

Н.В. Твердова, В.Н. Петрова, Н.Л. Лебедева

**ФИЗИКА**  
**ПОДГОТОВКА К ЭКЗАМЕНУ**

Учебное пособие

Иваново

2015

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Ивановский государственный химико-технологический университет

Н.В. Твердова, В.Н. Петрова, Н.Л. Лебедева

**ФИЗИКА**  
**ПОДГОТОВКА К ЭКЗАМЕНУ**

Учебное пособие

Под редакцией Г.В. Гиричева

Иваново 2015

УДК 53

**Твердова, Н.В.**

Физика. Подготовка к экзамену: учеб. пособие / Н.В. Твердова, В.Н. Петрова, Н.Л. Лебедева; под ред. Г.В. Гиричева; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2015. –93с.

Учебное пособие содержит краткие теоретические сведения по физике и варианты тестовых заданий. Пособие является частью учебно-методического комплекса «Физика», предназначенного для самостоятельной работы и контроля знаний студентов дневной и заочной форм обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета

Рецензенты:

доктор химических наук, проф. С.Н. Иванов (ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»);

доктор химических наук, доц. С.А. Шлыков (ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

© Н.В. Твердова, В.Н. Петрова, Н.Л. Лебедева,  
2015

© ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет»,  
2015

## Предисловие

Учебное пособие «Физика. Подготовка к экзамену» является частью учебно-методического комплекса «Физика», предназначенного для самостоятельной работы студентов заочной и дневной форм обучения. Первая книга данного комплекса «Краткий курс физики: теория и задачи» (учеб. пособие, авторы Н.В. Твердова, В.Н. Петрова, Н.Л. Лебедева; под ред. Г.В. Гиричева) содержит систематизированный, доступно изложенный материал по всем разделам физики, включая примеры решения типовых задач. В учебное пособие «Физика. Подготовка к экзамену» включены тестовые задания, дополненные кратким изложением теоретических сведений по физике. Тестовые задания предназначены для оценки базовых знаний студентов на коллоквиумах, зачетах и экзаменах.

Цель учебно-методического комплекса «Физика» – облегчить самостоятельную работу студентов, способствовать развитию у них физического мышления, приобретению ими умений и навыков, необходимых для успешной деятельности на производстве.

Овладеть курсом «Физика» - это означает научиться применять фундаментальные понятия, общие законы материального мира на практике. Всякое применение общих положений физики к конкретному случаю есть решение физической задачи. Умение решать задачи является лучшим критерием при оценке усвоения теоретического материала.

Учебно-методический комплекс «Физика», включающий изложение основных теоретических понятий и законов, тестовые задания и примеры решения задач разной сложности, призван оказать реальную помощь студентам эффективно и в сжатые сроки освоить материал и успешно пройти этапы проверки знаний по дисциплине.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1. Механика

#### 1.1. Основные понятия и законы кинематики

Раздел механики, в котором изучают движение, не рассматривая причины, вызывающие тот или иной вид движения, называют *кинематикой*.

*Материальная точка* – тело, обладающее массой, размерами которого при условиях данной задачи можно пренебречь.

*Абсолютно твердое тело* – тело, деформациями которого при условиях данной задачи можно пренебречь.

*Поступательное движение* – это движение, при котором любая воображаемая прямая, жестко связанная с телом, остается параллельной самой себе.

*Вращательное движение* – это движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой осью вращения.

*Система отчета* – это система координат, связанная с телом отчета (одно или несколько тел, которые условно полагаются неподвижными) и выбранным способом измерения времени.

*Траекторией* называют воображаемую линию, которую при своем движении описывает материальная точка.

*Путь* – это длина траектории, которую описывает материальная точка за данный промежуток времени.

*Перемещение* – это вектор, проведенный из начального положения движущейся точки в положение ее в данный момент времени.

*Мгновенная скорость*  $\vec{v}$  – скорость тела в данной точке траектории. Это векторная величина, равная первой производной радиуса-вектора движущейся точки по времени. Вектор мгновенной скорости направлен по касательной к траектории в сторону движения.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Модуль мгновенной скорости можно считать равным первой производной пути по времени, поскольку при уменьшении  $\Delta t$  путь  $\Delta S$  будет приближаться к  $|\Delta \vec{r}|$

$$v = \frac{dS}{dt}.$$

*Ускорение* – физическая величина, характеризующая изменение скорости по модулю и направлению.

Мгновенное ускорение  $\vec{a}$  – ускорение тела в данной точке траектории. Это векторная величина, равная первой производной скорости по времени. Вектор мгновенного ускорения направлен по касательной к траектории.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d \vec{v}}{dt} .$$

Тангенциальное ускорение  $\vec{a}_\tau$  – изменяет скорость движения тела только по величине. Оно направлено вдоль вектора скорости или против него в зависимости от того, является ли движение вдоль траектории ускоренным или замедленным. Численное значение тангенциального ускорения определяется по изменению величины скорости:

$$\vec{a}_\tau = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_\tau}{\Delta t} = \frac{d v}{dt} ,$$

где вектор  $\Delta v_\tau$  определяет изменение скорости по модулю за время  $\Delta t$ .

Нормальное или центростремительное ускорение  $\vec{a}_n$  – вызывает изменение скорости только по направлению. Оно направлено по нормали к траектории в сторону центра ее кривизны. Величина нормального ускорения в каждой точке криволинейной траектории определяется скоростью движения и радиусом кривизны траектории в этой точке.

$$\vec{a}_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{R} ,$$

где вектор  $\Delta v_n$  характеризует изменение скорости по направлению за время  $\Delta t$ .

Полное ускорение есть геометрическая сумма тангенциального и нормального ускорений:

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

Угловой скоростью  $\vec{\omega}$  называется векторная величина, равная первой производной угла поворота тела по времени:

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d \varphi}{dt} .$$

Вектор  $\vec{\omega}$ , также как и вектор  $\varphi$ , направлен вдоль оси вращения, и его направление определяется по правилу правого винта.

Если  $\vec{\omega} = \text{const}$ , то вращение равномерное, и его можно характеризовать периодом вращения. *Период вращения* – время, за которое тело совершает один полный оборот, т.е. поворачивается на угол  $2\pi$ .

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

Число оборотов, совершаемых телом при равномерном его движении по окружности в единицу времени, называется *частотой* вращения.

$$n = 1/T = \omega/2\pi \text{ или } \omega = 2\pi n.$$

*Угловым ускорением*  $\vec{\varepsilon}$  называется векторная величина, равная первой производной угловой скорости по времени:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

Вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения вдоль вектора угловой скорости или против него в зависимости от того, является ли вращение ускоренным или замедленным.

*Соотношения между линейными и угловыми величинами, характеризующими движение тела по окружности*

$$S = R\varphi, \quad v = \frac{ds}{dt} = R \frac{d\varphi}{dt} = R\omega, \quad a_\tau = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon, \quad a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2.$$

Для поступательного движения при постоянном ускорении расчетные формулы для скорости и пройденного пути имеют вид:

$$v = v_0 \pm at, \quad S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}.$$

Для вращательного движения при постоянном угловом ускорении, расчетные формулы для угловой скорости и угла поворота имеют вид:

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t, \quad \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \varphi = 2\pi N,$$

где  $v_0$  и  $\omega_0$  – начальные линейная и угловая скорости;  $N$  – число оборотов.

## 1.2. Основы динамики

*Силой* называется всякое воздействие на данное тело, в результате которого тело получает ускорение или изменяет свою форму и размеры.

*Масса тела* – характеризует его инертность, т.е. способность сохранять приобретенное движение или состояние покоя.

*Импульсом* (количеством движения) *тела* называется произведение массы тела на скорость его движения:  $\vec{p} = m \vec{v}$ .

Основной закон динамики (второй закон Ньютона) выражается уравнением:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}.$$

Если на тело действует несколько сил различной величины и направления  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \dots)$ , то результирующая сила  $\vec{F}$  вычисляется как векторная сумма всех приложенных к телу сил:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \sum \vec{F}_i.$$

Работа силы  $\vec{F}$  на пути  $s$  может быть выражена следующей формулой, если эта сила постоянна и составляет угол  $\alpha$  с направлением перемещения:

$$A = Fs \cos \alpha.$$

Отношение совершенной работы ко времени, в течение которого эта работа произведена, называют *мощностью*.

$$N = \frac{A}{t}.$$

*Энергия* – физическая величина, характеризующая способность тела (или системы взаимодействующих тел) совершать работу.

*Кинетическая энергия* – энергия, которой обладает тело вследствие его движения.

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

*Потенциальная энергия* – энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и взаимодействием между ними.

1. потенциальная энергия тела в поле тяготения Земли:

$$E_n = mgh;$$

2. потенциальная энергия упругой деформации:

$$E_n = \frac{kx^2}{2};$$

3. потенциальная энергия гравитационного взаимодействия двух материальных точек с массами  $m_1$  и  $m_2$ , находящихся на расстоянии  $r$  друг от друга:

$$E_n = -G \frac{m_1 m_2}{r}.$$

*Моментом инерции* тела относительно оси вращения называется физическая величина, равная сумме произведений масс элементарных частей тела (материальных точек, составляющих тело) на квадраты их расстояний до рассматриваемой оси.



$$J = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 .$$

Моменты инерции тел правильной формы относительно осей симметрии (осей, проходящих через центр масс):

1) момент инерции материальной точки с массой  $m$ , находящейся на расстоянии  $r$  от заданной оси:

$$J = mr^2;$$

2) момент инерции однородного сплошного шара:

$$J = \frac{2}{5} mR^2, \text{ где } R - \text{ радиус шара};$$

3) момент инерции однородного сплошного цилиндра или диска относительно его оси:

$$J = \frac{1}{2} mR^2, \text{ где } R - \text{ радиус цилиндра (диска)};$$

4) момент инерции тонкостенного цилиндра или кольца:

$$J = mR^2, \text{ где } R - \text{ радиус цилиндра (кольца)};$$

5) момент инерции тонкого стержня относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину:

$$J = \frac{1}{12} ml^2, \text{ где } l - \text{ длина стержня}.$$

Если известен момент инерции тела относительно оси, проходящей через его центр масс, то момент инерции относительно любой другой параллельной оси определяется *теоремой Штейнера*:

$$J = J_0 + ma^2,$$

где  $J$  – момент инерции относительно произвольной оси,  $J_0$  – момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс,  $a$  – расстояние между осями.

Моментом силы относительно неподвижной точки  $O$  является физическая величина, определяемая векторным произведением радиуса-вектора  $\vec{r}$ , проведенного из точки  $O$  в точку приложения силы, на силу  $\vec{F}$ :

$$\vec{M} = \left[ \vec{r} \times \vec{F} \right].$$

Момент силы является векторной величиной. Его направление совпадает с направлением поступательного движения правого винта при его вращении так, чтобы направление вектора  $\vec{r}$  приближалось к направлению вектора  $\vec{F}$ . Модуль момента силы:

$$M = Fr \sin \alpha = Fl,$$

где  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{r}$  и  $\vec{F}$ ,  $r \sin \alpha = l$  – плечо силы (кратчайшее расстояние между линией действия силы и точкой  $O$ ).

Основной закон динамики вращательного движения твердых тел, для которых  $J = const$  выражается уравнением:

$$M = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{dL}{dt} = J\varepsilon.$$

Кинетическая энергия вращающегося тела:

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2}.$$

В случае плоского движения (например, шар, катящийся без скольжения) энергия движущегося тела равна сумме энергий поступательного и вращательного движений:

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2}.$$

Работа, совершаемая вращающим моментом, равна:

$$\Delta A = M\Delta\varphi.$$

Моментом импульса (момент количества движения) материальной точки  $A$  относительно неподвижной точки  $O$  называется физическая величина, определяемая векторным произведением:

$$\vec{L} = \left[ \vec{r} \times \vec{p} \right],$$

где  $\vec{r}$  – радиус-вектор, проведенный из точки  $O$  в точку  $A$ ,  $\vec{p} = m\vec{v}$  – импульс материальной точки.

Момент импульса твердого тела относительно оси:

$$\vec{L} = J \vec{\omega}.$$

Вектор момента импульса  $\vec{L}$  ориентирован по направлению вектора угловой скорости  $\vec{\omega}$ .

*Закон сохранения механической энергии.*

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют только консервативные силы, остается постоянной.

$$E_k + E_n = const.$$

*Общий закон сохранения энергии.*

В изолированной системе сумма всех видов энергии с течением времени не изменяется.

$$E_1 + E_2 + E_3 + \dots = const.$$

*Закон сохранения импульса.*

Если на систему внешние силы не действуют или их векторная сумма равна нулю, то суммарный импульс в системе с течением времени не изменяется:

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

*Закон сохранения момента импульса.*

Если на механическую систему внешние вращающиеся моменты не действуют, то векторная сумма моментов импульсов составных частей системы с течением времени не изменяется:

$$\sum J_i \vec{\omega}_i = const.$$

### 1.3. Релятивистская механика

Движение тел со скоростями, сравнимыми со скоростью света в вакууме, описывается *релятивистской механикой*, основанной на специальной теории относительности, сформулированной А. Эйнштейном.

*Релятивистская масса* вычисляется как:

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

где  $m_0$  – масса покоя частицы, то есть масса, измеренная в той инерциальной системе отсчета, относительно которой частица находится в состоянии покоя,  $c$  – скорость света в вакууме ( $c=3 \cdot 10^8$  м/с),  $\beta = v/c$ ,  $m$  – релятивистская масса, т.е. масса частицы в системе отсчета, относительно которой она движется со скоростью  $v$ .

*Формула взаимосвязи массы и энергии:*

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

где  $E_0$  – энергия покоя частицы.

*Полная энергия свободной частицы:*

$$E = E_0 + T,$$

где  $T$  – кинетическая энергия релятивистской частицы,

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

Импульс релятивистской частицы:

$$P = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad v = \frac{m_0 c \beta}{\sqrt{1 - \beta^2}}.$$

Связь между полной энергией и импульсом релятивистской частицы.

$$E^2 = E_0^2 + (pc)^2 = m_0^2 c^4 + p^2 c^2.$$

## 2. Колебания и волны

Колебаниями называются движения или процессы, которые характеризуются определенной повторяемостью во времени. Простейшим типом колебаний являются *гармонические колебания* – колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса или косинуса:

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi), \quad x = A \cos(\omega_0 t + \varphi),$$

где  $x$  – колеблющаяся величина (смещение, скорость, сила и т.д.),  $A$  – максимальное значение колеблющейся величины, называемое *амплитудой колебаний*,  $(\omega_0 t + \varphi)$  – *фаза колебаний*,  $\omega_0$  – *циклическая (круговая) частота*,  $t$  – время,  $\varphi$  – начальная фаза колебаний.

Основными параметрами колебательного движения являются *период* и *частота*, которые связаны между собой соотношением  $\nu = \frac{1}{T}$ . Циклическая частота связана с частотой и периодом колебаний соотношением  $\omega_0 = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ .

*Скорость колеблющегося тела*

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega_0 \cos \omega_0 t,$$

где  $v_0 = A\omega_0$  – максимальное значение (т.е. амплитуда) скорости.

*Ускорение колеблющегося тела*

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(A\omega_0 \cos \omega_0 t) = -A\omega_0^2 \sin \omega_0 t,$$

где  $a_0 = A\omega_0^2 = v_0\omega_0$  – максимальное (амплитудное) значение ускорения.

*Кинетическая энергия* материальной точки, совершающей прямолинейные гармонические колебания, равна:

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega_0^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi) \text{ или с учетом выражения } k = m\omega_0^2$$

$$W_k = \frac{kA^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi).$$

*Потенциальная энергия* материальной точки, совершающей гармонические колебания, равна:

$$W_n = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \sin^2(\omega_0 t + \varphi) = \frac{mA^2 \omega_0^2}{2} \sin^2(\omega_0 t + \varphi).$$

*Полная энергия*

$$W = W_k + W_n,$$

$$W = \frac{mA^2 \omega_0^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{mA^2 \omega_0^2}{2} \sin^2(\omega_0 t + \varphi) = \frac{mA^2 \omega_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}.$$

*Период колебания пружинного маятника*

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

где  $k$  – жесткость пружины,  $m$  – масса груза.

*Период колебаний физического маятника*

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

где  $J$  – момент инерции,  $l$  – расстояние от точки подвеса до центра тяжести тела,  $m$  – масса маятника.

*Период колебаний математического маятника*

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

где  $l$  – длина маятника.

Колебания, совершающиеся в системе при отсутствии внешних сил (но при наличии потерь на трение) называют *свободными затухающими колебаниями*. Общий вид уравнения свободного затухающего колебания:

$$x = A_0 e^{-\delta t} \sin \omega t,$$

где  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ ,  $\omega_0$  – циклическая частота незатухающих колебаний той же колебательной системы, которые совершались бы при отсутствии сил трения (собственная частота колебательной системы),  $\delta$  – коэффициент затухания.

*Период затухающих колебаний*

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}.$$

Величина  $\delta = \frac{r}{2m}$ , определяющая быстроту убывания амплитуды с течением времени, называется *коэффициентом затухания*. Промежуток

времени  $\tau = \frac{1}{\delta}$ , в течение которого амплитуда затухающих колебаний уменьшается в  $e$  раз, называется *временем релаксации*.

Произведение коэффициента затухания на период колебания  $T$ , равное натуральному логарифму отношения двух амплитуд, соответствующих моментам времени, отличающимся на период, есть безразмерная величина и называется *логарифмическим декрементом затухания*:

$$D = \ln \frac{A_{(t)}}{A_{(t+T)}} = \delta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N_e},$$

где  $N_e$  – число колебаний, совершаемых за время уменьшения амплитуды в  $e$  раз.

При сложении гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты уравнение результирующего колебания будет:

$$x = x_1 + x_2 = A \sin(\omega t + \varphi),$$

где амплитуда  $A$  и начальная фаза  $\varphi$  задаются соотношениями:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \quad \text{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}.$$

При сложении взаимно-перпендикулярных колебаний, уравнение результирующего колебания:

$$\frac{x^2}{A^2} - \frac{2xy}{AB} \cos \Delta \varphi + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2 \Delta \varphi.$$

Траектория результирующего колебания имеет форму эллипса. Ориентация осей эллипса и его размеры зависят от амплитуд складываемых колебаний и разности фаз.

Процесс распространения колебательного движения в среде называется *волновым процессом* или *волной*. Расстояние между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе, называется *длиной волны* ( $\lambda$ ). *Длина волны* равна расстоянию, на которое проходит волна за время, равное периоду:  $\lambda = vT$ .

*Уравнение плоской бегущей волны в общем виде*

$$y(x, t) = A \sin(\omega t \pm kx),$$

где знак минус берется для волны, распространяющейся в направлении возрастания  $x$ , а плюс – в обратном направлении,  $k$  – волновое число

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{\omega}{v}.$$

### 3. Физические основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики

Закон Бойля – Мариотта: для данной массы газа при постоянной температуре произведение давления газа на его объем есть величина постоянная:  $pV=const$  при  $T=const, m=const$ .

Закон Гей – Люссака: при постоянном давлении объём постоянной массы газа пропорционален абсолютной температуре:  $\frac{V}{T} = const$  при  $p=const, m=const$ .

Закон Шарля: давление газа данной массы и данного объема прямо пропорционально абсолютной температуре газа:  $\frac{P}{T} = const$  при  $V=const, m=const$ .

Закон Авогадро: моли любых газов при одинаковых температуре и давлении занимают одинаковые объемы; при нормальных условиях этот объем равен  $22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

В одном моле различных веществ содержится одинаковое число молекул, называемое числом Авогадро (постоянной Авогадро):

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль.}$$

Закон Дальтона: давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов:  $p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$ , где  $p_1, p_2, p_3, \dots$  – парциальное давление газа – давление, которое оказывал бы газ смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при той же температуре.

Уравнение Клапейрона–Менделеева.

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT = \frac{N}{N_A} RT,$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $\nu$  – количество вещества

(число молей):  $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$ , где  $m = Nm_0$  – масса газа,  $N$  – число молекул,

$m_0$  – масса одной молекулы,  $M$  – молярная масса (масса одного моля вещества),  $N_A$  – постоянная Авогадро. Поскольку  $k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$

есть постоянная Больцмана, то уравнение Клапейрона–Менделеева можно записать:

$$pV = NkT \text{ или } p = nkT,$$

где  $n = \frac{N}{V}$  – число молекул в единице объема.

*Основное уравнение молекулярно-кинетической теории:*

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v^2 .$$

где  $m_0$  – масса молекулы,  $n$  – концентрация молекул,  $v$  – средняя квадратичная скорость движения молекул.

*Наиболее вероятная скорость:*

$$v_{\text{в}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \approx 1,41 \sqrt{\frac{RT}{M}} .$$

*Средняя арифметическая скорость:*

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \approx 1,60 \sqrt{\frac{RT}{M}} .$$

*Средняя квадратичная скорость:*

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \approx 1,73 \sqrt{\frac{RT}{M}} ,$$

где  $m_0$  и  $M$  – масса молекулы и молярная масса соответственно.

*Барометрическая формула* показывает, как меняется с высотой давление газа  $p = nkT$  при постоянной температуре  $T$ :

$$p = p_0 e^{-Mgh/RT} ,$$

где  $M$  – молярная масса газа,  $p$  – давление на высоте  $h$ .

Барометрическую формулу можно преобразовать, если воспользоваться выражением  $p = nkT$ :

$$n = n_0 e^{-Mgh/RT} ,$$

где  $n$  – концентрация молекул на высоте  $h$ ,  $n_0$  – концентрация молекул на высоте  $h=0$ .

*Удельная теплоемкость* – величина, равная количеству теплоты, которое необходимо для нагревания 1 кг вещества на 1 K:

$$c_{\text{уд}} = \frac{dQ}{mdT} .$$

*Молярная теплоемкость* – величина, равная количеству теплоты, которое необходимо для нагревания 1 моля вещества на 1 K:

$$c_{\mu} = \frac{dQ}{\nu dT} .$$

*Удельная теплоемкость связана с молярной теплоемкостью соотношением:*

$$c_{\mu} = \frac{dQ}{\nu dT} = \frac{MdQ}{mdT} = M c_{\text{уд}} \text{ или } c_{\mu} = M c_{\text{уд}} ,$$

где  $M$  – молярная масса вещества.



Для идеального газа при постоянном объеме молярная теплоемкость равна:

$$c_{\mu,V} = \frac{i}{2} R,$$

где  $i$  – сумма поступательных и вращательных степеней свободы молекулы.

С учетом уравнения Р.Майера:  $c_{\mu,p} = c_{\mu,V} + R$  молярная теплоемкость газа при постоянном давлении равна:

$$c_{\mu,p} = c_{\mu,V} + R = \frac{i}{2} R + R = \frac{(i+2)}{2} R.$$

Работа, совершаемая при изменении объема газа, равна:

$$A = p\Delta V.$$

*Первое начало термодинамики: количество теплоты, переданное системе, расходуется на увеличение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил.*

$$Q = \Delta U + A.$$

Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

1) *Изохорный процесс*  $Q = \Delta U$ ,  $A = 0$ .

Изменение внутренней энергии газа можно рассчитать по формуле:

$$\Delta U = \frac{iR}{2} \frac{m}{M} \Delta T = c_{\mu,V} \frac{m}{M} \Delta T.$$

*Заметим, что эта формула применима для всех без исключения процессов, поскольку внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры и изменяется прямо пропорционально температуре.*

2) *Изобарный процесс*  $\Delta Q = \Delta U + A$ ,  $A \neq 0$ ,  $\Delta U \neq 0$ .

Работа при изобарном процессе:

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

3) *Изотермический процесс*  $\Delta Q = A$ ,  $\Delta U = 0$ .

Работа при изотермическом процессе:

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \text{ или } A = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

4) *Адиабатический процесс*  $A = -\Delta U$ ,  $\Delta Q = 0$ .

Работа при адиабатическом процессе:

$$A = \frac{i}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{1}{\gamma - 1} (p_1 V_1 - p_2 V_2).$$

Уравнение адиабатического процесса (*уравнение Пуассона*)

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma, \quad T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}, \quad T_1^\gamma p_1^{1-\gamma} = T_2^\gamma p_2^{1-\gamma}.$$

Отношение  $\frac{c_p}{c_v} = \gamma$  называется *показателем адиабаты процесса* и

определяется через число степеней свободы по формуле  $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{i+2}{i}$ .

Значение  $\gamma$  зависит от числа степеней свободы:

для *одноатомного газа*  $i=3$ ,  $\gamma=5/3 \approx 1,67$ ;

*двухатомного*  $i=5$ ,  $\gamma=7/5 \approx 1,4$ ;

*многоатомного*  $i=6$ ,  $\gamma=8/6 \approx 1,33$ .

Расстояние, которое проходят молекулы между двумя последовательными столкновениями, называют *средней длиной свободного пробега*. Средняя длина свободного пробега рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n},$$

где  $n$  – концентрация молекул,  $d$  – эффективный диаметр молекулы.

*Явлениями переноса* называют необратимые процессы в термодинамических неравновесных системах, в результате которых происходит пространственный перенос энергии, массы, импульса. К явлениям переноса относятся: *теплопроводность* (обусловлена переносом энергии в виде теплоты), *диффузия* (обусловлена переносом массы), *внутреннее трение* (обусловлено переносом импульса).

*Коэффициенты: теплопроводности ( $\chi$ ), диффузии ( $D$ ) и динамической вязкости ( $\eta$ ) рассчитываются по формулам:*

$$\chi = \frac{1}{3} c_{y0,v} \rho \langle v \rangle \lambda, \quad D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \lambda, \quad \eta = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \lambda,$$

где  $c_{y0,v}$  – удельная теплоемкость газа при постоянном объеме,  $\rho$  – плотность газа,  $\langle v \rangle$  – средняя скорость теплового движения молекул,  $\lambda$  – средняя длина свободного пробега.

*Формулы, связывающие коэффициенты переноса:*

$$\eta = \rho D, \quad \chi / (\eta c_{y0,v}) = 1.$$

*Коэффициент полезного действия теплового двигателя:*

$$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{Q_x}{Q_n} = \frac{A}{Q_n};$$

*для идеального цикла Карно:*

$$\eta_k = \frac{T_n - T_x}{T_n} = 1 - \frac{T_x}{T_n}.$$

## 4. Электростатика

*Электростатика* – раздел физики, изучающий свойства неподвижных электрических зарядов. Экспериментально установлено, что все электрические заряды, встречающиеся в природе, образуются совокупностью элементарных зарядов, величина элементарного заряда равна  $q=1,602 \cdot 10^{-19}$  Кл. Такой заряд, отрицательный по знаку ( $-q_e$ ), несет электрон. Протон является носителем положительного элементарного заряда ( $+q_{np}$ ). Таким образом, важно помнить, что любой заряд  $Q$  кратен  $q$ :  $Q=Nq$ , где  $N$  – число элементарных зарядов.

В электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов остается постоянной (*закон сохранения заряда*):

$$\sum_i \pm q_i = const .$$

Закон Кулона:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2} .$$

$\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м,  $\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость.

В качестве силовой характеристики электрического поля принимают

величину, равную  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ .

$\vec{E}$  – напряженность электрического поля в данной точке  $\vec{F}$  – сила, действующая на положительный заряд  $q_0$ , помещенный в рассматриваемую точку.

Напряженность поля точечного заряда  $q$ :

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2} .$$

*Принцип суперпозиции* (наложения полей) формулируется следующим образом: *Напряженность поля, создаваемого системой зарядов в любой произвольной точке равна векторной сумме напряженностей полей, которые создал бы каждый из зарядов системы в этой точке в отдельности:*

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i .$$

*Вектор индукции электрического поля  $\vec{D}$  (вектор электрического смещения)*, определяется соотношением:

$$\vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E} .$$

Поток вектора индукции  $N$  через некоторую площадку  $S$  в однородном электрическом поле ( $\vec{D} = const$ ) вычисляется как:

$$N = DS \cos \alpha = D_n S,$$

где  $\alpha$  – угол между вектором  $\vec{D}$  и вектором нормали к площадке  $\vec{n}$ ,  $D_n$  – проекция вектора  $\vec{D}$  на направление нормали.

Теорема Остроградского-Гаусса: *поток индукции электрического поля, проходящий через произвольную замкнутую поверхность, равен алгебраической сумме зарядов, находящихся внутри этой поверхности.*

$$N = \sum_i \pm q_i .$$

Применение теоремы Гаусса для расчета электрических полей:

1) поле заряженного шара (для случая  $r \geq R$ ):

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

2) поле бесконечно длинной равномерно заряженной проволоки:

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

3) поле плоского конденсатора:

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

4) поле равномерно заряженной плоскости:

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

Энергетической характеристикой электрического поля является потенциал. Потенциал  $\varphi$  в данной точке электрического поля численно равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в эту точку:

$$\varphi = \frac{W_n}{q_0} .$$

Потенциал поля точечного заряда  $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$ . Это выражение справедливо и для заряженного шара при  $r \geq R_{шара}$  ( $r$  – расстояние от центра шара).

Если поле создано несколькими зарядами, то результирующий потенциал в данной точке равен алгебраической сумме потенциалов, созданных отдельными зарядами в этой точке:  $\varphi = \sum_i \pm \varphi_i$ .

Работа поля по перемещению заряда  $q_0$  из одной точки поля в другую равна:

$$A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Связь напряженности и потенциала электрического поля определяется выражением:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr}.$$

Потенциал уединенного проводника и его заряд связаны соотношением:

$$C = \frac{q}{\varphi},$$

где  $C$  – емкость проводника.

Емкость конденсатора

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{C}{U},$$

где  $q$  – заряд на обкладках конденсатора (численно равен абсолютной величине заряда одной обкладки),  $\varphi_1 - \varphi_2$  – разность потенциалов обкладок (или напряжение на конденсаторе  $U$ ).

Емкость сферического конденсатора равна:

$$C_{сф.к} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{Rr}{R+r},$$

при  $R \rightarrow \infty$  емкость сферического конденсатора стремится к емкости проводника, имеющего форму шара, т.е.  $C_{шар} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r$ .

Емкость плоского конденсатора равна:

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

Суммарная емкость системы конденсаторов при их параллельном соединении вычисляется как:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n,$$

где  $C$  – емкость батареи,  $n$  – число соединенных в батарее конденсаторов.

Суммарная емкость системы конденсаторов при их последовательном соединении связана с емкостью отдельных конденсаторов  $C_i$  как:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Энергия уединенного заряженного проводника:

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{C\varphi^2}{2}.$$

Энергия заряженного конденсатора равна:

$$W = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C},$$

где  $U$  – электрическое напряжение на конденсаторе.

Энергии поля плоского конденсатора:

$$W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S U^2}{d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S E^2 d^2}{2d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} V,$$

$V=sd$  – объем электрического поля конденсатора.

Плотность энергии (энергия, приходящаяся на единицу объема) электрического поля равна:

$$\rho_w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{DE}{2}.$$

## 5. Постоянный ток

Электрическим током называется упорядоченное движение электрических зарядов в пространстве. Носителями тока могут быть электроны, ионы или микроскопические частицы, несущие на себе электрический заряд. За направление электрического тока принимается направление движения положительных зарядов, которое, в свою очередь, совпадает с направлением электрического поля.

Силой тока через некоторую поверхность  $S$  называется скалярная величина  $I$ , равная первой производной по времени от заряда  $q$ , проходящего через эту поверхность:

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

Распределение электрического тока по сечению  $S$  характеризуется вектором плотности тока  $\vec{j}$ . Он направлен в сторону движения положительных зарядов и численно равен:

$$j = \frac{I}{S} = n_0 q v,$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения проводника,  $n_0$  – число свободных электронов в единице объема,  $q$  – заряд электрона,  $v$  – скорость электронов вдоль линии тока.

Закон Ома для участка цепи, не содержащего ЭДС (однородный участок цепи)

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} \text{ или } I = \frac{U}{R},$$

где  $U$  – напряжение на участке цепи,  $R$  – сопротивление участка цепи, заключенного между точками 1 и 2.

*Закон Ома в дифференциальной форме для участка цепи, не содержащего ЭДС:*

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} = -\sigma \frac{d\phi}{dn},$$

где  $\sigma$  – удельная электрическая проводимость.

*Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС (неоднородный участок цепи):*

$$I = \frac{(\phi_1 - \phi_2) \pm \varepsilon}{(R + r)}, \quad \phi_1 > \phi_2 \text{ или } I = \frac{U \pm \varepsilon}{(R + r)}.$$

При вычислениях величину  $\varepsilon$  берут со знаком «+», если направление действия ЭДС совпадает с направлением тока и со знаком «-», когда направление действия ЭДС противоположно направлению тока.

*Закон Ома для замкнутой цепи:*

$$I = \frac{\varepsilon}{(R + r)}.$$

Общее сопротивление цепи при *последовательном соединении* проводников равно сумме сопротивлений отдельных проводников:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i.$$

Величина, обратная общему сопротивлению цепи при *параллельном соединении*, равна сумме величин, обратных сопротивлению отдельных проводников:

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

*Сопротивление  $R$  однородного проводника* длиной  $l$  и площадью поперечного сечения  $S$  вычисляется по формуле:

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

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление проводника.

Зависимость удельного сопротивления проводника от температуры в нешироком температурном интервале близка к прямо пропорциональной и может быть выражена формулой:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t),$$

где  $\rho_0$  – удельное сопротивление при температуре, соответствующей началу интервала,  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления.

*Работа электрического тока*

$$A = Q = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t,$$

где  $I$  – сила тока в проводнике,  $R$  – сопротивление проводника,  $U$  – напряжение на концах проводника,  $t$  – время прохождения тока,  $Q$  – количество теплоты, выделяющееся на участке цепи за время  $t$ .

### *Правила Кирхгофа для расчета разветвленных электрических цепей*

Расчет разветвленных цепей постоянного тока проводится с помощью правил Кирхгофа.

#### 1 правило

*Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю:*

$$\sum_{i=1}^n \pm I_i = 0.$$

Узлом называется точка, в которой сходятся три и более проводников. Токи, входящие в узел, берутся со знаком «+», токи, выходящие из узла, берутся со знаком «-».

#### 2 правило

*В любом замкнутом контуре алгебраическая сумма падений напряжения (т.е. произведений сил токов  $I_i$  на соответствующее сопротивление  $R_i$  или  $r_i$ ) равна алгебраической сумме ЭДС ( $\varepsilon_i$ ), встречающихся в этом контуре:*

$$\sum_{i,j} \pm I_i R_j + \sum_{i,j} \pm I_i r_j = \sum_i \pm \varepsilon_i.$$

При расчете цепей по второму правилу Кирхгофа уравнения составляются только для независимых контуров. Контур является независимым, если уравнение, написанное для него, не является линейной комбинацией уже написанных уравнений для других контуров. При составлении уравнений по второму правилу Кирхгофа произвольно выбирают направление обхода контуров (по часовой или против часовой стрелки) и соблюдают следующее правило знаков: если направление тока  $I_i$  в сопротивлении  $R_i$  совпадает с направлением обхода, то падение напряжения  $I_i R_i$  берут со знаком плюс, если противоположно направлению обхода, то со знаком минус. Если источник ЭДС включен так, что в направлении обхода контура при переходе внутри источника от одной его клеммы к другой потенциал возрастает, то величина этого ЭДС берется со знаком плюс.

При прохождении электрического тока через электролит масса вещества, выделившегося на одном из электродов, пропорциональна заряду  $q$ , прошедшему через электролит (закон Фарадея):

$$m = kq = \frac{A}{nF} q = \frac{A}{nF} It,$$

где  $F$  – число Фарадея,  $A$  – молярная (атомная) масса вещества,  $n$  – валентность элемента (число электронов, приходящихся на один ион в



электродном процессе),  $\frac{A}{n}$  – химический эквивалент вещества,  $k = \frac{A}{nF}$  – электрохимический эквивалент.

Плотность тока  $j$  в электролите пропорциональна напряженности электрического поля  $E$ , сумме подвижностей отрицательных и положительных ионов ( $U_+ + U_-$ ) и числу пар ионов  $n_0$  в единице объема электролита:

$$j = qn_0 (U_+ + U_-)E,$$

где  $q$  – заряд иона.

## 6. Электромагнетизм

На проводник с током, помещенный в магнитное поле, действует сила Ампера  $\vec{F}$ , которая рассчитывается по формуле:

$$F = IBl \sin(\vec{I} \wedge \vec{B}).$$

Направление силы Ампера определяется по правилу векторного произведения или по правилу левой руки.

Магнитная индукция  $\vec{B}$  связана с напряженностью магнитного поля  $\vec{H}$  соотношением:

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

где  $\mu_0$  – магнитная постоянная, равная  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м,  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость среды.

На замкнутый контур с током, а также на магнитную стрелку в магнитном поле действует пара сил с *вращающим моментом*:

$$M = P_m B \sin(\vec{P}_m \wedge \vec{B}),$$

где  $\vec{P}_m = I S \vec{n}$ ,  $\vec{P}_m$  – магнитный момент контура с током,  $S$  – площадь контура (рамки),  $\vec{n}$  – вектор нормали к поверхности рамки. Направление векторов  $\vec{n}$  и  $\vec{P}_m$  связано с направлением тока в контуре по правилу буравчика.

Сила, действующая на заряженную частицу, движущуюся со скоростью  $\vec{v}$  в магнитном поле, называется магнитной силой и определяется *формулой Лоренца*:

$$F = qvB \sin(\vec{v} \wedge \vec{B}).$$

Для однородного магнитного поля *магнитный поток*  $\Phi$  через площадку  $S$  определяется формулой:

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между нормалью к плоскости контура и направлением магнитного поля.

*Работа по перемещению проводника (контура) с током в магнитном поле* равна:

$$dA = Id\Phi.$$

*Напряженность магнитного поля, создаваемого элементарным отрезком проводника  $d\vec{l}$  на расстоянии  $r$  от него, находится по формуле:*

$$H = \frac{1}{4\pi} \frac{I dl \sin \alpha}{r^2},$$

где  $\alpha$  – угол между векторами  $d\vec{l}$  и  $\vec{r}$ . Направление  $d\vec{H}$  определяется по правилу векторного произведения.

*Напряженность магнитного поля в центре кругового тока*

$$H = \frac{I}{2r},$$

где  $r$  – радиус кругового контура с током.

*Напряженность магнитного поля прямого бесконечного длинного проводника с током*

$$H = \frac{I}{2\pi a},$$

где  $a$  – расстояние от точки, где ищется напряженность, до проводника с током.

*Напряженность магнитного поля на оси кругового тока*

$$H = \frac{IR^2}{2\sqrt{(R^2 + a^2)^3}},$$

где  $R$  – радиус кругового контура с током,  $a$  – расстояние от точки, где вычисляется напряженность, до плоскости контура.

Электрические токи действуют друг на друга посредством своих магнитных полей с силой

$$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi d}.$$

Закон полного тока: *циркуляция вектора напряженности  $\vec{H}$  по замкнутому контуру равна алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром.*

$$\oint H_i dl = \pm \sum_i I_i.$$

Индукция магнитного поля соленоида

$$B = \frac{\mu\mu_0 IN}{l},$$

где  $N$  – полное число витков соленоида,  $l$  – длина соленоида.

Магнитный поток через соленоид

$$\Phi = \frac{\mu\mu_0 IN}{l} S.$$

Явление электромагнитной индукции заключается в появлении в контуре ЭДС индукции при всяком изменении магнитного потока  $\Phi$ , пронизывающего контур. Величина ЭДС определяется выражением:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

Знак «-» (минус) выражает математически правило Ленца.

В случае движения прямого проводника длиной  $l$  с постоянной скоростью  $\vec{v}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  в проводнике наводится ЭДС индукции, определяемая по формуле:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -vBl \sin \left( \overset{\rightarrow}{v}, \overset{\rightarrow}{B} \right).$$

Величина магнитного потока  $\Phi$  прямо пропорциональна величине тока  $I$ , текущего по замкнутому контуру и индуктивности этого контура:

$$\Phi = LI,$$

где  $L$  – индуктивность контура.

Для соленоида или тороида без зазора в системе СИ индуктивность равна:

$$L = \frac{\mu\mu_0 N^2}{l} S,$$

где  $N$  – полное число витков,  $l$  – длина,  $S$  – площадь поперечного сечения.

Явление самоиндукции – это частный случай явления электромагнитной индукции. Оно возникает в цепи при изменении собственного тока. ЭДС самоиндукции равна:

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

Явление самоиндукции наблюдается не только в цепях переменного тока, но и в цепях постоянного при их замыкании и размыкании. Токи самоиндукции, возникающие при замыкании и размыкании цепей, называют *экстратоками*. Закон изменения величины тока во времени при размыкании цепи выражается формулой:

$$I_{\text{разм}} = I_0 e^{-\frac{Rt}{L}},$$

где  $I_0$  – значение тока в момент размыкания,  $t=0$ ;  $R$  и  $L$  – соответственно, сопротивление и индуктивность цепи,  $I_{разм}$  – величина тока в цепи через время  $t$  после размыкания.

Закон нарастания тока при замыкании до величины установившегося тока  $I_0$  записывается формулой:

$$I_{замык} = I_0(1 - e^{-\frac{Rt}{L}}).$$

Если изменяющийся магнитный поток одного контура пронизывает другой контур, имеет место явление *взаимной индукции*.

ЭДС взаимной индукции находится по формуле:

$$\varepsilon = -L_{12} \frac{dI}{dt},$$

где  $L_{12}$  – взаимная индуктивность контуров.

*Энергия магнитного поля*, возникающего вокруг контура с индуктивностью  $L$  при прохождении тока  $I$ , равна:

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

*Плотность энергии магнитного поля*:

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

## 7. Оптика

### 7.1. Геометрическая волновая оптика

Раздел физики, занимающийся изучением природы света, закономерностей его испускания, распространения и взаимодействия с веществом, называется *оптикой*.

При переходе луча из одной среды в другую имеет место закон преломления света:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1},$$

где  $\alpha$  – угол падения,  $\beta$  – угол преломления,  $n_1$  и  $n_2$  – абсолютные показатели преломления сред,  $v_1$  и  $v_2$  – скорости распространения света в первой и во второй средах,  $n_{2,1}$  – относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

*Предельный угол полного внутреннего отражения* при переходе света из среды более оптически плотной ( $n_1$ ) в среду менее оптически плотную ( $n_2$ ) определяется из соотношения

$$\sin \alpha_{пр} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}, \quad n_2 < n_1.$$

*Поглощением света* называется явление потери энергии световой волной, проходящей через вещество, вследствие преобразования энергии волны в другие формы.

Поглощение света в веществе описывается *законом П. Бугера* (в литературе известен еще как закон Бугера-Ламберта):

$$I = I_0 e^{-kx},$$

где  $I_0$  и  $I$  – интенсивности световой волны на входе и выходе из слоя поглощающего вещества,  $x$  – толщина слоя,  $k$  – коэффициент поглощения.

*Интерференцией волн* называется процесс наложения когерентных волн, приводящий к усилению колебаний в одних точках пространства и к ослаблению в других. Волны одинаковой частоты, приходящие в какую-либо точку пространства, называются *когерентными*, если разность их фаз в этой точке с течением времени не меняется.

Амплитуда результирующих колебаний вектора  $\vec{E}$  при сложении двух когерентных волн равна:

$$E_{рез} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\Delta\varphi},$$

где  $\Delta\varphi = 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda}$  – разность фаз колебаний,  $\Delta r = r_2 - r_1$  – геометрическая разность хода волн. Следует иметь в виду, что  $\Delta = n\Delta r$  называется оптической разностью хода.

*Условие образования максимума (усиления) при интерференции:*

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2}.$$

*Условие образования минимума (ослабления или гашения волн):*

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

где  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$  – целое число,  $\lambda$  – длина волны.

Расстояние между интерференционными полосами на экране, расположенном параллельно двум когерентным источникам света, равно:

$$\Delta x = \frac{L\lambda}{a},$$

где  $\lambda$  – длина волны,  $L$  – расстояние от экрана до источников света, отстоящих друг от друга на расстоянии  $a$ .

Результат интерференции света в плоскопараллельных пластинках (в проходящем свете) определяется формулами:

*усиление света*

$$\Delta = 2nh\cos\beta = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

*ослабление света*

$$\Delta = 2nh\cos\beta = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, 1, 2, 3\dots),$$

где  $h$  – толщина пластинки,  $n$  – показатель преломления,  $\beta$  – угол преломления,  $\alpha$  – угол падения,  $\lambda$  – длина волны света.

В отраженном свете условия усиления и ослабления света обратные условиям в проходящем свете.

*Радиусы светлых колец Ньютона* (в проходящем свете) определяются формулой

$$r_k = \sqrt{\frac{kR\lambda}{n}},$$

*радиусы темных колец*

$$r_k = \sqrt{(2k - 1)R\frac{\lambda}{2n}},$$

где  $k = 1, 2, 3, \dots$  – номер кольца,  $\lambda$  – длина волны света,  $n$  – показатель преломления среды.

В отраженном свете расположение светлых и темных колец обратно их расположению в проходящем свете.

*Дифракцией света* называют огибание световыми волнами препятствий, размеры которых соизмеримы с длиной волны.

*Положение минимумов освещенности при дифракции от щели*, на которую нормально падает пучок параллельных лучей, определяется условием

$$a\sin\varphi = 2k\frac{\lambda}{2},$$

где  $k = 0, 1, 2, 3\dots$  – номер максимума,  $a$  – ширина щели,  $\varphi$  – угол дифракции,  $\lambda$  – длина волны света.

Наиболее важное практическое значение имеет дифракция, наблюдаемая при прохождении света через дифракционную решетку. Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа узких щелей одинаковой ширины  $a$ , разделенных между собой непрозрачными промежутками шириной  $b$ . Сумму  $a+b=d$  называют *периодом решетки*,  $d = \frac{\ell}{N}$ , где  $\ell$  – длина решетки,  $N$  – число щелей.

*Условие наблюдения максимумов в дифракционной решетке имеет вид:*

$$d\sin\varphi = k\lambda,$$

где  $k = 0, 1, 2, 3\dots$  – номер максимума,  $\varphi$  – угол дифракции,  $\lambda$  – длина волны света.

*Разрешающая способность* – способность диспергирующего устройства давать в спектре отдельно две спектральные линии с мало

отличающимися длинами волн. *Разрешающая способность дифракционной решетки:*

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

где  $N$  – общее число щелей решетки,  $k$  – порядок спектра,  $\lambda$  и  $(\lambda' + \Delta\lambda)$  – длины волн двух близких спектральных линий, которые воспринимаются как отдельные.

*Угловой дисперсией* называется величина, показывающая изменение угла  $\varphi$  (отклонение луча с данной длиной волны от первоначального направления) при изменении длины волны на  $1 \text{ \AA}$ :

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda}.$$

*Для дифракционной решетки:*

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{k}{(a+b)\cos\varphi} = \frac{k}{\sqrt{(a+b)^2 - k^2\lambda^2}},$$

где  $k$  – порядок спектра,  $(a+b) = d$  – период решетки,  $\lambda$  – длина волны.

*Естественный свет* – совокупность световых волн, векторы колебаний  $\vec{E}$  которых имеют всевозможную ориентацию, причем ни одно из направлений не является преимущественным.

*Плоскополяризованный свет* – совокупность световых волн, векторы колебаний которых параллельны и имеют в пространстве строго определенное фиксированное направление колебаний.

*Закон Брюстера:*

$$\operatorname{tg}\alpha = n_{21}.$$

*Закон Малюса*

$$I_a = I_p \cos^2\varphi, \text{ где } I_p = \frac{I_0}{2},$$

где  $I_0$  – интенсивность света, падающего на поляризатор,  $I_p$  – интенсивность света, вышедшего из поляризатора и падающего на анализатор,  $\varphi$  – угол между плоскостью поляризатора и плоскостью анализатора,  $I_a$  – интенсивность света, прошедшего через анализатор.

## 7.2. Квантовая оптика

Электромагнитное излучение, причиной которого является возбуждение атомов и молекул вследствие их теплового движения, называется *тепловым*.

Количественной характеристикой теплового излучения служит *спектральная плотность энергетической светимости* (излучательная

способность) тела – мощность излучения с единицы поверхности тела в интервале частот единичной ширины:

$$r_{\nu,T} = (dW^{изл}_{\nu,\nu+d\nu})/d\nu,$$

$dW^{изл}_{\nu,\nu+d\nu}$  – энергия электромагнитного излучения, испускаемого за единицу времени (мощность излучения) с единицы площади поверхности тела в интервале частот от  $\nu$  до  $\nu+d\nu$ .

Зная спектральную плотность энергетической светимости, можно вычислить *интегральную энергетическую светимость* (интегральную излучательную способность), проинтегрировав по всем частотам:

$$R_T = \int_0^{\infty} r_{\nu,T} d\nu.$$

Способность тел поглощать падающее на них излучение характеризуется *спектральной поглощательной способностью*

$$a_{\nu,T} = (dW^{пог}_{\nu,\nu+d\nu}) / (dW^{пад}_{\nu,\nu+d\nu})$$

показывающей, какая доля энергии, приносимой падающими на нее электромагнитными волнами с частотами от  $\nu$  до  $\nu+d\nu$ , поглощается телом.

*Закон Кирхгофа для теплового излучения:*

$$r_{\nu,T} = r_{\nu,T}^* a_{\nu,T},$$

где  $r_{\nu,T}^*$  – спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

*Закон Стефана – Больцмана:*

$$R_T^* = \sigma T^4,$$

где  $R_T^*$  – интегральная энергетическая светимость абсолютно черного тела,  $\sigma$  – постоянная Стефана – Больцмана,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$ .

*Закон смещения Вина:*

$$\lambda_{max} = b/T,$$

где  $b$  – постоянная Вина,  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} м \cdot К$ .

*Спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела (формула Планка)*

$$f_{\nu,T} = r_{\nu,T}^* = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/(kT)} - 1}.$$

Согласно гипотезе световых квантов А. Эйнштейна, свет испускается, поглощается и распространяется дискретными порциями (квантами), названными фотонами. *Фотон* – элементарная частица, которая всегда движется со скоростью света  $c$  и имеет массу покоя, равную нулю. Энергия фотона  $E_0 = h\nu$ . Его масса находится из закона



взаимосвязи массы и энергии  $m_\gamma = h\nu/c^2$ . Импульс фотона  $P_\gamma = \frac{E_\gamma}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ , где  $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка,  $\nu$  – частота колебания,  $c$  – скорость света,  $\lambda$  – длина волны.

Явление испускания электронов веществом под действием света называется *фотоэффектом*.

*Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:*

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad \text{или} \quad h\nu = A + eU,$$

где  $e$  – заряд электрона,  $U$  – задерживающее напряжение,  $m$  – масса электрона,  $A$  – работа выхода электрона из металла.

*Красная граница фотоэффекта* соответствует условию  $v_{\max} = 0$ :

$$\nu_{\text{кр}} = \frac{A}{h} \quad \text{или} \quad \lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A},$$

где  $\nu_{\text{кр}}$  – минимальная частота света, при которой еще возможен фотоэффект,  $A$  – работа выхода электронов,  $\lambda_{\text{кр}}$  – максимальная длина волны, при которой еще возможен фотоэффект (так называемая *красная граница фотоэффекта*),  $h$  – постоянная Планка.

*Давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность:*

$$P = \frac{E_e}{c}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho),$$

где  $E_e/c = \omega$  – объемная плотность энергии излучения,  $E_e$  – энергия всех фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени, то есть энергетическая освещенность поверхности, она равна  $E_e = N h \nu$ , где  $N$  – число фотонов,  $\rho$  – коэффициент отражения света ( $\rho = 0$  в случае абсолютно черной поверхности,  $\rho = 1$  в случае зеркальной поверхности).

Изменение длины волны рентгеновских лучей при *комptonовском рассеянии* определяется формулой:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos \theta) = \frac{2h}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

где  $\lambda$  – длина волны налетающего фотона,  $\lambda'$  – длина волны фотона, рассеянного на угол  $\theta$  после столкновения с электроном.

$$\lambda_c = h/m_0 c = 2,436 \text{ нм}, \quad \lambda_c \text{ – комптоновская длина волны.}$$

## 8. Строение атома

В основе теории Бора лежат два постулата:

1) состояния электронов в атоме дискретны, они характеризуются определенным значением энергии  $E_i$  и определенным размером орбиты;

2) при переходах между этими состояниями электроны поглощают или теряют энергию, равную  $h\nu = E_k - E_i$ , где  $h\nu$  – энергия излучения (поглощения),  $E_k$  и  $E_i$  соответственно энергии стационарных состояний атома до и после излучения (поглощения).

Формула, определяющая частоту света, излучаемого или поглощаемого атомом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое:

$$\nu = R_v \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_k^2} \right),$$

$R_v$  – постоянная Ридберга (выраженная в Гц), равная

$$R_v = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2} = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}.$$

## 9. Квантовая механика

*Де-бройлевская длина волны* частицы с импульсом  $p$

$$\lambda = \frac{h}{p}.$$

Соотношение неопределенностей Гейзенберга:

для координаты и проекций импульсов:

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar / 2, \quad \Delta y \Delta p_y \geq \hbar / 2, \quad \Delta z \Delta p_z \geq \hbar / 2;$$

для энергии и времени:

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar / 2,$$

где  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  – неопределенности координат,  $\Delta p_x$ ,  $\Delta p_y$ ,  $\Delta p_z$  – неопределенности проекций импульсов,  $\Delta E$  – неопределенность энергии системы в момент ее измерения,  $\Delta t$  – неопределенность длительного процесса измерения.

В основе квантовой механики лежит *уравнение Шредингера*, которое по своему значению сравнимо с уравнением Ньютона в классической механике. Уравнение Шредингера позволяет определить состояние микрочастицы для любого момента времени.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + U(x, y, z, t) \psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t},$$

где  $m$  – масса частицы,  $\Delta$  – оператор Лапласа ( $\Delta \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}$ ),  $i$  – мнимая единица,  $U(x, y, z, t)$  – потенциальная функция частицы в силовом поле,  $\psi(x, y, z, t)$  – волновая функция.

Уравнением Шредингера для стационарных состояний:

$$\Delta \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0 .$$

Одномерное уравнение Шредингера для стационарных состояний:

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0 ,$$

где  $\Psi \approx \Psi(x)$  – волновая функция, описывающая состояние частицы,  $m$  – масса частицы,  $E$  – полная энергия,  $U$  – потенциальная энергия.

В квантовой механике состояние микрочастицы полностью определяется волновой функцией  $\Psi(x)$ ; она позволяет вычислять средние значения физических величин, характеризующих микрообъект, например, среднее расстояние электрона от ядра. Квадрат модуля  $\Psi$  – функции несет смысл *плотности вероятности* и определяет *вероятность нахождения частицы в единичном объеме*:

$$|\psi|^2 = \frac{dW}{dV} .$$

Вероятность обнаружения частицы в конечном объеме  $V$  равна:

$$W = \int_V dW = \int_V |\psi|^2 dV .$$

Уравнение Шредингера для частицы в потенциальном ящике, которая движется вдоль оси  $x$ :

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0 .$$

Вероятность обнаружения частицы в интервале от  $x_1$  до  $x_2$  равна:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} |\psi(x)|^2 dx .$$

Собственные значения энергии  $E_n$  микрочастицы, находящейся на энергетическом уровне с номером  $n$  в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме, определяется выражением:

$$E = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2m\ell^2} \quad (n = 1, 2, 3).$$

Соответствующая уровню  $n$  собственная волновая функция имеет вид:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{\ell}} \sin \frac{n\pi}{\ell} x .$$

## 10. Элементы ядерной физики

Основную массу ядра составляют нуклоны: протоны и нейтроны. Количество протонов в ядре определяет его зарядовое число  $Z$ , а также заряд ядра, равный  $+Ze$ ,  $e$  – величина заряда электрона. Число нуклонов обозначается буквой  $A$  и называется массовым числом ядра. Ядро обозначается символом  ${}^A_ZX$ , где  $X$  – символ химического элемента. Число  $N$  нейтронов в ядре равно  $N=A-Z$ .

*Энергия связи* – это разность между энергией всех свободных нуклонов, составляющих ядро, и их энергий в ядре:

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

где  $m_p$ ,  $m_n$ ,  $m_{я}$  – соответственно массы протона, нейтрона и ядра.

Мерой энергии связи ядра служит величина  $\Delta m$ , называемая *дефектом массы*:

$$\Delta m = E_{св} / c^2, \quad \Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{я}.$$

Радиоактивный распад подчиняется *правилам смещения*, которые являются следствием законов сохранения заряда и массовых чисел.

1. При  $\alpha$  - распаде  ${}_Z X^A \rightarrow {}_{Z-2} Y^{A-4} + {}_2 \text{He}^4$  зарядовое число дочернего ядра на 2 единицы, а массовое число на 4 единицы меньше, чем у исходного ядра.

2. При электронном  $\beta$  - распаде  ${}_Z X^A \rightarrow {}_{Z+1} Y^A + {}_{-1} e^0 + \tilde{\nu}$  получается элемент, массовое число ядра которого не меняется, так как масса электрона мала, а заряд увеличивается на единицу. Наряду с электроном испускается также антинейтрино  $\tilde{\nu}$  – электрически нейтральная частица, обладающая массой покоя, близкой к нулю.

3. При  $\gamma$  - излучении превращения элементов не происходит, изменяется только внутренняя энергия возбужденного дочернего ядра  ${}_Z Y^{A*}$ :  ${}_Z Y^{A*} \rightarrow {}_Z Y^A + h\nu$ .

*Закон радиоактивного распада:*

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

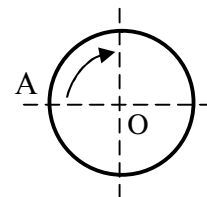
где  $N_0$  – начальное число нераспавшихся ядер (в момент времени  $t=0$ ),  $N$  – число нераспавшихся ядер в момент времени  $t$ ,  $\lambda$  – постоянная радиоактивного распада.

*Период полураспада*  $T_{1/2}$  – время, за которое исходное число распавшихся ядер уменьшается вдвое. Период полураспада связан с постоянной распада  $\lambda$  соотношением:  $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda$ .

## УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ

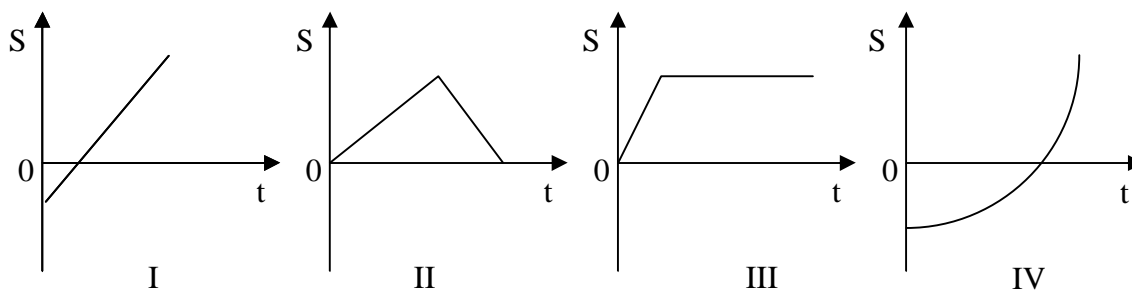
### 1. Механика

1. Модуль перемещения материальной точки, начавшей двигаться по окружности из точки А и совершившей за 2,5 с 2,5 полных оборота, равен:



- 1)  $5\pi R$ ;    2)  $2R$ ;    3) 0;    4)  $R$ ;    5)  $2,5\pi R$ .

2. Возможная зависимость пройденного пути от времени представлена на графиках:



- 1) I, II, III;    2) II, III;    3) I, II, IV;  
4) I, IV;    5) III.

3. Движение материальной точки по окружности с постоянной по величине скоростью следует считать:

- 1) равноускоренным движением;  
2) равномерным движением;  
3) движением с переменным ускорением;  
4) движением, при котором  $\mathbf{a}=\text{const}$ ;  
5) движением, при котором  $\mathbf{V}=\text{const}$ .

4. Какая из перечисленных физических величин имеет размерность  $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$  ?

- 1) сила;    2) ускорение;    3) скорость;  
4) импульс;    5) момент силы.

5. Если тело, начавшее двигаться равноускоренно из состояния покоя, за первую секунду движения проходит путь  $S$ , то за четвертую секунду оно пройдет путь:

- 1)  $4S$ ;    2)  $8S$ ;    3)  $7S$ ;    4)  $5S$ ;    5)  $3S$ .

6. Если равнодействующая всех сил, действующих на равноускоренно двигающееся тело, в некоторый момент времени стала равна нулю, то, начиная с этого момента, тело:

- 1) будет продолжать двигаться с неизменным ускорением;
- 2) будет двигаться равнозамедленно;
- 3) будет двигаться с постоянной скоростью;
- 4) практически мгновенно остановится;
- 5) может двигаться произвольным образом.

7. Если мяч, брошенный вертикально вверх, упал на землю через три секунды, то величина скорости мяча в момент падения равна:

- 1) 5 м/с;    2) 10 м/с;    3) 15 м/с;    4) 20 м/с;    5) 30 м/с.

8. Тело брошено с некоторой начальной скоростью под углом к горизонту. С учетом сопротивления воздуха ускорение тела в верхней точке траектории составит:

- 1)  $a < g$ ;                      2)  $a = g$ ;                      3)  $a > g$ ;
- 4)  $a = 0$ ;                      5) нет верного ответа.

9. Законы Ньютона применимы для описания движения тел:

- 1) в инерциальных и неинерциальных системах отсчета;
- 2) только в инерциальных системах отсчета;
- 3) только при движении со скоростями много меньшими скорости света в любых системах отсчета;
- 4) в инерциальных системах отсчета при движении со скоростями много меньшими скорости света;
- 5) в любых системах отсчета и при движении тел с любой скоростью.

10. Тело массы  $m$  движется под действием силы  $F$ . Если массу тела уменьшить в 2 раза, а силу увеличить в 2 раза, то модуль ускорения тела:

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

11. Единица измерения импульса в системе СИ имеет вид:

- 1)  $\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;    2)  $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ ;    3)  $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;    4)  $\text{Н} \cdot \text{м}^{-1}$ ;    5)  $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ .

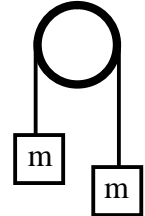
12. Тело обладает кинетической энергией  $E_k = 100$  Дж и импульсом  $P = 40$  кг·м/с. Чему равна масса тела ?

- 1) 1 кг;    2) 2 кг;    3) 4 кг;    4) 8 кг;    5) 16 кг.

13. Какова мощность двигателя, совершающего работу 240 Дж за 120 секунд ?

- 1) 2 Вт;                      2) 8 Вт;                      3) 28,8 Вт;  
4) 480 Вт;                    5) 1 Вт.

14. Через невесомый блок на нерастяжимых и невесомых нитях подвешены два одинаковых груза. Система приводится в движение за счет направленного вертикально вверх легкого толчка по правому грузу. Сила натяжения нити в движущейся системе равна:



- 1) 0;                              2)  $mg/2$ ;                      3)  $mg$ ;  
4)  $3mg/2$ ;                      5)  $2mg$ .

15. Работа, затрачиваемая на подъем тела массой 2 кг на высоту 50 м над поверхностью Земли с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , равна:

- 1) 800 Дж;                      2) 400 Дж;                      3) 1600 Дж;  
4) 1200 Дж;                      5) 2000 Дж.

16. Точка движется вдоль оси X по закону  $X=5+4t-2t^2$  м. Координата, в которой скорость точки обращается в нуль, равна:

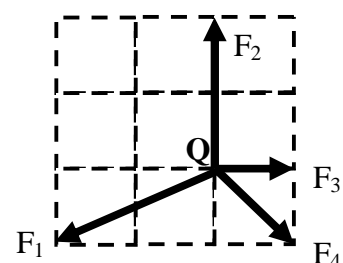
- 1) 5 м;                      2) 10 м;                      3) 7 м;                      4) -10 м;                      5) -5 м.

17. При каких условиях выполняется закон сохранения импульса в системе взаимодействующих тел ?

- 1) векторная сумма внешних сил равна нулю;  
2) сумма работ внешних сил равна нулю;  
3) сумма моментов внешних сил равна нулю;  
4) выполняется при любых условиях;  
5) среди ответов нет правильного.

18. Если на покоящуюся материальную точку Q начинают одновременно действовать силы  $F_1, F_2, F_3, F_4$ , то точка Q:

- 1) начнет двигаться в направлении силы  $F_1$ ;  
2) начнет двигаться в направлении силы  $F_2$ ;  
3) начнет двигаться в направлении силы  $F_3$ ;  
4) начнет двигаться в направлении силы  $F_4$ ;  
5) останется в состоянии покоя.



19. Укажите неверное утверждение:

- 1) все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой;



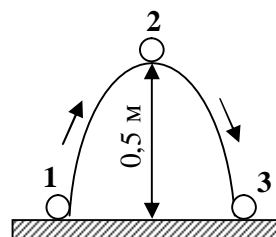


4) физическая величина, определенная скалярным произведением  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{R}$ .

26. В каком случае преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея?

- 1)  $v \ll c$ ;            2)  $v \leq c$ ;            3)  $v > c$ ;  
 4)  $v \geq c$ ;            5) правильного ответа нет.

27. На рисунке изображено движение спортивного ядра массой 7,26 кг из положения 1 в положение 3. Чему равна механическая работа при перемещении ядра из положения 1 в положение 3? Трением пренебречь.



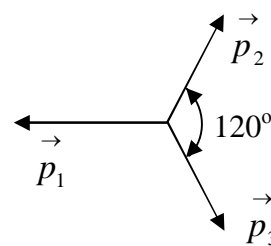
- 1) 72,6 Дж;            2) 36,3 Дж;  
 3) 3,63 Дж;            4) 0.

28. Снаряд в полете разделился на две части, массы которых соотносятся между собой как  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2}$ . Каково отношение изменений

потенциальных энергий этих частей  $\frac{\Delta E_1}{\Delta E_2}$  при их падении на Землю?

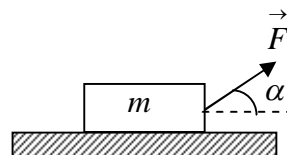
- 1)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ;            2) 2;            3)  $\sqrt{2}$ ;            4)  $\frac{1}{2}$ .

29. Снаряд разорвался на три осколка, разлетевшихся под углами  $120^\circ$  друг к другу. Соотношение между модулями импульсов:  $p_1 > p_2 = p_3$ . В каком направлении двигался снаряд?



- 1)  $\rightarrow$ ;            2)  $\leftarrow$ ;            3) снаряд покоился.

30. На рисунке изображено равномерное движение бруска массой  $m$  по горизонтальной поверхности под действием силы  $\vec{F}$ . Коэффициент трения скольжения равен  $\mu$ . Модуль силы трения равен:



- 1)  $\mu(mg - F \sin \alpha)$ ;            2)  $F \cos \alpha$ ;  
 3)  $mg \cos \alpha$ ;            4)  $\mu(mg + F \sin \alpha)$ .

31. Человек, стоящий на вращающейся скамье Жуковского, повернул длинный шест из вертикального положения в горизонтальное. Как

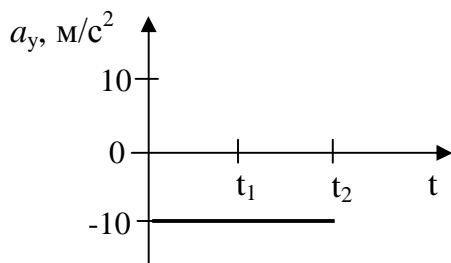
изменились при этом а) угловая скорость скамьи; б) кинетическая энергия данной системы ?

- 1) а) увеличивается, б) увеличивается;
- 2) а) уменьшается, б) уменьшается;
- 3) а) увеличивается, б) уменьшается;
- 4) а) уменьшается, б) увеличивается ;
- 5) а) уменьшается, б) не изменяется;
- 6) а) не изменяется, б) уменьшается;
- 7) а) увеличивается, б) не изменяется;
- 8) а) не изменяется, б) не изменяется;
- 9) а) не изменяется, б) увеличивается.

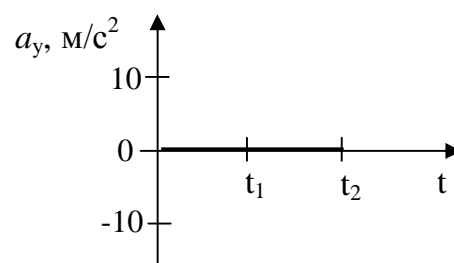
32. Материальная точка движется по окружности радиуса  $R$  с постоянной по модулю скоростью. Период обращения точки по окружности равен  $T$ . Точка пройдет по окружности путь, равный  $\pi R$ , за время:

- 1)  $2T$ ;
- 2)  $T/2$ ;
- 3)  $T/2\pi$ ;
- 4)  $T/\pi$ .

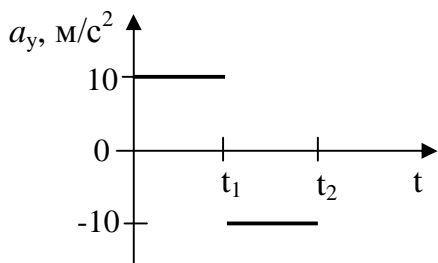
33. Небольшой предмет бросили вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$  и проследили за его движением до момента падения на землю. Какой график – 1, 2, 3 или 4 – правильно отражает зависимость проекции ускорения тела  $a_y$  от времени движения  $t$  ? Сопротивлением воздуха пренебречь.



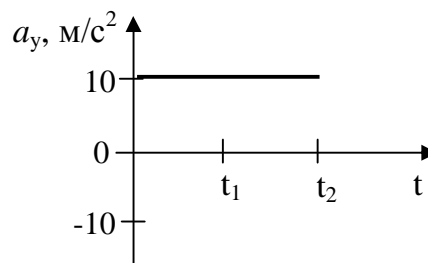
**1**



**2**



**3**



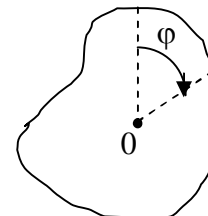
**4**

- 1) 3;
- 2) 4;
- 3) 1;
- 4) 2.

34. Две материальные точки движутся по окружностям радиусами  $R_1=R$  и  $R_2=3R$  с одинаковой угловой скоростью. Отношение модулей центростремительных (нормальных) ускорений  $a_2/a_1$  равно:

- 1) 9;      2) 3;      3) 1/3;      4)  $\sqrt{3}$ .

35. Движение тела с неподвижной осью задано уравнением  $\varphi = 2t - 4t^3$  ( $\varphi$  – в рад.,  $t$  – в с). Начало движения при  $t=0$ . Положительные углы отсчитываются в направлении стрелки, изображенной на рисунке. В каком направлении вращается тело в момент времени  $t=0,5$  с ?



- 1) по часовой стрелке;      2) против часовой стрелки;  
3) тело остановилось.

36. Как изменится момент инерции свинцового цилиндра относительно его оси, если цилиндр сплющить в диск ?

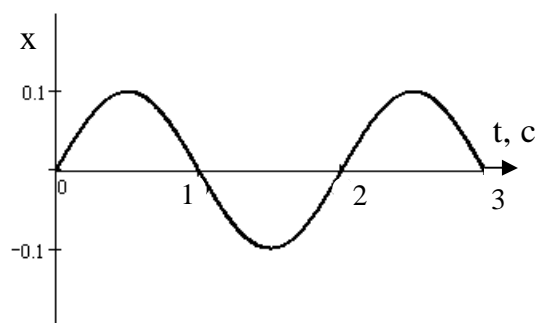
- 1) увеличится;      2) уменьшится;      3) не изменится.

37. На общую вертикальную ось насажены два диска массами  $m_1=2$  кг и  $m_2=4$  кг и радиусами  $r_1=0,5$  м и  $r_2=0,3$  м. Вращения дисков задаются уравнениями:  $\varphi_1=2t$ ,  $\varphi_2 = -1,5t$  ( $\varphi$  – в рад.,  $t$  – в с ). Верхний диск падает и сцепляется с нижним. Трение в оси пренебрежимо мало. Определить направление вращения дисков.

- 1) в сторону вращения верхнего диска;      2) диски остановятся;  
3) в сторону вращения нижнего диска.

## 2. Колебания и волны

1. Найдите амплитуду, период и частоту колебаний груза на пружине с жесткостью 40 Н/м, если график колебаний изображен на рисунке. Какова масса груза ?



- 1) 0,05м, 1с, 1Гц, 6,4 кг;  
2) 0,1м, 2с, 0,5Гц, 4,05 кг;  
3) 0,1м, 1с, 1Гц, 12,7 кг;  
4) 0,05м, 2с, 0,5Гц, 6,4 кг;  
5) 0,05м, 3с, 0,33Гц, 12,7 кг.

2. Какие колебания называются гармоническими?

- 1) колебания, в которых колеблющаяся величина меняется по закону синуса или косинуса;  
2) колебания, в которых колеблющаяся величина меняется по экспоненциальному закону;

3) это колебания, в которых амплитуда колебаний убывает с течением времени;

4) это колебания, в которых амплитуда колебаний увеличивается с течением времени;

5) это колебания, в которых амплитуда колебаний меняется по гиперболическому закону.

3. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси ОХ, имеет вид  $\xi=0,01\sin(10^3t-2x)$ . Период равен:

- 1) 2 мс;                      2) 1 мс;                      3) 6,28 мс.

4. Ускорение свободного падения на Луне равно  $1,7 \text{ м/с}^2$ . Каким будет период колебаний математического маятника на Луне, если на Земле он равен 1с? Зависит ли ответ от массы?

- 1) 1 с, зависит;                      2) 2,4 с, зависит;                      3) 2,4 с, не зависит;  
4) 1 с, не зависит;                      5) 1,7 с, не зависит.

5. Груз массой 400г совершает колебания на пружине жесткостью 250 Н/м. Амплитуда колебаний 15 см. Найдите полную механическую энергию колебаний и наибольшую скорость груза.

- 1) 2,8 Дж, 3,75 м/с;                      2) 3,75 Дж, 2,8 м/с;                      3) 4 Дж, 2 м/с;  
4) 2 Дж, 4 м/с;                      5) 1,5 Дж, 3 м/с.

6. Изменение амплитуды при затухающих колебаниях записывается как:

- 1)  $A=A_0\cos \omega t$ ;                      2)  $A=A_0\sin \omega t$ ;                      3)  $A=A_0e^{-\delta t}$ ;  
4)  $A=A_0e^{\delta t}$ ;                      5)  $A=A_0e^{\delta T}$ .

7. Физический смысл коэффициента затухания:

1) это величина, численно равная времени, в течение которого амплитуда колебаний увеличивается в  $e$  раз;

2) это величина, обратная времени, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в  $e$  раз;

3) это величина, численно равная времени, в течение которого амплитуда колебаний увеличивается в 2 раза;

4) это величина, численно равная времени, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в 2 раза;

5) это величина, численно равная времени, в течение которого амплитуда колебаний увеличивается в  $1/2$  раза.

8. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

- 1)  $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$ ;

- 2)  $\ddot{x} + 2\delta \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ ;  
 3)  $\ddot{x} + 2\delta \dot{x} + \omega_0^2 x = (F_0 / m) \cos \Omega t$ ;  
 4)  $\ddot{x} + 2\delta \dot{x} + \omega_0^2 x = F_0 \cos \Omega t$ ;  
 5)  $\ddot{x} + 2\delta \dot{x} = F_0 \cos \Omega t$   
 ( $F_0$  – амплитуда вынуждающей силы).

9. Уменьшение амплитуды колебаний в системе с затуханием характеризуется временем релаксации. Если при неизменном коэффициенте сопротивления среды увеличить в 2 раза массу грузика на пружине, то время релаксации:

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

10. По поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью 6 м/с. Каковы период и частота колебаний, если длина волны 3 м ?

- 1) 0,5 с, 2 Гц;    2) 2 с, 0,5 Гц;    3) 1 с, 0,5 Гц;  
 4) 0,5 с, 1 Гц;    5) 1 с, 1 Гц.

11. Резонанс это:

- 1) резкое увеличение амплитуды колебаний при приближении частоты вынужденных колебаний к частоте собственных колебаний;  
 2) резкое уменьшение амплитуды колебаний при условии, что частота собственных колебаний, совпадает с частотой вынужденных колебаний;  
 3) резкое увеличение амплитуды колебаний при условии, что возрастает частота собственных колебаний;  
 4) резкое уменьшение амплитуды колебаний при условии, что уменьшается частота собственных колебаний;  
 5) резкое увеличение амплитуды колебаний при условии, что возрастает частота вынужденных колебаний.

12. Два одноклассника качаются на разных качелях – длиной  $l_1 = 3$  м и  $l_2 = 5$  м. Каким будет отношение периодов колебаний качелей  $\frac{T_1}{T_2}$  ?

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

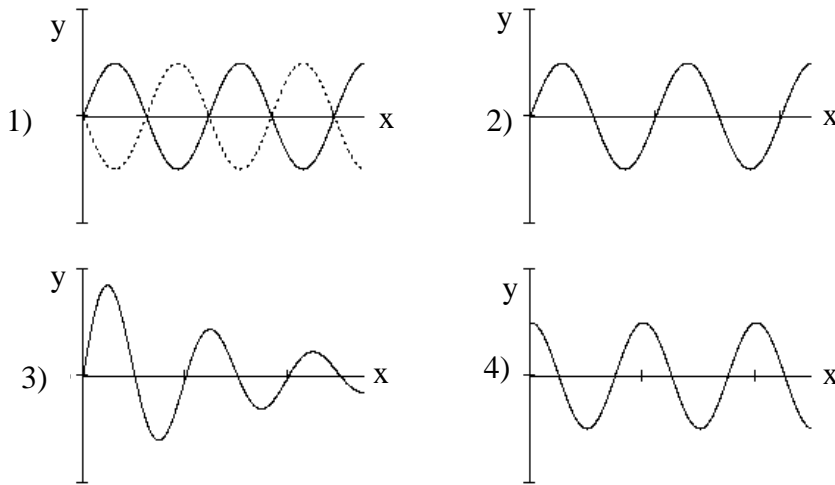
13. Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси ОХ, имеет вид  $\xi = 0,01 \sin(10^3 t - 2x)$ . Укажите единицу измерения волнового числа.

- 1) 1/с;      2) с;      3) м;      4) 1/м.

14. Длина стоячей волны равна:

- 1) длине бегущей волны,  $\lambda_{ст}=\lambda_{б}$ ;  
 2) половине длины бегущей волны,  $\lambda_{ст}=\lambda_{б}/2$ ;  
 3) 2 длинам бегущей волны,  $\lambda_{ст}=2\lambda_{б}$ ;  
 4) 1/3 длины бегущей волны,  $\lambda_{ст}=\lambda_{б}/3$ ;  
 5) 3 длинам бегущей волны,  $\lambda_{ст}=3\lambda_{б}$ .

15. График стоячей волны.



- 1) 1;      2) 2;      3) 3;      4) 4.

16. Материальная точка колеблется по закону  $x=A\cos\omega t$ . Определите скорость, ускорение и квазиупругую силу.

- 1)  $v = -A\omega \sin \omega t$ ,  $a = -A\omega^2 \cos \omega t$ ,  $F = -kA \cos \omega t$ ;  
 2)  $v = A\omega \sin \omega t$ ,  $a = A\omega^2 \cos \omega t$ ,  $F = kA \cos \omega t$ ;  
 3)  $v = -A\omega \cos \omega t$ ,  $a = -A\omega^2 \sin \omega t$ ,  $F = -kA \sin \omega t$ ;  
 4)  $v = A\omega \cos \omega t$ ,  $a = A\omega^2 \sin \omega t$ ,  $F = kA \sin \omega t$ ;  
 5)  $v = -A\omega \sin \omega t$ ,  $a = -A\omega^2 \sin \omega t$ ,  $F = -kA \sin \omega t$ .

17. Биения – это колебания, описываемые следующим уравнением:

- 1)  $x = 2A \cos(\Delta\omega t/2)\cos\omega t$ ;      2)  $x = 2A \cos(\omega t/2)\cos \omega t$ ;  
 3)  $x = A \cos(\omega t + \alpha)$ ;      4)  $x = A \exp(-\delta t)\cos(\omega t + \alpha)$ ;  
 5)  $x = 2A \cos Kx \cos \omega t$ .

18. Для экспериментального определения скорости звука человек встал на расстоянии 45 м от стены и хлопнул в ладоши. В момент хлопка включился электронный секундомер, который выключился отраженным

звуком. Время, отмеченное секундомером, равно 0,27 с. Чему примерно равна скорость звука ?

- 1) 300000 км/с;      2) 500 м/с;      3) 333 м/с;      4) 100 м/с.

19. Какова частота колебаний при распространении звуковой волны в среде, если скорость звука в этой среде  $v=500$  м/с, а длина волны  $\lambda=2$  м ?

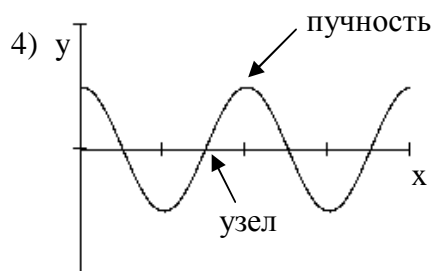
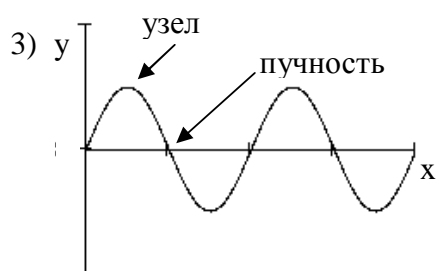
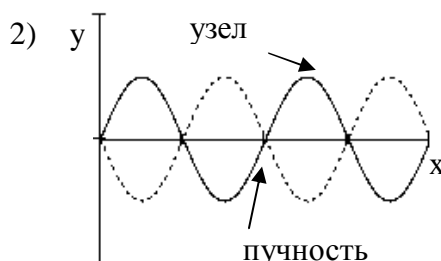
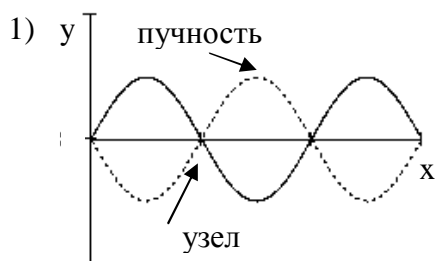
- 1) 1000 Гц;      2) 250 Гц;      3) 100 Гц;      4) 25 Гц.

20. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой  $A=4$  см и периодом  $T=2$  с. Если смещение точки в момент времени, принятый за начальный, равно 2 см, то точка колеблется в соответствии с уравнением (в СИ):

1)  $x = 0,04 \sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ ;      2)  $x = 0,04 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3}\right)$ ;

3)  $x = 0,04 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ ;      4)  $x = 0,04 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ .

21. Показать на графике стоячей волны узел и пучность.



- 1) 1;      2) 2;      3) 3;      4) 4.

### 3. Молекулярная физика. Термодинамика

1. Если в закрытом сосуде среднеквадратичная скорость молекул идеального газа увеличивается на 10%, то давление этого газа:

- 1) уменьшается в 1,7 раза;      2) увеличивается в 1,7 раза;





10. Чему равно число степеней свободы, приходящееся на вращательное движение молекулы  $\text{H}_2\text{O}$  ?

- 1) 0;            2) 2;            3) 3;            4) 6;            5) 1.

11. При нагревании газа на 1 К при постоянном давлении его объем увеличился на 0,005 первоначального. При какой температуре находился газ?

- 1)  $T = 100 \text{ К}$ ;            2)  $T = 200 \text{ К}$ ;            3)  $T = 250 \text{ К}$ ;  
4)  $T = 400 \text{ К}$ ;            5)  $T = 500 \text{ К}$ .

12. Молекула азота движется со скоростью  $v = 500 \text{ м/с}$ . Определить импульс этой молекулы.

- 1)  $2,33 \cdot 10^{-23} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ ;            2)  $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ ;  
3)  $1 \cdot 10^{-23} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ ;            4)  $0,23 \cdot 10^{-23} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ .

13. Укажите неверное утверждение:

1) термодинамика – раздел физики, изучающий общие свойства макроскопических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и процессы перехода между этими состояниями;

2) термодинамическая система – совокупность макроскопических тел, которые взаимодействуют и обмениваются энергией как между собой, так и с телами внешней среды;

3) температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы;

4) термодинамический процесс – это любое изменение в термодинамической системе, связанное с изменением хотя бы одного из ее термодинамических параметров;

5) термодинамическими параметрами являются:  $T, P, V, m, v$ .

14. Укажите неверное выражение для уравнения состояния идеального газа:

- 1)  $P = nkT$ ;            2)  $PV/T = \text{const}$ ;            3)  $P = mRT/\mu$ ;  
4)  $PV = m RT/\mu$ ;            5)  $P = \rho RT/\mu$ .

15. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул равна:

- 1)  $E = ikT/2$ ;            2)  $\bar{E} = 3kT/2$ ;            3)  $\Delta U = ivRT/2$ ;  
4)  $\Delta U = 3vRT/2$ ;            5)  $\Delta \bar{U} = 0$ .

16. Найдите неверное выражение для адиабатического процесса:

- 1)  $PV^\gamma = \text{const}$ ;            2)  $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ ;            3)  $\gamma = C_p/C_v$  ;

4)  $A = -\Delta U$ ;                      5)  $Q = \Delta U$ .

17. Работа в изотермическом процессе равна:

1)  $A = \nu R \Delta T$ ;            2)  $A = \nu RT \ln V_1/V_2$ ;            3)  $A = P(V_2 - V_1)$ ;

4)  $A = -C_{\nu\mu} \nu \Delta T$ ;    5) правильного ответа нет.

18. Число Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  имеет в системе СИ единицы измерения:

1) моль;                      2) кг моль<sup>-1</sup>;            3) м<sup>-3</sup>;

4) моль<sup>-1</sup>;                      5) моль кг<sup>-1</sup>.

19. Молярная масса кислорода  $\mu = 0,032$  кг/моль. Чему равна масса одной молекулы кислорода ?

1)  $5,3 \cdot 10^{-26}$  кг;            2)  $8,1 \cdot 10^{-26}$  кг;            3)  $16,2 \cdot 10^{-26}$  кг;

4)  $32,3 \cdot 10^{-26}$  кг;            5)  $48,5 \cdot 10^{-26}$  кг.

20. Во сколько раз отличаются среднеквадратичные скорости молекул двух различных идеальных газов, если масса их молекул различается в 4 раза, а температура газов одинакова?

1) в 2 раза;            2) в 4 раза;            3) в 16 раз;            4) в 8 раз;

5) одинаковы.

21. Какая температура соответствует среднеквадратичной скорости молекул кислорода  $v = 400$  м/с ?

1) 411 К;    2) 104 К;    3) 205 К;    4) 309 К;    5) 515 К.

22. Если в открытом сосуде увеличить абсолютную температуру газа на 25%, то концентрация молекул газа (газ считать идеальным) изменится:

1) уменьшится на 25%;            2) увеличится на 25%;

3) уменьшится на 50%;            4) уменьшится на 20%;

5) увеличится на 20%.

23. Как изменилась средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при увеличении абсолютной температуры газа в 2 раза?

1) увеличилась в 16 раз;            2) увеличилась в 4 раза;

3) увеличилась в 2 раза;            4) уменьшилась в 2 раза;

5) не изменилась.

24. Если в двух сосудах находятся разные идеальные газы, причем концентрация молекул первого газа в 2 раза меньше концентрации молекул второго, а давление первого в 3 раза больше давления второго, то отношение абсолютных температур газов  $T_1/T_2$  равно:

1) 6;            2) 3;            3) 2/3;            4) 3/2;            5) 2.

25. Распределение Больцмана для внешнего потенциального поля имеет вид:

1)  $n = n_0 e^{-E_{п}/kT}$ ;    2)  $n = n_0 e^{E_{п}/kT}$ ;    3)  $p = p_0 e^{E_{п}/kT}$ ;    4)  $N = N_0^{-mg/kT}$ .

26. Эффективным диаметром молекулы называется:

- 1) путь, который проходят молекулы между двумя последовательными столкновениями;
- 2) расстояние, которое проходят молекулы за 1 секунду;
- 3) минимальное расстояние, на которое могут сблизиться при столкновении центры двух молекул;
- 4) среднее число столкновений, испытываемых одной молекулой газа за 1 секунду.

27. При осуществлении какого изопроцесса увеличение абсолютной температуры идеального газа в 2 раза приводит к увеличению объема газа тоже в 2 раза?

- 1) изобарного;                      2) изохорного;                      3) изотермического;
- 4) адиабатного;                      5) при осуществлении любого процесса.

28. Какая часть количества теплоты, сообщенной одноатомному газу в изобарном процессе, идет на увеличение внутренней энергии и какая часть на совершение работы?

- 1) 0,5 и 0,5;                      2) 0,4 и 0,6;                      3) 0,6 и 0,4.

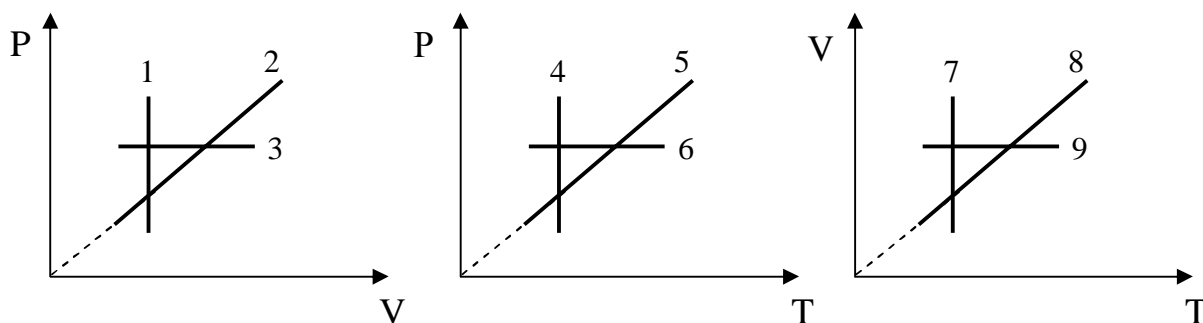
29. Внутренняя энергия некоторого газа 55 МДж, причем на долю энергии вращательного движения приходится 22 МДж. Сколько атомов в молекуле данного газа ?

- 1) 3;                      2) 5;                      3) 6.

30. Молекулы какого из перечисленных газов, входящих в состав воздуха, в состоянии термодинамического равновесия обладают наибольшей средней арифметической скоростью ?

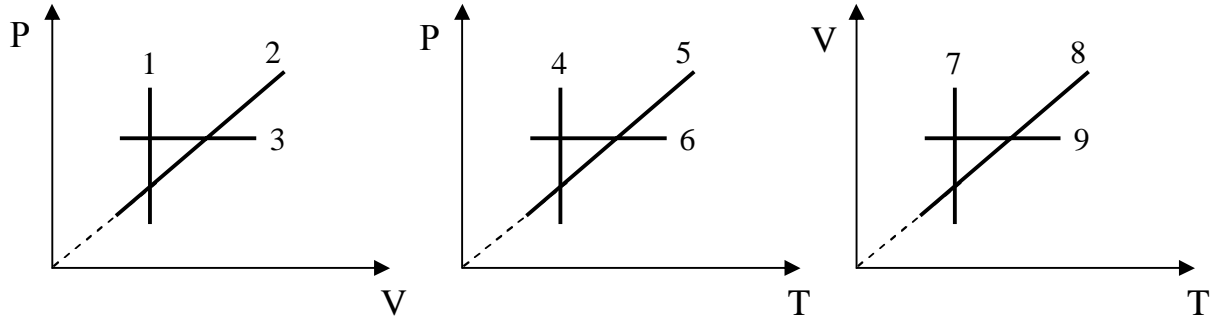
- 1)  $N_2$ ;                      2)  $O_2$ ;                      3)  $H_2$ ;                      4)  $CO_2$ .

31. Какие графики на рисунке представляют изохорный процесс ?



- 1) 2, 4, 7;      2) 1, 5, 9;      3) 3, 6, 8;      4) 1, 4, 7;  
5) нет верной комбинации.

32. Какие графики на рисунке представляют изотермический процесс?



- 1) 2, 4, 7;      2) 1, 5, 9;      3) 3, 6, 8;      4) 1, 4, 7;  
5) нет верной комбинации.

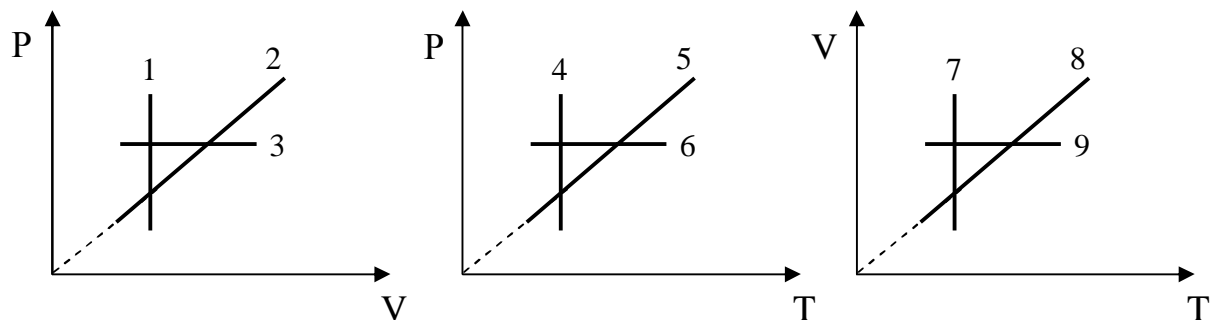
33. Какой из указанных газов при комнатной температуре имеет наибольшую удельную теплоемкость?

- 1)  $O_2$ ;      2)  $H_2$ ;      3) He;      4) Ne;      5)  $I_2$ .

34. Газ, расширяясь, переходит из одного и того же состояния с объемом  $V_1$  до объема  $V_2$ : а) изобарно, б) адиабатно, в) изотермически. В каких процессах газ совершает наименьшую и наибольшую работы?

- 1) а, б;      2) а, в;      3) б, а;      4) в, а;      5) б, в.

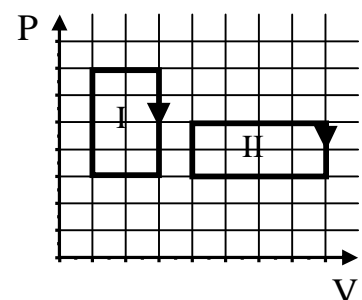
35. Какие графики на рисунке представляют изобарный процесс?



- 1) 2, 4, 7;      2) 1, 5, 9;      3) 3, 6, 8;      4) 1, 4, 7;  
5) нет верной комбинации.

36. Сравнить работы, совершаемые газом в циклических процессах I и II, изображенных на рисунке.

- 1)  $I > II$ ;      2)  $I < II$ ;      3)  $I = II$ .



37. Какой процесс в газе происходит без изменения внутренней энергии ?

- 1) изохорный;                      2) изобарный;  
3) изотермический;              4) адиабатный.

#### 4. Электростатика

1. От каких параметров зависит ёмкость проводника?

- 1) от заряда;  
2) от потенциала;  
3) от напряжения;  
4) от силы тока;  
5) от геометрических параметров проводника, от окружающей проводник среды.

2. Единица измерения ёмкости:

- 1) А/м<sup>2</sup>;    2) Кл/В;    3) В/Ом;                      4) В/м;    5) Кл/м<sup>2</sup>.

3. Ёмкость плоского конденсатора:

- 1)  $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$ ;                      2)  $C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln(r_2 / r_1)}$ ;                      3)  $C = \epsilon\epsilon_0 \frac{S}{d}$ ;  
4)  $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$ ;                      5)  $C = \frac{q}{\varphi}$ .

4. Ёмкость проводника:

- 1) численно равна величине заряда, который нужно сообщить, чтобы увеличить потенциал проводника на единицу;  
2) численно равна силе тока, проходящего через единицу поверхности в единицу времени;  
3) прямо пропорциональна напряжению проводника и обратно пропорциональна сопротивлению;  
4) численно равна силе тока, проходящего через расположенную перпендикулярно к направлению движения носителей тока площадку dS к величине этой площадки;  
5) численно равна произведению силы тока на сопротивление проводника.

5. Энергия электрического поля конденсатора:

- 1)  $W = \frac{CU^2}{2}$ ;                      2)  $W = \epsilon\epsilon_0 \frac{E^2}{2V}$ ;                      3)  $W = \epsilon\epsilon_0 \frac{E^2}{2Sd}$ ;

4)  $W = \frac{ED}{2}$ ;                      5)  $W = \frac{C\phi^2}{2}$ .

6. Дипольный момент равен:

1)  $p = mv$ ;                      2)  $p = F/s$ ;                      3)  $p = ql$ ;                      4)  $P = \chi\epsilon_0 E$ .

7. Определить общую емкость данного смешанного соединения.

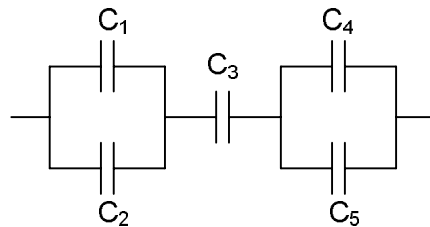
1)  $C = \frac{1}{C_1 + C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4 + C_5}$ ;

2)  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1 + C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4 + C_5}$ ;

3)  $C = \frac{1}{C_1 + C_2} + C_3 + \frac{1}{C_4 + C_5}$ ;

4)  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1 + C_2} + C_3 + \frac{1}{C_4 + C_5}$ ;

5)  $C = C_1 + C_2 + \frac{1}{C_3} + C_4 + C_5$ .



8. Какова емкость конденсатора с площадью пластин  $1\text{см}^2$ , расстоянием между ними  $0,1\text{ мм}$  и диэлектрической проницаемостью диэлектрика  $\epsilon = 10^4$ ?

1)  $88,5 \cdot 10^{-9}\text{ Ф}$ ;                      2)  $8,85 \cdot 10^{-9}\text{ Ф}$ ;                      3)  $4,41 \cdot 10^{-9}\text{ Ф}$ ;  
4)  $44,1 \cdot 10^{-9}\text{ Ф}$ ;                      5)  $1,0 \cdot 10^{-9}\text{ Ф}$ .

9. Формула связи между диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и электрической восприимчивостью  $\chi$  диэлектрика:

1)  $\chi = 1 + \epsilon$ ;                      2)  $\epsilon = 1 - \chi$ ;                      3)  $\epsilon = -1 - \chi$ ;  
4)  $\epsilon = 1 + \chi$ ;                      5)  $1 = \epsilon - \chi$ .

10. Единицы измерения напряженности в системе СИ нельзя представить в:

1) В/м;                      2) В;                      3) Н/Кл;                      4)  $\text{кг}\cdot\text{м}/(\text{с}^2 \cdot \text{Кл})$ .

11. Плоский конденсатор, размеры которого велики по сравнению с расстоянием между его обкладками, присоединен к источнику постоянного тока. Будут ли меняться заряд конденсатора, напряжение на нем и напряженность электрического поля между обкладками конденсатора, если заполнить пространство между ними диэлектриком?

1)  $q$  – меняется;                       $E = \text{const}$ ;                       $U = \text{const}$ ;  
2)  $q$  – меняется;                       $E$  – меняется;                       $U$  – меняется;

- |                         |                      |                      |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| 3) $q = \text{const}$ ; | $E$ – меняется;      | $U$ – меняется;      |
| 4) $q = \text{const}$ ; | $E$ – меняется;      | $U = \text{const}$ ; |
| 5) $q = \text{const}$ ; | $E = \text{const}$ ; | $U = \text{const}$ . |

## 12. Вектор поляризуемости:

- 1) численно равен суммарному дипольному моменту единицы

объема диэлектрика  $\frac{\sum_{i=1}^N \vec{p}_i}{V}$ ;

- 2) численно равен векторной сумме дипольных моментов молекул

$$\sum_{i=1}^N \vec{p}_i ;$$

- 3) численно равен алгебраической сумме зарядов  $\sum_{i=1}^N q_i$ ;

- 4) численно равен алгебраической сумме зарядов в единице объема

$$\frac{\sum_{i=1}^N q_i}{V} ;$$

- 5) численно равен векторной сумме зарядов  $\sum_{i=1}^N \vec{q}_i$ .

## 13. Диэлектрики называются неполярными:

- 1) если в отсутствие внешнего поля молекулы диэлектрика обладают дипольным моментом  $\vec{p} \neq 0$ ;

- 2) если в отсутствие внешнего поля диэлектрики обладают зарядом;

- 3) если в отсутствие внешнего поля диэлектрики не имеют заряда;

- 4) если в отсутствие внешнего поля диэлектрики обладают напряженностью;

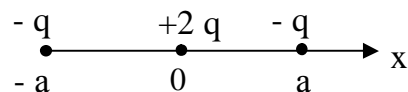
- 5) если в отсутствие внешнего поля молекулы диэлектрика не обладают дипольным моментом  $\vec{p} = 0$ .

## 14. Чему равна полная электрическая энергия системы, состоящей из $N$ заряженных проводников?

$$1) W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N q_i \varphi_i ; \quad 2) W = \sum_{i=1}^N q_i \varphi_i ; \quad 3) W = \sum_{i=1}^N C_i \varphi_i ;$$

$$4) W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N C_i \varphi_i; \quad 5) W = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{\varphi_i}.$$

15. Чему равен дипольный момент  $P$  системы зарядов, представленной на рисунке ?

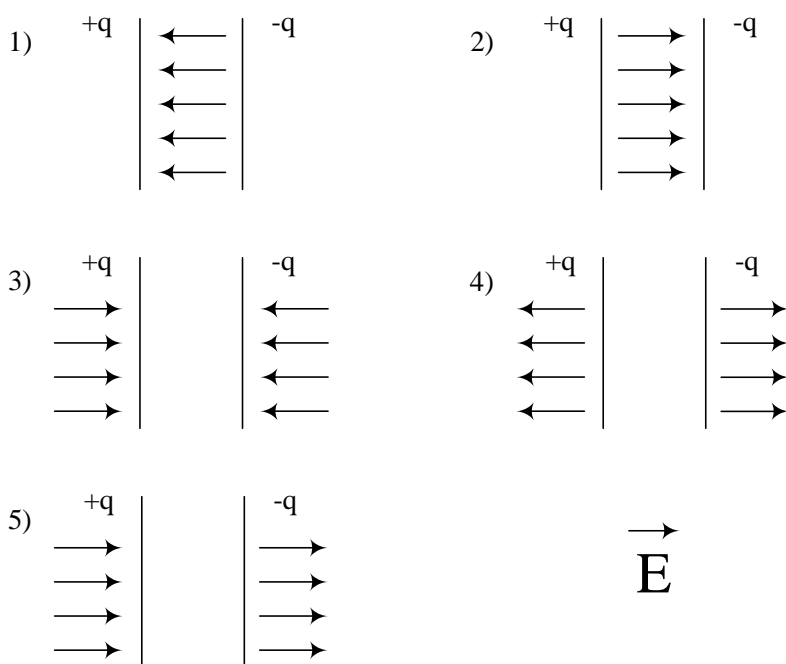


- 1)  $P = 0$ ;                      2)  $P = -3qa\epsilon_x$ ;  
 3)  $P = 2qa\epsilon_x$ ;              4)  $P = -2qa\epsilon_x$ ;              5)  $P = qa\epsilon_x$ .

16. Единицу измерения физической величины, которую в системе СИ можно представить как Дж/В<sup>2</sup>, называют:

- 1) кулон;                      2) ампер;                      3) ньютон;  
 4) фарад;                      5) ом.

17. Как направлено электрическое поле в конденсаторе ?



- 1) 1;                      2) 2;                      3) 3;                      4) 4;                      5) 5.

18. От каких факторов зависит емкость конденсатора?

- 1) от геометрической формы, размеров обкладок конденсатора, от расстояния между обкладками, от диэлектрической проницаемости среды;  
 2) от геометрической формы обкладок конденсатора;  
 3) от заряда;  
 4) от напряжения;  
 5) от заряда и напряжения.



19. Во сколько раз изменится сила кулоновского отталкивания двух маленьких бусинок с одинаковыми зарядами, если, не изменяя расстояния между ними, перенести две трети заряда с первой бусинки на вторую ?

- 1) увеличится в 1,8 раза;                      2) не изменится;  
 3) увеличится в 2,8 раз;                      4) уменьшится в 2,8 раза;  
 5) уменьшится в 1,8 раза.

20. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 3 раза?

- 1) увеличится в 3 раза;                      2) уменьшится в 3 раза;  
 3) увеличится в 9 раз;                      4) уменьшится в 9 раз;  
 5) не изменится.

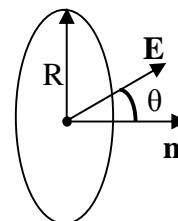
21. Два заряженных проводящих шара, радиусы которых  $R_1=20$  см и  $R_2=30$  см, а потенциалы  $\varphi_1=100$  В и  $\varphi_2=150$  В соединили тонким проводом. Каковы будут потенциалы шаров  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  после соединения ?

- 1)  $\varphi_1 = 120$ В,  $\varphi_2 = 130$ В;                      2)  $\varphi_1 = \varphi_2 = 120$ В;  
 3)  $\varphi_1 = \varphi_2 = 130$ В;                      4)  $\varphi_1 = 130$ В,  $\varphi_2 = 120$ В;  
 5)  $\varphi_1 = \varphi_2 = 125$ В.

22. Два точечных заряда одинаковой величины  $q$  находятся на расстоянии  $a$  друг от друга. Куда следует поместить точечный заряд  $q'$  на прямой, проходящей через заряды  $q$ , чтобы система находилась в равновесии ? Найти величину  $q'$ .

- 1) в середину отрезка, соединяющего оба заряда;  $q' = \frac{q}{4}$ ;  
 2) в середину отрезка, соединяющего оба заряда;  $q' = -\frac{q}{4}$ ;  
 3) на расстоянии  $a$  от каждого из зарядов;  $q' = q \frac{\sqrt{2}}{2}$ ;  
 4) на расстоянии  $a$  от каждого из зарядов;  $q' = -q \frac{\sqrt{2}}{2}$ ;  
 5) на расстоянии  $a\sqrt{2}$  от каждого из зарядов;  $q' = q$ .

23. Найти поток  $\Phi$  вектора  $\mathbf{E}$  однородного электрического поля через круг радиуса  $R$ , вектор нормали  $\mathbf{n}$  которого образует с направлением вектора  $\mathbf{E}$  угол  $\theta$ .



- 1)  $\Phi = E\pi R^2$ ;                      2)  $\Phi = E\pi R^2 \sin(\theta)$ ;  
 3)  $\Phi = E\pi R^2 \cos(\theta)$ ;                      4)  $\Phi = 0$ .

24. Укажите выражение, неверно отражающее связь между напряженностью и потенциалом в данной точке поля:

- 1)  $E = -\text{grad}\varphi$ ;                      2)  $E = -\frac{d\varphi}{dr}$ ;                      3)  $E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ ;  
 4)  $E = -\left(i\frac{\partial\varphi}{\partial x} + j\frac{\partial\varphi}{\partial y} + k\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)$ ;                      5)  $E = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{d}$ .

25. В вершинах квадрата расположены четыре одинаковых положительных заряда. Один из них создает в центре квадрата напряженность  $E_0$ . Чему равна по модулю напряженность, создаваемая всеми четырьмя зарядами?

- 1)  $2\sqrt{2}E_0$ ;                      2)  $\sqrt{2}E_0$ ;                      3) 0;                      4)  $4E_0$ ;                      5)  $2E_0$ .

26. Металлическая нить заряжена с постоянной плотностью заряда  $\tau$ . Укажите неверное утверждение:

- 1) напряженность электрического поля убывает при удалении от заряженной нити, создающей поле;  
 2) напряженность электрического поля зависит от свойств среды, в которой находится нить;  
 3) напряженность электрического поля увеличивается при удалении от заряженной нити, создающей поле;  
 4) напряженность электрического поля пропорциональна линейной плотности распределения заряда.

27. Укажите направление вектора напряженности в точке А, если электрическое поле создается двумя одинаковыми по модулю, но противоположными по знаку зарядами  $q_+$  и  $q_-$ :



- 1)  $\downarrow$ ;                      2)  $\uparrow$ ;                      3) напряженность равна нулю;  
 4)  $\rightarrow$ ;                      5)  $\leftarrow$ .

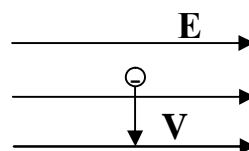
28. Напряженность электрического поля в пространстве между пластинами плоского конденсатора в вакууме равна 40 В/м, расстояние между пластинами 2 см. Каково напряжение между пластинами конденсатора ?

- 1) 2000 В;                      2) 80 В;                      3) 20 В;                      4) 0,8 В;                      5) 0,05 В.

29. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины в общей точке, находятся в равновесии. Как изменится равновесный угол между нитями, если длину нитей и заряд шарика удвоить? Шарики принять за материальные точки.

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

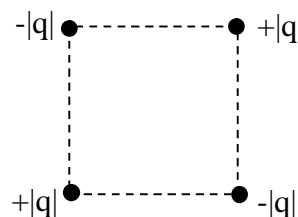
30. Сила, действующая на электрон, движущийся в однородном электрическом поле, в тот момент, когда вектор скорости электрона перпендикулярен силовым линиям, как показано на рисунке, направлена:



- 1) вправо по направлению  $\mathbf{E}$ ;                      2) влево против направления  $\mathbf{E}$ ;  
 3) вниз по направлению  $\mathbf{V}$ ;                      4) вверх против направления  $\mathbf{V}$ ;  
 5) перпендикулярно чертежу от нас.

31. Точечные заряды расположены в вершинах квадрата. Как они взаимодействуют?

- 1) стягиваются к центру;  
 2) расходятся от центра;  
 3) остаются в равновесии.



32. Три точечных положительных заряда  $+|q|$  расположены в вершинах равностороннего треугольника, в центре которого находится заряд  $-|q|$ . Как они взаимодействуют?

- 1) стягиваются к центру;                      2) расходятся;  
 3) остаются в равновесии.

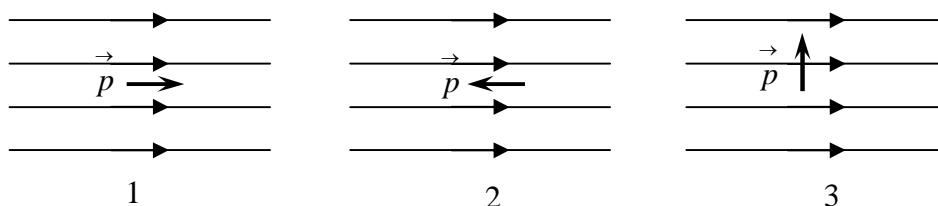
33. От чего зависит диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  полярных газообразных диэлектриков: а) от дипольных моментов молекул; б) от температуры; в) от напряженности электрического поля; г) от концентрации молекул ?

- 1) а, б, в, г;                      2) а, б, в;                      3) а, б;  
 4) а, б, г;                      5) а, в.

34. В центре воображаемой сферы находится точечный заряд. Изменится ли поток вектора  $\mathbf{E}$  сквозь эту поверхность, если: а) добавить заряд за пределами сферы; б) изменить радиус сферы ( $\epsilon=1$ )?

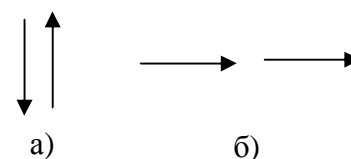
- 1) да, да;                      2) нет, нет;                      3) да, нет;                      4) нет, да.

35. При какой ориентации электрический диполь в однородном электрическом поле находится в состоянии устойчивого равновесия ?



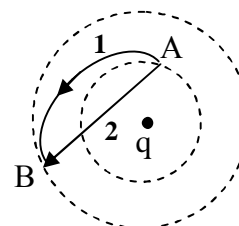
- 1) 1;                      2) 2;                      3) 3.

36. На рисунке стрелками изображены дипольные моменты молекул. Как взаимодействуют молекулы ?



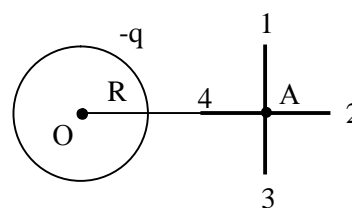
- 1) а) притягиваются, б) притягиваются;  
 2) а) отталкиваются, б) отталкиваются;  
 3) а) притягиваются, б) отталкиваются;  
 4) а) отталкиваются, б) притягиваются.

37. Поле создано точечным зарядом  $q$ . Пробный заряд перемещают из точки  $A$  в точку  $B$  по двум различным траекториям. Верным является утверждение:



- 1) работа в обоих случаях одинакова и равна нулю;  
 2) наибольшая работа совершается при движении по траектории 1;  
 3) работа в обоих случаях одинакова и **не** равна нулю;  
 4) наибольшая работа совершается при движении по траектории 2.

38. Поле создано равномерно заряженной сферической поверхностью с зарядом  $-q$ . Укажите направление вектора градиента потенциала в точке  $A$ .



- 1) А – 4;    2) А – 1;    3) А – 3;    4) А – 2.

## 5. Постоянный ток

1. Постоянный ток определяется по формуле:

- 1)  $I = q/t$ ;                      2)  $I = q/S$ ;                      3)  $I = U/R$ ;  
 4)  $I = j/S$ ;                      5)  $I = qt$ .

2. Сила постоянного тока в металлическом проводнике:

- 1)  $I = nev$ ;                      2)  $I = NevS$ ;                      3)  $I = nevS$ ;

$$4) I = jvS; \quad 5) I = jevS$$

( $n$  – концентрация заряженных частиц,  $e$  – заряд электрона,  $v$  – скорость,  $S$  – площадь поперечного сечения,  $N$  – число заряженных частиц в объеме  $V$ ,  $j$  – плотность тока).

3. Какой длины надо взять железную проволоку площадью поперечного сечения  $2 \text{ мм}^2$ , чтобы её сопротивление было таким же, как сопротивление алюминиевой проволоки длиной  $1 \text{ км}$  и сечением  $4 \text{ мм}^2$ ? Удельное сопротивление железа  $\rho = 0,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ , а алюминия  $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

- 1)  $40 \text{ м}$ ;    2)  $70 \text{ м}$ ;    3)  $100 \text{ м}$ ;    4)  $140 \text{ м}$ ;    5)  $180 \text{ м}$ .

4. Медный проводник, имеющий сопротивление  $10 \text{ Ом}$ , разрезали на  $5$  одинаковых частей и эти части соединили параллельно. Определите сопротивление этого соединения.

- 1)  $0,2 \text{ Ом}$ ;    2)  $0,4 \text{ Ом}$ ;    3)  $2 \text{ Ом}$ ;  
4)  $10 \text{ Ом}$ ;    5)  $50 \text{ Ом}$ .

5. Правила Кирхгофа:

$$1) \sum_{i=1}^N \pm I_i = 0, \quad \sum_{i=1}^N \pm I_i R_i = \sum_{i=1}^N \pm \varepsilon_i;$$

$$2) \sum_{i=1}^N \pm I_i = 1, \quad \sum_{i=1}^N \pm I_i R_i = 1;$$

$$3) \sum_{i=1}^N \pm I_i U_i = \sum_{i=1}^N \pm \varepsilon_i, \quad \sum_{i=1}^N R_i = 0;$$

$$4) \sum_{i=1}^N U_i R_i = 0, \quad \sum_{i=1}^N I_i = 0.$$

6. Закон Джоуля – Ленца:

$$1) I = \frac{U}{R}; \quad 2) R = \frac{\rho l}{S}; \quad 3) Q = \frac{U^2}{R} t;$$

$$4) Q = IU; \quad 5) Q = qU.$$

7. Как зависит сопротивление металлического проводника от температуры?

- 1) уменьшается;    2) увеличивается;    3) не зависит;  
4) вначале увеличивается, затем уменьшается;  
5) вначале уменьшается, затем увеличивается.

8. Закон Ома в дифференциальной и интегральной форме для неоднородного участка цепи:

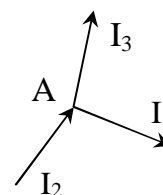
- 1)  $\vec{j} = \sigma[\vec{E} + \vec{E}^*], \quad I = \frac{U}{R};$
- 2)  $\vec{j} = \sigma[\vec{E} + \vec{E}^*], \quad I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R + r};$
- 3)  $\vec{j} = \sigma \vec{E}, \quad I = \frac{U}{R};$
- 4)  $\vec{j} = \sigma \vec{E}, \quad I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R + r};$
- 5)  $I = \frac{U}{R}, \quad I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R + r}.$

9. Единица измерения удельного сопротивления проводника:

- 1) Ом;
- 2) В/А;
- 3) Ом·м;
- 4) Кл;
- 5) В/м.

10. Дан узел. Запишите уравнение по I правилу Кирхгофа.

- 1)  $-I_1 + I_2 - I_3 = 0;$
- 2)  $I_1 + I_2 - I_3 = 0;$
- 3)  $I_1 - I_2 - I_3 = 0;$
- 4)  $I_1 + I_2 + I_3 = 0;$
- 5)  $-I_1 - I_2 - I_3 = 0.$



11. При замыкании источника электрического тока на сопротивление 5 Ом по цепи течет ток силой 5 А, а при замыкании на сопротивление 2 Ом сила тока составляет 8 А. Найдите внутреннее сопротивление источника.

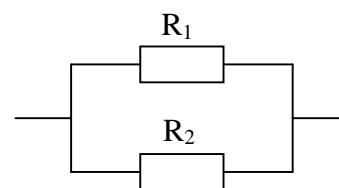
- 1) 3 Ом;
- 2) 6 Ом;
- 3) 9 Ом;
- 4) 12 Ом;
- 5) 15 Ом.

12. Закон Ома в дифференциальной форме для однородного участка цепи запишется как:

- 1)  $\vec{j} = \sigma \vec{E};$
- 2)  $\vec{j} = \rho \vec{E};$
- 3)  $\vec{j} = \sigma[\vec{E} + \vec{E}^*];$
- 4)  $I = \frac{U}{R};$
- 5)  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R + r}.$

13. Для параллельного соединения проводников справедливы следующие соотношения:

- 1)  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}; \quad U = U_1 + U_2; \quad I = I_1 + I_2;$



- 2)  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ;  $U = U_1 = U_2 = \text{const}$ ;  $I = I_1 + I_2$ ;  
 3)  $R = R_1 + R_2$ ;  $U = U_1 + U_2$ ;  $I = I_1 + I_2$ ;  
 4)  $R = R_1 + R_2$ ;  $U = U_1 + U_2$ ;  $I = I_1 = I_2 = \text{const}$ ;  
 5)  $R = R_1 + R_2$ ;  $U = U_1 = U_2 = \text{const}$ ;  $I = I_1 = I_2 = \text{const}$ .

14. Для последовательного соединения проводников справедливы следующие соотношения:



- 1)  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ;  $U = U_1 + U_2$ ;  $I = I_1 + I_2$ ;  
 2)  $R = R_1 + R_2$ ;  $U = U_1 = U_2 = \text{const}$ ;  $I = I_1 + I_2$ ;  
 3)  $R = R_1 + R_2$ ;  $U = U_1 + U_2$ ;  $I = I_1 = I_2 = \text{const}$ ;  
 4)  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ;  $U = U_1 = U_2 = \text{const}$ ;  $I = I_1 + I_2$ ;  
 5)  $R = R_1 - R_2$ ;  $U = U_1 + U_2$ ;  $I = I_1 = I_2 = \text{const}$ .

15. Закон Ома для замкнутой цепи записывается как:

- 1)  $I = \frac{U}{R}$ ; 2)  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon}{R + r}$ ; 3)  $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ ;  
 4)  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R + r}$ ; 5)  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R + r}$ .

16. I закон Фарадея для электролиза записывается как:

- 1)  $m = kIt = kq$ ; 2)  $k = \frac{1}{F} \frac{A}{Z}$ ; 3)  $m = kI$ ;  
 4)  $m = kt$ ; 5)  $m = \frac{k}{F}$

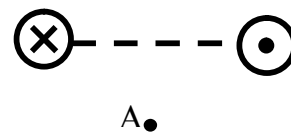
(где  $m$  – масса вещества, выделившегося при электролизе;  $k$  – электрохимический эквивалент;  $F$  – постоянная Фарадея).

17. Полная мощность, выделяемая в цепи, записывается как:

- 1)  $P = IR$ ; 2)  $P = IU^2$ ; 3)  $P = \varepsilon I$ ;  
 4)  $P = IR^2$ ; 5)  $P = \varepsilon R$ .

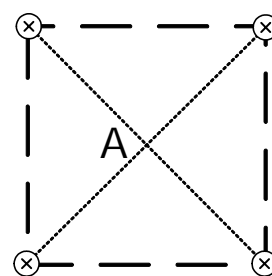
## 5. Электромагнетизм

1. Вектор магнитной индукции поля, созданного двумя параллельными одинаковыми по силе ( $I_1=I_2$ ) прямолинейными токами, но текущими в противоположных направлениях, как показано на рисунке, в т.А будет:



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

2. Суммарная индукция магнитного поля, созданного четырьмя одинаковыми прямолинейными токами  $I$ , расположенными в вершинах квадрата перпендикулярно плоскости чертежа, в точке А равна:



- 1)  $4B$ ;
- 2)  $2\sqrt{2} B$ ;
- 3)  $0,25 B$ ;
- 4)  $4\sqrt{2} B$ ;
- 5)  $0$ .

3. Закон Био-Савара-Лапласа для напряженности магнитного поля в центре кругового тока радиуса  $R$  записывается:

- 1)  $B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R}$ ;
- 2)  $B = \frac{I}{2R}$ ;
- 3)  $H = \frac{I}{2R}$ ;
- 4)  $H = \frac{I}{2\pi R}$ ;
- 5)  $B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi R}$ .

4. Единица измерения физической величины, которую в СИ можно представить как  $\frac{H}{Tл \cdot м}$ , называется:

- 1) Вт;
- 2) Дж;
- 3) В;
- 4) Ом;
- 5) А.

5. Единица измерения физической величины, которую в СИ можно представить как  $\frac{В \cdot с}{А}$  называется:

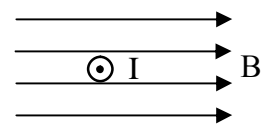
- 1) В;
- 2) Дж;
- 3) Тл;
- 4) Гн;
- 5) Вт.

6. Линейный проводник длиной 60 см при силе тока в нем 3 А находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Если проводник расположен параллельно линиям индукции магнитного поля, то на него действует сила, модуль которой равен:

- 1) 0,18 Н;
- 2) 18,00 Н;
- 3) 2,10 Н;
- 4) 0,30 Н;
- 5) 0,00 Н.



7. Сила Ампера, действующая на проводник с током, расположенный в магнитном поле, как показано на рисунке (перпендикулярно плоскости чертежа, ток течет "на нас"), направлена:



- 1)  $\vec{F}_A \leftarrow \odot$ ;    2)  $\odot \rightarrow \vec{F}_A$ ;    3)  $\vec{F}_A \uparrow \odot$ ;    4)  $\odot \vec{F}_A \downarrow$ ;

5) сила Ампера в этом случае равна нулю.

8. Если угол  $60^\circ$  между вектором магнитной индукции однородного магнитного поля и прямолинейным проводником с током, помещенным в это поле, уменьшить в два раза, то сила Ампера, действующая на проводник:

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

9. Электрон движется со скоростью  $1,76 \cdot 10^6$  м/с в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 5,7 \cdot 10^{-3}$  Тл перпендикулярно полю. Найти период обращения электрона по окружности. Удельный заряд электрона равен  $1,76 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.

- 1)  $2\pi \cdot 10^{-9}$  с;                      2)  $4\pi \cdot 10^{-9}$  с;                      3)  $\frac{\pi}{2} 10^{-9}$  с;  
 4)  $2\pi \cdot 10^{-8}$  с;                      5)  $\pi \cdot 10^{-8}$  с.

10. Если частица с зарядом  $q$  движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$ , то модуль импульса частицы равен:

- 1)  $\frac{qR}{B}$ ;    2)  $\frac{qB}{R}$ ;    3)  $qBR$ ;    4)  $\frac{B}{qR}$ ;    5)  $\frac{R}{qB}$ .

11. Если два электрона с кинетическими энергиями  $W_1$  и  $W_2$  соответственно движутся по окружностям в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, то отношение их периодов обращения  $T_1/T_2$  равно:

- 1)  $\frac{W_1}{W_2}$ ;    2)  $\frac{W_2}{W_1}$ ;    3)  $\sqrt{\frac{W_1}{W_2}}$ ;    4)  $\sqrt{\frac{W_2}{W_1}}$ ;    5) 1.

12. Закон Био-Савара-Лапласа для индукции магнитного поля прямого бесконечно длинного проводника с током записывается:

- 1)  $B = \frac{\mu_0 \mu I}{2a}$ ;                      2)  $B = \frac{I}{2a}$ ;                      3)  $H = \frac{I}{2a}$ ;

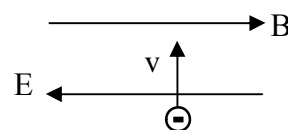
$$4) H = \frac{I}{2\pi a}; \quad 5) B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi a}.$$

13. Чему равна работа, которую надо совершить, чтобы повернуть виток с током  $I$ , имеющий форму квадрата со стороной  $a$ , на угол  $\pi/2$  от положения равновесия в магнитном поле с индукцией  $B$  ?

$$1) A=0; \quad 2) A = Ia^2 B; \quad 3) A = Ia^2 B\sqrt{2};$$

$$4) A = Ia^2 B \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad 5) A = \frac{1}{2} p_m B.$$

14. Электрон, влетевший в область параллельных друг другу и однородных магнитного и электрического полей, направленных в противоположные стороны, перпендикулярно силовым линиям, будет двигаться:



- 1) по окружности с увеличивающейся скоростью;
- 2) по параболе с увеличивающейся скоростью;
- 3) по винтовой линии вправо с растущим шагом винта;
- 4) по винтовой линии влево с растущим шагом винта;
- 5) равномерно и прямолинейно.

15. Теорема Гаусса для магнитного поля запишется как:

$$1) \oint \vec{B} d\vec{S} = \frac{\sum p_i}{\mu\mu_0}; \quad 2) \oint \vec{B} d\vec{S} = 0; \quad 3) \Phi_B = \oint \vec{B} d\vec{S};$$

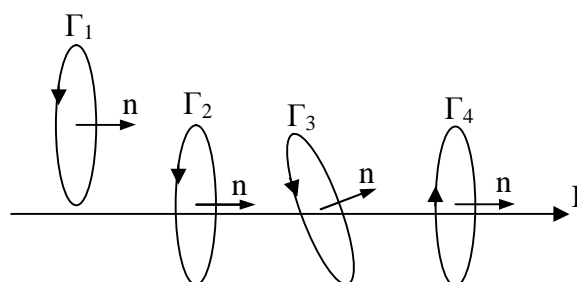
$$4) \Phi_B = \oint \vec{B}_n d\vec{S}; \quad 5) \oint \vec{B} d\vec{S} = \frac{\mu\mu_0 N^2 I}{l} S.$$

16. Если заряженная частица с массой  $m$  и зарядом  $q$  влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $B$  перпендикулярно силовым линиям со скоростью  $v$ , то работа, которую совершит поле над частицей за один полный оборот по окружности, равна:

$$1) mv^2/2; \quad 2) 2\pi qmv^2; \quad 3) 2\pi qBv;$$

$$4) 2\pi qmv^2/qB; \quad 5) 0.$$

17. Контуры  $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_4$  представляют собой окружности радиуса  $R$ . Направление обхода и расположение контуров относительно прямого тока  $I$  показано на рисунке. Найти



циркуляцию вектора магнитной индукции  $B$  вдоль контуров.

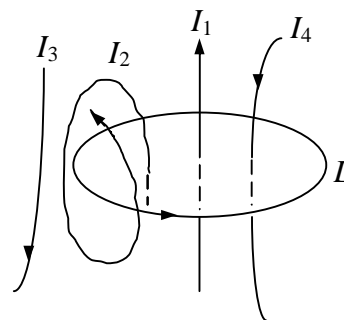
- 1)  $\oint_{\Gamma_1} Bdl = \mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_2} Bdl = \mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_3} Bdl = \mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_4} Bdl = \mu_0 I$ ;
- 2)  $\oint_{\Gamma_1} Bdl = -\mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_2} Bdl = \mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_3} Bdl = \mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_4} Bdl = 0$ ;
- 3)  $\oint_{\Gamma_1} Bdl = 0$ ;  $\oint_{\Gamma_2} Bdl = -\mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_3} Bdl = -\mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_4} Bdl = \mu_0 I$ ;
- 4)  $\oint_{\Gamma_1} Bdl = 0$ ;  $\oint_{\Gamma_2} Bdl = 0$ ;  $\oint_{\Gamma_3} Bdl = 0$ ;  $\oint_{\Gamma_4} Bdl = \mu_0 I$ ;
- 5)  $\oint_{\Gamma_1} Bdl = 0$ ;  $\oint_{\Gamma_2} Bdl = \mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_3} Bdl = \mu_0 I$ ;  $\oint_{\Gamma_4} Bdl = -\mu_0 I$ .

18. Магнитный поток через соленоид, содержащий 500 витков провода, равномерно убывает со скоростью 60 мВб/с. Определить ЭДС индукции в соленоиде.

- 1) 12 В; 2) 15 В; 3) 150 В; 4) 120 В; 5) 30 В.

19. Чему равна циркуляция вектора  $B$  по замкнутому контуру  $L$  для системы токов, изображенных на рисунке ?

- 1)  $\oint_L Bdl = -\mu_0 (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$ ;
- 2)  $\oint_L Bdl = \mu_0 (I_1 + 2I_2 - I_4)$ ;
- 3)  $\oint_L Bdl = \mu_0 (I_1 + I_2 + I_4)$ ;
- 4)  $\oint_L Bdl = \mu_0 (I_1 + I_2 + I_3 - I_4)$ ;
- 5)  $\oint_L Bdl = \mu_0 (I_1 + I_2 - I_4)$ .



20. Прямоугольная рамка площадью  $S$  вращается в однородном вертикальном поле индукции  $B$  с частотой  $\nu$ . Записать закон изменения магнитного потока через рамку в зависимости от времени, если в начальный момент рамка расположена горизонтально:

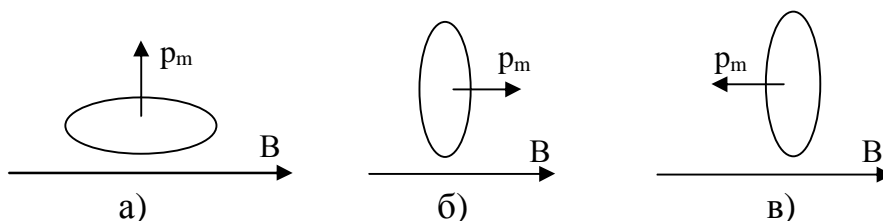
- 1)  $\Phi = BS \cos 2\pi \nu t$ ; 2)  $\Phi = BS \sin 2\pi \nu t$ ; 3)  $\Phi = \frac{B}{S} \cos 2\pi \nu t$ ;

$$4) \Phi = BS \cos \frac{2\pi}{\nu} t; \quad 5) \Phi = BS \sin \frac{2\pi}{\nu} t.$$

21. Линии индукции однородного магнитного поля с индукцией 4 Тл пронизывают рамку под углом  $30^\circ$  к ее плоскости, создавая магнитный поток, равный 1 Вб. Чему равна площадь рамки ?

- 1)  $0,5 \text{ м}^2$ ;      2)  $1,0 \text{ м}^2$ ;      3)  $1,5 \text{ м}^2$ ;  
4)  $2,0 \text{ м}^2$ ;      5)  $4,0 \text{ м}^2$ .

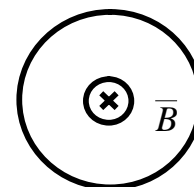
22. Рамка с током, имеющая магнитный момент  $\mathbf{p}_m$ , ориентирована по отношению к внешнему магнитному полю с индукцией  $\mathbf{B}$ , как показано на рисунке. Какое положение рамки является положением устойчивого равновесия? Чему равен момент сил  $N$ , действующий на рамку и ее энергия  $W$  во внешнем магнитном поле?



- 1) **a** - положение устойчивого равновесия;  $W = -p_m B$ ;  $N = 0$ ;  
2) **б, в** - положение устойчивого равновесия; б)  $W = -p_m B$ ;  $N = 0$ ; в)  $W = p_m B$ ;  $N = 0$ ;  
3) **б** - положение устойчивого равновесия  $W = -p_m B$ ;  $N = 0$ ;  
4) **в** - положение устойчивого равновесия  $W = p_m B$ ;  $N = 0$ ;  
5) **a** - положение устойчивого равновесия  $W = -p_m B$ ;  $N = p_m B$ .

23. Проводник, согнутый в виде кольца, помещен в однородное магнитное поле, как показано на рисунке. Индукция поля возрастает со временем. При этом индукционный ток в проводнике имеет направление:

- 1) по часовой стрелке;  
2) против часовой стрелки;  
3) ток в кольце не возникает;  
4) направление тока зависит от сопротивления проводника;  
5) вопрос не имеет смысла.



24. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,1 Тл, равномерно вращается катушка, состоящая из 100 витков проволоки. Площадь поперечного сечения катушки  $100 \text{ см}^2$ . Ось вращения катушки перпендикулярна оси катушки и направлению магнитного поля. Угловая скорость вращения катушки равна 70 рад/с. Максимальная ЭДС, возникающая в катушке равна:

- 1) 7 В;      2) 2 В;      3) 4 В;      4) 8 В;      5) 10 В.

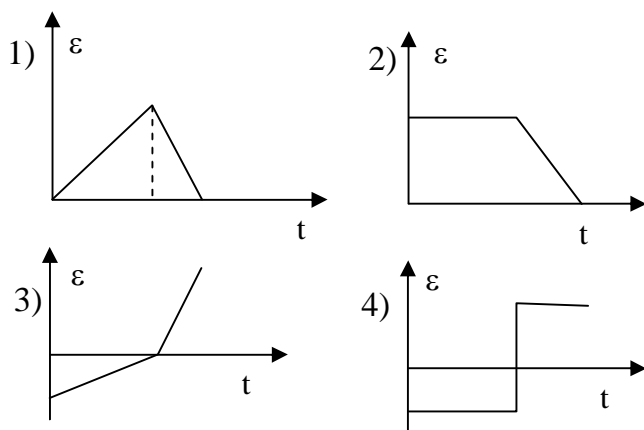
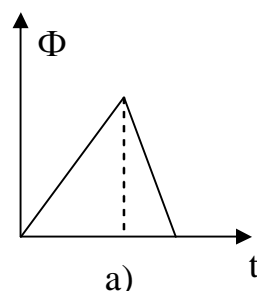
25. Как взаимодействуют два бесконечно длинных прямых проводника с токами, текущими в одном направлении?

- 1) притягиваются; 2) отталкиваются; 3) не взаимодействуют.

26. Чему равна индуктивность катушки, если за 0,5 с ток в цепи изменился от 20А до 5А? При этом ЭДС самоиндукции на концах катушки равна 24 В.

- 1) 0,4 Гн; 2) 1,2 Гн; 3) 0,6 Гн; 4) 0,2 Гн; 5) 0,8 Гн.

27. На графике (а) изображена зависимость магнитного потока, пронизывающего катушку, от времени. Какой из графиков зависимости ЭДС индукции от времени правильный?



- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

28. Энергия магнитного поля соленоида, в котором при токе 10 А возникает магнитный поток в 1 Вб, равна:

- 1) 10 Дж; 2) 5 Дж; 3) 2,5 Дж; 4) 20 Дж;  
5) 25 Дж.

29. Чему равна индуктивность  $L$  соленоида с длиной  $l$  и радиусом  $R$  ( $l \gg R$ ), имеющего  $N$  витков ?

- 1)  $L = \mu_0 N^2 \pi R^2 / l$ ; 2)  $L = \mu_0 \frac{N^2}{l^2} \pi R^2$ ; 3)  $L = \mu_0 N \pi R^2 / l^2$ ;  
4)  $L = \mu_0 N \pi R^2 / l$ ; 5)  $L = \mu_0 N^2 \pi R^2 l$ .

30. При пропускании изменяющегося во времени тока через катушку с сердечником возникает:

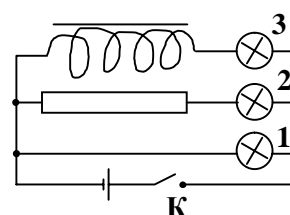
- 1) только переменное магнитное поле;

- 2) только переменное вихревое электрическое поле;
- 3) переменное магнитное и переменное вихревое электрическое поле;
- 4) ни магнитного, ни электрического полей не возникает.

31. В длинный соленоид поместили ферритовый сердечник с магнитной проницаемостью  $\mu$ . Как изменится индуктивность соленоида, если сердечник занимает половину объема соленоида (за счет меньшего поперечного сечения) ?

- 1) уменьшится в 2 раза;
- 2) увеличится в 2 раза;
- 3) уменьшится в  $\mu/2$  раза;
- 4) увеличится в  $\mu/2$  раза;
- 5) не изменится.

32. На рисунке представлена электрическая схема. В какой лампе после замыкания ключа сила тока позже достигнет своего максимального значения ?

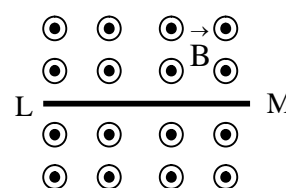


- 1) в 1-й;
- 2) во 2-й;
- 3) в 3-й;
- 4) во всех одновременно.

33. Магнитный поток через замкнутый виток, помещенный в однородное магнитное поле, зависит:

- 1) только от модуля вектора магнитной индукции;
- 2) только от угла между векторами магнитной индукции и плоскостью витка;
- 3) только от площади витка;
- 4) от всех трех факторов, перечисленных в 1-3.

34. На рисунке изображен проводник с током, который помещен в постоянное магнитное поле с индукцией  $\mathbf{B}$ . Укажите правильную комбинацию направления тока в проводнике и вектора силы Ампера.



- 1) ток в направлении L-M; сила Ампера – вверх;
- 2) ток в направлении L-M; сила Ампера – вниз;
- 3) ток в направлении M-L; сила Ампера – от нас;
- 4) ток в направлении M-L; сила Ампера – к нам.

35. Явление гистерезиса, то есть запаздывания изменения индукции магнитного поля в веществе от изменения напряженности внешнего магнитного поля, имеет место:

- 1) в любых веществах;
- 2) в диамагнетиках;

3) в парамагнетиках;

4) в ферромагнетиках.

36. Пять веществ имеют различные относительные магнитные проницаемости  $\mu$ . Диамагнетиком среди этих веществ является вещество с магнитной проницаемостью:

1)  $\mu=1,00023$ ;

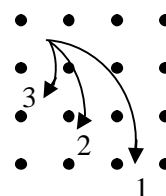
2)  $\mu=1$ ;

3)  $\mu=2000$ ;

4)  $\mu=100$ ;

5)  $\mu=0,9998$ .

37. Ионы, имеющие одинаковые удельные заряды, влетают в однородное магнитное поле. Их траектории приведены на рисунке. Наименьшую скорость имеет ион, движущийся по траектории:



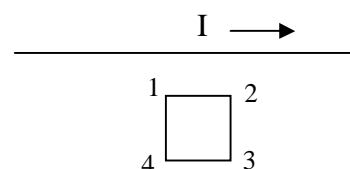
1) 1;

2) 2;

3) 3;

4) характеристики траекторий не зависят от скорости.

38. На рисунке показан длинный проводник с током, в одной плоскости с которым находится небольшая проводящая рамка. При выключении в проводнике тока заданного направления, в рамке:



1) возникает индукционный ток в направлении 4-3-2-1;

2) возникает индукционный ток в направлении 1-2-3-4;

3) индукционный ток не возникает.

39. Плоская проводящая рамка вращается в однородном магнитном поле. Индуцируется ли в рамке ЭДС, если ось вращения: а) параллельна; б) перпендикулярна линиям магнитной индукции?

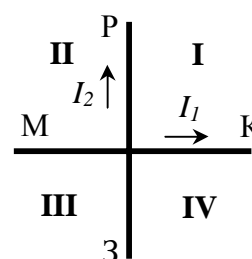
1) да, да;

2) нет, нет;

3) да, нет;

4) нет, да.

40. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника с токами расположены взаимно перпендикулярно в одной плоскости. В каких квадрантах находятся точки, в которых  $\vec{B} = \vec{0}$ ?



1) I, III;

2) II, IV;

3) I, II;

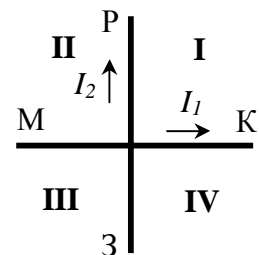
4) III, IV.

41. Вблизи длинного прямолинейного проводника с током  $I$  перпендикулярно ему пролетел электрон. Определить направление магнитной силы  $\vec{F}$ , действующей на электрон.



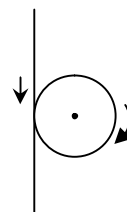
- 1)  $\rightarrow$ ;      2)  $\leftarrow$ ;      3) от нас;      4) к нам;      5)  $F=0$ .

42. Пусть по проводнику МК течет ток  $I_1=8$  А, а по проводнику РЗ – ток  $I_2=2$  А. Определить направление индукции магнитного поля в точках на биссектрисах прямых углов в квадрантах I и II.



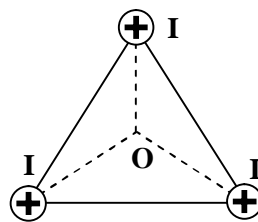
- 1) к нам, от нас;      2) от нас, к нам;  
3) от нас, от нас;      4) к нам, к нам.

43. К бесконечно длинному прямолинейному проводнику с током примыкает круговой виток с таким же током. Как направлена индукция магнитного поля  $\vec{B}$  в центре витка ?



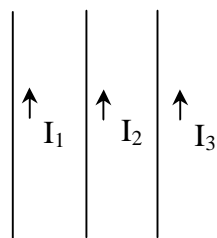
- 1) от нас;      2) к нам;      3)  $\vec{B}=0$ .

44. Три параллельных прямых бесконечно длинных провода с одинаковыми токами проходят через вершины равностороннего треугольника. Как изменится модуль индукции магнитного поля в центре треугольника O, если: а) убрать один провод; б) убрать еще один провод?



- 1) а) увеличивается, б) увеличивается;  
2) а) уменьшается, б) уменьшается;  
3) а) увеличивается, б) уменьшается;  
4) а) уменьшается, б) увеличивается;  
5) а) уменьшается, б) не изменяется;  
6) а) не изменяется, б) уменьшается;  
7) а) увеличивается, б) не изменяется;  
8) а) не изменяется, б) не изменяется;  
9.) а) не изменяется, б) увеличивается.

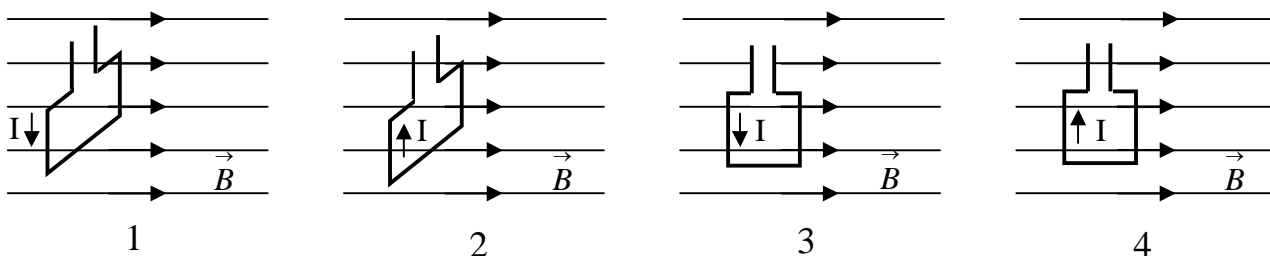
45. Три бесконечно длинных параллельных проводника с токами расположены на равных расстояниях один от другого.  $I_1=1$  А,  $I_2=2$  А,  $I_3=3$  А. Указать направление сил, действующих на проводники с токами  $I_1$  и  $I_2$ .



- 1)  $\rightarrow$ ,  $\leftarrow$ ;      2)  $\leftarrow$ ,  $\leftarrow$ ;      3)  $\leftarrow$ ,  $\rightarrow$ ;  
4)  $\rightarrow$ ,  $\rightarrow$ .



46. В однородном магнитном поле находится рамка с током, которая может поворачиваться без трения вокруг неподвижной оси, перпендикулярной линиям индукции. В положениях 1 и 2 плоскость рамки перпендикулярна линиям индукции, в положениях 3 и 4 – параллельна. В каком положении рамка находится в состоянии устойчивого равновесия ?

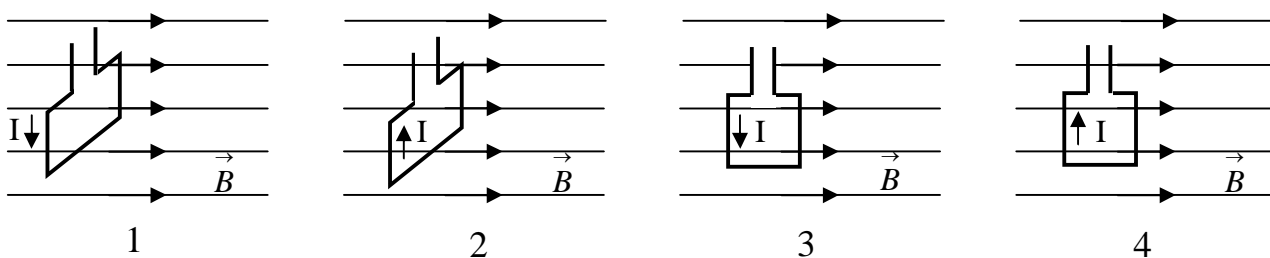


- 1) 1;                      2) 2;                      3) 3;                      4) 4.

47. Играет ли роль тепловое движение в процессах намагничивания газов: а) парамагнетиков; б) диамагнетиков ?

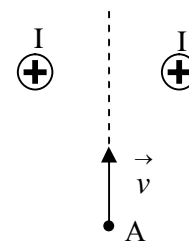
- 1) да, да;                      2) нет, нет;                      3) да, нет;                      4) нет, да.

48. В однородном магнитном поле находится рамка с током, которая может поворачиваться без трения вокруг неподвижной оси, перпендикулярной линиям индукции. В положениях 1 и 2 плоскость рамки перпендикулярна линиям индукции, в положениях 3 и 4 – параллельна. Определить, между какими позициями при повороте рамки работа сил Ампера равна нулю.



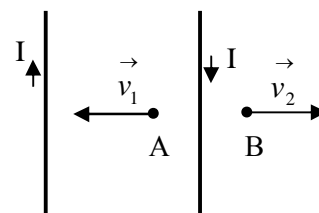
- 1) 1, 2;                      2) 2, 3;                      3) 3, 4;                      4) нет такого случая.

49. В магнитном поле двух бесконечно длинных параллельных прямолинейных проводников с одинаковыми токами пролетает электрон. Как направлена магнитная сила  $\vec{F}$ , действующая на электрон в точке А? Скорость электрона направлена в плоскости симметрии системы проводников, как показано на рисунке.



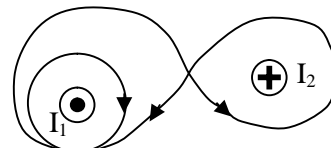
- 1)  $\rightarrow$ ;                      2)  $\leftarrow$ ;                      3) от нас;                      4) к нам;                      5)  $\vec{F}=0$ .

50. В магнитном поле двух параллельных бесконечно длинных проводников с равными и противоположно направленными токами  $I$  пролетают электроны через точки А и В. Указать направления сил, действующих на электроны.



- 1)  $\uparrow, \uparrow$ ;      2)  $\downarrow, \downarrow$ ;      3)  $\uparrow, \downarrow$ ;      4)  $\downarrow, \uparrow$ .

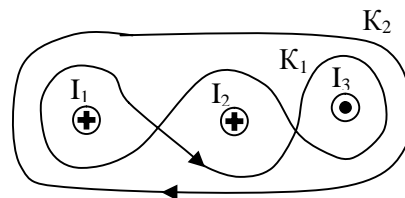
51. Какова циркуляция вектора напряженности магнитного поля по контуру, изображенному на рисунке?  $I_1=I_2=1$  А.



- 1) 1 А;      2) 2 А;      3) 3 А;      4) -1 А;      5) -3 А.

52. Задано  $I_1=I_2=I_3=1$  А. Определить циркуляцию вектора напряженности магнитного поля по контурам  $K_1$  и  $K_2$ .

- 1) 1 А, 1А;      2) 1 А, -1А;  
3) -1 А, 1А;      4) 1 А, -3А;  
5) -1 А, 3А.

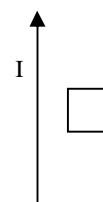


53. Можно ли утверждать, что в проводящем замкнутом контуре всегда возникает индукционный ток, если: а) контур перемещается в магнитном поле, пересекая линии индукции; б) изменяется поток магнитной индукции, сцепленный с контуром?

- 1) да, да;      2) нет, нет;      3) да, нет;      4) нет, да.

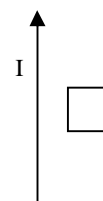
54. Проводящая рамка перемещается в поле бесконечно прямого проводника с током: а) параллельно проводнику, б) вращаясь вокруг проводника таким образом, что проводник все время остается в плоскости рамки на неизменном расстоянии от нее. Индуцируется ли ток в рамке в обоих случаях?

- 1) да, да;      2) нет, нет;      3) да, нет;      4) нет, да.



55. Определить направление силы, действующей на проводящую рамку, если ток в проводнике а) возрастает; б) убывает.

- 1)  $\rightarrow, \rightarrow$ ;      2)  $\leftarrow, \leftarrow$ ;  
3)  $\rightarrow, \leftarrow$ ;      4)  $\leftarrow, \rightarrow$ .



56. Контур площадью  $S=10^{-2} \text{ м}^2$  расположен перпендикулярно к линиям магнитной индукции. Магнитная индукция изменяется по закону  $B=(2+5t^2)$ . Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре, изменяется по закону:

- 1)  $E_i=0,1t$ ;                    2)  $E_i=(2+5t^2)10^{-4}$ ;                    3)  $E_i=10^{-3}t$ .

## 6. Геометрическая, волновая, квантовая оптика. Квантовая механика. Элементы физики атомного ядра

1. Как изменится угол между падающим на плоское зеркало и отраженным лучами при увеличении угла падения на  $10^\circ$  ?

- 1) не изменится;                    3) увеличится на  $10^\circ$ ;  
2) увеличится на  $5^\circ$ ;                    4) увеличится на  $20^\circ$ .

2. Водолаз рассматривает снизу вверх из воды лампу, подвешенную на высоте 1 м над поверхностью воды. Кажущаяся высота лампы:

- 1) 1 м;                    2) больше 1 м;  
3) меньше 1 м;                    4) ответ неоднозначен.

3. Расстояние от карандаша до его изображения в плоском зеркале было равно 50 см. Карандаш отодвинули от зеркала на 10 см. Расстояние между карандашом и его изображением стало равно:

- 1) 40 см;                    2) 50 см;                    3) 60 см;                    4) 70 см.

4. Луч падает перпендикулярно плоскому зеркалу. На какой угол отклонится отраженный луч от падающего, если повернуть зеркало вокруг оси, перпендикулярной лучу, на  $20^\circ$  ?

- 1) на  $20^\circ$ ;                    2) на  $10^\circ$ ;                    3) на  $40^\circ$ ;  
4) нет правильного ответа;  
5) зависит от показателя преломления среды.

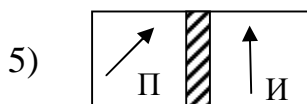
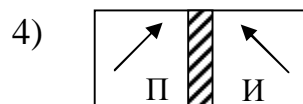
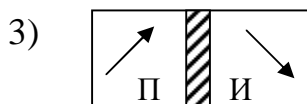
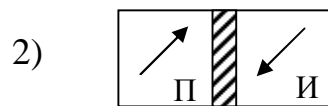
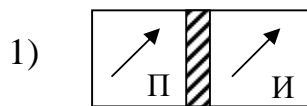
5. Скорость света в стекле с показателем преломления  $n=1,5$  примерно равна:

- 1) 200000 м/с;                    2) 200000 км/с;                    3) 30000 км/с;                    4) 450000 км/с.

6. Что произойдет с длиной волны света при переходе из среды с абсолютным показателем преломления 2 в среду с абсолютным показателем преломления 1,5 ?

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

7. На каком из приведенных ниже рисунков правильно построено изображение (И) предмета (П) в плоском зеркале ?



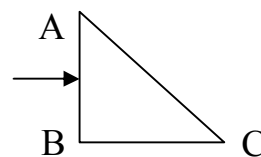
8. Луч света переходит из воздуха в стекло с показателем преломления  $n$ . Какое из следующих утверждений справедливо ?

- 1) длина световой волны и скорость света уменьшились в  $n$  раз;
- 2) длина световой волны и скорость света увеличились в  $n$  раз;
- 3) длина световой волны не изменилась, а скорость света увеличилась в  $n$  раз.

9. Световые волны, пришедшие в данную точку, когерентны, если у них:

- 1) совпадают амплитуды;
- 2) совпадают разности хода;
- 3) постоянна разность амплитуд;
- 4) совпадают частоты или постоянна разность фаз.

10. При исследовании призмы из прозрачного материала оказалось, что если преломляющий угол призмы превышает  $30^\circ$ , то луч, вошедший из воздуха перпендикулярно грани АВ, полностью отражается от грани АС. Чему равен показатель преломления материала призмы ?

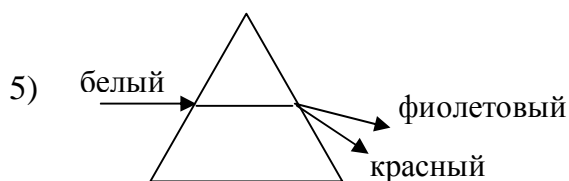
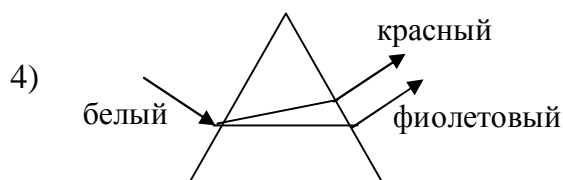
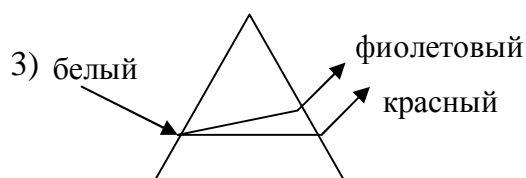
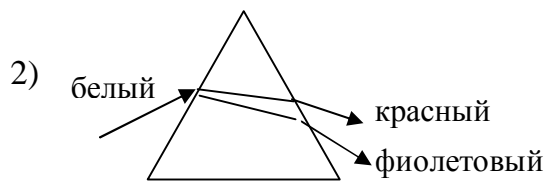
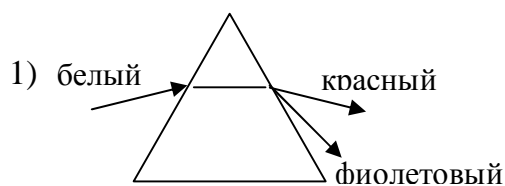


- 1) 0,5;
- 2) 1;
- 3) 1,33;
- 4) 2.

11. При попадании солнечного света на капли дождя образуется радуга. Это объясняется тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, которые каплями воды по-разному:

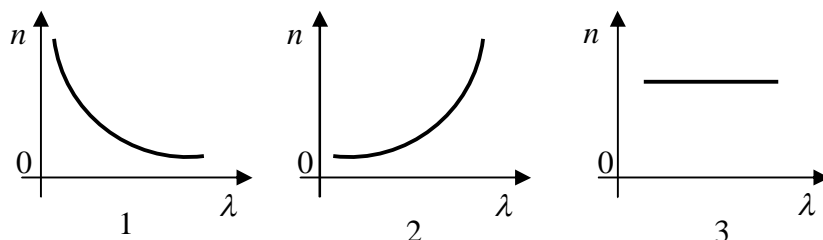
- 1) поглощаются;
- 2) отражаются;
- 3) поляризуются;
- 4) преломляются.

12. Выберите правильный вариант прохождения света через призму при нормальной дисперсии.



1) 1;      2) 2;      3) 3;      4) 4;      5) 5.

13. Зависимость показателя преломления  $n$  вещества от длины световой волны  $\lambda$  при нормальной дисперсии отражена на рисунке:



1) 2;      2) 1;      3) 3.

14. Предельный угол ПВО может быть вычислен по формуле:

1)  $\sin i = n_1/n_2$ ;    2)  $\sin i = n_2/n_1$ ;    3)  $\text{tg } i = n_1/n_2$ ;

4)  $\text{tg } i = n_2/n_1$ ;    5)  $\sin i = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$

(где  $n_1 < n_2$ ).

15. Если угол между отраженным и преломленным лучами при падении света на стеклянную пластинку с показателем преломления  $n=1,5$  оказался равным  $90^\circ$ , то угол падения луча был равен:

- 1)  $\arcsin(2/3)$ ;                      2)  $\arctg(1,5)$ ;                      3)  $\text{arcctg}(1,5)$ ;  
 4)  $\arccos(2/3)$ ;                      5)  $\arctg(2/3)$ .

16. Охарактеризуйте изображение предмета, находящегося на удвоенном фокусном расстоянии от собирающей линзы:

- 1) действительное уменьшенное;  
 2) действительное увеличенное;  
 3) мнимое увеличенное;  
 4) мнимое уменьшенное;  
 5) действительное, равное по размеру предмету.

17. На плоском зеркале лежит плосковыпуклая линза с фокусным расстоянием 25 см. Оптическая сила такой системы равна:

- 1) 8 дптр;                      2) 4 дптр;                      3) 2 дптр;  
 4) -4 дптр;                      5) -8 дптр.

18. Аномальная дисперсия света отвечает условию:

- 1)  $\frac{dn}{d\lambda} < 0$ ;    2)  $\frac{dn}{d\lambda} > 0$ ;    3)  $\frac{dn}{d\lambda} = 0$ ;    4)  $\frac{dn}{d\lambda} \leq 0$ ;    5)  $\frac{dn}{d\lambda} \geq 0$ .

19. Для данного света длина волны в воде 0,46 мкм. Какова длина волны в воздухе ( $n_{\text{вода}} = 1,33$ ) ?

- 1) 0,6 мкм;                      2) 6 мкм;                      3) 0,3 мкм;                      4) 3 мкм.

20. Что такое когерентные волны ?

- 1) это волны с одинаковой длиной волны ( $\lambda_1 = \lambda_2$ );  
 2) это волны с постоянным отношением частот колебаний ( $\nu_1/\nu_2 = \text{const}$ );  
 3) это волны с постоянным отношением длин волн ( $\lambda_1/\lambda_2 = \text{const}$ );  
 4) это волны с одинаковой частотой, разность фаз которых в заданной точке постоянна во времени ( $\nu_1 = \nu_2$ ,  $\Delta\phi = \text{const}$ );

21. Что называется интерференцией света ?

- 1) это наложение когерентных волн, в результате которого в одних точках пространства наблюдаются максимумы интенсивности света, а в других – минимумы;  
 2) это наложение волн, в результате которого в определенных точках пространства максимумы и минимумы гасят друг друга;

3) это наложение когерентных волн, в результате которого наблюдаются в определенных точках пространства максимумы интенсивности, которые периодически заменяются минимумами;

4) это наложение когерентных волн в результате, которого наблюдается интенсивное освещение экрана.

22. Чему равна амплитуда результирующего колебания двух волн, возбуждающих колебания одинаковой направленности ?

- 1)  $A^2 = A_1^2 + A_2^2$ ;                      2)  $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\sigma$ ;  
 3)  $A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos\sigma$ ;                      4)  $A^2 = A_1^2 - A_2^2$ .

23. Чему равна амплитуда результирующего колебания при условии максимума интенсивности света ?

- 1)  $A^2 = (A_1 - A_2)^2$ ;                      2)  $A^2 = (A_1 + A_2)^2$ ;  
 3)  $A^2 = A_1^2 + A_2^2$ ;                      4)  $A^2 = A_1^2 - A_2^2$ .

24. Условие минимумов интенсивности света ( $\lambda_0$  – длина волны в вакууме,  $m=0,1,2,3$ ):

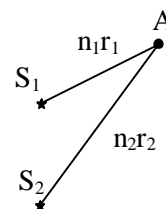
- 1)  $\Delta = \pm(m + \frac{1}{2})\lambda_0$ ;                      2)  $\Delta = \pm m\lambda_0$ ;  
 3)  $\Delta = \pm(m + \frac{1}{2})\lambda_0$ ;                      4)  $\Delta = \pm(m - 1)\lambda_0$ .

25. Условие максимумов интенсивности света ( $\lambda_0$  – длина волны в вакууме,  $m=0,1,2,3$ ):

- 1)  $\Delta = \pm(m + \frac{1}{2})\lambda_0$ ;                      2)  $\Delta = \pm m\lambda_0$ ;  
 3)  $\Delta = \pm(m + \frac{1}{2})\lambda_0$ ;                      4)  $\Delta = \pm(m - \frac{1}{2})\lambda_0$ .

26. Что такое оптическая разность хода  $\Delta$  ?

- 1)  $\Delta = r_2 - r_1$ ;                      2)  $\Delta = r_1 + r_2$ ;  
 3)  $\Delta = n_2r_2 - n_1r_1$ ;                      4)  $\Delta = n_1r_1 + n_2r_2$ .



27. Оптическая разность хода лучей, возникающая при отражении монохроматического света от тонкой пленки ( $d$  – толщина пленки,  $n$  – показатель преломления пленки,  $i_2$  – угол преломления света в пленке):

- 1)  $\Delta = 2dn \cos i_2 + \frac{\lambda}{2}$ ;                      2)  $\Delta = 2d \cos i_2 + \frac{\lambda}{2}$  ;

$$3) \Delta = 2dn \cos i_2; \quad 4) \Delta = 2dn \sin i_2 + \frac{\lambda}{2}.$$

28. Расстояние между темными полосами на экране в опыте Юнга равно 2 мм. Эксперимент проводился с источником фиолетового света. Фиолетовый источник заменили источником красного света, длина волны которого в 1,5 раза больше. Расстояние между темными полосами стало равным:

- 1) 2,5 мм;      2) 4 мм;      3) 6 мм;      4) 1,33 мм;      5) 3 мм.

29. Тонкая пленка, освещенная белым светом вследствие явления интерференции в отраженном свете, имеет зеленый цвет. При уменьшении толщины пленки ее цвет:

- 1) станет синим;      2) не изменится;      3) станет красным.

30. Радиус темных колец Ньютона в отраженном свете ( $k$  – номер кольца,  $R$  – радиус кривизны линзы):

$$1) r_k = \sqrt{(2k-1)R \frac{\lambda}{2}}; \quad 2) r_k = \sqrt{kR\lambda};$$

$$3) r_k = \sqrt{(2k+1)R \frac{\lambda}{2}}; \quad 4) r_k = \sqrt{(k+1)R \frac{\lambda}{2}}.$$

31. Дифракционная решетка содержит 100 штрихов на 1 мм. Найти постоянную дифракционной решетки:

- 1)  $d=1 \cdot 10^{-5}$  м;      2)  $d=1 \cdot 10^{-7}$  м;  
3)  $d=1 \cdot 10^7$  м;      4)  $d=10$  м.

32. Как изменяется вид дифракционного спектра при удалении экрана от решетки ?

- 1) расстояние между максимумами уменьшится;  
2) расстояние между максимумами не изменится;  
3) расстояние между максимумами увеличится.

33. Уравнение главных максимумов дифракционной решетки. Что такое  $d$ ,  $\varphi$ ,  $k$ ,  $\lambda$  ?

$$1) d \cos \varphi = \pm k \lambda$$

$d$  – расстояние между падающими лучами;

$\varphi$  – угол дифракции;

$k$  – показатель преломления;

$\lambda$  – длина волны падающего света;



$$2) d \sin \varphi = \pm k \lambda$$

$d$  – период дифракционной решетки;

$\varphi$  – угол дифракции;

$k$  – порядок спектра;

$\lambda$  – длина волны падающего света;

$$3) d \sin \varphi = \pm k \lambda$$

$d$  – период дифракционной решетки;

$\varphi$  – угол дифракции;

$k$  – волновое число;

$\lambda$  – длина волны падающего света;

$$4) d \sin \varphi = \pm k \lambda$$

$d$  – расстояние между падающими лучами;

$\varphi$  – угол дифракции;

$k$  – волновое число;

$\lambda$  – длина волны падающего света.

34. На дифракционную решетку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет. Период решетки  $d=2$  мкм. Какого наибольшего порядка дифракционный максимум дает эта решетка в случае красного света  $\lambda=0,7$  мкм ?

1)  $k_{\max}=2$ ;

2)  $k_{\max}=3$ ;

3)  $k_{\max}=2,6$ .

35. Дифракционная решетка освещается зеленым светом. При освещении решетки красным светом картина дифракционного спектра на экране:

1) не изменится;

2) исчезнет;

3) расширится;

4) сузится;

5) ответ неоднозначный, так как зависит от параметров решетки.

36. Определить длину волны света для линии в дифракционном спектре третьего порядка, совпадающей с линией в спектре четвертого порядка, для которой длина волны составляет 490 нм.

1) 367,5 нм;

2) 40,9 нм;

3) 653 нм;

4) 490 нм.

37. Чему равна разрешающая способность дифракционной решетки ?

1)  $R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = \frac{k}{N}$ ;

2)  $R = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{k}{N}$ ;

3)  $R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = kN$ ;

4)  $R = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = kN$

( $\Delta\lambda$  – наименьшая разность длин волн для двух соседних спектральных линий ( $\lambda$  и  $\lambda+\Delta\lambda$ );  $N$  – число щелей в решетке;  $k$  – порядок спектра).

38. Закон Брюстера:

1)  $\operatorname{tg}i_1=n_2$ ;                      2)  $\operatorname{tg}i_1=n_1$ ;                      3)  $\operatorname{tg}i_1=n_{2,1}$   
 ( $i_1$  – угол падения, при котором отразившийся от диэлектрика луч полностью поляризуется;  $n_1$  – показатель преломления 1-й среды;  $n_2$  – показатель преломления 2-й среды;  $n_{2,1}$  – относительный показатель преломления второй среды относительно первой).

39. Закон Малюса:

1)  $I=I_0\cos^2\alpha$ ;                      2)  $I_0=I\cos^2\alpha$ ;                      3)  $I=I_0\sin^2\alpha$ ;                      4)  $I_0=I\sin^2\alpha$   
 ( $I_0$  – интенсивность света, падающего на анализатор;  $I$  – интенсивность света, вышедшая из анализатора;  $\alpha$  – угол между направлением колебаний светового вектора волны, падающей на анализатор, и плоскостью пропускания анализатора).

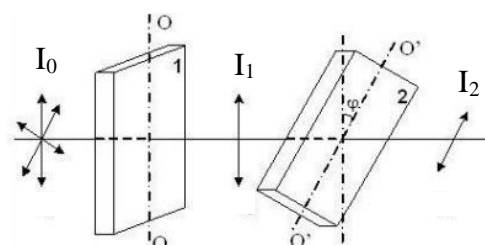
40. Пучок естественного света падает на поверхность стеклянной пластинки, погруженной в жидкость. Отраженный от пластинки пучок света образует угол  $97^\circ$  с падающим пучком. Определить показатель преломления  $n$  жидкости, если отраженный свет максимально поляризован ( $n_{\text{ст}}=1,5$ ).

1) 1,33;                      2) 0,75;                      3) 1;                      4) 1,5;                      5) 1,30.

41. Пучок естественного света проходит через два идеальных поляризатора. Интенсивность естественного света равна  $I_0$ , угол между плоскостями пропускания поляризаторов равен  $\varphi$ . Согласно закону Малюса, интенсивность света после второго поляризатора равна:

1)  $I=I_0/2$ ;                      2)  $I=I_0$ ;                      3)  $I=I_0\cos^2\varphi$ ;                      4)  $I=I_0/2\cos^2\varphi$ .

42. На пути естественного света интенсивностью  $I_0$  помещены две пластинки турмалина. После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован. Если интенсивность  $I_2$  света, прошедшего через обе пластинки, связана с  $I_0$  соотношением  $I_2=I_0/4$ , то угол  $\varphi$  между направлениями  $OO$  и  $O'O'$  равен:



1)  $90^\circ$ ;                      2)  $30^\circ$ ;                      3)  $60^\circ$ ;                      4)  $45^\circ$ .

43. Угол полной поляризации при падении лучей на поверхность некоторой жидкости составляет  $53^\circ$ . Что это за жидкость ?

- 1) анилин;                    2) ацетон;                    3) глицерин;                    4) вода  
( $n_{\text{анилин}}=1,59$ ,  $n_{\text{ацетон}}=1,36$ ,  $n_{\text{глицерин}}=1,47$ ,  $n_{\text{вода}}=1,33$ ).

44. Угол поворота плоскости поляризации монохроматического света при прохождении через оптически активное вещество в твердых телах вычисляется как:

- 1)  $\varphi=\alpha d$ ;                    2)  $\varphi=\alpha c d$ ;                    3)  $\varphi = \frac{\alpha}{d}$ ;                    4)  $\varphi = \frac{\alpha}{c d}$

( $\alpha$  – постоянная вращения;  $c$  – концентрация;  $d$  – длина пути, пройденного светом в оптически активном веществе).

45. Для явления анизотропии справедливо:

- 1)  $v=\text{const}$ ,  $n= \text{const}$ ;                    2)  $v=\text{const}$ ,  $n\neq\text{const}$ ;  
3)  $v\neq\text{const}$ ,  $n\neq\text{const}$ ;                    4)  $v\neq\text{const}$ ,  $n=\text{const}$

( $v$ – скорость распространения волны в среде,  $n$  – показатель преломления среды).

46. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.

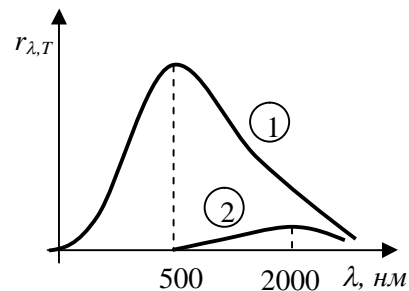
- 1)  $R=\sigma T^4$ ;  $\lambda_{\text{max}} = \frac{T}{b}$ ;                    2)  $R=\sigma T^4$ ;  $\lambda_{\text{max}} = bT$ ;  
3)  $R=\sigma T^4$ ;  $\lambda_{\text{max}} = bT$ ;                    4)  $R=\sigma T^4$ ;  $\lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T}$

( $R$ – энергетическая светимость абсолютно черного тела;  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана;  $T$ – температура (К);  $\lambda_{\text{max}}$ – длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения;  $b$ – постоянная Вина).

47. Абсолютно черное тело и серое тело имеют одинаковую температуру. При этом излучательная способность:

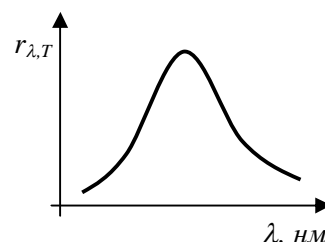
- 1) одинакова у обоих тел;  
2) больше у абсолютно черного тела;  
3) больше у серого тела;  
4) определяется площадью поверхности тела.

48. На рисунке показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при разных температурах. Если кривая 1 соответствует спектру излучения абсолютно черного тела при температуре 6000К, то кривая 2 соответствует температуре (в К):



- 1) 750;      2) 3000;      3) 1500;      4) 1000.

49. На рисунке изображен спектр излучения абсолютно черного тела при температуре Т. При температуре Т<sub>1</sub> площадь под кривой увеличилась в 81 раз. Температура Т<sub>1</sub> равна:



- 1) Т/9;      2) 3Т;      3) Т/3;      4) 9Т.

50. Если температуру абсолютно черного тела уменьшить в 2 раза, то его энергетическая светимость уменьшится:

- 1) в 4 раза;      2) в 2 раза;      3) в 16 раз;      4) в 8 раз.

51. Дина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения абсолютно черного тела, равна  $\lambda_{\max}=0,58$  мкм. Определить энергетическую светимость абсолютно черного тела.

- 1)  $R=5 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>;      2)  $R=2,5 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>;      3)  $R=3,54 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>.  
( $\sigma=5,67 \cdot 10^8$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>),  $b=2,9 \cdot 10^{-3}$  м·К).

52. Температура абсолютно черного тела Т=2 кК. Определить длину волны, на которую приходится максимум энергии излучения.

- 1)  $5,8 \cdot 10^{-3}$  м;      2)  $5,8 \cdot 10^{-6}$  м;      3)  $1,45 \cdot 10^{-6}$  м;      4)  $1,45 \cdot 10^{-3}$  м.

53. Из приведенных уравнений выбрать уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

- 1)  $E=h\nu$ ;      2)  $p=h/\lambda$ ;  
3)  $E = \frac{mv^2}{2}$ ;      4)  $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$ .

54. Красная граница фотоэффекта:

- 1)  $\nu_0 = A_{\text{вых}}/h$ ;  $\lambda_0 = hc/A_{\text{вых}}$ ;      2)  $\nu_0 = A_{\text{вых}}/h$ ;  $\lambda_0 = hc/A_{\text{вых}}$ ;  
3)  $\nu_0 = A_{\text{вых}}/h$ ;  $\lambda_0 = hcA_{\text{вых}}$

( $\nu_0$  – минимальная частота света, при которой еще возможен фотоэффект;  $\lambda_0$  – максимальная длина волны, при которой еще возможен фотоэффект;  $h$  – постоянная Планка;  $c$  – скорость света в вакууме;  $A_{\text{вых}}$  – работа выхода электрона).

55. Свет, падающий на металл, вызывает эмиссию электронов из металла. Если интенсивность света уменьшается, а его частота остается неизменной, то:

- 1) количество выбитых электронов остается неизменным, а их кинетическая энергия уменьшается;
- 2) количество выбитых электронов остается неизменным, а их кинетическая энергия увеличивается;
- 3) количество выбитых электронов уменьшается, а их кинетическая энергия остается неизменной;
- 4) количество выбитых электронов увеличивается, а их кинетическая энергия уменьшается;
- 5) количество выбитых электронов и их кинетическая энергия увеличиваются.

56. Величина фототока насыщения при внешнем фотоэффекте зависит:

- 1) от интенсивности падающего света;
- 2) от работы выхода облучаемого материала;
- 3) от величины задерживающего потенциала;
- 4) от частоты падающего света.

57. Как изменится кинетическая энергия электронов при фотоэффекте, если увеличить частоту облучающего света, не изменяя общую мощность излучения ?

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится;
- 4) ответ неоднозначен, зависит от работы выхода;
- 5) кривая частотной зависимости кинетической энергии пройдет через максимум.

58. Катод вакуумного фотоэлемента освещается светом с энергией квантов 10 эВ. Если фототок прекращается при подаче на фотоэлемент запирающего напряжения 4 В, то работа выхода электронов из катода равна:

- 1) 2,5 эВ;            2) 14 эВ;            3) 7 эВ;            4) 0,4 эВ;            5) 6 эВ.

59. Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ ?

- 1)  $6,63 \cdot 10^{-34}$  кг·м/с;                      2)  $1,6 \cdot 10^{-27}$  кг·м/с ;  
3)  $4,8 \cdot 10^{-19}$  кг·м/с;                      4)  $4,8 \cdot 10^{-27}$  кг·м/с;

(1 эВ= $1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж).

60. Какова максимальная скорость фотоэлектронов, если фототок прекращается при запирающем напряжении 0,8 В ?

- 1) 530 км/с;                      2) 5300 км/с;                      3) 53 км/с;                      4) 5,3 км/с.

61. Величина изменения длины волны  $\Delta\lambda$  излучения при комптоновском рассеянии зависит:

- 1) от угла рассеяния излучения;  
2) от свойств рассеивающего вещества;  
3) от энергии падающего фотона.

62. Максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии фотона на свободных электронах равно ( $\theta$ – угол рассеяния):

- 1)  $\frac{h}{m_0 c}(1 + \cos\theta)$ ;                      2)  $\frac{\cos\theta}{m_0 c}$  ;  
3)  $\frac{2h}{m_0 c}(1 + \cos\theta)$ ;                      4)  $\frac{2h}{m_0 c}$  .

63. Давление света зависит от:

- 1) степени поляризованности света;  
2) энергии фотона;  
3) скорости света в среде;  
4) показателя преломления вещества, на которое падает свет.

64. Параллельный пучок света с частотой  $\nu$ , падая на зеркальную поверхность, приносит каждую секунду на  $1\text{ м}^2$   $N$  фотонов. Давление, производимое светом, равно:

- 1)  $2h\nu N$ ;                      2)  $\frac{h\nu N}{c}$  ;                      3)  $\frac{2h\nu h}{c}$  ;                      4)  $h\nu N$ .

65. На зеркальную пластинку падает поток света. Если число фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени, уменьшить в 2 раза, а зеркальную пластинку заменить черной, то световое давление:

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

66. Один и тот же световой поток падает нормально на зеркальную и абсолютно черную поверхность. Отношение давлений света на первую и вторую поверхности равно:

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

67. Одинаковое количество фотонов с длиной волны  $\lambda$  нормально падает на непрозрачную поверхность. Наибольшее давление свет будет оказывать в случае:

- 1)  $\lambda = 400$  нм, поверхность абсолютно черная;  
 2)  $\lambda = 700$  нм, поверхность – идеальное зеркало;  
 3)  $\lambda = 700$  нм, поверхность абсолютно черная;  
 4)  $\lambda = 400$  нм, поверхность – идеальное зеркало.

68. Если увеличить в 2 раза объемную плотность световой энергии, то давление света:

- 1) увеличится в 4 раза;                      2) увеличится в 2 раза;  
 3) останется неизменным.

69. Два источника излучают свет с длиной волны 375 нм и 750 нм. Отношение импульсов фотонов, излучаемых первым и вторым источником, равно:

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

70. Масса фотона может быть оценена из соотношения:

- 1)  $m = \frac{h}{c\lambda}$ ;                      2)  $m = \frac{v}{c}$ ;                      3)  $m = m_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ;  
 4)  $m = \frac{h\lambda}{c}$ ;                      5)  $m = m_0 + \frac{h\lambda}{c}$ .

71. Если лазер мощностью  $P$  испускает  $N$  фотонов за 1 с, то длина волны излучения лазера равна:

- 1)  $\lambda = \frac{hcN}{P}$ ;                      2)  $\lambda = \frac{hc}{NP}$ ;                      3)  $\lambda = \frac{hcP}{N}$ ;  
 4)  $\lambda = \frac{P}{hcN}$ ;                      5)  $\lambda = \frac{PN}{hc}$ .

72. Если на зеркальную поверхность перпендикулярно к ней падает свет и полностью отражается от нее, то импульс, переданный поверхности при отражении одного фотона, равен:

- 1)  $\frac{h\nu}{c}$ ;    2)  $\frac{h\nu}{2c}$ ;    3)  $\frac{hc}{\lambda}$ ;    4)  $\frac{2h\lambda}{c}$ ;    5)  $\frac{2h\nu}{c}$ .

73. Сетчатка глаза начинает реагировать на желтый свет с длиной волны 600 нм при мощности, падающей на нее,  $1,98 \cdot 10^{-18}$  Вт. Сколько фотонов при этом падает на сетчатку каждую секунду ?

- 1) 500;      2) 3000;      2) 6;      4) 100.

74. Длина волны падающего рентгеновского излучения равна  $2,4 \cdot 10^{-11}$  м. После рассеяния на электроне длина волны излучения стала равной  $2,6 \cdot 10^{-11}$  м. Какую часть своей первоначальной энергии фотон передал электрону ?

- 1) 17,8 %;      2) 12,4 %;      3) 7,6 % ;  
4) 6,2 %;      5) 2,8 %.

75. Если частицы имеют одинаковую скорость, то наименьшей длиной волны де Бройля обладает:

- 1) электрон;      2) протон;      3)  $\alpha$ -частица;      4) нейтрон.

76. Если протон и нейтрон двигаются с одинаковыми импульсами, то отношение их длин волн де Бройля  $\lambda_p/\lambda_n$  равно:

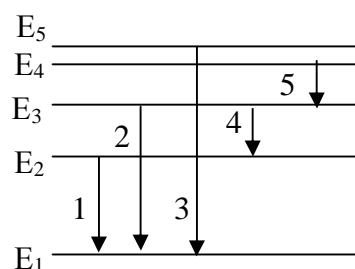
- 1) 1;      2) 2;      3) 4;      4)  $1/2$ .

77. Положение атома углерода в кристаллической решетке алмаза определено с погрешностью  $\Delta x = 5 \cdot 10^{-11}$  м. Учитывая, что постоянная Планка  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, а масса атома углерода  $m = 1,99 \cdot 10^{-26}$  кг, неопределенность скорости  $\Delta v_x$  его теплового движения (в м/с) составляет не менее:

- 1) 1,06;      2)  $9,43 \cdot 10^{-3}$ ;      3) 0,943;      4) 106.

78. На рисунке представлена схема энергетических уровней атома водорода. Какой цифрой обозначен переход с излучением фотона, имеющего максимальный импульс?

- 1) 1;      2) 2;      3) 3;  
4) 4;      5) 5.



79. Сколько возможных квантов с различной энергией может испустить атом водорода, если электроны находятся на третьей стационарной орбите?

- 1) 1;      2) 2;      3) 3;      4) 4;      5) 5.

80. Высокая монохроматичность лазерного излучения обусловлена относительно большим временем жизни электронов в метастабильном



состоянии порядка  $10^{-3}$  с. Учитывая, что постоянная Планка  $\hbar = 6,6 \cdot 10^{-16}$  эВ·с, ширина метастабильного уровня (в эВ) будет не менее:

- 1)  $1,5 \cdot 10^{-13}$ ;      2)  $6,6 \cdot 10^{-19}$ ;      3)  $1,5 \cdot 10^{-19}$ ;      4)  $6,6 \cdot 10^{-13}$ .

81. Нестационарным уравнением Шредингера является уравнение:

- 1)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$ ;      2)  $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \Psi = 0$ ;  
 3)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \Psi = 0$ ;      4)  $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta\Psi + U(x, y, z, t)\Psi = i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}$ .

82. Нестационарным уравнением Шредингера является уравнение:

- 1)  $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta\Psi + U(x, y, z, t)\Psi = i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}$ ;      2)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \Psi = 0$ ;  
 3)  $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U)\Psi = 0$ ;      4)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$ .

83. Стационарным уравнением Шредингера для частицы в одномерном ящике с бесконечно высокими стенками является уравнение:

- 1)  $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \Psi = 0$ ;      2)  $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$ ;  
 3)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \Psi = 0$ ;      4)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$ .

84. Стационарным уравнением Шредингера для частицы в трехмерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками является уравнение:

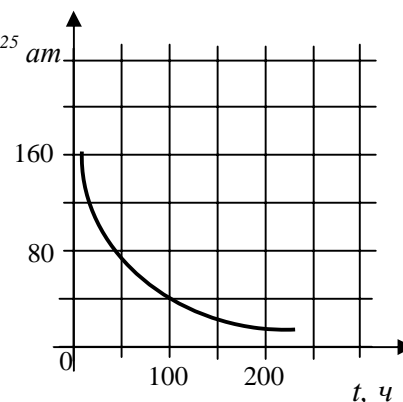
- 1)  $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$ ;      2)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$ ;  
 3)  $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \Psi = 0$ ;      4)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \Psi = 0$ .



- 1) только закон сохранения электрического заряда;
- 2) только закон сохранения массового числа;
- 3) законы сохранения электрического заряда и массового числа;
- 4) закон всемирного тяготения.

92. На рисунке изображен график зависимости числа нераспавшихся ядер изотопа от времени. Каков период полураспада этого изотопа ?

- 1) 250 часов;
- 2) 100 часов;
- 3) 50 часов;
- 4) 25 часов.



93. Ядро изотопа урана  ${}_{92}^{238}\text{U}$  претерпевает ряд  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов. В результате образовалось ядро изотопа свинца  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Определить число  $\beta$ -распадов.

- 1) 8;
- 2) 6;
- 3) 10;
- 4) 32.

94. При  $\alpha$ - распаде значение зарядового числа  $Z$  меняется:

- 1) не меняется;
- 2) на два;
- 3) на четыре;
- 4) на три.

### ***Список литературы для самостоятельной работы***

1. Савельев, И.В. Курс физики: в 3 т. /И.В.Савельев. – СПб.: Лань, 2008 – 352 с.
2. Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – 16-е изд., стер. – М.: Академия, 2008 – 560 с.
3. Твердова, Н.В. Краткий курс физики: теория и задачи: учеб. пособие / Н.В. Твердова, В.Н. Петрова, Н.Л. Лебедева; под ред. Г.В. Гиричева; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014.
4. Калашников, Н.П. Физика. Интернет тестирование базовых заданий: учеб. пособие / Н.П. Калашников, Н.М. Кожевников. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2010. – 160 с.
5. Трофимова, Т.И. Курс физики с примерами решения задач: в 2 т.учеб. /Т.И. Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: КНОРУС, 2010. – 384с.
6. Трофимова, Т.И. Физика в таблицах и формулах: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – 3-е изд., испр. – М.: Академия, 2006. – 448 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
<i>Теоретические сведения</i>	4
1. Механика	4
1.1. Основные понятия и законы кинематики	4
1.2. Основы динамики	6
1.3. Релятивистская механика	10
2. Колебания и волны	11
3. Физические основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики	14
4. Электростатика	18
5. Постоянный ток	21
6. Электромагнетизм	24
7. Оптика	27
7.1 Геометрическая волновая оптика	27
7.2 Квантовая оптика	30
8. Строение атома	32
9. Квантовая механика	33
10. Элементы ядерной физики	35
<i>Учебно-тренировочные задания</i>	36

Учебное издание

**Твердова** Наталия Вячеславовна,  
**Петрова** Валентина Николаевна,  
**Лебедева** Надежда Леонидовна  
под редакцией Г.В. Гиричева

**Физика. Подготовка к экзамену**

Учебное пособие

Редактор О.А. Соловьева

Подписано в печать 5.10.2015. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая. Усл.  
печ.л. 5,35. Тираж 50 экз. Заказ

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический  
университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики и  
финансов ФГБОУ ВПО «ИГХТУ»

153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7