

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Еще в глубокой древности было известно, что янтарь, потертый о шерсть, притягивает легкие предметы.

Английский врач Джильберт (конец XVI в.) назвал тела, способные после натирания притягивать легкие предметы, наэлектризованными.

Сейчас мы говорим, что тела при этом приобретают электрические заряды.

Электрический заряд — скалярная физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитного взаимодействия. Обозначается буквой q (Q), измеряется в кулонах (Кл).

Если тело имеет *избыточные* (лишние) электроны, то тело заряжено *отрицательно*, если у тела *недостаток* электронов, то тело заряжено *положительно*.

Величина заряда будет равна $q=N\cdot e$, где N — число избыточные или недостающих электронов; e — элементарный заряд, равный $1,6\cdot 10^{-19}$ Кл.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Точечным зарядом называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

Из обобщения опытных данных был установлен фундаментальный закон природы – *закон сохранения заряда*: в любой замкнутой (электрически изолированной) системе сумма электрических зарядов остается постоянной при любых взаимодействиях внутри нее. Полный электрический заряд (q) системы равен алгебраической сумме ее положительных и отрицательных зарядов (q_1, q_2, \dots, q_N):

$$q = \sum_{i=1}^N q_i.$$

Опыт показывает, что *разноименные* электрические заряды *притягиваются* друг к другу, а *одноименные* — *отталкиваются*.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

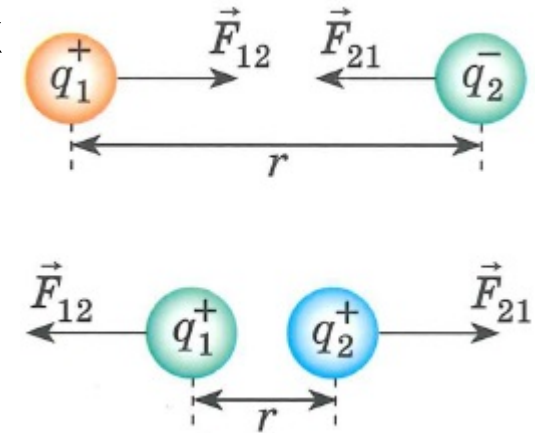
Сила взаимодействия F двух точечных неподвижных электрических зарядов в вакууме прямо пропорциональна их величинам q_1 и q_2 , обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними r и направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

где $K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ коэффициент пропорциональности,

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$ — электрическая постоянная.

Силы электростатического взаимодействия направлены вдоль линии, соединяющей взаимодействующие точечные заряды, равны по величине, но противоположны по направлению.



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Закон Кулона применим не только к взаимодействию точечных зарядов, но и к равномерно заряженным телам сферической формы. В этом случае r – расстояние между центрами сферических поверхностей.

Взаимодействие между электрически заряженными телами и частицами осуществляется с помощью *электромагнитного поля*, которое представляет собой одну из форм материи.

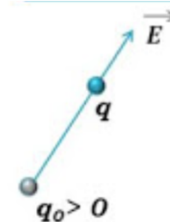
Электростатическое поле — поле, созданное неподвижными электрическими зарядами.

Силовая (векторная) характеристика поля, численно равная силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку пространства называется *напряженностью электрического поля*:

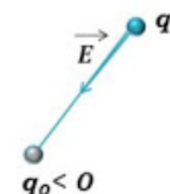
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad [E]_{СИ} = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \quad \text{или} \quad [E]_{СИ} = \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Направление вектора напряженности в данной точке пространства совпадает с направлением силы, с которой поле действует на пробный (положительный) заряд, помещенный в эту точку поля.



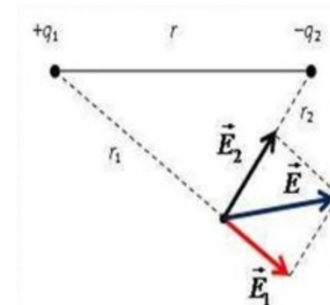
Значение напряженности электростатического поля, созданного точечным зарядом, в некоторой точке пространства прямо пропорционально величине этого заряда и обратно пропорционально квадрату расстояния от заряда до данной точки:



$$E = K \frac{|q|}{r^2}.$$

Напряженность электрического поля, создаваемого системой зарядов q_1, q_2, \dots, q_N в данной точке пространства, равна векторной сумме напряженностей электрических полей

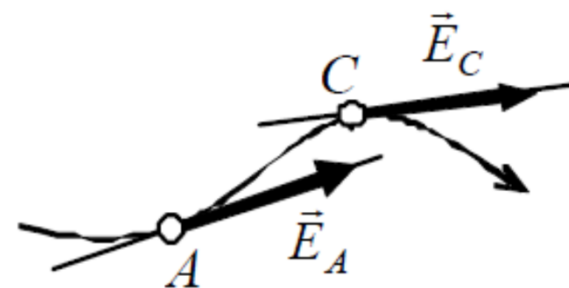
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i.$$



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

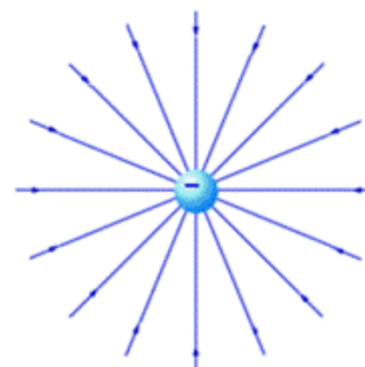
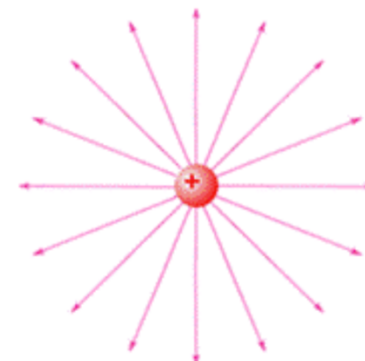
Графически электрическое поле представляют в виде силовых линий.

Силовая линия — это направленная линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением вектора напряженности в этой точке поля.



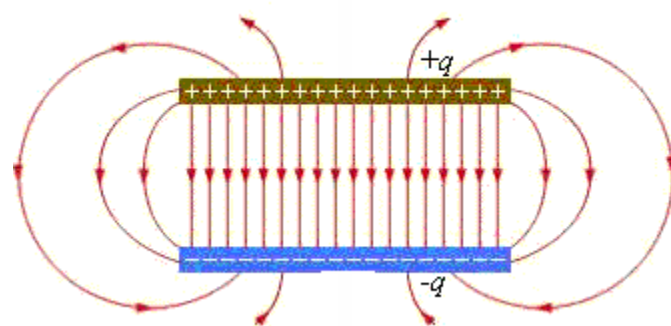
Силовые линии изображают, учитывая следующие их свойства:

- ✓ начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных;
- ✓ перпендикулярны поверхности;
- ✓ не пересекаются и не имеют изломов;
- ✓ там, где силовые линии гуще, напряженность больше, и наоборот.



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Однородное поле — это поле, вектор напряженности которого в каждой точке пространства одинаков (по модулю и направлению). Графически однородное поле представляет собой набор параллельных равноотстоящих друг от друга силовых линий.



В механике взаимное действие тел друг на друга характеризуют силой и потенциальной энергией.

Электростатическое поле, осуществляющее взаимодействие между зарядами, также характеризуют двумя величинами. Напряжённость поля — это силовая характеристика.

Энергетической характеристикой электрического поля является *потенциал*.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Потенциал электрического поля в данной точке — скалярная физическая величина, характеризующая потенциальную энергию E_{Π} единичного заряда q в данной точке пространства:

$$\varphi = \frac{E_{\Pi}}{q}, \quad [\varphi]_{СИ} = 1 \text{ В.}$$

Потенциал поля зависит от значения зарядов, создающих поле, положения данной точки по отношению к зарядам и электрических свойств среды. Потенциал поля, созданного точечным зарядом q в точке, отстоящей от заряда на расстояние r , равен

$$\varphi = K \frac{q}{r}.$$

Потенциал электростатического поля, созданного системой N электрических зарядов, равен *алгебраической* сумме потенциалов, создаваемых каждым зарядом в отдельности:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_N = \sum_{i=1}^N \varphi_i.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Разностью потенциалов называется физическая скалярная величина, численно равная работе, совершаемой полем при перемещении единичного положительного заряда между точками с потенциалами φ_1 и φ_2 :

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{L_{12}}{q_0}.$$

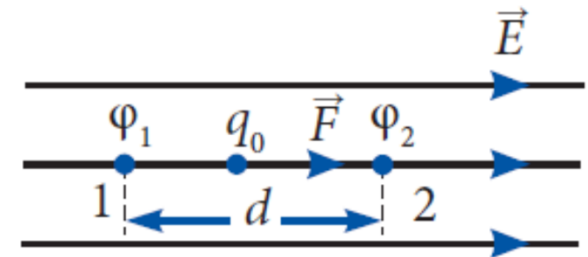
Напряжение между двумя точками поля равно разности потенциалов между этими точками, если между ними не включен источник тока:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Напряжения и напряженности однородного электростатического поля связаны следующим соотношением:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}.$$

Напряженность электростатического поля направлена в сторону убывания потенциала.



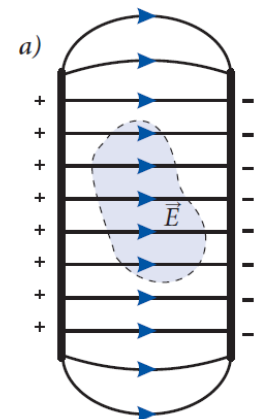
ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Все материалы, существующие в природе, различаются своими электрическими свойствами. Таким образом, из всего многообразия физических веществ в отдельные группы выделяются *диэлектрические* материалы и *проводники* электрического тока.

Проводниками называются вещества, содержащие свободные электрические заряды, т.е. заряженные частицы, которые могут свободно перемещаться по телу.

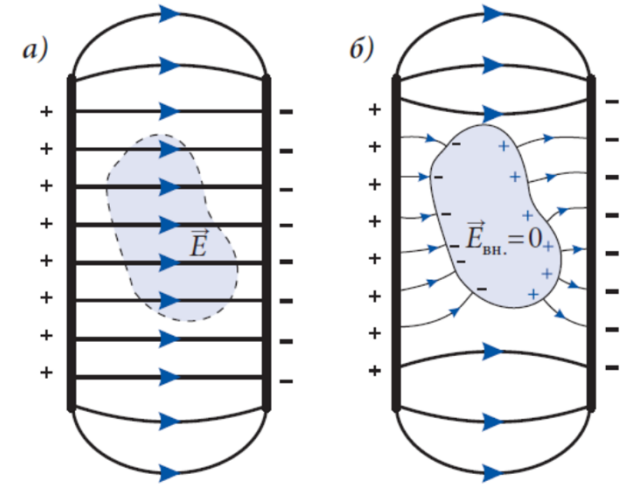
В отсутствие внешних электрических полей свободные электроны перемещаются хаотически, подобно молекулам газа. Поэтому совокупность свободных электронов в металле называют *электронным газом*.

При внесении проводящего тела в поле на его свободные электроны начинает действовать электрическая сила $\vec{F} = -e \cdot \vec{E}$, которая сообщает им ускорение, направленное противоположно вектору \vec{E} .



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Как следствие, поверхность проводника, расположенная со стороны положительной пластины, заряжается отрицательно. Одновременно на противоположной поверхности проводника остается избыточный положительный заряд.



Заряды противоположного знака, появившиеся на поверхности проводника, создают электрическое поле, направление которого обратно внешнему полю.

Этот процесс перемещения свободных зарядов продолжается до того момента, когда напряженность поля внутри проводника становится равной нулю: $\vec{E}_{вн.} = 0$.

Далее прекращается любое направленное движение свободных зарядов проводника – он приходит в состояние *электрического равновесия*. При этом внутренняя часть проводника нейтральна.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

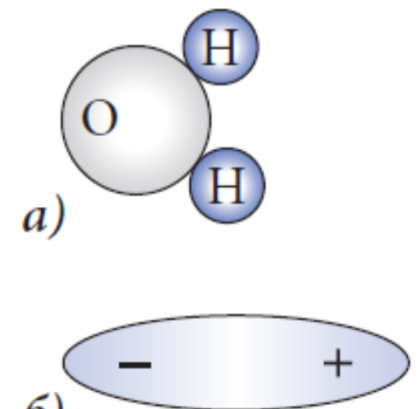
Из соотношения между напряженностью электрического поля E и разностью потенциалов $(\varphi_1 - \varphi_2)$, а именно $E = (\varphi_1 - \varphi_2)/d$, и того факта, что внутри проводника $E_{\text{вн.}} = 0$, следует $(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$ для любых двух точек проводника.

Диэлектриками или *изоляторами* называются вещества, которые в отличие от проводников не содержат свободных заряженных частиц; они состоят из нейтральных молекул.

Электрические заряды могут перемещаться только в пределах молекулы, поэтому называются *связанными зарядами*.

У молекул такого рода можно указать электрические полюсы – положительный и отрицательный

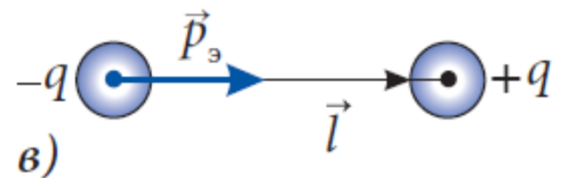
Молекулы, в которых центр положительных зарядов смещен относительно центра отрицательных зарядов, называются *полярными молекулами*.



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Для характеристики таких молекул используется простая модель молекулы, в которой центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают. Такая модель называется *электрическим диполем*.

Электрический диполь – это система двух точечных зарядов, равных по величине, но противоположных по знаку, расположенных на определенном расстоянии друг от друга



Расстояние l между зарядами диполя называется *плечом диполя*, а произведение плеча и заряда – *дипольным моментом* или *электрическим моментом*:

$$\vec{p}_э = q \cdot \vec{l}.$$

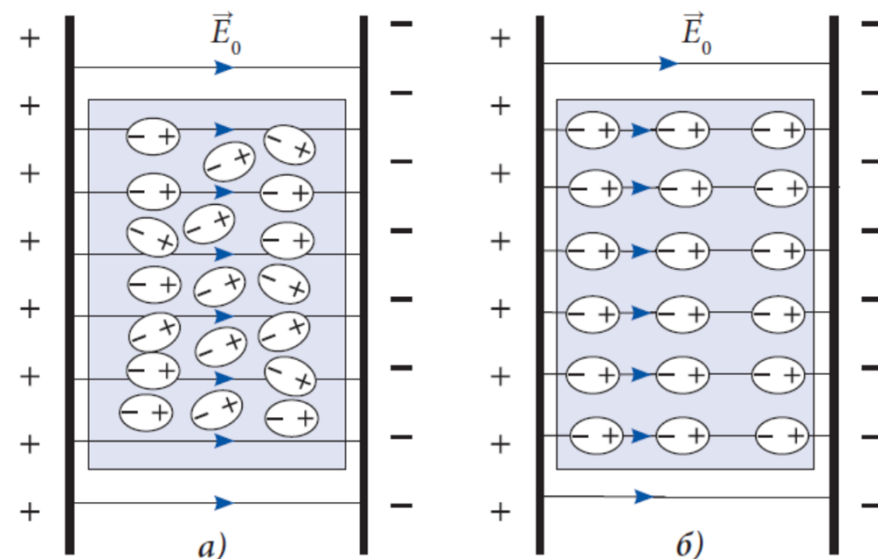
Плечо диполя – величина векторная, направленная от отрицательного заряда к положительному, дипольный момент – тоже величина векторная.

Дипольный момент – это электрическая характеристика молекул, и у полярных молекул он отличен от нуля даже в отсутствие внешнего электрического поля.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Существуют молекулы, в которых электрические заряды распределены симметрично, так что центр положительных зарядов совпадает с центром отрицательных. Их дипольный момент равен нулю, они называются *неполярными молекулами*.

При внесении неполярного диэлектрика в электрическое поле его молекулы приобретают наведенные дипольные моменты. Внутри диэлектрик остается нейтральным, а на его поверхностях появляются связанные заряды.



Под действием внешнего электрического поля дипольные моменты молекул диэлектрика ориентируются и на его поверхностях появляются электрические связанные заряды. Это явление называется *поляризацией диэлектрика*.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

При поляризации диэлектрика, поверхностные связанные заряды создают внутреннее электрическое поле напряженностью $\vec{E}_{вн.}$, направленной противоположно напряженности внешнего поля \vec{E}_0 .

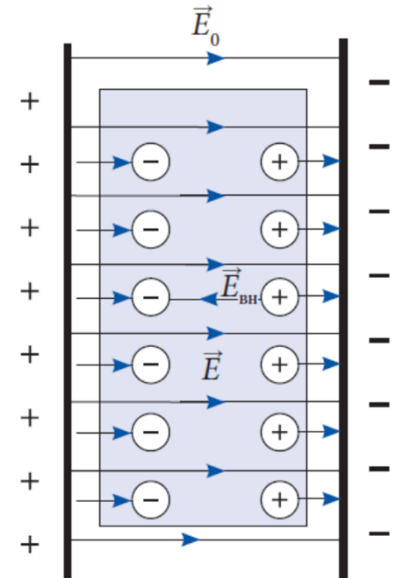
В соответствии с принципом суперпозиции поле внутри диэлектрика равно

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_{вн.} \Rightarrow E = E_0 - E_{вн.}$$

Следовательно, напряженность поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме: $E < E_0$.

Безразмерная физическая величина ε , показывающая, во сколько раз напряженность электрического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме, называется *диэлектрической проницаемостью диэлектрика*:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Для работы многих электротехнических и радиотехнических устройств необходимо аккумулировать электрические заряды, чтобы их в дальнейшем использовать.

Конденсатор – прибор, позволяющий аккумулировать электрические заряды, представляет собой систему, состоящую из двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком, при этом расстояние между обкладками гораздо меньше их линейных размеров.

Величина электрического заряда на одной из обкладок называется *зарядом конденсатора*.

Количество заряда, которое способен накопить конденсатор, называют *электрической емкостью конденсатора*.

Емкость конденсатора – это физическая величина, равная отношению заряда конденсатора к электрическому напряжению между его обкладками:

$$C = \frac{q}{U}, \quad [C]_{СИ} = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = \text{Ф}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Простейший конденсатор – система из двух плоских проводящих пластин, расположенных параллельно друг другу на малом по сравнению с размерами пластин расстоянии и разделенных слоем диэлектрика. Такой конденсатор называется *плоским*.

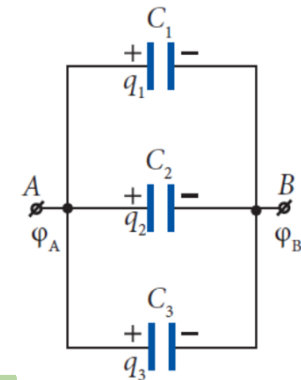
Емкость плоского конденсатора зависит от размеров и взаимного расположения его обкладок и диэлектрика между ними:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}.$$

На практике часто бывают необходимы емкости, отличные от номинальных. В таких случаях прибегают к соединению конденсаторов в группы (батареи), обладающие необходимой емкостью.

Параллельное соединение конденсаторов:

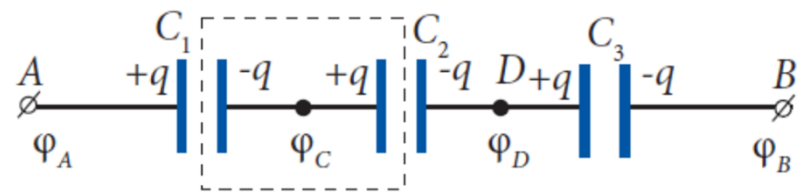
$$C_{\text{пар.}} = C_1 + C_2 + C_3.$$



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Последовательное соединение конденсаторов

$$\frac{1}{C_{\text{посл.}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

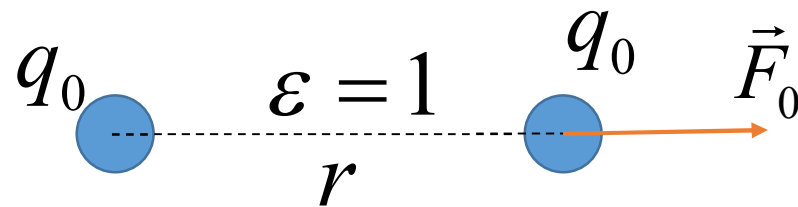
7.9.* Во сколько раз надо увеличить величину каждого из двух одинаковых зарядов, чтобы при их погружении в воду сила взаимодействия между ними была бы такой же как и в воздухе на том же расстоянии? Диэлектрическая проницаемость воды равна 81. (Отв.: 9).

Решение:

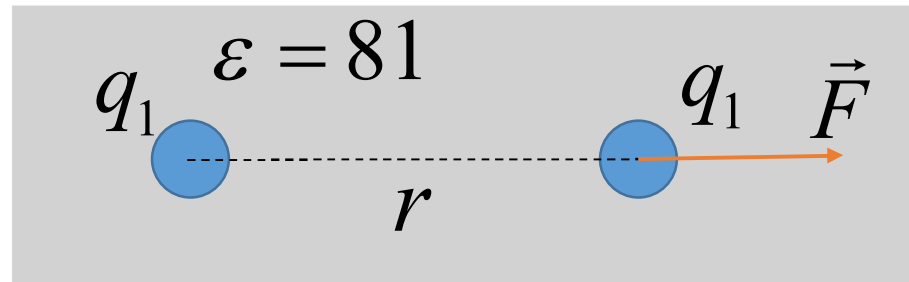
Дано:
 $\varepsilon = 81$

$$F_0 = F$$

$$\frac{q}{q_0} = ?$$



$$F_0 = K \frac{q_0^2}{r^2}$$



$$F = K \frac{q^2}{\varepsilon r^2}$$

$$F_0 = F \Rightarrow K \frac{q_0^2}{r^2} = K \frac{q^2}{\varepsilon r^2} \Rightarrow \varepsilon q_0^2 = q^2 \Rightarrow \frac{q}{q_0} = \sqrt{\varepsilon}, \quad \frac{q}{q_0} = \sqrt{81} = 9.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.13.* Два одинаковых металлических шарика заряжены одноименными зарядами q и $3q$ и взаимодействуют друг с другом с силой 15 мкН. Шарики были приведены в соприкосновение и разведены на первоначальное расстояние. Чему стала равна сила их взаимодействия? (Отв.: 20 мкН).

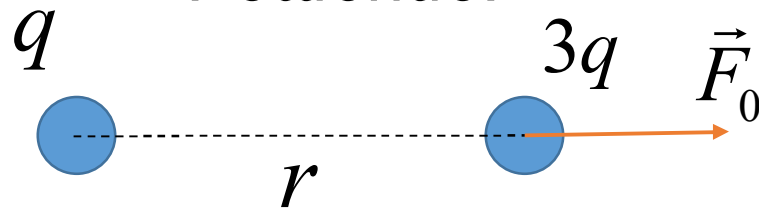
Дано:

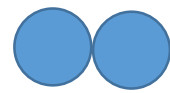
$$q, 3q$$

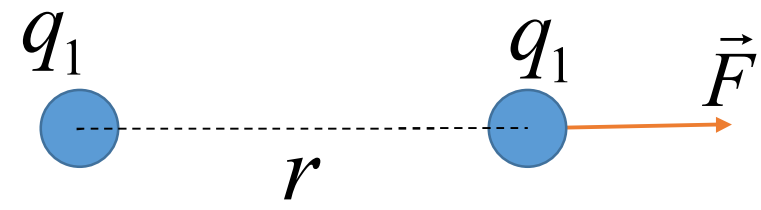
$$F_0 = 15 \text{ мкН}$$

$$F - ?$$

Решение:


$$F_0 = K \frac{3q^2}{r^2}$$


$$q_0 = q + 3q = \text{const} \Rightarrow$$


$$q_1 = \frac{4q}{2} \Rightarrow F = K \frac{4q^2}{r^2}$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

$$\left. \begin{array}{l} \frac{Kq^2}{r^2} = \frac{F_0}{3} \\ \frac{Kq^2}{r^2} = \frac{F}{4} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{F_0}{3} = \frac{F}{4} \Rightarrow$$

$$F = \frac{4F_0}{3},$$

$$F = \frac{4 \cdot 15}{3} = 20 \text{ (мкН)}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.30.* Шарик массой 10^{-3} кг и зарядом 10^{-5} Кл висит на нити. При включении горизонтального электрического поля нить отклоняется на 45° от вертикали. Определить напряженность поля, принимая $g = 9,8$ м/с². (Отв.: 980 В/м).

Дано:

$$m = 10^{-3} \text{ кг}$$

$$q = 10^{-5} \text{ Кл}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$E - ?$$

Решение:

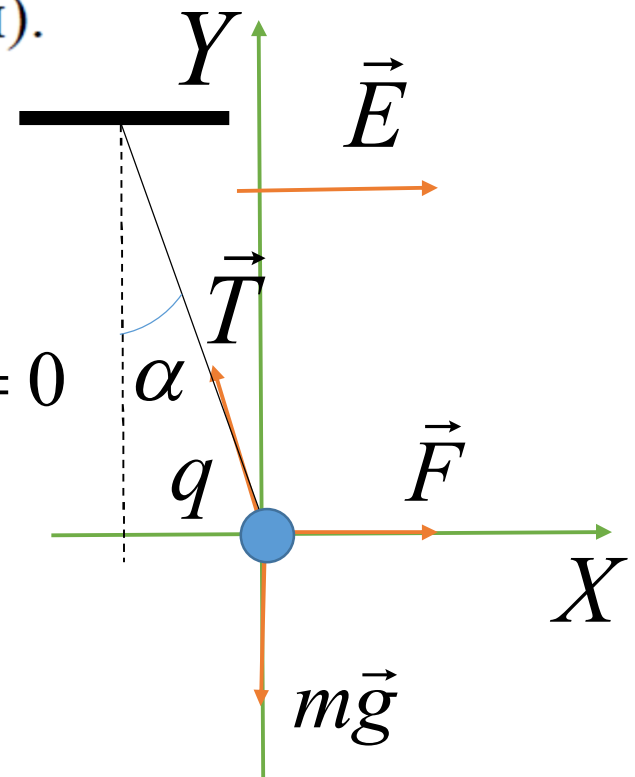
$$m\vec{g} + \vec{F} + \vec{T} = 0$$

$$OX \rightarrow F - T \sin \alpha = 0$$

$$OY \rightarrow -mg + T \cos \alpha = 0$$

$$\left. \begin{aligned} T \sin \alpha &= F \\ T \cos \alpha &= mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{mg}, \quad F = q \cdot E$$



ЭЛЕКТРОСТАТИКА

$$qE = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow$$

$$E = \frac{mg \cdot \operatorname{tg} \alpha}{q},$$

$$E = \frac{10^{-3} \cdot 9,8 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ}{10^{-5}} = 980 \left(\frac{\text{В}}{\text{М}} \right).$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.44.* Напряжённость однородного электрического поля равна $4 \cdot 10^6$ В/м. Какую работу совершит поле по перемещению заряда 10^{-7} Кл на 0,15 м по направлению линии напряженности электрического поля? (Отв.: 0,06 Дж).

Решение:

Дано:

$$E = 4 \cdot 10^6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$d = 0,15 \text{ м}$$

$$L - ?$$

$$L = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$E = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{d} \Rightarrow (\varphi_1 - \varphi_2) = Ed$$

$$L = q \cdot E \cdot d$$

$$L = 10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 0,15 = 0,06 \text{ (Дж)}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.52.* Электрон, двигаясь под действием электрического поля, увеличил свою кинетическую энергию на $2,4 \cdot 10^{-17}$ Дж. Найти разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения. Заряд электрона равен $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. (Отв.: -150 В).

Решение:

Дано:

$$\Delta E_k = 2,4 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$$

$$q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$(\varphi_1 - \varphi_2) = ?$$

$$\left. \begin{aligned} L &= \Delta E_k \\ L &= q(\varphi_1 - \varphi_2) \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\Delta E_k = q(\varphi_1 - \varphi_2) \Rightarrow (\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{\Delta E_k}{q},$$

$$(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{2,4 \cdot 10^{-17}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = -150 \text{ (В)}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.63.* При сообщении конденсатору электрического заряда $1,7 \cdot 10^{-7}$ Кл разность потенциалов между его обкладками, равна 180 В. На сколько увеличится разность потенциалов между обкладками этого конденсатора, если заряд увеличить на $0,51 \cdot 10^{-7}$ Кл. (Отв.: 54 В). *Решение:*

Дано:

$$q_0 = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$U_0 = 180 \text{ В}$$

$$q = q_0 + 0,51 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$\Delta U = (U - U_0) - ?$$

$$C = \frac{q_0}{U_0}$$

$$C = \frac{q}{U}$$



$$\frac{q_0}{U_0} = \frac{q}{U} \Rightarrow U = \frac{q \cdot U_0}{q_0},$$

$$U = \frac{(1,7 + 0,51) \cdot 10^{-7} \cdot 180}{1,7 \cdot 10^{-7}} = 234 \text{ (В)}.$$

$$\Delta U = (U - U_0) = 234 - 180 = 54 \text{ (В)}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.66.* Найти отношение емкости плоского конденсатора, между пластинами которого находится керосин, к емкости плоского конденсатора, диэлектриком которого является слюда. Площади обкладок обоих конденсаторов одинаковы, расстояние между пластинами конденсатора со слюдой в 3 раза больше, чем расстояние у другого конденсатора. Диэлектрическая проницаемость керосина равна 2,1, а слюды – 7. (Отв.: 0,9).

Дано:

$$S_1 = S_2 = S$$

$$\frac{d_c}{d_k} = 3$$

$$\varepsilon_k = 2,1$$

$$\varepsilon_c = 7$$

$$\frac{C_k}{C_c} = ?$$

Решение:

$$C_k = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_k S}{d_k}$$

$$C_c = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_c S}{d_c}$$

$$\frac{C_k}{C_c} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_k S}{d_k} \cdot \frac{d_c}{\varepsilon_0 \varepsilon_c S} \Rightarrow$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

$$\frac{C_k}{C_c} = \frac{\varepsilon_k \cdot d_c}{\varepsilon_c \cdot d_k},$$

$$\frac{C_k}{C_c} = \frac{2,1 \cdot 3 \cdot d_k}{d_k \cdot 7} = 0,9.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.75.* Какой заряд пройдет по проводам, соединяющим плоский конденсатор емкостью 10^{-11} Ф с источником тока с напряжением 200 В при погружении конденсатора в масло с диэлектрической проницаемостью равной 2,5? (Отв.: 3 нКл).

Дано:

$$C_0 = 10^{-11} \text{ Ф}$$

$$U = 200 \text{ В}$$

$$\varepsilon = 2,5$$

$$\Delta q = (q - q_0) - ?$$

Решение:

$$C_0 = \frac{q_0}{U} \Rightarrow q_0 = C_0 \cdot U,$$

$$q_0 = 10^{-11} \cdot 200 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ (Кл)}.$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$C = \varepsilon C_0$$
$$C = \frac{q}{U}$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

$$q = U \cdot \varepsilon \cdot C_0,$$

$$q = 200 \cdot 2,5 \cdot 10^{-11} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ (Кл)}.$$

$$\Delta q = q - q_0 = 5 \cdot 10^{-9} - 2 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ (Кл)}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.78.* Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 110 В и отключен от источника тока. Чему будет равна разность потенциалов между пластинами конденсатора, если расстояние между ними увеличить в 2 раза? (Отв.: 220 В).

Дано:

$$U_0 = 110 \text{ В}$$

$$\frac{d}{d_0} = 2$$

 $U - ?$

Решение:

$$q = \text{const.}$$

$$C_0 = \frac{q}{U_0}$$

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d_0}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$q = \frac{U_0 \epsilon_0 S}{d_0}$$

$$q = \frac{U \epsilon_0 S}{d}$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

$$\frac{U_0 \varepsilon_0 S}{d_0} = \frac{U \varepsilon_0 S}{d} \Rightarrow$$

$$U = U_0 \frac{d}{d_0},$$

$$U = 110 \cdot 2 = 220 \text{ (В)}.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

7.85.** Во сколько раз необходимо увеличить расстояние между пластинами плоского конденсатора, подключенного к источнику тока, чтобы сила взаимодействия между ними уменьшилась в 25 раз? (Отв.: 5).

Дано:

$$\frac{F_0}{F} = 25$$

$$\frac{d}{d_0} = ?$$

Решение:

$$U = const.$$

$$E_0 = \frac{U}{d_0}$$

$$F_0 = q_0 E_0$$

$$E_0 = \frac{U}{d_0}$$

$$E_0 = \frac{F_0}{q_0}$$

$$\frac{U}{d_0} = \frac{F_0}{q_0} \Rightarrow$$

$$q_0 = \frac{F_0 d_0}{U}$$

$$C_0 = \frac{q_0}{U}$$

$$C_0 = \frac{F_0 d_0}{U^2}$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_0}$$

$$\varepsilon_0 S U^2 = F_0 d_0^2$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Аналогично для второго случая имеем:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_0 S U^2 &= F d^2 \\ \varepsilon_0 S U^2 &= F_0 d_0^2 \end{aligned} \right\} \longrightarrow$$

$$F d^2 = F_0 d_0^2 \Rightarrow \frac{F}{F_0} = \frac{d_0^2}{d^2} \Rightarrow$$

$$\frac{d}{d_0} = \sqrt{\frac{F_0}{F}} = \sqrt{25} = 5.$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА