

ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ

1. Имейте в виду, что термин «заряд» применяется в нескольких значениях:

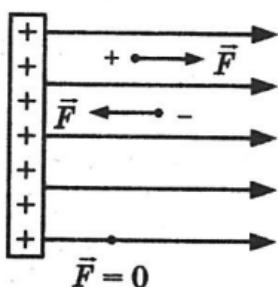
- а) свойство тела определенным образом взаимодействовать с другими телами;
- б) физическая величина, применяемая для описания данного свойства;
- в) заряженное тело.

Например:

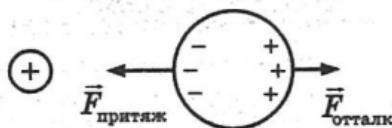
- а) Электрон имеет электрический заряд;
- б) Заряд электрона отрицателен и численно равен элементарному заряду;
- в) Два заряда, находящиеся на расстоянии...

2. Рассматривая поведение тела в электрическом поле, определите, можно ли его считать точечным. Точечный заряд будет отталкиваться от одноименного заряда и притягиваться к заряду противоположного знака. Нейтральное точечное тело не будет взаимодействовать с заряженным телом. В протяженном нейтральном теле, помещенном в электрическое поле, будет происходить перераспределение входящих в его состав заряженных частиц тела (поляризация). Они окажутся в различных областях электрического поля и, следовательно, на них может действовать разная сила.

Точечное тело



Протяженное тело



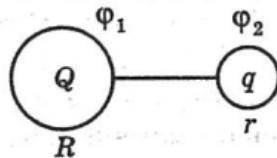
$$F_{\text{притяж}} > F_{\text{отталк}}$$

3. Если заряженные тела приведены в соприкосновение или заряженное тело делится на части, то будет происходить перераспределение зарядов согласно закону сохранения заряда. При этом, если тела одинаковые, перераспределение заряда происходит до выравнивания зарядов. Если тела разные, то до тех пор, пока не уравняются потенциалы.

1. Заряженная капля делится на две равные капли.



2. Соединение заряженных шариков.



$$\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$$

$$\varphi_2 = k \frac{q}{r}$$

$$Q + q = Q_1 + q_1$$

$$\varphi = k \frac{Q_1}{R} = k \frac{q_1}{r}$$

При решении задач на расчет сил взаимодействия точечных зарядов необходимо сделать чертеж, на котором изобразить силы, действующие на заряд. Если взаимодействуют более двух зарядов, то необходимо найти равнодействующую сил. Затем выразить силы взаимодействия через заряды и расстояния и/или через напряженности соответствующих полей, а затем решить полученную систему уравнений.

Такого типа задача с подробными комментариями решена в разделе примеров (см. стр. 189).

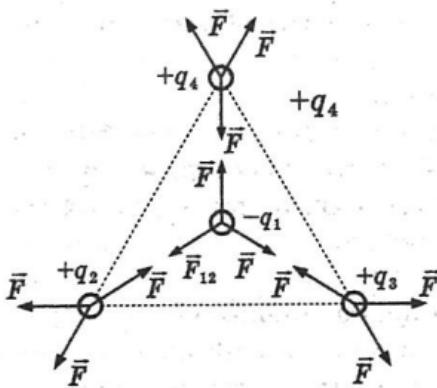
Если при взаимодействии происходит перераспределение зарядов, то следует добавить закон сохранения электрического заряда. Кроме того, возможно использование дополнительных уравнений, связанных с динамикой или кинематикой.

Например: Два одинаковых шарика, имеющих заряды q_1 и q_2 , находятся на расстоянии r друг от друга. Шарики соединяют, а затем разводят на прежнее расстояние. Сравните силы взаимодействия. Для решения задачи следует решить систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \\ q'_1 = q'_2 \\ q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2 = 2q' \\ F_2 = k \frac{q'_1 q'_2}{r^2} = k \frac{(q')^2}{r^2} \end{array} \right.$$

Уравнения 1 и 4 — закон Кулона для начальной и конечной ситуации; уравнение 3 — закон сохранения заряда. Уравнение 2 следует из того, что шарики одинаковые (см. выше).

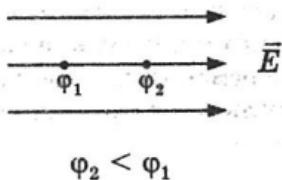
При решении задач на равновесие зарядов или заряженных тел следует обратить внимание на три особенности. Во-первых, если в задаче говорится о равновесии заряда, то достаточно записать условие равновесия только для этого заряда (равнодействующая всех сил, действующих на него, равна нулю). Если же в равновесии должна находиться система зарядов, то надо записать уравнения для всех зарядов (точнее — достаточным будет количество уравнений на одно меньшее, чем количество зарядов).



Во-вторых, если в задаче речь идет о равновесии заряженных тел, то следует придерживаться рекомендаций для задач по динамике. При этом необходимо не забывать, что в случае, когда заряды находятся в диэлектрике нужно учесть диэлектрическую проницаемость среды в законе Кулона, а если диэлектрик жидкий — действие архимедовой выталкивающей силы.

В-третьих, необходимо обратить внимание на устойчивость равновесия зарядов. Для определения устойчивости равновесия заряда следует мысленно вывести его из положения равновесия и посмотреть направление равнодействующей силы. Следует помнить, что в системе свободных электрических зарядов устойчивое равновесие осуществить невозможно.

4. Вектор напряженности электрического поля всегда направлен в сторону уменьшения потенциала.



При решении задач, связанных с графическим изображением электрических полей, следует помнить свойства силовых линий электростатического поля и эквипотенциальных поверхностей.

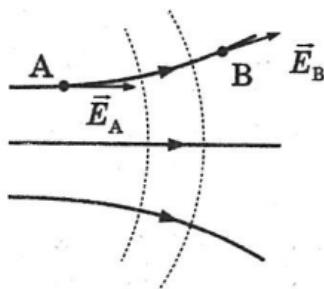
Силовые линии:

- вектор напряженности направлен по касательной в каждой точке;

- начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах.
- не пересекаются;
- густота линий тем больше, чем больше напряженность. Т.е. напряженность поля прямо пропорциональна количеству силовых линий, проходящих через единицу площади поверхности.

Эквипотенциальные поверхности: ЭПП — поверхности равного потенциала.

- работа при перемещении заряда вдоль эквипотенциальной поверхности не совершается;
- вектор напряженности перпендикулярен к ЭПП в каждой ее точке.



Напряженность поля в точке A больше, чем в точке B : $E_A > E_B$.

На заряд в точке A действует большая по модулю сила, чем в точке B .

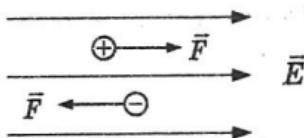
Потенциал поля в точке A больше, чем в точке B : $\varphi_A > \varphi_B$.

При перемещении положительного заряда из A в B поле совершает положительную работу (кинетическая энергия заряда и его скорость увеличиваются). При перемещении отрицательного заряда из A в B поле совершает отрицательную работу (кинетическая энергия заряда и его скорость уменьшаются).

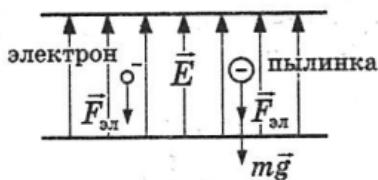
5. Силу, действующую в электрическом поле на заряд, как и любую другую силу, можно рассчитать по 2 закону Ньютона.

$$\vec{F}_{\text{электр}} = q\vec{E} = m\vec{a}$$

6. Под действием электрического поля положительный заряд получает ускорение в направлении линий поля, а отрицательный — против линий поля.



7. Т.к. электрические силы значительно интенсивнее гравитационных, то при исследовании движения элементарных частиц (например, электронов) действием силы тяжести по сравнению с электрической можно пренебречь.



$$\vec{F}_{\text{электр}} = q \vec{E} = m \vec{a}$$

$$\vec{F}_{\text{электр}} = e \vec{E} = m \vec{a}$$

8. Пользоваться формулой работы электрического поля по перемещению заряда $A = qE\Delta d$ можно только для однородного поля. В случае неоднородного поля надо подсчитывать энергию в каждой точке поля и определять работу как разность энергий.



$$W_1 = qE_1r_1$$

$$W_2 = qE_2r_2$$

$$A = W_1 - W_2 = qE_1r_1 - qE_2r_2 = q\Phi_1 - q\Phi_2$$

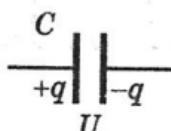
При решении задач, где рассматривается соединение заряженных тел и перетекание заряда с одного тела на другое, необходимо применять закон сохранения заряда и условие равновесия статических зарядов: после того, как движение зарядов прекратилось, потенциалы тел выравниваются. Заряды перетекают от тел с большим потенциалом к телам с меньшим потенциалом.

9. Не путайте: а) энергию заряда в электрическом поле и б) энергию электрического поля.

а) $W = qEr = qEd$

б) $W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$

10. Под зарядом конденсатора понимают абсолютное значение заряда одной пластины. Под энергией конденсатора понимают энергию одной пластины в электрическом поле, созданном второй пластиной.



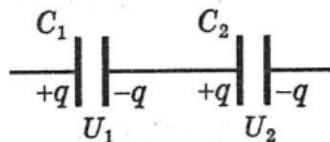
$$W = q \frac{E}{2} d = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

11. При соединении конденсаторов выполняется закон сохранения электрического заряда. Если конденсаторы соединяются одноименными полюсами, то величины зарядов складываются, в противном случае — вычитаются.

12. Если при любых действиях с конденсаторами (внесение диэлектрика, сдвигание и раздвигание пластин, их смещение и т.д.) конденсатор отсоединен от источника напряжения, то постоянной, согласно закону сохранения заряда, остается величина заряда конденсатора. В этом случае энергия конденсатора меняется за счет работы внешних сил. Если конденсатор подсоединен к источнику напряжения, то постоянно напряжение на обкладках конденсатора. В этом случае изменение энергии конденсатора определяется как работой внешних сил, так и работой сторонних сил источника.

Если конденсатор включен в электрическую цепь постоянного тока, то ток через него не идет. В таких задачах следует рассчитать параметры цепи с использованием закона Ома (для полной цепи или для участка, в зависимости от условия), а затем использовать дополнительные условия, связанные с параметрами конденсатора.

Последовательное соединение конденсаторов



Производят только одно соединение, а две оставшиеся обкладки — одна от конденсатора C_1 другая от конденсатора C_2 — играют роль обкладок нового конденсатора.

$$\left. \begin{aligned} U &= U_1 + U_2 \\ q &= q_1 = q_2 \end{aligned} \right\} \xrightarrow{U=\frac{q}{C}} \frac{q}{C} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) q$$

Откуда получаем:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

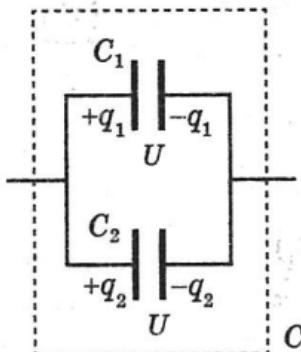
Вывод:

При последовательном соединении конденсаторов:

- напряжения складываются,
- заряды одинаковы,
- складываются величины, обратные емкости.

Т.о., общая емкость меньше емкости любого из последовательно соединенных конденсаторов.

Параллельное соединение конденсаторов



Обкладки конденсаторов соединяют попарно, т.е. в системе остается два изолированных проводника, которые и представляют собой обкладки нового конденсатора:

$$\left. \begin{array}{l} q = q_1 + q_2 \\ U_1 = U_2 = U \end{array} \right\} \xrightarrow{q=CU} CU = C_1U_1 + C_2U_2 = (C_1 + C_2)U$$

Откуда получаем:

$$C = C_1 + C_2$$

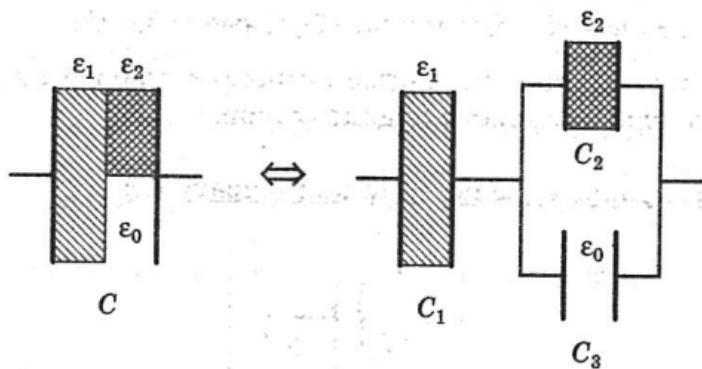
Вывод:

При параллельном соединении конденсаторов:

- а) заряды складываются,
- б) напряжения одинаковые,
- в) емкости складываются.

Т.о., общая емкость больше емкости любого из параллельно соединенных конденсаторов.

Формулы для расчета эквивалентных емкостей последовательно и параллельно соединенных конденсаторов могут применяться для расчета многослойных конденсаторов: если границы слоев расположены параллельно пластинам, то соединение последовательное, если границы слоев перпендикулярны пластинам — соединение следует считать параллельным.



$$C = \frac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d} = \frac{2\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 \frac{S}{2}}{\frac{d}{2}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d}$$

$$C_3 = \frac{\epsilon_0 \frac{S}{2}}{\frac{d}{2}} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$