



普通高中教科书

# 物理

必修

第三册

人民教育出版社

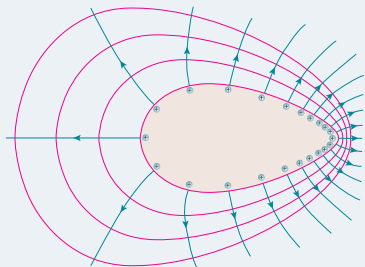
## 3

## 电势差与电场强度的关系

## 问题



如果只画出带电体空间分布的电场线和等势面的剖面图，等势面就成了等势线。图中每相邻两条等势线之间的电势差是相等的。电场线密的地方等势线也密，电场线稀疏的地方等势线也稀疏。这是为什么呢？



电场线是描述电场强度的，等势线是描述电势的，电场线和等势线的疏密存在对应关系，表明电场强度和电势之间存在一定的联系。下面以匀强电场为例讨论它们的关系。

如图 10.3-1，匀强电场的电场强度为  $E$ ，电荷  $q$  从  $A$  点移动到  $B$  点，静电力做的功  $W$  与  $A$ 、 $B$  两点的电势差  $U_{AB}$  的关系为  $W = qU_{AB}$ 。我们也可以从电荷  $q$  所受的静电力来计算功，这个力是  $F = qE$ 。在匀强电场中，电荷  $q$  所受的静电力  $F$  是恒力，它所做的功为

$$W = Fd = qEd$$

比较功的两个计算结果，得到

$$U_{AB} = Ed$$

即：匀强电场中两点间的电势差等于电场强度与这两点沿电场方向的距离的乘积。

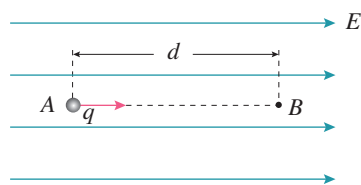


图 10.3-1 讨论匀强电场的电势差与电场强度的关系



## 思考与讨论

在上面的讨论中，如果  $A$ 、 $B$  两点不在同一条电场线上（图 10.3-2），还能得出以上结论吗？请尝试进行论证。

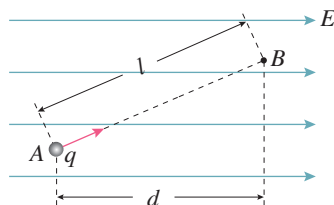


图 10.3-2 不在一条电场线上电势差与电场强度的关系

► 此关系式可以得到电场强度的单位是伏每米(V/m)。这个单位与前面学过的单位牛每库(N/C)是相同的。即

$$1 \text{ V/m} = 1 \text{ N/C}$$

电场强度与电势差的关系也可以写作

$$E = \frac{U_{AB}}{d}$$

它的意义是：在匀强电场中，电场强度的大小等于两点之间的电势差与两点沿电场强度方向的距离之比。也就是说，电场强度在数值上等于沿电场方向单位距离上降低的电势。

上式表明，两相邻等势线之间的电势差  $U$  相同时，电场强度  $E$  越大的地方，两相邻等势线之间的距离  $d$  越小，这就是电场线较密的地方等势线也较密的原因。

### 【例题】

如图10.3-3，真空中平行金属板M、N之间的距离  $d$  为0.04 m，有一个  $2 \times 10^{-15} \text{ kg}$  的带电粒子位于M板旁，粒子的电荷量为  $8 \times 10^{-15} \text{ C}$ ，给两金属板加200 V直流电压。

- (1) 求带电粒子所受的静电力的大小。
- (2) 求带电粒子从M板由静止开始运动到达N板时的速度。
- (3) 如果两金属板距离增大为原来的2倍，其他条件不变，则上述问题(1)(2)的答案又如何？

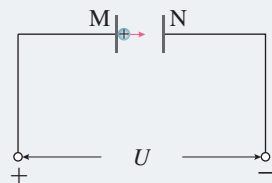


图10.3-3

**解** (1) 两金属板间的电场强度  $E = \frac{U}{d}$ ，带电粒子所受的静电力  $F = Eq$ ，则有

$$F = Eq = \frac{Uq}{d} = \frac{200 \times 8 \times 10^{-15}}{0.04} \text{ N} = 4 \times 10^{-11} \text{ N}$$

- (2) 静电力远大于重力  $2 \times 10^{-14} \text{ N}$ ，因此重力可忽略不计。

带电粒子运动的加速度  $a = \frac{F}{m}$ ，设带电粒子到达N板时速度为  $v$ 。根据匀变速直线运动的速度与位移的关系有  $v^2 = 2ad$ ，则

$$v = \sqrt{\frac{2Fd}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 4 \times 10^{-11} \times 0.04}{2 \times 10^{-15}}} \text{ m/s} = 40 \text{ m/s}$$

- (3) 当  $d' = 2d$  时， $E' = \frac{U}{d'} = \frac{E}{2}$ ， $F' = E'q = \frac{F}{2}$ ， $a' = \frac{F'}{m} = \frac{a}{2}$ ，则

$$v' = \sqrt{2a'd'} = \sqrt{2ad} = v = 40 \text{ m/s}$$

带电粒子所受的静电力的大小是  $4 \times 10^{-11} \text{ N}$ ，到达N板时的速度是  $40 \text{ m/s}$ ；两金属板距离增大为原来的2倍时，静电力的大小是  $2 \times 10^{-11} \text{ N}$ ，速度仍然是  $40 \text{ m/s}$ 。

上述例题告诉我们，当M、N板间的距离增大时，只要它们之间的电势差没有变化，带电粒子到达N板的速度大小也不会变化。这很容易运用动能定理来解释，由静电力做的功等于带电粒子动能的变化，得

$$qU = \frac{1}{2}mv^2$$

► 只要加速电压  $U$  是一定的，带电粒子加速后所获得的动能就是一定的。

## 思考与讨论

上述例题中，M、N是两块平行金属板，两板间的电场是匀强电场。如果M、N是其他形状，中间的电场不再均匀，例题中的三个问题还有确定答案吗？为什么？

## 练习与应用

1. 空气是不导电的。但是如果空气中的电场很强，使得气体分子中带正、负电荷的微粒所受的方向相反的静电力很大，以至于分子“破碎”，空气中出现可以自由移动的电荷，空气就变成了导体。这个现象叫作空气的“击穿”。

一次实验中，电压为  $4 \times 10^4$  V 的直流电源的两极连在一对平行金属板上，如果把两金属板的距离减小到 1.3 cm，两板之间就会放电。这次实验中空气被击穿时的电场强度是多少？

2. 带有等量异种电荷、相距 10 cm 的平行板 A 和 B 之间有匀强电场（图 10.3-4），电场强度  $E$  为  $2 \times 10^4$  V/m，方向向下。电场中 C 点距 B 板 3 cm，D 点距 A 板 2 cm。

（1）C、D 两点哪点电势高？两点的电势差  $U_{CD}$  等于多少？

（2）如果把 B 板接地，则 C 点和 D 点的电势  $\varphi_C$  和  $\varphi_D$  各是多少？如果把 A 板接地，则  $\varphi_C$  和  $\varphi_D$  各是多少？在这两种情况中， $U_{CD}$  相同吗？

（3）一个电子从 C 点移动到 D 点，静电力做多少功？如果使电子从 C 点先移到 P 点，再移到 D 点，静电力做的功是否会发生变化？

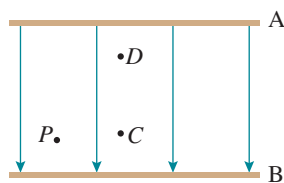


图 10.3-4

3. 图 10.3-5 是某初中地理教科书中的等高线图（图中数字的单位是米）。小山坡的左边  $a$  和右边  $b$ ，哪一边的地势更陡些？如果把一个球分别从山坡左右两边滚下（把山坡的两边看成两个斜面，不考虑摩擦等阻碍），哪边的加速度更大？

现在把该图看成一个描述电势高低的等势线图，图中的单位是伏特， $a$  和  $b$  哪一边电势降落得快？哪一边的电场强度大？

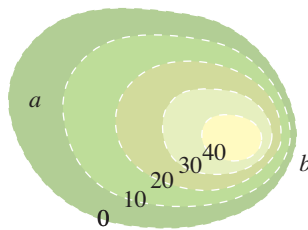


图 10.3-5