Контрольная работа по физике (ЗК 13103)

1. Поле создано двумя разноименными точечными зарядами 2q и –q, находящимся на расстоянии 12 см друг от друга. Определить геометрическое место точек на плоскости, для которых потенциал равен нулю (написать уравнение линии нулевого потенциала)

Дано:
$Q_1 = 2q$
$Q_2=-q$
d= 12 см
E=0

r - ?

Решение

Запишем напряженность поля

$$E = E_1 + E_2 = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} + \frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 (r-d)^2} = 0$$

$$\frac{2q}{r^2} = \frac{q}{(r-d)^2}$$

$$2(r-d)^2 = r^2$$

$$2r^2 - 4rd + 2d^2 = r^2$$

$$r^2 - 4rd + 2d^2 = 0$$

$$D = 16d^2 - 8d^2 = 8d^2$$

$$r = \frac{4d \pm 2\sqrt{d}}{2} = 2d \pm \sqrt{2}d$$

Выбираем значение d<r

$$r = \left(2+\sqrt{2}\right)d = \left(2+\sqrt{2}\right) * 12 = 40{,}97 \text{ см}$$

Ответ: r=40,97 см

2. Заряды распределены равномерно по поверхности двух концентрических сфер радиусами 10 см и 15 см, поверхностная плотность зарядов на обеих сферах одинакова 2,5 нКл/м. Пользуясь теоремой Гаусса найти а) разность потенциалов сфер; б) потенциал наружной сферы. Потенциал в бесконечности считать равным нулю.

Дано:
$P=2{,}5*10^{-9}$ кл/м^2
$R_1=0{,}1$ м
$R_2 = 0{,}15$ м

Решение

Запишем потенциал поля на поверхности внутренней сферы

$$u_1 = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_2} \quad (1)$$

Запишем потенциал поля на поверхности внешней сферы

$$u_2 = \frac{Q_1 + Q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_2} \quad (2)$$

Разность потенциалов находим как

$$U = u_1 - u_2 = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_1} - \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_2}$$

Учитывая, что

$$Q_1 = p * 4 * \pi * R_1^2$$

Можно записать

$$U = \frac{p * R_1^2}{\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \frac{p * R_1}{\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{R_2 - R_1}{R_2}\right) = \frac{2.5 * 10^{-9} * 0,1}{1 * 8,85 * 10^{-12}}\left(\frac{0,15 - 0,1}{0,15}\right) = 9,42 \text{ В}$$

Находим потенциал на внешней сфере, учитывая, что

$$Q_2 = p * 4 * \pi * R_2^2$$

Тогда из формулы (2)

$$u_2 = \frac{p(R_1^2 + R_2^2)}{\varepsilon\varepsilon_0 R_2} = \frac{2,5 * 10^{-9}(0,1^2 + 0,15^2)}{8,85 * 10^{-12} * 0,15} = 61,205 \text{ В}$$

Ответ: U = 9,42 В, u_2 = 61,205 В

U- ?
u_2-?

3. Альфа-частица движется со скоростью $1,6*10^7$ м/с в направлении к неподвижному ядру урана. На какое наименьшее расстояние может она приблизиться к ядру урана? Заряды считать точечными. Взаимодействие альфа-частицы с электронами пренебречь.

Дано:
$\upsilon=1,6*10^7$ м/с
$q_1=Z_1*e$
$q_2=Z_2*e$
$Z_1 = +2$
$Z_2=+92$
$Mr(He^{2+})=4,00273$ а.е.м.
1 а.е.м. = $1,66*10^{-27}$ кг
$e=1,6*10^{-19}$ Кл

r-?

Решение

Кинетическая энергия альфа-частицы

$$W_1 = \frac{m\upsilon^2}{2}$$

Потенциальная энергия покоящегося атома урана

$$W_2 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r} = \frac{Z_1 Z_2 * e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

Из закона сохранения энергии

$W_1=W_2$

Определим расстояние на которое может приблизиться альфа-частица

$$r = \frac{Z_1 Z_2 * e^2}{2\pi\varepsilon_0 m\upsilon^2} = \frac{2 * 92 * (1,6 * 10^{-19})^2}{2 * 3,14 * 8,85 * 10^{-12} * 4,00273 * 1,66 * 10^{-27} * (1,6 * 10^7)^2} = 5 * 10^{-14} \text{ м}$$

Ответ: $r=5*10^{-14}$ м

4. На плоский воздушный конденсатор с площадью пластин 80х60 см и с расстоянием между ними 1 см подана разность потенциалов 6 кВ. затем расстояние между пластинами увеличили до 2 см (без отключения

конденсатора от источника напряжения). Определите работу по раздвижению пластин и объемную плотность энергии электрического поля до и после раздвижения пластин.

Дано:
U=cons’t
$U=6*10^3$ В
a= 0,6 м
b=0,8 м
d_1 = 0,01 м
d_2 =0,02 м

A-?
$w_{1-?}$
$w_{2-?}$

Решение
U=cons’t
$Q_1 = C_1U_1$; $Q_2=C_2U_2$

$$W_1=\frac{C_1U_1^2}{2}=\frac{\varepsilon_0 S*U_1^2}{2d_1}=\frac{8{,}85*10^{-12}*0{,}6*0{,}8*(6*10^3)^2}{2*0{,}01}=7{,}64*10^{-3}\text{ Дж}$$

$$W_2=\frac{C_1U_2^2}{2}=\frac{\varepsilon_0 S*U_1^2*d_1}{2d_1*d_2}=W_1\frac{d_1}{d_2}=7{,}64*\frac{0{,}01}{0{,}02}*10^{-3}=3{,}82*10^{-3}$$

A = $W_2 – W_1$ = (3,82-7,64)*10^{-3}=-3,82*10^{-3} Дж = 3,82*10^{-3} Дж
(Работа совершается за счет потенциальной энергии)

$$w_1=\frac{W_1}{V_1}=\frac{W_1}{a*b*d_1}=\frac{7{,}64*10^{-3}}{0{,}6*0{,}8*0{,}01}=1{,}59\text{ Дж/м}^3$$

$$w_2=\frac{W_2}{V_2}=\frac{W_2}{a*b*d_2}=\frac{3{,}82*10^{-3}}{0{,}6*0{,}8*0{,}02}=0{,}398\text{ Дж/м}^3$$

Ответ: При раздвижении пластин совершается работа 3,82*10^{-3} Дж. Объемная плотность энергии до раздвижения равна w_1=1,59 Дж/м^3, после раздвижения равна 0,398 Дж/м^3

5. Какое дополнительное сопротивление необходимо присоединить к вольтметру с сопротивлением 1500 Ом, чтобы цена деления увеличилась в пять раз?

Дано:
r=1500 Ом
n=5

$R_д$ - ?

Решение
Согласно закону Ома напряжение между точками А и В

$$U=I_н r+I_н R_д=I_н(r+R_д)\ (1)$$

Где $I_н$ – номинальный ток прибора, r – его сопротивление.
С учетом того, что $U_н = I_н*r$ получим

$$U=U_н\frac{r+R_д}{r}=U_n\left(1+\frac{R_д}{r}\right)\ (2)$$

Пусть измеряемое напряжение U превышает номинальное $U_н$ в n раз, это значит
U = n*$U_н$ (3)
Если соотношение (3) подставить в (2), то получим:

$$nU_н=U_н\left(1+\frac{R_д}{r}\right)$$

Откуда

$$R_д=(n-1)*r=(5-1)*1500=6000\text{ Ом}$$

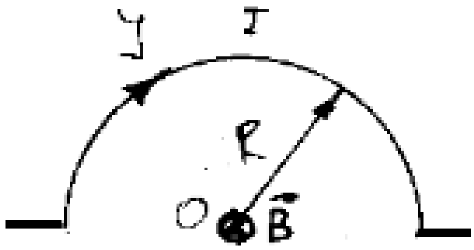
Ответ: $R_д$ = 6000 Ом

6. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток силой 100 А (рис.) Определите магнитную индукцию поля, создаваемую этим током в точке О. Радиус изогнутой части контура равна 20 см.

Дано:
I=100 А
R = 0,2 м

B - ?

Решение



Вектор $d\vec{B}$ магнитной индукции в любой точке С магнитного поля, создаваемого элементами тока Idl вычисляется по формуле

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 * I[d\vec{l} d\vec{r}]}{4\pi * R^3}$$

В скалярной форме

$$dB = \frac{\mu_0 I dl * sin\alpha}{4\pi * R^2}$$

sinα=1 (угол 90°)

Прямолинейные участки проходят через ось, магнитная индукция равна нулю.

Интегрируем левую и правую часть

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{\pi R} dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} l|_0^{\pi R} = \frac{\mu_o I}{4R}$$

$$B = \frac{4\pi * 10^{-7} * 100}{4 * 0,2} = 1,57 * 10^{-4} \text{ Тл}$$

Ответ: B = $1,57*10^{-4}$ Тл

7. По витку радиусом 10 см течет ток 50 А. Виток помещен в однородное магнитное поле с магнитной индукцией 0,2 Тл. Определить момент силы, действующей на виток, если плоскость витка составляет 60 ° с линиями индукции.

Дано:
I = 50 А
R = 0,1 м
B=0,2 Тл
α=60°

Решение

Величину моментов сил ампера можно записать

$$M = p_m B * sin\beta \, (1)$$

β- угол между нормалью плоскости и линиями магнитного поля

	$\beta = 90 - \alpha = 90\text{-}60 = 30°$
M- ?	$$p_m = IS = I\pi R^2 \; (2)$$ Из (1) и (2) получаем $$M = I\pi R^2 * B * sin\beta = 50 * \pi * 0{,}1^2 * \sin(30°) = 0{,}3925 \text{ Н} * \text{м}$$

Ответ: M= 0,3925 Н*м

8. К источнику тока с внутренним сопротивлением 2 Ом была подключена катушка, индуктивность которой 0,5 Гн, а сопротивление равно 8 Ом. Найти время, в течение которого ток в катушке увеличится до значения, отличающегося от максимального на 1%.

Дано:	Решение
R_1 = 8 Ом r = 2 Ом L=0,5 Гн	Зависимость тока от времени выражается уравнением $$I = I_{max}\,(1 - e^{-Rt/L})$$ $R=R_1+r = 8 + 2 = 10$ Ом Тогда $$\frac{Rt}{L} = -ln\left(1 - \frac{I}{I_{max}}\right)$$ $$t = -ln\left(1 - \frac{I}{I_{max}}\right) * \frac{L}{R}$$
I/I_{max}=0,99	$$t = -ln(1 - 0{,}99) * \frac{0{,}5}{10} = 0{,}23\ c$$ Ответ: t = 0,23 с