

38. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Электрическое поле. Взаимодействие зарядов по закону Кулона является экспериментально установленным фактом. Однако математическое выражение закона взаимодействия зарядов не раскрывает физической картины самого процесса взаимодействия, не отвечает на вопрос, каким путем осуществляется действие заряда q_1 на заряд q_2 .

Возможный ответ на этот вопрос дала теория дальнего действия, которая утверждала, что электрические заряды обладают способностью мгновенно действовать друг на друга на расстоянии.

Теория ближнего действия, созданная на основе работ английского физика Майкла Фарадея (1791—1867), объясняет взаимодействие электрических зарядов тем, что вокруг каждого электрического заряда существует электрическое поле. Электрическое поле заряда — материальный объект, оно непрерывно в пространстве и способно действовать на другие электрические заряды.

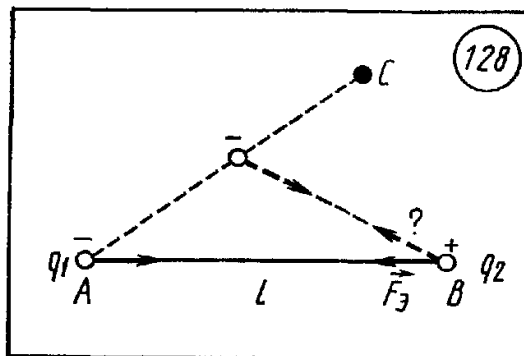
Согласно представлениям теории ближнего действия, взаимодействие электрических зарядов q_1 и q_2 есть результат действия

поля заряда q_1 на заряд q_2 и поля заряда q_2 на заряд q_1 .

Количественное выражение электростатического взаимодействия в теории дальнего действия и в теории ближнего действия имеет один и тот же вид (закон Кулона). Поэтому на основе изучения законов электростатики нельзя сделать обоснованный выбор между этими двумя теориями.

Тот факт, что электрическое поле объективно существует, что оно материально, доказывается опытами с ускоренно движущимися электрическими зарядами.

Пока электрические заряды q_1 и q_2 неподвижны и находятся в точках A и B , на заряд q_2 со стороны заряда q_1 действует сила \vec{F}_0 , направленная вдоль прямой AB (рис. 128). Если в некоторый момент времени t заряд q_1 начнет двигаться из



точки A к точке C , модуль и направление силы \vec{F}_3 , действующей на заряд q_2 , должны измениться. Согласно представлениям теории дальнего действия, эти изменения должны происходить мгновенно, т. е. в любой момент времени сила \vec{F}_3 должна быть направлена вдоль прямой, соединяющей заряды, и модуль силы \vec{F}_3 должен определяться по закону Кулона.

Однако в действительности наблюдается другая картина. Если в некоторый момент времени t заряд q_1 выходит из состояния покоя и движется ускоренно, то изменение силы \vec{F}_3 , действующей со стороны заряда q_1 на заряд q_2 , наблюдается лишь через интервал времени Δt , определяемый выражением

$$\Delta t = \frac{l}{c},$$

где l — расстояние между зарядами, c — скорость света, равная 300 000 км/с. Запаздывание изменений взаимодействия электрических зарядов при их ускоренном движении доказывает справедливость теории ближнего действия, т. е. существование электрического поля как материального объекта, способного действовать на электрические заряды. Скорость света c есть скорость распространения изменений, возникающих в электрическом поле при ускоренном движении электрических зарядов.

Запаздывание изменений в электрическом поле на расстояниях в несколько метров обнаружить довольно трудно из-за большой скорости их распространения. А в космонавтике эти

запаздывания не только легко обнаружимы, но и создают определенные трудности в управлении космическими аппаратами.

Например, команды, отправленные антеннами радиопередатчиков с пункта космической связи, достигали приемных антенн лунохода лишь через 1,3 с после их отправления, так как расстояние от Земли до Луны составляет примерно 400 тыс. км. При осуществлении посадки на поверхность планеты Венера автоматические космические станции «Венера» получали команды с Земли спустя 3,5 мин после их отправления, так как расстояние между Землей и Венерой при этом превышало 60 млн. км.

Напряженность электрического поля. Физическая величина, равная отношению силы, с которой электрическое поле действует на точечный электрический заряд, к значению этого заряда, называется *напряженностью электрического поля*. Обозначив напряженность буквой \vec{E} , запишем

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_3}{q_1}, \quad (38.1)$$

где q_1 — заряд, на который действует сила \vec{F}_3 .

Используя закон Кулона и определение понятия напряженности поля, получим выражение для модуля напряженности \vec{E} электрического поля в некоторой точке A на расстоянии r от точечного заряда q . Если в точку A поместить точечный заряд q_1 , то на него будет действовать сила, по закону Кулона равная

$$\vec{F}_3 = k \frac{|q| |q_1|}{r^2}.$$

Для нахождения модуля напряженности электрического поля в точке A разделим модуль силы \vec{F}_0 на модуль заряда q_1 :

$$E = \frac{F_0}{|q_1|} = k \frac{|q| |q_1|}{|q_1| r^2} = k \frac{|q|}{r^2},$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2}. \quad (38.2)$$

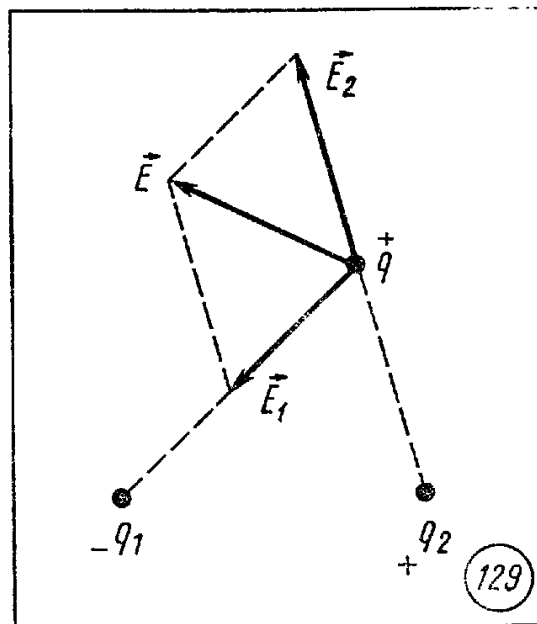
Напряженность электрического поля точечного заряда прямо пропорциональна заряду q и обратно пропорциональна квадрату расстояния r от заряда до данной точки поля. Она не зависит от заряда q_1 , помещенного в данную точку поля, следовательно, является однозначной силовой характеристикой поля в данной точке.

Напряженность электрического поля — векторная величина. За направление вектора \vec{E} напряженности электрического поля принимается направление вектора кулоновской силы \vec{F}_0 , действующей на точечный положительный электрический заряд, помещенный в данную точку поля.

Зная напряженность электрического поля \vec{E} в данной точке поля, можно определить модуль и направление силы \vec{F}_0 , с которой электрическое поле будет действовать на любой электрический заряд q в этой точке:

$$\vec{F}_0 = q\vec{E}. \quad (38.3)$$

Опыт показывает, что если на электрический заряд q действуют одновременно электрические поля нескольких зарядов, то результирующая сила оказывается равной

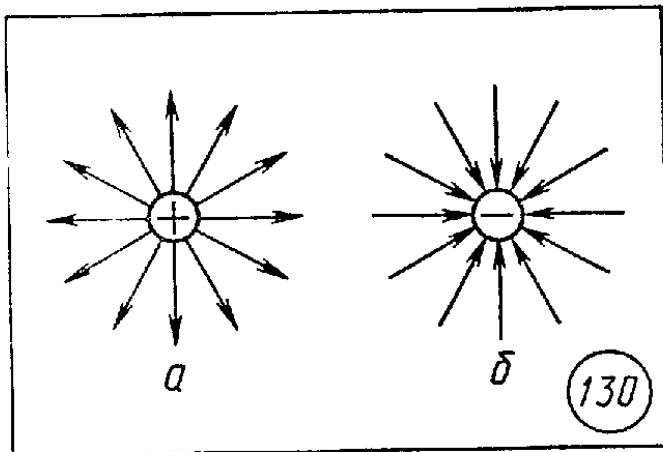


геометрической сумме сил, действующих со стороны каждого поля в отдельности. Это свойство электрических полей означает, что поля подчиняются *принципу суперпозиции*: если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля с напряженностями \vec{E}_1 , \vec{E}_2 и т. д., то вектор напряженности электрического поля равен сумме векторов напряженностей всех электрических полей (рис. 129):

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots \quad (38.4)$$

Линии напряженности электрического поля. *Линией напряженности электрического поля* называется линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с вектором напряженности \vec{E} .

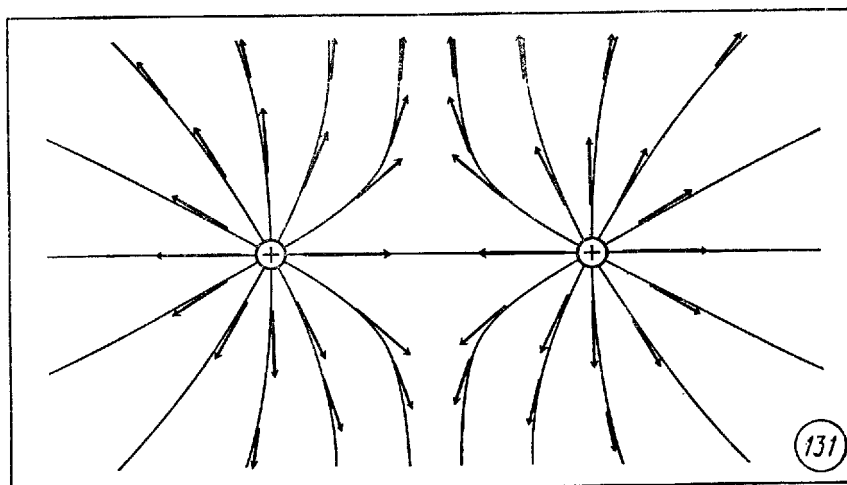
Линии напряженности электростатического поля начинаются на положительных электрических зарядах и кончаются на отрицательных электрических зарядах или уходят в бесконечность.

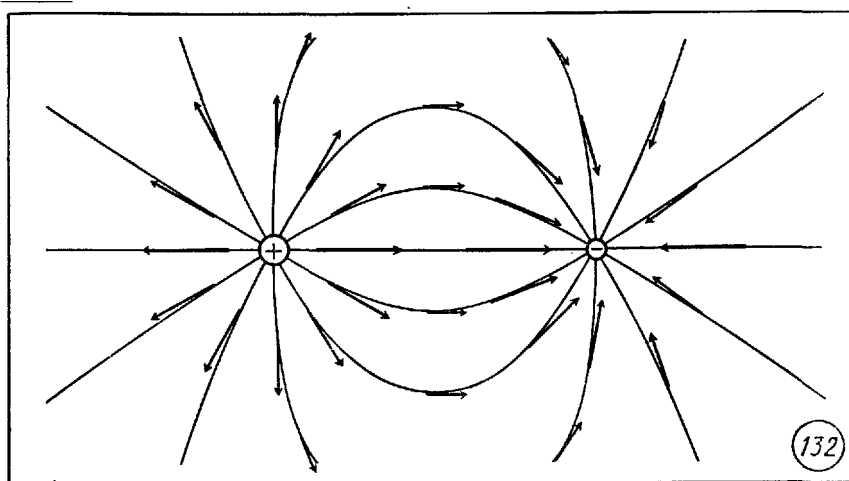


Распределение линий напряженности вокруг точечного заряда показано на рисунке 130, а, б.

Определяя направление вектора \vec{E} в различных точках пространства, можно представить картину распределения линий напряженности электрического поля. Для двух одноименных зарядов эта картина имеет вид, показанный на рисунке 131, для разноименных — на рисунке 132.

Однородное электрическое поле. Электрическое поле, в котором напряженность одинакова по модулю и направлению в любой точке пространства, называется *однородным* электрическим полем.





Приблизительно однородным является электрическое поле между двумя разноименно заряженными плоскими металлическими пластинами. Линии напряженности в однородном электрическом поле параллельны друг другу (рис. 133).

