

Пример 1.

Определить работу сил поля по перемещению заряда $Q=1\text{мкКл}$ в поле, созданном заряженным шаром радиуса R , из точки, удаленной от первой на расстояние $2R$. Потенциал шара равен $\varphi = 1\text{кВ}$.

Дано: $\varphi = 10^3 \text{ В}; Q = 10^{-6} \text{ Кл}$.

Найти: A .

Решение: Потенциал шара (рассматривается, как от эквивалентного заряда в его центре):

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_{\text{ш}}}{R}.$$

Потенциалы на расстояниях R и $2R$ от его поверхности:

$$\varphi_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_{\text{ш}}}{2R} \text{ и}$$

$$\varphi_{2R} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_{\text{ш}}}{3R}.$$

Работа по перемещению точечного заряда:

$$A = Q\Delta\varphi = Q(\varphi_R - \varphi_{2R}) = Q\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_{\text{ш}}}{2R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_{\text{ш}}}{3R}\right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{QQ_{\text{ш}}}{R} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right),$$

Подставив численные значения, получим:

$$A = \frac{\varphi \cdot Q}{6} = \frac{10^3 \cdot 10^{-6}}{6} = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)}.$$

Задача 1. Определить работу сил поля по перемещению заряда Q в поле, созданном заряженным шаром радиуса R , из точки, удаленной от первой на расстояние $2R$. Потенциал шара равен φ .

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , мкКл	10	12	15	17	20	25	5	6	7	8
φ , кВ	2,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1	1,2	1,5	1,7	2,0

Пример 2.

Электрическое поле образовано точечным зарядом $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. На каком расстоянии друг от друга расположены в вакууме две эквипотенциальные поверхности с потенциалами 45 и 30 В.

Дано: $Q = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$; $\varphi_1 = 45 \text{ В}$; $\varphi_2 = 30 \text{ В}$.

Найти: d .

Решение: Потенциалы от точечного заряда на разных расстояниях от него:

$$\varphi_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{d_1} \text{ и}$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{d_2}.$$

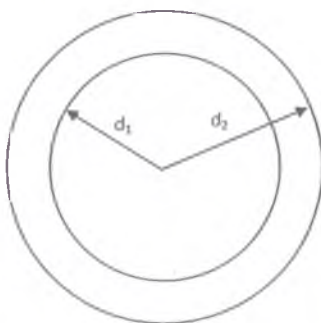
Откуда диаметры эквипотенциальных поверхностей:

$$d_1 = \frac{4\pi\epsilon_0\varphi_1}{Q} = \frac{1,5 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 45} = 0,3(\text{м}) \text{ и}$$

$$d_2 = \frac{4\pi\epsilon_0\varphi_2}{Q} = \frac{1,5 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 30} = 0,45(\text{м}).$$

И тогда расстояние между ними:

$$d = d_2 - d_1 = 0,45 - 0,3 = 0,15(\text{м}).$$



Задача 2. Электрическое поле образовано точечным зарядом Q . На каком расстоянии друг от друга расположены в вакууме две эквипотенциальные поверхности с потенциалами φ_1 и φ_2 .

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , нКл	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	5	6	7	8
φ_1 , В	25	15	25	20	15	35	30	10	17	20
φ_2 , В	25	40	30	30	15	40	30	12	15	10

Пример 3.

Найти емкость сферического конденсатора с радиусами обкладок R_1 и $R_2 > R_1$, который заполнен диэлектриком с проницаемостью, изменяющейся по закону $\varepsilon = a/r$, где a – постоянная величина; r – расстояние от центра конденсатора.

Дано: $R_2 > R_1$, $\varepsilon = a/r$.

Найти: C .

Решение: Возьмем малый (тонкий) слой диэлектрика, внешний радиус которого близок к внутреннему и равен dr , тогда емкость этого слоя может рассчитываться, как для уединенной сферы и $dC = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 dr$, общая емкость слоя диэлектрика будет суммой этих слоев:

$$C = \int_{R_1}^{R_2} 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 dr = \int_{R_1}^{R_2} 4\pi\varepsilon_0 \frac{a}{r} dr = 4\pi\varepsilon_0 a \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right).$$

Задача 3. Найти емкость сферического конденсатора с радиусами обкладок R_1 и $R_2 > R_1$, который заполнен диэлектриком с проницаемостью ε .

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_1 , см	1,0	1,2	1,5	1,7	1,4	2,5	0,5	0,6	0,7	0,8
R_2 , см	2,5	1,5	2,5	2,0	15	3,5	0,9	1,0	1,7	1,2
ε	250	400	300	300	150	400	300	120	150	1000

Пример 4.

Напряжение на шинах электростанции 6,6 кВ. Потребитель находится на расстоянии 10 км. Сечение медного провода двухпроводной линии передач $3,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$. Потери напряжения не должны превышать 9%. Определить силу тока.

Дано: $U = 6,6 \text{ кВ}$; $S = 3,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $l = 10^4 \text{ м}$.

Найти: I .

Решение: Сопротивление проводов (т.к. линия двухпроводная):

$$R = 2\rho \frac{l}{S} = 2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \frac{10^4}{3,42 \cdot 10^{-5}} = 10 (\text{Ом}).$$

Т.к. потери на проводах 9%, то напряжение на них:

$$U = 0,09 \cdot U = 0,09 \cdot 6,6 \cdot 10^3 = 594 (\text{В}).$$

И по закону Ома:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{594}{10} = 59,4 (\text{А}).$$

Задача 4. Напряжение на шинах электростанции U . Потребитель находится на расстоянии l . Сечение медного провода двухпроводной линии передач $3,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$. Потери напряжения не должны превышать k . Определить силу тока.

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U , кВ	6,0	7,2	6,5	7,7	8,4	5,5	6,5	6,6	6,7	6,8
l , км	25	15	20	20	15	15	9	9	8	10
k , %	5	4	8	7	10	7	8	9	6	10

Пример 5.

К концам свинцовой проволоки длиной 1 м приложена разность потенциалов 10 В. Какое время пройдет от начала пропускания тока до момента, когда свинец начнет плавиться? Начальная температура свинца 20°C.

Дано: $l=1\text{ м}$; $U=10\text{ В}$; $t_0=20^\circ\text{C}$.

Найти: t .

Решение: Сопротивление проволоки:

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

По закону Ома сила тока:

$$J = \frac{U}{R} = \frac{US}{\rho \cdot l}.$$

Энергия выделяемая на нем по закону Джоуля-Ленца:

$$Q = J^2 R \cdot t = \frac{U^2 S}{\rho \cdot l} t$$

И эта энергия идет на нагревание свинца:

$$Q = cm(t_{\text{пл}} - t_0) = c\rho S \cdot l(t_{\text{пл}} - t_0),$$

Тогда:

$$\frac{U^2 S}{\rho \cdot l} t = c\rho S \cdot l(t_{\text{пл}} - t_0) \Rightarrow \frac{U^2}{\rho \cdot l} \cdot t = c\rho l(t_{\text{пл}} - t_0),$$

Откуда время. Прошедшее до начала плавления свинца:

$$t = \frac{c\rho l^2(t_{\text{пл}} - t_0)\rho}{U^2} = \frac{126 \cdot 22 \cdot 10^{-8} \cdot 1^2 (2370 - 20) \cdot 11300}{10^2} = 7,36(\text{с}).$$

Задача 5. К концам свинцовой проволоки длиной l приложена разность потенциалов U . Какое время пройдет от начала пропускания тока до момента, когда свинец начнет плавиться? Начальная температура свинца 20°C .

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, \text{В}$	10	12	15	7	8	6,5	12	15	14	15
$l, \text{м}$	2,5	1,5	2,0	2,0	1,5	1,5	0,9	0,9	0,8	1,0

Пример 6.

Электрон в однородном магнитном поле движется по винтовой линии радиусом $R = 5 \text{ см}$ и шагом $h = 20 \text{ см}$. Определить скорость электрона, если индукция магнитного поля $B = 0,1 \text{ Тл}$.

Дано: $R = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$, $h = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$, $B = 0,1 \text{ Тл} = 10^{-4} \text{ Тл}$.

Найти: v .

Решение: В магнитном поле на электрон действует сила Лоренца, являющаяся центростремительной:

$$F_{\text{Л}} = F_{\text{ц.с.}} \Rightarrow qBv_H = \frac{mv_H^2}{R},$$

Откуда нормальная составляющая скорости:

$$v_H = \frac{qBR}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4} \cdot 0,05}{9,11 \cdot 10^{-31}} = 8,78 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right),$$

и т.к. угловая скорость $\omega = \frac{v_H}{R} = \frac{2\pi}{T}$ и тогда:

$$qB = \frac{m \cdot 2\pi}{T}.$$

Откуда период обращения электрона:

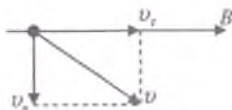
$$T = \frac{2\pi \cdot m}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4}} = 3,58 \cdot 10^{-7} (\text{с}),$$

Тангенциальная составляющая скорости:

$$v_T = \frac{h}{T} = \frac{0,2}{3,58 \cdot 10^{-7}} = 5,59 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Эти две скорости перпендикулярны и тогда общая скорость:

$$v = \sqrt{v_T^2 + v_H^2} = \sqrt{(5,59 \cdot 10^5)^2 + (8,78 \cdot 10^5)^2} = 1,04 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$



Задача 6. Электрон в однородном магнитном поле движется по винтовой линии радиусом R и шагом h . Определить скорость электрона, если индукция магнитного поля $B = 0,5 \text{ мТл}$.

Данные для задачи по вариантам

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R , см	6	6,2	6,5	7	8	6,5	5,2	5,5	5,4	5
h , см	25	15	20	20	20	24	22	25	20	18