

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

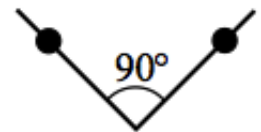
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2},$$

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 шарiku, 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 $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

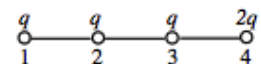
$$\frac{1}{\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = F$$

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?



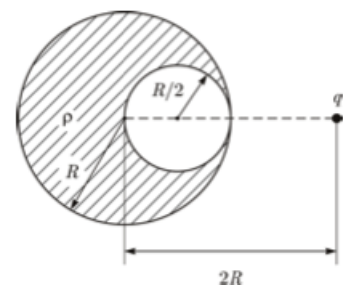
$$\frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q^2}{r^2} = mg$$

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. («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?

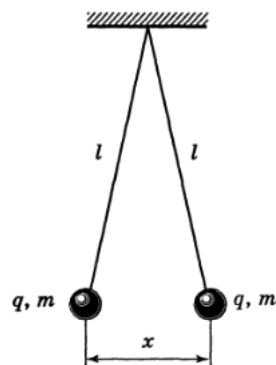


$$\frac{1}{\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2}$$

ЗАДАЧА 5. (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

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

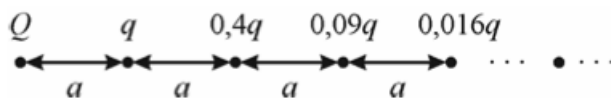
(где a — постоянная), а шарики сближаются. Величины q_0 , m , a , l заданы. Найдите скорость $v = \Delta x / \Delta t$ сближения шариков.



$$\frac{6m}{l^2 \epsilon^2 b^2 \gamma^2} \sqrt{\epsilon} v = a$$

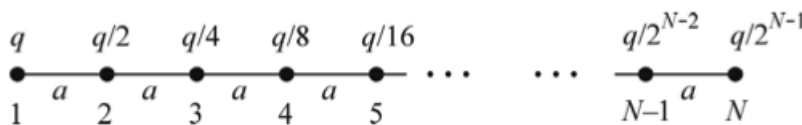
ЗАДАЧА 6. (МОШ, 2013, 10) В трёх вершинах равностороннего треугольника ABC разместили электрические заряды: в вершинах A и B — закреплённые электрические заряды $+q$ и $-q$ соответственно, в вершине C — незакреплённый электрический заряд $+q_1$. Укажите, в какой точке D плоскости ABC надо разместить ещё один электрический заряд $+q$, чтобы находящийся в точке C электрический заряд $+q_1$ находился в равновесии.

ЗАДАЧА 7. (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 .



$$\frac{z^2 v^6}{b^2 \gamma^4 01} = \mathcal{J}$$

ЗАДАЧА 8. («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 $N = 2015$?

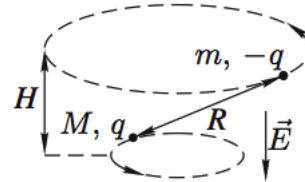


$$\epsilon 10z = N \text{ или } \frac{z^2 v^2}{\epsilon^2 b^2 \gamma^2} - L \frac{v}{\epsilon} \approx \epsilon z L : \left(\frac{z(1-N)Nz}{1} + 1 \right) \frac{z^2 v^2}{\epsilon^2 b^2 \gamma^2} - L \frac{v}{\epsilon} = \epsilon z L$$

ЗАДАЧА 9. (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.

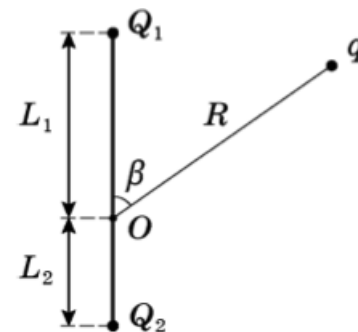
$$\left(1 - \frac{9L^2}{\epsilon^2} \right) \frac{mm}{\epsilon^2} \sqrt{\epsilon} = a$$

ЗАДАЧА 10. (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.



$$\frac{m\omega^2 r^2}{(m+M)g} = H; \frac{m\omega^2 r^2}{(m+M)g} \sqrt{\frac{1}{\epsilon}} = H$$

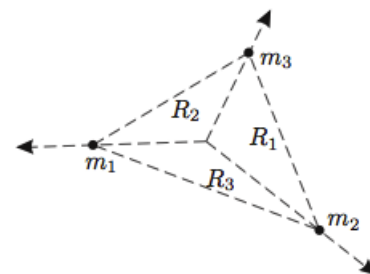
ЗАДАЧА 11. (Всеросс., 2018, РЭ, 11) В точке O к стержню привязана непроводящая нить длиной R с зарядом q на конце. Известный эталонный заряд Q_2 и измеряемый заряд Q_1 установлены на расстояниях L_2 и L_1 от точки O . Все заряды одного знака и могут считаться точечными.



- 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 $L_1 = 2L_2$, $R = 3L_2$?

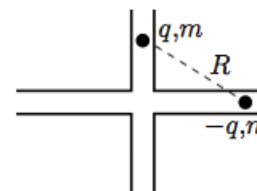
$$\tau \frac{Q_1}{L_1} \geq \tau \frac{Q_2}{L_2} : \left(\frac{g \cos \tau L_1 + \frac{q}{L_1} + \tau L_1}{g \cos \tau L_2 - \frac{q}{L_2} + \tau L_2} \right) \frac{L_2}{L_1} \tau = \tau$$

ЗАДАЧА 12. (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.



$$\frac{m_1}{R_1} : \frac{m_2}{R_2} : \frac{m_3}{R_3} = \epsilon u : \tau u : \tau u$$

ЗАДАЧА 13. (Всеросс., 2019, финал, 10) Небольшие частицы с одинаковыми массами m и зарядами q и $-q$ движутся без трения по пересекающимся под прямым углом узким прямым каналам, расположенным в горизонтальной плоскости (рис.). При этом оказалось, что в процессе дальнейшего движения расстояние R между частицами остаётся неизменным.



Найдите суммарную кинетическую энергию частиц.

$$\frac{q^2}{2kq^2} = J$$