Задача №306.

Найти напряженность эл. поля в точке, лежащей посередине между точечными зарядами $q_1 = 8 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -6 \cdot 10^{-9}$ Кл. Расстояние между зарядами равно $r = 10$ см, $\varepsilon = 1$.

Дано:

$q_1 = 8$ мкКл $= 8 \cdot 10^{-9}$ Кл

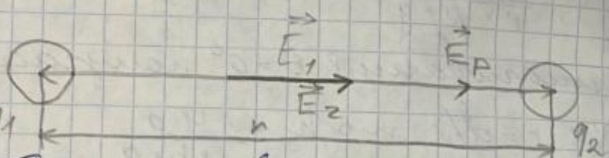
$q_2 = -6$ мкКл $= -6 \cdot 10^{-9}$ Кл

$r = 10$ см $= 0,1$ м

$\varepsilon = 1$

$E = ?$

Решение:



Поле, создаваемое зарядом q_1

$$E_1 = \frac{q_1^2}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{r}{2}\right)^2}$$

и направлено от положит. заряда вдоль линии, соед-ей q_1 и q_2.

Поле, создаваемое зарядом q_2.

$$E_2 = \frac{q_2^2}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{r}{2}\right)^2}$$

и направлено к отриц. заряду вдоль линии, соед-ей q_1 и q_2.

Результирующее поле по принципу суперпозиции полей равно сумме полей.

$$E_p = E_1 + E_2 = \frac{q_1^2}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{r}{2}\right)^2} + \frac{q_2^2}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{r}{2}\right)^2} = \frac{q_1^2 + q_2^2}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{r}{2}\right)^2} =$$

$$= \frac{8 \cdot 10^{-9} + 6 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right)^2} = 5,76 \cdot 10^4 \ \frac{В}{м}$$

Ответ: $E = 5,76 \cdot 10^4 \ \frac{В}{м}$.

Задача №326.

Сила тока I в проводнике меняется со временем t по уравнению $I = 4 + 2t$, где I выражено в Амперах и t — в секундах. 1) Какое кол-во зарядов проходит через поперечное сечение проводника за время от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 6$ с? 2) При какой силе постоянного тока через поперечное сечение проводника за это же время проходит такое же кол-во заряда?

Дано:

$I = 4 + 2t$

$t_1 = 2$ с

$t_2 = 6$

$q = ?$

$I_0 = ?$

Решение:

Кол-во эл-ва q, проходящее через поперечное сечение проводника за время

$$q = \int I\,dt = \int (4 + 2t)\,dt = 4t + t^2 \Big| = 48 \text{ Кл}.$$

Постоянный ток I_0, при котором через поперечное сечение проводника за то же время проходит такое же кол-во эл-ва

$$I_0 = \frac{q}{t} = \frac{48}{4} = 12 \text{ А}.$$

Ответ: $q = 48$ Кл, $I_0 = 12$ А.

Задача № 336.

Внутреннее сопротивление аккумулятора 2 Ом. При замыкании его одним резистором сила тока равна 4А, при замыкании другим резистором – 2А. Во внешней цепи в обоих случаях выделяется одинаковая мощность. Определить ЭДС аккумулятора и внешние сопротивления цепей.

Дано:	Решение:
$r = 2$ Ом	Обозначим напряжение на нагрузке как U_1 для сопротивления R_1 и как U_2 для сопротивления R_2.
$I_1 = 4A$	Тепловая мощность, выделяющаяся на нагрузке:
$I_2 = 2A$	$P = I_1 U_1 = I_2 U_2$
$P_1 = P_2$	$U_2 = \frac{I_1}{I_2} U_1$; $I_1 r = \mathcal{E} - U_1$; $I_2 r = \mathcal{E} - U_2$;
$\mathcal{E} = ?$ $R_1 = ?$ $R_2 = ?$	

$I_2 r = \mathcal{E} - \frac{I_1}{I_2} U_1$; $(I_1 - I_2) r = \frac{I_1}{I_2} U_1 - U_1$

$(I_1 - I_2) r = \frac{I_1 - I_2}{I_2} U_1$; $r = \frac{U_1}{I_2}$;

$U_1 = r I_2 = R_1 I_1$; $R_1 = \frac{I_2}{I_1} r \approx \frac{2}{4} 2 \approx 1$ Ом

$R_2 = \frac{I_1}{I_2} r \approx \frac{4}{2} 2 \approx 4$ Ом.

$\mathcal{E} = (R_1 + r) I_1 = \left(\frac{I_1}{I_2} r + r\right) I_1 = \frac{I_2 + I_1}{I_1} r I_1 =$

$= (I_2 + I_1) r$

$\mathcal{E} = (I_1 + I_2) r \approx (4+2) \cdot 2 \approx 12$ В

Ответ: $\mathcal{E} = 12$ В; $R_1 = 1$ Ом; $R_2 = 4$ Ом.

Задача № 346.

Генератор ЭДС 150 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом питает сеть освещения, в которой установлено 200 ламп с сопротивлением по 320 Ом каждая, соединенных параллельно. Определить напряжение на полюсах генератора и падение напряжения на подводящих проводах.

Дано:	Решение:
ЭДС = 150 В	Напряжение на зажимах генератора и выразим по закону Ома для участка цепи: $U = R \cdot I$, R – внешнее
$r = 0{,}4$ Ом	
$n = 200$	
$R_1 = 320$ Ом	
$U = ?$	

сопротивление цепи; I – сила тока в цепи. При парал-ом соединении проводников, общее сопр-ие цепи R выражается формулой:

$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \ldots + 1/R_n$

Т.к. все резисторы одинаковые, то

$1/R = n/R_1$

$R = \frac{R_1}{n}$

Силу тока I в цепи выразим по закону Ома для замкнутого контура: $I = ЭДС/(r+R)$

$U = R_1 \times ЭДС / n \times (r + R_1/n)$

$U = 320\ Ом \times 150\ В / 200 \times (0{,}4\ Ом + \frac{320\ Ом}{200}) =$

$= 120\ В$

Ответ: $U = 120\ В$.

Задача № 376.

Конденсатор и электрическая лампочка соединены последовательно и включены в цепь переменного тока напряжением $U = 440\ В$ и частотой $\nu = 50\ Гц$. Какую емкость С должен иметь конденсатор чтобы через лампочку протекал ток $I = 0{,}5\ А$ и падение напряжения на ней было равным $U_л = 110\ В$?

Дано:
$U = 440\ В$
$\nu = 50\ Гц$
$I = 0{,}5\ А$
$U_л = 110\ В$
$C - ?$

Решение:

Падение напряжения на конденсаторе

$U_c = \sqrt{U^2 - U_л^2}$

По закону Ома для цепи переменного тока $X_c = \frac{U_c}{I}$

Емкостное сопр-ие $X_c = \frac{1}{\omega C}$

Емкость конденсатора

$C = \frac{I}{\omega U_c} = \frac{I}{2\pi\nu\sqrt{U^2 - U_л^2}} = \frac{0{,}5}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50\sqrt{440^2 - 110^2}} =$

$= 3{,}74 \cdot 10^{-5}\ Ф$

Ответ: $C = 3{,}74 \cdot 10^{-5}\ Ф$.

Задача № 316.

Заряд −1 нКл переместился в поле заряда +1,5 нКл из точки с потенциалом 100 В в точку с потенциалом 600 В. Определить работу сил поля и расстояние между этими точками.

Дано:
$q_1 = -1\ (нКл) = 1 \cdot 10^{-9}\ (Кл)$
$q_2 = +1{,}5\ (нКл) = 1{,}5 \cdot 10^{-9}\ (Кл)$
$\varphi_1 = 100\ В$
$\varphi_2 = 600\ В$
$A = ?\ \Delta r = ?$

Решение:

Потенциал поля, созданного точечным зарядом:

$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$ (1)

тогда $\varphi_1 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r_1}$ =>

$\Rightarrow r_1 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\varphi_1}$ (2)

$\varphi_2 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_2} \Rightarrow r_2 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\varphi_2}$ (3)

$\Delta r = r_1 - r_2$ (4), подставим (2) и (3) в (4):

$\Delta r = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{\varphi_1} - \frac{1}{\varphi_2}\right)$ (5)

$\Delta r = \frac{1,5 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \left(\frac{1}{100} - \frac{1}{600}\right) = 0,11$ (м)

Работа сил поля:

$A = q_1(\varphi_1 - \varphi_2)$ (6)

$A = \cdot 10^{-9} \cdot (100 - 600) = 500 \cdot 10^{-9} =$

$= 0,5 \cdot 10^{-6} = 0,5$ (мкДж)

Ответ: $A = 0,5$ (мкДж); $\Delta r = 0,11$ (м)

Задача № 356.

Рамка, содержащая $N = 1000$ витков площадью $S = 100$ см² равномерно вращается с частотой $n = 10$ об/с в магнитном поле напряженностью $H = 10000$ А/м. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям напряженности. Определить максимальную Э.Д.С. индукции $\mathcal{E}_{max}$, возникающую в рамке.

Дано:

$N = 1000$

$S = 100$ (см²) $= 100 \cdot 10^{-4}$ (м²)

$n = 10$ (об/с)

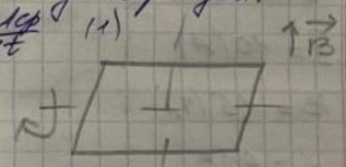
$H = 10000$ (А/м)

$\mathcal{E}_{max} = ?$

Решение:

По закону Фарадея:

$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi}{dt}$ (1)



где $\Phi = BS \cdot \cos\omega t$

$\omega = 2\pi n$,

$\mathcal{E} = -N\frac{d}{dt}(BS \cdot \cos 2\pi n t) = NBS \cdot 2\pi n \cdot \sin 2\pi n t$ (2)

ЭДС максимальна при $\sin 2\pi n t = 1$, тогда $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max} = NBS \cdot 2\pi n$ (3), используя связь между B и H: $B = \mu\mu_0 H$ (4), подставим (4) в (3): $\mathcal{E}_{max} = NSH \cdot 2\mu\mu_0\pi n$ (5)

$\mathcal{E}_{max} = 10^3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \pi \cdot 10 \approx$

$\approx 7,9$ (В)

Ответ: $\mathcal{E}_{max} \approx 7,9$ (В).

Задача № 366.

Виток 2 см, по которому течет ток силой 10 А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией 1,5 Тл. Линии индукции перпендикулярны плоскости витка. Определить работу внешних сил при повороте витка на 90° вокруг оси, совпадающей с его диаметром.

Дано:

$d = 2$ (см) $= 2 \cdot 10^{-2}$ (м)

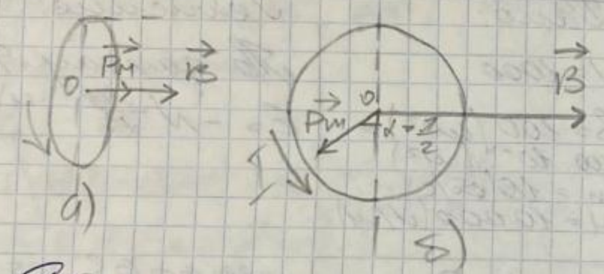
$I = 10$ (А)

$B = 1,5$ (Тл)

$\alpha = 90°$

$A = ?$

Решение:



Работа сил поля:

$$A = I \cdot (\Phi_2 - \Phi_1) \quad (1)$$

где Φ_1 и Φ_2 – магн. потоки, пронизывающие контур в нач. и конечн. положениях.

Работа внешних сил:

$$A_{вн} = I \cdot (\Phi_1 - \Phi_2) \quad (2)$$

В нач. положении, момент внешних сил, действующих на контур, равен нулю. В этом положении $\vec{p_m}$ сонаправлен с $\vec{B}$ (рис. а) и Φ_1 максимален ($\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$), т.е.

$\Phi_1 = BS$.

В конечном положении $\vec{p_m} \perp \vec{B}$ ($\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\cos\alpha = 0$), на рис. б, и $\Phi_2 = 0$

Тогда подставим в (2):

$$A_{вн} = I\Phi_1 = IBS = IB \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (3)$$

$$A_{вн} = 10 \cdot 1,5 \cdot \frac{3,14 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2}{4} =$$

$$= 47,12 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)} \approx 4,71 \text{ (мДж)}$$

Ответ: $A_{вн} \approx 4,71$ (мДж)

Задача № 406.

Найти фокусное расстояние линзы, погруженной в воду, если известно, что в воздухе ее оптическая сила 5 дптр. Показатель преломления стекла линзы 1,6.

Дано:

$D = 5$ дптр

$n = 1,6$ стекло

$n_2 = 1,33$ вода

F_2 – ?

Решение:

Фокусное расст. в воздухе

$$F_1 = \frac{R}{2\left(\frac{n}{n_1} - 1\right)} \quad (1)$$

где $n_1 = 1$ – показатель преломл. воздуха

$F_2 = \dfrac{R}{2\left(\frac{n}{n_2}-1\right)}$ (2), где $n_2 = 1,33$ — показатель преломл. воды

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{n/n_1 - 1}{n/n_2 - 1} = \frac{n_1(n-n_2)}{n_2(n-n_1)} \Rightarrow F_2 =$$

$F_2 = \dfrac{F_1 \cdot n(n-n_1)}{n_1(n-n_2)}$ т.к. $F_1 = \dfrac{1}{D}$, то

$$F_2 = \frac{n_2(n-n_1)}{D \cdot n_1(n-n_2)} = \frac{1,33\,(1,6-1,0)}{5 \cdot 1 \cdot (1,6-1,33)} \approx$$

$\approx 0,59$ м

Ответ: $F_2 \approx 0,59$ м.

Задача №416

Расстояние d между двумя когерентными источниками света ($\lambda = 0,5$ мкм) равно 0,1 мм. Расстояние b между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние l от источников до экрана.

Дано:

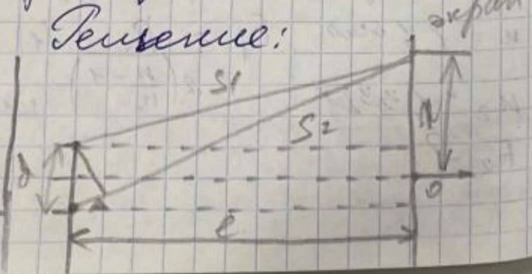
$d = 0,1$ мм $= 10^{-4}$ м

$\lambda = 0,5$ мкм $= 5 \cdot 10^{-7}$ м

$b = 1$ см $= 10^{-2}$ м

l — ?

Решение:



Интенсивность в любой точке экрана на расстоянии x от точки 0 определяется оптической разностью хода $\Delta = S_2 - S_1$

Из рисунка: $S_2^2 = l^2 + \left(x + \dfrac{d}{2}\right)^2$;

$S_1^2 = l^2 + \left(x - \dfrac{d}{2}\right)^2$

Тогда $S_2^2 - S_1^2 = (S_2 - S_1)\cdot(S_2 + S_1) = 2 \cdot d \cdot x$

или $\Delta = S_2 - S_1 = \dfrac{2 \cdot d \cdot x}{S_2 + S_1}$

Т.к. при $l \gg d \Rightarrow S_2 + S_1 = 2l$, то $\Delta =$

$= \dfrac{2 \cdot d \cdot x}{2 \cdot l} = \dfrac{d \cdot x}{l}$

Подставим значение Δ в условие max. $\Delta = k \cdot \lambda$ получим $k \cdot \lambda = \dfrac{d \cdot x}{l} \Rightarrow x_k = \dfrac{k \cdot \lambda \cdot l}{d}$

Расстояние между двумя соседними интерференционными полосами:

$$b = x_{k+1} - x_k = \frac{(k+1)\cdot \lambda \cdot l}{d} - \frac{k \cdot \lambda \cdot l}{d} =$$

$= \dfrac{\lambda \cdot l}{d}$

Откуда $l = \dfrac{b \cdot d}{\lambda} = \dfrac{10^{-2}\text{ м} \cdot 10^{-4}\text{ м}}{6 \cdot 10^{-7}\text{ м}} = 2$ м

Ответ: $l = 2$ м.

Задача № 426.

На дифракционную решетку, содержащую $n = 400$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0{,}6$ мкм). Найти число дифракционных максимумов (не считая центрального), которые дает эта решетка. Определить угол φ дифракции, соответствующий последнему максимуму.

Дано:	Решение:
$n = 400$	$d \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda$,
$\lambda = 0{,}6 \cdot 10^{-3}$ м	$\sin\varphi = 1$,
$\varphi - ?$	$d = \frac{1}{N}$, $\frac{1}{N} = k \cdot \lambda$, $k = \frac{1}{N \cdot \lambda} = 4$

Общее число дифракционных максимумов $2k + 1 = 9$

$\sin\varphi = \frac{k \cdot \lambda \cdot N}{1}$, $\varphi = \arcsin \frac{k \cdot \lambda \cdot N}{1} = 74°$

Ответ: $\varphi = 4;\ 74°$

Задача № 436.

Пластинка кварца толщиной 3 мм (удельное вращение кварца 15 град/мм), вырезанная перпендикулярно оптической оси, помещена между двумя николями. Пренебрегая в николях потерями света, определите, во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего эту систему.

Дано:	Решение:
$d = 3$ мм	по з-ну Малюса $I = I_0 \cos^2\alpha$,
$\varphi_0 = 15$ град/мм	где I_0 и I - соответственно интенсивности
$\frac{I}{I_0} - ?$	плоскополяризованного света, падающего и прошедшего через анализатор;

α = угол между плоскостью поляризации света и главной плоскостью поляризации

$\alpha = \varphi_0 \cdot d$

Тогда $\frac{I}{I_0} = \cos^2(\varphi_0 \cdot d) = \cos^2(3\text{ мм} \cdot 15 \frac{\text{град}}{\text{мм}}) = \cos^2 45° = \frac{1}{2}$, т.е.

интенсивность света уменьшится в 2 раза.

Ответ: $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2}$

Задача № 446.

Мощность излучения абсолютно черного тела равна 34 квт. Найти температуру этого тела, если известно, что поверхность его равна 0,6 $м^2$.

Дано:

$N = 34 \cdot 10^3$ вт

$S = 0,6\ м^2$

$T - ?$

Решение:

Для абсолютно черного тела:

$N = \sigma \cdot T^4 \cdot S$, откуда

$$T = \sqrt[4]{\frac{N}{\sigma \cdot S}} = \frac{34 \cdot 10^3\ вт}{5,67 \cdot 10^{-8}\ \frac{вт}{м^2 \cdot К^4}} \cdot 0,6\ м^2 \approx$$

$\approx 1000 К$

Ответ: $T = \approx 1000 К$

Задача № 456.

Определить красную границу фотоэффекта для цинка, если работа выхода электронов из цинка равна $A_{вых} = 4$ эВ.

Дано:

$A_{вых} = 4$ эВ

$\lambda_{max} - ?$

Решение:

Красная граница фотоэффекта определяется по формуле:

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{A_{вых}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}\ Дж \cdot с \cdot 3 \cdot 10^8\ м/с}{6,41 \cdot 10^{-19}\ Дж} \approx$$

$\approx 3,1 \cdot 10^{-7}$ м

1 эВ $\approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж

4 эВ $\approx 6,41 \cdot 10^{-19}$ Дж

Ответ: $\lambda_{max} \approx 3,1 \cdot 10^{-7}$ м

Задача № 466.

Релятивистская масса протона в два раза больше его массы покоя. Вычислить дебройлевскую длину волны протона.

Дано:	Решение:
$m_0 = 1{,}67\cdot10^{-27}$ кг	Релятивистская масса:
$m = 2m_0$	
$\lambda_Б$ - ?	

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow 2m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow 1-\left(\frac{v}{c}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \frac{\sqrt{3}}{2}\cdot c$$

Найдем длину волны де-Бройля:

$$\lambda_Б = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{2h}{2m_0\cdot\sqrt{3}\cdot c} = \frac{h}{\sqrt{3}\cdot m_0\cdot c} =$$

$$= \frac{6{,}63\cdot10^{-34}\ Дж\cdot с}{\sqrt{3}\cdot1{,}67\cdot10^{-27}\ кг\cdot3\cdot10^{8}\ \frac{м}{с}} = 7{,}64\cdot10^{-16}\ м$$

Ответ: $\lambda_Б = 7{,}64\cdot10^{-16}$ м

Задача № 476.

Вследствие радиоактивного распада $^{238}_{92}U$ превращается в $^{206}_{82}Pb$. Сколько альфа- и бета-превращений он при этом испытывает?

Дано:	Решение:
$^{238}_{92}U \to {}^{206}_{82}Pb$	α - частица уносит 4 а.е. массы и +2 а.е. заряда.
n_α - ?	
n_β - ?	

Поэтому $n_\alpha = \frac{238-206}{4} = \frac{32}{4} = 8$ - число α-превращ., т.е. чтобы уменьшить массу ядра атома с 238 а.е.м. до 206 а.е.м. нужно 8 α- превращений. При этом заряд уменьшится на $8\cdot2$ а.е.з. = 16 а.е. заряда. Поэтому заряд ядра станет $92-16=76$ а.е. заряда. Т.к. при β-превр. масса ядра практически не изменяется, а каждая β-частица уносит -1 а.е. заряда, то число необходимых β-превращений:

$$n_\beta = \frac{82-76}{1} = 6$$

Ответ: $n_\alpha = 8$; $n_\beta = 6$