

课时评价作业（八） 电势能和电势

基础达标练

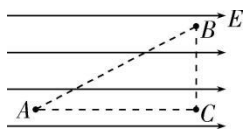
题组一 静电力做功的特点

1. 多选题下列说法中正确的是（ BC ）

- A. 电荷从电场中的 A 点运动到了 B 点，路径不同，静电力做功的大小就可能不同
- B. 电荷从电场中的某点开始出发，运动一段时间后，又回到了该点，则说明静电力做功为零
- C. 正电荷沿着电场线方向运动，静电力对正电荷做正功；负电荷逆着电场线方向运动，静电力对负电荷做正功
- D. 电荷在电场中运动，因为静电力可能对电荷做功，所以能量守恒定律在电场中并不成立

[解析]静电力做功和电荷的运动路径无关，故 A 错误；静电力做功只与电荷的初末位置有关，所以电荷从某点出发又回到了该点，静电力做功为零，故 B 正确；正电荷沿电场线的方向运动，则正电荷受到的静电力与它的位移方向相同，故静电力对正电荷做正功，同理，负电荷逆着电场线的方向运动，静电力对负电荷做正功，故 C 正确；电荷在电场中运动，虽然有静电力做功，但是电荷的电势能和其他形式的能之间的转化满足能量守恒定律，故 D 错误。

2. [2024 江苏南京高二期末]如图所示，直角三角形 ABC 的边 AC 与匀强电场的电场方向平行。将电荷 q 从 A 点移到 B 点，静电力做功为 W_1 ，从 A 点移到 C 点、从 C 点移到 B 点，静电力做功分别为 W_2 、 W_3 ，则（ C ）

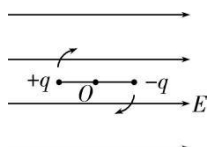


- A. $W_1 < W_2$
- B. $W_1 > W_2$
- C. $W_1 = W_2 + W_3$
- D. $W_1 < W_2 + W_3$

[解析]设匀强电场的电场强度为 E ， $\angle BAC = \theta$ ，则将电荷 q 从 A 点移到 B 点，静电力做功为 $W_1 = qE \cdot AB \cos \theta = qE \cdot AC$ ，将电荷 q 从 A 点移到 C 点，静电力

做功为 $W_2 = qE \cdot AC$ ，将电荷 q 从 C 点移到 B 点，静电力做功为 $W_3 = 0$ ，则有 $W_1 = W_2$ ， $W_1 = W_2 + W_3$ ，故选 C。

3. 两带电小球所带电荷量分别为 $+q$ 和 $-q$ ，固定在一长度为 l 的绝缘细杆的两端，置于电场强度为 E 的匀强电场中，杆与场强方向平行，其位置如图所示。若此杆绕过 O 点垂直于杆的轴线转过 180° ，则在此转动过程中静电力做的功为 (C)

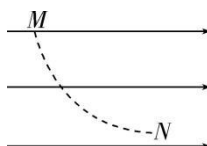


- A. 零 B. qEl C. $2qEl$ D. πqEl

[解析] 杆绕过 O 点垂直于杆的轴线转过 180° ，带正电的小球所受静电力水平向右，静电力做正功，静电力做的功为 $W_1 = qEl$ ，带负电的小球所受静电力水平向左，静电力做正功，静电力做的功为 $W_2 = qEl$ ，在此转动过程中静电力做的功为 $W = W_1 + W_2 = 2qEl$ 。

题组二 电势能

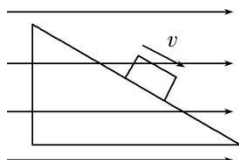
4. [2024 辽宁铁岭高一期末] 如图所示，有一带电微粒仅在静电力的作用下沿曲线从 M 点运动到 N 点，则微粒 (D)



- A. 带负电，电势能增加 B. 带负电，电势能减少
C. 带正电，电势能增加 D. 带正电，电势能减少

[解析] 由带电微粒运动的径迹可以看出带电微粒所受静电力指向径迹凹侧，即与电场方向相同，故微粒带正电，选项 A、B 错误；静电力对带电微粒做正功，微粒电势能减少，选项 C 错误，D 正确。

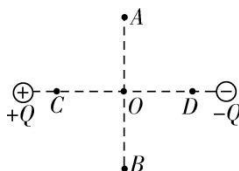
5. 如图所示，在水平向右的匀强电场中，一带电金属块由静止开始沿绝缘斜面下滑，已知金属块在下滑的过程中动能增加了 20 J ，克服摩擦力做功为 10 J ，重力做功为 20 J ，则金属块的电势能减少了 (C)



- A. 20 J B. 15 J C. 10 J D. 5 J

[解析] $W_f = -10 \text{ J}$, $W_G = 20 \text{ J}$, $\Delta E_k = 20 \text{ J}$, 根据动能定理可得 $W_G + W_f + W_{\text{电}} = \Delta E_k$, 根据功能关系可知 $W_{\text{电}} = -\Delta E_p$, 解得 $\Delta E_p = -10 \text{ J}$, C 正确。

6. 如图所示, 在真空中有两个固定的等量异种点电荷, C 、 D 是两点电荷连线上的两点, A 、 B 是两点电荷连线中垂线上的两点, 不计电子重力, 下列说法正确的是 (D)



- A. 电子沿中垂线从 A 点运动到 B 点的过程中, 所受静电力先减小后增大
 B. 电子沿中垂线从 A 点运动到 B 点的过程中, 电势能逐渐减少
 C. 电子沿两点电荷连线从 C 点运动到 D 点的过程中, 所受静电力先增大后减小
 D. 电子沿两点电荷连线从 C 点运动到 D 点的过程中, 电势能逐渐增加

[解析] 由等量异种点电荷周围电场线的分布可知, 在中垂线上, O 点电场强度最大, 从 O 点沿着中垂线向无穷远处延伸, 电场强度逐渐减小, 方向水平向右, 所以电子在从 A 点运动到 B 点的过程中, 所受静电力先增大后减小, 中垂线是等势线, 电子从 A 到 B , 静电力不做功, 电子的电势能不变, A 、 B 错误; 两点电荷连线上的电场强度沿连线从 C 到 D 先变小后变大, O 点最小但不为零, 方向不变, 电子在从 C 点运动到 D 点的过程中, 所受静电力先减小后增大, 静电力一直做负功, 电势能逐渐增加, C 错误, D 正确。

题组三 电势

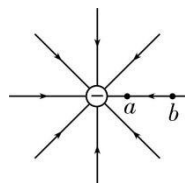
7. 多选题关于电势, 下列说法正确的是 (ABD)

- 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, 静电力所做的功
 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. 电势是描述电场能的性质的物理量

[解析]由电势及电势能的定义可知，A 正确；由于电势是相对量，电势的高低与零电势点的选取有关，B 正确；虽然电势是相对的，但电势的高低是绝对的，C 错误；电势与电势能相联系，它是描述电场能的性质的物理量，D 正确。

8. [2024 山西太原高二期中]如图所示，场源电荷 $-Q$ 形成的电场中， a 、 b 是同一条电场线上的两个点。把一负试探电荷由 b 点沿电场线移动到 a 点的过程中，下列说法正确的是（ C ）



- A. 电场强度变大，电势升高
- B. 电场强度变小，电势降低
- C. 静电力做负功，电势能增加
- D. 静电力做正功，电势能减少

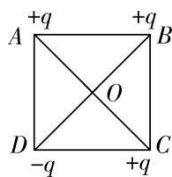
[解析]由 b 点沿电场线移动到 a 点的过程中，电场线变密，电场强度变大，电势降低，故 A、B 错误；试探电荷带负电，其所受静电力的方向与电场线方向相反，沿着电场线移动，静电力做负功，电势能增加，故 C 正确，D 错误。

9. 将一正电荷从无穷远处移入电场中的 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 $9.0 \times 10^{-9} \text{ J}$ ，取无穷远处电势为零，则下列判断中正确的是（ C ）

- A. $\varphi_M < \varphi_N < 0$
- B. $\varphi_N > \varphi_M > 0$
- C. $\varphi_N < \varphi_M < 0$
- D. $\varphi_M > \varphi_N > 0$

[解析]取无穷远处电势为零，则正电荷在 M 点的电势能为 $-8 \times 10^{-9} \text{ J}$ ，负电荷在 N 点的电势能为 $9 \times 10^{-9} \text{ J}$ 。由 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 知， M 点的电势 $\varphi_M < 0$ ， N 点的电势 $\varphi_N < 0$ ，且 $\varphi_N < \varphi_M$ ，即 $\varphi_N < \varphi_M < 0$ ，故 C 正确。

10. [2023 河南宝丰月考]如图所示，在边长为 $\sqrt{2}L$ 的正方形 $ABCD$ 的四个顶点上， A 、 B 、 C 三点处分别放有电荷量都为 $+q$ 的点电荷， D 点处放有电荷量为 $-q$ 的点电荷，电荷量为 $+q$ 的点电荷在距离其 L 处的电势为 φ ，静电力常量为 k ，则正方形对角线的交点 O 处的场强大小和电势分别为（ C ）

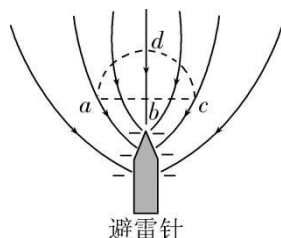


- A. $\frac{2kq}{L^2}, 0$ B. $\frac{4kq}{L^2}, 0$ C. $\frac{2kq}{L^2}, 2\varphi$ D. $\frac{4kq}{L^2}, 2\varphi$

[解析]由点电荷的场强特点可知，A、C处的点电荷为等量同种电荷，在O处的场强抵消，B、D处的异种电荷在O处的场强相互叠加，又因为带电荷量为 $+q$ 的点电荷在距离 L 处的场强为 $E = \frac{kq}{L^2}$ ，场强为矢量，B、D处的异种电荷在O点处场强方向相同，所以O点场强大小为 $\frac{2kq}{L^2}$ ，电势为标量，对B、D处的异种电荷，在O处的电势为零，对A、C处的同种正电荷，在O处的电势为 2φ ，故选C。

素养提升练

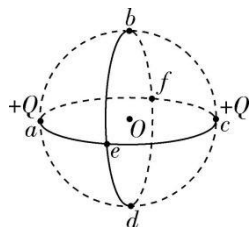
11. [2023 广东茂名期中]某次雷雨天气闪电击中避雷针，避雷针发生尖端放电现象。若避雷针放电时的电场线分布如图所示，在空间取一条水平线 abc 和一条圆弧线 adc ， bd 连线为 ac 连线的中垂线，电场线关于直线 bd 对称，以下说法正确的是（ D ）



- A. b 、 d 两点的电场强度相同
B. b 点电势高于 d 点电势
C. a 、 c 两点的电场强度相同
D. 同一负点电荷的电势能在 b 点比在 d 点大

[解析]由电场线分布的疏密程度可知， b 点的电场强度大于 d 点的电场强度，故A错误；沿电场线方向电势降低，可知 b 点电势低于 d 点电势，同一负点电荷的电势能在 b 点比在 d 点大，故B错误，D正确；电场线上某点的切线方向即该点的电场方向，由电场线分布可知 a 、 c 两点的电场强度大小相等，方向不同，故C错误。

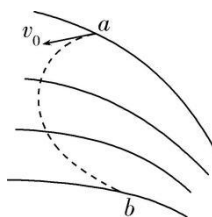
12. [2024 广东高二联考]如图所示, a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 是以 O 为球心的球面上的点, 平面 $aecf$ 与平面 $bedf$ 垂直, 分别在 a 、 c 两点处固定等量正点电荷。下列说法正确的是 (**D**)



- A. O 点的电场强度大于 b 点的电场强度
- B. 电子在 O 点的电势能大于在 e 点的电势能
- C. b 、 d 、 e 、 f 四点的电场强度相同
- D. b 、 d 、 e 、 f 四点的电势相等

[解析] O 点是等量正点电荷连线的中点, 电场强度为 0, O 点的电场强度小于 b 点的电场强度, A 项错误; 在等量正点电荷连线的中垂线上, O 点电势最高, 电子带负电, 故电子在 O 点的电势能小于在 e 点的电势能, B 项错误; 由电场强度的叠加可知, b 、 d 、 e 、 f 四点的电场强度大小相等, 方向不同, C 项错误; 由电势的叠加可知, b 、 d 、 e 、 f 四点的电势相等, D 项正确。

13. [2024 山东潍坊高二期中]如图所示, 带电粒子仅在静电力作用下, 从电场中 a 点以初速度 v_0 进入电场并沿虚线所示的轨迹运动到 b 点, 实线是电场线, 则下列说法正确的是 (**C**)

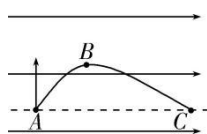


- A. 粒子在 a 点时的加速度比在 b 点时的加速度大
- B. 从 a 到 b 过程中, 粒子的电势能一直减小
- C. 无论粒子带何种电荷, 经过 b 点时的速度总比经过 a 点时的速度大
- D. 电场中 a 点的电势一定比 b 点的电势高

[解析]电场线密的地方电场强度大, 电场线疏的地方电场强度小, 可知 $E_a < E_b$, 所以 a 、 b 两点比较, 粒子的加速度在 b 点时较大, 故 A 错误; 由粒子的运动轨迹可知, 粒子所受静电力的方向指向轨迹的内侧, 根据静电力方向与速度方向的

夹角可知静电力先做负功后做正功，电势能先增大后减小，故 B 错误；根据整个过程粒子的位移方向可知静电力做正功，根据动能定理可得经 b 点时的动能大于经 a 点时的动能，所以无论粒子带何种电荷，经 b 点时的速度总比经 a 点时的速度大，故 C 正确；由于不知道粒子的电性，也不能确定电场线的方向，所以无法确定 a 点的电势和 b 点的电势大小关系，故 D 错误。

14. [2024 河南高二联考]多选题如图所示，水平向右的匀强电场中，一带电粒子从 A 点以竖直向上的初速度开始运动，经过最高点 B 后回到与 A 点在同一水平线上的 C 点，粒子从 A 点到 B 点过程中克服重力做的功为 16 J ，静电力做的功为 4 J ，则下列说法正确的是（ AD ）



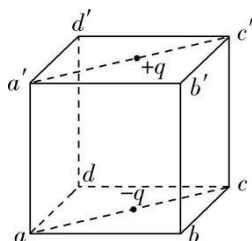
- A. 粒子在 B 点的动能比在 A 点的动能少 12 J
- B. 粒子在 C 点的动能为 8 J
- C. 粒子在 C 点的电势能比在 B 点的电势能少 8 J
- D. 粒子在 C 点的机械能比在 A 点的机械能多 16 J

[解析]粒子运动过程中只受重力、静电力作用，粒子从 A 点到 B 点的过程中，合外力做的功 $W_{\text{总}} = -16\text{ J} + 4\text{ J} = -12\text{ J}$ ，根据动能定理可知，粒子在 B 点的动能比在 A 点的动能少 12 J ，故 A 正确；粒子在竖直方向做竖直上抛运动，所以从 A 点到 B 点的时间与从 B 点到 C 点的时间相等，粒子水平方向做初速度为零的匀加速直线运动，所以水平方向上 A 点到 B 点的距离与 B 点到 C 点的距离之比为 $1:3$ ，则粒子从 B 点到 C 点静电力做的功为 12 J ，即粒子从 A 点到 C 点静电力做的功为 16 J ，粒子的初速度未知，结合动能定理可知，粒子在 C 点的动能一定大于 16 J ，故 B 错误；根据功能关系可知，粒子在 C 点的电势能比在 B 点的电势能少 16 J ，故 C 错误；根据功能关系可知，粒子从 A 点到 C 点静电力做的功为 16 J ，则粒子在 C 点的机械能比在 A 点的机械能多 16 J ，故 D 正确。

解题关键 解决本题的关键是知道功是能量转化的量度。

方法感悟 常见的功能关系有：重力做功是重力势能变化的量度，静电力做功是电势能变化的量度，弹簧弹力做功是弹性势能变化的量度，合力做功是动能变化的量度，重力以外的力做功是物体机械能变化的量度。

15. [2024 河北唐山高二期中] 如图所示, 在正方体中 $abcd$ 面的对角线 ac 的中点放一电荷量为 $-q$ 的点电荷, 在 $a'b'c'd'$ 面的对角线 $a'c'$ 的中点放另一电荷量为 $+q$ 的点电荷, 下列说法正确的是 (**B**)



- A. a 点的电势等于 a' 点的电势
- B. b 点的电场强度与 d' 点的电场强度相同
- C. 负电荷沿 cc' 棱从 c 到 c' , 电势能先增大后减小
- D. 负电荷沿 bb' 棱从 b 到 b' , 静电力一直做负功

[解析] 由于 a' 点靠近正点电荷, a 点靠近负点电荷, 所以 a 点的电势小于 a' 点的电势, 故 A 错误; 根据对称性可知, 关于等量异种电荷连线中点对称的两点电场强度相同, b 点与 d' 点关于等量异种电荷连线中点对称, 所以两点电场强度相同, 故 B 正确; 负电荷沿 cc' 棱从 c 到 c' , 静电力一直做正功, 电势能一直减小, 故 C 错误; 负电荷沿 bb' 棱从 b 到 b' , 静电力一直做正功, 故 D 错误。

课时评价作业 (九) 电势差

基础达标练

题组一 电势差

- [2023 河北唐山月考] 对于电场中 A 、 B 两点, 下列说法正确的是 (**B**)
 - A. A 、 B 两点间的电势差等于将正电荷从 A 点移到 B 点静电力所做的功
 - B. 将 1 C 正电荷从 A 点移到 B 点, 静电力做 1 J 的功, 这两点间的电势差为 1 V
 - C. 由 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 可知, A 、 B 两点间的电势差 U_{AB} 与静电力做功 W_{AB} 成正比, 与移动电荷的电荷量 q 成反比
 - D. 若电荷从 A 点移到 B 点的过程中除受静电力外, 还受其他力的作用, 则电荷电势能的变化就不等于静电力所做的功

[解析] 根据 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 可知, A 错误; 将 1 C 正电荷从 A 点移到 B 点, 静电力做 1 J 的功, 代入 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 可得, 这两点间的电势差为 1 V , 故 B 正确; A 、 B 两点间的

电势差与静电力做功、移动电荷的电荷量均无关，由电场本身决定，故 C 错误；电荷电势能的变化只与静电力所做的功有关，与电荷是否受其他力无关，故 D 错误。

2. 在某电场中，A、B 两点间的电势差 $U_{AB} = 60 \text{ V}$ ，B、C 两点间的电势差 $U_{BC} = -50 \text{ V}$ ，则 A、B、C 三点电势高低关系是（ C ）

A. $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$ B. $\varphi_A < \varphi_C < \varphi_B$ C. $\varphi_A > \varphi_C > \varphi_B$ D. $\varphi_C > \varphi_B > \varphi_A$

[解析] 因为 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 60 \text{ V} > 0$ ，所以 $\varphi_A > \varphi_B$ ，又 $U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = -50 \text{ V} < 0$ ，所以 $\varphi_B < \varphi_C$ ，又 $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 60 \text{ V} + (-50 \text{ V}) = 10 \text{ V} > 0$ ，所以 $\varphi_A > \varphi_C$ ， $\varphi_A > \varphi_C > \varphi_B$ 。故 C 正确。

3. 多选题在静电场中，将一电子从 A 点移至 B 点，静电力做的功为 5 eV，则下列结论正确的是（ BD ）

A. A、B 两点间的电势差是 5 V B. A、B 两点间的电势差是 -5 V

C. 电子的电势能增加了 5 eV D. 电子的电势能减少了 5 eV

[解析] 根据 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 可知，A、B 两点间的电势差是 $U_{AB} = -5 \text{ V}$ ，选项 A 错误，B 正确；静电力做正功，则电子的电势能减少 5 eV，选项 C 错误，D 正确。

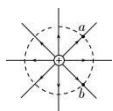
4. [2023 广东惠州期末] 某点电荷的电荷量为 $q = +3.2 \times 10^{-10} \text{ C}$ ，在静电场中从 M 点移动到 N 点，除静电力以外的其他力对它做功 $W_{\text{其他}} = 8.4 \times 10^{-6} \text{ J}$ ，点电荷的动能增加了 $1.8 \times 10^{-5} \text{ J}$ ，则 M、N 两点间的电势差 U_{MN} 为（ A ）

A. $3.0 \times 10^4 \text{ V}$ B. $3.6 \times 10^4 \text{ V}$ C. $4.5 \times 10^4 \text{ V}$ D. $1.2 \times 10^4 \text{ V}$

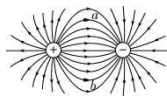
[解析] 根据动能定理得 $qU_{MN} + W_{\text{其他}} = \Delta E_k$ ，得 $U_{MN} = \frac{\Delta E_k - W_{\text{其他}}}{q} = \frac{1.8 \times 10^{-5} - 8.4 \times 10^{-6}}{3.2 \times 10^{-10}} \text{ V} = 3.0 \times 10^4 \text{ V}$ ，故选 A。

题组二 等势面

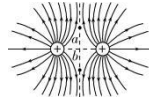
5. [2024 山西太原高二期中] 在如图所示的四种电场中，分别标记有 a、b 两点。下列说法正确的是（ B ）



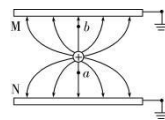
甲



乙



丙

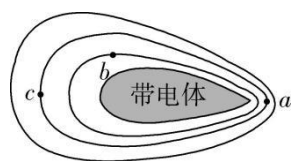


丁

- A. 甲图中的 a 、 b 两点场强和电势都相同
- B. 乙图中两等量异种点电荷连线的中垂线上，与连线等距的 a 、 b 两点场强和电势都相同
- C. 丙图中两等量同种点电荷连线的中垂线上，与连线等距的 a 、 b 两点电势和场强都不相同
- D. 丁图中 a 、 b 两点场强不相同，电势相同

[解析]甲图中的 a 、 b 两点电势相同，场强大小相等，方向不同，所以两点场强不相同，故 A 错误；乙图中两等量异种点电荷连线的中垂线上，与连线等距的 a 、 b 两点场强和电势都相同，故 B 正确；丙图中两等量同种点电荷连线的中垂线上，与连线等距的 a 、 b 两点电势相同，场强大小相等，方向相反，故 C 错误；丁图中 a 点场强大于 b 点场强， a 点电势高于 b 点电势，故 D 错误。

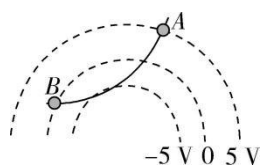
6. [2023 河北唐县期中]如图所示为带电体周围分布的三个等差等势面，其中 a 、 b 、 c 是等势面上的三个点。已知带电体带正电，则下列说法正确的是 (**B**)



- A. a 点的电势一定高于 b 点的电势
- B. a 点的场强一定大于 b 点的场强
- C. 带负电的试探电荷在 a 、 c 两点的电势能不相等
- D. 将带负电的试探电荷由 c 点移到 b 点，静电力做负功

[解析]带电体带正电，电场线向外发散， a 点的电势一定低于 b 点的电势，A 错误；等差等势面的疏密程度反映场强大小， a 点的场强一定大于 b 点的场强，B 正确； a 、 c 两点的电势相等，带负电的试探电荷在 a 、 c 两点的电势能相等，C 错误；将带负电的试探电荷由 c 点移到 b 点，电势能变小，静电力做正功，D 错误。

7. [2023 山东泰安期末]如图，虚线为某电场的等势面，实线为一带电粒子仅在静电力作用下由 A 运动到 B 的径迹。设粒子在 A 、 B 点的加速度大小分别为 a_A 、 a_B ，电势能分别为 E_{pA} 、 E_{pB} ，则 (**D**)



A. $a_A > a_B, E_{pA} > E_{pB}$

B. $a_A > a_B, E_{pA} < E_{pB}$

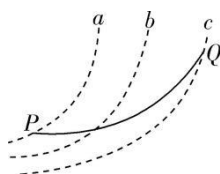
C. $a_A < a_B, E_{pA} > E_{pB}$

D. $a_A < a_B, E_{pA} < E_{pB}$

[解析]根据等势面电势分布,可得电场线方向是指向圆心的,结合粒子运动轨迹,可得粒子受到的静电力是背离圆心的,所以粒子受到的静电力方向和电场方向相反,粒子带负电。A点电势大于B点电势,带负电的粒子在电势小的地方电势能大,故 $E_{pA} < E_{pB}$,等差等势面的疏密程度反映电场强弱,由图可知,B处等差等势面比A处密集,则 $a_A < a_B$,故选D。

8. [2024 湖北咸宁高一统考]多选题如图所示,虚线 a 、 b 、 c 代表电场中一簇等势线,相邻等势线之间的电势差相等,实线为一带电质点(重力不计)仅在静电力作用下通过该区域时的运动轨迹, P 、 Q 是这条轨迹上的两点,据此可知

(CD)



A. a 、 b 、 c 三条等势线中, a 的电势最高

B. 电场中 Q 点处的电场强度大小比 P 点处大

C. 该带电质点在 P 点处受到的静电力比在 Q 点处大

D. 该带电质点在 Q 点具有的电势能比在 P 点具有的电势能大

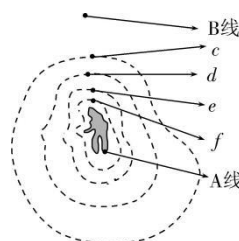
[解析]由于不知道带电质点的电性,无法判断电场的方向,所以不能确定各点电势的高低,故 A 错误;由图可知, P 点处等势线比 Q 点处密集,则 P 点处的电场强度比 Q 点处大,该带电质点在 P 点处受到的静电力比在 Q 点处大,故 B 错误, C 正确;若带电质点从 P 向 Q 运动,根据合外力指向轨迹弯曲的凹侧,可知静电力做负功,电势能增加;若从 Q 向 P 运动,则静电力做正功,电势能减小,故带电质点在 P 点具有的电势能小于在 Q 点具有的电势能,故 D 正确。

9. [2023 广东惠州一中期中]在维护和检修高压供电线路时,为了不影响城市用电,电工经常要在高压线上带电作业。为了保障电工的安全,电工全身要穿上用

金属丝线编织的衣服（如图甲）。图乙中电工站在高压直流输电线的 A 供电线上作业，头顶上方有 B 供电线，B 供电线的电势高于 A 供电线的电势，虚线表示电工周围某一截面上的等差等势线， c 、 d 、 e 、 f 是等势线上的四个点。以下说法中正确的是（ B ）



甲

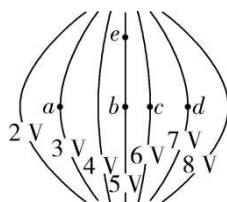


乙

- A. 在 c 、 d 、 e 、 f 四点中， c 点的电场最强
- B. 在 c 、 d 、 e 、 f 四点中， f 点的电势最低
- C. 若将某电子由 c 移到 f ，电势能将减小
- D. 将某电子在 d 点由静止释放，它会向 e 点所在等势线运动

[解析]依据等差等势线的疏密，可知在 c 、 d 、 e 、 f 四点中， f 点的电场最强，A 错误；沿着电场线方向，电势是降低的，因 B 供电线的电势高于 A 供电线的电势，则在 c 、 d 、 e 、 f 四点中， c 点的电势最高， f 点的电势最低，B 正确；若将某电子由 c 移到 f ，即从高电势到低电势，其电势能将增大，C 错误；将某电子在 d 点由静止释放，在静电力作用下，它会向 c 点所在等势线运动，D 错误。

10. [2023 广东普宁期末]多选题某电场的等势面如图所示，图中 a 、 b 、 c 、 d 、 e 为电场中的 5 个点，则（ BD ）

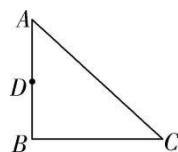


- A. 一正电荷从 b 点运动到 e 点，静电力做正功
- B. 一电子从 a 点运动到 d 点，静电力做功为 4 eV
- C. b 点电场强度垂直于该点所在等势面，方向向右
- D. a 、 b 、 c 、 d 四个点中， b 点的电场强度最大

[解析] $\varphi_b = \varphi_e$ ，则正电荷从 b 点运动到 e 点，静电力不做功，A 错误； $\varphi_a = 3\text{ V}$ ， $\varphi_d = 7\text{ V}$ ，根据静电力做功与电势能的变化关系有 $W_{ad} = E_{pa} - E_{pd} = (\varphi_a - \varphi_d) \cdot (-e) = 4\text{ eV}$ ，B 正确；沿电场线方向电势逐渐降低，则 b 点处的场强方向向左，C 错误；等差等势面的疏密可表示电场强度的大小，则 b 点处的场强最大，D 正确。

素养提升练

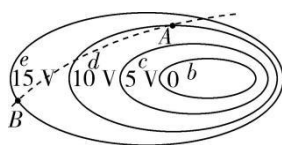
11. 在匀强电场中，将电荷量为 $-3 \times 10^{-6}\text{ C}$ 的点电荷 P 从电场中的 A 点移到 B 点，静电力做了 $2.4 \times 10^{-5}\text{ J}$ 的功，再从 B 点移到 C 点，静电力做了 $-1.2 \times 10^{-5}\text{ J}$ 的功。已知电场的方向与 $\triangle ABC$ 所在的平面平行，点 D 为 AB 的中点，如果规定 B 点的电势为 0，下列说法中正确的是（ D ）



- A. A 点电势为 8 V
- B. A 、 C 两点间的电势差 $U_{AC} = 4\text{ V}$
- C. 匀强电场的电场强度方向平行于 CD 连线
- D. 点电荷 P 在 C 点具有的电势能为 $1.2 \times 10^{-5}\text{ J}$

[解析]由 $W_{AB} = qU_{AB} = q(\varphi_A - \varphi_B)$ ，可得 $\varphi_A = -8\text{ V}$ ，故 A 错误；由 $W_{BC} = qU_{BC} = q(\varphi_B - \varphi_C)$ ，可得 $\varphi_C = -4\text{ V}$ ， A 、 C 两点间的电势差 $U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C = -4\text{ V}$ ，故 B 错误；由以上分析可知， CD 连线为等势线，所以匀强电场的电场强度方向垂直于 CD 连线，故 C 错误；点电荷 P 在 C 点具有的电势能为 $E_p = q\varphi_C = 1.2 \times 10^{-5}\text{ J}$ ，故 D 正确。

12. [2024 山东潍坊高一统考]多选题如图所示为一电场等势面的分布情况。虚线为一带电粒子仅在静电力作用下的运动轨迹， A 、 B 为轨迹上的两点，则（ AC ）



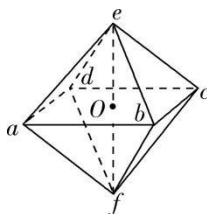
- A. 带电粒子带正电
- B. 带电粒子在 A 点的加速度小于在 B 点的加速度

C. 带电粒子在 A 点的电势能小于在 B 点的电势能

D. 若带电粒子由 A 点静止释放，仅在静电力作用下将沿等势面 d 运动

[解析]由电场方向与等势面垂直，且由高电势指向低电势，带电粒子运动轨迹向低电势方向弯曲，即粒子所受静电力方向与电场方向相同，可知带电粒子带正电，故 A 正确；等差等势面越密的地方，电场线越密，电场强度越大，则有 $E_B < E_A$ ，带电粒子在 A 点所受静电力大于在 B 点所受静电力，因此带电粒子在 A 点的加速度大于在 B 点的加速度，故 B 错误；带电粒子带正电，在高电势位置的电势能大，在低电势位置电势能小，因此带电粒子在 A 点的电势能小于在 B 点的电势能，故 C 正确；若带电粒子由 A 点静止释放，仅在静电力作用下将沿低电势方向运动，不会沿等势面 d 运动，故 D 错误。

13. [2023 福建厦门一中期中]多选题两个完全相同的正四棱锥叠放在一起，构成如图所示的形状，其中 a 点固定点电荷 $+Q$ ， c 点固定点电荷 $-Q$ ， O 点为两棱锥公共正方形底面 $abcd$ 的中心，且 $aO = eO = fO$ ，规定无穷远处的电势为零，则下列说法正确的是（ BD ）



A. b 点的电势比 e 点的电势高

B. b 、 d 两点的电场强度相同

C. 将负电荷沿棱由 $e \rightarrow b \rightarrow f$ 移动的过程中，静电力一直做正功

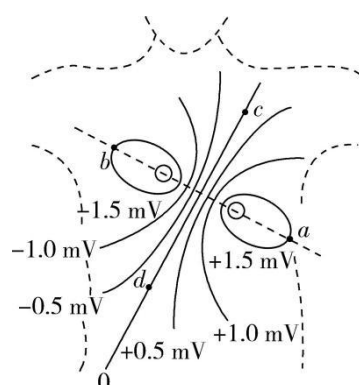
D. 若将 $+Q$ 由 a 点放到 e 点，则 O 点的电势不变

[解析]根据几何关系可知 $bedf$ 为 ac 连线的中垂面，由等量异种电荷电场线及等势面的分布可知， $bedf$ 平面为零势面，故在此平面上电势都相等（等于 0）， b 点的电势等于 e 点的电势，故 A 错误；由于 b 、 d 两点到 O 点距离相等，根据对称性可知 b 、 d 两点电场强度大小相等，方向相同，故 B 正确；将负电荷沿棱由 $e \rightarrow b \rightarrow f$ 移动的过程中，在同一个等势面内运动，静电力一直不做功，故 C 错误；若将 $+Q$ 由 a 点放到 e 点，由几何关系可知， O 点位于 ce 连线的中垂面内，电势仍为 0，故 D 正确。

解题关键 本题解题的关键是对等量异种电荷产生电场的电场线和等势面有一个立体的认识。

14. [2023 山东乳山阶段练习] 多选题某中学生助手在研究心脏电性质时发现, 当兴奋在心肌传播时, 在人体的体表可以测出与之对应的电势变化, 可等效为两等量电荷产生的电场。如图是人体表面的瞬时电势分布图, 图中实线为等差等势面, 标在等势面上的数值分别表示该等势面的电势, a 、 b 、 c 、 d 为等势面上的点, a 、 b 为两电荷连线上对称的两点, c 、 d 为两电荷连线中垂线上对称的两点, 则

(**AD**)



- A. a 、 b 两点的电场强度相同
- B. c 、 d 两点的电场强度不相同
- C. a 、 b 两点的电势差 $U_{ab} = -3 \text{ mV}$
- D. 从 c 到 d 的直线上电场强度先变大后变小

[解析] 由等量异种电荷的电场线分布, a 、 b 为两电荷连线上对称的两点, 所以 a 、 b 两点的电场强度大小、方向相同, 故 A 正确; c 、 d 为两电荷连线中垂线上对称的两点, c 、 d 两点的电场强度大小与方向也相同, 故 B 错误; a 、 b 两点的电势差 $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 3 \text{ mV}$, 故 C 错误; 根据等势面的疏密程度, 可判断出从 c 到 d 的直线上电场强度先变大后变小, 故 D 正确。

课时评价作业 (十) 电势差与电场强度的关系

基础达标练

题组一 匀强电场中电势差与电场强度的关系

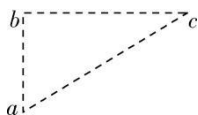
1. 下列关于匀强电场中电场强度与电势差的关系, 说法正确的是 (**C**)

- A. 相同距离的两点间电势差大的其电场强度也必定大

- B. 电场强度在数值上等于单位距离上降落电势
 C. 沿着电场方向,任何相同距离上的电势降落必定相等
 D. 电势降低的方向必定是电场强度的方向

[解析]公式 $E = \frac{U}{d}$ 中 d 为沿电场方向的距离,只有在沿电场方向上,相同距离的两点间电势差大的其电场强度也必定大,同理,电场强度在数值上等于沿电场方向单位距离上降落电势,选项 A、B 错误,选项 C 正确;在电场中,电势降低的方向有很多,在不同方向上电势降低快慢不同,电场方向是电势降低最快的方向,选项 D 错误。

2. [2023 福建宁德期中]如图, $\triangle abc$ 中 $bc = 4\text{ cm}$, $\angle acb = 30^\circ$ 。匀强电场的电场线平行于 $\triangle abc$ 所在平面,且 a 、 b 、 c 三点的电势分别为 3 V 、 -1 V 、 3 V ,则匀强电场的大小为 (D)

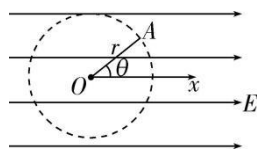


- A. 80 V/m B. 100 V/m C. 150 V/m D. 200 V/m

[解析]由于 a 、 c 两点电势相等,故 ac 为一条等势线,电场方向与等势线垂直,且由高电势指向低电势,可知电场方向垂直 ac ,且指向斜上方,电场强度的大小

为 $E = \frac{U_{cb}}{bc \sin 30^\circ} = \frac{3 - (-1)}{4 \times 0.5} \text{ V/cm} = 200 \text{ V/m}$, 故选 D。

3. [2024 河南新乡高二期末]如图所示,在沿 x 轴正方向、场强为 E 的匀强电场中,有一动点从 A 点开始以 O 为圆心, $r = OA$ 为半径逆时针转动一周, O 与圆周上的 A 点的连线 OA 与 x 轴正方向 (E 方向) 成 θ 角 ($\theta < \frac{\pi}{2}$), 则此圆周上各点与 A 点间最大的电势差为 (C)

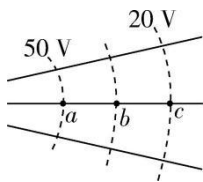


- A. $U = Er$ B. $U = Er(\sin \theta + 1)$
 C. $U = Er(\cos \theta + 1)$ D. $U = 2Er$

[解析]由 $U = Ed$ 知,此圆周上各点与 A 点间电势差最大的点应是沿场强方向与 A 点相距最远的点, $d_{\max} = r + r \cos \theta$, 所以 $U_{\max} = Er(\cos \theta + 1)$, C 项正确。

题组二 利用公式 $E = U/d$ 定性分析非匀强电场

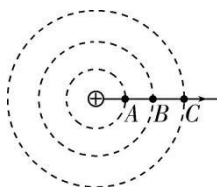
4. 如图所示，实线为电场线，虚线为等势面， $\varphi_a = 50\text{ V}$ ， $\varphi_c = 20\text{ V}$ ，则 a 、 c 连线中点 b 的电势 φ_b 为 (**C**)



- A. 等于 35 V B. 大于 35 V C. 小于 35 V D. 等于 15 V

[解析]从电场线的疏密可以看出 $E_a > E_b > E_c$ ，由公式 $U = Ed$ 可以判断 $U_{ab} > U_{bc}$ ，所以 $\varphi_b < \frac{\varphi_a + \varphi_c}{2} = 35\text{ V}$ ，故 C 正确。

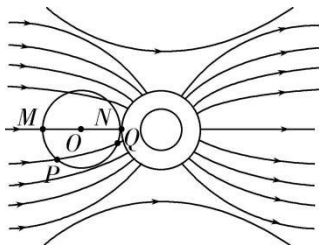
5. 如图所示，三个同心圆是一个点电荷周围的三个等势面，已知这三个圆的半径成等差数列。A、B、C 分别是这三个等势面上的点，且这三点在同一条电场线上。A、C 两点的电势依次为 $\varphi_A = 10\text{ V}$ 和 $\varphi_C = 2\text{ V}$ ，则 B 点的电势 (**B**)



- A. 一定等于 6 V B. 一定低于 6 V C. 一定高于 6 V D. 无法确定

[解析]根据点电荷场强公式可知， $E_A > E_B > E_C$ ，又 $AB = BC$ ，由 $U = Ed$ 可以判断 $U_{AB} > U_{BC}$ ，所以 $\varphi_B < 6\text{ V}$ ，故选 B。

6. [2023 山东聊城一中期末]多选题如图所示为一空腔导体周围的电场线分布图，电场方向如图中箭头所示，M、N、P、Q 是以 O 为圆心的一个圆周上的四点，其中 M、N 在一条直电场线上，P、Q 在一条曲电场线上，下列说法正确的有 (**AC**)



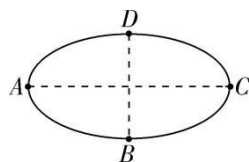
- A. M 点的电场强度比 N 点的电场强度小
B. P 点的电势比 Q 点的电势低
C. 负电荷在 P 点的电势能小于在 Q 点的电势能

D. M 、 O 间的电势差等于 O 、 N 间的电势差

[解析] 电场线的疏密程度表示电场的强弱, 故 N 点的场强比 M 点的场强大, 故 A 正确; 沿着电场线的方向电势越来越低, 所以 Q 点的电势比 P 点的电势低, 故 B 错误; 根据 $E_p = \varphi q$ 可知, 负电荷在 P 点的电势能小于在 Q 点的电势能, 故 C 正确; 根据电场分布可知, M 、 O 间的平均电场强度比 O 、 N 间的平均电场强度小, 故由公式 $U = Ed$ 可知, M 、 O 间的电势差小于 O 、 N 间的电势差, 故 D 错误。

题组三 电势差与电场强度关系的三个推论

7. 如图, 椭圆 $ABCD$ 处于一匀强电场中, 椭圆平面平行于电场线, AC 、 BD 分别是椭圆的长轴和短轴, 已知电场中 A 、 B 、 C 三点的电势分别为 $\varphi_A = 14 \text{ V}$ 、 $\varphi_B = 4 \text{ V}$ 、 $\varphi_C = -7 \text{ V}$ 。由此可得 D 点的电势为 (C)



A. 8 V

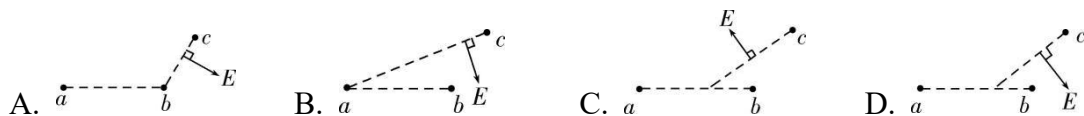
B. 6 V

C. 3 V

D. 2 V

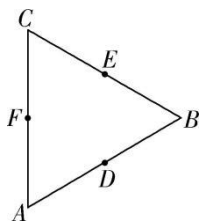
[解析] 在匀强电场中, 两长度相等且相互平行的线段两端的电势差相等, 由几何关系得, $AB \parallel DC$, $AB = DC$, 可知 $\varphi_A - \varphi_B = \varphi_D - \varphi_C$, 解得 $\varphi_D = 3 \text{ V}$, 选项 C 正确。

8. 图中 a 、 b 、 c 是匀强电场中同一平面上的三个点 (该平面与电场线平行), 各点的电势分别是 $\varphi_a = 5 \text{ V}$ 、 $\varphi_b = 2 \text{ V}$ 、 $\varphi_c = 3 \text{ V}$, 则在下列各示意图中能表示该电场的电场强度方向的是 (D)



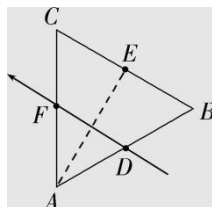
[解析] $\varphi_a = 5 \text{ V}$, $\varphi_b = 2 \text{ V}$, $\varphi_c = 3 \text{ V}$, 将 a 、 b 两点连线的线段三等分, 取一点 M 的电势为 3 V , 因此 M 点与 C 点的连线为等势线, 那么与连线垂直的为电场线, 又因为电势沿着电场线降低, 所以场强方向指向右下方, 故选 D。

9. [2023 河北沧州月考] 多选题如图所示, 匀强电场中 A 、 B 、 C 三点构成等边三角形, D 、 E 、 F 分别为 AB 、 BC 、 AC 的中点, 电场线与三角形所在平面平行, A 、 B 、 C 三点的电势分别为 $\varphi_A = 6 \text{ V}$ 、 $\varphi_B = 16 \text{ V}$ 、 $\varphi_C = -4 \text{ V}$, 下列说法正确的是 (AC)

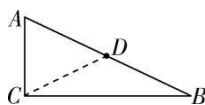


- A. D 点的电势为 11 V B. E 点的电势比 F 点的电势低 5 V
 C. 电场强度由 D 点指向 F 点 D. 电场强度由 A 点指向 E 点

[解析]根据题意可知,由于 E 为 BC 的中点,则有 $U_{BE} = U_{EC}$,即 $\varphi_B - \varphi_E = \varphi_E - \varphi_C$,解得 $\varphi_E = 6\text{ V}$,同理可得 $\varphi_D = 11\text{ V}$, $\varphi_F = 1\text{ V}$,则 E 点的电势比 F 点的电势高 5 V ,故 B 错误, A 正确;根据题意,连接 A 、 E ,由于 $\varphi_A = 6\text{ V}$,则 AE 为等势线,根据电场线与等势线垂直,画出电场线,如图所示,由于 $\varphi_D > \varphi_F$,则电场强度由 D 点指向 F 点,故 D 错误, C 正确。



10. [2024 江苏无锡天一中学高一期末]匀强电场中的三点 A 、 B 、 C 是一个直角三角形的三个顶点, AB 的长度为 2 m , D 点为 AB 的中点,如图所示,已知电场线的方向平行于 $\triangle ABC$ 所在的平面, A 、 B 、 C 三点的电势分别为 10 V 、 6 V 、 2 V ,设电场强度的大小为 E ,一电荷量为 $1 \times 10^{-6}\text{ C}$ 的正电荷从 D 点移到 C 点,静电力做功为 W ,则 (A)



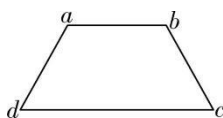
- A. $W = 6 \times 10^{-6}\text{ J}$, $E > 6\text{ V/m}$ B. $W = -6 \times 10^{-6}\text{ J}$, $E > 6\text{ V/m}$
 C. $W = 6 \times 10^{-6}\text{ J}$, $E < 6\text{ V/m}$ D. $W = -6 \times 10^{-6}\text{ J}$, $E < 6\text{ V/m}$

[解析]由于 D 为 AB 的中点,则 D 点的电势 $\varphi_D = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = 8\text{ V}$,电荷从 D 点移到 C 点静电力所做的功为 $W = qU_{DC} = q(\varphi_D - \varphi_C) = 6 \times 10^{-6}\text{ J}$,设 AC 的中点为 E ,有 $\varphi_E = \frac{\varphi_A + \varphi_C}{2} = 6\text{ V}$,连接 B 、 E , BE 为等势线,电场强度垂直 BE ,方向斜向下, AB 的长度为 2 m ,所以 DC 的长度为 1 m ,由于电场强度的方向并不是沿着 DC 方

向，所以 D、C 两点沿电场方向的距离 $d_1 < 1 \text{ m}$ ，匀强电场中两点电势差与两点沿电场方向的距离成正比，即 $U = Ed$ ，所以 $E = \frac{U_{DC}}{d_1} > 6 \text{ V/m}$ ，故选 A。

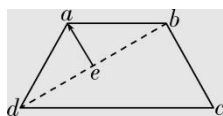
素养提升练

11. [2024 山东济宁高一统考]多选题如图所示， $abcd$ 为匀强电场中的一等腰梯形，其平面与电场方向平行。已知 $ab = bc = 2 \text{ cm}$ ， $dc = 4 \text{ cm}$ ， a 、 d 、 c 三点的电势分别为 0、4 V、12 V，下列说法正确的是 (AC)



- A. b 点的电势为 4 V
- B. 电场强度大小为 200 V/m
- C. 电场强度的方向平行于 bc 边斜向上
- D. 电子由 c 点运动到 d 点静电力做功为 8 eV

[解析]根据匀强电场中电势差与电场强度的关系可知 $\frac{U_{ab}}{U_{dc}} = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{\varphi_c - \varphi_d} = \frac{ab}{dc} = \frac{1}{2}$ ，代入数据可知 b 点的电势为 4 V，故 A 正确； d 、 b 两点的电势相等，则 bd 连线为等势线，如图所示，根据几何关系可知 $\angle d = \angle c = 60^\circ$ ， $ae = 1 \text{ cm}$ ，则有 $E = \frac{U_{ea}}{ae} = 400 \text{ V/m}$ ，方向平行于 bc 边斜向上，故 B 错误，C 正确；电子由 c 点运动到 d 点静电力做功为 $W = -e(\varphi_c - \varphi_d) = -8 \text{ eV}$ ，故 D 错误。

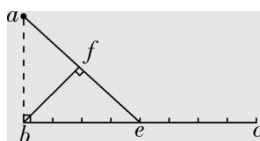


12. [2024 广东深圳高一统考]多选题匀强电场中同一平面内有 a 、 b 、 c 三点，电场方向跟 a 、 b 、 c 所在平面平行， $ab = 2\sqrt{2} \text{ cm}$ ， $bc = 4\sqrt{2} \text{ cm}$ ， $\angle abc = 90^\circ$ 。已知 a 、 b 、 c 点电势分别为 3 V、-1 V 和 7 V。则 (ABC)

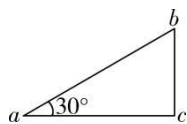


- A. 电场强度大小为 2 V/cm
- B. 电场强度的方向与 bc 夹角为 45°
- C. 电子从 a 点移到 b 点，静电力对电子做了负功
- D. 电子从 a 点移到 c 点，静电力对电子做了负功

[解析]将 bc 线段 8 等分, 连接 a 、 e , 作 ae 的垂线 bf , 如图所示, 由题意可知 a 点电势和 e 点电势相等, fb 为电场线, 方向由 f 指向 b , 由几何知识可知 $be = \frac{bc}{2} = 2\sqrt{2} \text{ cm}$, 又 $ab = 2\sqrt{2} \text{ cm}$, 则有 $fb = 2 \text{ cm}$, fb (即电场强度的方向) 与 bc 夹角为 45° , 电场强度大小为 $E = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{fb} = \frac{3 - (-1)}{2} \text{ V/cm} = 2 \text{ V/cm}$, A、B 正确; 电子从 a 点移到 b 点, 静电力对电子做功为 $W_{ab} = -e(\varphi_a - \varphi_b) = -4 \text{ eV}$, 故静电力对电子做了负功, 故 C 正确; 电子从 a 点移到 c 点, 静电力对电子做功为 $W_{ac} = -e(\varphi_a - \varphi_c) = 4 \text{ eV}$, 故静电力对电子做了正功, 故 D 错误。

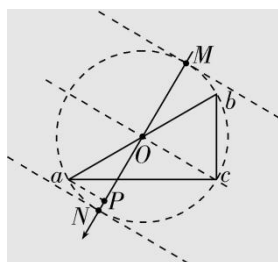


13. 如图所示, 匀强电场中有 a 、 b 、 c 三点, 在以它们为顶点的三角形中, $\angle a = 30^\circ$, $\angle c = 90^\circ$ 。电场方向与三角形所在平面平行。已知 a 、 b 和 c 三点的电势分别为 $(2 - \sqrt{3}) \text{ V}$ 、 $(2 + \sqrt{3}) \text{ V}$ 和 2 V 。则三角形 abc 的外接圆上电势最低、最高分别为 (B)



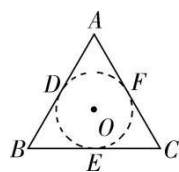
- A. $(2 - \sqrt{3}) \text{ V}$ $(2 + \sqrt{3}) \text{ V}$ B. 0 4 V
C. $(2 - \frac{4\sqrt{3}}{3}) \text{ V}$ $(2 + \frac{4\sqrt{3}}{3}) \text{ V}$ D. 0 $2\sqrt{3} \text{ V}$

[解析]如图所示, 圆心 O 是 ab 的中点, 所以圆心 O 点的电势为 2 V , Oc 是等势线, 则电场线如图中 MN 所示, 方向由 M 指向 N 。匀强电场中沿电场线方向电势均匀降低, 设圆的半径为 R , 则 $U_{OP} = U_{Oa} = \sqrt{3} \text{ V}$, $U_{ON} = ER$, $U_{OP} = ER \cos 30^\circ$, 则 $U_{ON} : U_{OP} = 2 : \sqrt{3}$, 故 $U_{ON} = 2 \text{ V}$, N 点电势最低, 为 0, 同理 M 点电势最高, 为 4 V, 故 B 正确。



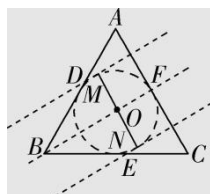
解题关键 本题解题的关键是先根据等分法找出等势点，确定出等势线，进一步确定出电场线的方向，然后找出沿电场线方向外接圆上离 O 点最近的点和最远的点，由 $U = Ed$ 确定出两点与 O 点的电势差。

14. 多选题 原创题如图所示，在匀强电场中，有边长为 2 cm 的等边三角形 ABC ，三角形所在平面与匀强电场的电场线平行。 O 点为该三角形的中心，三角形三个顶点 A 、 B 、 C 的电势分别为 1 V 、 3 V 和 5 V ，虚线圆为三角形 ABC 的内切圆， D 、 E 、 F 为圆和三角形的三个切点，则下列说法正确的是（ **BD** ）

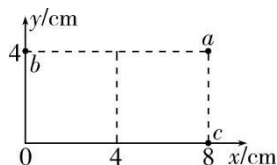


- A. 电场强度的方向由 C 点指向 D 点 B. 电场强度的大小为 200 V/m
C. 内切圆上电势最高为 $(3 + \frac{\sqrt{3}}{3})\text{ V}$ D. 内切圆上电势最低为 $(3 - \frac{2\sqrt{3}}{3})\text{ V}$

[解析] 在匀强电场中 F 是 AC 的中点，则 $\varphi_F = \frac{\varphi_A + \varphi_C}{2} = 3\text{ V}$ ，故 B 、 F 连线为等势线，根据电场线与等势线垂直，从电势高的点指向电势低的点，可知电场线方向从 C 指向 A ， A 项错误； $E = \frac{U}{d} = \frac{5-1}{0.02}\text{ V/m} = 200\text{ V/m}$ ， B 项正确；画出的等势线如图所示，沿着电场线方向电势降低， $NM \parallel AC$ ，在三角形 ABC 内切圆的圆周上 M 点电势最低， N 点电势最高，设内切圆的半径为 R ，由几何关系有 $2AO \cos 30^\circ = 2\text{ cm}$ ， $R = AO \sin 30^\circ$ ，可得 $R = \frac{\sqrt{3}}{3}\text{ cm}$ ， N 、 O 和 O 、 M 间的电势差 $U_{NO} = U_{OM} = ER = \frac{2\sqrt{3}}{3}\text{ V}$ ，故 $\varphi_M = (3 - \frac{2\sqrt{3}}{3})\text{ V}$ ， $\varphi_N = (3 + \frac{2\sqrt{3}}{3})\text{ V}$ ， C 项错误， D 项正确。



15. [2024 安徽蚌埠高二期末] 一匀强电场的方向平行于 xOy 平面，平面内 a 、 b 、 c 三点的位置如图所示，三点的电势分别为 $\varphi_a = 21\text{ V}$ 、 $\varphi_b = 5\text{ V}$ 、 $\varphi_c = 13\text{ V}$ 。



(1) 求 a 、 b 间和 b 、 c 间的电势差 U_{ab} 和 U_{bc} 。

[答案]16 V -8 V

[解析] a 、 b 间的电势差 $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 16 \text{ V}$

b 、 c 间的电势差 $U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = -8 \text{ V}$

(2) 电子从 b 点运动到 c 点的过程中，静电力做的功为多少？

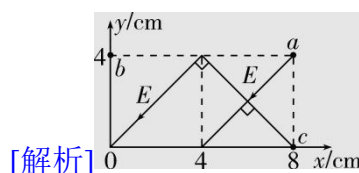
[答案]8 eV

[解析]电子从 b 点运动到 c 点的过程中，静电力做的功

$$W_{bc} = qU_{bc} = -eU_{bc} = 8 \text{ eV}$$

(3) 在图中画出电场强度的方向，并计算电场强度的大小。

[答案]见解析



沿 ab 和 ac 两方向的场强分量大小分别为 $E_1 = \frac{U_{ab}}{ab} = 200 \text{ V/m}$

$$E_2 = \frac{U_{ac}}{ac} = 200 \text{ V/m}$$

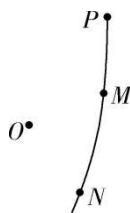
根据矢量合成可知 $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 200\sqrt{2} \text{ V/m}$

方向如图所示。

课时评价作业（十一） 电场能的性质和图像问题

基础达标练

1. [2024 江苏常州高级中学高一期末] 在 O 点处固定一个正点电荷， P 点在 O 点右上方。从 P 点由静止释放一个带负电的小球，小球仅在重力和该点电荷静电力作用下在竖直面内运动，其中一段轨迹如图所示。 M 、 N 是轨迹上的两点， $OP > OM$ ， $OM = ON$ ，则小球（ B ）

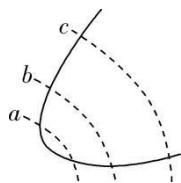


A. 在运动过程中，电势能先增加后减少

- B. 在 P 点的电势能大于在 N 点的电势能
- C. 在 M 点的机械能大于在 N 点的机械能
- D. 从 M 点运动到 N 点的过程中, 静电力始终不做功

[解析]依题意小球运动过程中, 开始一段时间靠近正点电荷, 静电力做正功其电势能减小, 然后远离正点电荷, 静电力做负功其电势能增加, 故 A 错误; 由图可知, 小球从 P 点运动到 M 点过程中, 静电力做正功, 电势能减小, 所以在 P 点的电势能大于在 M 点的电势能, 依题意 $OM = ON$, 结合点电荷电势的分布特点可知 $\varphi_M = \varphi_N$, 故在 P 点的电势能大于在 N 点的电势能, 故 B 正确; $\varphi_M = \varphi_N$, 从 M 到 N 过程, 电势先升高再降低, 小球电势能先降低再升高, 静电力先做正功后做负功, 静电力做的总功为零, 根据 $\Delta E = W_{\text{电}} = 0$, 易知在 M 点的机械能等于在 N 点的机械能, 故 C、D 错误。

2. 如图所示, 虚线为场源电荷产生的电场中的三个等势面, 相邻等势面间的电势差相等, 等势面 a 的电势为 20 V , 等势面 c 的电势为 10 V 。某质子仅受静电力作用, 在电场中运动的轨迹如实线所示, 若该质子在等势面 c 上的动能为 15 eV , 则 (**B**)

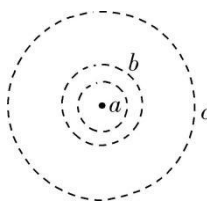


- A. 场源电荷是负电荷
- B. 质子经过等势面 a 的动能为 5 eV
- C. 质子经过等势面 b 的电势能为 10 eV
- D. 质子经过等势面 b 的动能为 15 eV

[解析]质子带正电, 受到的静电力方向指向低等势面, 与场强方向一致, 则场源电荷为正电荷, 故 A 错误; 由于相邻等势面间的电势差相等, 则 $\varphi_a - \varphi_b = \varphi_b - \varphi_c$, 解得 $\varphi_b = 15\text{ V}$, 质子经过等势面 b 的电势能为 $E_{pb} = e\varphi_b = 15\text{ eV}$, 故 C 错误; 质子由 c 到 b , 由动能定理得 $e(\varphi_c - \varphi_b) = E_{kb} - E_{kc}$, 解得 $E_{kb} = 10\text{ eV}$, 故 D 错误; 质子由 c 到 a , 由动能定理得 $e(\varphi_c - \varphi_a) = E_{ka} - E_{kc}$, 解得 $E_{ka} = 5\text{ eV}$, 故 B 正确。

3. [2023 广东中山期末]多选题如图所示, 虚线 a 、 b 、 c 代表某一点电荷产生的电场中的三个等势面, a 、 b 的电势分别为 6 V 、 4 V , 一电荷量为 e 的质子在该

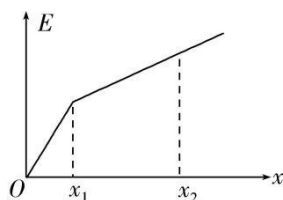
电场中运动，经过 c 等势面时的动能为 5 eV ，从 c 到 b 的过程中克服静电力做功为 2.5 eV ，则（ **ABC** ）



- A. 该场源电荷带正电
- B. 该质子从等势面 c 运动到 b 过程中，电势能增加 2.5 eV
- C. 该质子可能到达不了等势面 a
- D. 该质子经过等势面 c 时的速率是经过 b 时的 2 倍

[解析]根据 $\varphi_a > \varphi_b$ 可知该场源电荷带正电，故 A 正确；由题意可知从 c 到 b 的过程中静电力对质子做功为 -2.5 eV ，所以电势能增加 2.5 eV ，故 B 正确；质子到达等势面 b 时的动能为 2.5 eV ，但由于质子运动的方向不确定，所以可能到达等势面 a ，也可能到达不了等势面 a ，故 C 正确；由题意可知 $\frac{v_c}{v_b} = \sqrt{\frac{E_{kc}}{E_{kb}}} = \sqrt{2}$ ，故 D 错误。

4. [2023 山西大同期中]多选题空间中某静电场的电场强度 E 随 x 变化的图像如图所示，规定沿 x 轴正方向为电场强度的正方向。一钠离子(Na^+)仅在静电力的作用下沿 x 轴从 O 点运动到 x_2 处，在此过程中（ **CD** ）

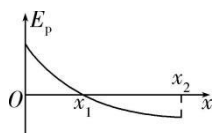


- A. 钠离子的电势能一直增大
- B. 钠离子的加速度先增大后减小
- C. 钠离子在 x_2 处的速率大于在 x_1 处的速率
- D. O 和 x_1 两点间的电势差小于 x_1 和 x_2 两点间的电势差

[解析]钠离子在 x 轴上从 O 点运动到 x_2 的过程，钠离子受到的静电力沿 x 轴正方向，所以静电力对钠离子一直做正功，钠离子的电势能一直减小，选项 A 错误；由 $E-x$ 图像可知，电场强度一直增大，所以钠离子受到的静电力一直增大，钠离子的加速度一直增大，选项 B 错误；静电力对钠离子一直做正功，根据动能

定理可知，钠离子的动能增大，所以钠离子在 x_2 处的速率大于在 x_1 处的速率，选项 C 正确； $E-x$ 图线与横轴所围的面积表示两点间的电势差，所以 O 和 x_1 两点间的电势差小于 x_1 和 x_2 两点间的电势差，选项 D 正确。

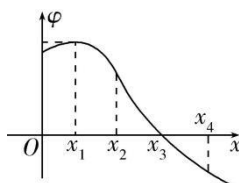
5. [2024 安徽合肥一中高二期中] 某静电场中的 x 轴上，一个带电粒子在 O 点由静止释放，仅在静电力作用下沿 x 轴正向运动，带电粒子的电势能随粒子在 x 轴上的位置变化规律如图所示，则下列判断正确的是（ C ）



- A. 带电粒子带负电
B. 带电粒子先做加速运动后做减速运动
C. 带电粒子运动的加速度不断减小
D. 带电粒子的电势能先减小后增大

[解析] 由于电场方向不确定，因此粒子的电性无法确定，故 A 错误；由图像可知粒子的电势能一直减小，所以粒子的动能一直增加，即粒子一直做加速运动，故 B、D 错误； E_p-x 图像的切线斜率绝对值表示静电力的大小，反映加速度的大小，由图像可知粒子运动过程中加速度一直减小，故 C 正确。

6. [2024 江苏宿迁高一统考] 在 x 轴方向存在一静电场，其 $\varphi-x$ 图像如图所示，一电子以一定的初速度沿 x 轴从 O 点运动到 x_4 ，电子仅受静电力，则该电子（ A ）

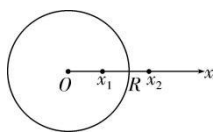


- A. 在 x_1 处速度达到最大
B. 从 x_1 到 x_2 的过程中静电力做正功
C. 在 x_3 处电势为零，电场强度也为零
D. 从 x_3 到 x_4 的过程中加速度逐渐增大

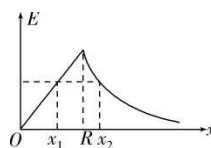
[解析] 由沿电场线方向电势逐渐降低可知， $0 \sim x_1$ 电场方向沿 x 轴负方向， $x_1 \sim x_4$ 电场方向沿 x 轴正方向，由 $\varphi-x$ 图像中斜率表示电场强度可知， x_1 处电场强度为 0，结合上述分析可知， $0 \sim x_1$ 过程中电子在静电力作用下做加速运动， $x_1 \sim x_4$ 过程中电子做减速运动，则电子运动到 x_1 处时速度最大，故 A 正确；从 x_1 到 x_2 静

电力做负功，故 B 错误；在 x_3 处电势为零，但电场强度不为零，故 C 错误；从 x_3 到 x_4 的过程中电场强度逐渐减小，则加速度逐渐减小，故 D 错误。

7. [2023 福建三明期中]真空中有一半径为 R 、带电荷量为 $+Q$ 的均匀带电球体，以球心为坐标原点，沿半径方向建立 x 坐标轴，如图甲所示（其中 x_1 点在球体内部， x_2 点在球体外部），理论分析表明， x 轴上各点的场强随 x 变化关系如图乙所示，则（ D ）



甲

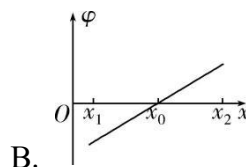
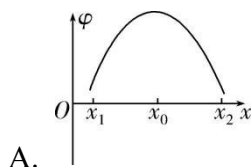
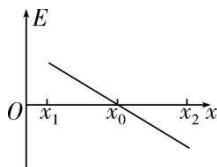


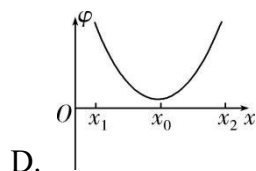
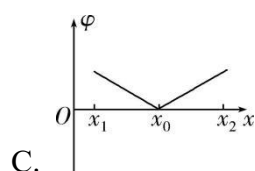
乙

- A. x_1 、 x_2 两点处的电势相同
- B. 球内部的电场为匀强电场
- C. 球表面的电势最高
- D. x_1 、 x_2 两处场强大小相等，方向相同

[解析]由 $E-x$ 图线与 x 轴所围面积表示电势差，可知 x_1 处与球表面、 x_2 处与球表面的电势差不同，则 x_1 、 x_2 两点处的电势不同，故 A 错误；由图像可知，球内部的电场强度不是处处相等，所以内部电场为非匀强电场，故 B 错误；根据顺着电场线电势逐渐减小，可知球体内电势比球表面高，故 C 错误；由图像可知， x_1 处与 x_2 处场强大小相等，方向相同，故 D 正确。

8. [2023 安徽池州月考]一方向平行于 x 轴的静电场在 x_1 与 x_2 之间的电场强度 E 与位置 x 关系如图，规定电场强度沿 x 轴正方向为正，下列选项中，能正确反映该电场的电势 φ 与位置 x 的关系的是（ D ）

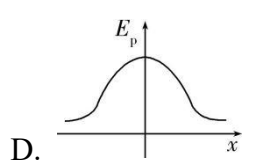
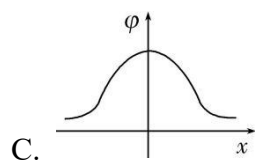
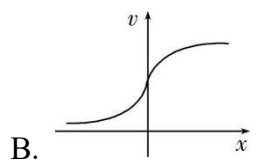
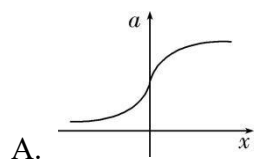
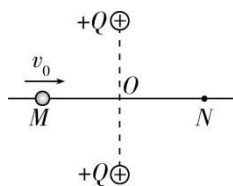




[解析]由图可知，电场强度先沿正方向逐渐减小，后沿反方向逐渐增大，在 $\varphi-x$ 图像中，图线斜率的绝对值表示电场强度的大小。选项A中， $x_1 \sim x_0$ 范围内，图线斜率的绝对值变小，电场强度变小，电势逐渐升高，说明电场强度沿负方向，不符合要求，A错误；选项B中， $x_1 \sim x_0$ 范围内，图线斜率恒定，电场强度恒定，电势升高，电场强度沿负方向，不符合要求，B错误；选项C中， $x_1 \sim x_0$ 范围内，图线斜率恒定，电场强度恒定，电势降低，电场强度沿正方向，不符合要求，C错误；选项D中， $x_1 \sim x_0$ 范围内，图线斜率的绝对值减小，场强减小，电势降低，电场强度沿正方向， $x_0 \sim x_2$ 范围内，图线斜率的绝对值变大，场强变大，电势升高，电场强度沿负方向，符合要求，D正确。

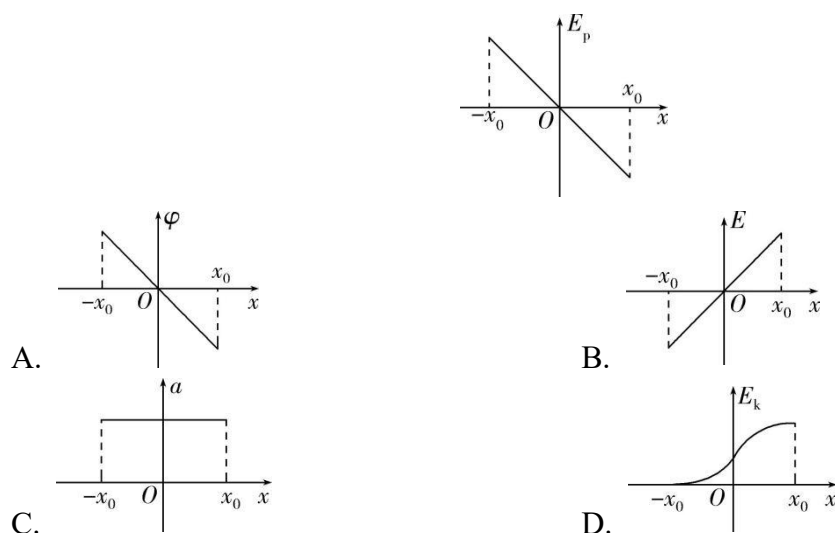
素养提升练

9. [2024 江苏徐州高一统考]如图所示，带电荷量均为 $+Q$ 的两个点电荷固定在同一竖直线上，一根粗细均匀的光滑绝缘杆水平放置，与两点电荷连线的垂直平分线重合，杆上 M 、 N 两点关于两点电荷连线对称，一个带负电的小球套在杆上（可自由滑动）。给小球一个向右的初速度 v_0 ，小球加速度为 a ，速度为 v ，电势能为 E_p ， MN 连线上电势为 φ 。小球从 M 点运动到 N 点的过程中，下列图像可能正确的是（ C ）



[解析]带负电小球从 $M \rightarrow O$ 过程中所受静电力向右,过 O 点后所受静电力向左,在 O 点 $F_{\text{合}} = 0$,所以 O 点加速度为 0 ,故A错误;在运动过程中,静电力先做正功后做负功,所以速度先增大后减小,故B错误;在 MN 连线上距离两正点电荷越远的位置电势越低, O 点电势最高,则从 M 到 N 点电势 φ 先增大后减小,故C正确;从 M 到 O 静电力做正功时,动能增加, E_p 减少,从 O 到 N 静电力做负功时,动能减小, E_p 增加,所以 E_p 先减小后增大,故D错误。

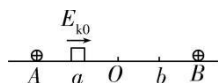
10. [2024 安徽芜湖高二期末]空间存在沿 x 轴分布的电场线,一带负电粒子在 $-x_0$ 处由静止释放,该粒子仅在静电力的作用下运动到 x_0 的过程中,其电势能 E_p 随 x 变化的情况如图所示。则电场中 x 轴上的电势 φ 、电场强度 E 、带电粒子的加速度 a 、带电粒子的动能 E_k 随位置坐标 x 的变化图线正确的是(设沿 x 轴正方向为正)(C)



[解析]根据图像可知 E_p 随 x 变化的函数为 $E_p = kx(k < 0)$,令粒子所带电荷量为 $-q$,由于 $E_p = -q\varphi$,则有 $\varphi = -\frac{k}{q}x$,结合上述可知 $-\frac{k}{q} > 0$,即 $\varphi - x$ 图像为一条过原点的倾斜直线,斜率为正值,故A错误; $E_p - x$ 图像的斜率不变,则静电力不变,可知,该电场为匀强电场,电场强度为一个定值, $E - x$ 图像为一条平行于 x 轴的直线,故B错误;根据上述分析可知,电场为匀强电场,根据牛顿第二定律可知,粒子沿 x 轴正方向做匀加速直线运动,加速度为一个定值,方向与规定正方向相同,可知 $a - x$ 图像为 x 轴上方的一条平行于 x 轴的直线,故C

正确；根据动能定理有 $qE(x+x_0) = E_k - 0$ ，则有 $E_k = qEx + qEx_0$ ，根据上述分析可知，电场是匀强电场，所受静电力沿 x 轴正方向，则 $E_k - x$ 图像是一条倾斜直线，斜率为正值，故 D 错误。

11. [2024 广东佛山高一期末] 如图所示，在绝缘粗糙的水平面上，相距为 L 的 A 、 B 两点处分别固定着两个带相同电荷量的正电荷， a 、 b 是 AB 连线上的两点，其中 $Aa = Bb = \frac{L}{4}$ ， O 为 AB 连线的中点。一质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的小滑块（可以看成质点）以初动能 E_{k0} 从 a 点出发，沿 AB 直线向 b 运动，其中小滑块第一次经过 O 点时的动能为初动能的 3 倍，到达 b 点时动能恰好为零，小滑块最终停在 O 点，重力加速度为 g ，求：



(1) 小滑块与水平面间的动摩擦因数；

[答案] $\frac{2E_{k0}}{mgL}$

[解析] a 、 b 是 AB 连线上的两点，其中 $Aa = Bb = \frac{L}{4}$ ，可知 a 、 b 两点关于 O 点对称，则 a 、 b 两点电势相等，即 $U_{ab} = 0$ 。

设滑块与水平面间的摩擦力大小为 F_f ，对于滑块从 a 到 b 的过程中，由动能定理得

$$-F_f \frac{L}{2} + qU_{ab} = 0 - E_{k0}$$

摩擦力 $F_f = \mu mg$

$$\text{解得 } \mu = \frac{2E_{k0}}{mgL}。$$

(2) O 、 b 两点间的电势差；

[答案] $-\frac{5E_{k0}}{2q}$

[解析] 对于滑块从 O 到 b 的过程中，由动能定理得

$$qU_{Ob} - \mu mg \cdot \frac{L}{4} = 0 - 3E_{k0}$$

$$\text{解得 } U_{Ob} = -\frac{5E_{k0}}{2q}。$$

(3) 小滑块运动的总路程。

[答案] $\frac{7}{4}L$

[解析]由于 a 、 b 两点关于 O 点对称, 则 $U_{aO} = -U_{Ob} = \frac{5E_{k0}}{2q}$

对于滑块从 a 开始运动到最终在 O 点停下的整个过程, 由动能定理得 $qU_{aO} -$

$\mu mgs = 0 - E_{k0}$, 解得 $s = \frac{7}{4}L$ 。

课时评价作业 (十二) 电容器的电容

基础达标练

题组一 电容器 电容

1. [2023 山东胶州期中] 心室纤颤是一种可能危及生命的疾病。一种心脏除颤器如图所示, 它通过一个充电的电容器对心颤患者皮肤上的两个电极板放电, 让一部分电荷通过心脏, 使心脏完全停止跳动, 再刺激心颤患者的心脏恢复正常跳动。电容器在放电时, 它的电容 (**C**)



- A. 减小 B. 增大 C. 保持不变 D. 无法确定

[解析] 电容器电容由本身结构决定, 与带电荷量无关, 所以电容器在放电时, 它的电容保持不变, 故 **C** 正确, **A**、**B**、**D** 错误。

2. [2023 河北邯郸一中模拟] 多选题下面关于电容器及电容的叙述正确的是 (**AD**)

- A. 任何两个彼此绝缘而又相互靠近的导体, 都能组成电容器, 跟这两个导体是否带电无关
- B. 电容器所带的电荷量是指每个极板所带电荷量的代数和
- C. 电容器的电容与电容器所带电荷量成反比
- D. 一个电容器的电荷量增加 $\Delta Q = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ 时, 两极板间电压升高 10 V , 则该电容器的电容为 $1.0 \times 10^{-7} \text{ F}$

[解析] 根据电容器的定义可知, 任何两个彼此绝缘而又相互靠近的导体, 都能组成电容器, 跟这两个导体是否带电无关, **A** 正确; 电容器所带的电荷量是指一个极板所带电荷量的绝对值, **B** 错误; 电容器的电容与电容器所带电荷量及两极板

间的电压均无关，C 错误；一个电容器的电荷量增加 $\Delta Q = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ 时，两极板间电压升高 10 V ，则该电容器的电容为 $C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ F}$ ，D 正确。

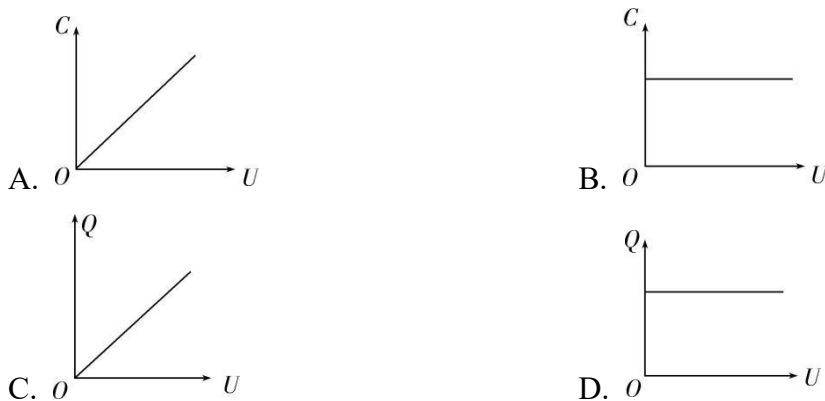
3. [2023 广东茂名期中] 如图是一个电解电容器，由标注的参数可知（ D ）



- A. 电容器的击穿电压为 100 V
- B. 当电容器的电压低于 100 V 时，电容器无法工作
- C. 给电容器加 50 V 电压时，电容器的电容为 $110 \mu\text{F}$
- D. 电容器允许容纳的最大电荷量为 0.022 C

[解析] 电容器的额定电压为 100 V ，低于 100 V 时也可以工作，故 A、B 错误；电容只与电容器本身有关，给电容器加 50 V 电压时，电容器的电容仍为 $220 \mu\text{F}$ ，故 C 错误；根据 $C = \frac{Q}{U}$ ，代入数据得电容器允许容纳的最大电荷量为 0.022 C ，故 D 正确。

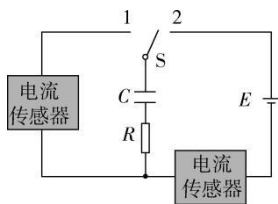
4. 多选题下列四幅图是某同学用来描述一个电容器充电时，其电荷量 Q 、电压 U 、电容 C 之间的相互关系，其中正确的是（ BC ）



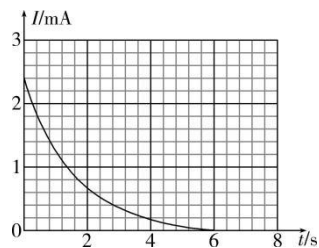
[解析] 电容器的电容由本身决定，与两板间的电压无关，则选项 A 错误，B 正确；根据 $Q = CU$ 可知， $Q - U$ 图像为过原点的倾斜的直线，选项 C 正确，D 错误。

题组二 实验：观察电容器的充、放电现象

5. [2024 湖北黄石高一统考] 图甲是观察电容器的充、放电现象的电路图，电源电压为 E 。图乙是通过电流传感器的电流随时间变化的 $I - t$ 图线，图中曲线与坐标轴围成的面积大小为 a 。下列说法正确的是（ D ）



甲

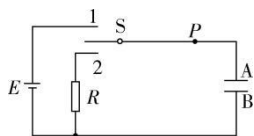


乙

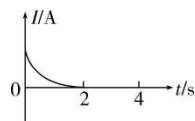
- A. 图乙是开关 S 接 2 时获得的
- B. 开关接 1 和接 2 时流经 R 的电流方向不变
- C. 若只减小图甲中 R 的阻值, 其他不变, 则 a 变小
- D. 若只减小图甲中电源 E 的值, 其他不变, 则 a 变小

[解析] 根据图线无法确定是充电还是放电, A 错误; 开关接 1 时流经 R 的电流方向向上, 开关接 2 时流经 R 的电流方向向下, B 错误; 图中曲线与坐标轴围成的面积大小为 a , 表示电容器所带的电荷量, 与 R 的阻值无关, 若只减小图甲中 R 的阻值, 其他不变, a 不变, C 错误; 若只减小图甲中电源 E 的值, 其他不变, 则 a 变小, D 正确。

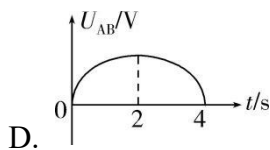
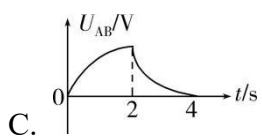
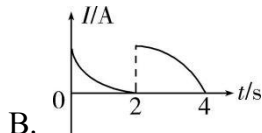
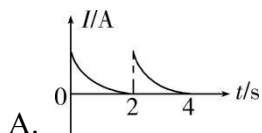
6. [2024 山东烟台高一统考] 多选题如图甲所示, 单刀双掷开关 S 原来跟 2 相接, 从 $t = 0$ 时刻开始, 开关改接 1, 得到流过电路中 P 点的电流 I 随时间 t 变化的图像如图乙所示, $t = 2\text{ s}$ 时, 把开关改接 2, 则在 $0 \sim 4\text{ s}$ 内, 下列关于流过电路中 P 点电流 I 的大小随时间 t 变化的图像、电容器两极板的电势差 U_{AB} 随时间 t 变化的图像中可能正确的是 (AC)



甲

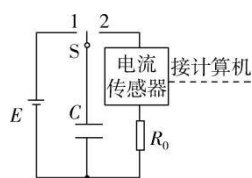


乙

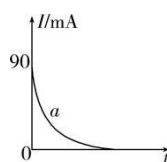


[解析]开关 S 接 1 时，电容器充电，充电完毕后电流为零，再将开关 S 接 2 时，开始放电，且放电越来越缓慢，因此对应的 $I-t$ 图像斜率越来越小，放电完毕后电流为零，故 A 正确，B 错误；开关 S 接 1 时，电容器充电，电压变化越来越慢，充电结束后两极板电压等于电源电压，因此对应 $U_{AB}-t$ 图像斜率越来越小，再将开关 S 接 2 时，开始放电，两极板电压逐渐减小，且电压变化越来越慢，极板电性不变，因此对应 $U_{AB}-t$ 图像斜率也越来越小，故 C 正确，D 错误。

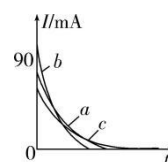
7. 电容器是现代电子产品不可或缺的重要组成部分，NPO 电容器是一种最常用的具有温度补偿特性的单片陶瓷电容器，某兴趣小组要测定一个 NPO 电容器的电容，设计的电路图如图甲所示，用电流传感器和计算机可以方便地测出电路中电流随时间变化的曲线。下列说法正确的是（ C ）



甲



乙



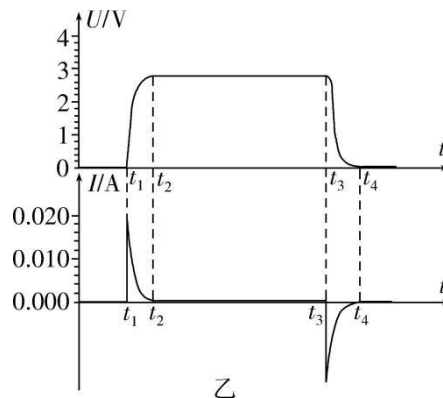
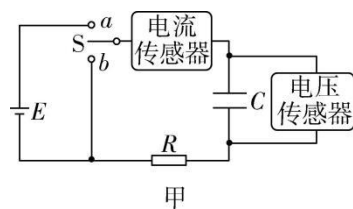
丙

- A. 流过 R_0 的电流方向竖直向上
- B. 若图乙中图线 a 表示电容器的放电过程则电容器的电容在减小
- C. 若增大 R_0 的阻值，电流变化应为图丙中的图线 c
- D. 图乙中 a 图线与坐标轴围起来的面积表示电容器的电容 C

[解析]充电后电容器上极板带正电，则放电时流过 R_0 的电流方向竖直向下，故 A 错误；放电过程电容器的电容不变，故 B 错误；若增大 R_0 的阻值，电容器放电时的最大电流减小，放电时间变长，则电流变化应为图丙中的图线 c ，故 C 正确； a 图线与坐标轴围起来的面积表示电容器的带电荷量，故 D 错误。

素养提升练

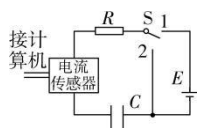
8. 多选题图甲为用传感器在计算机上观察电容器充、放电现象的电路图， E 表示电源， R 表示电阻， C 表示电容器，将 S 分别拨到 a 、 b ，得到充、放电过程中电容器两极板间电压 U 、电路中的电流 I 与时间 t 的关系图像，如图乙所示，以下说法正确的是（ AC ）



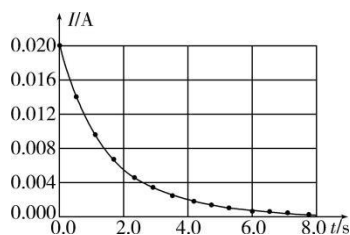
- A. $t_1 \sim t_2$ 时间内，电容器极板的电荷量逐渐增加，电容器在充电
- B. $t_2 \sim t_3$ 时间内，电容器极板的电荷量减少为零，电容器在放电
- C. $t_3 \sim t_4$ 时间内， $I-t$ 图线与 t 轴围成的图形面积表示电容器放电过程放出的电荷量
- D. 在图甲的电路中，增大电阻 R ，可以实现对电容器更快速充电

[解析] $t_1 \sim t_2$ 时间内，电容器两极板间电压在逐渐增大，由 $Q = CU$ 知电容器极板的电荷量逐渐增加，电容器在充电，故 A 正确； $t_2 \sim t_3$ 时间内，电容器两极板间电压稳定不变，说明处于充电饱和阶段，故 B 错误； $I-t$ 图线与 t 轴围成的图形面积表示电荷量， $t_3 \sim t_4$ 时间内电容器两极板间电压减小，说明在放电，所以 $t_3 \sim t_4$ 时间内， $I-t$ 图线与 t 轴围成的图形面积表示电容器放电过程放出的电荷量，故 C 正确；电容器充电时间的长短与充电回路的电阻阻值有关，电阻越大，充电电流就越小，充电所需要的时间就越长，反之，充电回路的电阻越小，充电电流就越大，充电所需要的时间就越短，所以 R 越大，充电越慢，故 D 错误。

9. [2023 福建上杭一中开学考]小陈同学用如图甲所示的电路做“观察电容器的充、放电现象”实验。



甲



乙

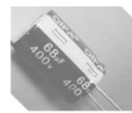
① 接好电路，学生电源电压选“10 V”，先给电容器充电，再观察电容器的放电，得到电容器放电电流 I 随时间 t 的变化曲线如图乙，根据图乙，可知他所选用的电容器最可能是下列的 B（选填序号“A”“B”或“C”）。



A



B



C

[解析] $I-t$ 曲线与横轴围成的面积表示电荷量， $Q = 4 \times 0.004 \times 2 \text{ C} = 3.2 \times 10^{-2} \text{ C}$ ，则该电容器的电容为 $C = \frac{Q}{U} = 3.2 \times 10^{-3} \text{ F} = 3200 \mu\text{F}$ ，故 B 正确，A、C 错误。

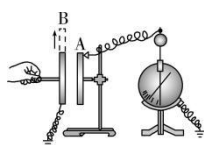
② 如果不改变电路其他参数，只减小电阻 R ，充电时 $I-t$ 曲线与横轴所围成的面积将 不变（填“增大”“不变”或“变小”），充电时间将 变短（填“变长”“不变”或“变短”）。

[解析] 由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，电容器储存的电荷量 Q 与电阻 R 无关，如果不改变电路的其他参数，只减小电阻 R ，充电时其 $I-t$ 曲线与横轴围成的面积将不变。如果不改变电路其他参数，只减小电阻 R ，由于电阻对于电流的阻碍作用减小，充电电流增大，所以充电时间将变短。

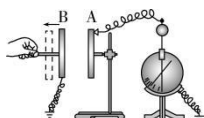
课时评价作业（十三） 平行板电容器的电容 基础达标练

题组一 平行板电容器的电容 常用电容器

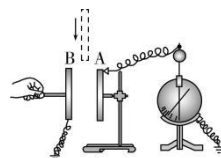
1. [2024 河北邢台高一统考] 研究影响平行板电容器大小因素实验时的操作示意图如图所示，下列说法符合实际情况的是（ C ）



甲



乙

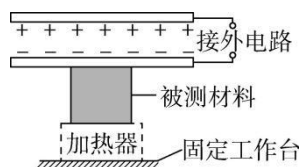


丙

- A. 进行如图甲所示的操作时，平行板电容器的电容增大
- B. 进行如图乙所示的操作时，平行板电容器的电容增大
- C. 进行如图丙所示的操作时，若插入的是电介质，平行板电容器的电容增大
- D. 进行如图丙所示的操作时，若插入的是金属板，平行板电容器的电容减小

[解析] 平行板电容器电容的决定式为 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ，图甲中减小正对面积 S ，电容 C 减小，故 A 错误；图乙中增大两极板之间的距离 d ，电容 C 减小，故 B 错误；在两极板之间插入电介质，相对介电常数增大，电容 C 增大，故 C 正确；在两极板之间插入金属板，等效于减小两极板间的距离 d ，电容 C 增大，故 D 错误。

2. [2024 河南许昌高一统考] 多选题如图所示为电容式微小温度传感器的原理示意图，电容器上极板固定，下极板可随被测材料尺度的变化上下移动，两极板间电压不变。若材料温度降低时，材料收缩；材料温度升高时，材料膨胀。当被测材料尺度上下发生微小变化时，平行板电容器的电容将发生微小变化。如果测出了平行板电容器的电容变化，就能知道被测材料温度的变化。根据该电容式温度传感器的原理示意图，下列说法正确的是（ **CD** ）



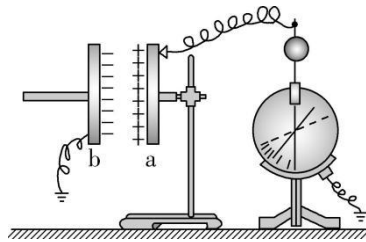
- A. 当被测材料的温度降低时，平行板电容器的电容增大
- B. 当被测材料的温度升高时，平行板电容器的电容减小
- C. 平行板电容器的电容与电容器所带的电荷量、两极板间的电势差均无关
- D. 平行板电容器的电容与两极板正对面积、两极板之间的距离均有关

[解析] 当被测材料的温度降低时，材料收缩，板间距离 d 增大，根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知电容减小，故 A 错误；当被测材料的温度升高时，材料膨胀，板间距离 d 减小，根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知电容增大，故 B 错误；由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，电容的大小与两极板

正对面积、两极板之间的距离均有关，与电容器所带的电荷量、两极板间的电势差均无关，故 C、D 正确。

题组二 平行板电容器的两类动态问题

3. [2024 河北邯郸高一期末] 研究平行板电容器电容的决定因素的实验装置如图所示。下列说法正确的是 (B)



- A. 实验中，只将电容器 b 板向左平移，静电计指针的张角变小
- B. 实验中，只将电容器 b 板向下平移，静电计指针的张角变大
- C. 实验中，只在极板间插入有机玻璃板，静电计指针的张角变大
- D. 实验中，只增加极板所带的电荷量，静电计指针的张角变大，表明电容器的电容变小

[解析] 只将电容器 b 板向左平移，板间距 d 增大，由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，电容 C 减小，

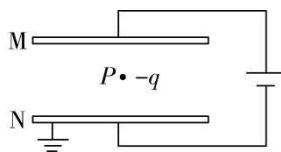
由于 Q 不变，由 $U = \frac{Q}{C}$ ，可知板间电压增大，静电计指针的张角变大，故 A 错误；

只将电容器 b 板向下平移，正对面积 S 减小，由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 知，电容 C 减小，则板

间电压增大，静电计指针的张角变大，故 B 正确；插入有机玻璃板，相对介电常数增大，则电容 C 增大，板间电压减小，静电计指针的张角变小，故 C 错误；

由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，电容器的电容与两极板的电荷量无关，故 D 错误。

4. [2023 山东潍坊期末] 如图所示，两平行金属板 M、N 水平正对放置并接到恒压直流电源上，N 板接地。P 为两板间的一点，电荷量为 $-q$ 的小球恰好静止在 P 点。下列判断正确的是 (D)



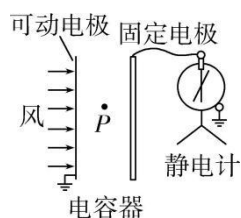
- A. 仅将 N 板向上移动一小段距离，两板所带电荷量减小
- B. 仅将 M 板向上移动一小段距离，P 点的电势升高

C. 仅将 N 板向下移动一小段距离, 小球仍将保持静止

D. 仅将 M 板向右移动一小段距离, 小球仍将保持静止

[解析] 仅将 N 板向上移动一小段距离, d 减小, 由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知, C 增大, 由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知, U 不变, Q 增大, A 错误; 仅将 M 板向上移动一小段距离, d 增大, 由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, U 不变, E 减小, U_{PN} 减小, N 板电势不变, P 点的电势降低, B 错误; 仅将 N 板向下移动一小段距离, d 增大, 由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, U 不变, E 减小, 小球所受静电力减小, 小球将向下做加速运动, C 错误; 仅将 M 板向右移动一小段距离, d 不变, 由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, U 不变, E 不变, 小球所受静电力不变, 小球仍将保持静止, D 正确。

5. [2023 山东济宁期末] 受强对流天气影响, 狂风暴雨袭击某地区, 据气象部门监测, 某地风力已达 10 级。某同学设计了一个电容式风力传感器, 如图所示, 将电容器与静电计组成回路, 可动电极在风力作用下向右移动, 风力越大, 移动距离越大 (两电极始终不接触)。若极板上电荷量保持不变, P 点为极板间的一点, 下列说法正确的是 (D)



A. 风力越大, 电容器电容越小

B. 风力越大, 极板间电场强度越大

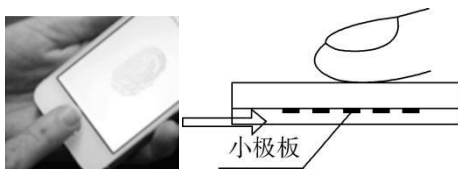
C. 风力变大, P 点的电势仍保持不变

D. 风力越大, 静电计指针张角越小

[解析] 根据题意可知, 风力越大, 则 d 越小, 由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可得, 电容器电容越大, 故 A 错误; 由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, $C = \frac{Q}{U}$, $E = \frac{U}{d}$, 整理可得 $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$, 根据题意可知, Q 保持不变, 风力越大, 则 d 越小, 极板间电场强度不变, 故 B 错误; 由 $U = Ed$ 可知, 由于 E 不变, 可动极板与 P 点的距离减小, 则 P 点电势变化, 故 C 错误; 由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知, 由于 Q 保持不变, C 变大, 则 U 减小, 静电计指针张角减小, 故 D 正确。

素养提升练

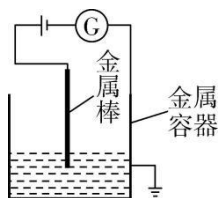
6. 多选题很多手机的指纹解锁功能利用了电容式指纹识别技术。如图所示，当手指贴在传感器上时，指纹的凹凸部分与小极板形成面积相同、距离不同的电容器。传感器给电容器充电达到同一电压值后，根据电容不同等信息进行解锁，则（ AB ）



- A. 沾水潮湿的手指会影响正常解锁
- B. 小极板与指纹凸部分形成的电容器电容较大
- C. 小极板与指纹凹部分形成的电容器带电荷量较多
- D. 用打印好的指纹照片覆盖在传感器上面也能够实现指纹解锁

[解析]潮湿的手指与传感器之间有水填充，改变了形成的电容器的电容，因此会影响正常解锁，A 正确；根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ，小极板与指纹凸部分形成的电容器极板间的距离较小，电容较大，而小极板与指纹凹部分形成的电容器极板间的距离较大，电容较小，根据 $C = \frac{Q}{U}$ ，由于充电电压相同，电容较小时，电荷量也较小，B 正确，C 错误；用打印好的指纹照片覆盖在传感器上面，照片与小极板之间没有凹凸距离的变化，因此不能实现指纹解锁，D 错误。

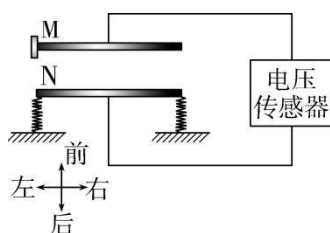
7. [2024 广东韶关高一统考]电容式液位计可根据电容的变化来判断液面升降。某型号液位计的工作原理如图所示，一根金属棒插入金属容器内，金属棒为电容器的一个极板，容器壁为电容器的另一个极板，金属容器接地，容器内液面高度发生变化引起电容器的电容变化。下列说法正确的是（ D ）



- A. 该液位计适用于导电液体
- B. 金属棒的电势低于金属容器的电势
- C. 若电容器的电容减小，则液面上升
- D. 若电容器的电容增大，则电容器所带电荷量增大

[解析]若溶液为导电溶液，则金属棒与容器壁通过导电溶液导通，从而会形成闭合回路，则金属棒不能与容器壁构成电容器，因此该液位计不适用于导电液体，故 A 错误；金属棒与电源正极相连接，金属容器与电源负极相连且接地，则可知金属容器电势为零，金属棒电势大于零，因此金属棒的电势高于金属容器的电势，故 B 错误；当液面上升时， ϵ_r 增大，根据电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，电容器的电容增大，故 C 错误；电容器接在电源两端，则电容器两端电压不变，根据 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，若电容器的电容增大，则电容器所带电荷量增大，故 D 正确。

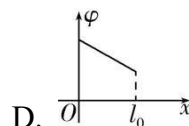
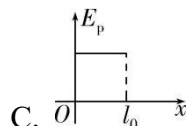
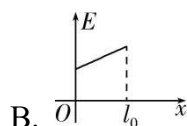
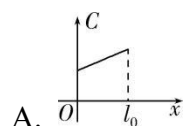
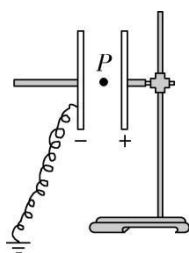
8. [2024 江西抚州高一统考] 电容式加速度传感器在安全气囊、手机移动设备等方面应用广泛，其工作原理简化如图所示，M 和 N 为电容器两极板，充电后与电源断开。M 极板固定在手机上，N 极板两端与固定在手机上的两轻弹簧连接，按图中标识的“前后”方向运动，且运动过程中不考虑其他阻力影响，电压传感器与静电计等效，可直接测量电容器的电压。某时刻手机处于静止状态，下列说法正确的是（ C ）



- A. 此时电压传感器的示数大于手机向前做匀速直线运动的示数
- B. 若手机由静止突然向前加速时，电容器的电容增大
- C. 若手机由静止突然向前加速时，电压传感器的示数变大
- D. 若手机由静止突然向前加速时，电容器两极板间的电场强度减小

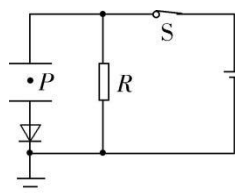
[解析]向前匀速运动与静止时都是处于平衡状态，两板间距一样，所以静止时电压传感器的示数等于手机向前做匀速直线运动的示数，故 A 错误；若手机由静止突然向前加速时，弹簧缩短，两板间距变大，由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知电容器的电容变小，故 B 错误；由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ， $C = \frac{Q}{U}$ ，可得 $U = \frac{4\pi k d Q}{\epsilon_r S}$ ，若手机由静止突然向前加速时，电压传感器的示数变大，故 C 正确；由 $E = \frac{U}{d}$ 可得 $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ ，可知手机由静止突然向前加速时，电容器两极板间的电场强度不变，故 D 错误。

9. [2024 江苏泰州中学高一月考] 如图所示，一平行板电容器充电后与电源断开，负极板接地，两板间有一个正试探电荷固定在 P 点。 C 表示电容器的电容、 E 表示两板间的场强、 φ 表示 P 点的电势， E_p 表示正试探电荷在 P 点的电势能，若正极板保持不动，将负极板缓慢向右平移一小段距离 l_0 ，则下列关系图像正确的是 (D)



[解析] 平行板电容器电容的决定式为 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ，即电容 C 与两极板间距离 d 不是线性关系， $C-x$ 图像不可能为直线，故 A 错误；平行板电容器两板间电场强度为 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ ，由题意可知 Q 不变，所以 E 不随两极板间距离 d 变化而变化，故 B 错误；设 P 点到负极板的距离为 d' ，因为负极板接地，所以 P 点的电势为 $\varphi_P = Ed'$ ， E 不变， φ 随 d' 的减小而线性减小，又根据 $E_p = q\varphi_P = qEd'$ ，可知 E_p 也随 d' 的减小而线性减小，故 C 错误，D 正确。

10. [2023 辽宁凤城开学考] 如图所示，平行板电容器与直流电源、理想二极管（正向电阻为零，可以视为短路；反向电阻无穷大，可以视为断路）连接，电源负极接地，初始时电容器不带电。闭合开关稳定后，一带电油滴位于电容器极板间的 P 点且处于静止状态。下列说法正确的是 (D)



- A. 减小极板间的正对面积，带电油滴会向下移动，且 P 点的电势会降低
- B. 减小极板间的正对面积，带电油滴会向上移动，且 P 点的电势会降低
- C. 断开开关 S ，带电油滴将向下运动

D. 将下极板上移，带电油滴将向上运动

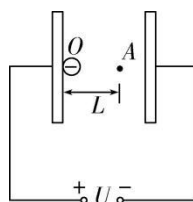
[解析]根据 $C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, U 不变, S 减小, Q 减少, 但二极管的存在使得 Q 不能减少, 故 Q 不变, S 减小, 所以 U 增大, $U = Ed$, d 不变, E 增大, 油滴向上运动; $U_{P0} = \varphi_P - 0$, P 与下极板距离不变, E 增大, 所以 φ_P 增大, 选项 A、B 错误。断开开关, 不能放电, 故油滴不动, 选项 C 错误。根据 $C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, U 不变, d 减小, Q 增加, 可以充电, 故 E 增大, 油滴向上运动, 选项 D 正确。

课时评价作业（十四） 带电粒子在电场中的运动

基础达标练

题组一 带电粒子在电场中的加速

1. 两平行金属板相距为 d , 电势差为 U , 一电子质量为 m 、电荷量为 e , 从 O 点沿垂直于极板的方向射出, 最远到达 A 点, 然后返回, 不计电子重力。如图所示, $OA = L$, 则此电子具有的初动能是 (D)

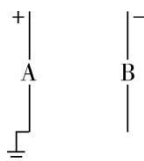


- A. $\frac{edL}{U}$ B. $edUL$ C. $\frac{eU}{dL}$ D. $\frac{eUL}{d}$

[解析]根据题意可知, 从 O 点运动到 A 点, 电子仅受静电力作用, 速度逐渐减小。

根据动能定理可得 $E_k = eU_{OA}$, $U_{OA} = EL = \frac{UL}{d}$, 联立得 $E_k = \frac{eUL}{d}$, 故选 D。

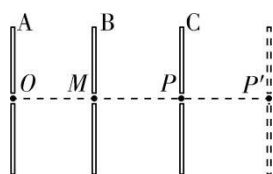
2. 如图所示, 两平行金属板竖直放置, 板上 A、B 两孔正好水平相对, 板间电压为 500 V。一个动能为 400 eV 的电子从 A 孔沿垂直板方向射入电场中, 经过一段时间电子离开电场, 若不考虑重力的影响, 电子电荷量为 e , 则电子离开电场时的动能大小为 (C)



- A. 900 eV B. 500 eV C. 400 eV D. 100 eV

[解析]电子从A向B运动时,静电力对电子做负功,若电子能到达B,则此过程中克服静电力所做的功 $W = eU = 500 \text{ eV} > 400 \text{ eV}$, 因此电子不能到达B孔,电子向右做减速运动,在到达B孔之前速度变为零,然后反向运动,从A孔离开电场,在整个过程中,静电力做功为零,由动能定理可知,电子离开电场时的动能 $E_k = 400 \text{ eV}$, 故C正确。

3. 如图所示,三块平行放置的带电金属薄板A、B、C中央各有一小孔(带电金属板电荷量不变),小孔分别位于O、M、P点。由O点静止释放的电子恰好能运动到P点。现将C板向右平移,小孔位于P'点,则由O点静止释放的电子 (A)

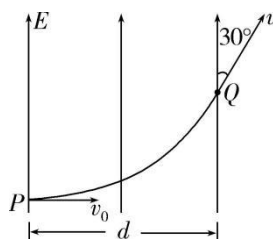


- A. 运动到P点返回
- B. 运动到P和P'点之间返回
- C. 运动到P'点返回
- D. 穿过P'点

[解析]根据平行板电容器的电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 、定义式 $C = \frac{Q}{U}$ 和匀强电场的电压与电场强度的关系 $U = Ed$, 可得 $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$, 可知将C板向右平移,B、C两板间的电场强度不变,由O点静止释放的电子仍然运动到P点,之后沿原路返回,故选项A正确。

题组二 带电粒子在电场中的偏转

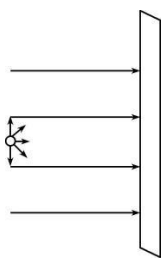
4. [2023 广东实验中学期中]如图所示,一电荷量为 q 、质量为 m 的带电粒子以初速度 v_0 由P点射入匀强电场,入射方向与电场线垂直。粒子从Q点射出电场时,其速度方向与电场线成 30° 角。已知匀强电场的宽度为 d , 不计重力作用。则匀强电场的场强 E 大小为 (B)



- A. $\frac{mv_0^2}{qd}$
- B. $\frac{\sqrt{3}mv_0^2}{qd}$
- C. $\frac{3mv_0^2}{2qd}$
- D. $\frac{3\sqrt{3}mv_0^2}{qd}$

[解析]带电粒子在电场中做类平抛运动，由题意可得 $qE = ma$ ，由运动的合成与分解可知 $v_y = \frac{v_0}{\tan 30^\circ} = \sqrt{3}v_0$ ，由题意可知，在水平方向上有 $d = v_0 t$ ，在竖直方向上有 $v_y = at$ ，联立可得 $E = \frac{\sqrt{3}mv_0^2}{qd}$ ，故选 B。

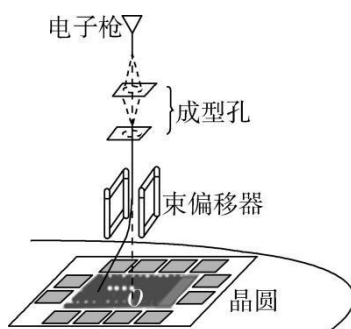
5. [2023 江西五校联考]如图，一粒子源能连续发射质量为 m 、电荷量为 q 、速度为 v_0 的带正电粒子，粒子出射方向为粒子源的右侧任意方向，粒子始终在电场强度大小为 E 的水平匀强电场中运动，在与粒子源相距 d 处有一足够大竖直荧光屏，粒子打在荧光屏上，荧光屏会发光。不计粒子重力，则荧光屏上的发光面积为 (B)



- A. $\frac{\pi m d v_0^2}{qE}$ B. $\frac{2\pi m d v_0^2}{qE}$ C. $v_0 \sqrt{\frac{2md}{qE}}$ D. $v_0 \sqrt{\frac{md}{qE}}$

[解析]粒子源发射出的粒子在沿电场线方向上做匀加速直线运动，在垂直电场线方向上做匀速直线运动，对于垂直电场线方向射出的粒子，有 $d = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2$ ， $R = v_0 t$ ，面积为 $S = \pi R^2$ ，联立解得 $S = \frac{2\pi m d v_0^2}{qE}$ ，故选 B。

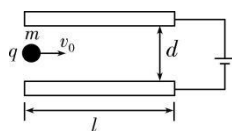
6. [2023 江西临川一中期中]电子束光刻技术以其分辨率高、性能稳定、功能强大而著称，其原理简化如图所示，电子枪发射的电子经过成型孔后形成电子束，通过束偏移器后对光刻胶进行曝光。某型号光刻机的束偏移器长 L ，间距也为 L ，极间有扫描电压，其轴线垂直晶圆上某芯片表面并过中心 O 点，芯片到束偏移器下端的距离为 $\frac{L}{2}$ 。若进入束偏移器时单个电子的初速度为 v_0 ，其质量为 m ，电荷量为 e ，不计电子重力，忽略其他因素的影响。某时刻扫描电压为 U ，电子束到达芯片时的位置离 O 点的距离是 (A)



- A. $\frac{eUL}{mv_0^2}$ B. $\frac{eUL}{2mv_0^2}$ C. $\frac{3eUL}{4mv_0^2}$ D. $\frac{3eUL}{2mv_0^2}$

[解析] 电子在束偏移器中的加速度大小为 $a = \frac{eU}{mL}$ ，电子在束偏移器中运动的时间为 $t = \frac{L}{v_0}$ ，电子在束偏移器中的偏移量为 $y = \frac{1}{2}at^2$ ，电子从束偏移器中射出时，其速度方向的反向延长线一定过束偏移器的中心位置，设电子束到达芯片时的位置离 O 点的距离为 Y ，根据几何关系有 $\frac{Y}{Y} = \frac{\frac{L}{2}}{\frac{L}{2} + \frac{L}{2}}$ ，联立解得 $Y = \frac{eUL}{mv_0^2}$ ，故选 A。

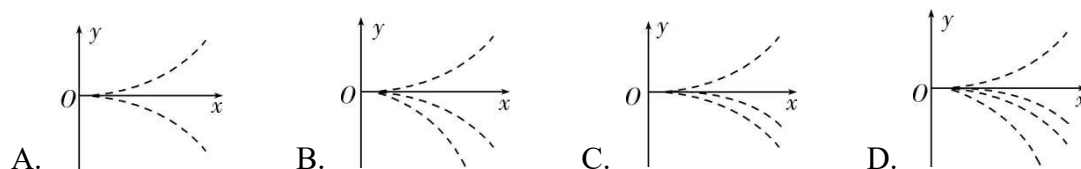
7. [2023 山东聊城一中期末] 如图所示，一质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的粒子（不计重力）从两平行板左侧中点处沿垂直场强方向射入，当入射速度为 v_0 时，恰好穿过电场而不碰金属板。若粒子的入射速度变为 $2v_0$ ，仍能恰好穿过电场，只改变以下一个条件，可行的是（ C ）



- A. 两板长度变为原来的 4 倍
B. 粒子的电荷量变为原来的 2 倍
C. 两板间电压变为原来的 4 倍
D. 移动上板，使两板间距离变为原来的 4 倍

[解析] 设板间电压为 U ，当入射速度为 v_0 时，恰好穿过电场而不碰金属板，则有 $l = v_0 t$ ，在垂直于初速度方向粒子做匀加速直线运动，有 $\frac{qU}{d} = ma$ ， $y = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qUl^2}{2mdv_0^2}$ ，若粒子的入射速度变为 $2v_0$ ，仍能恰好穿过电场，在只改变一个条件的情况下，可行的方案是粒子的电荷量变为原来的 4 倍、将两板间电压变为原来的 4 倍、两板长度变为原来的 2 倍、两板间距离变为原来的 $\frac{1}{4}$ ，故选 C。

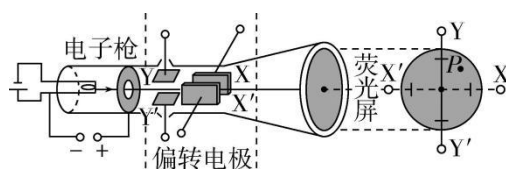
8. [2024 重庆沙坪坝高一期末]四个带电粒子的电荷量和质量分别是 $(+q, m)$ 、 $(+q, 2m)$ 、 $(+3q, 3m)$ 和 $(-q, m)$ ，它们由静止开始经过大小相同的电压加速后从坐标原点沿 x 轴正方向射入一匀强电场中，电场方向与 y 轴平行，不计重力和粒子间的作用力，下列描绘这四个粒子运动轨迹的图像中，可能正确的是 (**A**)



[解析]对于一质量为 M 、带电荷量为 Q 的带电粒子，设加速电场电压为 U ，根据动能定理可得 $\frac{1}{2}Mv_0^2 = UQ$ ，带电粒子在匀强电场中做类平抛运动，加速度大小为 $a = \frac{QE}{M}$ ，水平方向上有 $x = v_0t$ ，竖直方向上有 $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{QE}{M} \cdot \frac{x^2}{v_0^2} = \frac{E}{4U} \cdot x^2$ ，因为四个带电粒子加速电场电压 U 大小相同，电场强度 E 大小相同，所以三个带正电的粒子的运动轨迹相同，而带负电的粒子的偏转方向与三个带正电的粒子的偏转方向相反，故选 A。

题组三 示波管的原理

9. 多选题示波管是示波器的核心部件，它由电子枪、偏转电极和荧光屏组成，如图所示。如果在荧光屏上 P 点出现亮斑，那么示波管中的 (**AC**)



A. 极板 X 应带正电 B. 极板 X' 应带正电 C. 极板 Y 应带正电 D. 极板 Y' 应带正电

[解析]由题意可知，电子在 XX' 方向上向 X 方向偏转，X 带正电，A 正确，B 错误；电子在 YY' 方向上向 Y 方向偏转，Y 带正电，C 正确，D 错误。

10. [2024 江西景德镇高一期末]图 a 为示波器中示波管的原理图。如果在电极 XX' 之间所加的电压按图 b 所示的规律变化，在电极 YY' 之间所加的电压按图 c 所示的规律变化，则一个周期内，在荧光屏上会看到的图形是 (**D**)

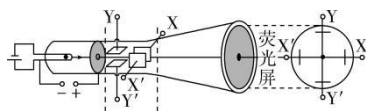


图 a

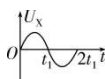


图 b

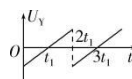
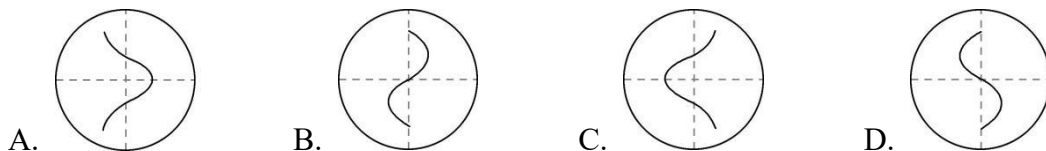


图 c

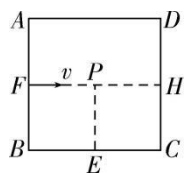


[解析]由图 b 和图 c 可知,在前半个周期 $0 \sim t_1$ 内, $U_x > 0$, 故电子向 X 一侧偏转,同时由于 $U_y < 0$, 电子向 Y' 一侧偏转,可知在前半个周期 $0 \sim t_1$ 内,在荧光屏上看到的图形应在第四象限;在后半个周期 $t_1 \sim 2t_1$ 内, $U_x < 0$, 故电子向 X' 一侧偏转,同时由于 $U_y > 0$, 电子向 Y 一侧偏转,可知在后半个周期 $t_1 \sim 2t_1$ 内,在荧光屏上看到的图形应在第二象限,故 D 正确, A、B、C 错误。

素养提升练

11. 多选题如图所示,在正方形 $ABCD$ 区域内有方向平行于 AB 边的匀强电场, E 、 F 、 H 是对应边的中点, P 是 FH 的中点。一个带正电的粒子从 F 点沿 FH 方向射入电场后恰好从 C 点射出,不计粒子受到的重力,下列说法正确的是

(BC)

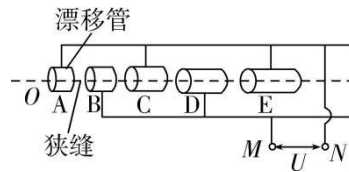


- A. 粒子的运动轨迹经过 PE 的中点
- B. 粒子从 C 点射出时速度方向一定沿 AC 方向
- C. 增大粒子的初速度,粒子一定从 HC 之间某点射出
- D. 减小粒子的初速度,粒子一定从 EC 之间某点射出

[解析]粒子在 AD 方向上做匀速直线运动,则其经过 PE 时的时间为全程的一半,粒子在 AB 方向上做匀加速直线运动,则其经过 PE 时的轨迹点距离 P 点的长度为 $\frac{1}{4}PE$, 选项 A 错误;根据类平抛运动的规律可知,粒子从 C 点射出时,速度一定沿 AC 方向,选项 B 正确;增大粒子的初速度,粒子在 AD 方向上的运动时间变短,粒子在 AB 方向上的位移减小,则粒子一定从 HC 之间某点射出,选项 C

正确；减小粒子的初速度，粒子可能从 EC 之间某点射出，也可能从 BE 之间某点射出，选项 D 错误。

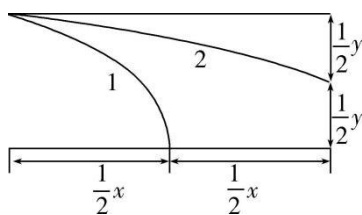
12. 多选题某直线加速器由沿轴线分布的金属圆筒（又称漂移管）A、B、C、D、E 组成，相邻金属圆筒分别接在电源的两端。质子以初速度 v_0 从 O 点沿轴线进入加速器，质子在金属圆筒内做匀速运动且时间均为 T ，在金属圆筒之间的狭缝被电场加速，加速时电压 U 大小相同。质子电荷量为 e 、质量为 m ，不计质子经过狭缝的时间，则（ AB ）



- A. M 、 N 所接电源的极性应呈周期性变化
- B. 金属圆筒的长度应与质子进入圆筒时的速度成正比
- C. 质子从圆筒 E 射出时的速度大小为 $\sqrt{\frac{10eU}{m} + v_0^2}$
- D. 圆筒 E 的长度为 $\sqrt{\frac{8eU}{m} + v_0^2} \cdot T$

[解析]由直线加速器加速质子，其运动方向不变，在 A、B 间加速时，A 接正极，在 B、C 间加速时 B 接正极，所以 M 、 N 所接电源的极性应呈周期性变化，A 正确；因质子在金属圆筒内做匀速运动且时间均为 T ，由 $T = \frac{L}{v}$ 可知，金属圆筒的长度应与质子进入圆筒时的速度成正比，B 正确；质子以初速度 v_0 从 O 点沿轴线进入加速器，经 4 次加速，由动能定理可得 $4eU = \frac{1}{2}mv_E^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，解得质子从圆筒 E 射出时的速度大小为 $v_E = \sqrt{\frac{8eU}{m} + v_0^2}$ ，C 错误；质子在圆筒内做匀速运动，所以圆筒 E 的长度为 $L_E = v_E T = T \sqrt{\frac{8eU}{m} + v_0^2}$ ，D 错误。

13. [2024 江西宜春高一期末]多选题如图所示，质量相同、带电荷量不同的两带电粒子（重力不计）以大小相同的初速度从左上端水平射入平行板电容器，粒子 1 打在下极板中点处，粒子 2 由右侧板中央处射出电场区域，粒子 1 和 2 所带电荷量分别为 q_1 、 q_2 ，在电场中的运动时间分别为 t_1 和 t_2 ，在电场中运动的加速度分别为 a_1 和 a_2 ，在电场中运动时动能的变化量分别为 ΔE_{k1} 和 ΔE_{k2} ，则（ CD ）



A. $t_1:t_2 = \sqrt{2}:1$

B. $a_1:a_2 = 4:1$

C. $q_1:q_2 = 8:1$

D. $\Delta E_{k1}:\Delta E_{k2} = 16:1$

[解析]根据题意可知两粒子在电场中做类平抛运动，由平抛运动的规律有 $\frac{1}{2}x = v_0 t_1$, $y = \frac{1}{2}a_1 t_1^2$, $x = v_0 t_2$, $\frac{1}{2}y = \frac{1}{2}a_2 t_2^2$, 则可得 $t_1:t_2 = 1:2$, $a_1:a_2 = 8:1$, 故 A、B 错误; 根据牛顿第二定律有 $Eq_1 = ma_1$, $Eq_2 = ma_2$, 解得 $q_1:q_2 = a_1:a_2 = 8:1$, 故 C 正确; 根据动能定理有 $Eq_1 y = \Delta E_{k1}$, $Eq_2 \cdot \frac{y}{2} = \Delta E_{k2}$, 解得 $\Delta E_{k1}:\Delta E_{k2} = 16:1$, 故 D 正确。

14. [2024 山西运城高二期末]示波器是一种常见的电学仪器，可以在荧光屏上显示出被检测的电压随时间变化的情况。示波器的内部构造简化图如图甲所示，电子经电子枪加速后进入偏转电场，最终打在荧光屏上。下列关于所加偏转电压与荧光屏上得到图形的说法中正确的是 (D)

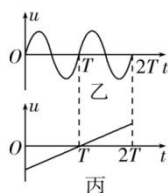
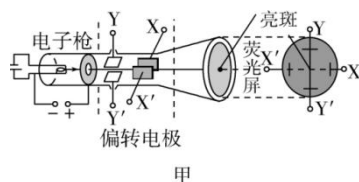


图 (a)

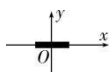


图 (b)

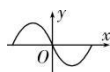


图 (c)

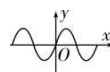


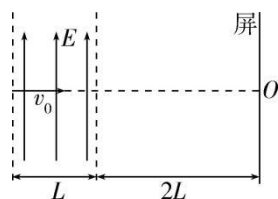
图 (d)

- A. 如果只在 XX' 上加图乙所示的电压，则在荧光屏上看到的图形如图 (a)
- B. 如果只在 YY' 上加图丙所示的电压，则在荧光屏上看到的图形如图 (b)
- C. 如果在 YY' 、 XX' 上分别加图乙、丙所示的电压，则在荧光屏上看到的图形如图 (c)

D. 如果在 YY' 、 XX' 上分别加图乙、丙所示的电压，则在荧光屏上看到的图形如图 (d)

[解析]如果只在 XX' 上加图乙所示的电压，则电子只在 x 轴方向偏转，且偏转距离时刻在变，所以在荧光屏上看到的图形为 x 轴上的一条亮线，如图 (b) 所示，故 A 错误；如果只在 YY' 上加图丙所示的电压，则电子只在 y 轴方向偏转，且偏转距离时刻在变，所以在荧光屏上看到的图形为 y 轴上的一条亮线，如图 (a) 所示，故 B 错误；如果在 YY' 、 XX' 上分别加图乙、丙所示的电压，则水平方向为扫描电压，扫描电压覆盖了两个周期的待测信号波形，在荧光屏上看到的图形将如图 (d) 所示，故 C 错误，D 正确。

15. [2024 江苏泰州高一期末]如图所示，在两条平行的虚线内存在着宽度为 L 、电场强度为 E 的匀强电场，在与右侧虚线相距 $2L$ 处有一与电场平行的屏。现有一电荷量为 $+q$ 、质量为 m 的带电粒子（重力不计），以垂直于电场线方向的初速度 v_0 射入电场中，初速度方向的延长线与屏的交点为 O 。求粒子：



方法感悟 关于带电粒子经过电场偏转后打到屏上的问题，求带电粒子打在屏上的位置偏离中心的距离时，一般利用类平抛运动的结论“出射速度的反向延长线交于水平位移的中点”，作出三角形，利用三角形知识求解。

(1) 从射入到打到屏上所用的时间 t ；

[答案] $\frac{3L}{v_0}$

[解析]根据题意，粒子在垂直于电场线的方向上做匀速直线运动，所以粒子从射入到打到屏上所用的时间 $t = \frac{3L}{v_0}$

(2) 刚射出电场时的速度大小 v ；

[答案] $\sqrt{v_0^2 + \left(\frac{qEL}{mv_0}\right)^2}$

[解析]设粒子射出电场时沿平行电场线方向的速度为 v_y ，根据牛顿第二定律，粒

子在电场中的加速度为 $a = \frac{Eq}{m}$

$$v_y = a \frac{L}{v_0} = \frac{qEL}{mv_0}$$

$$\text{刚射出电场时的速度大小 } v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{qEL}{mv_0}\right)^2}$$

(3) 打到屏上的点到 O 点的距离 Y 。

$$[\text{答案}] \frac{5qEL^2}{2mv_0^2}$$

[解析] 粒子刚射出电场时的速度方向与初速度方向间夹角的正切值为 $\tan \alpha =$

$$\frac{v_y}{v_0} = \frac{qEL}{mv_0^2}$$

根据射出速度的反向延长线交于水平位移的中点有 $Y = \left(\frac{L}{2} + 2L\right) \tan \alpha$

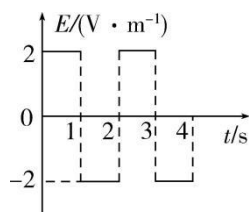
$$\text{解得 } Y = \frac{5qEL^2}{2mv_0^2}$$

课时评价作业（十五） 带电粒子在电场中运动的四种题型

基础达标练

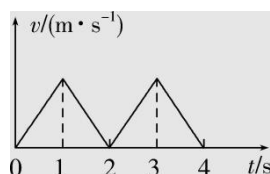
1. 多选题带正电的微粒放在电场中, 电场强度的大小和方向随时间变化的规律如图所示。带电微粒只在静电力作用下由静止开始运动, 则下列说法中正确的是

(**BD**)

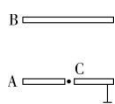


- A. 微粒在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内的加速度与 $1 \sim 2 \text{ s}$ 内的加速度相同
- B. 微粒将沿着一一条直线运动
- C. 微粒做往复运动
- D. 微粒在第 1 s 内的位移与第 3 s 内的位移相同

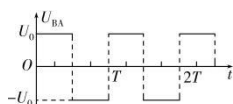
[解析] 设微粒的速度方向与电场强度方向相同时为正方向, 作出微粒的 $v-t$ 图像如图所示。由图可知 B、D 选项正确。



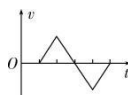
2. [2024 河南郑州高一期末]如图甲所示为一平行板电容器,A 极板上有一小孔 C, 在小孔处由静止释放一个带负电的粒子, 已知该带电粒子只受静电力的作用, 在电容器两极板间加如图乙所示的电压, 电压的变化周期为 T , 若粒子从 $t = \frac{T}{4}$ 时刻释放, 则下列说法正确的是 (C)



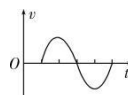
甲



乙



丙

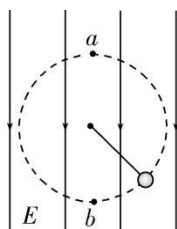


丁

- A. 粒子一定能运动到 B 极板上 B. 粒子一直向 B 极板运动
C. 粒子的速度-时间图像可能为图丙 D. 粒子的速度-时间图像可能为图丁

[解析] $t = \frac{T}{4}$ 时刻释放, 带电粒子做往复运动, 经时间 T , 粒子回到出发点, 之后重复上述过程, 不一定运动到 B 极板上, 故 A、B 错误; 两极板间电压大小恒定, 则电场强度大小恒定, 根据牛顿第二定律可知加速度大小恒定, 粒子做匀加速或匀减速运动, 故 C 正确, D 错误。

3. [2024 湖北十堰高一期末]如图所示, 用绝缘细线拴住一带电荷量为 $-q$ 、质量为 m 的小球, 在方向竖直向下的匀强电场中的竖直平面内做半径为 R 的匀速圆周运动。重力加速度为 g , 则下列说法正确的是 (B)

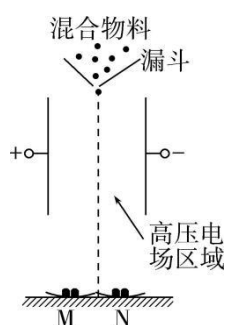


- A. 当小球运动到最高点 a 时, 细线的张力最小
B. 电场强度的大小为 $E = \frac{mg}{q}$
C. 因为小球做匀速圆周运动, 所以机械能保持不变
D. 因为小球做匀速圆周运动, 所以向心力不变

[解析] 由于小球做匀速圆周运动, 细线的拉力提供小球做圆周运动的向心力, 速度大小不变, 故细线的张力大小不变, A 错误; 小球竖直方向所受的重力与静电力, 二力平衡, 由 $Eq = mg$ 得电场强度的大小为 $E = \frac{mg}{q}$, B 正确; 小球做匀速

圆周运动过程，静电力做功不为零，机械能会发生改变，C 错误；小球做匀速圆周运动，向心力大小不变，方向改变，D 错误。

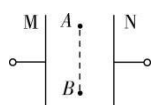
4. [2024 山东青岛二中高一期末]多选题电场分选是在高压电场中利用入选物料的电性差异进行分选的。如图所示，从漏斗漏出的混合物料经起电区（未画出）起电（带正电或负电）后沿电场中心线由静止进入高压电场区域，已知物料全部落入 M、N 槽中且打不到极板，不计空气阻力和物料间的相互作用力，则起电后的物料经过高压电场区域时（ BCD ）



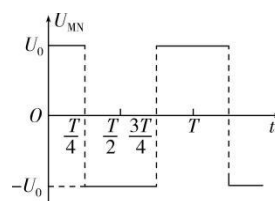
- A. 一定做曲线运动
- B. 所用时间一定相同
- C. 电势能一定减少
- D. 机械能一定增加

[解析]物料所受的重力竖直向下，静电力沿水平方向，合力方向一定斜向下，物料沿合力的方向做匀加速直线运动，故 A 错误；物料在竖直方向均做自由落体运动，根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ， h 相同，所用时间一定相同，故 B 正确；静电力对物料均做正功，物料的电势能一定减少，机械能一定增加，故 C、D 正确。

5. [2023 山东济南期末]多选题如图甲所示，M、N 为正对竖直放置的平行金属板，A、B 为两板中线上的两点。当 M、N 板间不加电压时，一带电小球从 A 点由静止释放经时间 T 到达 B 点，此时速度为 v 。若两板间加上如图乙所示的交流电压， $t = 0$ 时，将带电小球仍从 A 点由静止释放，小球运动过程中始终未接触极板，则 $t = T$ 时，小球（ BD ）



甲

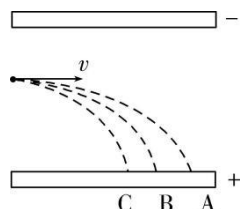


乙

- A. 在 B 点上方 B. 恰好到达 B 点 C. 速度大于 v D. 速度等于 v

[解析] $0 \sim T$ 时间内, 该小球在竖直方向上依然做自由落体运动。假设小球带正电, $0 \sim \frac{T}{4}$, 在水平方向上向右做加速运动; $\frac{T}{4} \sim \frac{3T}{4}$, 先向右减速到零, 再反向向左做加速运动; $\frac{3T}{4} \sim T$, 向左做减速运动, 因加速和减速的加速度大小相等, 小球在 T 时刻回到 B 点, 此时水平速度仍为零, 则小球到达 B 点的速度仍为 v 。故 B、D 正确, A、C 错误。

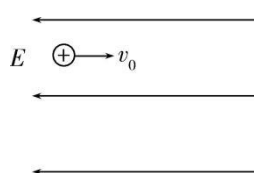
6. 多选题有质量相等, 分别带正电、负电和不带电的三个油滴, 从极板左侧中央以相同的水平初速度 v 先后垂直电场射入, 油滴 A、B、C 落到极板的位置如图所示, 则 (ACD)



- A. 油滴 A 带正电, B 不带电, C 带负电
B. 三个油滴在电场中运动时间相等
C. 三个油滴在电场中运动的加速度: $a_A < a_B < a_C$
D. 三个油滴到达极板时动能: $E_{kA} < E_{kB} < E_{kC}$

[解析] 三个油滴的初速度相等, 水平位移: $x_A > x_B > x_C$, 根据水平方向上做匀速直线运动, 可知 $t_A > t_B > t_C$, 三个油滴在竖直方向上的位移相等, 根据 $y = \frac{1}{2}at^2$, 可得 $a_A < a_B < a_C$, 可知 B 仅受重力, A 所受的静电力方向向上, C 所受的静电力方向向下, 即 B 不带电, A 带正电, C 带负电, 故 A、C 正确, B 错误; 根据动能定理, 三个油滴重力做功相等, 静电力对 A 做负功, 静电力对 C 做正功, 又 A、B、C 的初动能相等, 所以三个油滴到达极板时的动能: $E_{kA} < E_{kB} < E_{kC}$, 故 D 正确。

7. 多选题如图所示, 一带正电的小球向右水平抛入范围足够大的匀强电场, 电场方向水平向左, 不计空气阻力, 则小球 (BC)



A. 做直线运动

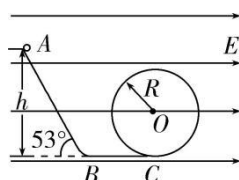
B. 做曲线运动

C. 速率先减小后增大

D. 速率先增大后减小

[解析]对小球受力分析, 小球受重力、静电力作用, 合力的方向与初速度的方向不在同一条直线上, 故小球做曲线运动, 选项 A 错误, B 正确; 在运动的过程中, 合力方向与速度方向间的夹角先为钝角后为锐角, 故合力对小球先做负功后做正功, 所以小球的速率先减小后增大, 选项 C 正确, D 错误。

8. 如图所示的装置是在竖直平面内放置的光滑绝缘轨道, 处于水平向右的匀强电场中, 一带负电的小球从高为 h 的 A 处由静止开始下滑, 沿轨道 ABC 运动, 然后进入圆环内做圆周运动。已知小球所受静电力是其重力的 $\frac{3}{4}$, 圆环半径为 R , 斜面倾角为 $\theta = 53^\circ$, 轨道水平段 BC 长度为 $s_{BC} = 2R$ 。若使小球在圆环内恰好能做完整的圆周运动, $\sin 53^\circ = 0.8, \cos 53^\circ = 0.6$, 则高度 h 为 (C)



A. $2R$

B. $4R$

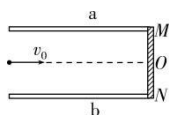
C. $10R$

D. $17R$

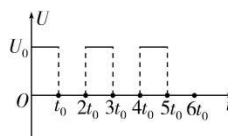
[解析]小球所受的重力和静电力均为恒力, 故两力可等效为一个力 $F =$

$\sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{3}{4}mg\right)^2} = \frac{5}{4}mg$, 方向与竖直方向的夹角为 37° 且偏向左下。若使小球在圆环内恰好能做完整的圆周运动, 即通过等效最高点 D 时小球与圆环间的弹力恰好为 0, 由圆周运动知识可得 $\frac{5}{4}mg = m\frac{v_D^2}{R}$, 从 A 到 D 的过程由动能定理得 $mg(h - R - R \cos 37^\circ) - \frac{3}{4}mg(h \tan 37^\circ + 2R + R \sin 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_D^2$, 解得 $h = 10R$, 故选项 C 正确。

9. [2023 辽宁营口期末]如图甲所示, 两平行金属板 a、b 间距为 d , 在两板右侧装有荧光屏 MN (绝缘), O 为其中点。在两板 a、b 上加上如图乙所示的电压, 电压最大值为 U_0 。现有一束带正电的离子束 (比荷为 k), 从两板左侧沿中线方向以初速度 v_0 连续不断地射入两板间的电场中, 设所有离子均能打到荧光屏 MN 上, 已知金属板长度为 $L = 2v_0t_0$, 则在荧光屏上出现亮线的长度为 (B)



甲



乙

A. $\frac{2kU_0t_0^2}{d}$

B. $\frac{kU_0t_0^2}{d}$

C. $\frac{kU_0t_0^2}{2d}$

D. $\frac{3kU_0t_0^2}{2d}$

[解析]由题意可知, $t = 0$ 时射入的离子打在荧光屏上的位置距离中心最远, 为 y_m ,

在 $0 \sim t_0$ 时间内, 离子做类平抛运动, 在水平方向做匀速运动, 在竖直方向做匀

加速运动, 离子所受静电力提供加速度, 则 $qE = q\frac{U_0}{d} = ma$, 竖直方向的位移为

$y_1 = \frac{1}{2}at_0^2 = \frac{1}{2} \times \frac{qU_0}{md} \times t_0^2 = \frac{kU_0t_0^2}{2d}$, 在 $t_0 \sim 2t_0$ 时间内, 离子做匀速直线运动, 竖直

方向的分速度为 $v_y = at_0 = \frac{qU_0}{md}t_0$, 竖直方向的位移为 $y_2 = v_yt_0 = \frac{kU_0t_0^2}{d}$, 所以

$y_m = y_1 + y_2 = \frac{3kU_0t_0^2}{2d}$ 。当 $t = t_0$ 时射入的离子打在荧光屏上的位置距离中心最近,

由题意可得 $y_{\min} = y_1 = \frac{kU_0t_0^2}{2d}$, 荧光屏上出现亮线的长度为 $\Delta y = y_m - y_{\min} =$

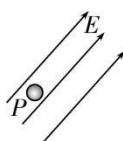
$\frac{3kU_0t_0^2}{2d} - \frac{kU_0t_0^2}{2d} = \frac{kU_0t_0^2}{d}$, 故选 B。

10. [2023 山东德州期末]如图所示, 空间中存在与水平方向成 45° 角斜向右上方的

匀强电场, 电场强度为 E , 在电场中的 P 点有一个质量为 m 、电荷量为 q 的

带正电的小球。已知电场强度 $E = \frac{\sqrt{2}mg}{q}$, 其中 g 为重力加速度, 忽略空气阻力,

下列对小球运动情况分析正确的是 (B)



A. 若小球从静止释放, 小球将做曲线运动

B. 若小球以某一速度竖直向下抛出, 小球的动能一直增加

C. 若小球以某一速度竖直向上抛出, 小球电势能先减小后增大

D. 若小球初速度方向与电场线方向相同, 最终小球可能竖直向下做直线运动

[解析]带正电的小球所受的静电力与电场方向相同, 大小为 $F = qE = q \cdot \frac{\sqrt{2}mg}{q} =$

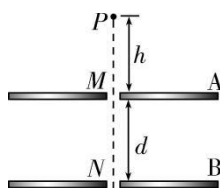
$\sqrt{2}mg$, 由于竖直方向有 $F_y = F \sin 45^\circ = mg$, 可知竖直方向的合力为零, 故小

球受到的合力方向水平向右, 大小为 $F_{\text{合}} = F_x = F \cos 45^\circ = mg$ 。若小球从静止

释放，小球将沿合力方向做匀加速直线运动，A 错误；若小球以某一速度竖直向下抛出，由于小球受到的合力方向水平向右，小球向下做类平抛运动，运动过程中合力一直做正功，小球的动能一直增加，B 正确；若小球以某一速度竖直向上抛出，由于小球受到的合力方向水平向右，小球向上做类平抛运动，运动过程中静电力一直做正功，小球的电势能一直减小，C 错误；若小球初速度方向与电场线方向相同，由于小球受到的合力方向水平向右，与初速度方向不在同一直线上，小球将做匀变速曲线运动，最终小球不可能竖直向下做直线运动，D 错误。

素养提升练

11. 如图所示，A、B 为水平放置的平行金属板，两板相距为 d ，带有等量异种电荷且电荷量始终保持不变，两板中央各有一小孔分别位于 M 点和 N 点。今有一带正电的液滴，自 A 板上方相距为 h 的 P 点自由下落(P 、 M 、 N 在同一竖直线上)，空气阻力忽略不计，液滴到达 N 点时速度恰好为 0。下列说法中正确的是 (D)



- A. A 板带正电
- B. 液滴克服静电力做的功等于从 P 到 N 过程其电势能的减少量
- C. 若只将 A 板下移一小段距离，液滴将不能运动到 B 板
- D. 若只将 A 板上移一小段距离，液滴将不能运动到 B 板

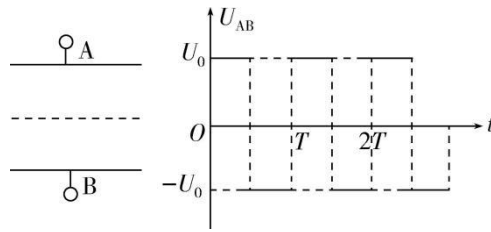
[解析]从 P 到 N ，由动能定理有 $mg(h+d) + U_{MN}q = 0$ ，解得 $U_{MN} = -\frac{mg(h+d)}{q}$ ，

可知 U_{MN} 为负，则 M 的电势低于 N 的电势，可知 B 板带正电，A 板带负电，故 A 错误。液滴从 P 到 N 过程静电力做负功，则液滴克服静电力做的功等于从 P 到 N 过程其电势能的增加量，故 B 错误。极板电荷量不变，根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，若只

将 A 板上移一小段距离， d 增大，电容变小，根据 $U = \frac{Q}{C}$ 可知，极板间的电压变大，又 $h+d$ 不变，则此时 $|U'q| > mg(h+d)$ ，结合 A 选项分析可知液滴自 P 点自由下落不能运动到 B 板；同理，只将 A 板下移一小段距离， d 减小，极板间

的电压变小,则此时 $|U''q| < mg(h+d)$,则可知液滴自 P 点自由下落能运动到 B 板,故 C 错误, D 正确。

12. [2023 湖南永州期末]多选题如图所示,一对平行金属板长为 L ,两板间距为 d ,两板间所加交流电压 U_{AB} ,交流电压的周期 $T = \frac{L}{2v_0}$ 。质量为 m 、电荷量为 e 的电子从平行板左侧以速度 v_0 沿两板的中线持续不断地进入平行板之间,已知所有电子都能穿过平行板,且侧位移最大的电子刚好从极板的边缘飞出,不计重力作用,则 (AC)



A. 所有电子离开电场时速度都是 v_0

B. 所有电子在两板间运动的时间为 T

C. $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的电子,在两板间运动时最大侧位移为 $\frac{d}{16}$

D. $t = \frac{T}{8}$ 时刻进入电场的电子,在两板间运动时最大侧位移为 $\frac{d}{4}$

[解析]电子进入电场后在水平方向做匀速运动,依题意,可知所有电子离开电场所用时间 $t = \frac{L}{v_0} = 2T$,所有电子离开电场时竖直方向分速度 $v_y = 0$,所以所有电子

离开电场时速度都等于 v_0 ,故 A 正确, B 错误; $t = \frac{T}{4}$ 时刻进入电场的电子,

在 $t = \frac{3T}{4}$ 时刻侧位移最大,为 $y_1 = 2 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{4} \right)^2 = \frac{a}{16} T^2$,由题意可知,在 $t = 0$ 时

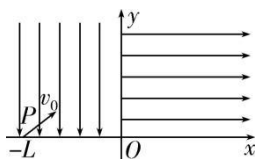
刻进入电场的电子侧位移为 $\frac{1}{2}d$,则有 $\frac{1}{2}d = 4 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{2} \right)^2$,联立可得 $y_1 = \frac{d}{16}$,故 C

正确; $t = \frac{T}{8}$ 时刻进入电场的电子,在 $t = \frac{15T}{8}$ 时刻侧位移最大,为 $y_2 = 4 \times$

$\frac{1}{2} a \left(\frac{3T}{8} \right)^2 - 2 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{8} \right)^2 = \frac{17a}{64} T^2$,则有 $y_2 = \frac{17d}{64}$,故 D 错误。

13. [2024 江苏常州高一联考]如图所示,第一象限中有沿 x 轴正方向的匀强电场,第二象限中有沿 y 轴负方向的匀强电场,两电场的电场强度大小相等。一个质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的带电小球以初速度 v_0 从 x 轴上 $P(-L,0)$ 点射入第二象限,

已知小球在第一象限和第二象限中都做直线运动，并且能够连续两次通过 y 轴上的同一个点 Q （图中未画出），重力加速度为 g 。求：



(1) 初速度 v_0 与 x 轴正方向的夹角；

[答案] 45°

[解析] 带电小球在第二象限做匀速直线运动，有 $qE = mg$

带电小球在第一象限中做直线运动，有 $\tan \theta = \frac{mg}{qE}$

解得 $\theta = 45^\circ$

(2) P 、 Q 两点间的电势差 U_{PQ} ；

[答案] $-\frac{mgL}{q}$

[解析] 从 P 点到 Q 点的过程，由动能定理有 $W_{PQ} - mgL = 0$

解得 $U_{PQ} = \frac{W_{PQ}}{-q} = -\frac{mgL}{q}$

(3) 若将第一象限的电场方向调为水平向左，其他条件不变，则小球从 P 点飞出至再次回到 x 轴所用时间。

[答案] $\frac{\sqrt{2}v_0 + \sqrt{2v_0^2 + 8gL}}{2g} + \frac{\sqrt{2}L}{v_0}$

[解析] 带电小球在第二象限做匀速直线运动的时间 $t_1 = \frac{\sqrt{2}L}{v_0}$

将第一象限的电场方向调为水平向左

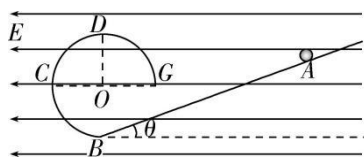
从小球进入第一象限到回到 x 轴的过程，将小球的运动沿水平方向和竖直方向分

解在竖直方向有 $-L = v_0 \sin \theta t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$

解得 $t_2 = \frac{\sqrt{2}v_0 + \sqrt{2v_0^2 + 8gL}}{2g}$ ，另一解舍去；

从 P 点至再次到 x 轴的总时间为 $t = \frac{\sqrt{2}v_0 + \sqrt{2v_0^2 + 8gL}}{2g} + \frac{\sqrt{2}L}{v_0}$

14. [2024 辽宁丹东高一期末] 如图所示, 光滑绝缘的 $\frac{3}{4}$ 圆形轨道 $BCDG$ 位于竖直平面内, B 、 D 两点分别为圆轨道的最低点和最高点, C 和 G 两点与圆心 O 等高, 轨道半径为 R , 下端与倾斜绝缘轨道在 B 点平滑连接, 整个轨道始终处在水平向左的匀强电场中。现有一个质量为 m 、带正电的物体 (可视为质点) 从倾斜轨道上 A 点静止释放, 若物体通过 D 点时, 轨道对它的压力为 $3mg$, 已知物体所受匀强电场的静电力 $F = \frac{4}{3}mg$, 倾斜轨道倾角 $\theta = 37^\circ$, 物体与倾斜绝缘轨道间的动摩擦因数 μ 为 0.5, 重力加速度为 g , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, 求:



解题感悟 等效法是解决此类问题常用的科学思维方法。解题的关键是将等效场与重力场相类比, 首先要知道小球只在重力场中的运动规律, 然后找出等效场中的等效最高点、等效水平面、等效重力加速度, 类比求解即可。

(1) 倾斜轨道上的 A 、 B 两点之间的距离 s_0 ;

[答案] $2.4R$

[解析] 物体在 D 点有, $3mg + mg = m \frac{v_D^2}{R}$

静电力垂直于倾斜轨道的分力 $F_1 = F \sin 37^\circ = 0.8mg$

重力垂直于倾斜轨道的分力 $G_y = mg \cos 37^\circ = 0.8mg$

则物体对倾斜轨道的压力为零, 故物体不受倾斜轨道的摩擦力物体从 A 到 D 的过程中由动能定理

$$-mg(2R - s_0 \cdot \sin \theta) + Fs_0 \cdot \cos \theta = \frac{1}{2}mv_D^2$$

得 $s_0 = 2.4R$

(2) 当物体通过 G 点时, 它对轨道的作用力 F_N ;

[答案] $2mg$ 方向水平向右

[解析] 物体从 D 到 G 的过程中, 由动能定理 $mgR - FR = \frac{1}{2}mv_G^2 - \frac{1}{2}mv_D^2$

物体在 G 点时, 由牛顿第二定律得 $F_N + F = m \frac{v_G^2}{R}$

得 $F_N = 2mg$

根据牛顿第三定律，当物体通过 G 点时，它对轨道的作用力为 $2mg$ ，方向水平向右。

(3) 若改变物体在倾斜轨道上的运动起点 A 的位置，使物体始终沿轨道滑行并从 G 点离开轨道，则轨道上 A 、 B 两点之间距离的最小值 s 。

[答案] $2.1R$

[解析] 静电力与重力的合力 $F_{\text{合}} = \sqrt{F^2 + (mg)^2} = \frac{5}{3}mg$ ，与竖直方向的夹角为 α

$$\tan \alpha = \frac{F}{mg} = \frac{4}{3}$$

解得 $\alpha = 53^\circ$

物体在圆弧轨道的等效最高点有 $\frac{5}{3}mg = m \frac{v_{\min}^2}{R}$

物体在圆弧轨道的最小速度为 $v_{\min} = \sqrt{\frac{5}{3}gR}$

物体从运动起点 A 到等效最高点，根据动能定理有

$$\frac{5}{3}mg(s - R) - \frac{5}{3}mgR \cos \alpha = \frac{1}{2}mv_{\min}^2$$

解得 $s = 2.1R$