

## 10.2. Взаимодействие системы точечных зарядов

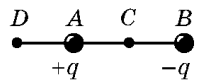


Рис. 10.2.1

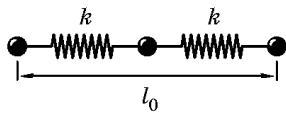


Рис. 10.2.2

Расстояние между крайними шариками равно  $l_0$ . Всем шарикам были сообщены одинаковые по модулю и по знаку заряды, при этом расстояние между крайними шариками стало равно  $l$ . Определите заряд каждого шарика.

**10.2.3.** На расстоянии  $r = 3$  м друг от друга расположены два точечных заряда  $q_1 = -3 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $q_2 = -12 \cdot 10^{-9}$  Кл. Когда в неко-

торой точке поместили положительный заряд  $q_0$ , то все три заряда оказались в равновесии. Определите заряд  $q_0$  и расстояние  $l$  между зарядами  $q_1$  и  $q_0$ .

**10.2.4.** Два одинаковых заряда  $q = 25$  нКл каждый расположены на расстоянии  $l = 24$  см друг от друга. В точке, удаленной на расстояние  $R_1 = 15$  см от каждого из зарядов, помещают третий заряд  $q_0 = 2$  нКл. Найдите силу, действующую на заряд  $q_0$ , если заряды: а) одноименные; б) разноименные.

**10.2.5.** Одноименные заряды  $q_1 = 20$  нКл,  $q_2 = 50$  нКл и  $q_3 = 40$  нКл расположены в вершинах треугольника (рис. 10.2.3) со сторонами  $a = 4$  см,  $b = 5$  см и  $c = 7$  см. Определите силу, действующую на заряд  $q_3$ .

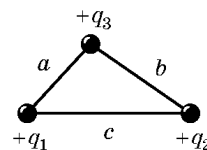


Рис. 10.2.3

**10.2.6.** Чему равна сила, действующая на заряд  $q_0 = 2$  мкКл со стороны зарядов  $q_1 = 0,8$  мкКл и  $q_2 = -1,8$  мкКл, взаимное расположение которых показано на рисунке 10.2.4? Расстояния  $a = 0,3$  м,  $b = 0,6$  м.

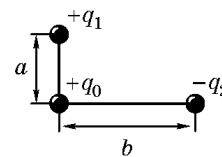


Рис. 10.2.4

**10.2.7.** По гладкому кольцу радиусом  $R$ , расположенному вертикально, могут скользить два одинаковых шарика массой  $m$  и зарядом  $q$  каждый. Какой заряд нужно сообщить неподвижно закрепленному третьему шарика, чтобы шарика расположились в вершинах равностороннего треугольника? Рассмотрите случаи, когда закрепленный шарик находится: а) на верхнем конце вертикального диаметра кольца; б) на нижнем его конце.

**10.2.1.** Заряды  $+q$  и  $-q$  расположены на некотором расстоянии друг от друга (рис. 10.2.1). Заряд  $\frac{q}{2}$  помещают сначала в точку  $C$ , затем в точку  $D$ . Сравните силы (по модулю), действующие на этот заряд, если  $DA = AC = CB$ .

• **10.2.2.** Три одинаковых шарика, расположенных на одной горизонтальной прямой, соединены двумя одинаковыми невесомыми и непроводящими пружинами жесткостью  $k$  каждая (рис. 10.2.2.)

**10.2.8.** В непроводящей сфере радиусом  $R = 20$  см находятся три шарика массой  $m = 0,1$  г каждый. Какой заряд нужно сообщить каждому шарика, чтобы в положении равновесия они расположились в углах равностороннего треугольника со стороной  $a = 5\sqrt{3}$  см?

**10.2.9.** Три одинаковых шарика массой  $m = 10$  г каждый соединены нитями одинаковой длины  $l = 10$  см и лежат на гладком горизонтальном столе. Два шарика имеют заряд  $q = 10^{-7}$  Кл каждый, а третий — такой же заряд, но отрицательный. К шарика с отрицательным зарядом приложили силу  $F$ , перпендикулярную нити, соединяющей положительные заряды (рис. 10.2.5). Под действием силы система стала двигаться ускоренно, при этом сила натяжения нитей, связывающих положительный и отрицательный заряды, минимальна. Найдите ускорение системы и приложенную силу.

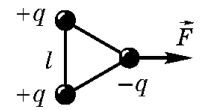


Рис. 10.2.5

**10.2.10.** В плоскости симметрии двух протонов, расположенных на расстоянии  $R$  друг от друга, по круговой орбите радиусом  $r$  движется электрон (рис. 10.2.6). Определите угловую скорость его вращения.

**10.2.11.** Два одинаковых заряда  $q$  с массой  $m$  каждый движутся по окружности постоянного радиуса  $R$  вокруг отрицательного заряда  $Q$  так, как показано на рисунке 10.2.7. Найдите угловые скорости вращения зарядов.

• **10.2.12.** Три одинаковых заряда  $q = 10^{-6}$  Кл каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника. Где и какой заряд  $Q$  нужно поместить, чтобы вся система находилась в равновесии?

**10.2.13.** Четыре одинаковых маленьких шарика массой  $m = 50$  г каждый подвешены в одной точке на одинаковых нитях длиной  $l = 50$  см каждая. Какой заряд надо сообщить каждому шарика, чтобы в положении равновесия они расположились в углах квадрата со стороной  $l$ ?

**10.2.14.** Каркас в форме квадрата со стороной  $a$  составлен из четырех одинаковых невесомых непроводящих пружин жесткостью  $k$  каждая. Пружины соединены между собой попарно небольшими шариками, как показано на рисунке 10.2.8. Когда шарикам были сообщены одинаковые заряды, площадь, ограниченная каркасом, увеличилась в 2 раза. Найдите заряд каждого шарика.

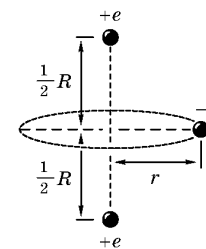


Рис. 10.2.6

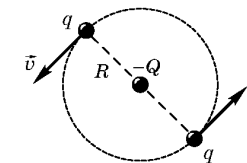


Рис. 10.2.7

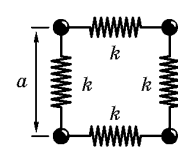


Рис. 10.2.8

**10.2.15.** В вершинах ромба расположены заряды  $q_1 = q_2 = q_3 = 2q$  и  $q_4 = -q$ . Определите силу, действующую на заряд  $q_5 = q$ , расположенный в точке пересечения диагоналей ромба. Сторона ромба равна  $a$ ; заряд  $q_4$  расположен в вершине с углом  $\alpha = 120^\circ$ .

**10.2.16.** Тонкому металлическому кольцу радиусом  $R = 2$  см сообщен заряд  $q = 10^{-8}$  Кл. В центре кольца расположен точечный заряд  $q_0 = 10^{-6}$  Кл. Определите силу упругости, возникающую в кольце из-за кулоновского взаимодействия.

**10.2.17.** Заряд металлического кольца равен  $q$ , при этом сила натяжения проволоки, из которой сделано кольцо, равна  $F_H$ . В центр кольца помещают заряд  $q_0$ , в результате сила натяжения проволоки увеличивается вдвое. Найдите радиус кольца.

**10.2.18.**  $N$  одинаковых отрицательно заряженных шариков равномерно нанизаны на тонкое непроводящее кольцо радиусом  $R$ . Найдите силу, действующую на электрон, находящийся на оси кольца на расстоянии  $x$  от его центра, и направление этой силы. Заряд каждого шарика  $q$ . Известно, что  $R \gg r$ , где  $r$  — радиус каждого шарика. Решите задачу для двух случаев: а)  $x \gg R$ ; б)  $x = R$ .

**10.2.19.** Заряд  $q = 5 \cdot 10^{-8}$  Кл равномерно распределен по тонкому кольцу радиусом  $R = 7$  см. На оси кольца на расстоянии  $x = 5$  см от его центра расположен точечный заряд  $q_0 = 10^{-8}$  Кл (рис. 10.2.9). Найдите силу взаимодействия кольца и точечного заряда.

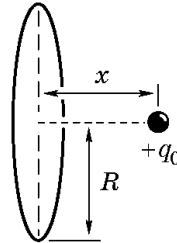


Рис. 10.2.9

**10.2.1.** В точке  $C$  в 2,25 раза больше.

**10.2.3.**  $q_0 = \frac{|q_2|l^2}{r^2} \approx 1,33 \cdot 10^{-9}$  Кл,

где  $l = \frac{r\sqrt{|q_1|}}{\sqrt{|q_1|} + \sqrt{|q_2|}} = 1$  м.

**10.2.4.** а) 24 мкН; б) 32 мкН.

**10.2.5.**  $F = kq_3 \sqrt{\left(\frac{q_1}{a}\right)^2 + \left(\frac{q_2}{b}\right)^2 + \frac{q_1 q_2 (a^2 + b^2 - c^2)}{(ab)^3}} \approx 7,7$  мН.

**10.2.6.**  $F = kq_3 \sqrt{\left(\frac{q_1}{a^2}\right)^2 + \left(\frac{q_2}{b^2}\right)^2} = 0,184$  Н.

**10.2.7.** а)  $q_1 = q - \frac{3\sqrt{3}mgR^2}{kq}$ ;

б)  $q_1 = q + \frac{3\sqrt{3}mgR^2}{kq}$ .

**10.2.8.**  $q = l\sqrt{\pi\epsilon_0 mg} = 3,3 \cdot 10^{-8}$  Кл.

Ответы:

**10.2.9.**  $a = \frac{kq^2 \cos 30^\circ}{l^2} = 0,78$  м/с<sup>2</sup>;  
 $F = \frac{3kq^2 \cos 30^\circ}{l^2} = 233$  мН.

**10.2.10.**  $\omega = \frac{2\sqrt{ke}}{\sqrt{m_e(4r^2 + R^2)^{3/4}}}$ .

**10.2.11.**  $\omega = \sqrt{\frac{kg}{m_e R^3} \left(|Q| - \frac{9}{4}\right)}$ .

**10.2.13.**  $q = l \sqrt{\frac{mg}{k(0,5 + \sqrt{2})}} = 2,7 \times 10^{-6}$  Кл.

**10.2.14.**  $q \approx 1,56 \sqrt{\pi k \epsilon_0 a^3}$ .

**10.2.15.**  $F = \frac{16kq^2}{a^2}$ .

**10.2.16.**  $F = \frac{kqq_0}{2\pi R^2} = 35,8$  мН.

**10.2.17.**  $R = \sqrt{\frac{kqq_0}{\pi F_H}}$ .

**10.2.18.**  $F = \frac{kNeqx}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$ ; а)  $F = \frac{kNeq}{x^2}$ ; б)  $F = \frac{kNeq}{2\sqrt{2}R^2}$ .

**10.2.19.**  $F = \frac{kqq_0x}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \approx 0,35$  мН.