

Практика № 1 (06.02)

1.1. Два одинаковых шарика массами по 0,5 г, подвешенные на нитях длиной 1 м, разошлись на 4 см друг от друга. Найти заряды шариков, считая их одинаковыми.

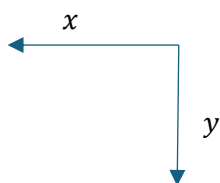
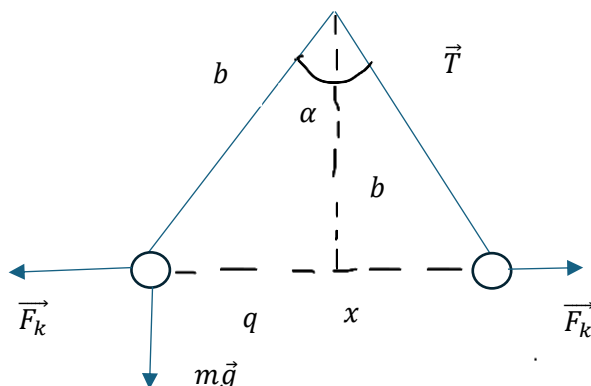
Дано:

$$x = 0,04 \text{ м}$$

$$l = 1 \text{ м}$$

$$m = 0,0005 \text{ кг}$$

$$q = ?$$



$$\vec{F}_k + \vec{T} + m\vec{g} = 0$$

$$x: F_k - T \sin \beta = 0$$

$$y: mg - T \cos \beta = 0$$

$$F_k = T \sin \beta$$

$$mg = T \cos \beta$$

$$b = \sqrt{l^2 - \frac{a^2}{4}}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{\alpha \sqrt{l^2 - \frac{a^2}{4}}} = \frac{a}{2l}$$

$$\frac{F_k}{mg} = \operatorname{tg} \beta \Rightarrow F_k = mg * \frac{a}{2l}$$

$$\frac{kq^2}{a^2} = mg * \frac{a}{2l}$$

$$q = \sqrt{\frac{mga^3}{2lk}} = 4.21 * 10^{-9} \text{ НКл}$$

Практика № 2 (13.02)

*Рассматривали лекцию, не успели решить примеры.

Практика № 3 (20.02)

Лабораторная работа № 1.

Практика № 4 (27.02)

2.1 Электрическое поле создано точечным зарядом 1 нКл. Найти потенциал в точке, удаленной от заряда на 20 см.

Дано

$$q = 1 \text{ нКл} = 10^{-9}$$

$$r = 20 \text{ см} = 20 * 10^{-2} \text{ м}$$

$$k = 9 * 10^9 \frac{\text{м}}{\text{Ф}}$$

$\varphi - ?$

Решение:

$$\varphi = \frac{kq}{r} = \frac{9 * 10^9 * 10^{-9}}{20 * 10^{-2}} = \frac{9}{20} * 10^2 = 45 \text{ В}$$

2.3 Вычислить потенциальную энергию двухточечных зарядов 100 и 10 нКл, находящихся на расстоянии 10 см друг от друга.

Дано

$$q_1 = 1 \text{ нКл} = 10^{-9}$$

$$q_2 = 1 \text{ нКл} = 10^{-9}$$

$$r = 10 \text{ см} = 0.1 \text{ м}$$

$$k = 9 * 10^9 \frac{\text{м}}{\text{Ф}}$$

$$\varepsilon = 1$$

$W - ?$

Решение:

$$W = \frac{kq_1q_2}{\varepsilon r} = \frac{9 * 10^9 * 10^{-8} * 10^{-7}}{1 * 0.1} = 9 * 10^{-5} \text{ Дж}$$

2.9 Бесконечно длинная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по ее длине заряд с линейной плотностью 10 нКл/м. Найти разность потенциалов в двух точках, удаленных от нити на 2 и 4 см.

Дано

$$\lambda = 10 * 10^{-9} \frac{\text{Кл}}{\text{м}}$$

$$r_1 = 0.04 \text{ м}$$

$$r_2 = 0.02 \text{ м}$$

$\varphi_1 - \varphi_2 - ?$

Решение:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2k\lambda}{\varepsilon} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) = \frac{2 * 9 * 10^9 * 10 * 10^{-9}}{1} \ln \left(\frac{0.04}{0.02} \right) = 180.069 = 124.2 \text{ В}$$

4.1 Какой путь пройдет электрон в однородном электрическом поле напряженностью 200 кВ/м за 1 нс, если его начальная скорость была равна нулю?

Дано

$$e = 1.602 * 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m_0 = 9.11 * 10^{-31} \text{ кг}$$

$$E = 200 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 2 * 10^5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$t = 10^{-9} \text{ с}$$

$$V_0 = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$S = ?$

Решение:

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{Eq}{m}$$

$$S = V_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{\frac{2 * 10^5 * 1.602 * 10^{-19}}{9.11 * 10^{-31}} * (10^{-9})^2}{2} = 0.176 \text{ м}$$

4.2 Пылинка массой 10^{-12} кг, имеющая пять лишних электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов 3 МВ. Какую скорость при этом она приобрела?

Дано

$$m = 10^{-12} \text{ кг}$$

$$q = 5e$$

$$\Delta\varphi = 3 * 10^6 \text{ В}$$

$V = ?$

Решение:

$$A_{12} = q\Delta\varphi$$

$$\begin{cases} \Delta E_k = A_{12} \\ \Delta E_k = \frac{m}{2}(V'^2 - V_0^2) \end{cases} \Rightarrow \frac{mV'^2}{2} = q\Delta\varphi$$

$$V' = \sqrt{\frac{2q\Delta\varphi}{m}} = \sqrt{\frac{2 * 5 * 10^{-19} * 3 * 10^6}{10^{-12}}} = \sqrt{48 * 0.1} = 2.19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Практика № 5 (06.03)

Сдавали лабораторные.

Практика № 6 (13.03)

Лабораторная работа № 2.

Практика № 7 (20.03)

5.1 Два заряженных металлических шара, первый радиусом R_1 , имеющий заряд q_1 , а второй – радиусом R_2 , имеющий потенциал φ_2 , соединили проводником, емкостью которого можно пренебречь. Определите:

- заряд второго шара до соединения шаров
- потенциал шаров после их соединения
- энергии каждого шара до соединения
- энергии шаров после соединения

Дано

R_1 и R_2

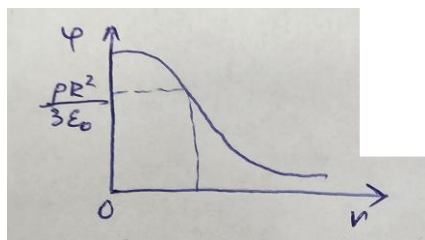
q_1

q_2 – неизвестный

φ_2

q_2 – ? W – ?

φ – ? W' – ?



Решение:

Внутри шара ($r < R$)

$$\varphi = \frac{\rho R^2}{3\epsilon_0} + \frac{\rho}{6\epsilon_0}(R^2 - r^2)$$

Вне шара ($r \geq R$)

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\rho = \frac{dq}{dv}$$

5.2 Уединенная металлическая сфера электроемкостью C заряжена до потенциала φ .

Определите энергию W поля, заключенного в сферическом слое, ограниченном сферой и концентрической с ней сферической поверхностью, радиус которой в η раз больше радиуса сферы.

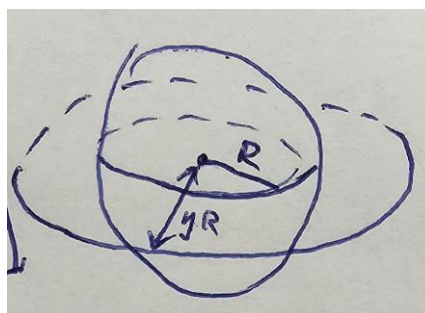
Дано

φ

C

η

W – ?



Решение:

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

1. Емкость сферы: $C = 4\pi\epsilon_0 R$

Потенциал заряженной сферы: $\varphi = \frac{q}{C}$

Отсюда заряд: $q = C\varphi$

2. Электрическое поле в слое $R \leq r \leq \eta R$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{q}{r^2}$$

Подставим $q = C\varphi$:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{C\varphi}{r^2}$$

3. Энергия электрического поля в слое

$$W = \frac{\varepsilon_0}{2} \int_V E^2 dV$$

$$dV = 4\pi r^2 dr$$

Подставим:

$$W = \frac{\varepsilon_0}{2} \int_R^{\eta R} \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} * \frac{C\varphi}{r^2} \right) 2\pi r^2 dr = \frac{\varepsilon_0}{2} * \frac{C^2\varphi^2}{16\pi^2\varepsilon_0^2} * 4\pi \int_R^{\eta R} \frac{1}{r^2} dr$$

Берем интеграл:

$$\int_R^{\eta R} \frac{1}{r^2} dr = -\frac{1}{r} \Big|_R^{\eta R} = -\frac{1}{\eta R} + \frac{1}{R} = \frac{\eta - 1}{\eta R}$$

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

Подставляем результаты интегрирования:

$$W = \frac{C^2\varphi^2}{8\pi\varepsilon_0} * \frac{\eta - 1}{\eta R}$$

С учётом: $C = 4\pi\varepsilon_0 R$

$$W = \frac{4\pi\varepsilon_0 R * \varphi^2}{2} * \frac{\eta - 1}{\eta} = \frac{C\varphi^2}{2\eta} (\eta - 1)$$

Практика № 8 (27.03)

Сдавали лабораторные.

Практика № 9 (3.04)

Лабораторная работа № 3.

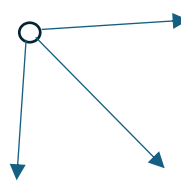
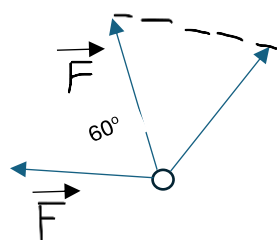
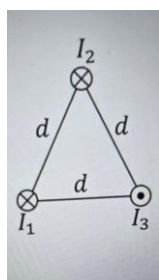
Практика № 10 (10.04)

*Ничего не решали.

Практика № 11 (17.04)

8.1 По трем параллельным прямым проводникам, находящимся на одинаковом расстоянии, друг от друга текут одинаковые токи. В двух проводниках направления токов совпадают. Вычислите для каждого проводника силу, действующую на единицу длины проводника.

Дано



Решение:

I.

$$dF = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} dl$$

$$I_1 = I_2 = I$$

$$\frac{dF_1}{dl} = \frac{dF_2}{dl} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}$$

$$\frac{dF_3}{dl} = 2 \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} \cos 30^\circ = \sqrt{3} \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} = \sqrt{3} \frac{dF_1}{dl}$$

II.

$$\frac{F}{l} = \frac{dF}{dl}, \quad \frac{dF_2}{dl} = \frac{\mu_0}{4\pi} * \frac{2I^2}{d} = \tilde{F}$$

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} * \frac{I^2}{d}, \quad \frac{F_1}{l} = \frac{F_2}{l}$$

$$|\vec{c}|^2 = \tilde{F}^2 + \tilde{F}^2 + \tilde{F}$$

$$|\vec{c}| = \tilde{F}\sqrt{3}, \quad \frac{dF_3}{dl} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} \sqrt{3}$$

Ответ: $\frac{dF_1}{dl} = \frac{dF_2}{dl} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}; \quad \frac{dF_3}{dl} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} \sqrt{3}$

8.2 На оси контура с током, магнитный момент p_m , находится другой такой же контур. Магнитный момент второго контура перпендикулярен оси первого контура. Расстояние между контурами r , причем, размеры контуров малы по сравнению с расстоянием r . Определите механический момент M , действующий на второй контур.

Дано

$$p_m, \mu$$

$$r$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$M = ?$$

Решение:

I.

$$M = p_m B \sin \theta$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} * \frac{2p_m}{r^3}$$

$$M = p_m \frac{2 \mu_0 p_m}{4\pi r^3} \sin 90^\circ = \frac{2 \mu_0 p_m^2}{4\pi r^3}$$

II.

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

$$H = \frac{2p_m}{4\pi r^3} \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 \mu p_m}{2\pi r^3}$$

$$M = \frac{\mu_0 p_m^2}{2\pi r^3}$$

$$\text{Ответ: } M = \frac{\mu_0 p_m^2}{2\pi r^3}$$

8.3 Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии d_1 друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи I_1 и I_2 . Какую работу (на единицу длины проводника) нужно совершить, чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния d_2 ?

Дано

$$d_1, \mu = 1$$

$$I_1, I_2$$

$$d_2$$

$$A_l = ?$$

Решение:

$$f = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

d — тут ось, можно заменить на x .

$$A = \int_{d_1}^{d_2} f dl, \quad dl = 1$$

$$A = \int_{d_1}^{d_2} \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} dl = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \int_{d_1}^{d_2} \frac{1}{d} dl = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$\text{Ответ: } A = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

8.4 Магнитный момент длинного соленоида p_m , длина соленоида l . Определите магнитный поток Φ сквозь сечение сердечника соленоида.

Дано

$$p_m$$

$$l$$

Φ —?

Решение:

I.

$$p_m = ISN$$

$$B = \mu_0 n I$$

$$n = \frac{N}{l}$$

$$\Phi = BS$$

$$p_m = n l S I$$

$$IS = \frac{p_m}{nl}$$

$$\Phi = \mu_0 n I S \Rightarrow \Phi = \frac{\mu_0 p_m}{l}$$

II.

$$\Phi = BS$$

$$p_m = ISN \Rightarrow S = \frac{p_m}{IN}$$

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

$$\Phi = \frac{\mu_0 \mu IN}{l} * \frac{p_m}{IN} = \frac{\mu_0 p_m}{l}$$

$$\text{Ответ: } \Phi = \frac{\mu_0 p_m}{l}$$

8.5 В одной плоскости с длинным прямым проводником с током I_1 расположена квадратная рамка со стороной a так, что расстояние от провода до ближайшей стороны рамки $r_0 = a$. В рамке течет ток I_2 . Определите работу, которую нужно совершить для медленного поворота рамки относительно оси z на угол $\varphi = \pi$.

Дано

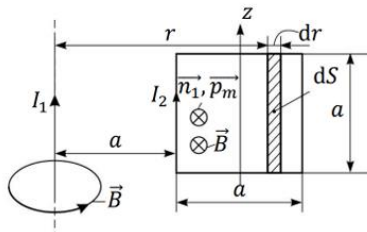
$$I_1, I_2$$

$$r_0 = a$$

$$\varphi = \pi$$

A —?

Решение:



$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

$$\Phi = \int B dS$$

$$dS = a * dr$$

$$\Phi = \int_a^{2a} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} * a * dr = \frac{\mu_0 I_1 a}{2\pi} \int_a^{2a} \frac{1}{r} dr = \frac{\mu_0 I_1 a}{2\pi} \ln 2$$

$$p_m = I_2 S$$

$$\Delta \Phi = -2\Phi$$

$$A = -\Delta U = -I_2 \Delta \Phi$$

$$A = -I_2 * (-2\Phi) = -\frac{\mu_0 I_1 I_2 a}{\pi} \ln 2$$

$$\text{Ответ: } A = -\frac{\mu_0 I_1 I_2 a}{\pi} \ln 2$$

8.6 Квадратная рамка из тонкого провода массой m может без трения вращаться вокруг вертикальной оси OO' проходящей через ее центр перпендикулярно двум противоположным сторонам рамки. Рамка помещена в однородное магнитное поле с индукцией B , перпендикулярное плоскости чертежа. В рамке идет ток I . Определить циклическую частоту малых колебаний рамки около положения ее устойчивого равновесия.

Дано

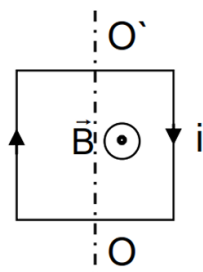
OO'

B

I

$\omega - ?$

Решение:



$$M = p_m B \sin \theta$$

$$p_m = IS \Rightarrow p_m = Il^2$$

если длина стороны рамки l , то $S = l^2$

$$M = -Il^2 B \theta$$

$$M = J\beta, \quad J = \frac{1}{6}ml^2$$

$$-Il^2 B \theta = \frac{1}{6}ml^2 \ddot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{6IB}{m} \theta = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{6BI}{m}}$$

Ответ: $\omega = \sqrt{\frac{6BI}{m}}$

Практика № 12 (24.04)

Лабораторная работа № 4.

Практика № 13 (1.05)

*Праздник. Пары не было.

Практика № 14 (8.05)

*Праздник. Пары не было.

Практика № 15 (15.05)

Лабораторная работы № 5.

Дано

$$l = 20 \text{ см} = 0.2 \text{ м}$$

$$S = 10 \text{ см}^2 = 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$N = 400$$

$$L = 1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$J = 20 \text{ А/м}$$

$$I = ?$$

Решение:

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

$$J = nI = \frac{N}{l} I \Rightarrow I = \frac{Jl}{N}$$

$$n = \frac{N}{l}$$

$$I = \frac{20 * 0.2}{400} = 0.01 \text{ А}$$

Ответ: $I = 10 \text{ мА}$