поля означает равенство нулю каждого из интегралов (7.5) для любого контура, проведенного в поле, что возможно лишь при условии:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0. \qquad (7.6)$$

Равенство (7.6) также является необходимым и достаточным условием потенциальности поля.

§ 8. ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

Работа электростатического поля может быть также определена через изменение энергетической величины, характеризующей поле в каждой его точке,— скалярного электрического потенциала.

Пусть в поле положительного заряда Q помещен пробный (по условию тоже положительный) заряд q. Если у пробного заряда нет каких-либо механических связей, т. е. если он свободен, то под действием электростатических сил отталкивания он будет удаляться от заряда Q в сторону уменьшающихся значений напряженности до тех пор, пока поле не станет равным нулю; принято говорить, что заряд выталкивается в бесконечность. Поле при этом совершает работу A_∞, которая идет на увеличение кинетической энергии пробного заряда. Во всех практически важных случаях указанная работа имеет конечное значение и пропорциональна величине пробного заряда.

По определению, потенциалом φ поля в точке, из которой началось перемещение пробного заряда, называется отношение

$$\varphi = \frac{A_\infty}{q}. \qquad (8.1)$$

Если заряд Q отрицателен, то, очевидно, работа сил поля при удалении пробного заряда, а следовательно, и потенциал имеют отрицательные знаки.

Таким образом, потенциал поля в данной точке численно равен работе, совершаемой полем при выталкивании единичного положительного заряда из этой точки в бесконечность. Равноценно и другое определение: потенциал поля в данной точке численно равен работе внешних сил против поля при перемещении единичного положительного заряда из бесконечности в эту точку. Очевидно, что работа внешних сил при перемещении заряда из бесконечности в данную точку поля переходит в его потенциальную энергию, т. е. $-A_\infty = W$. Следовательно,

$$\varphi = \frac{W}{q}. \qquad (8.2)$$

Отсюда вытекает, что потенциал поля в данной точке численно равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в эту точку.

Если в точке с потенциалом φ находится заряд q, то он обладает потенциальной энергией $W=q\varphi$. Пусть потенциальная энергия заряда в данной точке поля равна $W_1=q\varphi_1$, в другой $W_2=q\varphi_2$, тогда при перемещении заряда из первой точки во вторую поле совершает работу A, равную произведению заряда на разность потенциалов начальной и конечной точек пути:

$$A=W_1-W_2=q(\varphi_1-\varphi_2). \qquad (8.3)$$

Поскольку конечный результат предпочтительно выражать в виде разности значений функции в конечной и начальной точках, выражению (8.3) обычно придают вид

$$A=-(W_2-W_1)=-q(\varphi_2-\varphi_1).$$

Выбор начального уровня потенциальной энергии (в нашем изложении — бесконечности), конечно, произволен, поэтому потенциал всегда определяется с точностью до аддитивной постоянной. В практических приложениях всегда имеют дело с разностью потенциалов двух точек поля (напряжением), которая определяется однозначно. Из определения потенциала вытекает, что положительные заряды под действием поля перемещаются в сторону убывания потенциала, отрицательные — в сторону возрастания потенциала.

Единицей потенциала в СИ служит вольт (обозначается В);

$$1\ \text{В}=\frac{1}{300}\ \text{ед. потенциала СГС.}$$

Отметим важное свойство потенциала, связанное с его энергетическим смыслом: потенциал повсюду, в том числе и на границе двух сред, остается непрерывным, т. е. не испытывает скачка. Исключением является так называемый «двойной слой», который в данном руководстве не рассматривается.

Из выражения (8.3) вытекает часто применяемое равенство

$$\varphi_1-\varphi_2=U=\frac{A}{q}=-\int_2^1 \vec{E}\,d\vec{l}=\int_1^2 \vec{E}\,d\vec{l}\equiv\int_1^2 E_l\,dl. \qquad (8.4)$$

В однородном поле

$$\varphi_1-\varphi_2=U=El.$$

Эта формула находит широкое применение в школьном курсе физики.

§ 9. ПОТЕНЦИАЛ ПОЛЯ ТОЧЕЧНЫХ, ОБЪЕМНЫХ, ПОВЕРХНОСТНЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ЗАРЯДОВ В ОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

Формула, определяющая потенциал поля точечного заряда на расстоянии r от заряда, получается из формулы работы поля