

4 电势能和电势

[学习目标] 1.知道静电力做功的特点,掌握静电力做功与电势能变化的关系.2.理解电势能、电势的概念,能根据电场线判断电势高低.3.知道什么是等势面,并能理解等势面的特点.

自主预习

预习新知 夯实基础

一、静电力做功的特点

1. 静电力做功: 在匀强电场中, 静电力做功 $W=qEl\cos\theta$ 其中 θ 为静电力与位移之间的夹角.

2. 特点: 在静电场中移动电荷时, 静电力做的功与电荷的起始位置和终止位置有关, 与电荷经过的路径无关.

二、电势能

1. 电势能: 电荷在电场中具有的势能, 用 E_p 表示.

2. 静电力做功与电势能变化的关系: 静电力做的功等于电势能的减少量. 表达式: $W_{AB} = E_{pA} - E_{pB}$.

错误!

3. 电势能的大小: 电荷在某点的电势能, 等于把它从这点移动到零势能位置时静电力做的功.

4. 电势能具有相对性

电势能零点的规定: 通常把电荷在离场源电荷无限远处或把电荷在大地表面上的电势能规定为零.

三、电势

1. 定义：电荷在电场中某一点的电势能与它的电荷量的比值。
2. 公式： $\phi = \frac{E_p}{q}$ 错误！
3. 单位：国际单位制中，电势的单位是伏特，符号是 V， $1\text{ V} = 1\text{ J/C}$ 。
4. 电势高低的判断：沿着电场线的方向电势逐渐降低。
5. 电势的标量性：电势是标量，只有大小，没有方向，但有正、负之分，电势为正表示比零电势高，电势为负表示比零电势低。
6. 电势的相对性：零电势点的规定原则，一般选大地或离场源电荷无限远处的电势为零，只有规定了电势零点才能确定某点的电势大小。

四、等势面

1. 定义：电场中电势相同的各点构成的面。
2. 等势面的特点
 - (1) 在同一等势面上移动电荷时静电力不做功（选填“做功”或“不做功”）。
 - (2) 等势面一定跟电场线垂直，即跟电场强度的方向垂直。
 - (3) 电场线总是由电势高的等势面指向电势低的等势面。

[即学即用]

1. 判断下列说法的正误。
 - (1) 电荷从电场中的 A 点运动到 B 点，路径不同，电场力做功的大小就可能不同。（ × ）

学必求其心得，业必贵于专精

(2) 正电荷沿着电场线运动,电场力对正电荷做正功,负电荷逆着电场线运动,电场力对负电荷做正功。(√)

(3) 电场力做正功,电荷的电势能减少,电场力做负功,电荷的电势能增加。(√)

(4) 正电荷和负电荷沿着电场线运动,电势能均减少。(×)

(5) 电荷在电势高处具有的电势能大。(×)

(6) 沿电场线方向电势降低,与试探电荷的电性无关。(√)

2. 如图 1 所示,把电荷量为 $-5 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的电荷,从电场中的 A 点移到 B 点,其电势能_____ (选填“增大”或“减小”). 若 A 点电势为 $\phi_A = 15 \text{ V}$, B 点电势为 $\phi_B = 10 \text{ V}$, 则电荷在 A 点和 B 点具有的电势能分别为 $E_{pA} =$ _____ J, $E_{pB} =$ _____ J, 此过程电场力所做的功 $W_{AB} =$ _____ J。

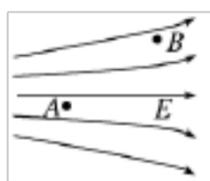


图 1

答案 增大 -7.5×10^{-8} -5×10^{-8} -2.5×10^{-8}

解析 电荷从 A 点移到 B 点,电场力做负功,电势能增大.

$$E_{pA} = q\phi_A = -5 \times 10^{-9} \times 15 \text{ J} = -7.5 \times 10^{-8} \text{ J}$$

$$E_{pB} = q\phi_B = -5 \times 10^{-9} \times 10 \text{ J} = -5 \times 10^{-8} \text{ J}$$

$$W_{AB} = E_{pA} - E_{pB} = -2.5 \times 10^{-8} \text{ J}.$$

一、静电力做功与电势能

[导学探究] (1)如图 2 所示,试探电荷 q 在电场强度为 E 的匀强电场中,沿直线从 A 移动到 B , 静电力做的功为多少? 若 q 沿折线 AMB 从 A 点移动到 B 点, 静电力做的功为多少?

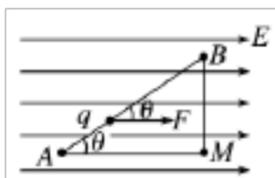


图 2

(2)若 q 沿任意曲线从 A 点移动到 B 点, 静电力做的功为多少? 由此可得出什么结论?

(3) 对比电场力做功和重力做功的特点, 它们有什么相同之处? 重力做功引起重力势能的变化, 电场力做功引起什么能的变化?

答案 (1) 静电力 $F=qE$, 静电力与位移夹角为 θ , 静电力对试探电荷 q 做的功 $W=F \cdot |AB| \cos \theta=qE \cdot |AM|$. 在线段 AM 上静电力做的功 $W_1=qE \cdot |AM|$, 在线段 MB 上静电力做的功 $W_2=0$, 总功 $W=W_1+W_2=qE \cdot |AM|$.

(2) $W=qE \cdot |AM|$. 电荷在匀强电场中沿不同路径由 A 点运动到 B 点, 静电力做功相同. 说明静电力做功与路径无关, 只与初、末位置有关.

(3) 电场力做功与重力做功都与路径无关. 电场力做功引起电势能的变化.

1. 静电力做功的特点

(1) 静电力做的功与电荷的起始位置和终止位置有关,但与具体路径无关,这与重力做功特点相似.

(2) 静电力做功的特点不受物理条件限制,不管静电力是否变化,是否是匀强电场,是直线运动还是曲线运动,静电力做功的特点不变.

2. 电势能

(1) 电势能是由电场和电荷共同决定的,是属于电荷和电场所共有的,我们习惯上说成电荷在电场中某点的电势能.

(2) 电势能是相对的,其大小与选定的参考点有关.确定电荷的电势能,首先应确定参考点,也就是零势能点的位置.

(3) 电势能是标量,有正负但没有方向.电势能为正值表示电势能大于参考点的电势能,电势能为负值表示电势能小于参考点的电势能.

3. 静电力做功与电势能变化的关系

$$(1) W_{AB} = E_{pA} - E_{pB}.$$

静电力做正功,电势能减小;静电力做负功,电势能增加.

(2) 正电荷在电势高的地方电势能大,而负电荷在电势高的地方电势能小.

例 1 将带电荷量为 $6 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的负电荷从电场中的 A 点移到 B 点,

学必求其心得，业必贵于专精

克服静电力做了 $3 \times 10^{-5} \text{ J}$ 的功，再从 B 移到 C，静电力做了 $1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$ 的功，则：

(1) 电荷从 A 移到 B，再从 B 移到 C 的过程中电势能共改变了多少？

(2) 如果规定 A 点的电势能为零，则该电荷在 B 点和 C 点的电势能分别为多少？

(3) 如果规定 B 点的电势能为零，则该电荷在 A 点和 C 点的电势能分别为多少？

答案 见解析

解析 (1) $W_{AC} = W_{AB} + W_{BC} = -3 \times 10^{-5} \text{ J} + 1.2 \times 10^{-5} \text{ J} = -1.8 \times 10^{-5} \text{ J}$.

电势能增加了 $1.8 \times 10^{-5} \text{ J}$ 。

(2) 如果规定 A 点的电势能为零，由公式得该电荷在 B 点的电势能为 $E_{pB} = E_{pA} - W_{AB} = 0 - W_{AB} = 3 \times 10^{-5} \text{ J}$ 。

同理，C 点的电势能为 $E_{pC} = E_{pA} - W_{AC} = 0 - W_{AC} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ J}$ 。

(3) 如果规定 B 点的电势能为零，则该电荷在 A 点的电势能为： $E_{pA}' = E_{pB}' + W_{AB} = 0 + W_{AB} = -3 \times 10^{-5} \text{ J}$ 。

C 点的电势能为 $E_{pC}' = E_{pB}' - W_{BC} = 0 - W_{BC} = -1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$ 。

二、电势

[导学探究] 如图 3 所示的匀强电场，电场强度为 E ，取 O 点为零势能点，A 点距 O 点的距离为 l ，AO 连线与电场强度反方向的夹角为 θ 。

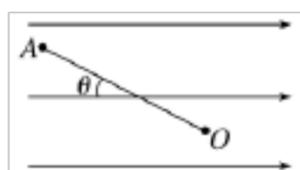


图 3

(1)电荷量分别为 q 和 $2q$ 的试探电荷在 A 点的电势能分别为多少?

(2)电势能与电荷量的比值是否相同?

(3)电势能与电荷量的比值与试探电荷的电荷量是否有关系?

答案 (1) 电荷量为 q 和 $2q$ 的试探电荷在 A 点的电势能分别为 $Eql\cos \theta$ 、 $2Eql\cos \theta$ 。

(2)电势能与电荷量的比值相同，都为 $El\cos \theta$

(3) 与试探电荷的电荷量无关。

[知识深化]

1. 电势的相对性：电场中某点的电势是相对的，它的大小和零电势点的选取有关。在物理学中，常取离场源电荷无限远处的电势为零，在实际应用中常取大地的电势为零。

2. 电场的固有性：电势 ϕ 是表示电场的能的性质的物理量，电场中某点的电势 ϕ 取决于电场本身，而与在该点是否放有电荷、电荷的电性及电荷量均无关。

3. 电势的标量性：电势虽然有正负，但电势是标量。电势为正值表示该点电势高于零电势，电势为负值表示该点电势低于零电势，正负号不表示方向。

4. 电势的定义式为 $\phi = \frac{E_p}{q}$ ，公式中的 E_p 、 q 在运算时均需代入正、

学必求其心得，业必贵于专精
负号。

【例 2】 如果把电荷量为 $q=1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电荷从无限远处移到电场中的 A 点，需要克服静电力做功 $W=1.2 \times 10^{-4} \text{ J}$ ，取无限远处的电势为零，那么：

(1) q 在 A 点的电势能和 A 点的电势各是多少？

(2) q 未移入电场前，A 点的电势是多少？

答案 (1) $1.2 \times 10^{-4} \text{ J}$ $1.2 \times 10^4 \text{ V}$

(2) $1.2 \times 10^4 \text{ V}$

解析 (1) 无限远处的电势为零，电荷在无限远处的电势能也为零，即 $\phi_{\infty}=0$ ， $E_{p\infty}=0$ 。

由 $W_{\infty A} = E_{p\infty} - E_{pA}$ 得 $E_{pA} = E_{p\infty} - W_{\infty A} = 0 - (-1.2 \times 10^{-4} \text{ J}) = 1.2 \times 10^{-4} \text{ J}$

再由 $\phi_A = \frac{E_{pA}}{q}$ 得 $\phi_A = 1.2 \times 10^4 \text{ V}$

(2) A 点的电势是由电场本身决定的，跟 A 点是否有电荷存在无关，所以 q 未移入电场前，A 点的电势仍为 $1.2 \times 10^4 \text{ V}$ 。

【例 3】 将一正电荷从无穷远处移入电场中 M 点，电势能减少了 $8.0 \times 10^{-9} \text{ J}$ ，若将另一等量的负电荷从无穷远处移入电场中的 N 点，电势能增加了 $9.0 \times 10^{-9} \text{ J}$ ，则下列判断中正确的是 ()

A. $\phi_M < \phi_N < 0$

B. $\phi_N > \phi_M > 0$

C. $\phi_N < \phi_M < 0$

D. $\phi_M > \phi_N > 0$

答案 C

学必求其心得，业必贵于专精

解析 取无穷远处电势为零，则正电荷在 M 点的电势能为 -8×10^{-9} J，负电荷在 N 点的电势能为 9×10^{-9} J。由 $\Phi = \frac{E_p}{q}$ 知，M 点的电势 $\Phi_M < 0$ ，N 点的电势 $\Phi_N < 0$ ，且 $|\Phi_N| > |\Phi_M|$ ，即 $\Phi_N < \Phi_M < 0$ ，故 C 正确。

技巧点拨

电势高低的判断方法

1. 电场线法：沿电场线方向，电势越来越低。
2. 电势能判断法：由 $\Phi = \frac{E_p}{q}$ 知，对于正电荷，电势能越大，所在位置的电势越高；对于负电荷，电势能越小，所在位置的电势越高。

三、等势面

[导学探究] (1) 类比地图上的等高线，简述什么是等势面？

(2) 当电荷从同一等势面上的 A 点移到 B 点时，电荷的电势能是否变化？电场力做功情况如何？

答案 (1) 电场中电势相等的各点构成的面

(2) 不发生变化 电场力不做功

[知识深化]

1. 等势面的特点及应用

(1) 在等势面上移动电荷时静电力不做功，电荷的电势能不变。

(2) 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，由此可以绘制电场线，从而可以确定电场的大体分布。

(3) 等差等势面密的地方，电场强度较强；等差等势面疏的地方，电

场强度较弱，由等差等势面的疏密可以定性确定场强大小。

(4)任意两个等势面都不相交。

2. 几种常见电场的等势面(如图 4 所示)

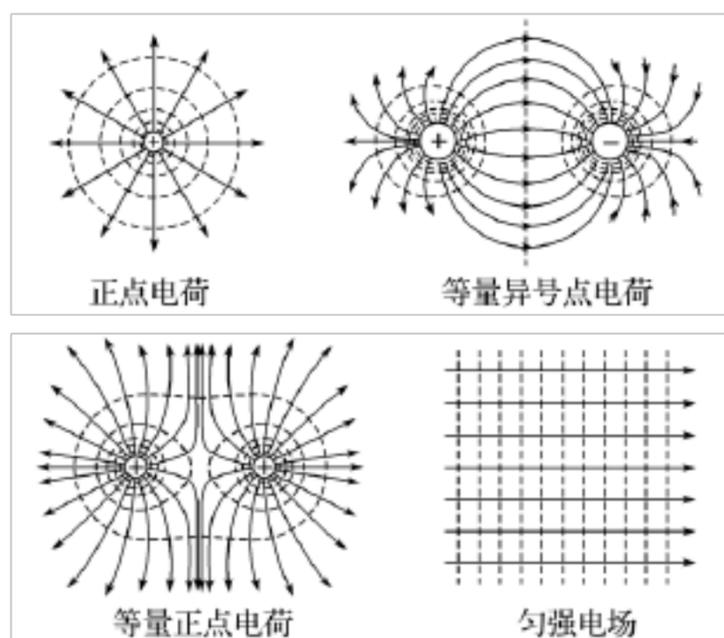


图 4

(1) 点电荷的等势面是以点电荷为球心的一簇球面。

(2) 等量异号点电荷的等势面：点电荷的连线上，从正电荷到负电荷电势越来越低，中垂线是一条等势线。

(3)等量同号点电荷的等势面：等量正点电荷连线的中点电势最低，两点电荷连线的中垂线上该点的电势最高，从中点沿中垂线向两侧，电势越来越低。等量负点电荷连线的中点电势最高，两点电荷连线的中垂线上该点的电势最低。从中点沿中垂线向两侧，电势越来越高。

(4) 匀强电场的等势面是垂直于电场线的一簇平行等间距的平面。

例 4 (多选) (2017 扬州市高一下学期期终考试) 空间中 P 、 Q 两点处各固定一个点电荷，其中 P 点处为负电荷， P 、 Q 两点附近电场的等势面分布如图 5 所示， a 、 b 、 c 、 d 为电场中的 4 个点。则下

列说法正确的是 ()

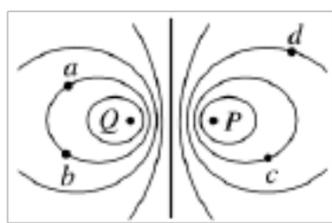


图 5

- A. 处放置的一定是正电荷
- B. a 点和 b 点的电场强度相同
- C. 将负电荷从 a 移动到 c, 其电势能减少
- D. 同一正电荷在 c 点的电势能小于在 d 点的电势能

答案 AD

解析 根据图中的等势线的分布判断符合等量异种点电荷的电场,A 正确;

a、b 两点电场强度方向不同, B 错误;

将负电荷从 a 移动到 c, 电场力做负功, 电势能增加, C 错误;

正电荷在电势高处电势能大, $\phi_d > \phi_c$, D 正确.

本题选 AD.

针对训练 (2017 宿迁市高一下学期期终考试) 如图 6 所示, 一带电粒子仅在电场力作用下沿着图中曲线 JK 穿过一匀强电场, a、b、c、d 为该电场的等势面, 可以确定 ()

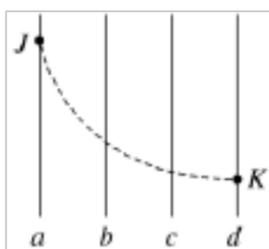


图 6

- A. 该粒子带正电
- B. 电场方向垂直等势面向左
- C. 电场方向垂直等势面向右
- D. 粒子从 J 到 K 运动过程中的电势能减小

答案 D

解析 根据受到的电场力指向轨迹内侧可知粒子受到的电场力水平向右,若粒子带正电,则电场方向向右,若粒子带负电,则电场方向水平向左,无论粒子带什么电,从 J 到 K 运动过程中电场力方向和运动方向的夹角为锐角,电场力做正功,电势能减小,故 D 正确.

达标检测

检测评价 达标过关

1. (电势) (多选) 关于电势,下列说法正确的是 ()
- A. 电场中某点的电势大小等于单位正电荷从该点移动到零电势点时,电场力所做的功
 - B. 电场中某点的电势与零电势点的选取有关
 - C. 由于电势是相对的,所以无法比较电场中两点的电势高低
 - D. 电势是描述电场的能的性质的物理量

答案 ABD

解析 由电势的定义可知 A 正确;由于电势是相对量,电势的大小与零电势点的选取有关,故 B 正确;虽然电势是相对的,但电势的高

低是绝对的，因此 C 错误；电势与电势能相联系，它是描述电场的能的性质的物理量，故 D 正确。

2. (等势面) 某电场中的等势面如图 7 所示，下列关于该电场的描述正确的是 ()

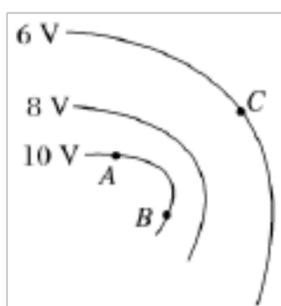


图 7

- A. A 点的电场强度比 C 点的小
- B. 负电荷在 A 点的电势能比在 C 点的电势能大
- C. 电荷沿等势面 AB 移动的过程中，电场力始终不做功
- D. 正电荷由 A 移动到 C，电场力做负功

答案 C

解析 由等势面与电场线密集程度的关系可知，等差等势面越密集的地方电场强度越大，故 A 点的电场强度比 C 点的大，A 错误；负电荷在电势越高的位置电势能越小，B 错误；沿等势面移动电荷，电场力不做功，C 正确；正电荷由 A 移动到 C，电场力做正功，D 错误。

3. (静电力做功与电势能的变化) (多选) (2017 南京金陵中学高二第一学期期中) 如图 8 所示，在正电荷 Q 产生的电场中，实线 MN 是一条未标方向的电场线，虚线 AB 是一个电子只在静电力作用下的运动轨迹，下列说法正确的是 ()

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/998136000102007010>