

## 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

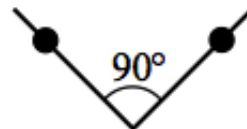
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2},$$

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

ЗАДАЧА 1. (*Всеросс., 2017, I этап, 11*) В точку  $A$  поместили первый точечный заряд, и он создал в точке  $B$  потенциал 2 В. Затем первый заряд убрали, и в точку  $B$  поместили второй точечный заряд. Он создал в точке  $A$  потенциал 9 В. Далее первый заряд вернули обратно в точку  $A$ . С какой силой взаимодействуют эти заряды?

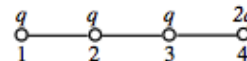
$$\boxed{H_{6-01} \cdot z = J}$$

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  $90^\circ$  (см. рисунок). Каково расстояние между бусинками в положении равновесия?



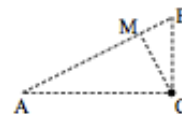
$$\boxed{\frac{\delta W}{\delta q} \wedge = p}$$

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.



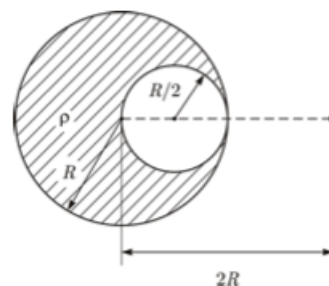
$$\boxed{J \frac{\delta S}{\delta L} = \tau L}$$

ЗАДАЧА 4. (*«Росатом», 2011, 11*) Точечный заряд, расположенный в точке  $C$ , создаёт в точках  $A$  и  $B$  поле с напряжённостью  $E_A$  и  $E_B$  соответственно (см. рисунок; угол  $ACB$  — прямой). Найти напряжённость электрического поля, создаваемого этим зарядом в точке  $M$ , являющейся основанием перпендикуляра, опущенного из точки  $C$  на прямую  $AB$ .



$$\boxed{E_M = E_A + E_B}$$

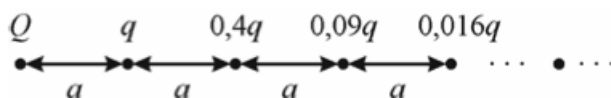
ЗАДАЧА 5. (*«Курчатов», 2014, 11*) Найдите силу, с которой равномерно заряженный шар со сферической полостью будет действовать на поднесённый к нему точечный заряд  $q$ . Радиус шара  $R$ , полости —  $R/2$  (см. рисунок). Объёмная плотность заряда шара  $\rho$ . Точечный заряд находится на расстоянии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



$$\boxed{\frac{0 \approx 801}{\text{Y}^{\text{bd}} L}}$$

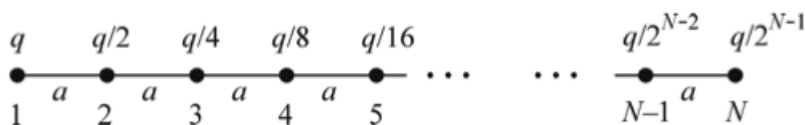
ЗАДАЧА 6. (МФО, 2013, 10) В трёх вершинах равностороннего треугольника  $ABC$  разместили электрические заряды: в вершинах  $A$  и  $B$  — закреплённые электрические заряды  $+q$  и  $-q$  соответственно, в вершине  $C$  — незакреплённый электрический заряд  $+q_1$ . Укажите, в какой точке  $D$  плоскости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

ЗАДАЧА 7. (МФО, 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  $a$ .



$$\frac{z^{v6}}{b\delta\eta\theta\Gamma} = d$$

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  $N = 2015$ ?



$$\Gamma\theta\zeta = N \text{ или } \frac{z^{v\zeta}}{z^{b\eta}} - L^{\frac{v}{\zeta}} \approx \varepsilon\zeta L : \left( \frac{z^{(1-N)N\zeta}}{1} + 1 \right) \frac{z^{v\zeta}}{z^{b\eta}} - L^{\frac{v}{\zeta}} = \varepsilon\zeta L$$

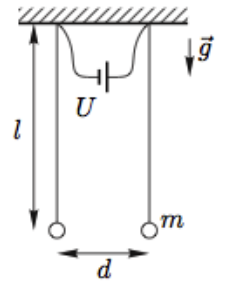
ЗАДАЧА 9. (МФТИ, 1974) В одной из моделей молекулярного иона водорода  $H_2^+$  полагается, что электрон движется по круговой орбите, лежащей в плоскости, перпендикулярной линии, соединяющей протоны. Расстояние между протонами равно  $r$ , заряд электрона —  $e$ , его масса —  $m$ . Найти скорость, с которой движется электрон.

$$\left( 1 - \frac{9L\Lambda}{\varepsilon} \right) \frac{m}{\varepsilon} \sqrt{\frac{\Lambda}{\varepsilon}} = a$$

ЗАДАЧА 10. (МФО, 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.

$$\frac{q^0 \varepsilon \pi}{z^2} \sqrt{\frac{z}{\varepsilon}} = x$$

Задача 11. (Всеросс., 2014, финал, 11) К горизонтальному непроводящему потолку на тонких металлических проволоках длиной  $l = 1$  м на расстоянии  $d = 10$  см друг от друга подвешены два одинаковых стальных шарика радиусом  $r = 5$  мм и массой  $m = 4$  г (см. рисунок). В начальный момент шарики не заряжены и покоятся. Ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.



- 1) Определите период  $T$  малых свободных колебаний шариков.
- 2) К точкам крепления проволок подключают источник напряжения  $U$  с большим внутренним сопротивлением  $R = 10^{15}$  Ом. При каком значении  $U = U_{\min}$  шарики столкнутся через некоторое время?
- 3) Найдите время  $\tau$ , через которое разность потенциалов между шариками достигнет значения  $U_{\min}$ , если  $U = U_0 = 1,0 \cdot 10^6$  В.

|   |
|---|
| $(1) T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2 \text{ с}; (2) U_{\min} = 2 \sqrt{\frac{2kmgd^2}{\epsilon_0}} = 64,6 \text{ кВ}; (3) \tau = \frac{U_{\min} r R}{U_0} = 18 \text{ с}$ |
|---|