или

$$\vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}+\vec{P}. \quad (13.8)$$

Учитывая, что $\vec{P}=\alpha\varepsilon_0\vec{E}$, можно (13.8) переписать:

$$\vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}+\alpha\varepsilon_0\vec{E}=\varepsilon_0(1+\alpha)\vec{E}.$$

Сопоставление этого выражения с формулой $\vec{D}=\varepsilon\varepsilon_0\vec{E}$ позволяет получить связь между относительной проницаемостью диэлектрика и его восприимчивостью:

$$\varepsilon=1+\alpha. \quad (13.9)$$

§ 14. ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В макроскопической электродинамике рассматриваются две идеализированные модели: проводники и диэлектрики.

Проводники характеризуются наличием в них «свободных» зарядов, которые под действием электрического поля неограниченно перемещаются внутри этих тел. В твердых и жидких металлах свободными зарядами являются электроны проводимости. В феноменологической теории процессы, наблюдающиеся в проводнике под действием поля, могут быть объяснены одинаково удовлетворительно при допущении подвижности зарядов как обоих знаков, так и одного знака.

Под действием поля в проводнике происходит перераспределение зарядов («наведение» зарядов, электрическая индукция), которое поясняет рисунок 30. Поле перемещенных зарядов, изображенное штриховыми линиями, накладывается на первичное поле. Внутри проводника первичное поле компенсируется до нуля, так как перемещение зарядов продолжается до тех пор, пока результирующее поле не станет равным нулю. Отсюда вытекает, что электростатическое (макроскопическое) поле внутри проводников существовать не может (это не относится к иным электрическим полям, как будет показано ниже).

При индукции в результате перераспределения зарядов происходит искажение поля также и вне проводника. Силовые линии результирующего электростатического поля располагаются по нормали к поверхности проводника: если бы вектор напряженности был ориентирован наклонно к поверхности проводника, то под действием тангенциальной составляющей этого вектора про-

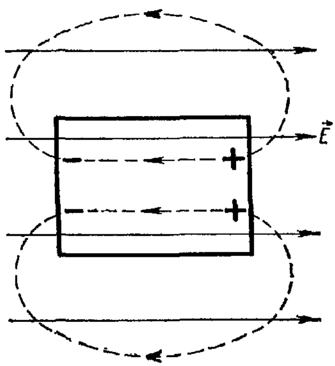

Рис. 30

исходило бы перемещение зарядов. Равновесие зарядов, рассматриваемое в электростатике, возможно только в том случае, если у поверхности проводника напряженность поля $E=E_n$, т. е. равняется своей нормальной составляющей. Вычисленная в упражнениях 5 и 6 напряженность поля в точках, непосредственно прилегающих к поверхности проводников, представляет собой

$$E=E_n=\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}.$$

Равновесие зарядов, локализованных на поверхности проводника, возможно лишь при условии, что результирующее поле имеет во всех точках этой поверхности одинаковый потенциал; иначе говоря, поверхность проводника в электростатическом поле представляет собой эквипотенциальную поверхность $\varphi=\text{const}$. Поскольку в проводнике $E=0$, то для произвольных двух его точек $\varphi_1-\varphi_2=\int \vec{E}\,d\vec{l}=0$, т. е. все точки проводника (как на поверхности, так и внутри проводника) имеют одинаковый потенциал, который и называется потенциалом проводника.

Перераспределение зарядов при индукции следует рассматривать как кратковременный ток. Индуцированные заряды, так же как и заряды, сообщенные проводнику извне, могут быть отведены к земле (они «свободны»).

§ 15. ЭНЕРГИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ

Введение понятия потенциала существенно облегчает исследование энергетической стороны взаимодействий зарядов между собой и с полем.

Пусть q_1 и q_2 — два точечных одноименных заряда, расположенных на расстоянии r друг от друга в неограниченной однородной диэлектрической среде (рис. 31). Через φ_{12} и φ_{21} обозначаем потенциалы поля в точках M_1 и M_2, в которых расположены эти заряды; при этом надо учесть, что φ_{12} — потенциал поля, обусловленного зарядом q_2 в точке M_1, где находится заряд q_1; соответственно φ_{21} — потенциал в точке M_2, обусловленный зарядом q_1.

При перемещении заряда q_2 из бесконечности в точку M_2 внешние силы совершают работу

$$-A_\infty=q_2\varphi_{21}=\frac{q_2q_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}=W$$

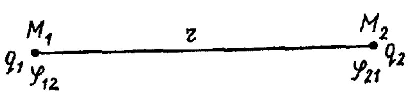

Рис. 31

(заряд q_1 при этом фиксирован). Эта работа определяет потенциальную энергию заряда q_2 в точке M_2. Величину $+A_\infty$ можно рассматривать как работу