



10.1 电势能和电势（专题训练）【十一大题型】

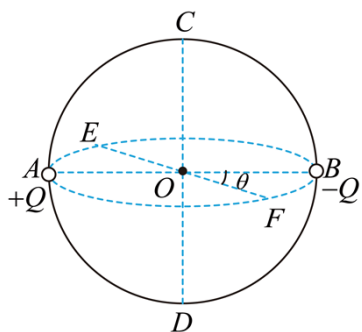
→ 专项题型归纳

- 一. 带电粒子在电场中的电势能（共 6 小题）
- 二. 利用功能关系计算电场力做的功及电势能的变化（共 7 小题）
- 三. 电势的概念、定义式、单位和物理意义（共 4 小题）
- 四. 电势变化与电场线分布的关系（共 5 小题）
- 五. 带电体周围的电势分布（共 3 小题）
- 六. φ - x 图像的物理意义（共 4 小题）
- 七. 等量异（同）种电荷周围电势的分布（共 4 小题）
- 八. 等量异（同）种电荷连线中垂线和连线上的电势分布图像（共 4 小题）
- 九. 点电荷周围电势的表达式与多个电荷的叠加（共 3 小题）
- 十. 根据带电粒子的运动轨迹判断其运动、受力、电势高低和能量转化情况（共 9 小题）
- 十一. 根据带电粒子的运动轨迹判断电场方向或等势面的电势高低（共 3 小题）

→ 专项题型训练

- 一. 带电粒子在电场中的电势能（共 6 小题）

1. 如图所示， AB 、 CD 、 EF 都为半径为 R 的空间球面的直径，其中 AB 与 EF 同在水平面内， EF 与 AB 的夹角 $\theta = 45^\circ$ ， CD 与水平面垂直，现在 A 、 B 两点分别固定等量异种点电荷，则（ ）



- A. C 点和 O 点场强大小之比为 $1:\sqrt{2}$
- B. E 、 F 两点电场强度相同
- C. C 、 E 、 F 三点中 C 点电势最高
- D. 将带负电的检验电荷从 E 点沿直线移到 F 点，电势能减小





【答案】B

【详解】A. 根据几何关系结合点电荷产生的场强的叠加法则可得

$$E_O = k \frac{Q}{R^2} + k \frac{Q}{R^2} = 2k \frac{Q}{R^2}$$

方向从 O 指向 B ;

$$E_C = 2k \frac{Q}{(\sqrt{2}R)^2} \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} k \frac{Q}{R^2}$$

方向平行于 AB 向右, 则可得

$$E_C : E_O = \frac{\sqrt{2}}{4}$$

故 A 错误;

B. 做出两点电荷在 E 、 F 两点的电场强度, 根据对称性及平行四边形定则可知, E 、 F 两点电场强度大小相等, 方向相同, 故 B 正确;

C. 根据几何关系可知, CD 为等量异种点电荷的中垂线, 而等量异种点电荷的中垂线为等势线且电势为零, 且无穷远处电势为零, 因此 CD 所在中垂面即为等势面, 电势为零, 而电场线从正电荷出发指向负电荷或无穷远处, 且沿着电场线的方向电势降低, 则可知, CD 所在等势面左侧电势大于零, 而 CD 所在等势面右侧电势小于零, 因此可得

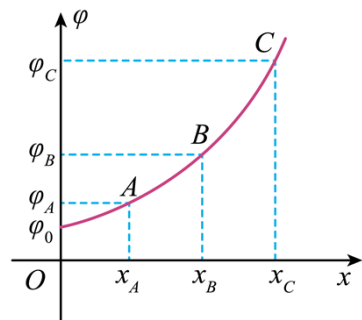
$$\varphi_E > \varphi_C > \varphi_F$$

故 C 错误;

D. 带负电的电荷在电势越低的地方电势能越大, 因此可知将带负电的检验电荷从 E 点沿直线移到 F 点, 电势能增大, 故 D 错误。

故选 B。

2. 某静电场中的一条电场线刚好与 x 轴重合, 其电势 φ 随位置坐标 x 变化的关系如图所示, 图线上 A 、 B 、 C 三点的横坐标满足 $x_A = x_B - x_A = x_C - x_B$, 纵坐标分别为 φ_A 、 φ_B 、 φ_C , 三点的场强大小分别为 E_A 、 E_B 、 E_C , 电子在三点的电势能分别为 E_{pA} 、 E_{pB} 、 E_{pC} 。则下列说法正确的是 ()



A. 电场线方向沿 x 轴正方向

B. $\varphi_A - \varphi_0 = \varphi_B - \varphi_A = \varphi_C - \varphi_B$





C. $E_{pA} < E_{pB} < E_{pC}$

D. $E_A < E_B < E_C$

【答案】D

【详解】A. 根据图象可知，沿 x 轴方向电势增加，而沿电场线方向电势降低，则电场线方向沿 x 轴负方向，故 A 错误；

B. 根据图象可知， y 轴表示电势，相等的位移电势变化越大，有

$\varphi_A - \varphi_0 < \varphi_B - \varphi_A < \varphi_C - \varphi_B$ 故 B 错误；

C. 根据图象可知，电势关系

$$\varphi_A < \varphi_B < \varphi_C$$

由电势能表达式 $E_p = -e\varphi$ 得

$E_{pA} > E_{pB} > E_{pC}$ 故 C 错误；

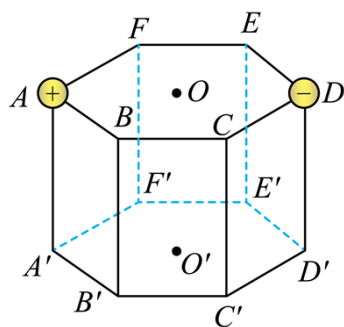
D. 由电场强度表达式可知

$E = \frac{U}{d} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x}$ 因此，电势 φ 随位置坐标 x 变化图象的斜率代表电场强度大小，则

$E_A < E_B < E_C$ 故 D 正确；

故选 D。

3. 如图所示，正六棱柱上下底面的中心为 O 和 O' ， A 、 D 两点分别固定等量异号的点电荷，下列说法中正确的是（ ）



A. F' 点与 C' 点的电场强度相同

B. A' 点与 F' 点的电势差等于 O' 点与 D' 点的电势差

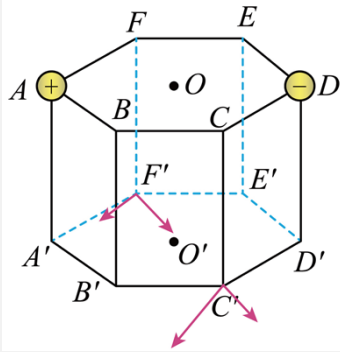
C. 将试探电荷 $+q$ 由 O 点沿直线运动到 O' 点，其电势能先减小后增大

D. 将试探电荷 $+q$ 由 F 点沿直线移动到 O 点，其电势能先增大后减小

【答案】D

【详解】A. 如图





正电荷在 F' 点产生场强和负电荷在 C' 点产生的场强大小相等，方向不同，正电荷在 C' 点产生场强和负电荷在 F' 点产生的场强大小相等，方向不同，因此 F' 点与 C' 点的电场强度大小相等，电场强度方向不同，故 A 错误；

B. 由等量异种电荷的电势分布可知

$$\varphi_A = \varphi > 0, \quad \varphi_D = -\varphi < 0, \quad \varphi_O = 0, \quad \varphi_{F'} > 0$$

因此

$$\varphi_A - \varphi_{F'} = \varphi - \varphi_{F'} < \varphi_O - \varphi_D = \varphi$$

$$U_{AF'} < U_{OD'}$$

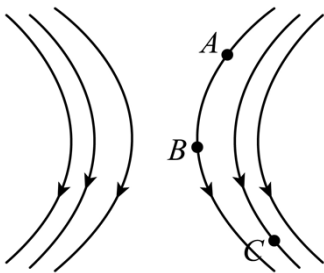
故 B 错误；

C. OO' 为等势线，将试探电荷 $+q$ 由 O 点沿直线运动到 O' 点，其电势能不变，故 C 错误；

D. 由 F 点沿直线移动到 O 点电势先升高再降低，正电荷在电势高的地方电势能大，将试探电荷 $+q$ 由 F 点沿直线移动到 O 点，其电势能先增大后减小，故 D 正确。

故选 D。

4. (多选) 静电透镜是电子透镜中的一种，由带电导体所产生的静电场来使电子束聚焦和成像的装置，它广泛应用于电子器件和电子显微镜中。已知某静电透镜内部的电场线的分布如图所示，其中 A 、 B 和 C 为电场中三个点，则下列说法中正确的是 ()



- A. A 、 B 两点的电场方向相同
- B. C 点的电势比 A 点的电势低
- C. B 点的电场强度比 A 点的大
- D. 电子从 A 点运动到 C 点，其电势能增大

【答案】BD

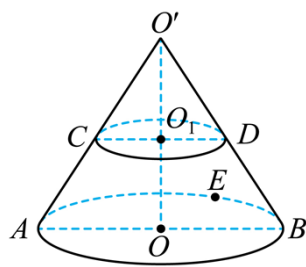
【详解】A. 电场方向沿电场线的切线方向，所以 A 、 B 两点的电场方向不同，故 A 错误；





- B. 沿着电场线方向电势逐渐降低, 所以 C 点的电势比 A 点的电势低, 故 B 正确;
C. 电场线越密的地方, 电场强度越大, 所以 B 点的电场强度比 A 点的小, 故 C 错误;
D. 负电荷在电势高的地方电势能小, 从 A 点运动到 C 点, 电势能增大, 故 D 正确。
故选 BD。

5. (多选) 如图, 真空中有一圆锥体, O 为圆锥底面圆心, O' 为圆锥顶点, C 、 D 分别是母线 $O'A$ 、 $O'B$ 的中点, O_1 是过 C 、 D 两点且与底面平行的圆锥截面圆心, E 点在底面圆周上。在圆锥顶点 O' 处固定一电荷量为 $+Q$ 的点电荷, 在底面圆心 O 处固定另一电荷量为 $-Q$ 的点电荷, 下列说法正确的是 ()



- A. 同一试探电荷在 A 、 B 、 E 三点具有的电势能相等
B. 过 C 、 D 与底面平行的圆锥截面上各点电势相等、场强相同
C. 在 A 点将带正电的试探电荷 q 沿底面圆周切线射入空间, 该电荷将做匀速圆周运动
D. 将带负电的试探电荷 q 从 A 点沿 AE 连线移到 E 点, 该电荷电势能先增大后减小

【答案】ABD

【详解】A. A 、 B 、 E 三点到两个电荷的距离都相等, 可知三点的电势相等, 则同一试探电荷在 A 、 B 、 E 三点具有的电势能相等, A 正确;
B. 过 C 、 D 与底面平行的圆锥截面是等势面, 则各点电势相等, 场强大小相等, 方向相同, B 正确;
C. 在 A 点将带正电的试探电荷 q 沿底面圆周切线射入空间, 因该试探电荷所受的电场力的合力指向 OO' 轴线下方的点, 则该电荷不可能做匀速圆周运动, C 错误;
D. 将带负电的试探电荷 q 从 A 点沿 AE 连线移到 E 点时, 因试探电荷距离在 O 处的 $-Q$ 较近, 则电场力做功由在 O 处的 $-Q$ 决定, 负电的试探电荷 q 从 A 点沿 AE 连线移到 E 点时, 先靠近 $-Q$ 后远离 $-Q$, 则电场力先做负功后做正功, 则该电荷电势能先增大后减小, D 正确。
故选 ABD。

6. 把 $q_1 = 4 \times 10^{-9} \text{C}$ 的试探电荷放在电场中的 A 点, 具有 $6 \times 10^{-8} \text{J}$ 的电势能,

- (1) 求 A 点的电势。
(2) 若把 $q_2 = 2 \times 10^{-10} \text{C}$ 的试探电荷放在电场中的 A 点, 电荷所具有的电势能是多少?
(3) 若把 $q_3 = -2 \times 10^{-12} \text{C}$ 的试探电荷放在电场中的 A 点, 电荷所具有的电势能又是多少?

【答案】(1) 15V ; (2) $3 \times 10^{-9} \text{J}$; (3) $-3 \times 10^{-11} \text{J}$





【详解】(1) 根据

$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

可得

$$\varphi_A = \frac{E_{p1}}{q_1} = \frac{6 \times 10^{-8}}{4 \times 10^{-9}} = 15 \text{ V}$$

(2) 根据公式可得

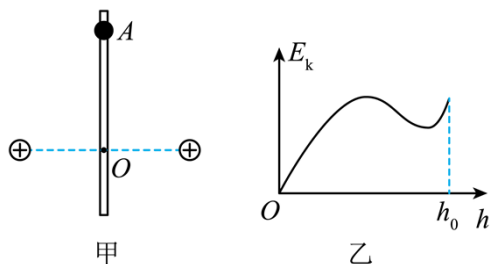
$$E_{p2} = q_2 \varphi_A = 2 \times 10^{-10} \times 15 \text{ J} = 3 \times 10^{-9} \text{ J}$$

(3) 根据公式可得

$$E_{p3} = q_3 \varphi_A = -2 \times 10^{-12} \times 15 \text{ J} = -3 \times 10^{-11} \text{ J}$$

二. 利用功能关系计算电场力做的功及电势能的变化 (共 7 小题)

7. 如图甲所示, 两等量正电荷水平固定, 一光滑的绝缘细杆竖直放置在两电荷连线的中垂线上, 杆上 A 点与连线中点 O 的距离为 h_0 。一带正电小球套在杆上从 A 点由静止释放, 从 A 运动到 O 的过程中其动能 E_k 随下降距离 h 变化的图像如图乙所示。若忽略空气阻力, 则在此过程中 ()



- A. 小球所受合外力先增大后减小
- B. 小球机械能一直增大
- C. 电场强度先增大后减小
- D. 小球电势能一直减小

【答案】C

【详解】A. $E_k - h$ 图像的斜率表示合外力, 由图像可知, 合外力先减小, 再增大, 再减小, 再增大, 故 A 错误;

BD. 小球下落过程中, 电场力一直竖直向上, 则电场力一直做负功, 由能量守恒定律可知, 小球的机械能一直在减小, 小球的电势能一直在增大, 故 BD 错误;

C. 因为小球在运动过程中仅受重力和电场力, 且小球带正电, 所以从 A 到 O 的过程中, 小球受到的电场力一直向上。结合其动能变化进行分析: 初始时, 小球动能增大, 说明小球的重力大于电场力, 小球向下加速运动, 而图像的斜率在减小, 说明小球的合外力在减小, 因为重力不变, 所以小球受到的电场力在增大, 当动能达到最大值时, 小球的重力等于电场力; 之后小球的动能开始减小, 说明小球受到的电场力大于了重力, 小球在做减速运动, 即电场

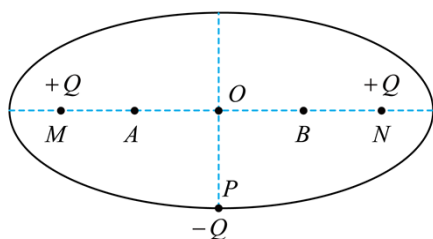




力依旧在增大，直到某一时刻达到最大值，然后开始减小，当电场力再次等于重力时，小球的速度达到最小值，即动能达到最小值；最后小球的动能一直增大，图像的斜率也再越来越大，说明小球在加速运动，合力在越来越大，重力不变，说明电场力在越来越小；综上所述，小球在从 A 到 O 的过程中，电场力先增大后减小，故 **C** 正确。

故选 **C**。

8. 如图所示，在一椭圆的两焦点 M 、 N 和短轴上的一个端点 P ，固定有三个电荷量相等的点电荷，其中 M 、 N 处的电荷带正电， P 处的电荷带负电， O 为椭圆中心， A 、 B 是椭圆上关于 O 点对称的两个点。取无穷远处电势为零。下列说法中正确的是 ()



- A. A 、 B 两点的电势不相同
- B. A 、 B 两点的电场强度相同
- C. 一质子从靠近 P 点处沿直线到 O 点再到 A 点，电势能一直增大
- D. 一电子从靠近 P 点处沿直线到 O 点再到 B 点，电势能先减小后增大

【答案】 **C**

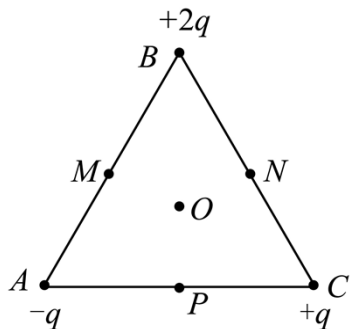
【详解】 **AB**. 根据点电荷的电场线的分布情况及电场的叠加原理、等势面与电场线的关系可知 A 、 B 两点的电势相同，电场强度大小相等，方向不同，故 **AB** 错误；

C. 根据电场的叠加可知， P 点到 O 点的合场强应沿 OP 向下，质子从 P 点到 O 点，电场力做负功，电势能增大， O 到 A 的过程中，电场力也做负功，电势能继续增大，故 **C** 正确；

D. 电子从 P 点到 O 点，电场力做正功，电势能减小， O 到 B 的过程中，电场力也做正功，电势能继续减小，故 **D** 错误。

故选 **C**。

9. 如图所示，等边三角形的三个顶点 A 、 B 、 C 上分别固定一点电荷，点电荷的带电荷量分别为 $-q$ 、 $+2q$ 、 $+q$ ，已知 M 、 N 、 P 分别为 AB 、 BC 、 AC 的中点， O 为三角形的中心，下列说法正确的是 ()



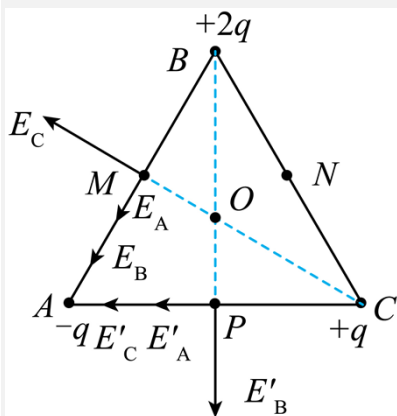


- A. M 点的场强大于 P 点的场强
- B. 电子在 O 点的电势能大于在 P 点的电势能
- C. 若将三角形绕 AC 转 90° , 转动前后 P 点场强不变
- D. 正试探电荷沿直线从 O 点运动到 N 点, 电场力先做负功后做正功

【答案】A

【详解】A. 设等边三角形边长为 $2l$, 则三个点电荷在 M 点产生的场强大小分别为

$$E_A = \frac{kq}{l^2}, E_B = \frac{2kq}{l^2}, E_C = \frac{kq}{(\sqrt{3}l)^2} = \frac{kq}{3l^2}$$



根据电场叠加原理, M 点产生的场强大小为

$$E_M = \sqrt{\left(\frac{kq}{3l^2}\right)^2 + \left(\frac{kq}{l^2} + \frac{2kq}{l^2}\right)^2} = \frac{\sqrt{82}}{3} \frac{kq}{l^2}$$

三个点电荷在 P 点产生的场强大小分别为

$$E_A' = \frac{kq}{l^2}, E_C' = \frac{kq}{l^2}, E_B' = \frac{2kq}{(\sqrt{3}l)^2} = \frac{2kq}{3l^2}$$

根据电场叠加原理, P 点产生的场强大小为

$$E_P = \sqrt{\left(\frac{2kq}{3l^2}\right)^2 + \left(\frac{kq}{l^2} + \frac{kq}{l^2}\right)^2} = \frac{\sqrt{40}}{3} \frac{kq}{l^2} \quad M \text{ 点的场强大于 } P \text{ 点的场强, A 正确;}$$

B. 若只有 $-q$ 和 $+q$, O 点电势等于 P 点电势, 放上 $+2q$ 则 O 点电势高于 P 点电势, 又因为电子带负电, 根据

$$E_p = \varphi q$$

可知电子在 O 点的电势能小于在 P 点的电势能, B 错误;

C. 若将三角形绕 AC 转 90° , 转动前后 P 点场强大小不变, 方向改变, C 错误;

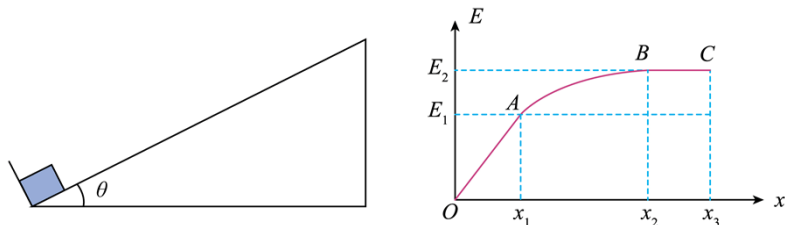
D. 若只有 $-q$ 和 $+q$, N 点电势高于 O 点电势, 放上 $+2q$, N 点电势还是高于 O 点电势, 所以正试探电荷沿直线从 O 点运动到 N 点, 电势升高, 电势能增大, 电场力一直做负功, D 错误。

故选 A。





10. (多选) 如图所示, 在倾角为 θ 的足够长的绝缘光滑斜面底端, 静止放置质量为 m 、带电量 q ($q > 0$) 的物体。加上沿着斜面方向的电场, 物体沿斜面向上运动。物体运动过程中的机械能 E 与其位移 x 的关系图像如图所示, 其中 OA 为直线, AB 为曲线, BC 为平行于横轴的直线, 重力加速度为 g , 不计空气阻力 ()



- A. $0 \sim x_1$ 过程中, 电场强度的大小恒为 $\frac{E_1}{qx_1} + \frac{mg \sin \theta}{q}$
- B. $x_1 \sim x_2$ 过程中, 物体电势降低了 $\frac{E_2 - E_1}{q}$
- C. $x_1 \sim x_2$ 过程中, 物体加速度的大小先变小后变大
- D. $x_2 \sim x_3$ 过程中, 电场强度为零

【答案】BCD

【详解】A. $0 \sim x_1$ 过程中, 电场力做正功, 机械能增大, 则

$$E_1 = Eqx_1$$

解得

$$E = \frac{E_1}{qx_1}$$

故 A 错误;

B. $x_1 \sim x_2$ 过程中, 电场力做正功, 故电势降低, 可得

$$qU_{AB} = E_2 - E_1$$

解得

$$U_{AB} = \frac{E_2 - E_1}{q}$$

故 B 正确;

C. 图像的斜率表示电场力大小, 故 $x_1 \sim x_2$ 过程中, 斜率逐渐减小到零, 故电场力逐渐减小到零, 物体加速度

$$a = \frac{qE - mg \sin \theta}{m}$$

可知加速度先减小到零, 后沿斜面向下增大, 故 C 正确;

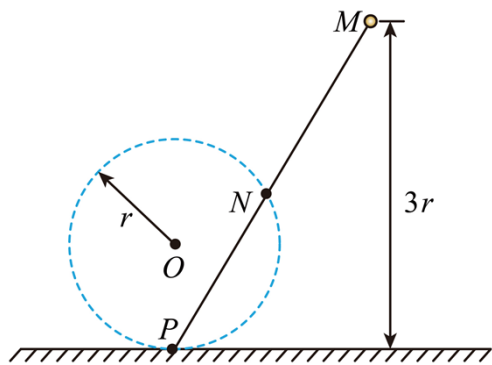
D. $x_2 \sim x_3$ 过程中, 此过程中机械能不变, 故只有重力做功, 故电场力为 0, 则电场强度为零, 故 D 正确。





故选 BCD。

11. (多选) 如图所示, 在竖直平面内固定着一根光滑绝缘细杆 MP , 细杆左侧 O 点处固定着一个带正电的点电荷, 以 O 为圆心、 r 为半径的圆周与细杆交于 N 、 P 两点, N 点为 MP 的中点。现将一质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的小球 (可视为质点) 套在杆上从 M 点由静止释放, 小球滑到 N 点时的速度大小为 $\sqrt{6gr}$ 。已知重力加速度为 g , M 点和 P 点的高度差为 $3r$, 取 P 为零电势点, 则下列说法正确的是 ()



A. M 、 N 两点的电势差为 $-\frac{2mgr}{3q}$

B. 小球从 N 点到 P 点过程电场力做的功为

$$-\frac{3mgr}{2}$$

C. 小球滑至 P 点时的速度大小为 $3\sqrt{gr}$

D. M 点的电势为 $-\frac{3mgr}{2q}$

【答案】CD

【详解】A. 小球从 M 点到 N 点过程, 由动能定理可得

$$mg \cdot \frac{3r}{2} - qU_{MN} = \frac{1}{2}mv_N^2$$

又

$$v_N = \sqrt{6gr}$$

解得 M 、 N 两点的电势差为

$$U_{MN} = -\frac{3mgr}{2q}$$

A 项错误;

B. 根据点电荷的电场特征可知, N 、 P 两点所在的圆是一个等势面, 所以小球从 N 点到 P 点过程电场力做的功为零, B 项错误;

C. 由几何关系可得 NP 段的竖直高度为

$$h_{NP} = \frac{3}{2}r$$

小球从 N 点到 P 点过程, 根据动能定理可得





$$mg \cdot \frac{3}{2}r = \frac{1}{2}mv_P^2 - \frac{1}{2}mv_N^2$$

解得小球滑至 P 点时的速度大小

$$v_P = 3\sqrt{gr}$$

C 项正确；

D. 以 P 点为零电势点，则有

$$U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N = \varphi_M - \varphi_P$$

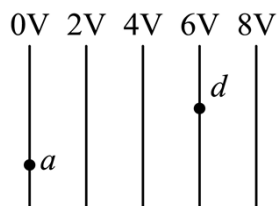
解得 M 点的电势

$$\varphi_M = -\frac{3mgr}{2q}$$

D 项正确。

故选 CD。

12. 如图为某匀强电场的等势面分布图，已知每两个相邻等势面相距 2 cm ，则该匀强电场的电场强度 $E =$ _____ V/m ；将一电荷量 $q = -2 \times 10^{-8}\text{ C}$ 的试探电荷从 a 点移到 d 点，则试探电荷的电势能_____（选填“增加”或“减少”）_____ J 。



【答案】 100 减少 1.2×10^{-7}

【详解】[1]两个相邻等势面的电势差为

$$U = 2\text{ V}$$

则电场强度为

$$E = \frac{U}{d} = \frac{2}{2 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 100 \text{ V/m}$$

[2][3]由图可知， a 点电势为

$$\varphi_a = 0$$

d 点电势为

$$\varphi_d = 6\text{ V}$$

则，两点的电势差为

$$U_{ad} = \varphi_a - \varphi_d = -6\text{ V}$$

试探电荷从 a 点移动到 d 点，电场力做功为

$$W = qU_{ad} = 1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$$

则电势能变化为





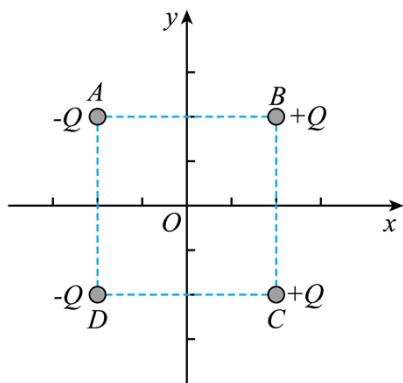
$$\Delta E_p = -W = -1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$$

所以，试探电荷在移动过程中，电荷的电势能减小，减小了 $1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$ 。

13. 如图所示，在正方形 $ABCD$ 的四个顶点各固定一个点电荷，电荷量分别为 $-Q$ 、 $+Q$ 、 $+Q$ 、 $-Q$ ，直角坐标系的 x 轴、 y 轴为正方形的对称轴。将一带电量为 $+q$ 的试探电荷在原点 O 处由静止释放，当它运动到 E 点（图中未画出）时达到最大速度 v ，设无穷远处电势为零，试探电荷重力忽略不计，求：

(1) E 点的电势 φ_E ；

(2) 若将该正试探电荷从 x 轴负半轴上无限远处 M 点处以初速度 $3v$ 沿 x 轴正方向射入后，它在以后运动过程中的最小速度。



【答案】(1) $\varphi_E = -\frac{mv^2}{2q}$ ；(2) $v_{\min} = 2\sqrt{2}v$

【详解】(1) 将四个点电荷看为两组等量异种点电荷，根据等量异种点电荷的电场分布特征，可知 O 处电势等于 0 ，从 O 处到 E 点，根据动能定理

$$q(\varphi_O - \varphi_E) = \frac{1}{2}mv^2$$

可得

$$\varphi_E = -\frac{mv^2}{2q}$$

(2) 该电荷从 x 轴上无限远处以初速度 $3v$ 沿 x 轴正方向射入后，无穷远电势为 0 ，从无穷远沿 $+x$ 方向运动到 E 点，电场力做正功，再由 E 点运动到原点 O 点逆着电场线方向运动，电场力做负功，根据能量守恒，原点处与无穷远电势相等，电势能相等，故无穷远与原点 O 的动能相等、速度大小相等。根据对称性可知，有一点 F 与 E 点关于 O 点对称，速度最小，则

$$U_{-\infty F} = U_{OF} = -U_{OE}$$

根据动能定理可知，

$$qU_{-\infty F} = \frac{1}{2}mv_{\min}^2 - \frac{1}{2}m(3v)^2$$





解得

$$v_{\min} = 2\sqrt{2}v$$

三. 电势的概念、定义式、单位和物理意义 (共 4 小题)

14. 下列公式中, F 、 q 、 E 、 U 、 r 、 d 、 φ 、 E_p 分别表示静电力、电荷量、电场场强、电势差、点电荷之间的距离、沿电场线方向的距离、电场中某点的电势、电荷在电场中某点所具有的电势能: ① $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$, ② $E = k \frac{Q}{r^2}$, ③ $E = \frac{F}{q}$, ④ $\varphi = \frac{E_p}{q}$, ⑤ $E = \frac{U}{d}$, 以下说法正确的是 ()

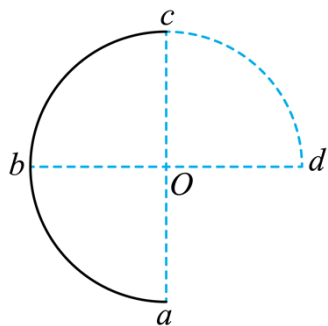
- A. 它们都只对点电荷或点电荷的电场成立
- B. ①②只对点电荷成立, ③④对任何电场都成立, ⑤只对匀强电场成立
- C. ①②③④只对点电荷或点电荷电场成立, ⑤对任何电场都成立
- D. ①②只对点电荷成立, ③④⑤对任何电场都成立

【答案】B

【详解】①是库仑定律表达式, 只对点电荷成立; ②是点电荷电场强度表达式, 只对点电荷成立; ③是电场强度的定义式, 对任何电场都成立; ④是电势的定义式, 对任何电场都成立; ⑤是匀强电场中场强与电势差之间的关系式, 只对匀强电场成立。

故选 B。

15. 如图所示, abc 为均匀带电半圆环, O 为其圆心, O 处的电场强度大小为 E , 将一试探电荷从无穷远处移到 O 点, 电场力做功为 W 。若在 cd 处再放置一段 $\frac{1}{4}$ 圆的均匀带电圆弧, 如虚线所示, 其单位长度带电量与 abc 相同, 电性与 abc 相反, 则此时 O 点场强大小及将同样的试探电荷从无穷远处移到 O 点电场力做功为 ()



- A. $\frac{\sqrt{10}}{2}E$, $\frac{1}{2}W$
- B. $\frac{\sqrt{2}}{2}E$, $\frac{3}{2}W$
- C. $\frac{3}{4}E$, $\frac{3}{2}W$
- D. $\frac{5}{2}E$, $\frac{1}{2}W$

【答案】A

【详解】把题中半圆环等分为两段, 即每段为 $\frac{1}{4}$ 圆环, 每段在点 O 的电势为 φ_0 , 电场强度为 E_0 , 且方向分别与 E 夹角为 $\theta = 45^\circ$, 根据电场强度的叠加原理可知





$$E_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} E$$

因为电势是标量，每段导体在 O 上的电势为

$$\varphi = \frac{\varphi_0}{2}$$

同理，在 cd 处再放置一段 $\frac{1}{4}$ 圆的均匀带电圆弧后，可等分为 3 个 $\frac{1}{4}$ 圆环，由于电性与 abc 相反，根据场强叠加可知 O 处的场强大小为

$$E' = \sqrt{(2 \times \frac{\sqrt{2}}{2})E^2 + \frac{\sqrt{2}}{2}E^2} = \frac{\sqrt{10}}{2} E$$

电势为 3 个圆环在 O 点的电势之和，为

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_0}{2} + \frac{\varphi_0}{2} - \frac{\varphi_0}{2} = \frac{\varphi_0}{2}$$

将同样的试探电荷从无穷远处移到 O 点电场力做功为 $\frac{1}{2}W$ 。

故选 A。

16. (多选) 下列说法正确的是 ()

- A. 由定义式 $E = \frac{F}{q}$ 知，若 q 减半，则该处的场强变为原来的 2 倍
- B. 由点电荷场强 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 知， E 与 Q 成正比，与 r^2 成反比
- C. 电场强度和电势都是用来描述电场性质的物理量，它们都是矢量
- D. 电场中某点的场强方向就是该点所放正电荷受到的电场力的方向

【答案】BD

【详解】A. 电场中某点的电场强度是由电场本身决定的，与试探电荷的电量无关，若 q 减半，则该处的场强不变，故 A 错误；

B. 由点电荷场强 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 知， E 与 Q 成正比，与 r^2 成反比，故 B 正确；

C. 电场强度和电势都是用来描述电场性质的物理量，电场强度是矢量，电势是标量，故 C 错误；

D. 电场中某点的场强方向就是该点所放正电荷受到的电场力的方向，故 D 正确。

故选 BD。

17. 把一带电量为 $q_1 = 4 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的试探电荷放在电场中的 A 点，具有 $6 \times 10^{-8} \text{ J}$ 的电势能，放在电场中的 B 点，具有 $-2 \times 10^{-8} \text{ J}$ 的电势能，则 A 、 B 两点的电势 φ_A 为 _____ V， φ_B 为 _____ V； A 、 B 两点间的差 U_{AB} 为 _____ V。

【答案】 15 -5 20





【详解】[1][2]根据公式

$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

可得

$$\varphi_A = \frac{E_p}{q} = \frac{6 \times 10^{-8} \text{ J}}{4 \times 10^{-9} \text{ C}} = 15 \text{ V}$$

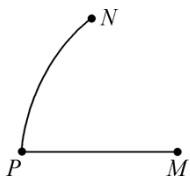
$$\varphi_B = \frac{E_p}{q} = \frac{-2 \times 10^{-8} \text{ J}}{4 \times 10^{-9} \text{ C}} = -5 \text{ V}$$

[3]A、B 两点间的电势差为

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 15 \text{ V} - (-5) \text{ V} = 20 \text{ V}$$

四. 电势变化与电场线分布的关系 (共 5 小题)

18. 如图所示, 一个固定正电荷产生的电场中, 同一个正电荷 q 两次以大小相同、方向不同的初速度从 P 点出发, 分别抵达 M 点、 N 点, 且 q 在 M 、 N 点时速度大小也一样。下列说法正确的是 ()



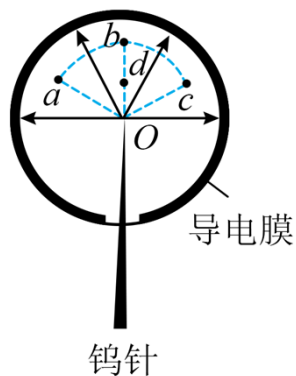
- A. P 点电势小于 M
- B. M 点电势大于 N
- C. q 从 P 到 M 一直做减速运动
- D. M 、 N 两点处电场强度大小相等

【答案】D

【详解】ABC. 由题知, 同一个正电荷 q 两次以大小相同、方向不同的初速度从 P 点出发, 分别抵达 M 点、 N 点, 且 q 在 M 、 N 点时速度大小也一样, 则说明 M 、 N 两点的电势相同, 根据运动轨迹可知, 电场力大致向右, 则正电荷在 q 的左侧, 沿着电场线方向, 电势逐渐降低, 所以 P 点电势大于 M 点电势, q 从 P 到 M 一直做加速运动, 故 ABC 错误;
D. 根据以上分析可知, M 、 N 两点在同一等势面上, 且该电场是固定正电荷产生的电场, 则说明 M 、 N 到固定正电荷的距离相等, 则 M 、 N 两点处电场强度大小相等, 故 D 正确。
故选 D。

19. “场离子显微镜”的金属钨针尖处于球形真空玻璃泡的球心 O , 玻璃泡内壁有一层均匀导电膜: 在钨针和导电膜间加上高电压后, 玻璃泡上半部分的电场线如图所示。a、b、c、d、 O 为同一平面上的 5 个点, abc 是一段以 O 为圆心半径为 r 的圆弧, d 为 Ob 的中点。O、a、b、c、d 五点场强分别为 E_O 、 E_a 、 E_b 、 E_c 、 E_d , 电势分别为 φ_O 、 φ_a 、 φ_b 、 φ_c 、 φ_d , 则下面说法正确的是 ()





A. a 、 b 、 c 三点场强相同

B. $\varphi_d < \varphi_a = \varphi_c = \varphi_b$

C. $(\varphi_O - \varphi_a) < 2(\varphi_O - \varphi_d)$

D. $(\varphi_d - \varphi_b) = E_d \cdot \frac{R}{2}$

【答案】C

【详解】A. 电场线的疏密表示场强的大小，则玻璃泡上半部分的电场可视为位于 O 点处点电荷形成的电场，所以 a 、 b 、 c 三点场强大小相等，方向不同，故 A 错误；

B. 根据点电荷形成的电场的电势分布可知沿着电场线方向电势逐渐降低，可知

$$\varphi_d > \varphi_a = \varphi_c = \varphi_b$$

故 B 错误；

CD. 越靠近 O 场强越强，则 Od 部分的场强均大于 db 部分的场强，根据电场强度与电势差的关系可知

$$(\varphi_O - \varphi_a) < 2(\varphi_O - \varphi_d)$$

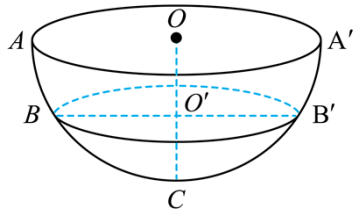
$$(\varphi_d - \varphi_b) < E_d \cdot \frac{R}{2}$$

故 C 正确，D 错误。

故选 C。

20. 如图，空间中有一半球形区域，两个圆平面 OAA' 与 $O'BB'$ 相互平行，且 O' 位于半径 OC 的中点，在球心 O 处固定一带正电的点电荷，取无穷远处电势为零。下列说法正确的是

()



A. B 、 B' 两点的电场强度相同

B. 圆平面 $O'BB'$ 为等势面

C. 将一带负电的试探电荷从 B 点沿直线移动到 B' 点的过程中，其电势能先减小后增大





D. 若 A 、 B 、 C 三点的电势分别为 φ_A 、 φ_B 、 φ_C ，则有 $\varphi_B > \varphi_A = \varphi_C$

【答案】C

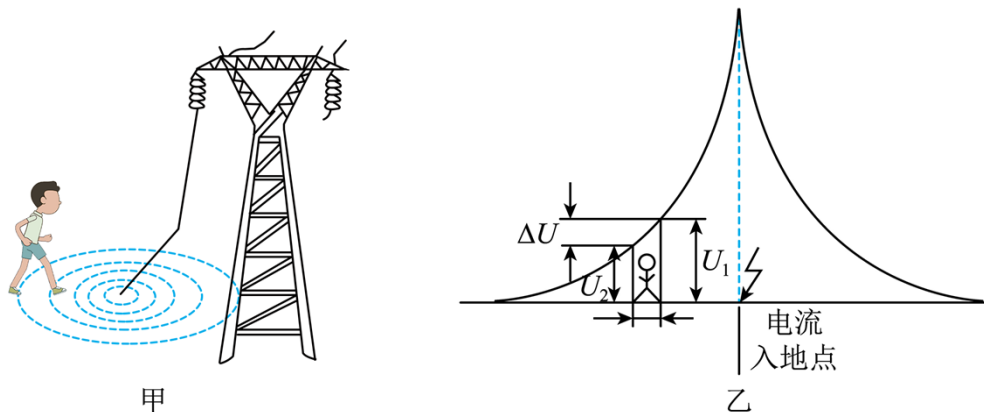
【详解】A. B 、 B' 两点的电场强度大小相同，方向不同，故 A 错误；

B. 球心 O 处固定的带正电的点电荷产生的等势面是以 O 为球心的球面，不是圆平面 $O'BB'$ ，故 B 错误；

C. 将一带负电的试探电荷从 B 点沿直线移动到 D' 点的过程中，电场力先做正功，后做负功，其电势能先减小后增大，故 C 正确；

D. 由于 A 、 B 、 C 三点是以 O 为圆心的同一球面上的三点，故 $\varphi_B = \varphi_A = \varphi_C$ ，故 D 错误。
故选 C。

21. (多选) 如图甲，跨步电压触电是指人在高压输电线路附近，因双脚脚底形成电势差而引起的触电故。某同学不慎靠近了一落地的高压电线，其两脚间形成的电势差与电流入地点之间的距离关系如图乙所示，下列说法正确的是 ()



- A. 为了安全，该同学应大踏步走向电流入地点
- B. 为了安全，该同学应大踏步远离电流入地点
- C. 若地面导电性能均匀，离电流入地点越远，电势降落得越慢
- D. 若地面导电性能均匀，绕电流入地点做圆周运动，不会造成跨步电压触电

【答案】CD

【详解】AB. 步幅越大，两脚之间的电势差越大，越容易造成跨步电压触电，AB 错误；

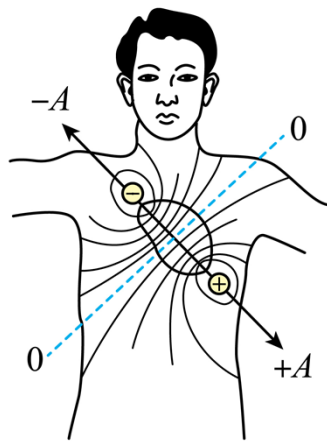
C. 离电流入地点越远，电势变化的曲线斜率越小，故电势降落得越慢，C 正确；

D. 若地面导电性能均匀，则以电流入地点为圆心的圆周上各点均为等势点，绕电流入地点做圆周运动，不会造成跨步电压触电，D 正确。

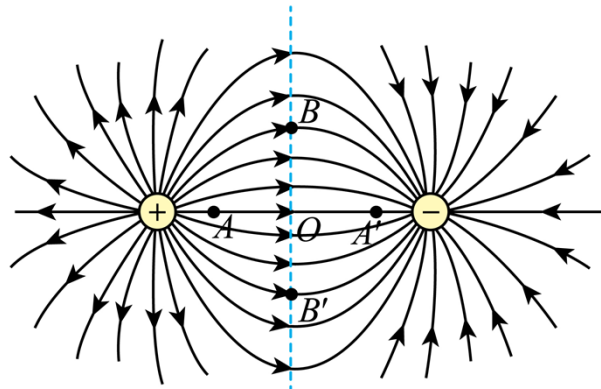
故选 CD。

22. 电偶极子是两个等量异号点电荷组成的系统，是一种常见的带电结构。我们在做心电图的过程中，心脏就可视为电偶极子模型。体内电荷分布如图甲所示，等效电场如图乙所示：





甲



乙

则正、负点电荷连线上关于 O 点的对称点 A 与 A' , A 点电场强度_____ A' 点电场强度。

正、负点电荷连线的中垂线上关于 O 点的对称点 B 与 B' , B 点电场强度_____ B' 点电场

强度。(填写大于、等于、小于) A 点电势_____ A' 点电势。(填写高于或低于)

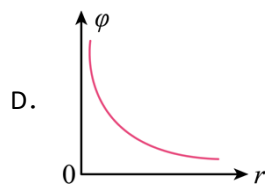
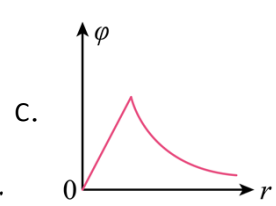
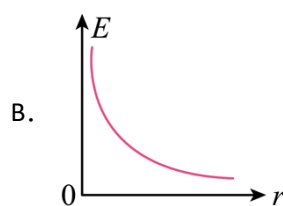
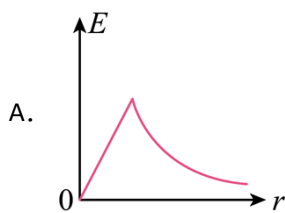
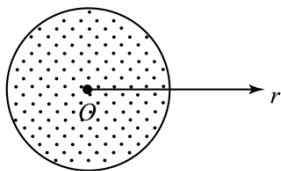
【答案】 等于 等于 高于

【详解】[1][2]根据题意,由图乙和对称关系可知, A 点电场强度等于 A' 点电场强度, B 点电场强度等于 B' 点电场强度。

[3]根据沿电场线方向电势逐渐降低可知, A 点电势高于 A' 点电势。

五. 带电体周围的电势分布 (共 3 小题)

23. 已知电荷分布均匀的绝缘球壳,对壳内任意位置的电荷的电场力均为零。如图是一个均匀带正电实心绝缘球体,规定无穷远电势为零。下列关于该带电球体周围的电场强度大小 E 、电势 φ 与到球心的距离 r 的关系图像,可能正确的是 ()



【答案】A

【详解】AB. 设带正电实心绝缘球体半径为 R , 带电量为 Q , 则当 $r \leq R$ 时, 半径为 r 的球





体部分带电量为

$$q = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{\frac{4}{3}\pi R^3} Q = \frac{r^3}{R^3} Q$$

当 $r \leq R$ 时，电场强度为

$$E = k \frac{q}{r^2} = \frac{krQ}{R^3}$$

当 $r > R$ 时，电场强度为

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

故 A 正确，B 错误；

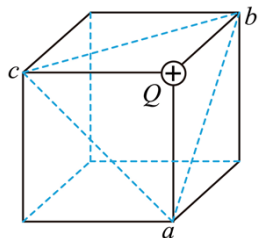
CD. 根据

$$\varphi = Ed$$

可知当 $r \leq R$ 时，电势逐渐增大，且电势增加得越来越快，当 $r > R$ 时，根据沿电场的方向电势逐渐降低，可知球外的电势随 r 逐渐降低，故 CD 错误。

故选 A。

24. 如图所示，在正方体的一个顶点固定着电荷量为 Q 的正点电荷， a 、 b 、 c 为与该点电荷相邻的顶点，下列说法正确的是（ ）



- A. a 、 b 、 c 三点的电势不等
- B. a 、 b 、 c 三点的电场强度大小相等
- C. a 、 b 两点连线上的各点电势都相等
- D. 带负电的试探电荷沿 ac 连线运动时电势能始终不变

【答案】B

【详解】A. a 、 b 、 c 三点与 Q 的距离相等，故电势相等，故 A 错误；

B. 根据

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

可知 a 、 b 、 c 三点的电场强度大小相等，故 B 正确；

C. a 、 b 两点连线上的各点与电荷 Q 的距离不相等，故电势不相等，故 C 错误；

D. ac 连线运动时电势先增大后减小，根据



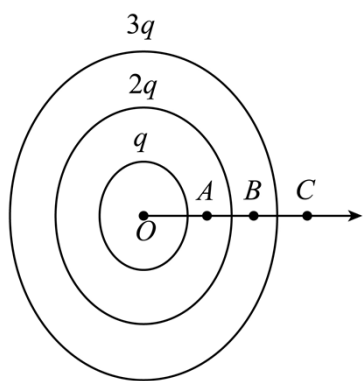


$$E_p = q\varphi$$

可知带负电的试探电荷沿 ac 连线运动时电势能先减小后增大，故 **D** 错误。

故选 **B**。

25. (多选) 已知均匀带电的空心球壳内部场强处处为零，球壳内部电势处处相等且与球壳的电势相等，球壳外部空间的电场等同于将全部电荷集中于球心处的点电荷产生的电场。现有三个均匀带电的空心球壳，球心都在 O 点，半径分别为 r 、 $2r$ 、 $3r$ ，电荷量分别为 q 、 $2q$ 、 $3q$ ($q > 0$)，它们的截面如图所示，在过 O 点的一条直线上有 A 、 B 、 C 三点，各点到 O 点的距离分别为 $1.5r$ 、 $2.5r$ 、 $3.5r$ ，三点的场强分别为 E_A 、 E_B 、 E_C ，电势分别为 φ_A 、 φ_B 、 φ_C ，下列说法正确的是 ()



A. $E_A > E_B > E_C$

B. $E_A < E_B < E_C$

C. $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$

D. $\varphi_A < \varphi_B < \varphi_C$

【答案】BC

【详解】AB. A 点场强只由最内侧球壳上的电荷产生，依题意

$$E_A = \frac{kq}{(1.5r)^2} \quad B \text{ 点场强由内侧的两个球壳上的电荷产生，故}$$

$$E_B = \frac{k \cdot 3q}{(2.5r)^2}$$

同理

$$E_C = \frac{k \cdot 6q}{(3.5r)^2}$$

则

$$E_A < E_B < E_C$$

故 **A** 错误，**B** 正确；

CD. 因为 $q > 0$ ，三个球壳上都带正电荷，任意球壳内部电势高于外部电势，球壳外部各点离 O 越远电势越低， A 点在两个球壳内部， B 点在一个球壳内部， C 点在三个球壳外，且 A 点离 O 点最近， C 点离 O 点最远，故有

$$\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$$



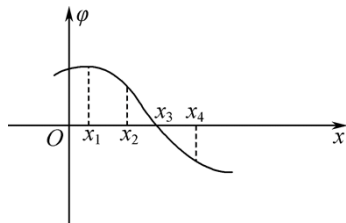


故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

六. φ - x 图像的物理意义 (共 4 小题)

26. 空间内存在沿 x 轴方向的静电场， x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 是 x 轴上的四个点，各点电势 φ 随位置的变化情况如图所示。若带电粒子只受电场力作用，下列说法正确的是 ()



- A. x_3 点的电场强度为零
- B. x_2 点与 x_4 点电场强度的方向相反
- C. 将质子从 x_3 点移动到 x_4 点的过程中，质子的动能和电势能之和保持不变
- D. 将电子从 x_1 点移动到 x_4 点的过程中，电子的电势能一直减少

【答案】C

【详解】A. φ - x 图像斜率的绝对值表示电场强度的大小，由题图可知，图像在 x_1 点的切线斜率等于零，故 x_1 点的电场强度为零，故 A 错误；

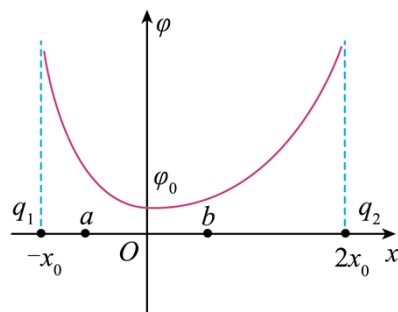
B. x_2 点与 x_4 点电场强度的方向相同，均沿 x 轴正方向，故 B 错误；

C. 质子从 x_3 点移动到 x_4 点沿电场强度的方向运动，电场力对质子做正功，质子的动能增加，质子的动能和电势能之和保持不变，故 C 正确；

D. 从 x_1 点到 x_4 点电势一直降低，则电子的电势能一直增加，故 D 错误。

故选 C。

27. x 轴上有两个不等量点电荷 q_1 、 q_2 ，两电荷连线上各点电势随位置坐标变化的 φ - x 图像如图所示，图线与 φ 轴正交，交点处的纵坐标为 φ_0 ， a 、 b 为 x 轴上关于原点 O 对称的两个点。正电子的质量为 m ，电荷量为 e ，取无穷远处电势为 0，下列说法正确的是 ()



- A. q_1 、 q_2 带异种电荷
- B. 两电荷电量之比 $\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{2}$



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/475013014103011333>