

Закон Кулона

Закон Кулона описывает взаимодействие неподвижных точечных зарядов. Именно, если два заряда q_1 и q_2 расположены на расстоянии r друг от друга, то сила их электрического взаимодействия равна

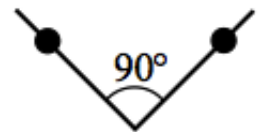
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2},$$

где $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$.

ЗАДАЧА 1. («Курчатов», 2018, 10) Два заряженных металлических шарика отталкиваются друг от друга с силой 3 мН. После того как каждому шарика, не меняя расстояние между ними, сообщили дополнительный заряд $+0,2 \text{ мКл}$, шарики вновь стали отталкиваться с силой 3 мН. Затем шарики привели в контакт, после чего вновь расположили на том же расстоянии друг от друга, и снова оказалось, что шарики отталкиваются с силой 3 мН. Найдите исходные заряды шариков и расстояние между ними. Форма и размеры шариков одинаковы, размеры шариков много меньше расстояния между ними. Постоянная в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

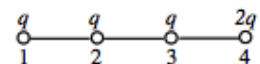
$$\frac{1}{\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = F$$

ЗАДАЧА 2. («Росатом», 2013, 11) Две маленьких бусинки массой m заряжены зарядами Q и Q . Бусинки надеты на спицы, которые расположены в вертикальной плоскости симметрично по отношению к вертикали, и угол между которыми равен 90° (см. рисунок). Каково расстояние между бусинками в положении равновесия?



$$\frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q^2}{r^2} = mg$$

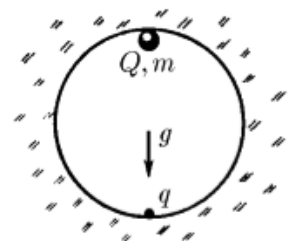
ЗАДАЧА 3. («Росатом», 2012, 11) Четыре маленьких одинаковых шарика, связанных нерастяжимыми нитями одинаковой длины, заряжены зарядами q , q , q и $2q$. Сила натяжения нити, связывающей первый и второй шарик, равна T . Найти силу натяжения нити, связывающей второй и третий шарик.



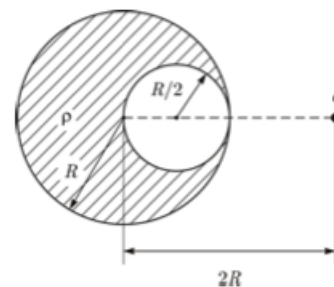
$$\frac{1}{\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = T$$

ЗАДАЧА 4. (Савченко, 6.1.14) Какой минимальный заряд q нужно закрепить в нижней точке сферической полости радиуса R , чтобы в поле тяжести небольшой шарик массы m и заряда Q находился в верхней точке полости в положении устойчивого равновесия?

$$\frac{1}{\epsilon_0} \frac{Qq}{(2R)^2} = mg$$



ЗАДАЧА 5. («Курчатов», 2014, 11) Найдите силу, с которой равномерно заряженный шар со сферической полостью будет действовать на поднесённый к нему точечный заряд q . Радиус шара R , полости — $R/2$ (см. рисунок). Объёмная плотность заряда шара ρ . Точечный заряд находится на расстоянии $2R$ от центра шара на оси, соединяющей центры шара и полости. Будет ли заряд притягиваться или отталкиваться?

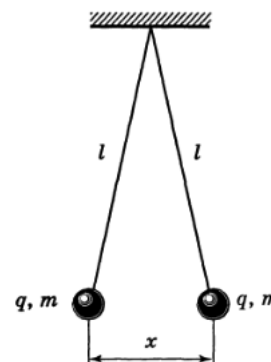


$$\frac{0z}{ybd} \frac{801}{L}$$

ЗАДАЧА 6. (Всеросс., 1998, ОЭ, 10) Два одинаковых маленьких шарика массой m и зарядом q каждый висят на нитях одинаковой длины l на расстоянии $x \ll l$ (рис.). Из-за медленной утечки заряда по нити величина заряда каждого шарика изменяется со временем t по закону

$$q = q_0(1 - at)^{3/2}$$

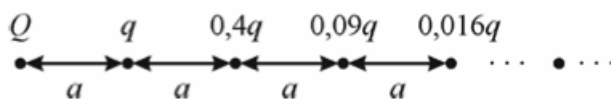
(где a — постоянная), а шарики сближаются. Величины q_0 , m , a , l заданы. Найдите скорость $v = \Delta x / \Delta t$ сближения шариков.



$$\frac{6uu}{l^2 0b\gamma z} \sqrt{\varepsilon} v = a$$

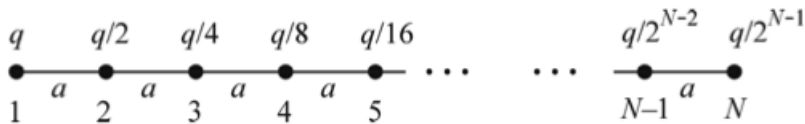
ЗАДАЧА 7. (МОШ, 2013, 10) В трёх вершинах равностороннего треугольника ABC разместили электрические заряды: в вершинах A и B — закреплённые электрические заряды $+q$ и $-q$ соответственно, в вершине C — незакреплённый электрический заряд $+q_1$. Укажите, в какой точке D плоскости ABC надо разместить ещё один электрический заряд $+q$, чтобы находящийся в точке C электрический заряд $+q_1$ находился в равновесии.

ЗАДАЧА 8. (МОШ, 2013, 11) Найдите модуль электростатической силы, действующей на точечный заряд Q в бесконечной системе точечных зарядов, изображённой на рисунке. Все заряды закреплены в вакууме на одной прямой, имеют одинаковый знак, расстояния между соседними зарядами одинаковы и равны a .



$$\frac{z^{06}}{b\delta\gamma 01} = \mathcal{J}$$

ЗАДАЧА 9. («Курчатов», 2015, 11) На нерастяжимой диэлектрической нити, расположенной в вакууме, закреплены на одинаковых расстояниях a друг от друга N точечных положительных зарядов. Величины зарядов указаны на рисунке. Модуль силы натяжения участка нити между первым и вторым зарядами равен T . Чему равен модуль силы натяжения T_{23} участка нити между вторым и третьим зарядами? Чему равна величина T_{23} при $N = 2015$?

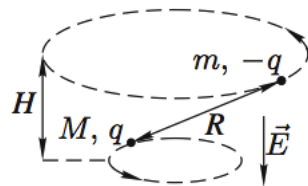


$$\varepsilon_{107} = N \text{ или } \frac{z^{\nu z}}{z^{bq}} - L \frac{\nu}{\varepsilon} \approx \varepsilon z L : \left(\frac{z^{(1-N)Nz}}{1} + 1 \right) \frac{z^{\nu z}}{z^{bq}} - L \frac{\nu}{\varepsilon} = \varepsilon z L$$

ЗАДАЧА 10. (МФТИ, 1974) В одной из моделей молекулярного иона водорода H_2^+ полагается, что электрон движется по круговой орбите, лежащей в плоскости, перпендикулярной линии, соединяющей протоны. Расстояние между протонами равно r , заряд электрона — e , его масса — m . Найти скорость, с которой движется электрон.

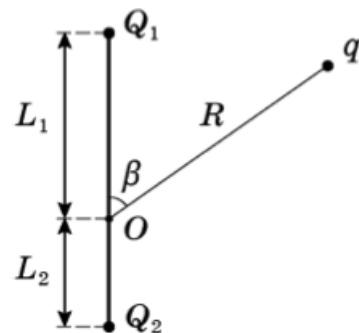
$$\left(1 - \frac{g \Gamma \Lambda}{\varepsilon} \right) \frac{m u}{z^{\nu q}} \Lambda = a$$

ЗАДАЧА 11. (Всеросс., 2008, ОЭ, 10) Частицы с массами M и m и зарядами q и $-q$ соответственно вращаются с угловой скоростью ω по окружностям вокруг оси, направленной по внешнему однородному электрическому полю с напряжённостью E (рис.). Найдите расстояние R между частицами и расстояние H между плоскостями их орбит.



$$\frac{m M z^{\nu \omega}}{(m+M) \omega^2} = H : \frac{m M z^{\nu \omega}}{(m+M) z^{bq}} \sqrt{\Lambda} = \mathcal{H}$$

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 2018, РЭ, 11) В точке O к стержню привязана непроводящая нить длиной R с зарядом q на конце. Известный эталонный заряд Q_2 и измеряемый заряд Q_1 установлены на расстояниях L_2 и L_1 от точки O . Все заряды одного знака и могут считаться точечными.



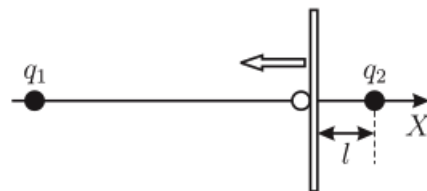
- Найдите величину заряда Q_1 , если в состоянии равновесия нить отклонена на угол β от отрезка, соединяющего заряды Q_2 и Q_1 .
- Какой величины заряды Q_1 можно измерить таким способом в случае, если $L_1 = 2L_2$, $R = 3L_2$?

$$z \varnothing \frac{g \Gamma}{125} \geq 1 \varnothing \geq z \varnothing \frac{8 z \Gamma}{1} : \left(\frac{g \cos z \Gamma R z + z \Gamma z + z \Gamma}{\beta} \right) \frac{1 \Gamma}{z} z \varnothing = 1 \varnothing$$

Задача 13. (МОШ, 2014, 11) Небольшой шарик, заряженный зарядом q , покоится на гладком горизонтальном непроводящем столе. К шарiku присоединена горизонтальная пружина жёсткостью k , второй конец которой закреплён. Вдоль оси пружины к шарiku с большого расстояния очень медленно приближают такой же, но противоположно заряженный шарик. Найдите деформацию пружины в момент столкновения шариков.

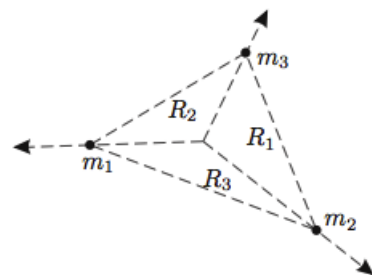
$$\frac{q^2 \epsilon_0 \epsilon \epsilon_0}{4\pi \epsilon_0 \epsilon b} \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} = x$$

Задача 14. (МОШ, 2008, 11) Положительный q_1 и отрицательный q_2 точечные заряды закреплены на оси X по разные стороны от гладкой непроводящей пластины, плоскость которой перпендикулярна оси X . Маленький положительно заряженный шарик также находится на оси X , упираясь в пластину, как показано на рисунке. Первоначально пластина расположена вблизи отрицательного заряда, шарик при этом находится в равновесии. Пластину начинают поступательно перемещать вдоль оси X , медленно увеличивая расстояние l между пластиной и отрицательным зарядом. Когда l достигает $1/3$ расстояния между зарядами, шарик «улетает» с оси X . Определите отношение q_1/q_2 . Влиянием вещества пластины на электрическое поле, а также силой тяжести пренебречь.



$$8 = \frac{\epsilon b}{15}$$

Задача 15. (Всеросс., 2012, финал, 10) Три частицы с одинаковыми зарядами в начальный момент удерживают в вершинах треугольника со сторонами R_1 , R_2 и R_3 (рис.). Частицы одновременно отпускают, и они разлетаются так, что отрезки, соединяющие любую пару частиц, остаются параллельными исходным. Каково отношение масс этих частиц $m_1 : m_2 : m_3$? Гравитационным притяжением пренебречь.



$$\frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3}{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3} = \epsilon_1 m_1 : \epsilon_2 m_2 : \epsilon_3 m_3$$