Задача №1, Теория: 33, 34, 118

Решение

Дано:

$R;\ \tau;$

$\varphi = \alpha t(t-\tau)$

$\alpha = const$

Найти: Q

$$\mathcal{E} = -\frac{d\varphi}{dt} = -\alpha(\tau - 2t)$$

$$P = \underset{\overset{\parallel}{UI}}{\mathcal{E}I} = \mathcal{E}\cdot\frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{R}$$

$$Q = \int_0^\tau P\,dt = \int_0^\tau \frac{\alpha^2(\tau-2t)^2}{R}\,dt = \frac{\alpha^2}{R}\int_0^\tau (\tau^2 - 4\tau t + 4t^2)\,dt =$$

$$= \frac{\alpha^2}{R}\left(\tau^2 t - 4\tau\frac{t^2}{2} + \frac{4t^3}{3}\right)\Big|_0^\tau = \frac{\alpha^2\tau^3}{3R}.$$

Задача №2. Теория: 56, 57, 74

Дано:

Решение

R

$w = const$

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

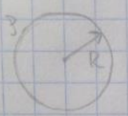
$$= \frac{\alpha^2}{R}\left(\tau^2 t - 4\tau\frac{t^2}{2} + \frac{4t^3}{3}\right)\Big|_0^\tau = \frac{\alpha^2\tau^3}{3R}.$$

Задача №2. Теория: 56, 57, 74

Дано:

Решение

R



$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$w = const$

$$w = \frac{W}{V} = \frac{W}{2V_1} = const$$

Найти: R_1 −?

$(W_1 = W_2)$

$$W = \int_V w\,dV$$

$$W_1 = W_2$$

$$\int_0^{R_1} w\,dV = \int_{R_1}^{R} w\,dV$$

$$\cancel{w\cdot\frac{4}{3}\pi} R_1^3 = \cancel{w\cdot\frac{4}{3}\pi}(R^3 - R_1^3)$$

$$R_1^3 = R^3 - R_1^3 \Rightarrow 2R_1^3 = R^3$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{R}{\sqrt[3]{2}}$$

Задача №3 Теория: 59, 75, 76

$$\int_0^{R_1} w\,dV = \int_{R_1} w\,dV$$

$$w\cdot\frac{4}{3}\pi R_1^3 = w\cdot\frac{4}{3}\pi\,(R^3 - R_1^3)$$

$$R_1^3 = R^3 - R_1^3 \Rightarrow 2R_1^3 = R^3$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{R}{\sqrt[3]{2}}$$

Задача №3 Теория: 59, 75, 76

Дано:

$\lambda = 10^{-11}$ м

$\ell = 0{,}5$ м

D_1, D_2, D_3

Найти:

N, d

Решение

4 ✗ 1) $\varphi_{\text{прелом}} = 2\varphi$ (угол скольжения – φ)

$$tg(\varphi_{\text{прелом}}) = \frac{D_1}{2\ell}$$

Условие Вульфа–Брэгга для интерференции:

$$2d\sin\varphi = N\lambda$$

(всего будет 4 кольца)

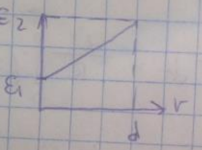
Задача №4. Теория: 59, 91, 92, 93

Дано:

проницаемость растет (линейно) в ⊥-м напр-и к обкладкам от ε_1 до ε_2

S, $\ell = d$

Найти: C



Решение

По Th. Гаусса: $D\cdot S = q \Rightarrow D = \frac{q}{S}$

$$D = \varepsilon\varepsilon_0 E \Rightarrow E = \frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon} = \frac{q}{\varepsilon_0\varepsilon S}$$

$$\varepsilon = r\cdot\frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{d} + \varepsilon_1$$

$$\varepsilon - \varepsilon_1 = r\,\frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{d}$$

$$\Rightarrow r = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_1)d}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \Rightarrow dr = \frac{d}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}\,d\varepsilon$$

$$U = \int E\,dr = \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} \frac{q}{\varepsilon_0\varepsilon S}\cdot\frac{d}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}\,d\varepsilon = \frac{qd}{S\varepsilon_0(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}\ln\varepsilon\Big|_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

Задача №5 Теория: 11, 110, 111, 112

Дано:

Решение

Задача №5 Теория: 11, 110, 111, 112

Дано:

$d = 2$ мкм

$\lambda: 500 \div 600$ нм

Будут ли спектры различных порядков накладываться друг на друга?

Решение

$d \sin\alpha = k\lambda$, $k = m$

Условие перекрывания

$m_1\lambda_1 = m_2\lambda_2$ $\exists\, m_1 = 2,\ m_2 = 1$

1) $2 \cdot 500 \neq 1 \cdot 600$ нм

$\Rightarrow$ спектры 1го и 2го порядка не перекрываются.

2) $\exists\, m_1 = 3,\ m_2 = 2$

$3 \cdot 500 \neq 2 \cdot 600$ нм —||—

3) $m_1 = 6,\ m_2 = 5$

$6 \cdot 500 = 5 \cdot 600$ нм

$\Rightarrow$ границы спектров 6-го и 5-го порядка – совпадают. (При более высоких порядках спектры начинают перекрываться)

Задача №6 Теория: 20, 21, 114, 115.

Дано:

$R = 20$ Ом

$\Delta t = 2$ с

$I_1 = 0$ A до

$I_2 = 6$ A (линейный закон)

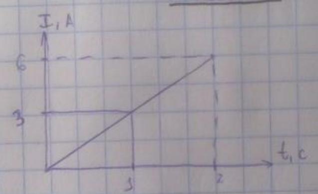
Найти:

Q_1 (за 1 секунду)

Q_2 (за 2 секунду)

$\frac{Q_2}{Q_1}$ – ?

Решение



Закон Джоуля – Ленца: $Q = I^2 R t$ $(I = const)$

Если $I \neq const$: $dQ = I^2 R\, dt$, где $I = kt$, т.к. ток изменяется

Условие задачи:

Сила тока в проводнике сопротивлением R=20 Ом нарастает в течение времени Δt=2
линейному закону от I_0=0 до I_{max}=6 А (рис. 19.3). Определить количество теплоты Q_1
выделившееся в этом проводнике за первую секунду, и Q_2 — за вторую, а также найт
отношение этих количеств теплоты Q_2/Q_1.

Решение задачи:

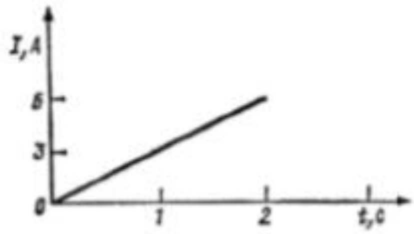


Рис. 19.3

Решение. Закон Джоуля — Ленца $Q=I^2Rt$ применим в случае постоянного тока (I=const). Если же сила тока в проводнике изменяется, то указанный закон справедлив для бесконечно малого промежутка времени и записывается в виде

$$dQ=I^2R\,dt. \qquad (1)$$

Здесь сила тока I является некоторой функцией времени. В нашем случае

$$I=kt, \qquad (2)$$

где k — коэффициент пропорциональности, равный отношению приращения силы тока к интервалу времени, за который произошло это приращение:

$$k=\Delta I/\Delta t.$$

С учетом равенства (2) формула (1) примет вид

$$dQ=k^2Rt^2dt. \qquad (3)$$

Для определения количества теплоты, выделившегося за конечный промежуток времени Δt, выражение (3) следует проинтегрировать в пределах от t_1 до t_2:

$$Q=k^2R\int_{t_1}^{t_2} t^2\,dt=\frac{1}{3}k^2R\,(t_2^3-t_1^3).$$

При определении количества теплоты, выделившегося за первую секунду, пределы интегрирования $t_1=0$, $t_2=1$ с и, следовательно,

$$Q_1=60 \text{ Дж},$$

а за вторую секунду — пределы интегрирования $t_1=1$ с, $t_2=2$ с и тогда

$$Q_2=420 \text{ Дж}.$$

Следовательно,

$$Q_2/Q_1=7,$$

т. е. за вторую секунду выделится теплоты в 7 раз больше, чем за первую секунду.

Дано
$n = 1.33$

$t = 15 = 0.25$

$\alpha = 30^\circ$

$\lambda = 0.68 \cdot 10^{-6}$

Решение. Суть решения - необходимо найти максимум при $k = 2$ после испарения воды после 15 минут. А потом вычесть из персого уровня пленки второй.

$\Delta_1 = 2d_1\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} + \lambda/2$

$\Delta_2 = 2d_2\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} + \lambda/2$

Тут брал максимум интенсивности при интерференции $\Delta_1 = k_1 \cdot \lambda$ при $k = 1$

Тут брал максимум интенсивности при интерференции $\Delta_2 = k_2 \cdot \lambda$ при $k = 2$

$d_1 = \frac{\Delta_1 - \lambda/2}{2 \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} = 2.55 \cdot 10^{-7}$
▲Тут считал высоту своя воды сначала
$d_2 = \frac{\Delta_2 - \lambda/2}{2 \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} = 7.66 \cdot 10^{-7}$
▲Тут считал высоту воды после высыхания
$S = d_2 - d_1 = 5.11 \cdot 10^{-7}$
▲Тут считал какое кол-во испарилось
$v = S/t = 2.04 \cdot 10^{-6}$
▲Тут считал скорость

9

Дано

$Q = 10$ нКл $= 10^{-8}$ Кл

$a = 10$ см $= 0,1$ м

$П = ?$

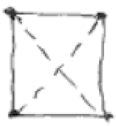
15.10

Для пары соседних зарядов $П_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{a}$. Для противолежащих зарядов $П_п = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q^2}{\sqrt{2}a}$.

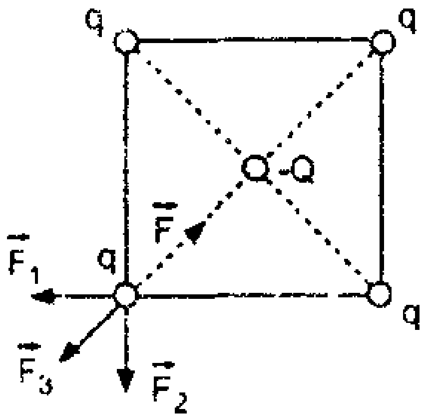
Потенциальная энергия всей системы

$$П = 4П_c + 2П_п = \frac{4Q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{2Q^2}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{2}a} = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}(4+\sqrt{2}) =$$

$$= \frac{(10^{-8}\,Кл)^2(4+\sqrt{2})}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}\,\frac{Ф}{м} \cdot 0,1\,м} = 4,87 \cdot 10^{-5}\,Дж$$



Ответ: $П = 4,87 \cdot 10^{-5}$ Дж



В центре квадрата надо расположить отрицательный заряд. Условие равновесия заряда q: $\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3+\vec{F}=0$ (см. рисунок).

$$F_1=F_2=\frac{kq^2}{l^2},\quad F_3=\frac{kq^2}{(l\sqrt{2})^2}=\frac{kq^2}{2l^2},$$

$$F=\frac{kq|Q|}{\left(\frac{l\sqrt{2}}{2}\right)^2}=\frac{2kq|Q|}{l^2}.$$ Тогда

$$2\cdot\frac{kq^2}{l^2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{kq^2}{2l^2}=\frac{2kq|Q|}{l^2},$$ откуда $|Q|=q\cdot\frac{2\sqrt{2}+1}{4}$,

а $Q=-q\cdot\frac{2\sqrt{2}+1}{4}$.

в магнитном поле, индукция которого изменяется по закону B=0,2(1–0,01t) Тл (t измеряется в секундах), находится круговой виток радиусом 4 см. определить силу тока, текущего по витку, и заряд, протекающий за время, в течении которого B уменьшается до нуля. сопротивление витка 1,0 Ом.

РЕШЕНИЕ ОТ slava191:

Задача 562

Дано:
$B = 0,2(1 - 0,01t)$ Тл
$r = 4$ см $= 4 \cdot 10^{-2}$ м
$R = 1$ Ом
I – ? q – ?

Решение. По закону электромагнитной индукции

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B \cdot \pi r^2 \cdot \cos\alpha}{\Delta t},$$

$$\alpha = 0^\circ, \quad \cos\alpha = 1.$$

Индукционный ток I равен

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{\pi r^2}{R} \cos\alpha,$$

где

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,2 \cdot 0,01 \text{ Тл/с}, \quad I = 10^{-5} \text{ А}.$$

Заряд q, протекший за время, в течение которого магнитная индукция уменьшается до нуля, определим по формуле

$$q = I\Delta t,$$

где

$$\Delta t = \frac{B_{нач} - B_{кон}}{\frac{\Delta B}{\Delta t}} = \frac{B_{нач}}{\frac{\Delta B}{\Delta t}},$$

$$q = I\frac{B_{нач}}{\frac{\Delta B}{\Delta t}}, \quad q = 10^{-3} \text{ Кл}.$$

Ответ: $I = 10^{-5}$ А; $q = 10^{-3}$ Кл.

11.

32.12 Угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 45°. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60°?

Решение, ответ задачи 5049 из ГДЗ и решебников:

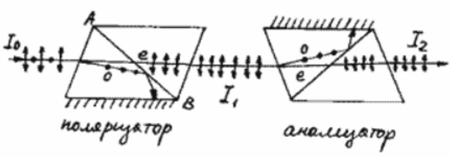
Этот учебный материал представлен 1 способом:

Смотреть все способы решения данной задачи >>

№32-12

Дано:
$\alpha = 45^\circ$
$\alpha' = 60^\circ$
$\frac{I_2}{I_2'}$ – ?

Решение.



Пучок естественного света, падая на грань поляризатора, расщепляется вследствие двойного лучепреломления на два пучка: обыкновенный и необыкновенный. Оба пучка одинаковы по интенсивности и полностью поляризованы. Плоскость колебаний для необыкновенного пучка лежит в плоскости чертежа (плоскость главного сечения). Плоскость колебаний для обыкновенного пучка перпендикулярна плоскости чертежа. Обыкновенный пучок (o) вследствие полного отражения от границы AB отбрасывается на зачерненную поверхность призмы и поглощается ею. Необыкновенный пучок (е) проходит через николь. При этом интенсивность света, прошедшего через поляризатор:

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0 \,, \qquad (1)$$

где I_0 – интенсивность естественного света, падающего на поляризатор.

Далее, пучок плоскополяризованного света интенсивности I_1 падает на второй поляризатор (анализатор) и также расщепляется на обыкновенный и необыкновенный. Обыкновенный пучок полностью поглощается в николе, а интенсивность необыкновенного пучка света, вышедшего из анализатора, определяется законом Малюса:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha \,, \qquad (2)$$

где α – угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора.

Подставляя выражение (1) в формулу (2) получим:

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cdot \cos^2 \alpha \,. \qquad (3)$$

Если увеличить угол между плоскостями поляризатора и анализатора до α', то интенсивность света, вышедшего из анализатора, составит:

$$I_2' = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha' \qquad (4)$$

Поделив почленно выражения (3) и (4) определим уменьшение интенсивности

$$\frac{I_2}{I_2'} = \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha'}$$

$$\frac{I_2}{I_2'} = \frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\alpha'}$$

Подставляя числовые значения углов α и α' и, проведя вычисления, получим:

$$\frac{I_2}{I_2'} = \frac{\cos^2 45^\circ}{\cos^2 60^\circ} = \frac{(\sqrt{2}/2)^2}{(1/2)^2} = (\sqrt{2})^2 = 2$$

Ответ: в 2 раза.

12

Условие задачи:

Имеется плоский воздушный конденсатор, площадь каждой обкладки которого равна S. Какую работу необходимо совершить, чтобы медленно увеличить расстояние между обкладками от x_1 до x_2, если при этом поддерживать неизменным:

а) заряд конденсатора, равный q;

б) напряжение на конденсаторе, равное U?

<< задача 3.139 || задача 3.142 >>

Решение задачи:

Решение:

а) $q = \text{const}$; $W = \frac{q^2}{2C}$; $C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{x_1}$; $C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{x_2}$

$$A = W_2 - W_1 = \frac{q^2}{2}\left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1}\right) = \frac{q^2}{2}\left(\frac{x_2}{\varepsilon_0 S} - \frac{x_1}{\varepsilon_0 S}\right) = \frac{q^2}{2\varepsilon_0 S}(x_2 - x_1)$$

б) $U = \text{const}$:

$$A = W_2 - W_1 = \frac{C_2 U^2}{2} - \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{U^2}{2}\left(\frac{\varepsilon_0 S}{x_2} - \frac{\varepsilon_0 S}{x_1}\right) = \frac{\varepsilon_0 S U^2 (x_2 - x_1)}{2 x_2 x_1}$$

Ответ: а) $A = \frac{q^2(x_2 - x_1)}{2\varepsilon_0 S}$; б) $A = \frac{\varepsilon_0 S U^2 (x_2 - x_1)}{2 x_2 x_1}$

13

#4.34. Прозрачная дифракционная решетка имеет период d = 1,50 мкм. Найти угловую дисперсию D (в угл. мин/нм), соответствующую максимуму наибольшего порядка спектральной линии с λ = 530 нм, если свет падает на решетку: а) нормально; б) под углом $\theta = 45°$ к нормали.

Ответ: $r = \sqrt{m\lambda\left(\frac{1}{f}+\frac{1}{b}\right)}$, $m = 1, 3, 5, \ldots$

4.34

Дано:

$d = 1{,}50$ мкм

$\lambda = 530$ нм

D - ?

Решение:

1) угол падения равен нулю

$$d \sin\varphi = m\lambda$$

$$\frac{m\lambda}{d} = \sin\varphi \leq 1$$

$$\Rightarrow m_{max} \leq \frac{\lambda}{d} \Rightarrow m_{max} = \left[\frac{\lambda}{d}\right]$$

$$m_{max} = [2{,}8] = 2.$$

$$\Rightarrow \sin\varphi_{max} = \frac{m_{max}\lambda}{d}$$

$$\cos\varphi_{max} = \sqrt{1-\sin^2\varphi_{max}}$$

$$D = \frac{m_{max}}{d\cdot\cos\varphi_{max}}$$

$$D = 6{,}5\ \frac{\text{угл. мин.}}{\text{нм}}.$$

2) угол падения равен $\theta = 45°$

$$d(\sin\varphi + \sin\theta) = m\lambda$$

3.В вакууме распространяется плоская гармоническая линейно поляризованная электромагнитная волна частоты ω. Интенсивность волны равна I. Найти амплитудное значение плотности тока смещения в этой волне.

В вакууме распространяется плоская гармоническая линейно поляризованная электромагнитная волна частоты ω. Интенсивность волны равна I. Найдем амплитудное значение плотности тока смещения в этой волне.

По определению, плотность тока смещения $\mathbf{j}_{см} = \partial \mathbf{D}/\partial t$, где $\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E}$. Пусть $\mathbf{E} = \mathbf{E}_m \cos(\omega t - kx)$, тогда амплитудное значение плотности тока смещения $j_{см\ макс} = \varepsilon_0 \omega E$. Остается найти E_m. Это делается с помощью формулы (2.25):

$$E_m = \sqrt{2I\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}},$$

и мы получим из предыдущих двух формул, что

$$j_{см\ макс} = \omega\sqrt{2\varepsilon_0 I/c},$$

где $c = 1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$.

15

16

30.24. Расстояние $\Delta r_{2,1}$ между вторым и первым темным кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние $\Delta r_{10,9}$ между десятым и девятым кольцами.

Дано:

$\Delta r_{2,1} = 10^{-3}$ м

$\Delta r_{10,9}$ - ?

Решение:

$$r_1 = \sqrt{R\lambda}\ ,\ r_2 = \sqrt{2R\lambda}\ ,\ r_9 = \sqrt{9r\lambda}\ ,\ r_{10} = \sqrt{10r\lambda}\ ,\ \Delta r_{1,2} = \sqrt{R\lambda}\left(\sqrt{2}-1\right)$$

$$\Delta r_{9,10} = \sqrt{R\lambda}\left(\sqrt{10}-\sqrt{9}\right),\ \sqrt{R\lambda} = \frac{\Delta r_{1,2}}{\sqrt{2}-1},\ \Delta r_{9,10} = \frac{\Delta r_{1,2}\left(\sqrt{10}-\sqrt{9}\right)}{\sqrt{2}-1} = 0{,}39\ мм$$

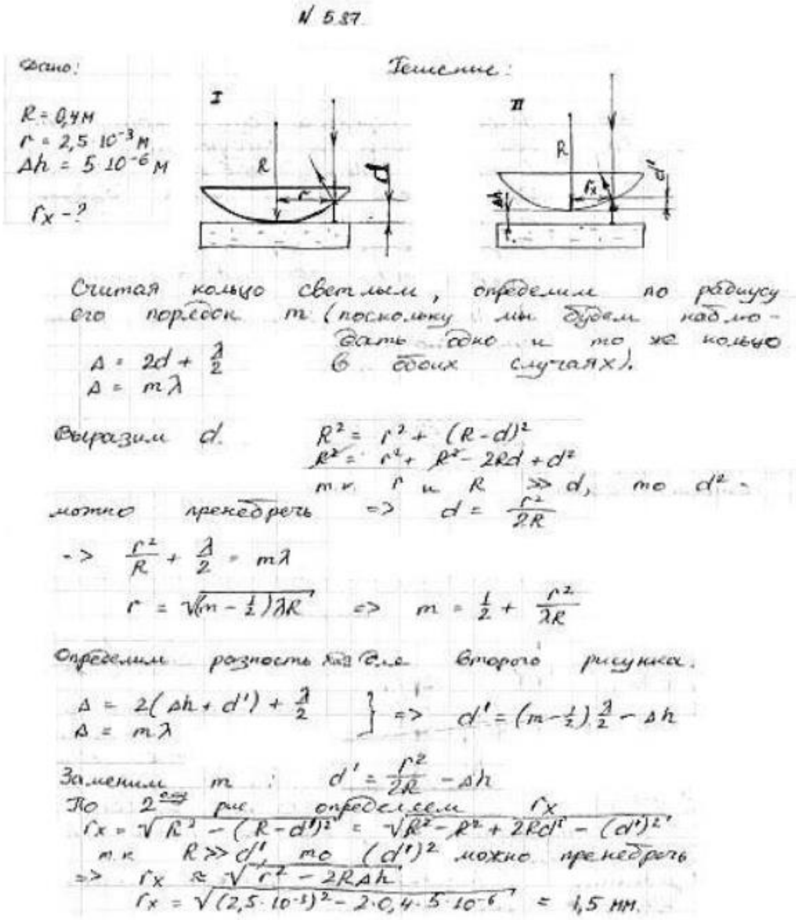
Ответ: 0,39 мм.

17

Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны R = 40 см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца r = 2,5 мм. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на Δh = 5,0 мкм. Каким стал радиус этого кольца?

<< задача 5.81 || задача 5.88 >>

Решение задачи:



№ 5.87

Дано:
$R = 0{,}4$ м
$r = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ м
$\Delta h = 5 \cdot 10^{-6}$ м
r_x - ?

Решение:

Считая кольцо светлым, определим по радиусу его порядок m (поскольку мы будем наблюдать одно и то же кольцо в обоих случаях).

$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2}$
$\Delta = m\lambda$

Выразим d. $R^2 = r^2 + (R-d)^2$
$R^2 = r^2 + R^2 - 2Rd + d^2$
т.к. r и $R \gg d$, то d^2 можно пренебречь $\Rightarrow d = \frac{r^2}{2R}$

$\Rightarrow \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$

$r = \sqrt{(m - \frac{1}{2})\lambda R} \Rightarrow m = \frac{1}{2} + \frac{r^2}{\lambda R}$

Определим разность хода для второго рисунка.

$\left.\begin{array}{l}\Delta = 2(\Delta h + d') + \frac{\lambda}{2} \\ \Delta = m\lambda\end{array}\right\} \Rightarrow d' = (m - \frac{1}{2})\frac{\lambda}{2} - \Delta h$

Заменим m: $d' = \frac{r^2}{2R} - \Delta h$

По 2-му рис. определим r_x

$r_x = \sqrt{R^2 - (R - d')^2} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rd' - (d')^2}$

т.к. $R \gg d'$, то $(d')^2$ можно пренебречь

$\Rightarrow r_x \approx \sqrt{r^2 - 2R\Delta h}$

$r_x = \sqrt{(2{,}5 \cdot 10^{-3})^2 - 2 \cdot 0{,}4 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 1{,}5$ мм.

18

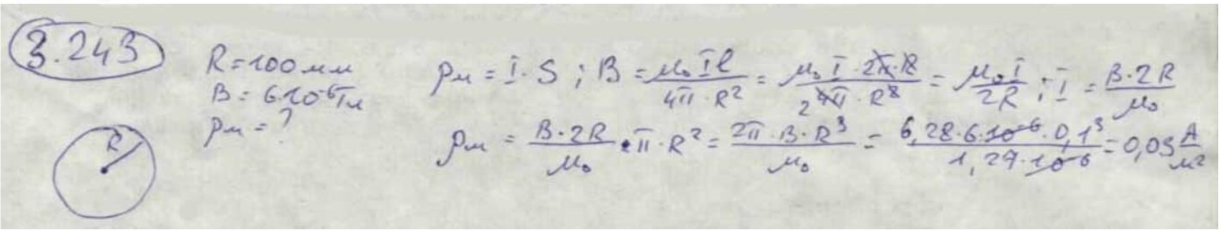
19

Условие задачи:

Найти магнитный момент тонкого кругового витка с током, если радиус витка R = 100 мм и индукция магнитного поля в его центре B = 6,0 мкТ.

<< задача 3.242 || задача 3.244 >>

Решение задачи:



3.243

$R = 100$ мм
$B = 6 \cdot 10^{-6}$ Тл
$p_m = ?$

$p_m = I \cdot S$; $B = \frac{\mu_0 I l}{4\pi \cdot R^2} = \frac{\mu_0 I \cdot 2\pi R}{4\pi \cdot R^2} = \frac{\mu_0 I}{2R}$; $I = \frac{B \cdot 2R}{\mu_0}$

$p_m = \frac{B \cdot 2R}{\mu_0} \cdot \pi \cdot R^2 = \frac{2\pi \cdot B \cdot R^3}{\mu_0} = \frac{6{,}28 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}1^3}{1{,}29 \cdot 10^{-6}} = 0{,}05 \frac{A}{м^2}$

20

3. Ток текущий по длинному прямому соленоиду, радиус сечения которого R, меняют так, что магнитное поле внутри соленоида возрастает со временем по закону $B = \beta t^2$, где β — постоянная. Найти плотность тока смещения как функцию расстояния r от оси соленоида.

3.236 Ток, проходящий по обмотке длинного прямого соленоида радиусом R, изменяют так, что магнитное поле внутри соленоида растет со временем по закону $B = At^2$, где A — некоторая постоянная. Определите плотность тока смещения как функцию расстояния r от оси соленоида. Постройте график зависимости $j_{см}(r)$.

Дано	***Решение***
R $B = At^2$ $A = \text{const}$ $j_{см}(r)$ — ?	$j_{см} = \dfrac{\partial D}{\partial t}$, $\oint\limits_L \mathbf{E}\,d\mathbf{l} = -\int\limits_S \dfrac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}\,d\mathbf{S}$, $B = At^2$, $\dfrac{\partial B}{\partial t} = 2At$;

$r < R$, $2\pi r E = \pi r^2 \cdot 2At$, $E = Atr$, $j_{см} = -\varepsilon_0 A r$;

$r > R$, $2\pi r E = \pi R^2 \cdot 2At$, $E = \dfrac{R^2 At}{r}$, $j_{см} = \dfrac{\varepsilon_0 A R^2}{r}$;

$r = R$, $E = AtR$, $j_{см} = \varepsilon_0 A R$.

В вакууме распространяется плоская гармоническая линейно поляризованная электромагнитная волна частоты ω. Интенсивность волны равна I. Найдем амплитудное значение плотности тока смещения в этой волне.

По определению, плотность тока смещения $\mathbf{j}_{см} = \partial \mathbf{D}/\partial t$, где $\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E}$. Пусть $\mathbf{E} = \mathbf{E}_m \cos(\omega t - kx)$, тогда амплитудное значение плотности тока смещения $j_{см\ макс} = \varepsilon_0 \omega E$. Остается найти E_m. Это делается с помощью формулы (2.25):

$$E_m = \sqrt{2I\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}},$$

и мы получим из предыдущих двух формул, что

$$j_{см\ макс} = \omega\sqrt{2\varepsilon_0 I/c},$$

где $c = 1/\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$.

22

Точка мыльного пузыря, ближайшая к наблюдателю, кажется ему зеленой (λ = 540 нм). Определите минимальную толщину мыльной пленки. Показатель преломления мыльной пленки n = 1,35.

Решение:

Задача 706

Дано:
$\lambda = 540$ нм $= 5,4 \cdot 10^{-7}$ м
$n = 1,35$
$d_{мин}$ — ?

Решение. Интерференционные максимумы наблюдаются, когда световые лучи, отраженные от верхней и нижней поверхности пластинки, усиливают друг друга и имеют разность хода волн, равную целому числу длин волн (рис. 329):

$$\Delta l = n(AC + BC) - AD + \frac{\lambda}{2} = k\lambda,$$

где Δl — оптическая разность хода, коэффициент n учитывает уменьшение скорости света в среде с показателем преломления n, а слагаемое $\frac{\lambda}{2}$ возникает потому, что при отражении луча 1 от оптически более плотной среды фаза колебаний изменяется на противоположную, т. е. возникает такое же изменение фазы, как при прохождении пути $\frac{\lambda}{2}$.

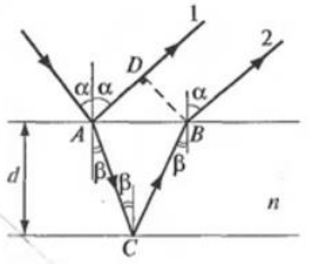


Рис. 329

Из соотношений $AC = BC = \frac{d}{\cos\beta}$, $AD = 2d\sin\alpha \operatorname{tg}\beta$, $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ получаем

$$\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha},$$

откуда

$$d = \frac{\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda}{2 \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}.$$

Минимальная толщина пленки будет при $k = 1$ и $\alpha = 0°$.

$$d = 10^{-7} \text{ м}.$$

Ответ: $d = 10^{-7}$ м.

Условие задачи:

Индукция магнитного поля в вакууме вблизи плоской поверхности магнетика равна B, и вектор B составляет угол ϑ с нормалью n к поверхности (рис. 3.74). Магнитная проницаемость магнетика равна μ. Найти:
а) поток вектора H через поверхность сферы S радиуса R, центр которой лежит на поверхности магнетика;
б) циркуляцию вектора B по квадратному контуру Г со стороной l, расположенному, как показано на рисунке.

Дано:	Решение:
$B;\vartheta;\mu$ $R;l$	а) Найдем отдельно потоки через верхнюю и нижнюю полусферы
а) $\oint\limits_S \vec{H}d\vec{S}=?$ б) $\oint\limits_\Gamma \vec{B}d\vec{l}=?$	Представим $\vec{B}$ в виде суммы двух векторов $B_n=B\cos\vartheta$ и $B_\tau=B\sin\vartheta$,

тогда проекция $\vec{B}$ на произвольную ось со сферическими углами α и φ будет складываться из проекций B_n и B_τ:

$$B=(B_n\sin\alpha+B_\tau\cos\alpha)\sin\varphi$$

$H=\frac{B}{\mu_0}$ (для верхней полусферы)

$H=\frac{B}{\mu\mu_0}$ (для нижней)

$$\int\limits_{\text{верх}}\vec{H}d\vec{S}=\frac{BR^2}{\mu_0}\int\limits_{\text{верх}}(\cos\vartheta\sin\alpha+\sin\vartheta\cos\alpha)\sin\varphi\sin\alpha d\alpha d\varphi$$

$$=\frac{BR^2}{\mu_0}\int\limits_0^{\frac{\pi}{2}}\int\limits_0^{\pi}(\cos\vartheta\sin^2\alpha+\sin\vartheta\cos\alpha\sin\alpha)\sin\varphi d\alpha d\varphi=$$

$$=\frac{2BR^2}{\mu_0}\int\limits_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}(\cos\vartheta\sin^2\alpha+\sin\vartheta\sin\alpha\cos\alpha)d\alpha=\frac{\pi BR^2}{\mu_0}\cos\vartheta$$

Аналогично для нижней полусферы получим

$$\int\limits_{\text{нижн}}\vec{H}d\vec{S}=-\frac{\pi BR^2}{\mu\mu_0}\cos\vartheta$$

$$\oint\limits_S\vec{H}d\vec{S}=\frac{\pi BR^2}{\mu\mu_0}\cos\vartheta(\mu-1)$$

б) $$\oint\limits_\Gamma\vec{B}d\vec{l}=\int\limits_{\text{верх}}\vec{B}d\vec{l}+\int\limits_{\text{нижн}}\vec{B}d\vec{l}+\int\limits_{\text{прав}}\vec{B}d\vec{l}+\int\limits_{\text{лев}}\vec{B}d\vec{l}$$

$$\int\limits_{\text{прав}}\vec{B}d\vec{l}=-\int\limits_{\text{лев}}\vec{B}d\vec{l}$$

$$\oint\limits_\Gamma\vec{B}d\vec{l}=Bl\sin\alpha-\mu Bl\sin\alpha=Bl(1-\mu)\sin\alpha$$

Ответ: а) $\oint\limits_S\vec{H}d\vec{S}=\frac{\pi BR^2}{\mu\mu_0}\cos\vartheta(\mu-1)$

б) $\oint\limits_\Gamma\vec{B}d\vec{l}=Bl(1-\mu)\sin\alpha$

24

25

26