

Вариант № 1.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.1.1. Два шарика массами $m = 0,1$ г каждый подвешены в одной и той же точке на нитях длиной $l = 20$ см каждая. Получив одинаковый заряд шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол $\alpha = 60^\circ$. Найти заряд каждого шарика.

Ответ: $q = 50$ нКл.

1.1.2. Два длинных параллельных провода заряжены равномерно с одинаковой линейной плотностью $\tau = 5 \cdot 10^{-8}$ Кл/м. Расстояние между проводами $d = 0,5$ м. Определить силу взаимодействия на единицу длины провода.

Ответ: $F_l = \frac{\tau^2}{2\pi d \epsilon_0} = 9 \cdot 10^{-5}$ Н/м.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.1.1. Две длинные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии $r = 10$ см друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях $\tau_1 = \tau_2 = 10$ мкКл/м. Найти модуль и направление напряженности E результирующего поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждой нити.

Ответ: 3,12 МВ/м.

2.1.2. Напряженность электрического поля на оси заряженного кольца имеет максимальное значение на расстоянии L от центра кольца. Во сколько раз напряженность электрического поля в точке, расположенной на расстоянии $0,5L$ от центра кольца, будет меньше максимального значения напряженности?

Ответ: в 1,3 раза.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.1.1. Определить потенциал φ электрического поля, созданного двумя зарядами $q_1 = -0,2$ мкКл и $q_2 = 0,5$ мкКл, в точке, отстоящей соответственно на $r_1 = 15$ см и $r_2 = 25$ см. Найти минимальное и максимальное расстояние, при котором возможно данное решение.

Ответ: 6 кВ; $d_{\min} = 10$ см; $d_{\max} = 40$ см.

3.1.2. Имеются две концентрические металлические сферы радиусом $R_1 = 3$ см и $R_2 = 6$ см. Заряд внутренней сферы $q_1 = -1$ нКл, внешней – $q_2 = 2$ нКл. Найти потенциал электрического поля на расстоянии $r_1 = 1$ см и $r_2 = 5$ см.

Ответ: $\varphi_1 = 375$ В; $\varphi_2 = 315$ В.

Вариант № 2.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.2.1. По телу объема V распределен заряд q с плотностью $\rho = \rho(\mathbf{r})$; по телу объема V' – другой заряд q' с плотностью $\rho = \rho(\mathbf{r}')$. Написать выражение для силы \mathbf{F} , с которой заряд q' действует на заряд q . Сделать рисунок. Ответ обосновать.

$$\text{Ответ: } \mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \int_{V'} \frac{\rho(\mathbf{r})\rho(\mathbf{r}')(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dV dV'.$$

1.2.2. Горизонтально расположенный непроводящий диск, радиус которого $R = 0,5$ м, заряжен с равномерной плотностью $\sigma = 3,33 \cdot 10^{-4}$ Кл/м². Маленький шарик массой $m = 3,14$ г, имеющий на себе заряд $q_0 = 3,27 \cdot 10^{-7}$ Кл, находится над центром диска в состоянии равновесия. Определить его расстояние от центра диска.

Ответ: $d = 1,5$ м.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.2.1. Показать, что электрическое поле, образованное заряженной нитью конечной длины, в предельных случаях переходит в электрическое поле а) бесконечно длинной заряженной нити; б) точечного заряда.

2.2.2. Две длинные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии $r = 10$ см друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях $\tau_1 = \tau_2 = 10$ мкКл/м. Найти модуль и направление напряженности E результирующего поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждой нити.

Ответ: 3,12 МВ/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.2.1. Какова потенциальная энергия системы четырех одинаковых зарядов $q = 10$ нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной $a = 0,1$ м?

Ответ: 50 мкДж.

3.2.2. Заряд распределен равномерно по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью $\sigma = 10^{-8}$ Кл/м². Определить разность потенциалов двух точек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от плоскости на расстояние $a = 10$ см.

Ответ: $\Delta\phi = 56,6$ В.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.3.1. Два заряженных шарика одинакового радиуса и массы, подвешенные на нитях одинаковой длины, опускают в жидкий диэлектрик, плотность которого ρ_1 и диэлектрическая проницаемость ϵ . Какова должна быть плотность ρ материала шариков, чтобы углы расхождения нитей в воздухе и диэлектрике были одинаковыми?

1.3.2. Тонкое непроводящее кольцо радиусом R заряжено с линейной плотностью $\tau = \tau_0 \cos \alpha$, где τ_0 – постоянная; α – азимутальный угол. В центре кольца расположен точечный заряд q_0 . Найти силу взаимодействия кольца с зарядом q_0 .

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.3.1. Прямой непроводящий стержень диаметром $d = 5$ см и длиной $l = 4$ м несет равномерно распределенный по его поверхности заряд $q = 500$ нКл (заряды неподвижны). Определить напряженность поля в точке, находящейся против середины стержня на расстоянии $a = 1$ см от его поверхности.

Ответ: 64,3 кВ/м.

2.3.2. Диаметр заряженного диска $D = 25$ см. При каком предельном расстоянии a от диска по нормали к его центру электрическое поле можно рассматривать как поле бесконечно протяженной плоскости? Ошибка при таком допущении не должна превышать $\delta = 0,05$.

Указание. Допускаемая ошибка $\delta = (E_2 - E_1)/E_2$, где E_2 – напряженность поля бесконечно протяженной плоскости; E_1 – напряженность поля диска.

Ответ: $a = 1,2$ см.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.3.1. Два бесконечно длинных коаксиальных цилиндра с радиусами $R_1 = 10$ мм и $R_2 = 10,5$ мм заряжены одноименными зарядами, причем поверхностная плотность зарядов на внешнем цилиндре $(2/3) \cdot 10^{-9}$ Кл/м², а на внутреннем – $(1/3) \cdot 10^{-9}$ Кл/м². Найти разность потенциалов между цилиндрами.

Ответ: $\Delta\phi \approx 190$ В.

3.3.2. Тонкий диск радиусом $r = 0,2$ м имеет заряд $\sigma = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл/м². Заряд равномерно распределен по поверхности. Найти разность потенциалов между центром и краем диска.

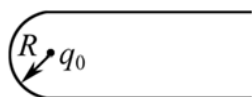
Ответ: $\Delta\phi = 82$ В.

Вариант № 4.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.4.1. Тонкое полукольцо радиусом $R = 20$ см заряжено равномерно зарядом $q = 0,7$ нКл. В центре кривизны полукольца находится заряд $q_0 = 1$ нКл. Найти силу взаимодействия зарядов.

Ответ: $F = 0,1$ мкН



1.4.2. С какой силой будет взаимодействовать точечный заряд q_0 и равномерно заряженная с плотностью τ_0 непроводящая нить (см. рисунок)? Радиус закругления много меньше длины нити. Ответ обосновать.

Ответ: $F = 0$.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.4.1. Бесконечно длинная тонкостенная непроводящая трубка радиуса $R = 2$ см несет равномерно распределенный по поверхности заряд ($\sigma = 1$ нКл/м²). Определить напряженность поля в точках, отстоящих от оси трубки на расстояниях: 1) $r_1 = 1$ см; 2) $r_2 = 3$ см.

Ответ: $E_1 = 0$; $E_2 = 75,5$ В/м.

2.4.2. Требуется найти напряженность E электрического поля в точке A , расположенной на расстоянии $a = 5$ см от заряженного диска по нормали к его центру. При каком предельном радиусе R диска поле в точке A не будет отличаться более чем на 2 % от поля бесконечно протяженной плоскости?

Ответ: $R = 2,5$ см.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.4.1. Три одинаковые пластины расположены параллельно друг другу на расстоянии 1 мм одна от другой (очень малым по сравнению с линейными размерами пластин). Какова разность потенциалов между пластинами φ_{12} и φ_{23} , если на первой находится заряд $(1/15) \cdot 10^{-9}$ Кл, $(2/5) \cdot 10^{-9}$ Кл, $-2 \cdot 10^{-10}$ Кл?

Ответ: $\varphi_{12} = (25/3)$ В; $\varphi_{23} = 25$ В.

3.4.2. Найти потенциал на краю диска ($R = 0,2$ м), по одной стороне которого равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 10^{-8}$ Кл/м².

Ответ: $\phi = 72$ В.

Вариант № 5.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.5.1. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарика погружаются в масло с плотностью $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$. Какова диэлектрическая проницаемость ε масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материала шариков $\rho = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: $\varepsilon = 2$.

1.5.2. Сила взаимодействия длинного непроводящего прямого провода с точечным зарядом $q_0 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ равна $0,36 \text{ мкН}$. Найти расстояние от провода до заряда, если линейная плотность $\tau = 10 \text{ нКл/м}$.

Ответ: $d = 1 \text{ м}$.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.5.1. Длина заряженной нити $l = 25 \text{ см}$. При каком предельном расстоянии a от нити по нормали к середине нити электрическое поле можно рассматривать как поле бесконечно длинной заряженной нити? Ошибка при таком допущении

$\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2} = 0,05$. Здесь E_1 – напряженность поля нити конечной длины; E_2 –

напряженность поля бесконечно длинной нити.

Ответ: $\frac{a}{l} = a = 4,18 \text{ см}$.

2.5.2. Требуется найти напряженность E электрического поля в точке A , расположенной на расстоянии $a = 5 \text{ см}$ от заряженного диска по нормали к его центру. При каком предельном радиусе R диска поле в точке A не будет отличаться более чем на 2 % от поля бесконечно протяженной плоскости?

Ответ: $R = 2,5 \text{ см}$.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.5.1. Находящаяся в вакууме бесконечная тонкая прямая нить заряжена с постоянной линейной плотностью $\tau = 2 \text{ мкКл/м}$. Вычислить φ для $r = 10 \text{ м}$.

Ответ: $0,83 \cdot 10^5 \text{ В}$.

3.5.2. По находящейся в вакууме круглой тонкой пластинке радиусом $r = 120 \text{ мм}$ равномерно распределен заряд $q = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Потенциал в точке A , расположенной по оси x , равен 140 кВ . Найти координату точки x .

Ответ: $x = 0,08 \text{ м}$.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.6.1. Полусфера радиусом R , обращенная выпуклостью вверх (см. рисунок), имеет заряд Q , равномерно распределенный по ее поверхности. Внутри полусферы в ее вершине закреплена легкая непроводящая нить длиной R , на конце которой находится маленький шарик с зарядом q . Пренебрегая действием силы тяжести определить натяжение нити.

$$\text{Ответ. } F = \frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R^2}.$$

1.6.2. Маленький шарик массой $m = 3,14$ г находится в равновесии над центром горизонтально расположенного непроводящего диска ($R = 0,5$ м). Диск заряжен с равномерной плотностью $\sigma = 3,33 \cdot 10^{-4}$ Кл/м². Расстояние от диска до шарика 1,5 м. Определить заряд шарика.

$$\text{Ответ: } q_0 \cong 330 \text{ нКл}$$

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.6.1. В точке A , расположенной на расстоянии $a = 5$ см от бесконечно длинной заряженной нити, напряженность электрического поля $E = 150$ кВ/м. При какой предельной длине нити l найденное значение напряженности будет верным с точностью до 2 %, если точка A расположена на нормали к середине нити?

$$\text{Ответ: } l = 0,49 \text{ м.}$$

2.6.2. Две длинные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии $r = 10$ см друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях $\tau_1 = \tau_2 = 10$ мкКл/м. Найти модуль и направление напряженности E результирующего поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждой нити.

$$\text{Ответ: } 3,12 \text{ МВ/м.}$$

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.6.1. По находящейся в вакууме круглой тонкой пластинке радиусом $r = 120$ мм равномерно распределен заряд $q = 1,8$ мкКл. Приняв ось пластинки за x , вычислить ϕ в точке $x = 8$ см.

$$\text{Ответ: } \phi = 1,4 \cdot 10^5 \text{ В.}$$

3.6.2. Определить потенциал в центре кольца с внешним диаметром $D = 0,8$ м и внутренним диаметром $d = 0,4$ м, если на нем равномерно распределен заряд $q = 3 \cdot 10^{-7}$ Кл.

$$\text{Ответ: } \phi = 9 \text{ кВ.}$$

Вариант № 7.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.7.1. Два шарика с одинаковыми радиусами и массой подвешены на двух нитях так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд нужно сообщить шарикам, чтобы натяжение нитей стало равным $0,098 \text{ Н}$? Расстояние от точки подвеса до центра шарика равно 10 см . Масса каждого шарика равна 5 г .

Ответ: $q = 1,1 \text{ мкКл}$.

1.7.2. С какой силой взаимодействовали бы два медных шарика, каждый массой 1 г , находясь на расстоянии 1 м друг от друга, если бы суммарный заряд всех электронов в них отличался на 1% от суммарного заряда всех ядер?

Ответ: $\approx 2 \cdot 10^{15} \text{ Н}$.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.7.1. Медный шар радиусом $R = 0,5 \text{ см}$ помещен в масло. Плотность масла $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$. Найти заряд шара q , если в однородном электрическом поле ($E = 3600 \text{ кВ/см}$), шар оказался взвешенным.

Ответ: $q = 11 \text{ нКл}$.

2.7.2. В вершине конуса с раствором телесного угла $\Omega = 0,5$ стерадиан находится точечный заряд $q = 30 \text{ нКл}$. Вычислить поток вектора E через площадку, ограниченную линией пересечения поверхности конуса с любой другой поверхностью.

Ответ: $\Phi_E = 135 \text{ В}\cdot\text{м}$.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.7.1. Заряд $q = 2,0 \text{ мкКл}$ распределен равномерно по объему шара радиусом $R = 4 \text{ см}$. Найти потенциал ϕ_0 в центре шара.

Ответ: $68 \cdot 10^5 \text{ В}$.

3.7.2. Сплошной шар из диэлектрика ($\epsilon = 1$) радиусом $R = 0,1 \text{ м}$ заряжен с объемной плотностью $\rho = 50 \text{ нКл/м}^3$. Вычислить разность потенциалов между центром шара и поверхностью.

Ответ: $\phi = 9,5 \text{ В}$.

Вариант № 8.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.8.1. Расстояние между двумя точечными зарядами, равными по величине и противоположными по знаку ($q = 1$ мкКл), равно 10 см. Определить силу, действующую на точечный заряд $q_0 = 0,1$ мкКл, удаленный на $r_1 = 6$ см от первого и $r_2 = 8$ см от второго заряда.

Ответ: 287 мН.

1.8.2. Сила взаимодействия заряда $q_0 = 1$ нКл и заряженного кольца радиусом $R = 0,2$ м равна 10 мкН. Заряд q_0 расположен в центре кольца, линейная плотность которого меняется по закону $\tau = \tau_0 \cos \varphi$, где φ – азимутальный угол. Найти τ_0 .

Ответ: $\tau_0 = 70$ нКл/м.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.8.1. Тонкий стержень длиной $l = 12$ см заряжен с линейной плотностью зарядов $\tau = 200$ нКл/м. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии $r = 5$ см от стержня, против его середины.

Ответ: $E = 55,7$ кВ/м.

2.8.2. Сплошной диэлектрический шар радиусом $R = 5$ см несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью $\rho = 10$ нКл/м². Определить напряженность E в точках $r_1 = 3$ см и $r_2 = R$, если $\epsilon = 3,0$.

Ответ: $E_1 = 3,78$ В/м; $E_2 = 6,28$ В/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.8.1. Найти потенциал электрического поля в центре полусферы радиусом $R = 20$ см, заряженной равномерно с поверхностной плотностью $\sigma = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м.

Ответ: $\phi = 22,6$ кВ.

3.8.2. Тонкий стержень согнут в кольцо радиусом $R = 0,1$ м. Он заряжен с линейной плотностью заряда $\tau = 0,3$ мкКл/м. Какую работу надо совершить, чтобы перенести заряд $q = 5$ нКл из центра кольца в точку A , расположенную на оси кольца на расстоянии $l = 0,2$ м от его центра?

Ответ: $A = 47$ мкДж

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.9.1. Два одинаковых металлических заряженных шара ($d \ll r$) находятся на расстоянии $r = 60$ см. Сила отталкивания шаров $F_1 = 70$ мкН. После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной $F_2 = 160$ мкН. Вычислить заряды до соприкосновения.

Ответ: $q_1 = 0,14$ мкКл;
 $q_2 = 20$ нКл.

1.9.2. Бесконечная непроводящая равномерно заряженная плоскость имеет поверхностную плотность зарядов $\sigma = 9 \cdot 10^{-6}$ Кл/м². Над ней имеется алюминиевый шарик, заряд которого $q_0 = 3,68 \cdot 10^{-7}$ Кл. Чему равен радиус шарика, если он находится в равновесии? Воспользоваться решенной задачей 12.

Ответ: 12 мм.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.9.1. Электрическое поле создано зарядом тонкого заряженного стержня, изогнутого по трем сторонам квадрата, как показано на рисунке. Вычислить напряженность поля в точке A , если $\tau = 500$ нКл/м, $a = 20$ см.

Ответ: 60,2 кВ/м.

2.9.2. Большая плоская пластина толщиной $d = 1$ см несет заряд, равномерно распределенный по объему с объемной плотностью $\rho = 100$ нКл/м³. Найти напряженность электрического поля в центре пластин, вне ее, на малом расстоянии от поверхности.

Ответ: $E_1 = 0$; $E_2 = 56,5$ В/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.9.1. Имеются два тонких проволочных кольца радиусом $R = 0,2$ м, оси которых совпадают. Заряды колец равны: $q_1 = 10^{-9}$ Кл, $q_2 = -10^{-9}$ Кл. Найти разность потенциалов между центрами колец, отстоящими друг от друга на расстоянии $a = 0,4$ м.

Ответ: $\phi = 25$ В.

3.9.2. Тонкий стержень согнут в кольцо. Чтобы перенести заряд $q = -6,7$ нКл из центра кольца в бесконечность, затратили работу $A = 25,2$ мкДж. Чему равна линейная плотность заряда τ стержня?

Ответ: $\tau = 133$ нКл/м.

Вариант № 10.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

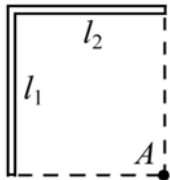
1.10.1. Чему равна сила взаимодействия полубесконечного заряженного стержня и точечного заряда q_0 , находящегося на оси стержня на расстоянии $a = 10$ см от оси, если $q_0 = 1$ нКл, линейная плотность $\tau = 1 \cdot 10^{-7}$ Кл/м.

Ответ: $F = 2,5 \cdot 10^{-5}$ Н.

1.10.2. Сила взаимодействия тонкого непроводящего полукольца радиусом $R = 20$ см, заряженного равномерно зарядом $q = 0,7$ нКл, с зарядом q_0 , находящимся в центре кривизны полукольца, равна $0,1$ мкН. Найти заряд q_0 .

Ответ: $q_0 = 1$ нКл.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА



2.10.1. Два прямых тонких непроводящих стержня длиной $l_1 = 12$ см и $l_2 = 16$ см заряжены с линейной плотностью $\tau = 400$ нКл/м. Стержни образуют прямой угол. Найти напряженность в т. A (см. рисунок).

Ответ: 38 кВ/м.

2.10.2. Физическая система образована бесконечно большой заряженной непроводящей плоскостью и пластиной толщиной d , находящейся справа от пластины, объемный заряд которой ρ . Сформулируйте задачу! Какие параметры электрического поля можно определить? Вычислите их. Сделайте подробный отчет о работе.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.10.1. Тонкий стержень длиной $l = 10$ см несет равномерно распределенный заряд $q = 1$ нКл. Определить потенциал электрического поля в точке, лежащей на оси стержня на расстоянии $a = 20$ см от ближайшего его конца.

Ответ: $36,5$ В.

3.10.2. Определить напряженность E и потенциал φ поля, созданного точечным диполем в т. A и B . Электрический момент диполя $p = 1 \cdot 10^{-12}$ Кл·м, а расстояние от точек A и B до центра диполя $r = 10$ см. Точка A находится на перпендикуляре к середине диполя, а точка B – на оси диполя.

Ответ: $E_A = 9$ В/м; $E_B = 18$ В/м; $\varphi_B = 0,9$ В.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.11.1. Над однородным заряженным диском радиусом R (поверхностная плотность $\sigma = \text{const}$) на оси симметрии находится точечный заряд q_0 . На каком расстоянии z от диска сила взаимодействия будет максимальной.

Ответ: при $z \rightarrow 0$ $F_z \cong \sigma / 2\varepsilon_0$.

1.11.2. Доказать, что сила взаимодействия между зарядом $+q$ и проводящей бесконечной плоскостью, отстоящей от заряда на расстоянии d , такая же, как между данным зарядом и зарядом $-q$, расположенным симметрично относительно плоскости. Рассмотреть картину силовых линий двух зарядов.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.11.1. Электрическое поле создано двумя бесконечно параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями $\sigma_1 = 2$ нКл/м² и $\sigma_2 = -5$ нКл/м². Определить электрическое поле E_1 вне пластин и E_2 внутри пластин.

Ответ: $E_1 = 400$ В/м; $E_2 = 170$ В/м.

2.11.2. Точечный заряд $q = 40$ нКл находится на расстоянии $a = 30$ см от бесконечной проводящей плоскости. Какова напряженность электрического поля в точке A (см. рисунок)?

Ответ: $E = 750$ В/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.11.1. Тонкие стержни образуют квадрат со стороной a . Стержни заряжены с линейной плотностью $\tau = 1,33$ нКл/м. Найти потенциал φ в центре квадрата.

Ответ: $\varphi = 33,6$ В.

3.11. 2. Диполь с электрическим моментом $p = 1 \cdot 10^{-10}$ Кл·м свободно устанавливается в однородном поле $E = 10$ кВ/м. Определите изменение потенциальной энергии при его повороте на угол $\alpha = 60^\circ$.

Ответ: $0,5$ мкДж.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.12.1. Длинный прямой провод имеет заряд, равномерно распределенный по его длине. Линейная плотность заряда $\tau = 1$ нКл/м. Определить силу, действующую на заряд $q_0 = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл на расстоянии $d = 1,5$ м от провода.

Ответ: $F = 240$ нН.



1.12.2. Доказать, что заряды каждого знака, индуцированные на проводнике A поднесенным к нему зарядом $+q$ (см. рисунок), всегда меньше q .

Указание: Нарисовать силовые линии.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.12.1. Две бесконечные плоскости, несущие одинаковый заряд, равномерно распределенный с поверхностной плотностью $\sigma = 100$ нКл/м, пересекаются под углом $\varphi = 60^\circ$. Найти поле E пластин.

Ответ: $E_1 = 5,65$ кВ/м; $E_2 = 9,8$ кВ/м.

2.12.2. Прямоугольная плоская площадка со сторонами $a = 3$ см и $b = 2$ см находится на расстоянии $R = 1$ м от точечного заряда $q = 1$ мкКл. Площадка ориентирована так, что линии напряженности составляют угол $\alpha = 30^\circ$ с ее поверхностью. Найти поток вектора напряженности через площадку.

Ответ: $\Phi_E = 2,7$ В·м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.12.1. Бесконечно длинная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по длине заряд с линейной плотностью $\tau = 10^{-8}$ Кл/м. Определить разность потенциалов двух точек нити, удаленных от нее на $r_1 = 2$ см, $r_2 = 4$ см; $r_1' = 4$ см и $r_2' = 8$ см; $r_1'' = 20$ см и $r_2'' = 40$ см. Объясните результат.

Ответ: $\Delta\varphi = 125$ В.

3.12.2. Имеются две концентрические металлические сферы радиусом $R_1 = 3$ см и $R_2 = 6$ см. Заряд внутренней сферы $q_1 = -1$ нКл, внешней — $q_2 = 2$ нКл. Найти потенциал электрического поля на расстоянии $r_1 = 1$ см и $r_2 = 5$ см.

Ответ: $\varphi_1 = 375$ В; $\varphi_2 = 315$ В.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.13.1. Два шарика массами $m = 0,1$ г каждый подвешены в одной и той же точке на нитях длиной $l = 20$ см каждая. Получив одинаковый заряд шарiki разошлись так, что нити образовали между собой угол $\alpha = 60^\circ$. Найти заряд каждого шарика.

Ответ: $q = 50$ нКл.

1.13.2. Два длинных параллельных провода заряжены равномерно с одинаковой линейной плотностью $\tau = 5 \cdot 10^{-8}$ Кл/м. Расстояние между проводами $d = 0,5$ м. Определить силу взаимодействия на единицу длины провода.

Ответ: $F_l = \frac{\tau^2}{2\pi d \epsilon_0} = 9 \cdot 10^{-5}$ Н/м.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.13.1. Две длинные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии $r = 10$ см друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях $\tau_1 = \tau_2 = 10$ мкКл/м. Найти модуль и направление напряженности E результирующего поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждой нити.

Ответ: 3,12 МВ/м.

2.13.2. Напряженность электрического поля на оси заряженного кольца имеет максимальное значение на расстоянии L от центра кольца. Во сколько раз напряженность электрического поля в точке, расположенной на расстоянии $0,5L$ от центра кольца, будет меньше максимального значения напряженности?

Ответ: в 1,3 раза.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.13.1. Определить потенциал φ электрического поля, созданного двумя зарядами $q_1 = -0,2$ мкКл и $q_2 = 0,5$ мкКл, в точке, отстоящей соответственно на $r_1 = 15$ см и $r_2 = 25$ см. Найти минимальное и максимальное расстояние, при котором возможно данное решение.

Ответ: 6 кВ; $d_{\min} = 10$ см; $d_{\max} = 40$ см.

3.13.2. Имеются две концентрические металлические сферы радиусом $R_1 = 3$ см и $R_2 = 6$ см. Заряд внутренней сферы $q_1 = -1$ нКл, внешней – $q_2 = 2$ нКл. Найти потенциал электрического поля на расстоянии $r_1 = 1$ см и $r_2 = 5$ см.

Ответ: $\varphi_1 = 375$ В; $\varphi_2 = 315$ В.

Вариант № 14.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.14.1. По телу объема V распределен заряд q с плотностью $\rho = \rho(\mathbf{r})$; по телу объема V' – другой заряд q' с плотностью $\rho = \rho(\mathbf{r}')$. Написать выражение для силы \mathbf{F} , с которой заряд q' действует на заряд q . Сделать рисунок. Ответ обосновать.

$$\text{Ответ: } \mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \int_{V'} \frac{\rho(\mathbf{r})\rho(\mathbf{r}')(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dV dV'.$$

1.14.2. Горизонтально расположенный непроводящий диск, радиус которого $R = 0,5$ м, заряжен с равномерной плотностью $\sigma = 3,33 \cdot 10^{-4}$ Кл/м². Маленький шарик массой $m = 3,14$ г, имеющий на себе заряд $q_0 = 3,27 \cdot 10^{-7}$ Кл, находится над центром диска в состоянии равновесия. Определить его расстояние от центра диска.

Ответ: $d = 1,5$ м.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.14.1. Показать, что электрическое поле, образованное заряженной нитью конечной длины, в предельных случаях переходит в электрическое поле а) бесконечно длинной заряженной нити; б) точечного заряда.

2.14.2. Две длинные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии $r = 10$ см друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях $\tau_1 = \tau_2 = 10$ мкКл/м. Найти модуль и направление напряженности E результирующего поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждой нити.

Ответ: 3,12 МВ/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.14.1. Какова потенциальная энергия системы четырех одинаковых зарядов $q = 10$ нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной $a = 0,1$ м?

Ответ: 50 мкДж.

3.14.2. Заряд распределен равномерно по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью $\sigma = 10^{-8}$ Кл/м². Определить разность потенциалов двух точек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от плоскости на расстояние $a = 10$ см.

Ответ: $\Delta\phi = 56,6$ В.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.15.1. Два заряженных шарика одинакового радиуса и массы, подвешенные на нитях одинаковой длины, опускают в жидкий диэлектрик, плотность которого ρ_1 и диэлектрическая проницаемость ϵ . Какова должна быть плотность ρ материала шариков, чтобы углы расхождения нитей в воздухе и диэлектрике были одинаковыми?

1.15.2. Тонкое непроводящее кольцо радиусом R заряжено с линейной плотностью $\tau = \tau_0 \cos \alpha$, где τ_0 – постоянная; α – азимутальный угол. В центре кольца расположен точечный заряд q_0 . Найти силу взаимодействия кольца с зарядом q_0 .

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.15.1. Прямой непроводящий стержень диаметром $d = 5$ см и длиной $l = 4$ м несет равномерно распределенный по его поверхности заряд $q = 500$ нКл (заряды неподвижны). Определить напряженность поля в точке, находящейся против середины стержня на расстоянии $a = 1$ см от его поверхности.

Ответ: 64,3 кВ/м.

2.15.2. Диаметр заряженного диска $D = 25$ см. При каком предельном расстоянии a от диска по нормали к его центру электрическое поле можно рассматривать как поле бесконечно протяженной плоскости? Ошибка при таком допущении не должна превышать $\delta = 0,05$.

Указание. Допускаемая ошибка $\delta = (E_2 - E_1)/E_2$, где E_2 – напряженность поля бесконечно протяженной плоскости; E_1 – напряженность поля диска.

Ответ: $a = 1,2$ см.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.15.1. Два бесконечно длинных коаксиальных цилиндра с радиусами $R_1 = 10$ мм и $R_2 = 10,5$ мм заряжены одноименными зарядами, причем поверхностная плотность зарядов на внешнем цилиндре $(2/3) \cdot 10^{-9}$ Кл/м², а на внутреннем – $(1/3) \cdot 10^{-9}$ Кл/м². Найти разность потенциалов между цилиндрами.

Ответ: $\Delta\phi \approx 190$ В.

3.15.2. Тонкий диск радиусом $r = 0,2$ м имеет заряд $\sigma = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл/м². Заряд равномерно распределен по поверхности. Найти разность потенциалов между центром и краем диска.

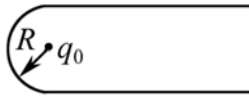
Ответ: $\Delta\phi = 82$ В.

Вариант № 16.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.16.1. Тонкое полукольцо радиусом $R = 20$ см заряжено равномерно зарядом $q = 0,7$ нКл. В центре кривизны полукольца находится заряд $q_0 = 1$ нКл. Найти силу взаимодействия зарядов.

Ответ: $F = 0,1$ мкН



1.4.2. С какой силой будет взаимодействовать точечный заряд q_0 и равномерно заряженная с плотностью τ_0 непроводящая нить (см. рисунок)? Радиус закругления много меньше длины нити. Ответ обосновать.

Ответ: $F = 0$.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.16.1. Бесконечно длинная тонкостенная непроводящая трубка радиуса $R = 2$ см несет равномерно распределенный по поверхности заряд ($\sigma = 1$ нКл/м²). Определить напряженность поля в точках, отстоящих от оси трубки на расстояниях: 1) $r_1 = 1$ см; 2) $r_2 = 3$ см.

Ответ: $E_1 = 0$; $E_2 = 75,5$ В/м.

2.16.2. Требуется найти напряженность E электрического поля в точке A , расположенной на расстоянии $a = 5$ см от заряженного диска по нормали к его центру. При каком предельном радиусе R диска поле в точке A не будет отличаться более чем на 2 % от поля бесконечно протяженной плоскости?

Ответ: $R = 2,5$ см.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.16.1. Три одинаковые пластины расположены параллельно друг другу на расстоянии 1 мм одна от другой (очень малым по сравнению с линейными размерами пластин). Какова разность потенциалов между пластинами φ_{12} и φ_{23} , если на первой находится заряд $(1/15) \cdot 10^{-9}$ Кл, $(2/5) \cdot 10^{-9}$ Кл, $-2 \cdot 10^{-10}$ Кл?

Ответ: $\varphi_{12} = (25/3)$ В; $\varphi_{23} = 25$ В.

3.16.2. Найти потенциал на краю диска ($R = 0,2$ м), по одной стороне которого равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 10^{-8}$ Кл/м².

Ответ: $\phi = 72$ В.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.17.1. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарика погружаются в масло с плотностью $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$. Какова диэлектрическая проницаемость ε масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материала шариков $\rho = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: $\varepsilon = 2$.

1.17.2. Сила взаимодействия длинного непроводящего прямого провода с точечным зарядом $q_0 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ равна $0,36 \text{ мкН}$. Найти расстояние от провода до заряда, если линейная плотность $\tau = 10 \text{ нКл/м}$.

Ответ: $d = 1 \text{ м}$.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.17.1. Длина заряженной нити $l = 25 \text{ см}$. При каком предельном расстоянии a от нити по нормали к середине нити электрическое поле можно рассматривать как поле бесконечно длинной заряженной нити? Ошибка при таком допущении

$\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2} = 0,05$. Здесь E_1 – напряженность поля нити конечной длины; E_2 –

напряженность поля бесконечно длинной нити.

Ответ: $\frac{a}{l} = a = 4,18 \text{ см}$.

2.17.2. Требуется найти напряженность E электрического поля в точке A , расположенной на расстоянии $a = 5 \text{ см}$ от заряженного диска по нормали к его центру. При каком предельном радиусе R диска поле в точке A не будет отличаться более чем на 2 % от поля бесконечно протяженной плоскости?

Ответ: $R = 2,5 \text{ см}$.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.17.1. Находящаяся в вакууме бесконечная тонкая прямая нить заряжена с постоянной линейной плотностью $\tau = 2 \text{ мкКл/м}$. Вычислить φ для $r = 10 \text{ м}$.

Ответ: $0,83 \cdot 10^5 \text{ В}$.

3.17.2. По находящейся в вакууме круглой тонкой пластинке радиусом $r = 120 \text{ мм}$ равномерно распределен заряд $q = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Потенциал в точке A , расположенной по оси x , равен 140 кВ . Найти координату точки x .

Ответ: $x = 0,08 \text{ м}$.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.18.1. Полусфера радиусом R , обращенная выпуклостью вверх (см. рисунок), имеет заряд Q , равномерно распределенный по ее поверхности. Внутри полусферы в ее вершине закреплена легкая непроводящая нить длиной R , на конце которой находится маленький шарик с зарядом q . Пренебрегая действием силы тяжести определить натяжение нити.

$$\text{Ответ. } F = \frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R^2}.$$

1.18.2. Маленький шарик массой $m = 3,14$ г находится в равновесии над центром горизонтально расположенного непроводящего диска ($R = 0,5$ м). Диск заряжен с равномерной плотностью $\sigma = 3,33 \cdot 10^{-4}$ Кл/м². Расстояние от диска до шарика 1,5 м. Определить заряд шарика.

$$\text{Ответ: } q_0 \cong 330 \text{ нКл}$$

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.18.1. В точке A , расположенной на расстоянии $a = 5$ см от бесконечно длинной заряженной нити, напряженность электрического поля $E = 150$ кВ/м. При какой предельной длине нити l найденное значение напряженности будет верным с точностью до 2 %, если точка A расположена на нормали к середине нити?

$$\text{Ответ: } l = 0,49 \text{ м.}$$

2.18.2. Две длинные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии $r = 10$ см друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях $\tau_1 = \tau_2 = 10$ мкКл/м. Найти модуль и направление напряженности E результирующего поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждой нити.

$$\text{Ответ: } 3,12 \text{ МВ/м.}$$

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.18.1. По находящейся в вакууме круглой тонкой пластинке радиусом $r = 120$ мм равномерно распределен заряд $q = 1,8$ мкКл. Приняв ось пластинки за x , вычислить ϕ в точке $x = 8$ см.

$$\text{Ответ: } \phi = 1,4 \cdot 10^5 \text{ В.}$$

3.18.2. Определить потенциал в центре кольца с внешним диаметром $D = 0,8$ м и внутренним диаметром $d = 0,4$ м, если на нем равномерно распределен заряд $q = 3 \cdot 10^{-7}$ Кл.

$$\text{Ответ: } \phi = 9 \text{ кВ.}$$

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.19.1. Два шарика с одинаковыми радиусами и массой подвешены на двух нитях так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд нужно сообщить шарикам, чтобы натяжение нитей стало равным $0,098 \text{ Н}$? Расстояние от точки подвеса до центра шарика равно 10 см . Масса каждого шарика равна 5 г .

Ответ: $q = 1,1 \text{ мкКл}$.

1.19.2. С какой силой взаимодействовали бы два медных шарика, каждый массой 1 г , находясь на расстоянии 1 м друг от друга, если бы суммарный заряд всех электронов в них отличался на 1% от суммарного заряда всех ядер?

Ответ: $\approx 2 \cdot 10^{15} \text{ Н}$.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.19.1. Медный шар радиусом $R = 0,5 \text{ см}$ помещен в масло. Плотность масла $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$. Найти заряд шара q , если в однородном электрическом поле ($E = 3600 \text{ кВ/см}$), шар оказался взвешенным.

Ответ: $q = 11 \text{ нКл}$.

2.19.2. В вершине конуса с раствором телесного угла $\Omega = 0,5$ стерadians находится точечный заряд $q = 30 \text{ нКл}$. Вычислить поток вектора E через площадку, ограниченную линией пересечения поверхности конуса с любой другой поверхностью.

Ответ: $\Phi_E = 135 \text{ В}\cdot\text{м}$.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.19.1. Заряд $q = 2,0 \text{ мкКл}$ распределен равномерно по объему шара радиусом $R = 4 \text{ см}$. Найти потенциал ϕ_0 в центре шара.

Ответ: $68 \cdot 10^5 \text{ В}$.

3.19.2. Сплошной шар из диэлектрика ($\epsilon = 1$) радиусом $R = 0,1 \text{ м}$ заряжен с объемной плотностью $\rho = 50 \text{ нКл/м}^3$. Вычислить разность потенциалов между центром шара и поверхностью.

Ответ: $\phi = 9,5 \text{ В}$.

Вариант №20.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.20.1. Расстояние между двумя точечными зарядами, равными по величине и противоположными по знаку ($q = 1$ мкКл), равно 10 см. Определить силу, действующую на точечный заряд $q_0 = 0,1$ мкКл, удаленный на $r_1 = 6$ см от первого и $r_2 = 8$ см от второго заряда.

Ответ: 287 мН.

1.20.2. Сила взаимодействия заряда $q_0 = 1$ нКл и заряженного кольца радиусом $R = 0,2$ м равна 10 мкН. Заряд q_0 расположен в центре кольца, линейная плотность которого меняется по закону $\tau = \tau_0 \cos \varphi$, где φ – азимутальный угол. Найти τ_0 .

Ответ: $\tau_0 = 70$ нКл/м.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.20.1. Тонкий стержень длиной $l = 12$ см заряжен с линейной плотностью зарядов $\tau = 200$ нКл/м. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии $r = 5$ см от стержня, против его середины.

Ответ: $E = 55,7$ кВ/м.

2.20.2. Сплошной диэлектрический шар радиусом $R = 5$ см несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью $\rho = 10$ нКл/м³. Определить напряженность E в точках $r_1 = 3$ см и $r_2 = R$, если $\epsilon = 3,0$.

Ответ: $E_1 = 3,78$ В/м; $E_2 = 6,28$ В/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.20.1. Найти потенциал электрического поля в центре полусферы радиусом $R = 20$ см, заряженной равномерно с поверхностной плотностью $\sigma = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м².

Ответ: $\phi = 22,6$ кВ.

3.20.2. Тонкий стержень согнут в кольцо радиусом $R = 0,1$ м. Он заряжен с линейной плотностью заряда $\tau = 0,3$ мкКл/м. Какую работу надо совершить, чтобы перенести заряд $q = 5$ нКл из центра кольца в точку A , расположенную на оси кольца на расстоянии $l = 0,2$ м от его центра?

Ответ: $A = 47$ мкДж

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.21.1. Два одинаковых металлических заряженных шара ($d \ll r$) находятся на расстоянии $r = 60$ см. Сила отталкивания шаров $F_1 = 70$ мкН. После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной $F_2 = 160$ мкН. Вычислить заряды до соприкосновения.

Ответ: $q_1 = 0,14$ мкКл;
 $q_2 = 20$ нКл.

1.21.2. Бесконечная непроводящая равномерно заряженная плоскость имеет поверхностную плотность зарядов $\sigma = 9 \cdot 10^{-6}$ Кл/м². Над ней имеется алюминиевый шарик, заряд которого $q_0 = 3,68 \cdot 10^{-7}$ Кл. Чему равен радиус шарика, если он находится в равновесии? Воспользоваться решенной задачей 12.

Ответ: 12 мм.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.21.1. Электрическое поле создано зарядом тонкого заряженного стержня, изогнутого по трем сторонам квадрата, как показано на рисунке. Вычислить напряженность поля в точке A , если $\tau = 500$ нКл/м, $a = 20$ см.

Ответ: 60,2 кВ/м.

2.21.2. Большая плоская пластина толщиной $d = 1$ см несет заряд, равномерно распределенный по объему с объемной плотностью $\rho = 100$ нКл/м³. Найти напряженность электрического поля в центре пластин, вне ее, на малом расстоянии от поверхности.

Ответ: $E_1 = 0$; $E_2 = 56,5$ В/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.21.1. Имеются два тонких проволочных кольца радиусом $R = 0,2$ м, оси которых совпадают. Заряды колец равны: $q_1 = 10^{-9}$ Кл, $q_2 = -10^{-9}$ Кл. Найти разность потенциалов между центрами колец, отстоящими друг от друга на расстоянии $a = 0,4$ м.

Ответ: $\phi = 25$ В.

3.21.2. Тонкий стержень согнут в кольцо. Чтобы перенести заряд $q = -6,7$ нКл из центра кольца в бесконечность, затратили работу $A = 25,2$ мкДж. Чему равна линейная плотность заряда τ стержня?

Ответ: $\tau = 133$ нКл/м.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

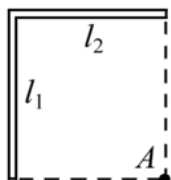
1.22.1. Чему равна сила взаимодействия полубесконечного заряженного стержня и точечного заряда q_0 , находящегося на оси стержня на расстоянии $a = 10$ см от оси, если $q_0 = 1$ нКл, линейная плотность $\tau = 1 \cdot 10^{-7}$ Кл/м.

Ответ: $F = 2,5 \cdot 10^{-5}$ Н.

1.22.2. Сила взаимодействия тонкого непроводящего полукольца радиусом $R = 20$ см, заряженного равномерно зарядом $q = 0,7$ нКл, с зарядом q_0 , находящимся в центре кривизны полукольца, равна $0,1$ мкН. Найти заряд q_0 .

Ответ: $q_0 = 1$ нКл.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА



2.22.1. Два прямых тонких непроводящих стержня длиной $l_1 = 12$ см и $l_2 = 16$ см заряжены с линейной плотностью $\tau = 400$ нКл/м. Стержни образуют прямой угол. Найти напряженность в т. A (см. рисунок).

Ответ: 38 кВ/м.

2.22.2. Физическая система образована бесконечно большой заряженной непроводящей плоскостью и пластиной толщиной d , находящейся справа от пластины, объемный заряд которой ρ . Сформулируйте задачу! Какие параметры электрического поля можно определить? Вычислите их. Сделайте подробный отчет о работе.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.22.1. Тонкий стержень длиной $l = 10$ см несет равномерно распределенный заряд $q = 1$ нКл. Определить потенциал электрического поля в точке, лежащей на оси стержня на расстоянии $a = 20$ см от ближайшего его конца.

Ответ: $36,5$ В.

3.22.2. Определить напряженность E и потенциал φ поля, созданного точечным диполем в т. A и B . Электрический момент диполя $p = 1 \cdot 10^{-12}$ Кл·м, а расстояние от точек A и B до центра диполя $r = 10$ см. Точка A находится на перпендикуляре к середине диполя, а точка B – на оси диполя.

Ответ: $E_A = 9$ В/м; $E_B = 18$ В/м; $\varphi_B = 0,9$ В.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.23.1. Над однородным заряженным диском радиусом R (поверхностная плотность $\sigma = \text{const}$) на оси симметрии находится точечный заряд q_0 . На каком расстоянии z от диска сила взаимодействия будет максимальной.

Ответ: при $z \rightarrow 0$ $F_z \cong \sigma / 2\varepsilon_0$.

1.23.2. Доказать, что сила взаимодействия между зарядом $+q$ и проводящей бесконечной плоскостью, отстоящей от заряда на расстоянии d , такая же, как между данным зарядом и зарядом $-q$, расположенным симметрично относительно плоскости. Рассмотреть картину силовых линий двух зарядов.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.23.1. Электрическое поле создано двумя бесконечно параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями $\sigma_1 = 2$ нКл/м² и $\sigma_2 = -5$ нКл/м². Определить электрическое поле E_1 вне пластин и E_2 внутри пластин.

Ответ: $E_1 = 400$ В/м; $E_2 = 170$ В/м.

2.23.2. Точечный заряд $q = 40$ нКл находится на расстоянии $a = 30$ см от бесконечной проводящей плоскости. Какова напряженность электрического поля в точке A (см. рисунок)?

Ответ: $E = 750$ В/м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.23.1. Тонкие стержни образуют квадрат со стороной a . Стержни заряжены с линейной плотностью $\tau = 1,33$ нКл/м. Найти потенциал φ в центре квадрата.

Ответ: $\varphi = 33,6$ В.

3.23. 2. Диполь с электрическим моментом $p = 1 \cdot 10^{-10}$ Кл·м свободно устанавливается в однородном поле $E = 10$ кВ/м. Определите изменение потенциальной энергии при его повороте на угол $\alpha = 60^\circ$.

Ответ: $0,5$ мкДж.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.24.1. Длинный прямой провод имеет заряд, равномерно распределенный по его длине. Линейная плотность заряда $\tau = 1$ нКл/м. Определить силу, действующую на заряд $q_0 = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл на расстоянии $d = 1,5$ м от провода.

Ответ: $F = 240$ нН.



1.24.2. Доказать, что заряды каждого знака, индуцированные на проводнике A поднесенным к нему зарядом $+q$ (см. рисунок), всегда меньше q .

Указание: Нарисовать силовые линии.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.24.1. Две бесконечные плоскости, несущие одинаковый заряд, равномерно распределенный с поверхностной плотностью $\sigma = 100$ нКл/м, пересекаются под углом $\varphi = 60^\circ$. Найти поле E пластин.

Ответ: $E_1 = 5,65$ кВ/м; $E_2 = 9,8$ кВ/м.

2.24.2. Прямоугольная плоская площадка со сторонами $a = 3$ см и $b = 2$ см находится на расстоянии $R = 1$ м от точечного заряда $q = 1$ мкКл. Площадка ориентирована так, что линии напряженности составляют угол $\alpha = 30^\circ$ с ее поверхностью. Найти поток вектора напряженности через площадку.

Ответ: $\Phi_E = 2,7$ В·м.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.24.1. Бесконечно длинная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по длине заряд с линейной плотностью $\tau = 10^{-8}$ Кл/м. Определить разность потенциалов двух точек нити, удаленных от нее на $r_1 = 2$ см, $r_2 = 4$ см; $r_1' = 4$ см и $r_2' = 8$ см; $r_1'' = 20$ см и $r_2'' = 40$ см. Объясните результат.

Ответ: $\Delta\varphi = 125$ В.

3.24.2. Имеются две концентрические металлические сферы радиусом $R_1 = 3$ см и $R_2 = 6$ см. Заряд внутренней сферы $q_1 = -1$ нКл, внешней — $q_2 = 2$ нКл. Найти потенциал электрического поля на расстоянии $r_1 = 1$ см и $r_2 = 5$ см.

Ответ: $\varphi_1 = 375$ В; $\varphi_2 = 315$ В.

1. ЗАКОН КУЛОНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1.17.1. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарика погружаются в масло с плотностью $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$. Какова диэлектрическая проницаемость ε масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материала шариков $\rho = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: $\varepsilon = 2$.

1.17.2. Сила взаимодействия длинного непроводящего прямого провода с точечным зарядом $q_0 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ равна $0,36 \text{ мкН}$. Найти расстояние от провода до заряда, если линейная плотность $\tau = 10 \text{ нКл/м}$.

Ответ: $d = 1 \text{ м}$.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ И ТЕОРЕМА ГАУССА

2.25.2. Сплошной диэлектрический шар радиусом $R = 5 \text{ см}$ несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$. Определить напряженность E в точках $r_1 = 3 \text{ см}$ и $r_2 = R$, если $\varepsilon = 3,0$.

Ответ: $E_1 = 3,78 \text{ В/м}$; $E_2 = 6,28 \text{ В/м}$.

2.25.2. Требуется найти напряженность E электрического поля в точке A , расположенной на расстоянии $a = 5 \text{ см}$ от заряженного диска по нормали к его центру. При каком предельном радиусе R диска поле в точке A не будет отличаться более чем на 2% от поля бесконечно протяженной плоскости?

Ответ: $R = 2,5 \text{ см}$.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЗАРЯДА В ПОЛЕ

3.25. 1. Тонкий стержень длиной $l = 10 \text{ см}$ несет равномерно распределенный заряд $q = 1 \text{ нКл}$. Определить потенциал электрического поля в точке, лежащей на оси стержня на расстоянии $a = 20 \text{ см}$ от ближайшего его конца.

Ответ: $36,5 \text{ В}$.

3.25.2. По находящейся в вакууме круглой тонкой пластинке радиусом $r = 120 \text{ мм}$ равномерно распределен заряд $q = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Потенциал в точке A , расположенной по оси x , равен 140 кВ . Найти координату точки x .

Ответ: $x = 0,08 \text{ м}$.