \text{ — дефект массы атомного ядра}$$

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2 \text{ — энергия связи атомного ядра}$$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t} \text{ — закон радиоактивного распада}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \text{ — период полураспада радиоактивных ядер}$$

Методические рекомендации по решению задач

I. При решении задач на световые кванты и их взаимодействие с веществом следует:

1. Проанализировать условие задачи, если, необходимо сделать рисунок, на котором отметить основные параметры взаимодействия.
2. Записать соответствующие формулы, описывающие взаимодействие, если необходимо, то воспользоваться законами сохранения энергии и импульса.
3. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.

II. При решении задач на применение постулатов Бора

использовать алгоритм решения задач по динамике.

III. При решении задач в которых рассматриваются спектры:

Использовать основные формулы, описывающие их, из которых затем находят искомую величину.

IV. При решении задач, на ядерные реакции:

1. Использовать законы сохранения: заряда ядра, массового числа, энергии и импульса.
2. Правильно записать ядерную реакцию, это делается на основании первых двух законов.
3. В реакциях с нейтронами часто возникают новые радиоактивные ядра, которые выявляют электронную, позитронную или γ -радиоактивность. При расчёте реакций в таких задачах необходимо принимать во внимание законы смещения:

- при α -распаде элемент смещается на две клетки к началу периодической системы;
- при β -распаде элемент смещается на одну клетку к концу периодической системы.

4. Энергия ядерной реакции: $Q = c^2(\sum m - \sum m')$, где $\sum m$ и $\sum m'$ – сумма масс покоя до и после ядерной реакции, $\sum m - \sum m' = \Delta m$ – дефект масс ядерной реакции.
5. При вычислении энергии реакции Q в МэВ надо подставить в формулу значения масс, выраженные в а.е.м., а коэффициент c^2 , представляющий собой квадрат скорости света в вакууме, положить равным $c^2 = 931$ МэВ/а.е.м. Тогда очевидно $Q = 931 \cdot \Delta m$. Обычно при ядерных реакциях энергия выражается величинами порядка 10 МэВ.
6. Законы сохранения энергии и импульса используются для определения кинетической энергии, скорости движения, направления разлёта продуктов реакции.

7. В законе сохранения энергии, записанном для ядерных реакций, под полной энергией подразумевается полная релятивистская энергия, определяемая соотношением: $\sum m_0 c^2 + \sum E_k = \sum m'_0 c^2 + \sum E'_k$,

где $\sum m_0 c^2$ – сумма энергий покоя частиц до реакции,

$\sum E_k$ – сумма их кинетических энергий до реакции,

$\sum m'_0 c^2$ – сумма энергий покоя частиц после реакции,

$\sum E'_k$ – сумма их кинетических энергий после реакции.

8. Так как энергия покоя даже самого лёгкого ядра – ядра водорода (протона) равна 938 МэВ, то вычисляя скорости ядер или отдельных нуклонов, их можно считать заведомо классическими в следующих случаях:

- если данные частицы – продукты ядерной реакции, вызванной столкновением медленных частиц;
- если речь идёт об определении порога реакции – наименьшей кинетической энергии бомбардирующей частицы, при которой становится возможной ядерная реакция.

Контрольная работа № 7

1. Определить задерживающее напряжение, необходимое для прекращения эмиссии электронов с фото катода, если на его поверхность падает излучение с длиной волны 400 нм, а красная граница фотоэффекта 670 нм.

Ответ: $U = 1.25 \text{ В}$

2. На уединённый никелевый шарик радиусом 0.5 см падает свет с длиной волны 250 нм. Сколько электронов покинет шарик, если на его поверхность направить дополнительное излучение с длиной волны 200 нм?

Ответ: $0.4 \cdot 10^7$

3. На поверхность металла падает поток излучения с длиной волны 360 мкм и мощностью 5 мкВт. Определить силу тока насыщения, если 5 % всех падающих фотонов выбивают из металла электроны.

Ответ: $I = 72 \text{ мкА}$

4. Видимый свет длиной волны 480 нм может вызвать расщепление молекулы газа. До какой температуры надо нагреть газ, чтобы расщепление произошло при столкновении молекул газа?

Ответ: $2 \cdot 10^3 \text{ К}$

5. Определить линейную скорость, а так же полную энергию электрона, находящегося на первой боровской орбите в атоме водорода.

Ответ: $v = \frac{ke^2}{n\hbar} = \frac{2\pi ke^2}{nh}$, $E = -\frac{k^2 e^4 m}{2n^2 \hbar^2}$

6. При переходе электрона в атоме водорода с четвёртой стационарной орбиты на вторую излучается зелёная линия водородного спектра. Определить длину волны этой линии, если при излучении атом теряет энергию 2.53 эВ.

Ответ: $\lambda = 490 \text{ нм}$

7. Какая доля радиоактивных ядер изотопа германия ${}_{32}^{68}\text{Ge}$ сохранится через 4.5 года, если период его полураспада около 9 месяцев?

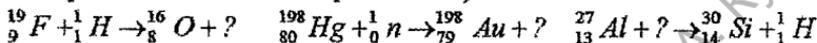
Ответ: 1.2 %

8. Ядерный реактор расходует 1 г урана в сутки. Какова электрическая мощность реактора, если при делении одного ядра урана-235 выделится энергия 200 МэВ, а КПД установки 30 %?

Ответ: 0.3 кВт

9. Найти дефект массы, энергию связи следующих ядер: ${}_{2}^{4}\text{He}$, ${}_{3}^{7}\text{Li}$, ${}_{27}^{59}\text{Co}$, ${}_{92}^{235}\text{U}$.

10. Дописать недостающие элементы в реакциях и выяснить какие они (эндотермические или экзотермические)?



Литература

1. Аксенович А.А., Жаврид С.М., Медведь И.Н. Физика. Практические занятия. – Минск: Выш. школа, 1993
2. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения. – М.: Просвещение, 1983
3. Гольдфарб Н.И. Сборник вопросов и задач по физике. М.: Выш. школа, 1983
4. Задачи по физике / Под ред. О.Я. Савченко – М.: Наука, 1988.
5. Задачи по физике для подготовительных отделений вузов / под ред. А.И. Гуци. – Минск, Вышш. школа, 1980
6. Задачи по физике для поступающих в вузы / Г.А. Бендриков, Б.Б. Буховцев, В.В. Керженцев, Г.Я. Мякишев. – М.: Наука, 1995
7. Каменецкий С.Е., Орехов В.П. Методика решения задач по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1987
8. Луцевич А.А., Равков А.В., Козел Р.Н. Решение задач по механике и молекулярной физике. – Минск: Нар. света, 1989
9. Меледин Г.В. Физика в задачах. – М.: Наука, 1989.
10. Практикум по решению задач по физике / Белый В.К., Герасимова Т.Ю., Кротов В.М. ч. I – Могилёв, 1998.
11. Практикум по решению задач по физике / Белый В.К., Герасимова Т.Ю., Кротов В.М. ч. II – Могилёв, 1997.
12. Практикум по решению задач по физике / Белый В.К., Герасимова Т.Ю., Кротов В.М. ч. III – Могилёв, 1998.
13. Савченко Н.Е. Решение задач по физике. – Минск: Выш. шк., 1988
14. Тарасов Л.В., Тарасова А.Н. Вопросы и задачи по физике. – М.: Вышш. шк., 1984.

Оглавление

Введение	3
Кинематика	4
Контрольная работа №1	7
Основы динамики и законы сохранения	8
Контрольная работа № 2	12
Молекулярная физика и термодинамика	14
Контрольная работа № 3	17
Электричество	18
Контрольная работа № 4	22
Магнетизм, колебания и волны	24
Контрольная работа № 5	28
Оптика	29
Контрольная работа № 6	33
Атомная и ядерная физика	34
Контрольная работа № 7	37
Литература	39