

第十章

静电场中的能量

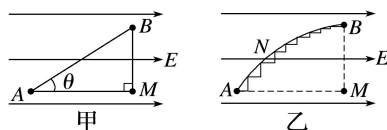


1 电势能和电势

[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之间的关系(重点)。2.理解电势能、电势的概念及电势和电势能的相对性(重难点)。3.掌握电势能的计算方法(重点)。4.会判断电场中两点电势的高低(重点)。

一、静电力做功的特点

如图所示,正试探电荷 q 在电场强度为 E 的匀强电场中从 A 移动到 B 。



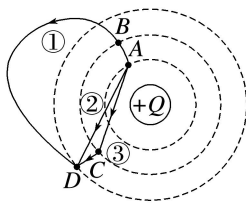
- (1)若 q 沿直线 AB (图甲)运动,静电力做的功为多少?
- (2)若 q 沿折线 AMB (图甲)从 A 点移动到 B 点,静电力做的功为多少?
- (3)若 q 沿任意曲线 ANB (图乙)从 A 点移动到 B 点,静电力做的功为多少?
- (4)由此可得出什么结论?

「梳理与总结」

静电力做功的特点:静电力所做的功与电荷的_____和_____有关,与电荷经过的路径_____。

注意:这个结论虽然是从匀强电场中推导出来的,但是可以证明对非匀强电场也是适用的。

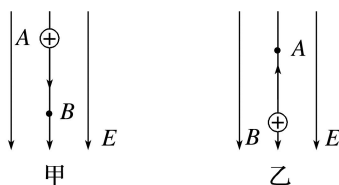
【例 1】 (2024·黑龙江省实验中学高二月考)如图所示是以电荷 $+Q$ 为圆心的一组同心圆(虚线),电场中有 A 、 B 、 C 、 D 四点。现将一带电荷量为 q 的正点电荷由 A 点沿不同的路径移动到 D 点,沿路径①做功为 W_1 ,沿路径②做功为 W_2 ,沿路径③做功为 W_3 ,则()



- A. $W_2 < W_3 < W_1$ B. $W_1 = W_2 = W_3$
 C. $W_2 > W_3 > W_1$ D. $W_3 > W_2 > W_1$

二、电势能

(1)分析正电荷只在静电力作用下从 $A \rightarrow B$ 运动(图甲)和从 $B \rightarrow A$ 运动时(图乙)静电力做功情况、动能和电势能的变化。



(2)参考重力做功与重力势能变化的关系总结静电力做功与电势能之间有什么关系。

(3)如果规定 B 点为零势能位置,若电荷从 A 移动至 B 静电力对电荷做功为 W_{AB} ,则电荷在 A 点电势能是多少?

「梳理与总结」

1.定义:电荷在电场中具有的电势能,是与_____有关的物理量。符号:_____。

2.静电力做功与电势能变化之间的关系:

(1) $W_{AB} =$ _____。

(2)静电力做正功,即 $W_{AB} > 0$,电势能_____;静电力做负功,即 $W_{AB} < 0$,电势能_____。

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_____时静电力所做的功。

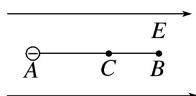
4.电势能的几点说明:

(1)标量:正负值表示电势能_____。

(2)系统性:电荷与_____共有的能量。

(3)相对性:通常以离场源电荷_____或_____为零势能面。

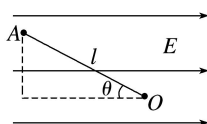
【例 2】将带电荷量为 $6 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的负电荷从电场中的 A 点移到 B 点,克服静电力做了 $3 \times 10^{-5} \text{ J}$ 的功,再从 B 移到 C ,静电力做了 $1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$ 的功,则:



- (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？

三、电势

在如图所示的匀强电场中，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 。



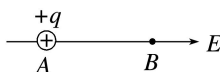
- (1)电荷量分别为 q 、 $-q$ 和 $2q$ 的试探电荷在 A 点的电势能分别为多少？
- (2)不同电荷在同一点的电势能与电荷量的比值是否相同？与试探电荷的电荷量是否有关系？

「梳理与总结」

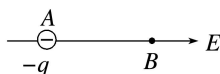
- 1.定义：电荷在电场中某一点的_____与它的_____之比。
- 2.公式： $\varphi=$ _____。
- 3.单位：在国际单位制中，电势的单位是_____，符号是 V ， $1\text{ V}=1\text{ J/C}$ 。
- 4.电势是_____(填“矢”或“标”)量，只有大小，没有方向。

「思考与讨论」

- (1)假如正试探电荷沿着电场线从 A 点移到 B 点，电荷的电势能如何变化？ A 、 B 两点电势有什么关系？



- (2)假如负试探电荷从 A 点移到 B 点，电势能如何变化？ A 、 B 两点电势有什么关系？



「提炼·总结」

- 1.电势高低的判断：沿着电场线方向电势逐渐_____。

2.电势的相对性：只有在规定了零电势点之后，才能确定电场中某点的电势，一般选_____或离场源电荷_____处的电势为0。

3.电势是_____(填“矢”或“标”)量，但有正负。在同一电场中，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。

注意：通过 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 计算时， E_p 、 q 均需代入正负号。

『易错辨析』

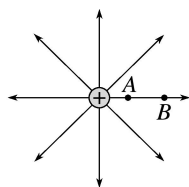
(1)电场强度为零的位置电势也为零。()

(2)电场强度大的位置电势不一定高。()

(3)电势降低的方向就是电场线的方向。()

(4)某电场中， A 点的电势 $\varphi_A = -3\text{ V}$ ， B 点的电势 $\varphi_B = -4\text{ V}$ ，则 $\varphi_A < \varphi_B$ 。()

【例3】如图，将 $q_1 = 2 \times 10^{-6}\text{ C}$ 的试探电荷从 A 点移到 B 点，静电力做功 $5 \times 10^{-5}\text{ J}$ ，从 B 点移到无穷远处，静电力做功 $8 \times 10^{-5}\text{ J}$ 。以无穷远处的电势为零，求：



(1)电荷 q_1 在 A 、 B 两点的电势能；

(2) A 、 B 两点的电势；

(3) $q_2 = -2 \times 10^{-6}\text{ C}$ 的电荷在 A 、 B 两点的电势能。

拓展1 A 点与 B 点哪个位置电势高？

拓展2 q_2 在 A 点还是 B 点的电势能大？

■ 总结提升 ■

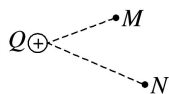
电势高低的判断方法

1.电场线法：沿着电场线方向电势逐渐降低。

2.场源电荷法：离场源正电荷越近的点，电势越高；离场源负电荷越近的点，电势越低。

3.公式法：由 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 知，对于同一正电荷，电势能越大，所在位置的电势越高；对于同一负电荷，电势能越小，所在位置的电势越高。

【例 4】(多选)如图所示,固定在 Q 点的正点电荷产生的电场中有 M 、 N 两点,已知 $\overline{MQ} < \overline{NQ}$ 。下列叙述正确的是()



- A.若把一正点电荷从 M 点沿直线移到 N 点,则静电力对该电荷做正功,电势能减少
- B.若把一正点电荷从 M 点沿直线移到 N 点,则该电荷克服静电力做功,电势能增加
- C.若把一负点电荷从 M 点沿直线移到 N 点,则静电力对该电荷做正功,电势能减少
- D.若把一负点电荷从 M 点沿直线移到 N 点,再从 N 点沿不同路径移回到 M 点,则该电荷电势能不变

■ 总结提升 ■

电势能大小的判断方法

1.根据静电力做功判断

静电力做正功,电势能减少;静电力做负功,电势能增加。

2.根据 $E_p = q\varphi$ 判断

如果是正电荷,电势越高,电势能越大;如果是负电荷,电势越高,电势能越小。

2 电势差

[学习目标] 1.理解电势差的概念,知道电势差的正负表示两点间电势的高低关系。2.掌握电势差的表达式,会用 $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B$ 及 $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 进行有关计算(重点)。3.理解等势面的概念,掌握等势面的特点,会应用常见电场的等势面解决问题(重难点)。

一、电势差

1.定义:电场中两点之间_____的差值,也叫作_____。

2. A 、 B 两点电势差,可以表示为 $U_{AB}=\rule{1.5cm}{0.4pt}$,也可以表示为 $U_{BA}=\rule{1.5cm}{0.4pt}$,可知 $U_{AB}=-U_{BA}$ 。

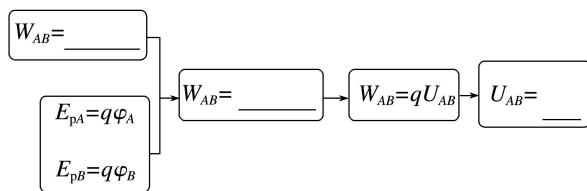
3.电势差的正负

电势差是标量,所以电场中各点间的电势差可依次用_____相加。

4.电势差的单位

在国际单位制中,电势差与电势的单位相同,均为_____,符号是 V。

5.(1)静电力做功与电势差的关系

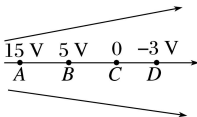


(2)说明:①由 $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 可以看出, U_{AB} 在数值上等于单位正电荷由 A 点移动到 B 点时静电力所做的功。

② $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 中, U_{AB} 、 W_{AB} 及 q 都有正负之分,计算 U_{AB} 时, W_{AB} 和 q 的正负可直接代入求解。

『思考与讨论』

电场中 A 、 B 、 C 、 D 四点的电势如图所示。



(1) A 、 C 及 A 、 B 间的电势差各为多少? 哪个较大?

(2)若取 D 点电势为零,则 A 、 B 、 C 三点的电势各为多少? A 、 C 及 A 、 B 间的电势差各为多少?

『提炼·总结』

电势的大小与零电势点的选取有关,电势差的大小与零电势点的选取无关。

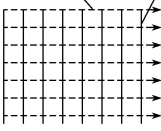
「易错辨析」

- (1)电势差与电势一样，是相对量，都与零电势点的选取有关。()
- (2)若 $\varphi_A=0$ ，则 $U_{AB}=\varphi_B$ 。()
- (3)将电荷量为 q 的电荷从 A 点移到 B 点与将电荷量为 $-q$ 的电荷从 B 点移到 A 点，静电力所做的功相同。()
- 【例 1】 (2025·太原市高二期中)将电荷量 $q=1.0\times 10^{-9}\text{ C}$ 的点电荷从 A 点移动到 B 点，静电力做功 $W_{AB}=-4.0\times 10^{-8}\text{ J}$ ，若将该电荷从 B 点移动到 C 点，电势能增加了 $6.0\times 10^{-8}\text{ J}$ ，设 C 点的电势 $\varphi_C=0$ 。求：
- (1) A 与 B 、 A 与 C 两点间的电势差 U_{AB} 、 U_{AC} ；

- (2) A 、 B 两点的电势 φ_A 、 φ_B ， q 在 B 点的电势能 E_{pB} 。

二、等势面

- 1.等势面的定义：电场中_____的各点构成的面。
- 2.电场线跟等势面垂直，并且由_____的等势面指向_____的等势面。
- 3.四种常见的典型电场的等势面对比

电场	等势面(实线)	特征描述
匀强电场	电场线 等势面 	垂直于电场线的一簇等间距平面
点电荷的电场	电场线 等势面 	以点电荷为球心的一簇球面

等量异种点电荷的电场		点电荷连线的中垂面上的电势为零
等量正点电荷的电场		点电荷连线上，中点电势最低，而在中垂线上，中点电势最高。关于中点对称的两点，电势相等

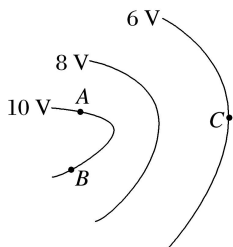
说明：(1)在空间中两等势面不相交。

(2)以上图中两个相邻的等势面之间的电势差是相等的，这样的等势面称为等差等势面。

(3)由图可知，在电场线密集的地方，等差等势面密集，电场强度大；在电场线稀疏的地方，等差等势面稀疏，电场强度小。

「思考与讨论」

(1)某电场的等势面如图所示，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？



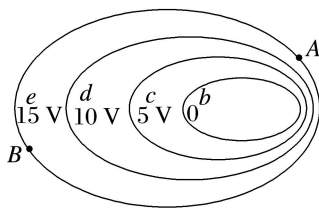
(2)正电荷从 A 点移到 C 点，与从 B 点移到 C 点，静电力所做的功是否相等？

「提炼·总结」

1.同一等势面上，任意两点间的电势差为 0，所以若初、末位置在同一等势面上，沿任意路径移动电荷，静电力做的总功为零。

2.两个等势面的电势差相等，所以在两个等势面间移动同一电荷，静电力做功的绝对值相等。

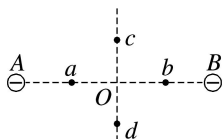
【例 2】(多选)如图所示为某电场等势面的分布情况，则下列说法正确的是()



A.所有电荷在 A 、 B 两点的电势能均相等

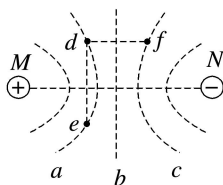
- B. A 点的电场强度大于 B 点的电场强度
- C. 质子在 A 、 B 两点的电势能相等且为正值
- D. 若将电子从 b 等势面移动到 e 等势面, 则静电力做功 -15 eV

【例 3】 (2024·广州市高二月考) 如图所示, A 、 B 为两个等量负点电荷, a 、 O 、 b 在点电荷 A 、 B 的连线上, c 、 O 、 d 在连线的中垂线上, $Oa=Ob=Oc=Od$, 则()



- A. a 、 b 两点的电场强度相同, 电势相同
- B. c 、 d 两点的电场强度相同, 电势相同
- C. 将一电子由 a 点移至 b 点电子电势能先减小后增大
- D. 将一电子由 d 点移至 c 点电子电势能增大

【例 4】 (多选) 如图所示, 真空中 M 、 N 处分别放置两等量异种点电荷, a 、 b 、 c 表示电场中的 3 个等势面, d 点和 e 点位于 a 等势面上, f 点位于 c 等势面上, df 平行于 MN 。以下说法正确的是()



- A. d 点的电势高于 f 点的电势
- B. d 点的电势与 e 点的电势相等
- C. 若将一负试探电荷沿直线由 d 点移动到 f 点, 则静电力先做正功、后做负功
- D. 若将一正试探电荷沿直线由 d 点移动到 e 点, 试探电荷的电势能增加

■ 总结提升 ■

1. 等量同种点电荷的等势面

(1) 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。

(2) 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。

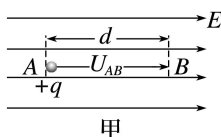
2. 等量异种点电荷的等势面: 点电荷的连线上, 从正电荷到负电荷电势越来越低, 两点电荷连线的中垂面是一等势面。

3 电势差与电场强度的关系

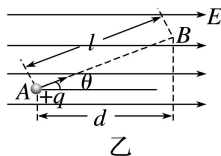
[学习目标] 1.知道电势差与电场强度的关系式,了解其适用条件(重点)。2.会用关系式 $U=Ed$ 处理匀强电场问题,利用公式 $E=\frac{U}{d}$ 定性分析非匀强电场(重点)。

一、匀强电场中电势差与电场强度的关系

如图甲所示,在电场强度为 E 的匀强电场中, A 、 B 是相距为 d 且沿电场方向上的两点,其电势差为 U_{AB} ,现将一个电荷量为 $+q$ 的电荷由 A 移到 B 。



- (1)从力和位移的角度计算静电力所做的功;
- (2)通过 A 、 B 间的电势差计算静电力所做的功;
- (3)比较两次计算功的大小并总结电势差与电场强度的关系;



- (4)如果 A 、 B 两点不在同一条电场线上(如图乙),上述结论还成立吗?请尝试进行论证。

『梳理与总结』

1.匀强电场中电势差与电场强度的关系

(1)匀强电场中两点间的电势差等于电场强度与这两点_____的距离的乘积。

(2)公式: $U_{AB}=\rule{1cm}{0.4pt}$ 。

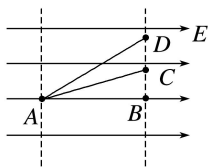
(3)电场强度单位的换算: $\rule{1cm}{0.4pt}=1\text{ N/C}$ 。

(4)应用:在定量计算中,此关系式只适用于匀强电场,公式中 d 必须是沿电场强度方向的距离,当电场中的两点不在同一条电场线上时, d 应为两点在电场强度方向上的投影距离,亦为电场中两点所在的等势面间的距离。

2.由 $E=\frac{U_{AB}}{d}$ 可知,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,电场强度是电势差对空间位置的变化率,电势随空间变化的快慢,反映了电场强度的大小。

『思考与讨论』

如图,图中虚线为等势线, B 、 C 、 D 三点位于同一等势线上。



- (1)比较 A 与 B 、 A 与 C 、 A 与 D 间电势差的大小；
 (2)电势沿 AB 、 AC 、 AD 三条线，哪一个方向降低最快？

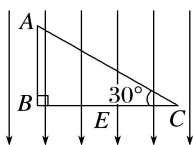
「提炼·总结」

电场中电场强度方向指向电势降低最快的方向。

「易错辨析」

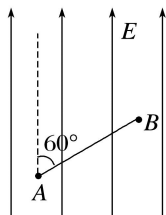
- (1)由公式 $E = \frac{U_{AB}}{d}$ 得电场强度跟两点的电势差成正比，跟两点的距离成反比。()
 (2)匀强电场中沿电场线方向，任何相同距离上电势降落必定相等。()
 (3)匀强电场中电势降低的方向必是电场强度方向。()

【例 1】 如图所示， A 、 B 、 C 是匀强电场中一直角三角形的三个顶点，其中 $\angle C = 30^\circ$ ， AB 方向与电场方向平行， AC 边长 0.8 m 。已知 A 、 C 两点的电势 $\varphi_A = 9 \text{ V}$ ， $\varphi_C = 3 \text{ V}$ ，下列说法正确的是()



- A. 匀强电场的电场强度大小为 7.5 V/m
 B. 匀强电场的电场强度大小为 15 V/m
 C. 匀强电场的电场强度大小为 $5\sqrt{3} \text{ V/m}$
 D. B 点比 C 点电势低

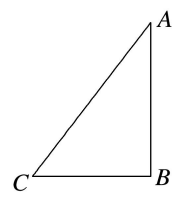
针对训练 1 (2024·眉山市高二期中)如图所示，匀强电场电场强度大小 $E = 100 \text{ V/m}$ ， A 、 B 两点相距 10 cm ， A 、 B 连线与电场线夹角为 60° ，则 U_{BA} 为()



- A. 5 V B. $5\sqrt{3} \text{ V}$
 C. -5 V D. $-5\sqrt{3} \text{ V}$

【例 2】 (2024·天津市五校高二期中)如图所示，匀强电场中 A 、 B 、 C 三点构成一个直角三角形(电场线与三角形所在平面平行)，其中 $\angle A = 30^\circ$ ，边长 $AC = 16 \text{ cm}$ 。将电荷量 $q = -6 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的点电荷由 A 点移到

B 点，静电力做功 $2.4 \times 10^{-5} \text{ J}$ ，再由 B 点移到 C 点，该点电荷克服静电力做功 $2.4 \times 10^{-5} \text{ J}$ ，取 B 点的电势为零，求：



(1) A 、 C 两点的电势；

(2) 匀强电场的电场强度。

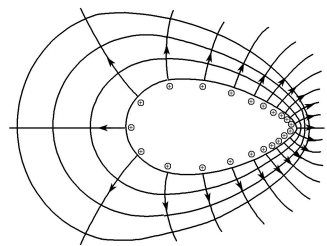
■ 总结提升 ■

电势差的三种求解方法

- 1. 应用定义式 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ 来求解。
- 2. 应用关系式 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 来求解。
- 3. 应用关系式 $U_{AB} = Ed$ （匀强电场）来求解。 $U_{AB} = Ed$ 阐述的是一个矢量的大小与另一个标量间的关系，所以不带符号计算，结果的正负根据题意另行判断。

二、利用公式 $E = \frac{U}{d}$ 定性分析非匀强电场

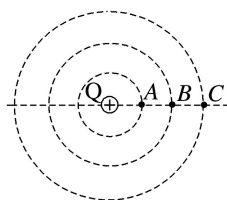
运用 $E = \frac{U}{d}$ 怎样解释电场线密的地方等差等势线也密？



「提炼·总结」

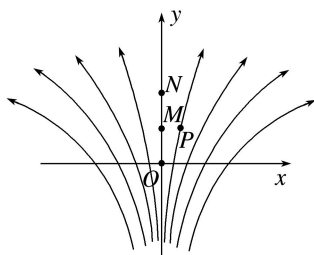
$U_{AB}=Ed$ 只适用于匀强电场的定量计算, 在非匀强电场中, 不能进行定量计算, 但可以定性地分析有关问题。

【例 3】 (多选)(2025·芜湖市高二月考)如图, 三个同心圆是正点电荷 Q 周围的三个等势面, A 、 B 、 C 分别是这三个等势面上的点。已知这三个圆的半径关系为 $r_C - r_B = r_B - r_A$, 且这三点在同一条电场线上。现将一个电荷量为 $1.6 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的正电荷 q 从 A 点移到 C 点, 其电势能减少 $1.92 \times 10^{-5} \text{ J}$ 。下列说法正确的是()



- A. 若取 C 点的电势为 0, A 点的电势为 12 V
- B. 若取 A 点的电势为 0, B 点的电势为 -6 V
- C. $U_{AB} = U_{BC}$
- D. 将正电荷 q 从 B 点移到 C 点, 静电力做功小于 $9.6 \times 10^{-6} \text{ J}$

针对训练 2 如图所示, 一个电场的电场线分布关于 y 轴对称, O 、 M 、 N 是 y 轴上的三个点, 且 $OM = MN$, P 点在 y 轴的右侧, $MP \perp ON$, 则()



- A. M 点的电势比 P 点的电势高
- B. 将负电荷由 O 点移动到 P 点, 静电力做正功
- C. M 、 N 两点间的电势差大于 O 、 M 两点间的电势差
- D. M 、 N 两点间的电势差等于 O 、 M 两点间的电势差

专题强化3 电场线、等势面与带电粒子运动轨迹问题 等分法的应用

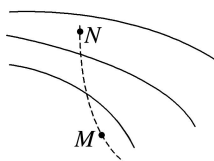
[学习目标] 1.会根据电场线、等势面与带电粒子的运动轨迹判断粒子的受力情况及能量的变化情况(重难点)。2.会利用等分法确定等势面和电场线(重难点)。

一、电场线、等势面与带电粒子运动轨迹的综合问题

带电粒子在电场中运动轨迹问题的分析方法:

- 1.判断速度方向: 带电粒子运动轨迹上某点的切线方向为粒子在该点处的速度方向。
- 2.判断静电力(或电场强度)的方向: 仅受静电力作用时, 带电粒子所受静电力方向指向轨迹曲线的凹侧, 再根据粒子的正负判断该点处电场强度的方向。
- 3.判断静电力做功的正负及电势能的增减: 若静电力与速度方向成锐角, 则静电力做正功, 电势能减少; 若静电力与速度方向成钝角, 则静电力做负功, 电势能增加。
- 4.判断粒子动能的增减: 可以根据动能定理判断动能的变化情况。

【例1】 如图所示, 实线表示某电场的电场线(方向未标出), 虚线是一带负电的粒子只在静电力作用下从 N 点运动到 M 点的运动轨迹, 设 M 点和 N 点的电势分别为 φ_M 、 φ_N , 加速度大小分别为 a_M 、 a_N , 速度大小分别为 v_M 、 v_N , 电势能分别为 E_{pM} 、 E_{pN} 。下列判断正确的是()



- A. $v_M < v_N$, $a_M > a_N$
- B. $v_M < v_N$, $\varphi_M < \varphi_N$
- C. $\varphi_M < \varphi_N$, $E_{pM} < E_{pN}$
- D. $a_M < a_N$, $E_{pM} < E_{pN}$

拓展1 例1中若粒子从 M 点运动到 N 点, 其他条件不变, 则 v_M _____ v_N , E_{pM} _____ E_{pN} 。

拓展2 若例1中实线为等差等势面, 其他条件不变, 下列选项正确的是()

- A. $v_M < v_N$, $a_M > a_N$
- B. $v_M < v_N$, $\varphi_M < \varphi_N$
- C. $\varphi_M < \varphi_N$, $E_{pM} < E_{pN}$
- D. $a_M < a_N$, $E_{pM} < E_{pN}$

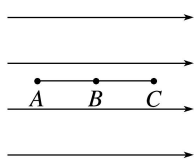
■ 总结提升 ■

1.在解决带电粒子在电场中运动轨迹问题时, 要分清题目中是电场线还是等势线, 一般选择轨迹与电场线(等势线)的交点进行分析。

2.判断静电力的方向时,若题目已知电场线,过交点作电场线的切线,结合轨迹确定具体的静电力的方向;
若题目已知等势线,过交点作等势线切线的垂线,结合轨迹确定具体的静电力方向。

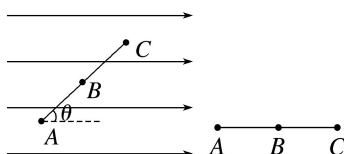
二、等分法确定等势面和电场线

【例 2】(1)如图甲,在匀强电场中,有 A 、 B 、 C 三点,其中 B 为 AC 的中点,则 U_{AB} _____ U_{BC} (填“>” “<” 或 “=”), $\varphi_B =$ _____ (用 φ_A 、 φ_C 表示)。

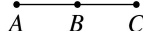


甲

(2)如图乙所示,若线段 ABC 与匀强电场夹角为 θ , B 为 AC 的中点,则 $\varphi_B =$ _____ (用 φ_A 、 φ_C 表示)。



乙



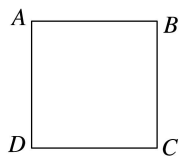
丙

(3)如图丙所示,在匀强电场中,若匀强电场的方向未知, B 仍为线段 AC 的中点,则 $\varphi_B =$ _____ (用 φ_A 、 φ_C 表示)。

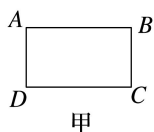
■ 总结提升 ■

匀强电场中任一线段 AC 的中点 B 的电势 $\varphi_B = \frac{\varphi_A + \varphi_C}{2}$ 。

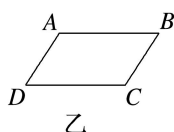
拓展 1 (1) A 、 B 、 C 、 D 是匀强电场中一正方形的四个顶点,已知 A 、 B 、 C 三点的电势分别为 $\varphi_A = 15 \text{ V}$ 、 $\varphi_B = 9 \text{ V}$ 、 $\varphi_C = -3 \text{ V}$,由此可知 $\varphi_D =$ _____ V 。



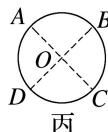
(2) A 、 B 、 C 、 D 是匀强电场中甲、乙、丙图形中的四个点,若 A 、 B 、 C 三点的电势分别为 $\varphi_A = 15 \text{ V}$ 、 $\varphi_B = 9 \text{ V}$ 、 $\varphi_C = -3 \text{ V}$,则 $\varphi_D =$ _____ V 。



甲



乙

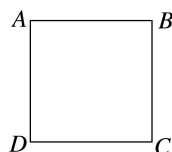


丙

■ 总结提升 ■

- 1.匀强电场中,关于同一点对称的任意两点的电势之和相等;
- 2.匀强电场中,若两线段平行且相等,两线段两端电势差相等。

拓展2 在图中,作出拓展1(1)中过A点的电场线。

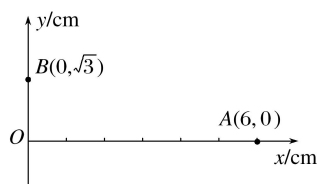


■ 总结提升 ■

用等分法确定匀强电场的电场方向的方法

- 1.由等分法确定各点电势;
- 2.连接电势相等的点画出等势线;
- 3.根据电场线与等势面垂直画出电场线;
- 4.由电势高的等势面指向电势低的等势面标出电场线的方向。

【例3】 如图所示,在平面直角坐标系中,有一个方向平行于坐标平面的匀强电场,其中坐标原点 O 处的电势为 0 ,点 A 处的电势为 6 V ,点 B 处的电势为 3 V ,则电场强度的大小为()



- A. 200 V/m B. $200\sqrt{3}\text{ V/m}$
C. 100 V/m D. $100\sqrt{3}\text{ V/m}$

■ 总结提升 ■

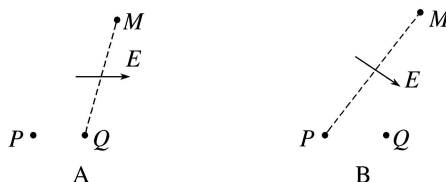
求匀强电场电场强度大小常用的方法

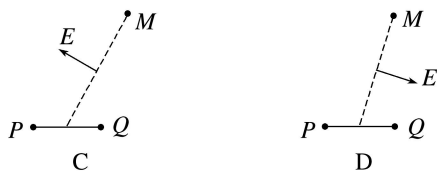
方法一: 确定两等势面间电势差 U 及等势面之间距离 d , 利用 $E = \frac{U}{d}$ 计算电场强度大小。

方法二: 分别利用 $E_x = \frac{U_x}{d_x}$ 和 $E_y = \frac{U_y}{d_y}$ 计算两个相互垂直方向上的电场强度大小, 再利用矢量合成求出合电场强度的大小。

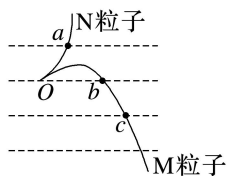
随堂演练

1.(2024·长沙市高二期末) P 、 Q 、 M 是在匀强电场中同一平面上的三个点, 已知各点电势 $\varphi_P = 10\text{ V}$ 、 $\varphi_Q = 2\text{ V}$ 、 $\varphi_M = 6\text{ V}$, 下列图中电场强度的方向表示正确的是()





2.(2024·哈尔滨市九中高二期)图中虚线为匀强电场中与电场强度方向垂直的等间距平行直线，两粒子 M、N 比荷相等，电性相反。现将 M、N 从虚线上的 O 点以相同速率射出，两粒子在电场中运动的轨迹分别如图中两条实线所示。点 a 、 b 、 c 为实线与虚线的交点，已知 O 点电势高于 c 点。若不计重力及两粒子间的相互作用，则()



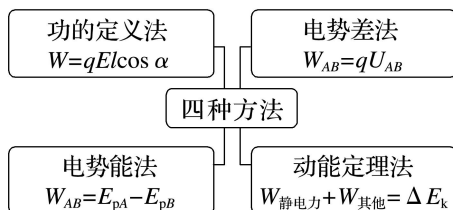
- A.M 带负电荷，N 带正电荷
- B.N 在 a 点的速度与 M 在 c 点的速度大小相等
- C.N 在 a 点的动能与 M 在 c 点的动能一定相同
- D.N 从 O 点运动至 a 点的过程中电势能增加

专题强化 4 静电场中的功能关系及图像问题

[学习目标] 1.能应用动能定理等分析静电场中的功能关系。2.理解 φ - x 、 E - x 和 E_p - x 等图像的意义并会应用图像解决电场问题。

一、静电场中的功能关系

1.静电力做功的计算



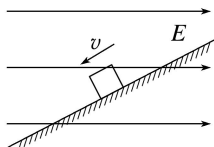
2.电场中常见的几种功能关系

(1)静电力做功等于带电体电势能的减少量, 即 $W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}=-\Delta E_p$ 。

(2)合外力做功等于带电体动能的变化量, 即 $W_{\text{合}}=\Delta E_k$, 这里的 $W_{\text{合}}$ 指合外力做的功。

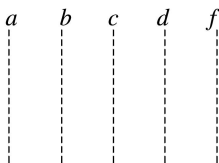
(3)只有静电力做功, 则带电体的动能和电势能之间相互转化, 二者总和不变, 即 $\Delta E_k=-\Delta E_p$ 。

【例 1】 (多选)如图所示, 在水平向右的匀强电场中有一绝缘斜面, 斜面上有一带电金属块沿斜面滑下。已知在金属块滑下的过程中动能增加了 12 J, 金属块克服摩擦力做功 8 J, 重力做功 24 J, 则以下判断正确的是()



- A.金属块带正电荷
- B.金属块的机械能减少 12 J
- C.金属块克服静电力做功 8 J
- D.金属块的电势能减少 4 J

【例 2】 (多选)图中虚线 a 、 b 、 c 、 d 、 f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面, 已知平面 b 上的电势为 2 V。一电子经过 a 时的动能为 10 eV, 从 a 到 d 的过程中克服静电力所做的功为 6 eV。下列说法正确的是()



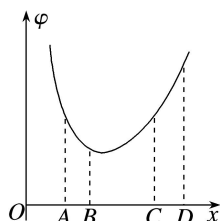
- A.平面 c 上的电势为零
- B.该电子可能到达不了平面 f

- C.该电子经过平面 d 时, 其电势能为 4 eV
 D.该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

二、电场中的图像问题

1. φ - x 图像

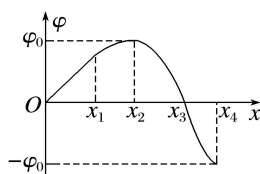
(1) φ - x 图像的意义: 反映了电势 φ 随位置 x 变化的规律。在 φ - x 图像中根据纵坐标值可以直接判断各点电势的高低。



(2) φ - x 图线的斜率绝对值表示沿 x 轴方向电场强度的大小; 电场强度为零处, 其切线的斜率为零。

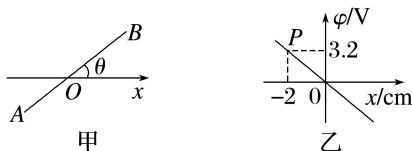
(3)设电场强度的方向与 x 轴平行, 图像中沿 x 轴电势降低的方向即为电场强度方向。图中 A 点电势高于 B 点电势, 故 A 、 B 间电场方向沿 x 轴正方向, C 点电势低于 D 点电势, 故 C 、 D 间电场方向沿 x 轴负方向。

【例 3】 (2024·海南苗族自治县高二开学考试)在 x 轴方向存在一静电场, 其电势 φ 与 x 的关系如图所示, 其中 $O \sim x_1$ 之间的 φ - x 图像为倾斜直线, 下列判断正确的是()



- A. $O \sim x_1$ 之间的电场为匀强电场, 电场方向沿 x 轴正方向
 B. $x=x_2$ 处的电势最高, 电场强度为零
 C. $x=x_3$ 处的电势和电场强度均为零
 D. 若将正电荷从 O 点沿 x 轴移动到 x_4 处, 静电力做功为零

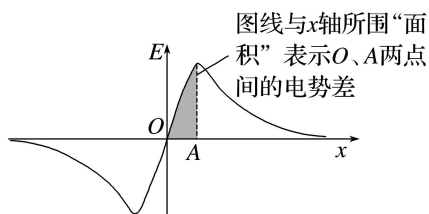
针对训练 如图甲所示, 直线 AB 是电场中的一条电场线, 沿与直线 AB 成 $\theta=37^\circ$ 角方向建立一维坐标轴 Ox , 令原点 O 处电势为零, 则沿 Ox 坐标轴上各点的电势 φ 与 x 坐标的关系如图乙所示, 直线上 P 点坐标已标注在图中。下列说法正确的是($\cos 37^\circ=0.8$)()



- A. 电场方向由 B 指向 A
 B. 电场方向沿 x 轴正方向
 C. 原点 O 处的电场强度大小为 $2 \times 10^2\text{ V/m}$
 D. 原点 O 处的电场强度大小为 $1.6 \times 10^2\text{ V/m}$

2. E - x 图像

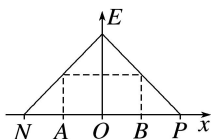
(1) E - x 图像的意义：反映了沿 x 轴方向电场强度 E 随 x 变化的规律。



(2) 设 x 轴正方向为电场强度的正方向， $E > 0$ 表示电场强度沿 x 轴正方向； $E < 0$ 表示电场强度沿 x 轴负方向。

(3) 图线与 x 轴围成的“面积”表示电势差，“面积”大小表示电势差大小，两点的电势高低根据电场方向判定。

【例 4】 (2024·天津市五校高二期中) 某半导体 PN 结中存在电场，取电场强度 E 的方向为 x 轴正方向，其 E - x 关系图像如图所示，已知 $NA=AO=OB=BP$ 。取 O 点的电势为零，则()



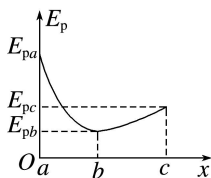
- A. A 点电势低于 B 点电势
- B. 电子从 N 移到 P 的过程中，电势能先增大后减小
- C. 电子由 N 运动到 P 的过程静电力先减小后增大
- D. N 、 A 两点之间的电势差小于 A 、 O 两点之间的电势差

3. E_p - x 图像

(1) E_p - x 图像的物理意义：反映了电势能 E_p 随 x 变化的规律。

(2) 图像切线的斜率绝对值表示静电力大小。图像切线斜率为零时静电力为零，该点的电场强度的大小也为零。

【例 5】 (2024·太原市高二期中) a 、 b 、 c 是静电场中一直线上的三个点，从 a 点释放一个初速度为零的电子，电子仅在静电力的作用下，由 a 点经 b 点运动到 c 点，其电势能随该电子位置的变化关系如图所示，下列说法正确的是()



- A. 该电场可能是孤立的点电荷产生的
- B. 电子在 a 点加速度小于在 b 点加速度
- C. 电场中 a 点的电势低于 b 点的电势
- D. 电子从 a 点到 c 点的过程中动能先减小后增大

4 电容器的电容

第1课时 电容器的电容

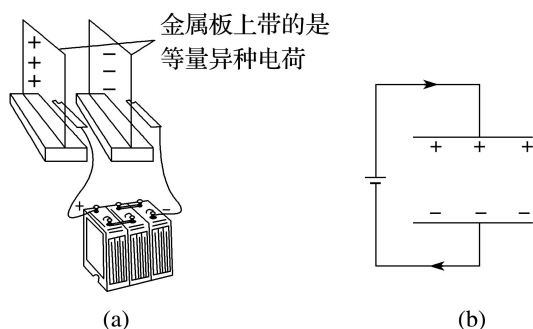
[学习目标] 1.知道什么是电容器及电容器的主要构造。2.理解电容的概念及其定义式(重难点)。3.知道电容器充、放电的实验原理和实验电路。

一、电容器

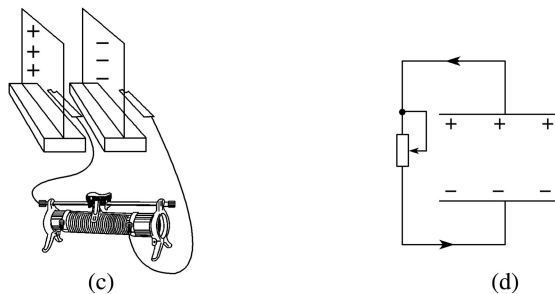
1.基本构造：任何两个彼此_____又相距很近的导体，都可以看成一个电容器。

2.充电、放电：

(1)充电：把电容器的两个极板与电源的_____相连，使两个极板上带上_____的过程。充电后，跟电源正极相连的极板带_____电，跟电源负极相连的极板带_____电。充电过程如图(a)、(b)所示。



(2)放电：用导线把充电后的电容器的_____接通，两个极板上的电荷_____，电容器失去电荷的过程。放电后，电容器任一极板带电荷量均为_____。放电过程如图(c)、(d)所示。



3.从能量的角度区分充电与放电：充电是从电源获得能量储存在电容器中，放电是把电容器中的_____通过电流做功转化为电路中其他形式的能量。

4.电容器的电荷量：其中_____极板所带电荷量的绝对值。

「易错辨析」

(1)电容器只能储存同种电荷。()

(2)电容器带电时，只有一个极板上有电荷。()

(3)一个极板带电荷量是 Q ，则电容器的电荷量为 $2Q$ 。()

二、电容

1. 电容

(1)定义：电容器所带的_____与电容器两极板之间的_____之比，叫作电容器的电容。

(2)定义式：_____ (比值定义法)， Q 指一个极板所带电荷量的绝对值。

(3)电容的国际单位：_____，简称：_____，用字母_____表示，常用的单位还有微法和皮法， $1 \text{ F} = \text{_____} \mu\text{F} = \text{_____} \text{ pF}$ 。

(4)物理意义：描述电容器容纳电荷本领大小的物理量。

(5)由 $C = \frac{Q}{U}$ 表明，电容器的电容在数值上等于使两极板间的电势差为_____时电容器所带的电荷量。

2. 击穿电压和额定电压

(1)击穿电压：电介质不被_____时加在电容器两极板上的_____电压，若电压超过这一限度，电容器就会损坏。

(2)额定电压：电容器外壳上标的电压是工作电压，也是电容器正常工作时所能承受的最大电压。

(3)额定电压比击穿电压_____。

『易错辨析』

(1)放电的电容器电荷量为零，电容也为零。()

(2)对于确定的电容器，它所带电荷量与它两极板间电压的比值保持不变。()

(3)当加在电容器两端的电压超过额定电压时，电容器将被击穿。()

【例 1】 (来自教材改编)(2024·陕西瑞泉中学高二月考)心室纤颤是一种可能危及生命的疾病。一种叫作心脏除颤器的医疗设备，其工作原理是通过一个充电的电容器对心室纤颤患者皮肤上安装的两个电极板放电，让一部分电荷通过心脏，使心脏停止跳动，再刺激心室纤颤患者的心脏恢复正常跳动。若心脏除颤器的电容器电容为 $15 \mu\text{F}$ ，充电至 9.0 kV 电压，如果电容器在 2.0 ms 时间内完成放电，放电结束时电容器两极板间的电势差减为零。下列说法正确的是()

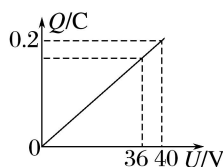
A.若充电至 4.5 kV ，则该电容器的电容为 $7.5 \mu\text{F}$

B.充电至 9.0 kV 时，该电容器所带电荷量是 0.27 C

C.这次放电过程中有 0.135 C 的电荷通过人体组织

D.这次放电过程中有 0.27 C 的电荷通过人体组织

【例 2】 如图所示为某一电容器所带电荷量和两端电压之间的关系图线，若将该电容器两端的电压从 40 V 降低到 36 V ，对该电容器来说正确的是()

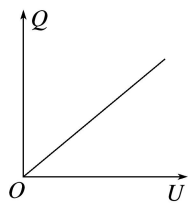


A.是充电过程

- B.是放电过程
- C.该电容器的电容为 $5 \times 10^{-2} \text{ F}$
- D.该电容器的电荷量变化量为 0.2 C

■ 总结提升 ■

电容器电容的另一表达式



如图所示， Q - U 图像是一条过原点的直线，其中 Q 为一个极板上所带电荷量的绝对值， U 为两极板间的电势差，直线的斜率表示电容大小。因此 $C=\frac{\Delta Q}{\Delta U}$ ，即电容的大小在数值上等于两极板间的电压增加(或减小) 1 V 所增加(或减小)的电荷量。

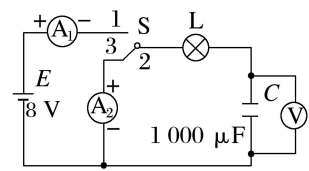
三、实验：观察电容器的充、放电现象

1.实验器材

8 V 的直流电源、单刀双掷开关、平行板电容器、电流表、电压表、小灯泡、导线若干。

2.实验步骤

(1)按图连接好电路。



- (2)将单刀双掷开关 S 接触点 1，观察电容器的充电现象，并将结果记录在表格中。
- (3)将单刀双掷开关 S 接触点 3，观察电容器的放电现象，并将结果记录在表格中。
- (4)关闭电源。

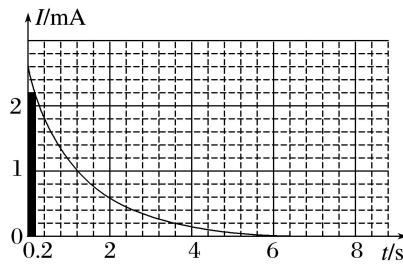
3.实验记录和分析

实验项目		实验现象
电容器 充电	灯泡	灯泡的亮度由_____到_____最后_____(均选填“明”“暗”或“熄灭”)
	电流表 1	电流表 1 的读数由_____到_____最后为_____(均选填“大”“小”或“零”)
	电压表	电压表的读数由_____到_____(均选填“大”或“小”)最后稳定为某一数值

电容器 放电	灯泡	灯泡的亮度由_____到_____最后_____(均选填“明”“暗”或“熄灭”)
	电流表 2	电流表 2 的读数由_____到_____最后为_____(均选填“大”“小”或“零”)
	电压表	电压表的读数由_____到_____最后为_____(均选填“大”“小”或“零”)

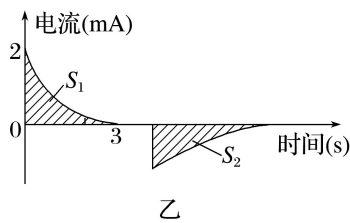
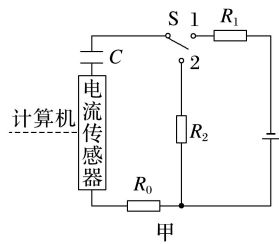
【思考与讨论】

一位同学用电流传感器(相当于电流表)观察电容器放电过程的变化情况得到的 $I-t$ 图像如图所示, 电源电压为直流 8 V 。



- (1)在图中画一个竖立的狭长矩形(在图的最左边), 它的面积的物理意义是什么。
- (2)怎样根据 $I-t$ 图像估算电容器在全部放电过程中释放的电荷量? 试着算一算。

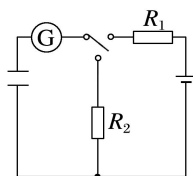
【例 3】 (2024·莆田市高二期中)如图甲是利用电流传感器系统研究电容器的充、放电过程。电路中的电流传感器可以捕捉瞬时的电流变化。图甲直流电源电压为 8 V , 充电前电容器带电荷量为零。先使 S 与“1”端相连, 电源向电容器充电。充电结束后, 使 S 与“2”端相连, 直至放电完毕。计算机记录的电流随时间变化的 $I-t$ 曲线如图乙所示。



- (1)在电容器充电与放电过程中,通过电阻 R_0 的电流方向_____(选填“相同”或“相反”)。
- (2)图像阴影为 $I-t$ 曲线图像与对应时间轴所围成的面积,乙图中阴影部分的面积 S_1 _____ S_2 (选填“>”“<”或“=”)。
- (3)已知 $S_1=3.2 \text{ mA}\cdot\text{s}$,则该电容器的电容值为_____ F(保留两位有效数字)。
- (4)由甲、乙两图可判断阻值 R_1 _____ R_2 (选填“>”“<”或“=”)。

■ 总结提升 ■

如图所示,研究电容器充放电的过程:



- (1)电容器充电结束时,电容器两端的电压等于电源电压(与 R_1 阻值无关)。
- (2)充电的电荷量与放电的电荷量相等,若与电容器串联的电阻阻值增大,充(放)电时间延长。

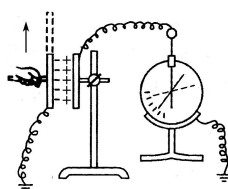
第2课时 平行板电容器的电容

[学习目标] 1.了解影响平行板电容器电容大小的因素,并能进行有关的分析和计算(重点)。2.掌握平行板电容器两类动态变化问题的分析方法(重难点)。3.会分析平行板电容器中的力学问题(重点)。

一、平行板电容器的电容

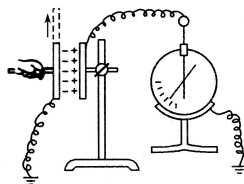
1.在探究影响平行板电容器电容大小的因素的实验中静电计在实验中的作用是什么?

2.如图,实验中待测电容器所带的电荷量是否变化?实验中怎样知道电容器电容变大还是变小?

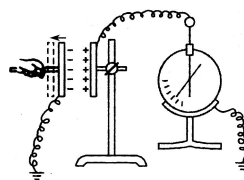


3.利用平行板电容器进行实验

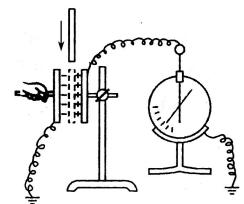
(1)如图所示,保持 Q 和 d 不变,减小两极板的正对面积 S ,观察到静电计指针偏转角增大,请依据 $C=\frac{Q}{U}$ 分析电容 C 的变化。



(2)如图所示,保持 Q 和 S 不变,增大两极板间的距离 d ,观察到静电计指针偏转角增大,分析电容 C 的变化。



(3)如图所示,保持 Q 、 S 、 d 不变,插入电介质,观察到静电计指针偏转角减小,分析电容 C 的变化。



「梳理与总结」

1. 平行板电容器电容的决定因素：电容 C 与两极板间电介质的相对介电常数 ϵ_r 成_____，与极板的正对面积 S 成_____，与两极板间的距离 d 成_____。

2. 平行板电容器电容的决定式： $C=_____$ ， ϵ_r 为电介质的相对介电常数， k 为静电力常量。当两极板间是真空时， $\epsilon_r=_____$ 。空气的相对介电常数十分接近 1。

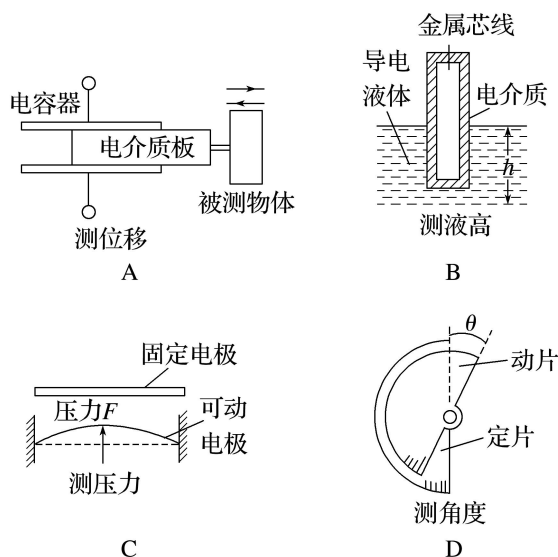
3. 常用电容器

(1) 分类：从构造上看，可以分为_____电容器和_____电容器两类。

(2) 固定电容器有：_____电容器、_____电容器等。

(3) 可变电容器由两组铝片组成，固定的一组铝片叫_____，可以转动的一组铝片叫_____。转动动片，使两组铝片的_____发生变化，电容就随着改变。

【例 1】 (2024·扬州市高二期中) 传感器是自动控制设备中不可缺少的元件，已经渗透到宇宙开发、环境保护、交通运输以及家庭生活等各个领域。几种电容式传感器如图所示，其中通过改变电容器两极板间的距离而引起电容变化的是()



【例 2】 (2024·华东师范大学附属东昌中学高二期中) 如图，我们在办理身份证时进行了指纹采集。电容式指纹识别的原理是手指与传感器表面接触时，皮肤表面会和传感器上许许多多相同面积的小极板一一匹配成电容不同的平行板电容器，从而识别出指纹的纹路。相比于极板与指纹的凸点处构成的电容器，极板与指纹沟(凹的部分)构成的电容器电容_____ (填“大”或“小”)，若增大电容器的电压，电容器电容将_____ (填“变大”“变小”或“不变”)。



■ 总结提升 ■

1.公式 $C=\frac{Q}{U}$ 和 $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 的比较

	$C=\frac{Q}{U}$	$C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$
特点	定义式	决定式
意义	对某电容器 $Q\propto U$ ，但 $\frac{Q}{U}=C$ 不变，反映电容器容纳电荷的本领	反映了影响电容大小的因素
适用范围	任何电容器	平行板电容器

2. 电容器容纳电荷的本领由 $\frac{Q}{U}$ 来量度，由本身的结构(如平行板电容器的 ϵ_r 、 S 、 d 等因素)来决定。

二、平行板电容器的两类动态问题

1.两类基本问题

以下两种情形下，若电容器的某一物理量发生变化，求其他物理量的变化情况。

- (1)电容器始终与电池两极相连，稳定后，电容器上的电压不变。
- (2)电容器和电源连接后再断开，电容器上的电荷量不变。

2.平行板电容器动态问题的分析方法

抓住不变量，分析变化量，紧抓三个公式：

$C=\frac{Q}{U}$ 、 $E=\frac{U}{d}$ 和 $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$

3.平行板电容器的两类典型问题基本思路

(1) U 不变的情形

由 $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}\rightarrow C\propto\frac{\epsilon_r S}{d}$ ，可知 C 的变化情况

由 $Q=UC$ 判断 Q 的变化情况

由 $E=\frac{U}{d}$ 判断 E 的变化情况

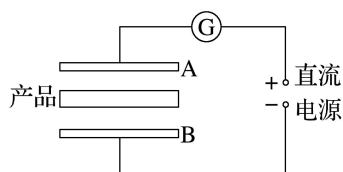
(2) Q 不变的情形

由 $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}\rightarrow C\propto\frac{\epsilon_r S}{d}$ ，可知 C 的变化情况

由 $U=\frac{Q}{C}$ 判断 U 的变化情况

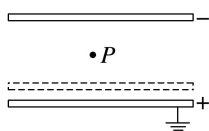
由 $E=\frac{U}{d}=\frac{Q}{Cd}=\frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}\rightarrow E\propto\frac{1}{\epsilon_r S}$ ，可知 E 随 S 、 ϵ_r 的变化而变化，但与 d 无关，不随 d 的变化而变化。

【例 3】 (2024·广州市高二期中)在某流水线上用如图所示的传感器来监控产品的厚度，其中 A、B 为平行板电容器的上、下两个极板，上下位置均固定，且分别接在恒压直流电源的两极上，G 是灵敏电流计。当产品的厚度变薄导致相对介电常数 ϵ_r 变小时，则有()



- A.极板间的电压变小
- B.极板上所带的电荷量变大
- C.平行板电容器的电容变大
- D.有向右的电流流过灵敏电流计

【例 4】 一平行板电容器充电后与电源断开，正极板接地，在两极板间有一正电荷(电荷量很小)固定在 P 点，如图所示，以 E 表示两极板间的电场强度， U 表示电容器的电压， E_p 表示正电荷在 P 点的电势能。若保持负极板不动，将正极板移到图中虚线所示的位置，则()



- | | |
|---------------------|---------------------|
| A. U 变小， E 不变 | B. E 变大， E_p 变大 |
| C. U 变小， E_p 不变 | D. U 不变， E_p 不变 |

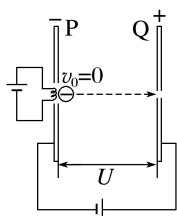
5 带电粒子在电场中的运动

第 1 课时 带电粒子在电场中的运动

[学习目标] 1.能从力和能量的角度分析带电粒子在电场中的加速问题(重点)。2.能运用类平抛运动的分析方法研究带电粒子在电场中的偏转问题(重难点)。

一、带电粒子在电场中的加速

【例 1】 如图所示,炽热的金属丝可以发射电子。在金属板 P、Q 间加电压 U , 发射出的电子在真空中加速后, 从金属板的小孔穿出。设电子刚离开金属丝时的速度为零, 电子质量为 m 、电荷量大小为 e 。



(1)已知电子的质量为 $m=9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 电荷量为 $e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, 若极板电压 $U=200 \text{ V}$, 板间距离为 $d=2 \text{ cm}$, 则电子的重力与所受静电力的比值为_____(g 取 10 m/s^2 , 结果保留一位有效数字), 通过以上数据可知, 在研究电子运动的过程_____ (选填“需要”或“不需要”)考虑重力。

(2)电子在 P、Q 间做什么运动?

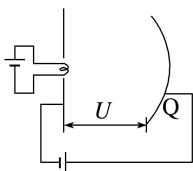
(3)求电子到达正极板时的速度大小(用两种方法求解, 结果用字母表示)。

拓展 1 (1)若保持 P、Q 间电压不变, 增大 P、Q 两板间的距离, 电子到达极板时所用的时间_____ (填“变长”“不变”或“变短”), 电子到达 Q 板的速率_____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

(2)如何增大电子到达 Q 板的速率?

拓展 2 若电子的初速度 $v_0 \neq 0$, 电子到达 Q 板的速率为_____。

拓展 3 如图所示, 若 Q 板为其他形状, 两极板间不是匀强电场, 该用何种方法求解。



■ 总结提升 ■

1. 带电粒子的分类及受力特点

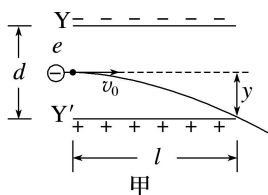
(1) 电子、质子、 α 粒子、离子等基本粒子，重力远小于静电力，一般都不考虑重力，但不能忽略质量。

(2) 质量较大的微粒，如带电小球、带电油滴、带电颗粒等，除有说明或有明确地暗示外，处理问题时一般都不能忽略重力。

2. 带电粒子在带电金属板间加速后的速率仅与带电粒子的初速度大小及两板间的电压有关，与板间距离无关。

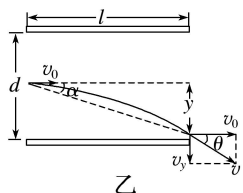
二、带电粒子在电场中的偏转

【例 2】 如图甲，两个相同极板 Y 与 Y' 的长度为 l ，间距为 d ，极板间的电压为 U 。一个质量为 m 、电荷量为 e 的电子沿平行于板面的方向射入电场中，射入时的速度为 v_0 。把两极板间的电场看作匀强电场。



(1) 电子在电场中做什么运动？如何处理？

(2) 设电子不与平行板相撞，如图乙，完成下列内容(均用题中所给字母表示)。



① 电子通过电场的时间 $t = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

② 静电力方向：加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ ，离开电场时垂直于极板方向的分速度 $v_y = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

③ 速度与初速度方向夹角的正切值 $\tan \theta = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

④ 离开电场时沿静电力方向的偏移量 $y = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

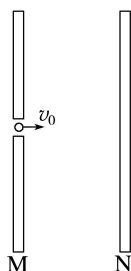
■ 总结提升 ■

带电粒子在匀强电场中的偏转问题类似于平抛运动，运用运动的合成与分解来分析：将运动分解为沿初速度方向的匀速直线运动和垂直初速度方向的初速度为零的匀加速直线运动，在这两个方向上分别列运动学或牛顿第二定律方程求解物理量。

拓展 若电子可以飞出极板，两极板间距 d 应满足什么条件？

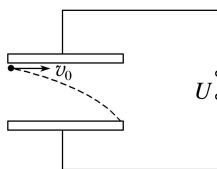
随堂演练

1. 如图所示，M、N是真空中两块相距为 d 的平行金属板。质量为 m 、电荷量大小为 q 的带电粒子，以初速度 v_0 由小孔进入电场，当 M、N 间电压为 U 时，粒子恰好能到达 N 板。如果要使这个带电粒子到达距 N 板 $\frac{d}{3}$ 后返回，下列措施中能满足要求的是(不计带电粒子的重力)()



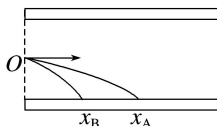
- A. 使初速度减为原来的 $\frac{1}{3}$
 B. 使 M、N 间电压提高到原来的 2 倍
 C. 使 M、N 间电压提高到原来的 3 倍
 D. 使初速度和 M、N 间电压都减为原来的 $\frac{2}{3}$

2. 如图所示，两金属板与电源相连接，电压为 U ，电子从上极板边缘垂直电场方向，以速度 v_0 射入匀强电场，且恰好从下极板边缘飞出，两板之间距离为 d 。现在保持电子入射速度和入射位置(紧靠上极板边缘)不变，仍要让其从下极板边缘飞出，则下列操作可行的是()



- A. 电压调至 $2U$ ，板间距离变为 $2d$
 B. 电压调至 $2U$ ，板间距离变为 $\sqrt{2}d$
 C. 电压调至 $\sqrt{2}U$ ，板间距离变为 $2d$
 D. 电压调至 $\sqrt{2}U$ ，板间距离变为 $\frac{d}{2}$

3. 如图所示，带电荷量之比为 $q_A : q_B = 1 : 3$ 的带电粒子 A、B，先后以相同的速度从同一点水平射入平行板电容器中，不计重力，带电粒子偏转后打在同一极板上，水平飞行距离之比为 $x_A : x_B = 2 : 1$ ，则带电粒子的质量之比 $m_A : m_B$ 以及在电场中飞行的时间之比 $t_A : t_B$ 分别为()



A. $1 : 1, 2 : 3$

B. $2 : 1, 3 : 2$

C. $1 : 1, 3 : 4$

D. $4 : 3, 2 : 1$

第 2 课时 带电粒子在电场中偏转的推论和示波管的原理

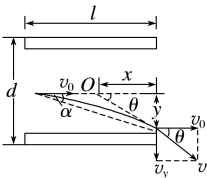
[学习目标] 1.知道带电粒子在电场中偏转的三个重要推论并会应用推论解决带电粒子在电场中的偏转问题(重点)。2.知道示波管的主要构造和工作原理。

一、带电粒子在电场中偏转的三个重要推论

【例 1】 带电粒子(不计重力)垂直进入偏转电场，粒子从偏转电场中射出时，其速度反向延长线与初速度方向交于一点，试证明此点为粒子沿初速度方向位移的中点。

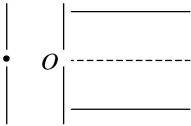
■ 总结提升 ■

推论 1：如图所示，粒子从偏转电场中射出时，其速度的反向延长线与初速度方向交于一点，此点平分沿初速度方向的位移。



推论 2：位移方向与初速度方向间夹角的正切值为速度偏转角正切值的 $\frac{1}{2}$ ，即 $\tan \alpha=\frac{1}{2}\tan \theta$ 。

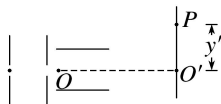
【例 2】 如图所示，一带电粒子先经加速电场加速后，又沿着平行于板面的方向从 O 点垂直进入偏转电场，已知加速电场的电压为 U_0 ，偏转电场的电压为 U ，极板长度为 l ，极板间距为 d ，不计粒子重力，求：



- (1)粒子离开偏转电场时速度偏转角的正切值 $\tan \theta$;
- (2)粒子射出偏转电场时的偏移距离 y 。

拓展 1 (来自教材)让一价氢离子、一价氦离子和二价氦离子的混合物由静止开始经过同一加速电场加速,然后在同一偏转电场里偏转,它们是否会分离为三股粒子束?

拓展 2 若在偏转极板右侧有一荧光屏,极板的右端与荧光屏的距离为 L , 如图所示,求粒子打在荧光屏上的位置 P 与荧光屏中心 O' 点之间的距离 y' 。

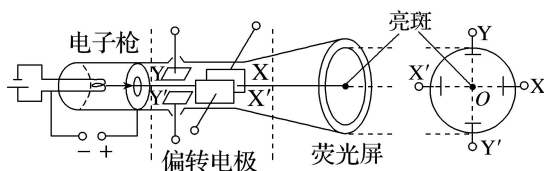


■ 总结提升 ■

推论 3: 初速度为零的不同的带电粒子(电性相同),经同一电场加速后,垂直进入同一偏转电场,则它们的运动轨迹必定重合。偏移距离与偏转角只与加速电压及偏转电压有关,与粒子(质量、电荷量)无关。

二、示波管的原理

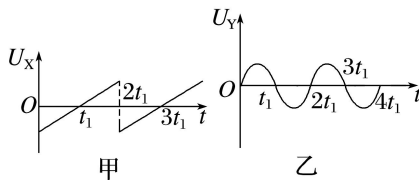
1.构造: 示波管主要是由电子枪、偏转电极(XX'和 YY')、荧光屏组成,管内抽成真空(如图)。



2.作用

(1)电子枪的作用是产生_____的一束电子。

(2)示波管的 XX'偏转电极通常接入仪器自身产生的锯齿形电压(图甲),叫作_____。YY'偏转电极上加的是待测的_____(例如图乙)。



(3)荧光屏的作用是显示电子的偏转情况。

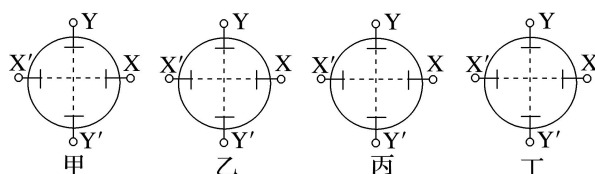
『思考与讨论』

(1)如果在偏转电极 XX' 之间和偏转电极 YY' 之间都没有加电压，电子束从电子枪射出后打在荧光屏上的哪个位置？在图甲中标出来。

(2)①如果仅在 XX' 之间加上扫描电压，荧光屏上会看到什么样的亮线？在图乙中标出来。

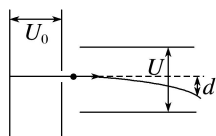
②如果仅在 YY' 之间加上正弦式信号电压，荧光屏上会看到什么样的亮线？在图丙中标出来。

③如果同时在 XX' 、 YY' 之间加上扫描电压和正弦式信号电压，荧光屏上会看到什么样的亮线？在图丁中标出来。



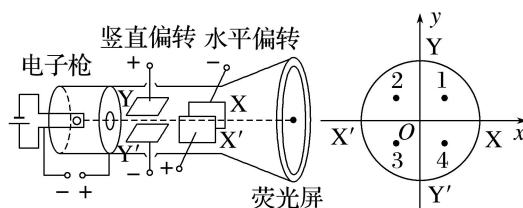
随堂演练

1.(2024·内蒙古高二期中)如图，初速度为零的电子经加速电场加速后，垂直射入偏转电场，射出时偏转位移为 d ，若要使 d 增大些，下列措施可行的是()



- A. 增大偏转电场极板间距离
- B. 适当减小加速电压 U_0
- C. 适当减小偏转电压 U
- D. 减小加速电场板间距离

2.如图是示波管的示意图，从电子枪发出的电子通过两对偏转电极，如果偏转电极不加电压，则电子沿直线打在荧光屏的中心 O ，当在两对偏转电极上同时加上电压后，电子将偏离中心打在某个位置，现已标出偏转电极所加电压的正负极，从示波管的右侧来看，电子可能会打在荧光屏上哪一位置()



- A. 1 位置
- B. 2 位置
- C. 3 位置
- D. 4 位置

专题强化 5 带电粒子在交变电场中的运动

[学习目标] 1.会分析带电粒子在交变电场中的直线运动(重点)。2.会分析带电粒子在交变电场中的曲线运动(重难点)。

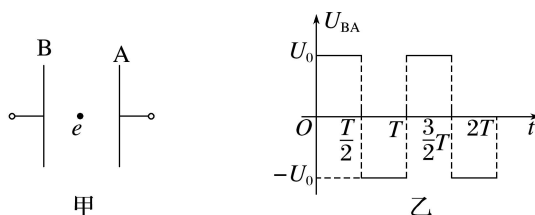
一、带电粒子在交变电场中的直线运动

1.交变电场

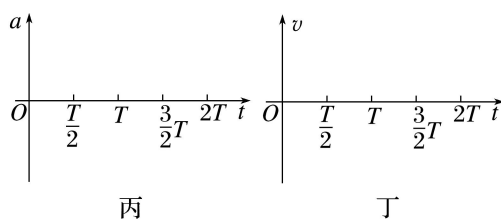
电场强度的大小和方向随时间做周期性变化的电场叫作交变电场(常见的产生交变电场的电压波形有方波、锯齿波、正弦波等)。

2.此类问题中,带电粒子进入电场时初速度为零,或初速度方向与电场方向平行,带电粒子在交变电场静电力的作用下,做加速、减速交替的直线运动。

【例 1】如图甲所示, A、B 是一对平行的金属板, 一电子静止在两极板中间, $t=0$ 时刻在两极板间加上如图乙所示周期为 T 的交变电压 U_{BA} , 已知电子的质量为 m 、电荷量为 e , 两板间的距离为 d , (电子在 $0\sim 2T$ 时间内不与极板发生碰撞), 设电子向 B 板运动方向为正方向。



(1)试在图丙中作出电子的加速度随时间变化的图像。

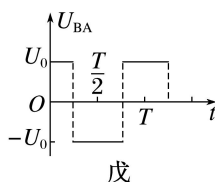


(2)试在图丁中作出电子的速度随时间变化的图像(不用计算最大速度)。

(3)下列关于电子运动情况的说法正确的是_____。

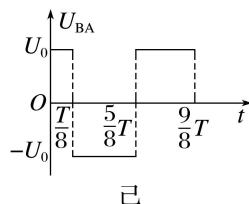
- A.电子一直向 A 板运动
- B.电子一直向 B 板运动
- C.电子先向 A 板运动, 然后向 B 板运动, 再返回出发点做周期性来回运动
- D.电子先向 B 板运动, 然后向 A 板运动, 再返回出发点做周期性来回运动

拓展 1 若两金属板间加上如图戊所示的交变电压, 电子的运动情况为()



- A. 电子一直向 A 板运动
 B. 电子一直向 B 板运动
 C. 电子先向 A 板运动, 然后向 B 板运动, 再返回出发点做周期性来回运动
 D. 电子先向 B 板运动, 然后向 A 板运动, 返回出发点后做周期性来回运动

拓展 2 若两极板间加上如图己所示的交变电压, 电子的运动情况可能为()



- A. 电子一直向 A 板运动
 B. 电子一直向 B 板运动
 C. 电子时而向 A 板运动, 时而向 B 板运动, 若运动时间足够长, 电子最后打在 A 板上
 D. 电子时而向 A 板运动, 时而向 B 板运动, 若运动时间足够长, 电子最后打在 B 板上

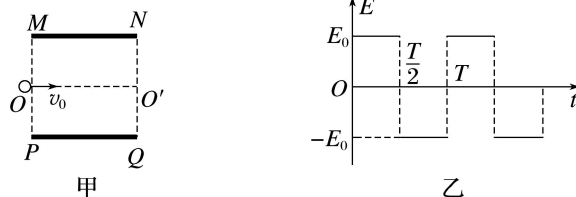
■ 总结提升 ■

解决带电粒子在交变电场中直线运动问题的思路

- (1) 通常将 $U-t$ 图像、 $E-t$ 图像、 $\varphi-t$ 图像等转化为 $a-t$ 图像, 进一步绘制出 $v-t$ 图像, 可将复杂的运动过程直观地描述出来。
 (2) 判断粒子一直向某一方向运动, 还是做往复运动, 关键是判断粒子的速度为零后加速度的方向, 若加速度的方向与原来速度方向相同, 粒子将继续向同一方向运动, 若粒子加速度方向与原来运动方向相反, 粒子将向反方向运动。

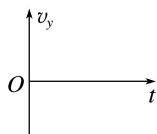
二、带电粒子在交变电场中的曲线运动

【例 2】 如图甲所示, 两平行金属板 MN 、 PQ 的板长和板间距离相等, 板间存在如图乙所示的随时间周期性变化的电场, 周期为 T , 电场方向与两板垂直, 不计重力的带电粒子沿板间中线 OO' 垂直电场方向源源不断地射入电场, 粒子射入电场时的初速度大小均为 v_0 , 已知 $t=0$ 时刻射入电场的粒子经过时间 T 刚好沿上板右边缘垂直电场方向射出电场。不计粒子间的相互作用, 请分析以下情况:



- (1) $t=0$ 时刻射入电场的粒子在 $0 \sim T$ 内, 沿电场方向的运动情况:

由题意得 $0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内, 在沿电场方向上, 粒子做_____运动, $t = \frac{T}{2}$ 时刻, v_y _____(填“最大”或“最小”), $\frac{T}{2} \sim T$ 时间内, 在沿电场方向上, 粒子做_____运动, $t = T$ 时刻, $v_y =$ _____。
画出沿电场方向的分速度 v_y - t 图像。



(2) 该粒子离开极板时的速度 $v =$ _____;

(3) 若一个粒子从 $\frac{T}{4}$ 时刻射入电场, 粒子离开极板的时刻为_____, 粒子离开极板的速度 $v' =$ _____, 离开极板的位置为_____。

拓展 (1) 试分析会不会有粒子打到极板上。

(2) 试分析是否所有粒子均沿垂直电场方向射出电场。

■ 总结提升 ■

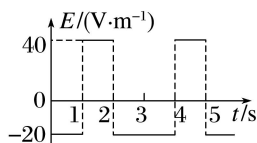
若带电粒子以一定的初速度垂直于电场方向进入交变电场, 粒子将做曲线运动, 应运用运动的独立性, 分方向对粒子进行运动分析:

(1) 在初速度方向上, 粒子做匀速直线运动。

(2) 在垂直于初速度方向上, 粒子做匀加速、匀减速交替的运动, 可利用 v_y - t 图像进行速度、位移的分析。

随堂演练

1. (多选) 如图所示为匀强电场的电场强度 E 随时间 t 变化的图像。当 $t = 0$ 时, 在此匀强电场中由静止释放一个带电粒子, 设带电粒子只受静电力的作用, 则下列说法中正确的是()



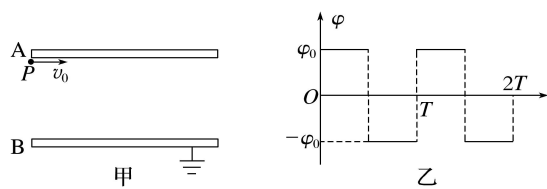
A. 带电粒子将做往复运动

B. 2 s 末带电粒子离出发点最远

C. 2 s 末带电粒子的速度为零

D. 0~3 s 内, 静电力做的总功为零

2. (多选) 如图甲所示, 长为 $2d$ 的两水平金属板 A、B 组成一间距为 d 的平行板电容器, 电容器的 B 板接地, A 板电势 φ 与时间 t 的变化关系如图乙所示, 其周期 $T = \frac{d}{v_0}$ 。P 为靠近 A 板左侧的一粒子源, 能够水平向右发射初速度为 v_0 的相同带电粒子。已知 $t = 0$ 时刻发射的粒子刚好能从 B 板右侧边缘离开电容器, 则下列判断正确的是()



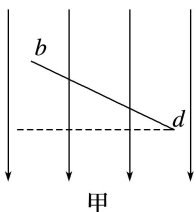
- A. $t=0$ 时刻发射的粒子从 B 板右侧离开时的速度大小仍为 v_0
- B. 该粒子源发射的粒子的比荷为 $\frac{2v_0^2}{\varphi_0}$
- C. $t=\frac{T}{4}$ 时刻射入的粒子离开电容器时的电势能小于射入时的电势能
- D. $t=0$ 时刻发射的粒子经过 $\frac{T}{2}$ 的时间，其速度大小为 $\sqrt{2}v_0$

专题强化 6 带电粒子在电场和重力场中的运动

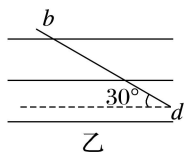
[学习目标] 1.会应用运动和力、功和能的关系分析带电粒子在电场和重力场中的运动问题(重难点)。2.会利用“等效法”解决带电粒子在电场和重力场中圆周运动的临界问题(重难点)。

一、带电粒子在电场和重力场中的直线运动

【例 1】(1)如图甲，一带电液滴沿直线从 b 点运动到 d 点， bd 与水平面成 30° 角，匀强电场方向竖直向下，液滴的质量为 m ，带电荷量为 q ，重力加速度为 g ，则液滴带_____电(填“正”或“负”)，电场强度 $E = \frac{mg}{q}$ ，液滴做_____运动。



(2)如图乙，若其他条件不变，电场方向_____，电场强度为_____，液滴做_____运动，加速度大小 $a = \frac{mg}{q}$ 。



■ 总结提升 ■

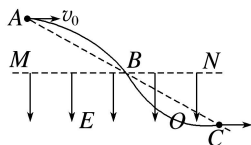
带电粒子在电场中做直线运动的条件

不可忽略重力的带电粒子(如油滴、小球等)在匀强电场中做直线运动时，重力与静电力的合力为恒力

- 1.若合力的方向与运动方向在同一条直线上，带电粒子做匀变速直线运动；
- 2.合力为 0，带电粒子做匀速直线运动，此种情况下，电场通常为竖直方向。

二、带电粒子在电场和重力场中的“抛体”运动

【例 2】在水平面 MN 的下方存在竖直向下的匀强电场，质量为 m 的带电小球由 MN 上方的 A 点以一定初速度水平抛出，从 B 点进入电场，到达 C 点时速度方向恰好水平， A 、 B 、 C 三点在一直线上，且 $AB = BC$ ，如图所示。重力加速度为 g ，由此可知小球带_____电(填“正”或“负”)，小球从 A 到 B 与从 B 到 C 的运动时间_____ (填“相等”或“不相等”)，静电力大小为_____，小球从 A 到 B 与从 B 到 C 的速度变化量的大小_____ (填“相等”或“不相等”)。



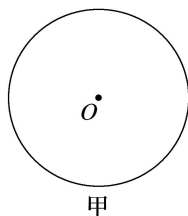
■ 总结提升 ■

处理带电粒子在电场和重力场中“抛体”运动的方法

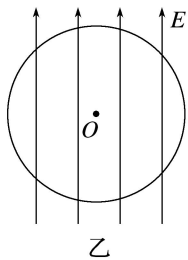
1. 明确研究对象并对其进行受力分析。
2. 将运动正交分解，分方向进行分析，把曲线运动转化为分方向的直线运动，利用牛顿运动定律、运动学公式求解。
3. 涉及到功和能量问题可利用功能关系和动能定理处理。
 - (1) 功能关系：静电力做的功等于电势能的减少量， $W_{\text{电}} = E_{\text{p1}} - E_{\text{p2}}$ 。
 - (2) 动能定理：合力做的功等于动能的变化量， $W = E_{\text{k2}} - E_{\text{k1}}$ 。

三、带电粒子在电场和重力场中的圆周运动

【例 3】 将光滑绝缘圆轨道置于竖直面内，一带正电、质量为 m 的小球能在圆轨道内完成完整的圆周运动，圆轨道的圆心为 O 。重力加速度为 g ，轨道半径为 R 。

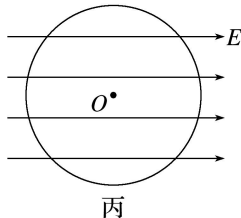


(1) 在图甲中作图确定小球速度最大的位置 A 及小球速度最小的位置 B 。



(2) 若将此轨道置于竖直向上匀强电场中，电场强度大小为 $E = \frac{2mg}{q}$ 。

- ① 小球受到重力与静电力合力大小为_____，方向_____。
- ② 在图乙中作图确定小球速度最大时所处的位置 C 及小球速度最小时所处的位置 D 。
- ③ 若小球恰好完成圆周运动，则 $v_D = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $v_C = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



(3) 若将此轨道置于水平向右的电场中，电场强度大小为 $E = \frac{3mg}{4q}$ ， $\tan 53^\circ = \frac{4}{3}$ 。

- ① 小球受重力与静电力的合力大小为_____，方向为_____。

②在图丙中作图确定小球速度最大时所处的位置 M 和速度最小时所处的位置 N 。

③若小球恰好完成圆周运动，则 $v_N = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $v_M = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

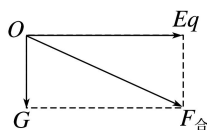
■ 总结提升 ■

解决电场和重力场中的圆周运动问题的方法

1. 首先分析带电体的受力情况进而确定向心力的来源。

2. 用“等效法”的思想找出带电体在电场和重力场中的等效“最高点”和“最低点”。

(1) 等效重力法



将重力与静电力进行合成，如图所示，则 $F_{\text{合}}$ 为等效重力场中的“等效重力”， $F_{\text{合}}$ 的方向为“等效重力”

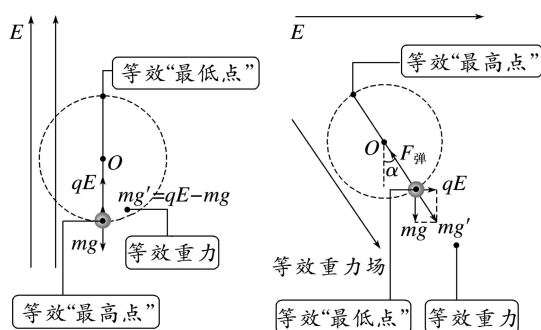
的方向，即等效重力场中的“竖直向下”方向。 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m}$ 视为等效重力场中的“等效重力加速度”。

(2) 几何最高点(最低点)与物理最高点(最低点)

①几何最高点(最低点)：是指图形中所画圆的最上(下)端，是符合人视觉习惯的最高点(最低点)。

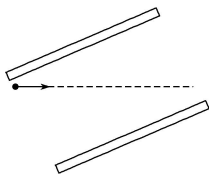
②物理最高点(最低点)：是指“等效重力 $F_{\text{合}}$ ”的反向延长线过圆心且与圆轨道的交点，即物体在圆周运动过程中速度最小(大)的点。

重力场与电场在一条直线上 重力场与电场成一定夹角



随堂演练

1. (多选)如图所示，平行板电容器的两个极板与水平地面成一角度，两极板与一直流电源相连。若一带电粒子恰能沿图中所示水平直线通过电容器，则在此过程中，该粒子()



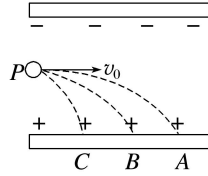
A. 所受重力与静电力平衡

B. 电势能逐渐增加

C.动能逐渐增加

D.做匀变速直线运动

2. (2025·上海市青浦高级中学高二月考)如图所示,有三个质量相等分别带正电、负电和不带电的小球,从 P 点以相同的初速度垂直电场方向进入匀强电场 E 中,它们分别落到 A 、 B 、 C 三点,则可判断 ()



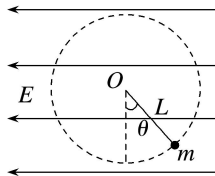
A.三个小球到达正极板时的动能关系是 $E_{kA} > E_{kB} > E_{kC}$

B.三个小球在电场中运动的时间 $t_A = t_B = t_C$

C.三个小球在电场中运动的加速度关系是 $a_C > a_B > a_A$

D.落到 A 点的小球带负电,落到 B 点的小球不带电

3. (多选)如图所示,在竖直平面内有水平向左的匀强电场,在匀强电场中有一根长为 L 的绝缘细线,细线一端固定在 O 点,另一端系一质量为 m 的带电小球,小球电荷量大小为 q 。小球静止时细线与竖直方向成 θ 角,此时让小球获得初速度且恰能绕 O 点在竖直平面内顺时针做圆周运动,重力加速度为 g 。下列说法正确的是()



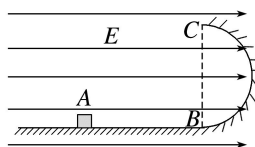
A.匀强电场的电场强度大小 $E = \frac{mg \tan \theta}{q}$

B.小球动能的最小值为 $E_k = \frac{mgL}{2 \cos \theta}$

C.小球运动至圆周轨迹的最高点时机械能最小

D.若小球恰好能够完成圆周运动,则小球运动过程中对绳的最大拉力为 $\frac{5mg}{\cos \theta}$

4. 如图所示,半径为 R 的光滑半圆形轨道 BC 固定在竖直面内,与水平地面相切于 B 点, BC 为其直径。整个区域内存在着水平向右的匀强电场,电场强度 $E = \frac{2mg}{q}$ 。一质量为 m 、电荷量为 q 的绝缘滑块从地面上的 A 点由静止释放。已知 A 点到 B 点的距离为 $2R$, A 、 B 、 C 位于同一竖直平面内,重力加速度为 g ,滑块与水平地面间的动摩擦因数为 μ 。



(1)求滑块到达 B 点时对半圆形轨道的压力 F_N ;

(2)若滑块能到达 C 点,求滑块到达 C 点时速度的大小 v_C 。

章末素养提升

素养再现

物理观念	电场能的性质	1.静电力做功与电势能变化之间的关系： 静电力做正功，即 $W_{AB}>0$，电势能_____，静电力做负功，即 $W_{AB}<0$，电势能_____ 2.电势：电荷在电场中某一点的_____与它的_____之比。公式： $\varphi=_____$ 3.电势差：电场中两点之间_____的差值，也叫作_____。静电力做功与电势差的关系_____或_____ 4.等势面：电场中_____的各点构成的面 5.匀强电场中两点间的电势差等于_____与这两点间沿_____的距离的乘积，关系式 $U_{AB}=_____$
	电容器	1.定义式：_____(比值定义法) 2.平行板电容器电容的决定式：_____
	带电粒子在电场中的加速	将带电粒子从一个极板处由静止释放，到达另一极板时速度为 v，则_____ $=\frac{1}{2}mv^2$, $v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$
	带电粒子在电场中的偏转	初速度方向：粒子做匀速直线运动，通过电场的时间 $t=_____$ 离开电场时垂直于板方向的分速度 $v_y=at=_____$ 速度方向与初速度方向夹角的正切值 $\tan \theta=\frac{v_y}{v_0}=_____$ 离开电场时沿静电力方向的偏移量 $y=\frac{1}{2}at^2=_____$
科学思维	1.科学推理、论证：本章关于电势能、电势、电场强度与电势差的关系等知识的学习都是通过演绎的方式进行的。例如把恒力做功的普遍公式用于匀强电场中静电力做功的情况，推导出静电力做功与路径无关的结论 2.用物理量之比定义新物理量，被定义的新物理量跟定义式中的物理量不是同一研究对象，没有因果关系，如通过电势能与电荷量的比值定义电势，用来描述静电场能的性质，与试探电荷无关 3.运用类比法分析带电粒子在匀强电场中的偏转问题，建立类平抛运动的物理模型	

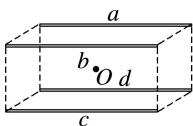
科学探究	1.能针对电容器充、放电过程中的电压、电流等物理量的变化提出相关的问题或猜想 2.会根据实验电路选择合适的器材进行实验；能在初步观察的基础上确定记录数据的时间间隔；能通过同学间的合作，记录不同时刻电流表的读数 3.会根据实验数据画出 $I-t$ 图像，推断电荷量的变化情况
科学态度与责任	1.通过实验的操作，形成严谨细致，实事求是的科学态度 2.通过电容器等知识的学习，体会科学、技术、社会之间的密切联系，逐渐形成探索自然的内在动力

提能训练

【例 1】 (2024·安阳市高二期末)在一正点电荷形成的电场中， A 、 B 两点的电势分别为 φ_A 、 φ_B ，电场强度的大小分别为 E_A 、 E_B 。若以无穷远处的电势为 0，到场源电荷(电荷量为 Q)距离为 r 的点的电势为 $\varphi = \frac{kQ}{r}$ ，则()

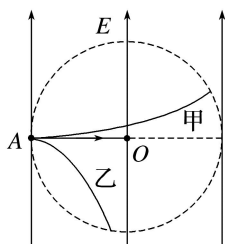
- A. $\frac{\varphi_A - E_A}{\varphi_B - E_B}$ B. $\frac{\varphi_B - E_A}{\varphi_A - E_B}$
C. $\frac{\varphi_A^2 - E_A}{\varphi_B^2 - E_B}$ D. $\frac{\varphi_A^2 - E_B}{\varphi_B^2 - E_A}$

【例 2】 (2022·湖南卷)如图，四根完全相同的均匀带正电绝缘长棒对称放置在长方体的四条长边 a 、 b 、 c 、 d 上。移去 a 处的绝缘棒，假定另外三根绝缘棒电荷分布不变。关于长方体几何中心 O 点处电场强度方向和电势的变化，下列说法正确的是()



- A. 电场强度方向垂直指向 a ，电势减小
B. 电场强度方向垂直指向 c ，电势减小
C. 电场强度方向垂直指向 a ，电势增大
D. 电场强度方向垂直指向 c ，电势增大

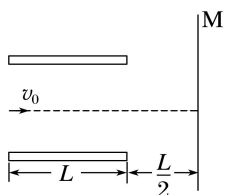
【例 3】 (多选)(2025·内江市高二期中)两个质量相等、电荷量不等的带电粒子甲、乙，以不同的速率沿着 AO 方向垂直射入匀强电场，电场强度方向竖直向上，它们在圆形区域中运动的时间相同，其运动轨迹分别如图所示。不计粒子所受的重力及粒子间的相互作用，下列说法正确的是()



- A. 甲粒子带正电荷

- B. 甲粒子所带的电荷量比乙粒子的多
 C. 乙粒子在圆形区域中动能变化量比甲粒子的大
 D. 乙粒子进入电场时的速度比甲粒子的大

【例 4】 (多选)(2025·成都市高二期末)如图, 电容为 C 的平行板电容器两极板水平放置, 极板长为 L , 两极板间的距离为 d , 距极板右端 $\frac{L}{2}$ 处有一竖直屏 M , 电容器充电后与电源断开。一电荷量为 q 、质量为 m 的带正电小球(可视为质点)以初速度 v_0 沿中线水平向右射入两极板间, 最后垂直打在竖直屏 M 上, 已知重力加速度大小为 g 。下列说法正确的是()



- A. 电容器的上极板带正电, 电荷量为 $\frac{Cmgd}{q}$
 B. 小球在整个过程中竖直向上偏转的位移大小为 $\frac{3gL^2}{4v_0^2}$
 C. 整个过程中小球减少的电势能和增加的重力势能均为 $\frac{3mg^2L^2}{8v_0^2}$
 D. 若仅增大两极板间的距离, 该小球仍垂直打在竖直屏 M 上

■ 总结提升 ■

电容器和力学知识的综合问题的解题思路

电容器与力学知识的综合问题是静电场与力学知识的综合, 分析方法与力学问题的分析方法基本相同: 先分析受力情况, 再分析运动情况和运动过程, 然后选用合适的物理规律列式求解问题, 往往涉及电容的定义式和决定式、静电力、平衡条件、牛顿第二定律、动能定理等。