

10.7. Потенциальная энергия поля точечного заряда

10.7.1. Точка A находится на расстоянии $R_1 = 1$ м, а точка B — на расстоянии $R_2 = 0,5$ м от точечного заряда $q = 2 \cdot 10^{-7}$ Кл. Чему равна разность потенциалов между точками A и B ?

10.7.2. В некоторых точках поля точечного заряда напряженности отличаются в $n = 9$ раз. Во сколько раз отличаются потенциалы поля в этих точках?

10.7.3. Потенциал поля точечного заряда в точке A равен $\varphi_A = = 30$ В, в точке C он равен $\varphi_C = 40$ В (рис. 10.7.1). Найдите потенциал поля в точке B , если $AC = CB$.

10.7.4. Заряженное тело AB создает в точке O электростатическое поле, потенциал которого равен φ_0 (рис. 10.7.2). Чему будет равен потенциал в точке O , если в плоскость ABO поместить еще такое же тело с таким же зарядом, причем $AB \perp A'B'$?

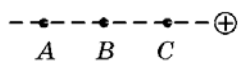


Рис. 10.7.1

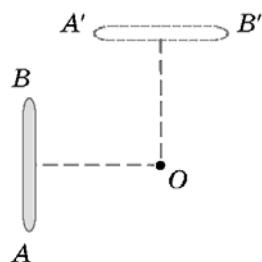


Рис. 10.7.2

10.7.5. Напряженность поля точечного заряда $q = 10^{-5}$ Кл в точке A равна $E_A = 2,5$ кВ/м, а в точке B — $E_B = 3,6$ кВ/м. Определите работу, необходимую для перемещения заряда $q_0 = 2 \cdot 10^{-7}$ Кл из точки A в точку B .

10.7.6. Два одноименных точечных заряда $q_1 = 4 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2 = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл находятся на расстоянии $R = 0,3$ м друг от друга. Какую работу совершат электрические силы при увеличении расстояния между зарядами в $n = 3$ раза?

10.7.7. Насколько увеличится энергия электрического поля двух точечных зарядов q , первоначально удаленных друг от друга на большое расстояние, при сближении их на расстояние l ?

10.7.8. Два шарика с одинаковыми зарядами $q = 10^{-7}$ Кл, лежащие на гладкой горизонтальной плоскости, прикрепили к концам неидеальной пружины длиной в недеформированном состоянии $l_0 = 8$ см и отпустили. Какая энергия перешла во внутреннюю энергию системы при затухании колебаний, если расстояние между шариками после прекращения колебаний стало $l = 10$ см?

10.7.9. Два электрических заряда $q_1 = -q$ и $q_2 = +2q$ расположены на расстоянии $l = 3a$ друг от друга. Найдите геометрическое место всех точек в какой-нибудь плоскости, проходящей через заряды, если потенциал поля в этих точках равен нулю.

• **10.7.10.** Какую минимальную работу нужно совершить для того, чтобы переместить заряд q_0 из точки C в точку B в поле двух точечных зарядов q_1 и q_2 (рис. 10.7.3)? Расстояния a , d , l известны.

10.7.11. Два точечных заряда $q_1 = 2$ мкКл и $q_2 = 5$ мкКл расположены на расстоянии $r = 40$ см друг от друга в точках A и B (рис. 10.7.4). Вдоль прямой CD , параллельной AB и расположенной на расстоянии $l = 30$ см от нее, перемещают точечный заряд $q_0 = = 100$ мкКл. Найдите работу по перемещению этого заряда из точки C в точку D .

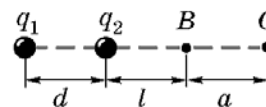


Рис. 10.7.3

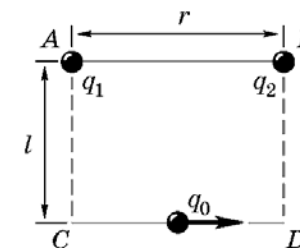


Рис. 10.7.4

10.7.12. Точечные заряды $q_1 = -1,7 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2 = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл находятся от точечного заряда $q_0 = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл на расстояниях $l_1 = 2$ см и $l_2 = 5$ см соответственно. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы поменять местами заряды q_1 и q_2 ?

• **10.7.13.** Три заряда q , q , $-q$ находятся в точках с декартовыми координатами $(a, a, 0)$, $(0, a, 0)$ и $(0, a, -a)$ соответственно. Найдите энергию этой системы зарядов.

• **10.7.14.** В вершинах квадрата со стороной l находятся четыре заряда величиной q каждый. Чему равен потенциал φ электрического поля в центре квадрата?

10.7.15. Четыре одинаковых точечных заряда $q = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл первоначально находятся в вершинах квадрата со стороной $a = 10$ см. Затем заряды располагают вдоль одной прямой на расстояниях a друг от друга. Какую работу совершают при этом силы электрического поля?

10.7.16. В вершинах правильного шестиугольника со стороной $a = 5$ см закреплены точечные заряды $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите работу сил электрического поля при перемещении точечного заряда $q_2 = 3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл из центра шестиугольника в середину одной из его сторон.

10.7.17. До какого потенциала можно зарядить сферу радиусом $R = 1$ м, находящуюся в воздухе, если воздух выдерживает без пробоя напряженность электрического поля $E = 30$ кВ/м? Сколько электронов нужно удалить с поверхности сферы, чтобы создать на ней этот потенциал?

10.7.18. На расстоянии $a = 5$ см от поверхности шара потенциал $\varphi_1 = 1,2$ кВ, а на расстоянии $b = 10$ см — $\varphi_2 = 900$ В. Определите радиус шара, его заряд и потенциал на его поверхности.

10.7.19. Сфера равномерно заряжена. Потенциал в центре сферы $\varphi_0 = 100$ В, а на расстоянии $l = 30$ см от ее поверхности — $\varphi = 50$ В. Чему равен радиус R сферы?

10.7.20. Вычислите работу сил электростатического поля при перемещении заряда $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $d = 1$ м от поверхности шара радиусом $r = 1$ см, равномерно заряженного с поверхностной плотностью $\sigma = 10^{-9}$ Кл/см².

10.7.21. Заряженную проводящую сферу сжали так, что ее радиус уменьшился в n раз. Во сколько раз увеличилась энергия электрического поля этой сферы?

10.7.22. Металлическому шару радиусом $R = 10$ см был сообщен заряд $q = 10$ мкКл. Какую минимальную энергию надо затратить, чтобы увеличить заряд шара на 10%?

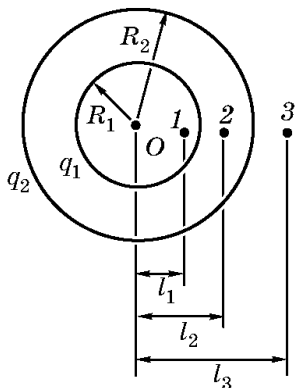


Рис. 10.7.5

10.7.23. Две концентрические металлические сферы радиусами $R_1 = 15$ см и $R_2 = 30$ см расположены в воздухе (рис. 10.7.5). На внутренней сфере распределен заряд $q_1 = -2 \cdot 10^{-8}$ Кл, а на внешней $q_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ Кл. Вычислите потенциалы электрического поля в точках, удаленных от центра сфер на расстояния $l_1 = 10$ см, $l_2 = 20$ см и $l_3 = 40$ см. Изобразите графически зависимость потенциала от расстояния до центра сфер.

10.7.24. Потенциал внутренней сферы радиусом r равен нулю. Потенциал внешней сферы радиусом $2r$ равен φ . Определите заряды сфер. Центры сфер совпадают.

10.7.25. Проводящий шар радиусом $R_1 = 2$ см и зарядом $q_1 = 1,33 \cdot 10^{-8}$ Кл окружен тонкой концентрической оболочкой радиусом $R_2 = 5$ см, заряд которой $q_2 = -2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите напряженность и потенциал электрического поля на расстояниях $l_1 = 1$ см, $l_2 = 4$ см и $l_3 = 6$ см от центра шара.

10.7.26. Заряд $q = -10^{-6}$ Кл находится в центре металлической сферы радиусом $R = 1$ м. Заряд на поверхности сферы $Q = 1,5 \cdot 10^{-6}$ Кл. Определите напряженность электрического поля на расстоянии $r = 1$ м от поверхности сферы и потенциал сферы.

10.7.27. Три проводящие концентрические сферы радиусами r , $2r$ и $3r$ имеют заряды q , $2q$ и $-3q$ соответственно. Определите потенциал каждой сферы.

10.7.28. Два параллельных тонких кольца, радиусы которых одинаковы и равны R , имеют общую ось. Расстояние между их центрами d . На первом кольце равномерно распределен заряд $q_1 < 0$, на втором — $q_2 > 0$. Какую минимальную работу необходимо совершить для перемещения заряда $q > 0$ из центра первого кольца в центр второго?

Ответы:

$$10.7.1. \Delta\varphi = \frac{kq(R_1 - R_2)}{R_1 R_2} = 1,8 \text{ кВ.}$$

$$10.7.2. \text{Отличаются в } \sqrt{n} = 3 \text{ раза.}$$

$$10.7.3. \varphi_B = \frac{\varphi_A \varphi_C}{2\varphi_A - \varphi_C} = 60 \text{ В.}$$

$$10.7.4. \varphi = 2\varphi_0.$$

$$10.7.5. A = q_0 \sqrt{kq} (\sqrt{E_B} - \sqrt{E_A}) = 0,6 \text{ мДж.}$$

$$10.7.6. A = \frac{kq_1 q_2 (n-1)}{nR} = 2,4 \text{ мкДж.}$$

$$10.7.7. \Delta W = \frac{kq^2}{l}.$$

$$10.7.8. Q = kq^2 \left(\frac{1}{l_0} - \frac{3}{2l} + \frac{l_0}{2l^2} \right) \approx 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

10.7.9. Эквипотенциальная поверхность с потенциалом $\varphi = 0$ — окружность: $y^2 + (x+a)^2 = 4a^2$ (рис. 35).

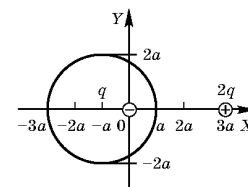


Рис. 35

$$10.7.11. A = kq_0(q_2 - q_1) \left(\frac{\sqrt{l^2 + r^2} - l}{l\sqrt{l^2 + r^2}} \right) \approx 3,6 \text{ Дж.}$$

$$10.7.12. A = \frac{kq_0(q_2 - q_1)(l_2 - l_1)}{l_1 l_2} \approx 30 \text{ мДж.}$$

$$10.7.15. A = \frac{kq^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) = 8,77 \times 10^{-5} \text{ Дж.}$$

10.7.16.

$$A = \frac{2kq_1 q_2}{a} \left[2 \left(\frac{1}{\sqrt{7}} + \frac{1}{\sqrt{13}} \right) - 1 \right] \approx 2,5 \text{ мкДж.}$$

$$10.7.17. \varphi = ER = 300 \text{ кВ; } N = \frac{ER^2}{ke} \approx 2,11 \cdot 10^{13}.$$

$$10.7.18. R = \frac{b\varphi_2 - a\varphi_1}{\varphi_1 - \varphi_2} = 0,1 \text{ м; } q = \frac{\varphi_1(R+a)}{k} = \frac{\varphi_2(R+b)}{k} \approx 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл;}$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{R} \approx 1,8 \text{ кВ.}$$

$$10.7.20. A = \frac{q\sigma r^2}{\varepsilon_0(d+r)} \approx 2,25 \text{ мкДж.}$$

10.7.21. В n раз.

$$10.7.22. W = \frac{0,105 k q^2}{R} \approx 1 \text{ Дж.}$$

$$10.7.24. q_1 = -\frac{2r\varphi}{k}; q_2 = \frac{4r\varphi}{k}.$$

$$10.7.25. E_1 = 0, \varphi_1 = k \left(\frac{q_1}{R_2} + \frac{q_2}{R_2} \right) \approx$$

$$\approx 2,383 \text{ кВ}; E_2 = \frac{kq_1}{l_2^2} \approx 74,7 \text{ кВ/м,}$$

$$\varphi_2 = k \left(\frac{q_1}{l_2} + \frac{q_2}{R_2} \right) = -607 \text{ В}; E_3 =$$

$$= \frac{k(q_1 + q_2)}{l_3^2} = -16,7 \text{ кВ/м, } \varphi_3 =$$

$$= \frac{k(q_1 + q_2)}{l_3} = -1 \text{ кВ.}$$

$$10.7.26. E = \frac{k(q+Q)}{(r+R)^2} \approx 1,124 \text{ кВ/м;}$$

$$\varphi = \frac{k(q+Q)}{R} \approx 4,5 \text{ кВ.}$$

$$10.7.27. \varphi_1 = \frac{kq}{r}; \varphi_2 = \frac{kq}{2r}; \varphi_3 = 0.$$

10.7.28.

$$A = kq(|q_1| + q_2) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right).$$