ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

Принцип суперпозиции и напряженности электрического поля

Д.АЛЕКСАНДРОВ

НАПРЯЖЕННОСТЬ поля, создаваемого неподвижным точечным зарядом можно найти из закона Кулона. Получается

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^3}\vec{r}, E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

Для неточечного заряженного тела задача нахождения напряженности поля сложнее. Один из методов ее решения состоит в разбиении на точечные заряды и применении принципа суперпозиции, согласно которому поле нескольких зарядов равно векторной сумме полей каждого из них. В принципе, этот метод универсален. Он позволяет найти поле в любой ситуации, если известно расположение создающх его зарядов. Единственная проблема - вычислить получающуюся сумму. Разберем несколько практически важных примеров, когда это удается сделать сравнительно просто.

Начнем с совсем простого примера - найдем поле равномерно заряженного кольца на его оси (рис.1).

Разобьём кольцо на маленькие кусочки и найдем поля i-го кусочка в интересующей нас точке:

$$E_i = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 l^2}.$$

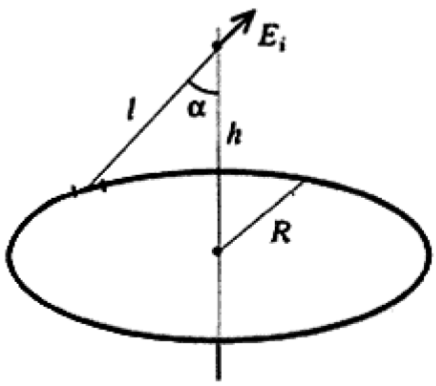

Рис. 1

Поле всего кольца равно

$$\vec{E} = \sum \vec{E}_i.$$

Модуль вектора $\vec{E}$, конечно, не равен сумме модулей отдельных слагаемых, поэтому сначала учтем симметрию задачи и избавимся от векторногоси суммы. Понятно, что перпендикулярные поля при суммировании сократятся, а параллельные просто сложатся и для модуля результирующего поля можно записать

$$E = \sum E_{i\|} = \sum \frac{q_i \cos\alpha}{4\pi\epsilon_0 l^2}.$$

В любой сумме одинаковые для всех слагаемых множителя можно выносить за скобки. В нашем случае l и a одинаковы для всех кусочков. Заряды q_i зависят от того, как мы разрезали кольцо, и в принципе могут быть произвольными (но достаточно малыми). Индекс «i», таким образом, не только нумерует кусочки, но и подсказывает нам, что эту величину нельзя вынести за знак суммы. В результате суммирования получим

$$E = \frac{\cos\alpha}{4\pi\epsilon_0 l^2}\sum q_i =$$

$$= \frac{Q\cos\alpha}{4\pi\epsilon_0 l^2} = \frac{Qh}{4\pi\epsilon_0 (h^2+R^2)^{3/2}}$$