

## Глава II

### НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

#### § 2.1. Электрическое поле. Напряженность поля

1. Кулоновское взаимодействие между неподвижными электрически заряженными частицами или телами осуществляется посредством создаваемого ими **электростатического поля**. Оно представляет собой стационарное, т. е. не изменяющееся с течением времени, **электрическое поле неподвижных электрических зарядов**. Это поле является частным случаем **электромагнитного поля**, посредством которого осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами, движущимися в общем случае произвольным образом относительно системы отсчета.

Характерное свойство электрического поля, отличающее его от других физических полей, состоит в том, что оно действует как на движущиеся, так и на неподвижные заряды (заряженные частицы и тела). Поэтому существование электрического поля можно обнаружить по его действию на неподвижные заряды.

В развитии физики большую роль сыграла борьба двух концепций — дальнего действия и ближнего действия. В теории дальнего действия предполагалось, что все электрические явления сводятся к мгновенному взаимодействию зарядов независимо от расстояния между ними. С точки зрения теории ближнего действия все электрические явления сводятся к изменениям полей зарядов, причем предполагается, что эти изменения распространяются в пространстве с конечной скоростью. При изучении электростатических полей обе концепции приводят к одинаковым результатам: построенные на них теории одинаково хорошо согласуются с опытными данными. Однако изучение явлений, обусловленных движением зарядов, показало несостоятельность теории дальнего действия, которая теперь представляет лишь исторический интерес.

2. Количественной характеристикой силового действия электрического поля на заряженные частицы и тела служит векторная величина  $E$ , называемая **напряженностью электрического поля**. Она равна отношению силы  $F_0$ , действующей со стороны поля на точечный «пробный» электрический заряд, помещенный в рассматриваемую точку поля, к величине  $q_0$  этого заряда:

$$E = F_0/q_0. \quad (2.1)$$

Понятие «пробный заряд» означает, что заряд  $q_0$  не только сам не участвует в создании электрического поля, напряженность которого с его помощью определяется, но и столь мал, что своим присутствием не вызывает перераспределения в пространстве (например, в проводнике) зарядов, создающих исследуемое поле, т.е. тем самым не искажает этого поля.

Сила  $F$ , действующая со стороны электрического поля на произ-

вольный по величине («непробный») точечный заряд  $q$ , помещенный в это поле, выражается формулой, аналогичной (2.1):

$$F = qE \quad (2.1')$$

Однако здесь в отличие от (2.1)  $E$  — напряженность в точке нахождения заряда  $q$  для поля, и с к а ж е н н о г о этим зарядом, т.е. в общем случае отличного от поля, которое было до внесения в него заряда  $q$ .

3 За единицу напряженности принимается напряженность в такой точке электрического поля, в которой на пробный заряд, равный единице заряда, действует сила, равная единице силы. Единица напряженности электрического поля в Международной системе единиц (СИ)

$$1 \text{ СИ}_E = 1 \text{ Н/Кл},$$

а в системе СГСЭ

$$1 \text{ СГСЭ}_E = 1 \text{ дин/СГСЭ}_q.$$

Так как  $1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н}$ ,  $1 \text{ СГСЭ}_q = 1/(3 \cdot 10^9) \text{ Кл}$ , то  $1 \text{ СГСЭ}_E = 3 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл}$ .

4 Найдем выражение для напряженности поля точечного электрического заряда  $q$ . Полагая в законе Кулона (1.8)  $q_1 = q$ ,  $q_2 = q_0$  и учитывая, что сила  $F_0$ , действующая на пробный заряд  $q_0$ , равна

$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0q}{\epsilon r^3} r,$$

где  $r$  — радиус-вектор, соединяющий заряды  $q$  и  $q_0$ , по формуле (2.1) получим

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r^3} r, \quad (2.2)$$

Из формулы (2.2) следует, что векторы напряженности электростатического поля точечного заряда  $q$  во всех точках поля направлены радиально от заряда, если он положителен ( $q > 0$ ), и к заряду, если он отрицателен ( $q < 0$ ).

Проекция  $E_r$  вектора напряженности  $E$  этого поля на направление радиуса-вектора пропорциональна величине заряда  $q$  и обратно пропорциональна произведению относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  среды на квадрат расстояния  $r$  от рассматриваемой точки поля до заряда:

$$E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r^2} \quad (2.2')$$

## § 2.2. Принцип суперпозиции электрических полей

1. Основная задача электростатики заключается в следующем: по заданному распределению в пространстве и величине источников поля — электрических зарядов — найти абсолютное значение и направление вектора напряженности  $E$  в каждой точке поля.