

Глава III. ЗАДАНИЯ, ВЫЗВАВШИЕ НАИБОЛЬШИЕ ЗАТРУДНЕНИЯ

Приведем формулировки тестовых заданий, вызвавших наибольшие затруднения у тестируемых при выполнении тестов ЦТ 2004 г. и их решения.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМАМ

Тема «Основные понятия механического движения»

Равномерным прямолинейным движением называется движение, при котором материальная точка:

- 1) движется с постоянной по модулю скоростью;
- 2) за равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения;
- 3) за равные промежутки времени проходит равные пути;
- 4) за любые промежутки времени проходит равные пути;
- 5) за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.

Правильный ответ 5).

Комментарий к заданию

Большинство тестируемых выбрали ответ 1). Однако движением с постоянной по модулю скоростью является, в частности, равномерное вращение.

Тема «Относительность движения»

Корабль движется на восток вдоль экватора со скоростью, модуль которой $v_1 = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. С юго-востока под углом $\alpha = 60^\circ$ к экватору дует ветер, модуль скорости которого $v_2 = 15 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Модуль скорости v ветра в системе отсчета, связанной с кораблем, равен ... км/час.

Правильный ответ $40 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Д а н о:

$$v_1 = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$v_2 = 15 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v = ?$$

Р е ш е н и е.

Движущуюся систему отсчета свяжем с кораблем, неподвижную – с Землей. По закону сложения скоростей

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v},$$

где $\vec{v}_2$ – скорость ветра в неподвижной системе отсчета, $\vec{v}_1$ – скорость

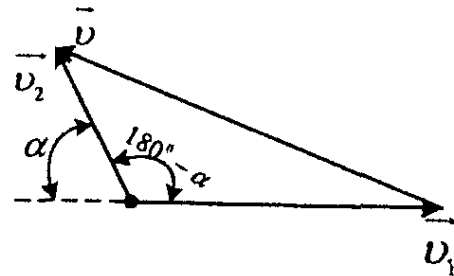
движущейся системы отсчета относительно неподвижной, $\vec{v}$ – искомая скорость (скорость ветра в движущейся системе отсчета).

Из рисунка по теореме косинусов

$$v = \sqrt{v_2^2 + v_1^2 - 2v_1v_2 \cos(180 - \alpha)}.$$

Численно: $v = \sqrt{30^2 + 15^2 - 2 \cdot 30 \cdot 15 \cdot (-0,5)} = 40 \left(\frac{\text{км}}{\text{ч}} \right).$

Ответ: $v = 40 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$



Тема «Прямолинейное равноускоренное движение»

Тело, движущееся прямолинейно равноускоренно с начальной скоростью, модуль которой $v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, пройдя некоторое расстояние, приобретает скорость, модуль которой $v = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Модуль скорости v_1 тела на середине данного расстояния равен:

- 1) $7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 3) $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 4) $4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 5) $3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Правильный ответ 3).

Д а н о:

$$v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_1 = ?$$

Р е ш е н и е.

Так как ускорение не изменяется, а время движения неизвестно, то для выполнения задания необходимо воспользоваться кинематическими законами равноускоренного прямо-

линейного движения. Удобно воспользоваться формулой

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}, \text{ которая является следствием этих законов.}$$

Далее составим систему уравнений для двух случаев:

$$\begin{cases} 2as = v^2 - v_0^2, \\ 2a \cdot \frac{1}{2}s = v_1^2 - v_0^2. \end{cases}$$

Решая эту систему, получим

$$v_1 = \sqrt{\frac{v^2 - 3v_0^2}{2}}.$$

$$\text{Численно: } v_1 = \sqrt{\frac{49 - 3}{2}} = 4,79 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right) \approx 5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

$$\text{Ответ: } v_1 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Тема «Движение под действием нескольких сил»

Три тела массами $m_1 = 2,0$ кг, $m_2 = 4,0$ кг и $m_3 = 1,0$ кг, связанные невесомыми нитями, поднимают вертикально вверх с ускорением, модуль которого $a = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ (см. рис).

Модуль силы F натяжения нити, связывающей первое и второе тела, равен:

- 1) 25 Н; 2) 30 Н; 3) 45 Н; 4) 55 Н; 5) 75 Н.

Правильный ответ 4).

Д а н о:

$$m_1 = 2,0 \text{ кг}$$

$$m_2 = 4,0 \text{ кг}$$

$$m_3 = 1,0 \text{ кг}$$

$$a = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F = ?$$

Р е ш е н и е.

Второй закон Ньютона для первого тела:

$$m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{F} = m_1 \vec{a}.$$

Направим ось Oy вертикально вверх и спроецируем на нее данное

$$\text{уравнение: } T - F - m_1 g = m_1 a,$$

из которого сила натяжения нити

$$F = T - m_1(a + g).$$

Второй закон Ньютона для системы, состоящей из трех тел, движущихся с ускорением, направленным вертикально вверх:

$$M\vec{g} + \vec{T} = M\vec{a}, \text{ где } M = m_1 + m_2 + m_3.$$

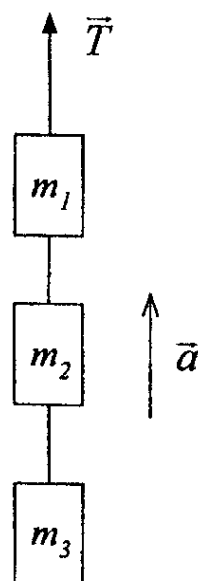
Спроецируем данное уравнение на ось Oy , и выразим из него силу тяги T :

$$T = M(a + g).$$

Определим численное значение силы натяжения нити:

$$F = 77 - 2,0 \cdot (1,0 + 10) = 55 \text{ (Н)}.$$

Ответ: $F = 55 \text{ Н}$.

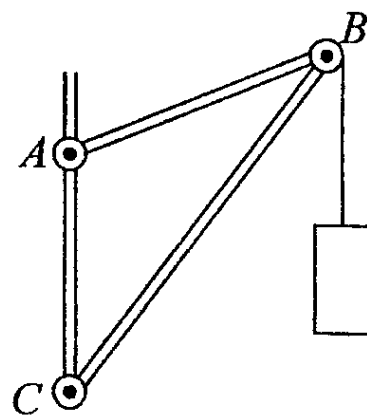


Тема «Статика. Условия равновесия»

Кронштейн ABC , размеры которого $AB = 2,0 \text{ м}$, $BC = 4,0 \text{ м}$, $AC = 3,0 \text{ м}$, шарнирно укреплен на вертикальной стене AC . Если к нему подвешен груз массой $m = 12 \text{ кг}$, то модуль силы N реакции подкоса BC в точке B равен:

- 1) $0,08 \text{ кН}$;
- 2) $0,1 \text{ кН}$;
- 3) $0,12 \text{ кН}$;
- 4) $0,16 \text{ кН}$;
- 5) $0,2 \text{ кН}$.

Правильный ответ 4).



Д а н о:

$$AB = 2,0 \text{ м}$$

$$BC = 4,0 \text{ м}$$

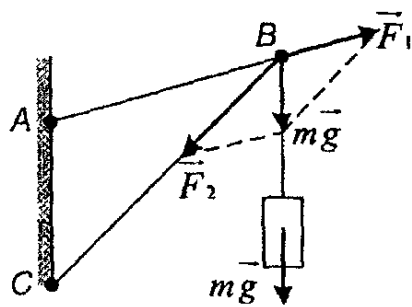
$$AC = 3,0 \text{ м}$$

$$m = 12 \text{ кг}$$

$$N = ?$$

Р е ш е н и е.

Сила взаимодействия кронштейна и груза в точке B равна силе тяжести, действующей на груз. Разложим ее на две составляющие $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_1$, направленные вдоль сторон CB и AB соответственно.



Из подобия треугольника ABC и силового треугольника получим:

$$\frac{F_2}{BC} = \frac{mg}{AC}, \text{ или } \frac{F_2}{4,0} = \frac{12 \cdot 10}{3,0}.$$

$$F_2 = \frac{120 \cdot 4,0}{3,0} = 0,16 \text{ (кН)}.$$

По третьему закону Ньютона $N = F_2 = 0,16 \text{ кН}$.

Ответ: $N = 0,16 \text{ кН}$.

Тема «Основные понятия электростатики.

Электростатическое поле. Закон сохранения заряда»

Маленький наэлектризованный шарик был приведен в соприкосновение с точно таким же ненаэлектризованным шариком. Помещенные затем на расстояние $r = 9,0 \text{ см}$ в воздухе, эти шарики отталкиваются с силой, модуль которой $F = 0,25 \text{ мН}$. Первоначальный заряд q шарика был равен:

- 1) 15 нКл;
- 2) 21 нКл;
- 3) 30 нКл;
- 4) 60 нКл;
- 5) 90 нКл.

Правильный ответ 3).

Д а н о:

$$r = 9,0 \text{ см} = 9,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$F = 0,25 \text{ мН}$$

$q - ?$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Р е ш е н и е.

При соприкосновении шариков их поверхности приобретут одинаковые потенциалы. Поскольку шарики одинаковые, заряды шариков станут равными.

По закону сохранения заряда $q = 2q_1$.

Модуль силы взаимодействия шариков определяется законом Кулона

$$F = \frac{kq_1^2}{r^2},$$

$$\text{откуда } q_1 = r \cdot \sqrt{\frac{F}{k}}, \text{ или } q = 2r \sqrt{\frac{F}{k}}.$$

$$\text{Численно: } q = 2 \cdot 9,0 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{0,25}{9 \cdot 10^9}} = 30 \text{ (нКл)}.$$

Ответ: $q = 30 \text{ нКл}$.

**Тема «Потенциал. Разность потенциалов.
Принцип суперпозиции»**

Два равных одноименных точечных заряда $q_1 = q_2 = 10$ нКл находятся в диэлектрике. Если потенциал поля, созданного этими зарядами, в точке, удаленной на расстояние $l = 50$ см от каждого из них, $\varphi = 100$ В, то относительная диэлектрическая проницаемость ε диэлектрика равна:

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

Правильный ответ 4).

Д а н о:

$$\begin{aligned} q_1 &= q_2 = 10 \text{ нКл} \\ l &= 50 \text{ см} = 50 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ \varphi &= 100 \text{ В} \\ \hline \varepsilon &= ? \end{aligned}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Р е ш е н и е.

Согласно принципу суперпозиции полей потенциал поля, созданного в данной точке системой зарядов, равен алгебраической сумме потенциалов полей, созданных в этой точке каждым зарядом в отдельности,

$$\varphi = \sum_{i=1}^N \varphi_i.$$

Так как

$$\varphi_1 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 l} = \frac{kq_1}{\varepsilon l},$$

и по условию задачи $q_1 = q_2$,

то

$$\varphi = \frac{k \cdot 2 \cdot q_1}{\varepsilon l}.$$

Следовательно, $\varepsilon = \frac{2kq_1}{\varphi \cdot l}.$

Численно: $\varepsilon = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9}}{100 \cdot 50 \cdot 10^{-2}} = 3,6 \approx 4.$

Ответ: $\varepsilon = 4.$

**Тема «Электроемкость. Емкость плоского конденсатора.
Соединение конденсаторов.
Энергия заряженного конденсатора»**

Электроемкость каждого из двух одинаковых конденсаторов $C = 2,0$ мкФ. Один из конденсаторов зарядили до напряжения $U_1 = 20$ В, а другой — до напряжения $U_2 = 140$ В. Затем конденсаторы соединили друг с другом разноименно заряженными пластинами. Напряжение U на зажимах батареи этих конденсаторов равно:

- 1) 90 В; 2) 80 В; 3) 70 В; 4) 60 В; 5) 50 В.

Правильный ответ 4).

Д а н о:

$$C = 2,0 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 20 \text{ В}$$

$$U_2 = 140 \text{ В}$$

$$U - ?$$

Р е ш е н и е.

Определим заряды на пластинах конденсатора:

$$q_1 = CU_1; \quad q_2 = CU_2.$$

Заряд батареи конденсаторов при параллельном соединении разноименно заряженными пластинами определя-

ется алгебраической суммой зарядов соединяемых пластин.

Поскольку знаки этих зарядов разные, то $q = |q_1 - q_2|$.

Емкость батареи конденсаторов $C_1 = 2C$.

Напряжение на зажимах этой батареи

$$U = \frac{q}{C_1}, \text{ или } U = \frac{|q_1 - q_2|}{2C}.$$

$$\text{Окончательно: } U = \frac{|CU_1 - CU_2|}{2C} = \frac{1}{2}|U_1 - U_2|.$$

$$\text{Численно: } U = \frac{1}{2} \cdot |20 - 140| = 60 \text{ (В)}.$$

Ответ: $U = 60$ В.

Тема «Взаимодействие зарядов. Закон Кулона»

Два одинаковых шарика, заряженные равными по модулю одноименными зарядами $q_1 = q_2 = 1,6 \cdot 10^{-6}$ Кл, подвешены на одной высоте на нитях одной и той же длины. Расстояние между точками подвеса $r = 20$ см. Для того чтобы нити были параллельными, на расстоянии $d = 50$ см от каждого из шариков нужно поместить заряд q_0 , модуль которого равен:

- | | |
|-------------|-------------|
| 1) 10 мкКл; | 4) 40 мкКл; |
| 2) 20 мкКл; | 5) 50 мкКл. |
| 3) 30 мкКл; | |

Правильный ответ 5).

Д а н о:

$$q_1 = q_2 = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$r = 20 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$d = 50 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$q_0 = ?$$

Р е ш е н и е.

Так как шарики одинаковые, то рассмотрим силы, действующие только на правый шарик (см. рис.).

По второму закону Ньютона

$$\vec{T} + \vec{F}_{K1} + m\vec{g} + \vec{F}_{K2} = 0.$$

Проецируя это уравнение на ось Ox , получим

$$F_{K1} - F_{K2} \sin \alpha = 0. \quad (1)$$

Определим F_{K1} и F_{K2} из закона Кулона для двух случаев:

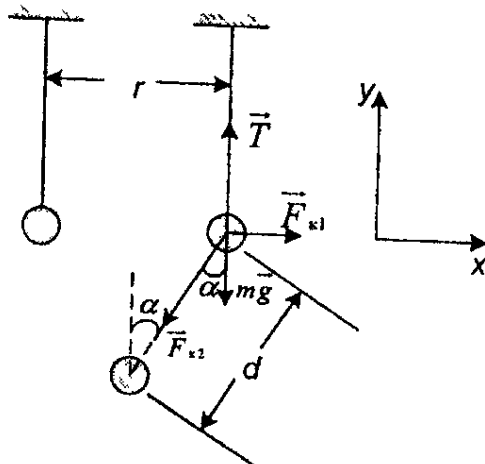
$$F_{K1} = \frac{kq_1q_2}{r^2}; \quad F_{K2} = \frac{kq_1q_0}{d^2}. \quad (2)$$

Из рисунка $\sin \alpha = \frac{r}{2d}. \quad (3)$

Учитывая (2) и (3), выражение (1) будет иметь вид:

$$\frac{kq_1q_2}{r^2} - \frac{kq_1q_0}{d^2} \cdot \frac{r}{2d} = 0.$$

Следовательно, $q_0 = 2\left(\frac{d}{r}\right)^2 \cdot q_2.$



Численно: $q_0 = 2 \left(\frac{0,5}{0,2} \right)^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} = 50 \text{ (мкКл)}.$

Ответ: $q_0 = 50 \text{ мкКл}.$

**Тема «Закон Ома для участка цепи.
Расчет электрических цепей»**

Два куска железной проволоки имеют одинаковую массу. Если длина первого куска в десять раз больше длины второго куска, то отношение $\frac{R_1}{R_2}$ их сопротивлений равно:

- 1) 100; 2) 10; 3) $\sqrt{10}$; 4) 1; 5) 0,01.

Правильный ответ 1).

Д а н о:

$$\rho = \text{const}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$l_1 = 10l_2$$

$$\frac{R_1}{R_2} - ?$$

Р е ш е н и е.

Зависимость сопротивления R линейного проводника от его длины l , площади поперечного сечения S и удельного сопротивления ρ определяется выражением

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

Масса проводника $m = DV$, где D — плотность железа; $V = Sl$ — объем проводника.

Учитывая это, масса проводника $m = DSl$.

Следовательно, $S = \frac{m}{Dl}.$

Таким образом, сопротивление первого проводника

$$R_1 = \frac{\rho l_1^2 \cdot D}{m_1};$$

второго — $R_2 = \frac{\rho l_2^2 \cdot D}{m_2}.$

Их отношение: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1^2 \cdot m_2}{l_2^2 \cdot m_1} = 100.$

Ответ: $\frac{R_1}{R_2} = 100.$

Тема «Основное уравнение МКТ идеального газа»

В закрытом сосуде находится идеальный газ. Если давление газа увеличилось на 69 %, то средняя квадратичная скорость молекул газа изменится в ... раз(а).

- 1) 0,69; 2) 1; 3) 1,3; 4) 1,69; 5) 2,86.

Правильный ответ 3).

Д а н о:

$$p_2 = 1,69 p_1$$

$$\frac{\langle v_{кв2} \rangle}{\langle v_{кв1} \rangle} = ?$$

Р е ш е н и е.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории для идеального газа:

$$p = \frac{1}{3} n m \langle v_{кв}^2 \rangle,$$

где m – масса одной молекулы, n – концентрация молекул.

Поскольку сосуд закрыт, то количество молекул и объем сосуда не изменились. Следовательно, не изменилась и концентрация молекул.

Тогда отношение давлений в конечном и начальном состояниях:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{\langle v_{кв2}^2 \rangle}{\langle v_{кв1}^2 \rangle}, \quad \text{или} \quad \frac{\langle v_{кв2} \rangle}{\langle v_{кв1} \rangle} = \sqrt{1,69} = 1,3.$$

Ответ: $\frac{\langle v_{кв2} \rangle}{\langle v_{кв1} \rangle} = 1,3.$

Тема «Газовые законы. Изопроцессы. Закон Дальтона»

В закрытом сосуде находился газ массой m . Когда из сосуда выпустили некоторое количество газа, давление в нем упало на 40 %, а абсолютная температура уменьшилась на 10 %. Отношение n массы выпущенного газа к его первоначальной массе равно:

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

Правильный ответ 1).

Д а н о:

$$p_2 = 0,6 p_1$$

$$T_2 = 0,9 T_1$$

$$\frac{\Delta m}{m_1} - ?$$

Р е ш е н и е.

Уравнение состояния идеального газа для двух состояний:

$$\begin{cases} p_1 V = \frac{m_1}{M} R T_1, \\ 0,6 p_1 V = \frac{m_1 - \Delta m}{M} R \cdot 0,9 T_1. \end{cases}$$

Разделив второе уравнение системы на первое, получим

$$\frac{m_1 - \Delta m}{m_1} \cdot 0,9 = 0,6.$$

Решая последнее уравнение, определим, что

$$\frac{\Delta m}{m_1} = \frac{1}{3}.$$

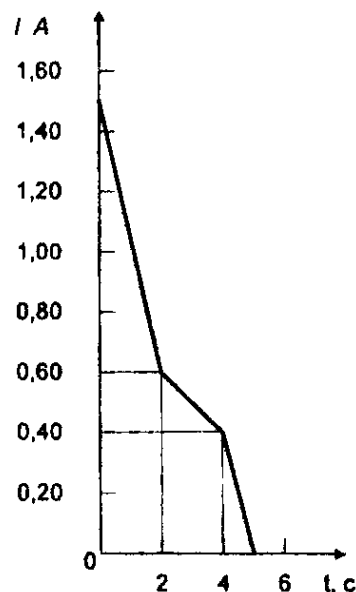
Ответ: $\frac{\Delta m}{m_1} = \frac{1}{3}.$

Тема «Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля»

На рисунке изображена зависимость силы тока от времени в катушке, индуктивность которой $L = 20$ мГн. Минимальное значение ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_{si}$ в катушке равно:

- 1) 0,5 мВ;
- 2) 0,75 мВ;
- 3) 1,3 мВ;
- 4) 1,5 мВ;
- 5) 2 мВ.

Правильный ответ 5).



Д а н о:

$$L = 20 \text{ мГн}$$

$$\mathcal{E}_{si} - ?$$

$$\Delta I = -0,2 \text{ А}$$

$$\Delta t = 2 \text{ с}$$

Р е ш е н и е.

ЭДС самоиндукции в катушке определяется выражением

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Минимальное значение ЭДС самоиндукции в катушке будет в интервале времени, на котором скорость изменения силы тока $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ минимальна.

Из рисунка видно, что этому соответствует промежуток времени от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 4$ с.

Численно: $\mathcal{E}_{si} = -20 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(-0,2)}{2} = 2 \text{ (мВ)}.$

Ответ: $\mathcal{E}_{si} = 2 \text{ мВ}.$

Тема «Магнитное поле. Сила Ампера»

Ось Oz декартовой прямоугольной системы координат направлена вдоль оси проводящего стержня с током по направлению тока. Ось Oy сонаправлена линиям индукции внешнего однородного магнитного поля, модуль индукции которого $B_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}$. Если сила тока в стержне $I = 0,3 \text{ А}$, то модуль индукции B магнитного поля в точке с координатами $(-20 \text{ см}; 0 \text{ см}; 0 \text{ см})$ равен:

- 1) $1 \cdot 10^{-7} \text{ Тл};$
- 2) $3 \cdot 10^{-7} \text{ Тл};$
- 3) $4 \cdot 10^{-7} \text{ Тл};$
- 4) $5 \cdot 10^{-7} \text{ Тл};$
- 5) $7 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}.$

Правильный ответ 1).

Д а н о:

$$B_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}$$

$$I = 0,3 \text{ А}$$

$$x = -0,2 \text{ м}$$

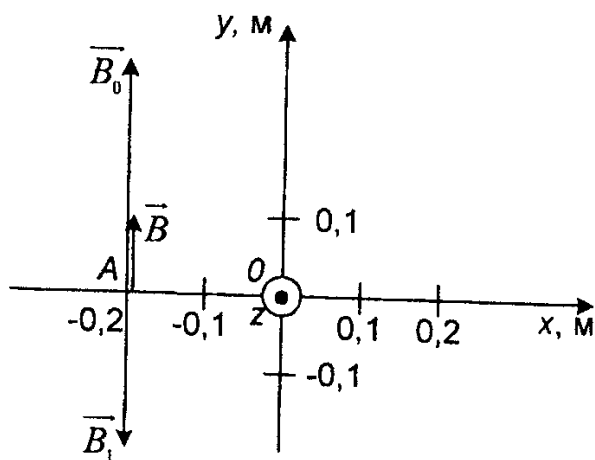
$$y = 0 \text{ м}$$

$$z = 0 \text{ м}$$

$B - ?$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

Р е ш е н и е.



Согласно принципу суперпозиции

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_1,$$

где $\vec{B}_1$ – индукция магнитного поля, создаваемого током I .

Для определения направления вектора $\vec{B}_1$ воспользуемся правилом правой руки, из которого следует, что в точке A на оси Ox вектор $\vec{B}_1$ противоположно направлен вектору $\vec{B}_0$.

Следовательно, $B = B_0 - B_1$.

Модуль индукции магнитного поля, создаваемого проводником с током силой I на расстоянии x от проводника, определяется выражением

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi|x|}.$$

Численно: $B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,3}{2\pi \cdot 0,2} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ (Тл)}.$

Окончательно: $B = (4 - 3) \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ (Тл)}.$

Ответ: $B = 1 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}.$

Тема «Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях»

Электрон влетает в плоский конденсатор параллельно пластинам. Длина пластин $l = 5 \text{ см}$, расстояние между ними $d = 2 \text{ см}$. Если напряжение на конденсаторе $U = 200 \text{ В}$, и за время полета в конденсаторе электрон отклонится от первоначального направления на расстояние $x = 5,5 \text{ мм}$, то модуль скорости v , с которой электрон влетает в конденсатор, равен:

- | | |
|--|--|
| 1) $1 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}};$ | 4) $4 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}};$ |
| 2) $2 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}};$ | 5) $5 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$ |
| 3) $3 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}};$ | |

Правильный ответ 2).

Подробное решение аналогичного задания приведено во второй главе.

Тема «Ток в различных средах»

При электролизе водного раствора серной кислоты на катоде выделилось $m = 0,32$ г водорода. Если электрохимический эквивалент водорода $k = 0,10 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$, то число N элементарных зарядов, прошедших через источник тока, равно:

- 1) $10 \cdot 10^{22}$; 4) $60 \cdot 10^{22}$;
 2) $20 \cdot 10^{22}$; 5) $90 \cdot 10^{22}$.
 3) $30 \cdot 10^{22}$;

Правильный ответ 2).

Д а н о:

$$m = 0,32 \text{ г}$$

$$k = 0,10 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$$

$$N = ?$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Р е ш е н и е.

Первый закон электролиза

$m = q\Delta t$, где q — заряд, прошедший через электролит.

Если e — элементарный заряд, то $q = Ne$.

Следовательно, $m = kNe$,

откуда $N = \frac{m}{ke}$.

Численно: $N = \frac{0,32 \cdot 10^{-3}}{0,10 \cdot 10^{-7} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 20 \cdot 10^{22}$.

Ответ: $N = 20 \cdot 10^{22}$.

Тема «Интерференция. Дифракция. Дифракционная решетка»

Общее число N максимумов в спектре, образующемся при нормальном падении плоской монохроматической волны частотой $\nu = 7 \cdot 10^{14}$ Гц на дифракционную решетку с периодом $d = 2$ мкм, равно:

- 1) 4; 2) 5; 3) 6; 4) 8; 5) 9.

Правильный ответ 5).

Д а н о:

$$d = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\nu = 7 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$N - ?$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Р е ш е н и е.

Положения максимумов дифракционной решетки определяется выражением $d \sin \varphi = k \lambda$.

Предельный угол отклонения луча $\varphi_{\text{пред}} = 90^\circ$, поэтому предельный порядок $k_{\text{пред}}$ максимума

$$k_{\text{пред}} = \left[\frac{d}{\lambda} \right],$$

где квадратные скобки означают целую часть числа.

Учитывая, что $\lambda = \frac{c}{\nu}$, где c — скорость света в вакууме,

получим $k_{\text{пред}} = \left[\frac{d \nu}{c} \right]$.

Численно: $k_{\text{пред}} = \left[\frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^{14}}{3 \cdot 10^8} \right] = 4$.

Итак, порядок последнего максимума, даваемого решеткой, равен четырем. Всего же можно наблюдать $N = 2k + 1 = 9$ максимумов: один центральный, четыре слева от него и четыре справа от него.

Ответ: $N = 9$.

Тема «Линзы. Формула тонкой линзы. Оптические приборы»

Предмет находится на расстоянии $d = 10$ см от рассеивающей линзы. Если главное фокусное расстояние линзы $F = 20$ см, то увеличение Γ равно:

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

Правильный ответ 4).

Д а н о:

$$d = 10 \text{ см}$$

$$F = 20 \text{ см}$$

$\Gamma - ?$

Р е ш е н и е.

При решении всех заданий с использованием формулы линзы, если специально не оговорено, предполагается, что предмет тонкий и расположен перпендикулярно главной оптической оси.

Формула тонкой линзы в случае рассеивающей линзы и мнимого изображения имеет вид:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}. \quad (1)$$

Линейное увеличение линзы

$$\Gamma = \frac{f}{d}. \quad (2)$$

Из (1) выразим расстояние от изображения предмета до линзы:

$$f = \frac{F}{d + F}. \quad (3)$$

Подставим (3) в (2):

$$\Gamma = \frac{Fd}{(d + F)d} = \frac{F}{d + F}.$$

Численно: $\Gamma = \frac{20}{10 + 20} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3}.$

Ответ: $\Gamma = \frac{2}{3}.$

Тема «Электромагнитные колебания и волны»

Идеальный колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,20$ Гн и конденсатора емкостью $C = 10$ мкФ. В момент, когда напряжение на конденсаторе $U = 1,0$ В, сила тока в катушке $I = 10$ мА. Максимальное значение силы тока $I_{\max}$ в контуре равно ... мА.

Правильный ответ: 12.

Д а н о:

$$L = 0,20 \text{ Гн}$$

$$C = 10 \text{ мкФ}$$

$$U = 1,0 \text{ В}$$

$$I = 10 \text{ мА}$$

$$I_{\max} = ?$$

Р е ш е н и е.

Используя тот факт, что сумма мгновенных энергий электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки равна максимальной энергии магнитного поля катушки, получим:

$$W_{\text{эл}} + W_{\text{м}} = W_{\text{м max}},$$

или

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_{\max}}{2}.$$

$$\text{Отсюда } I_{\max} = \sqrt{\frac{CU^2 + LI^2}{L}} = \sqrt{\frac{C}{L}U^2 + I^2}.$$

$$\text{Численно: } I_{\max} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6}}{0,20} \cdot 1^2 + (10 \cdot 10^{-3})^2} = 12 \text{ (мА)}.$$

$$\text{Ответ : } I_{\max} = 12 \text{ мА}.$$

Тема «Относительность длины и промежутков времени»

Собственное время жизни мю-мезона $\tau_0 = 2,2$ мкс. Если эта частица движется со скоростью, модуль которой $v = 0,90c$ (c – скорость света в вакууме), то время ее жизни τ равно:

- | | |
|-------------|-------------|
| 1) 2,2 мкс; | 4) 4,2 мкс; |
| 2) 2,8 мкс; | 5) 5 мкс. |
| 3) 3 мкс; | |

Правильный ответ 5).

Д а н о:

$$\tau_0 = 2,2 \text{ мкс}$$

$$v = 0,90 c$$

$$\tau = ?$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Р е ш е н и е.

Время жизни τ частицы, движущейся с релятивистской скоростью v , связано с собственным временем жизни τ_0 соотношением

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

$$\text{Численно: } \tau = \frac{2,2 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,90c}{c}\right)^2}} \approx 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ (с)}.$$

$$\text{Ответ: } \tau \approx 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ с}.$$