# 第十章 2 电势差

## 问题？

如果我们要从 6 楼走到 8 楼，影响我们做功多少的因素是这两层楼的高度差而不是楼的高度。

某个电荷在确定的电场中由 A 点移动到 B 点，影响静电力做功多少的因素可能是 A 点或 B 点的电势值呢？还是 A、B 两点之间电势的差值呢？

*E*

*F*

A

B

## 电势差

选择不同的位置作为零电势点，电场中某点电势的数值也会改变，但电场中某两点之间电势的差值却保持不变。

在电场中，两点之间电势的差值叫作**电势差**（electric potential difference），电势差也叫作**电压**（voltage）。设电场中 A 点的电势为 *φ*A，B 点的电势为 *φ*B，则它们之间的电势差可以表示为

*U*AB = *φ*A − *φ*B

也可以表示为

*U*BA =*φ*B − *φ*A

显然

*U*AB = − *U*BA

电势差可以是正值，也可以是负值。例如，当 A 点电势比 B 点电势高时，*U*AB 为正值，*U*BA 则为负值。电荷 *q* 在电场中从 A 点移动到 B 点时，静电力做的功 *W*AB 等于电荷在 A、B 两点的电势能之差。由此可以导出静电力做的功与电势差的关系

*W*AB = *E*pA − *E*pB

*W*AB = *qφ*A − *qφ*B = *q* （*φ*A − *φ*B）= *qU*AB

即

*U*AB =

因此，知道了电场中两点的电势差，就可以很方便地计算在这两点之间移动电荷时静电力做的功，而不必考虑静电力和电荷移动的路径。正是因为这个缘故，在物理学中，电势的差值往往比电势更重要。

### 例题

在匀强电场中把电荷量为 2.0×10−9 C 的点电荷从 A 点移动到 B 点，静电力做的功为 1.6×10−7 J。再把这个电荷从 B 点移动到 C 点，静电力做的功为 − 4.0×10−7 J。

（1）A、B、C 三点中，哪点电势最高？哪点电势最低？

（2）A、B 间，B、C 间，A、C 间的电势差各是多大？

（3）把电荷量为 − 1.5×10-9 C 的点电荷从 A 点移动到 C 点，静电力做的功是多少？

（4）根据以上结果，定性地画出电场分布的示意图，标出A、B、C 三点可能的位置。

**解** （1）电荷从 A 点移动到 B 点，静电力做正功，所以 A 点电势比 B 点电势高。电荷从 B 点移动到 C 点，静电力做负功，所以 C 点电势比 B 点电势高。但 C、B 之间电势差的绝对值比 A、B 之间电势差的绝对值大，所以 C 点电势最高，A 点电势次之，B 点电势最低。

（2）根据静电力做的功与电势差的关系，A、B 间的电势差

*U*AB = = V = 80 V

A 点电势比 B 点电势高 80 V。

同样，根据静电力做的功与电势差的关系，B、C 间的电势差

*U*BC = = V = − 200 V

C 点电势比 B 点电势高 200 V。

A、C 间的电势差

*U*AC = *U*AB ＋ *U*BC = 80 V − 200 V = − 120 V

（3）电荷量 *q*′ =－1.5×10-9 C 的点电荷，从 A 点移动到 C 点时，静电力做的功为

*W*AC = *q*′ *U*AC=（− 1.5×10−9）×（− 120） J = 1.8×10−7 J

即静电力做正功 1.8×10−7 J。

（4）电场分布示意图和 A、 B、C 三点可能的位置如图 10.2-1 所示。

A

B

C

*E*

图 10.2-1

## 等势面

在地图中，常用等高线来表示地势的高低（图 10.2-2）。与此相似，在电场的图示中常用等势面来表示电势的高低。

图 10.2-2

甲 点电荷

乙 带等量异种电荷的平行

在电场中，电势相同的各点构成的面叫作**等势面**（equipotential surface）。与电场线的功能相似，等势面也是用来形象地描绘电场的。等势面与电场线有什么关系呢？

在同一个等势面上，任何两点的电势都相等。所以，在同一个等势面上移动电荷时，静电力不做功。由此可知，等势面一定跟电场线垂直，即跟电场强度的方向垂直。这是因为，假如不垂直，电场强度就有一个沿着等势面的分量，在等势面上移动电荷时静电力就要做功，这与这个面是等势面矛盾。前面已经说过，沿着电场线的方向，电势越来越低。所以，概括起来就是：**电场线跟等势面垂直，并且由电势高的等势面指向电势低的等势面**。

图 10.2-3 是几种电场的等势面和电场线。每幅图中，两个相邻的等势面间的电势差是相等的。

图 10.2-3

这里讨论等势面与电场线的关系时用到了反证法。反证法是科学研究中重要的逻辑方法。

### 思考与讨论

电势的高低跟重力场中位置的高低的含义有相似之处。例如，某处位置的高低跟放在该处物体的质量无关，某点电势的高低跟放在该点的试探电荷的电荷量无关。

由于电荷有正负之分，这就造成了二者的含义有所不同。

请讨论，它们有哪些不同。例如，质量相等的物体，处于较高位置的重力势能较大，那么电荷量数值相等的正负电荷，处于电势较高位置的电势能一定较大吗？

## 练习与应用

本节共 6 道习题，练习的重点是在上一节的基础上，帮助学生建立电势差和等势面的概念。第 1 题通过计算，巩固静电力做功公式的应用和正负号意义的理解，同时复习电势能的变化。第 2 题关键是理解“一个电子经过 1 V 电压加速后所增加的动能”。要求学生既要知道元电荷概念，又要知道静电力做功公式，还要知道动能定理（不需要求出动能）。这是一道好题目，不能只是布置学生记住换算的数值。第 3 题定性回答问题，对巩固概念十分有益。第 4 题巩固反证法的应用。第 5 题培养学生根据等势面判断静电力做功和描绘电场线的能力。第 6 题突出电场线与等势面的关系，对学生的推理能力很有锻炼价值。

1．在某电场中，已知 A、B 两点之间的电势差 *U*AB 为 20 V，*q* 为 − 2×10−9 C的电荷由 A 点移动到 B 点，静电力做的功是多少？电势能是增加还是减少，增加或者减少多少？

**参考解答**：− 4×10−8 J；电势能增加 4×10−8 J

提示：静电力做的功 *W*AB = *qU*AB = − 4×10−8 J。由于静电力做负功，所以电势能增加，增加的电势能为 4×10−8 J。

2．在研究微观粒子时常用电子伏（eV）作为能量的单位。1 eV等于一个电子经过 1 V 电压加速后所增加的动能，那么，1 eV等于多少焦耳？

**参考解答**：1.6×10−19 J

提示：一个电子的电荷量 *e* = 1.6×10−19 C，电子增加的动能等于静电力做的功 *W* = *qU* = 1e×1 V = 1.6×10−19 C×1 V = 1.6×10−19 J，所以 1 eV = 1.6×10−19 J。

3．如图 10.2-4，回答以下问题。

B

A

*E*

图 10.2-4

（1）A、B 哪点的电势比较高？负电荷在哪点的电势能比较大？

（2）负电荷由 B 点移动到 A 点时，静电力做正功还是负功？

（3）A、B两点的电势差 *U*AB 是正的还是负的？ *U*BA 呢？

**参考解答**：（1）B点电势比较高，负电荷在A点电势能比较大；（2）静电力做负功；（3）*U*AB 是负的，*U*BA 是正的。

提示：因为电场线总是由电势高的等势面指向电势低的等势面，所以由教科书图10.2-4可知：

（1）B 点的电势高于 A 点的电势。把负电荷由 A 点移到 B 点静电力做正功，电势能减少，负电荷在 A 点的电势能较大。

（2）负电荷由 B 点移动到 A 点时，静电力做负功。

（3）*U*AB = *φ*A – *φ*B < 0，UBA = *φ*B – *φ*A > 0。

4．电场中两个电势不同的等势面能不能相交？说明理由。

**参考解答**：假设两个电势不同的等势面相交。因为空间任一点的电势只能有唯一的值，所以相交处的电势就一定相等，这两个等势面的值就不能不同，这与题设条件矛盾。所以，电场中两个电势不同的等势面不能相交。

5．某电场的等势面如图 10.2-5所示，试画出电场线的大致分布。若单位正电荷沿任一路径从 A 点移到 B 点，静电力所做的功是多少？说明理由。正电荷从 A 点移到 C 点，跟从 B 点移到 C 点，静电力所做的功是否相等？说明理由。

C

6 V

8 V

10 V

A

B

图 10.2-5

**参考解答**：电场线的大致分布如图所示。

C

6 V

8 V

10 V

A

B

因为 *φ*A = *φ*B = 10 V，*φ*C = 6 V，取 *q* = 1 C，可得静电力所做的功为

*W*AB = *qφ*A – *qφ*B = *q*（*φ*A – *φ*B）= 0

*W*AC = *qφ*A – *qφ*C = *q*（*φ*A – *φ*C） = 1×（10 − 6）J = 4 J

*W*BC = *qφ*B – *qφ*C = *q*（*φ*B – *φ*C）= 1×（10 − 6）J = 4 J

可见，静电力所做的功 *W*AC = *W*BC。

6．如图 10.2-6，在与纸面平行的匀强电场中有 A、B、C 三个点，其电势分别为 6 V、2 V和 2 V。试画出经过 A 点的一条电场线。

图 10.2-6

A

B

C

**参考解答**：如图所示。

A

B

C

*E*

提示：由于 *φ*B = *φ*C = 2 V，所以 B、C 连线即为等势面。根据电场线与等势面垂直，过 A 点作 BC 的垂线，再依据电场线的方向由电势高指向电势低的方向，便可最终确定过 A 点的电场线的位置及方向。