§ 3. Поле заряда, равномерно распределенного по сферической поверхности

Самый простой способ создать равномерное распределение заряда по сферической поверхности – это зарядить проводящий шарик и уединить его. Заряд, в силу равноправности всех направлений из центра шарика, распределится по поверхности равномерно.

Сравним поле искомого заряда Q на сфере радиуса R и поле точечного заряда, равного заряду сферы. На рис. 3.1 показаны картины силовых линий полей этих зарядов для случая $Q > 0$.

Число силовых линий, выходящих из зарядов сферы и точечного заряда, одинаково, т.к. заряды равны (свойство 3 предыдущего параграфа). Это означает, что картины силовых линий обоих полей (а значит и напряженности) совпадают на расстояниях $r > R$, считая от центра сферы или от точечного заряда. Внутри сферы силовых линий нет, нет и поля. В противном случае силовые линии, начавшись на сфере, могли бы идти в силу симметрии только к центру сферы. Но в центре нет заряда, на котором они могли бы закончиться. Итак, *вне сферы напряженность поля заряда* Q, *равномерно распределенного по сферической поверхности* (*сфере*) *радиуса* R, *совпадает с напряженностью поля точечного заряда, равного заряду сферы и помещенного в центре сферы, а внутри сферы поля нет*:

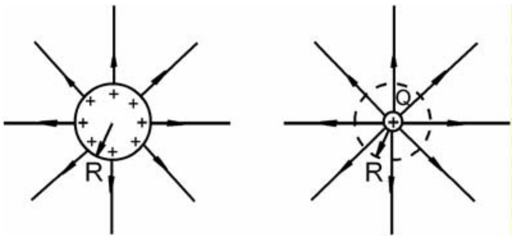

Рис. 3.1

$$E = k\frac{|Q|}{r^2} \text{ при } r > R, \quad E = 0 \text{ при } r < R.$$

Здесь r – расстояние от центра сферы. Для записи выражения напряженности вне сферы можно применить и формулу (2.3).

Говорить о напряженности поля при $r = R$ нет смысла, т. к.
в рамках теории, когда не рассматриваются размеры конкретных носителей заряда на атомном уровне, напряженность при $r = R$ не определена.

Задача 3.1. В центре сферы радиусом R находится точечный заряд $Q > 0.$ По сфере распределен равномерно заряд $-4Q < 0.$ Найти напряженности E_1 и E_2 на расстояниях $R/2$ и $2R$ от центра сферы.

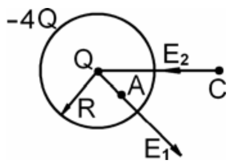

Рис. 3.2

Решение. В любой точке напряженность равна векторной сумме напряженностей полей, созданных зарядами Q и $-4Q$: $\vec{E} = \vec{E}_Q + \vec{E}_{-4Q}$.

Это векторное равенство можно записать в проекциях на ось x, проведенную из центра сферы через исследуемую точку: $E_x = E_{xQ} + E_{x-4Q}$.

Для точек A и C (рис. 3.2) на расстояниях $R/2$ и $2R$ от центра сферы проекция напряженности на ось x (свою для каждой точки): $E_{2x} = k\dfrac{Q}{(2R)^2} + k\dfrac{-4Q}{(2R)^2} = -\dfrac{3}{4}k\dfrac{Q}{R^2}$. $E_1 = |E_{1x}| = 4k\dfrac{Q}{R^2}$, напряженность направлена от центра сферы. $E_2 = |E_{2x}| = \dfrac{3}{4}k\dfrac{Q}{R^2}$, напряженность направлена к центру сферы.