

ми на изолирующих стержнях. Эти пластины приводят в соприкосновение и вносят в исследуемое электростатическое поле (рис. 4.9, а), где их располагают перпендикулярно силовым линиям. Затем пластины немного раздвигают (рис. 4.9, б) и убирают из поля. На каждой из пластин окажутся наведенные заряды ($+q$ и $-q$). Определив поверх-

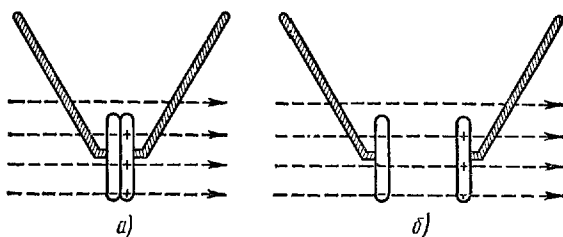


Рис. 4.9

ностную плотность заряда $\sigma = q/S$, где q — заряд пластины, измеренный при помощи электрометра, а S — площадь пластины, находят численное значение электрического смещения D , равное σ [см. формулу (4.2)].

Этот результат, строго говоря, верен только в случае однородного поля. В неоднородном поле поверхностная плотность неодинакова в разных точках пластин. Поэтому указанным выше способом можно определить только среднюю поверхностную плотность зарядов и среднее значение нормальной составляющей вектора электрического смещения.

Вопросы для повторения

1. Каковы напряженность и потенциал поля, а также распределение зарядов внутри и на поверхности заряженного проводника?
2. В чем состоит электростатическая защита?
3. Опишите методы измерения поверхностной плотности зарядов и потенциала заряженного проводника, а также потенциала, напряженности и электрического смещения поля вне заряженного проводника.

Примеры решения задач

Задача 4.1. Какова сила взаимодействия между точечным электрическим зарядом 50 нКл и бесконечной проводящей плоскостью P , отстоящей от заряда на расстоянии 20 см?

Дано:

$$q = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$l = 0,2 \text{ м}$$

$$\epsilon = 1 \text{ (воздух)}$$

F — ?

Решение. Точечный заряд q взаимодействует с наведенным им на проводящей плоскости зарядом противоположного знака. На рис. 4.10 сплошными линиями показаны силовые линии поля в пространстве между зарядом q и плоскостью P . Они нормальны к проводящей плоскости P , являющейся эквипотенциальной поверхностью $\phi = 0$ (относительно бесконечности). Решение задачи упрощается, если воспользоваться методом зеркальных изображений. Этот метод основан на том, что замена любой эквипотенциальной поверхности элек-

тот метод основан на том, что замена любой эквипотенциальной поверхности элек-

тростатического поля бесконечно тонкой проводящей поверхностью, имеющей тот же потенциал, не вызывает никакого изменения поля. Легко видеть, что плоскость P представляет эквипотенциальную поверхность $\varphi = 0$ для поля, создаваемого двумя зарядами — положительным зарядом $+q$ и численно равным ему отрицательным зарядом $-q$, расположенным симметрично $+q$ относительно плоскости P , т. е. являющимся «зеркальным изображением» заряда $+q$ в плоскости P (рис. 4.10).

В этом случае напряженность результирующего поля зарядов $+q$ и $-q$ во всех точках плоскости P направлена перпендикулярно ей. Такое поле не вызывает перемещения свободных зарядов вдоль проводящей плоскости, т. е. появляющиеся на ней «наведенные заряды» противоположных знаков полностью компенсируют друг друга. Поэтому можно считать, что электрическое поле справа от плоскости определяется только зарядами $+q$ и $-q$. Иными словами, сила F притяжения заряда $-q$ к проводящей плоскости P равна силе, которая действует на этот заряд со стороны заряда $-q$, являющегося его «зеркальным изображением». Она численно равна

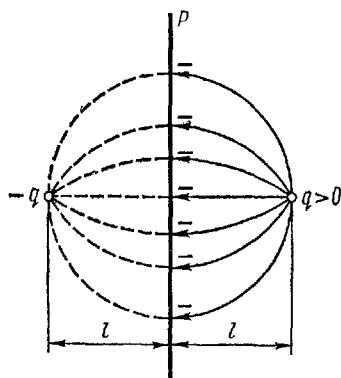


Рис. 4.10

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon (2l)^2} = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0\epsilon l^2}.$$

Произведем вычисления в СИ:

$$F = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0\epsilon l^2} = \frac{25 \cdot 10^{-16}}{16 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,04} \text{ Н} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ Н} = 0,14 \text{ мН}.$$

Задача 4.2. Определить поверхностную плотность электрического заряда Земли и силу, действующую на 1 м^2 земной поверхности в том месте, где напряженность электростатического поля Земли численно равна 200 В/м .

Д а н о:

$$E = 200 \text{ В/м}$$

$$S = 1 \text{ м}^2$$

$$\epsilon = 1 \text{ (воздух)}$$

$$\sigma = ? \quad F = ?$$

Р е ш е н и е. Напряженность электростатического поля вблизи поверхности заряженного тела выражается формулой (4.2), где $\epsilon = 1$:
 $E = \sigma/\epsilon_0$, откуда

$$\sigma = \epsilon_0 E.$$

Сила F , действующая на участок S земной поверхности, по формуле (4.3) равна

$$F = \epsilon_0 E^2 S / 2.$$

Произведем вычисления в СИ:

$$\sigma = \epsilon_0 E = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 200 \text{ Кл/м}^2 = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2 = 1,77 \text{ нКл/м}^2;$$

$$F = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} S = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^4}{2} \text{ Н} = 1,77 \cdot 10^{-7} \text{ Н} = 0,177 \text{ мкН}.$$