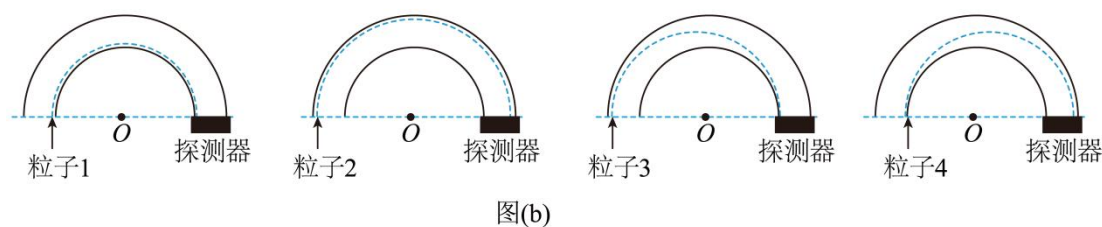
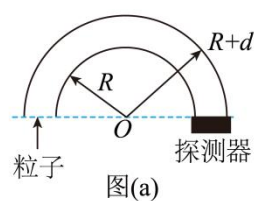


专题 07 电场（解析版）

近 5 年（2018-2022）高考物理试题分类解析

1、（2022·全国乙卷·T21）一种可用于卫星上的带电粒子探测装置，由两个同轴的半圆柱形带电导体极板（半径分别为 R 和 $R+d$ ）和探测器组成，其横截面如图（a）所示，点 O 为圆心。在截面内，极板间各点的电场强度大小与其到 O 点的距离成反比，方向指向 O 点。4 个带正电的同种粒子从极板间通过，到达探测器。不计重力。粒子 1、2 做圆周运动，圆的圆心为 O 、半径分别为 r_1 、 r_2 （ $R < r_1 < r_2 < R+d$ ）；粒子 3 从距 O 点 r_2 的位置入射并从距 O 点 r_1 的位置出射；粒子 4 从距 O 点 r_1 的位置入射并从距 O 点 r_2 的位置出射，轨迹如图（b）中虚线所示。则（ ）



- A. 粒子 3 入射时的动能比它出射时的大
B. 粒子 4 入射时的动能比它出射时的大
C. 粒子 1 入射时的动能小于粒子 2 入射时的动能
D. 粒子 1 入射时的动能大于粒子 3 入射时的动能

【答案】BD

【解析】

C. 在截面内，极板间各点的电场强度大小与其到 O 点的距离成反比，可设为

$$Er = k$$

带正电的同种粒子 1、2 在均匀辐向电场中做匀速圆周运动，则有

$$qE_1 = m \frac{v_1^2}{r_1}, \quad qE_2 = m \frac{v_2^2}{r_2}$$

可得

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{qE_1 r_1}{2} = \frac{qE_2 r_2}{2}$$

即粒子 1 入射时的动能等于粒子 2 入射时的动能，故 C 错误；

A. 粒子 3 从距 O 点 r_2 的位置入射并从距 O 点 r_1 的位置出射，做向心运动，电场力做正功，则动能增大，粒子 3 入射时的动能比它出射时的小，故 A 错误；

B. 粒子 4 从距 O 点 r_1 的位置入射并从距 O 点 r_2 的位置出射，做离心运动，电场力做负功，则动能减小，粒子 4 入射时的动能比它出射时的大，故 B 正确；

D. 粒子 3 做向心运动，有

$$qE_2 > m \frac{v_3^2}{r_2}$$

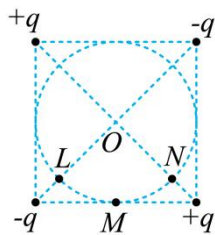
可得

$$\frac{1}{2}mv_3^2 < \frac{qE_2 r_2}{2} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

粒子 1 入射时的动能大于粒子 3 入射时的动能，故 D 正确；

故选 BD。

2、(2022·全国乙卷·T19) 如图，两对等量异号点电荷 $+q$ 、 $-q$ ($q > 0$) 固定于正方形的 4 个顶点上。L、N 是该正方形两条对角线与其内切圆的交点，O 为内切圆的圆心，M 为切点。则 ()



- A. L 和 N 两点处的电场方向相互垂直
- B. M 点的电场方向平行于该点处的切线，方向向左
- C. 将一带正电的点电荷从 M 点移动到 O 点，电场力做正功
- D. 将一带正电的点电荷从 L 点移动到 N 点，电场力做功为零

【答案】AB

【解析】

A. 两个正电荷在 N 点产生的场强方向由 N 指向 O , N 点处于两负电荷连线的中垂线上, 则两负电荷在 N 点产生的场强方向由 N 指向 O , 则 N 点的合场强方向由 N 指向 O , 同理可知, 两个负电荷在 L 处产生的场强方向由 O 指向 L , L 点处于两正电荷连线的中垂线上, 两正电荷在 L 处产生的场强方向由 O 指向 L , 则 L 处的合场方向由 O 指向 L , 由于正方向两对角线垂直平分, 则 L 和 N 两点处的电场方向相互垂直, 故 A 正确;

B. 正方向底边的一对等量异号电荷在 M 点产生的场强方向向左, 而正方形上方的一对等量异号电荷在 M 点产生的场强方向向右, 由于 M 点离上方一对等量异号电荷距离较远, 则 M 点的场方向向左, 故 B 正确;

C. 由图可知, M 和 O 点位于两等量异号电荷的等势线上, 即 M 和 O 点电势相等, 所以将一带正电的点电荷从 M 点移动到 O 点, 电场力做功为零, 故 C 错误;

D. 由图可知, L 点的电势低于 N 点电势, 则将一带正电的点电荷从 L 点移动到 N 点, 电场力做功不为零, 故 D 错误。

故选 AB。

3、(2022·全国甲卷·T21) 地面上方某区域存在方向水平向右的匀强电场, 将一带正电荷的小球自电场中 P 点水平向左射出。小球所受的重力和电场力的大小相等, 重力势能和电势能的零点均取在 P 点。则射出后, ()

- A. 小球的动能最小时, 其电势能最大
- B. 小球的动能等于初始动能时, 其电势能最大
- C. 小球速度的水平分量和竖直分量大小相等时, 其动能最大
- D. 从射出时刻到小球速度的水平分量为零时, 重力做的功等于小球电势能的增加量

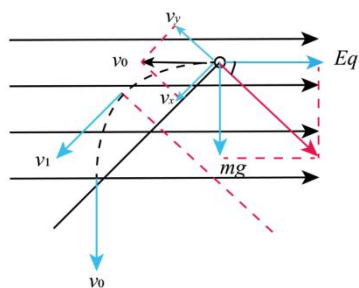
【答案】BD

【解析】

A. 如图所示

$$Eq = mg$$

故等效重力 G' 的方向与水平成 45° 。



当 $v_y = 0$ 时速度最小为 $v_{\min} = v_1$ ，由于此时 v_1 存在水平分量，电场力还可以向左做负功，

故此时电势能不是最大，故 A 错误；

BD. 水平方向上

$$v_0 = \frac{Eq}{m}t$$

在竖直方向上

$$v = gt$$

由于

$$Eq = mg, \text{ 得 } v = v_0$$

如图所示，小球的动能等于末动能。由于此时速度没有水平分量，故电势能最大。由动能定理可知

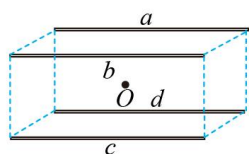
$$W_G + W_{Eq} = 0$$

则重力做功等于小球电势能的增加量，故 BD 正确；

C. 当如图中 v_1 所示时，此时速度水平分量与竖直分量相等，动能最小，故 C 错误；

故选 BD。

4、(2022·湖南卷·T2) 如图，四根完全相同的均匀带正电绝缘长棒对称放置在长方体的四条长边 a 、 b 、 c 、 d 上。移去 a 处的绝缘棒，假定另外三根绝缘棒电荷分布不变。关于长方体几何中心 O 点处电场强度方向和电势的变化，下列说法正确的是 ()



A. 电场强度方向垂直指向 a ，电势减小

B. 电场强度方向垂直指向 c ，电势减小

C. 电场强度方向垂直指向 a ，电势增大

D. 电场强度方向垂直指向 c ，电势增大

大

【答案】A

【解析】

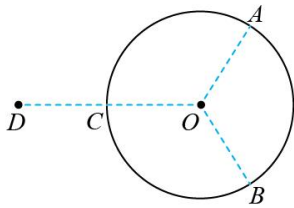
根据对称性可知，移去 a 处的绝缘棒后，电场强度方向垂直指向 a ，再根据电势的叠加原理，单个点电荷在距其 r 处的电势为

$$\varphi = k \frac{q}{r} \quad (\text{取无穷远处电势为零})$$

现在撤去 a 处的绝缘棒后， q 减小，则 O 点的电势减小。

故选 A。

5、(2022·山东卷·T3) 半径为 R 的绝缘细圆环固定在图示位置，圆心位于 O 点，环上均匀分布着电量为 Q 的正电荷。点 A 、 B 、 C 将圆环三等分，取走 A 、 B 处两段弧长均为 DL 的小圆弧上的电荷。将一点电荷 q 置于 OC 延长线上距 O 点为 $2R$ 的 D 点， O 点的电场强度刚好为零。圆环上剩余电荷分布不变， q 为 ()



A. 正电荷, $q = \frac{Q\Delta L}{\pi R}$

B. 正电荷, $q = \frac{\sqrt{3}Q\Delta L}{\pi R}$

C. 负电荷, $q = \frac{2Q\Delta L}{\pi R}$

D. 负电荷, $q = \frac{2\sqrt{3}Q\Delta L}{\pi R}$

【答案】C

【解析】

取走 A 、 B 处两段弧长均为 DL 的小圆弧上的电荷，根据对称性可知，圆环在 O 点产生的电场强度为与 A 在同一直径上的 A_1 和与 B 在同一直径上的 B_1 产生的电场强度的矢量和，如图所示，因为两段弧长非常小，故可看成点电荷，则有

$$E_1 = k \frac{\frac{Q\Delta L}{2\pi R}}{R^2} = k \frac{Q\Delta L}{2\pi R^3}$$

由图可知，两场强的夹角为 120° ，则两者的合场强为

$$E = E_1 = k \frac{Q\Delta L}{2\pi R^3}$$

根据 O 点的合场强为 0，则放在 D 点的点电荷带负电，大小为

$$E' = E = k \frac{Q\Delta L}{2\pi R^3}$$

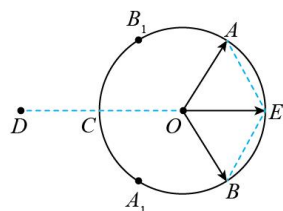
根据

$$E' = k \frac{q}{(2R)^2}$$

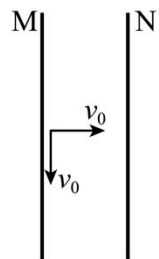
联立解得

$$q = \frac{2Q\Delta L}{\pi R}$$

故选 C。



6、(2022·浙江 6 月卷·T9) 如图所示，带等量异种电荷的两正对平行金属板 M、N 间存在匀强电场，板长为 L (不考虑边界效应)。 $t=0$ 时刻，M 板中点处的粒子源发射两个速度大小为 v_0 的相同粒子，垂直 M 板向右的粒子，到达 N 板时速度大小为 $\sqrt{2}v_0$ ；平行 M 板向下的粒子，刚好从 N 板下端射出。不计重力和粒子间的相互作用，则 ()



A. M 板电势高于 N 板电势

B. 两个粒子的电势能都增加

C. 粒子在两板间的加速度为 $a = \frac{2v_0^2}{L}$

D. 粒子从 N 板下端射出的时间 $t = \frac{(\sqrt{2}-1)L}{2v_0}$

【答案】C

【解析】

A. 由于不知道两粒子的电性，故不能确定 M 板和 N 板的电势高低，故 A 错误；

B. 根据题意垂直 M 板向右的粒子，到达 N 板时速度增加，动能增加，则电场力做正功，电势能减小；则平行 M 板向下的粒子到达 N 板时电场力也做正功，电势能同样减小，故 B 错误；

CD. 设两板间距离为 d ，对于平行 M 板向下的粒子刚好从 N 板下端射出，在两板间做类平抛运动，有

$$\frac{L}{2} = v_0 t$$

$$d = \frac{1}{2} a t^2$$

对于垂直 M 板向右的粒子，在板间做匀加速直线运动，因两粒子相同，在电场中加速度相同，有

$$(\sqrt{2}v_0)^2 - v_0^2 = 2ad$$

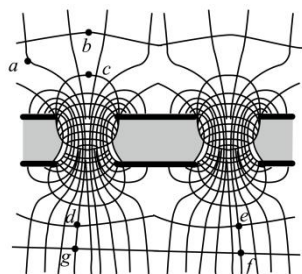
联立解得

$$t = \frac{L}{2v_0}, \quad a = \frac{2v_0^2}{L}$$

故 C 正确，D 错误；

故选 C。

7、(2022·浙江 1 月卷·T10) 某种气体—电子放大器的局部结构是由两块夹有绝缘介质的平行金属薄膜构成，其上存在等间距小孔，其中相邻两孔截面上的电场线和等势线的分布如图所示。下列说法正确的是 ()



A. a 点所在的线是等势线

B. b 点的电场强度比 c 点大

C. b 、 c 两点间的电势差的值比 a 、 c 两点间的大

D. 将电荷沿图中的线从 $d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g$ 移动时电场力做功为零

【答案】C

【解析】

A. 因上下为两块夹有绝缘介质的平行金属薄膜，则 a 点所在的线是电场线，选项 A 错误；

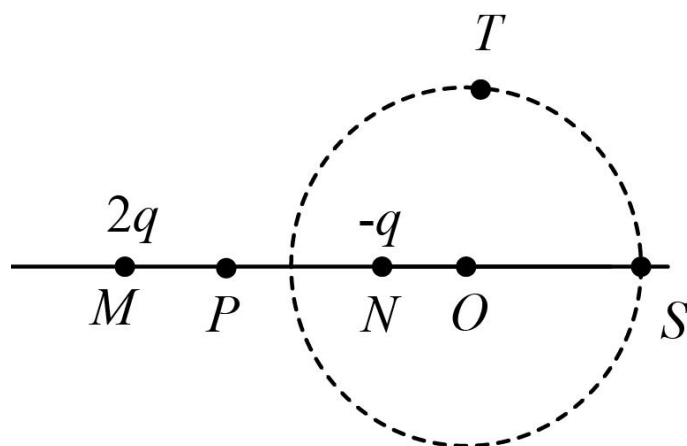
B. 因 c 处的电场线较 b 点密集，则 c 点的电场强度比 b 点大，选项 B 错误；

C. 因 bc 两处所处的线为等势线，可知 b 、 c 两点间的电势差的值比 a 、 c 两点间的大，选项 C 正确；

D. 因 dg 两点在同一电场线上，电势不相等，则将电荷沿图中的线从 $d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g$ 移动时电场力做功不为零，选项 D 错误。

故选 C。

8、(2022·河北·T6) 如图，真空中电荷量为 $2q$ 和 $-q$ ($q > 0$) 的两个点电荷分别位于 M 点与 N 点，形成一个以 MN 延长线上 O 点为球心，电势为零的等势面 (取无穷处电势为零)， P 为 MN 连线上的一点， S 为等势面与直线 MN 的交点， T 为等势面上的一点，下列说法正确的是 ()



A. P 点电势低于 S 点电势

B. T 点电场强度方向指向 O 点

C. 除无穷远处外，直线 MN 上还有两个电场强度为零的点 D. 将正试探电荷 q_0 从 T 点移到 P 点，静电力做正功

【答案】B

【解析】

A. 在直线 MN 上，左边正电荷在 M 右侧电场强度水平向右，右边负电荷在直线 MN 上电场强度水平向右，根据电场的叠加可知 MN 间的电场强度水平向右，沿着电场线电势逐渐降低，可知 P 点电势高于等势面与 MN 交点处电势，则 P 点电势高于 S 点电势，故 A 错误；

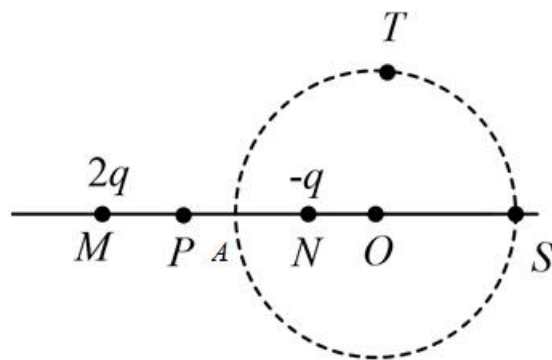
C. 由于正电荷的电荷量大于负电荷电荷量，可知在 N 左侧电场强度不可能为零，则 N 右侧，设 MN 距离为 L ，根据

$$\frac{k \cdot 2q}{(L+d)^2} = \frac{k \cdot q}{(d)^2}$$

可知除无穷远处外，直线 MN 电场强度为零的点只有一个，故 C 错误；

D. 由 A 选项分析可知： T 点电势低于 P 电势，则正电荷在 T 点的电势能低于在 P 电势的电势能，将正试探电荷 q_0 从 T 点移到 P 点，电势能增大，静电力做负功，故 D 错误；

B. 设等势圆的半径为 R ， AN 距离为 x ， MN 距离为 L ，如图所示



根据

$$\varphi = \frac{kq}{x}$$

结合电势的叠加原理 A、S 满足

$$\begin{aligned} \frac{k \cdot 2q}{L-x} &= \frac{kq}{x} \\ \frac{k \cdot 2q}{L+2R-x} &= \frac{kq}{2R-x} \end{aligned}$$

解得

$$\begin{aligned} x &= \frac{L}{3} \\ R &= \frac{2L}{3} \end{aligned}$$

由于电场强度方向垂直等势面，可知 T 点的场强方向必过等势面的圆心， O 点电势

$$\varphi_o = \frac{k \cdot 2q}{L + \frac{L}{3}} - \frac{kq}{\frac{L}{3}} = -\frac{3kq}{2L}$$

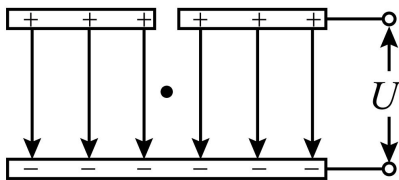
可知

$$\varphi_T > \varphi_o$$

可知 T 点电场方向指向 O 点，故 B 正确。

故选 B。

9、(2022·湖北·T4) 密立根油滴实验装置如图所示，两块水平放置的金属板分别与电源的正负极相接，板间产生匀强电场。用一个喷雾器把密度相同的许多油滴从上板中间的小孔喷入电场，油滴从喷口喷出时由于摩擦而带电。金属板间电势差为 U 时，电荷量为 q 、半径为 r 的球状油滴在板间保持静止。若仅将金属板间电势差调整为 $2U$ ，则在板间能保持静止的球状油滴所带电荷量和半径可以为 ()



A. q, r

B. $2q, r$

C. $2q, 2r$

D. $4q, 2r$

【答案】D

【解析】

初始状态下，液滴处于静止状态时，满足

$$Eq = mg$$

即

$$\frac{U}{d}q = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \rho g$$

AB. 当电势差调整为 $2U$ 时，若液滴的半径不变，则满足

$$\frac{2U}{d}q' = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \rho g$$

可得

$$q' = \frac{q}{2}$$

AB 错误；

CD. 当电势差调整为 $2U$ 时，若液滴的半径变为 $2r$ 时，则满足

$$\frac{2U}{d}q' = \frac{4}{3}\pi(2r)^3 \cdot \rho g$$

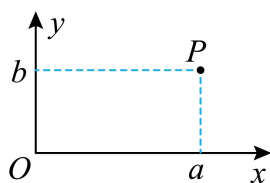
可得

$$q' = 4q$$

C 错误，D 正确。

故选 D。

10、（2022·湖北·T10）如图所示，一带电粒子以初速度 v_0 沿 x 轴正方向从坐标原点 O 射入，并经过点 P ($a>0$, $b>0$)。若上述过程仅由方向平行于 y 轴的匀强电场实现，粒子从 O 到 P 运动的时间为 t_1 ，到达 P 点的动能为 E_{k1} 。若上述过程仅由方向垂直于纸面的匀强磁场实现，粒子从 O 到 P 运动的时间为 t_2 ，到达 P 点的动能为 E_{k2} 。下列关系式正确的是（ ）



A. $t_1 < t_2$

B. $t_1 > t_2$

C. $E_{k1} < E_{k2}$

D. $E_{k1} > E_{k2}$

【答案】AD

【解析】

AB. 该过程中由方向平行于 y 轴的匀强电场实现，此时粒子做类平抛运动，沿 x 轴正方向做匀速直线运动；当该过程仅由方向垂直于纸面的匀强磁场实现时，此时粒子做匀速圆周运动，沿 x 轴正方向分速度在减小，根据

$$t = \frac{x}{v}$$

可知

$$t_1 < t_2$$

故 A 正确，B 错误。

CD. 该过程中由方向平行于 y 轴的匀强电场实现，此时粒子做类平抛运动，到达 P 点时速度大于 v_0 ；当该过程仅由方向垂直于纸面的匀强磁场实现时，此时粒子做匀速圆周运动，到达 P 点时速度等于 v_0 ，而根据

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

可知

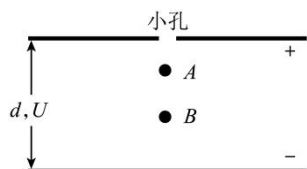
$$E_{k1} > E_{k2}$$

故 C 错误，D 正确。

故选 AD。

11、(2022·广东卷·T14) 密立根通过观测油滴的运动规律证明了电荷的量子性，因此获得了 1923 年的诺贝尔奖。图是密立根油滴实验的原理示意图，两个水平放置、相距为 d 的足够大金属极板，上极板中央有一小孔。通过小孔喷入一些小油滴，由于碰撞或摩擦，部分油滴带上了电荷。有两个质量均为 m_0 、位于同一竖直线上的球形小油滴 A 和 B，在时间 t 内都匀速下落了距离 h_1 。此时给两极板加上电压 U （上极板接正极），A 继续以原速度下落，B 经过一段时间后向上匀速运动。B 在匀速运动时间 t 内上升了距离 h_2 （ $h_2 \neq h_1$ ），随后与 A 合并，形成一个球形新油滴，继续在两极板间运动直至匀速。已知球形油滴受到的空气阻力大小为 $f = km^{\frac{1}{3}}v$ ，其中 k 为比例系数， m 为油滴质量， v 为油滴运动速率，不计空气浮力，重力加速度为 g 。求：

- (1) 比例系数 k ；
- (2) 油滴 A、B 的带电量和电性；B 上升距离 h_2 电势能的变化量；
- (3) 新油滴匀速运动速度的大小和方向。



【答案】(1) $\frac{m^{\frac{2}{3}}gt}{h_1}$ ；(2) 油滴 A 不带电，油滴 B 带负电，电荷量为 $\frac{mgd(h_1 + h_2)}{h_1U}$ ，

$-\frac{mgh_2(h_1 + h_2)}{h_1}$ ；(3) 见解析

【解析】

(1) 未加电压时，油滴匀速时的速度大小

$$v_1 = \frac{h_1}{t}$$

匀速时

$$mg = f$$

又

$$f = km^{\frac{1}{3}}v_1$$

联立可得

$$k = \frac{m^{\frac{2}{3}}gt}{h_1}$$

(2) 加电压后, 油滴 A 的速度不变, 可知油滴 A 不带电, 油滴 B 最后速度方向向上, 可知油滴 B 所受电场力向上, 极板间电场强度向下, 可知油滴 B 带负电, 油滴 B 向上匀速运动时, 速度大小为

$$v_2 = \frac{h_2}{t}$$

根据平衡条件可得

$$mg + km^{\frac{1}{3}}v_2 = \frac{U}{d}q$$

解得

$$q = \frac{mgd(h_1 + h_2)}{h_1U}$$

根据

$$\Delta E_p = -W_{\text{电}}$$

又

$$W_{\text{电}} = \frac{U}{d} \cdot qh_2$$

联立解得

$$\Delta E_p = -\frac{mgh_2(h_1 + h_2)}{h_1}$$

(3) 油滴 B 与油滴 A 合并后, 新油滴的质量为 $2m$, 新油滴所受电场力

$$F' = \frac{Uq'}{d} = \frac{mg(h_1 + h_2)}{h_1}$$

若 $F' > 2mg$, 即

$$h_2 > h_1$$

可知

$$v_2 > v_1$$

新油滴速度方向向上，设向上为正方向，根据动量守恒定律

$$mv_2 - mv_1 = 2mv_{\text{共}}$$

可得

$$v_{\text{共}} > 0$$

新油滴向上加速，达到平衡时

$$2mg + k \cdot (2m)^{\frac{1}{3}} v = F'$$

解得速度大小为

$$v = \frac{h_2 - h_1}{\sqrt[3]{2t}}$$

速度方向向上；

若 $F' < 2mg$ ，即

$$h_1 > h_2$$

可知

$$v_2 < v_1$$

设向下为正方向，根据动量守恒定律

$$mv_1 - mv_2 = 2mv'_{\text{共}}$$

可知

$$v'_{\text{共}} > 0$$

新油滴向下加速，达到平衡时

$$2mg = F' + k \cdot (2m)^{\frac{1}{3}} v'$$

解得速度大小为

$$v' = \frac{h_1 - h_2}{\sqrt[3]{2t}}$$

速度方向向下。

12、(2022·河北·T14) 两块面积和间距均足够大的金属板水平放置，如图 1 所示，金属板与可调电源相连形成电场，方向沿 y 轴正方向。在两板之间施加磁场，方向垂直 xOy 平面向外。电场强度和磁感应强度随时间的变化规律如图 2 所示。板间 O 点放置一粒子源，可连续释放质量为 m 、电荷量为 $q(q > 0)$ 、初速度为零的粒子，不计重力及粒子间的相互作用，图中物理量均为已知量。求：

- (1) $t = 0$ 时刻释放的粒子，在 $t = \frac{2\pi m}{qB_0}$ 时刻的位置坐标；
- (2) 在 $0 \sim \frac{6\pi m}{qB_0}$ 时间内，静电力对 $t = 0$ 时刻释放的粒子所做的功；
- (3) 在 $M\left(\frac{4\pi E_0 m}{qB_0^2}, \frac{\pi^2 E_0 m}{4qB_0^2}\right)$ 点放置一粒接收器，在 $0 \sim \frac{6\pi m}{qB_0}$ 时间内什么时刻释放的粒子在电场存在期间被捕获。

在电场存在期间被捕获。

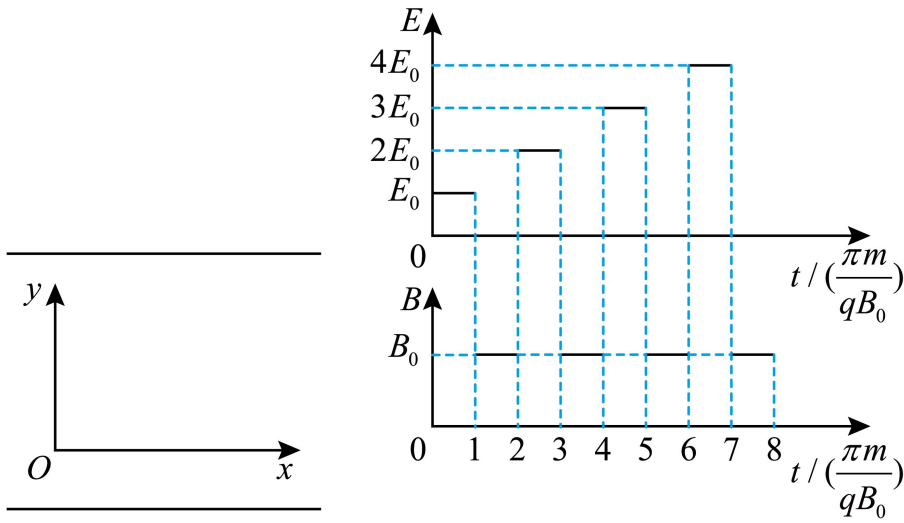


图1

图2

【答案】(1) $(\frac{2\pi E_0 m}{qB_0^2}, \frac{\pi^2 E_0 m}{2qB_0^2})$; (2) $\frac{2\pi^2 E_0^2 m}{B_0^2}$; (3) $\frac{\pi m}{2qB_0}, \frac{13}{3} \cdot \frac{\pi m}{qB_0}$

【解析】

(1) 在 $0 \sim \frac{\pi m}{qB_0}$ 时间内，电场强度为 E_0 ，带电粒子在电场中加速度，根据动量定理可知

$$qE_0 \cdot \frac{\pi m}{qB_0} = mv_1$$

解得粒子在 $\frac{\pi m}{qB_0}$ 时刻的速度大小为

$$v_1 = \frac{\pi E_0}{B_0}$$

方向竖直向上，粒子竖直向上运动的距离

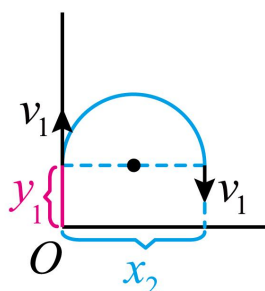
$$y_1 = \frac{1}{2} v_1 \cdot \frac{\pi m}{qB_0} = \frac{\pi^2 E_0 m}{2qB_0^2}$$

在 $\frac{\pi m}{qB_0} \sim \frac{2\pi m}{qB_0}$ 时间内，根据粒子在磁场运动的周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 可知粒子偏转 180° ，速度反

向，根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ 可知粒子水平向右运动的距离为

$$x_2 = 2r_2 = 2 \frac{mv_1}{qB_0} = \frac{2\pi E_0 m}{qB_0^2}$$

粒子运动轨迹如图



所以粒子在 $t = \frac{2\pi m}{qB_0}$ 时刻粒子的位置坐标为 (x_2, y_1) ，即 $(\frac{2\pi E_0 m}{qB_0^2}, \frac{\pi^2 E_0 m}{2qB_0^2})$ ；

(2) 在 $\frac{2\pi m}{qB_0} \sim \frac{3\pi m}{qB_0}$ 时间内，电场强度为 $2E_0$ ，粒子受到的电场力竖直向上，在竖直方向

$$q \cdot 2E_0 \cdot \frac{\pi m}{qB_0} = mv_2 + mv_1$$

解得 $\frac{3\pi m}{qB_0}$ 时刻粒子的速度

$$v_2 = \frac{\pi E_0}{B_0}$$

方向竖直向上，粒子在竖直方向上运动的距离为

$$y_3 = \frac{-v_1 + v_2}{2} \cdot \frac{\pi m}{qB_0} = 0$$

在 $\frac{3\pi m}{qB_0} \sim \frac{4\pi m}{qB_0}$ 时间内，粒子在水平方向运动的距离为

$$x_4 = 2r_4 = 2 \frac{mv_2}{qB_0} = \frac{2\pi E_0 m}{qB_0^2}$$

此时粒子速度方向向下，大小为 v_2 ，在 $\frac{4\pi m}{qB_0} \sim \frac{5\pi m}{qB_0}$ 时间内，电场强度为 $3E_0$ ，竖直方向

$$q \cdot 3E_0 \cdot \frac{\pi m}{qB_0} = mv_3 + mv_2$$

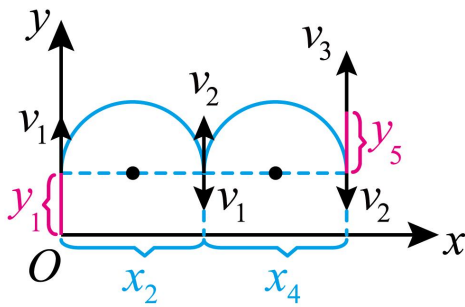
解得粒子在 $\frac{5\pi m}{qB_0}$ 时刻的速度

$$v_3 = \frac{2\pi E_0}{B_0}$$

粒子在竖直方向运动的距离

$$y_5 = \frac{-v_2 + v_3}{2} \cdot \frac{\pi m}{qB_0} = \frac{\pi^2 E_0 m}{2qB_0^2}$$

粒子运动的轨迹如图



在 $0 \sim \frac{6\pi m}{qB_0}$ 时间内，静电力对粒子的做功大小为

$$W = qE_0 \cdot y_1 + q \cdot 2E_0 \cdot y_3 + q \cdot 3E_0 \cdot y_5 = 4qE_0 \cdot y_1 = \frac{2\pi^2 E_0^2 m}{B_0^2}$$

电场力做正功；

(3) 若粒子在磁场中加速两个半圆恰好能够到达 M 点，则释放的位置一定在 $0 \sim \frac{\pi m}{qB_0}$ 时间

内，粒子加速度时间为 t_1 ，在竖直方向上

$$qE_0 \cdot t_1 = mv_1'$$

$$y_1' = \frac{1}{2}v_1' \cdot t_1$$

在 $\frac{\pi m}{qB_0} \sim \frac{2\pi m}{qB_0}$ 时间内粒子在水平方向运动的距离为

$$x_2 = 2r_2' = 2 \frac{mv_1'}{qB_0}$$

在 $\frac{2\pi m}{qB_0} \sim \frac{3\pi m}{qB_0}$ 时间内，在竖直方向

$$q \cdot 2E_0 \cdot \frac{\pi m}{qB_0} = mv_2' + mv_1'$$

$$y_3 = \frac{-v_1' + v_2'}{2} \cdot \frac{\pi m}{qB_0}$$

在 $\frac{3\pi m}{qB_0} \sim \frac{4\pi m}{qB_0}$ 时间内，粒子在水平方向运动的距离为

$$x_4' = 2r_4' = 2 \frac{mv_2'}{qB_0}$$

接收器的位置为 $(\frac{4\pi E_0 m}{qB_0^2}, \frac{\pi^2 E_0 m}{4qB_0^2})$ ，根据距离的关系可知

$$x_2' + x_4' = \frac{4\pi E_0 m}{qB_0^2}$$

解得

$$t_1 = \frac{\pi m}{2qB_0}$$

此时粒子已经到达 M 点上方，粒子竖直方向减速至 0 用时 Δt ，则

$$y_5' = \frac{1}{2}v_2' \cdot \Delta t$$

竖直方向需要满足

$$y_1' - y_3' - y_5' \leq \frac{\pi^2 E_0 m}{4qB_0^2}$$

解得 Δt 在一个电场加速周期之内，所以成立，所以粒子释放的时刻为中间时刻 $\frac{\pi m}{2qB_0}$ ；

若粒子经过一个半圆到达 M 点，则粒子在 $0 \sim \frac{\pi m}{qB_0}$ 时间内释放不可能，如果在 $\frac{2\pi m}{qB_0} \sim \frac{3\pi m}{qB_0}$

时间内释放，经过磁场偏转一次的最大横向距离，即直径，也无法到达 M 点，所以考虑在

$\frac{4\pi m}{qB_0} \sim \frac{5\pi m}{qB_0}$ 时间内释放，假设粒子加速的时间为 t_2 ，在竖直方向上

$$q \cdot 3E_0 \cdot t_1' = mv_1''$$

$$y_1'' = \frac{1}{2} v_1'' \cdot t_1'$$

之后粒子在 $\frac{5\pi m}{qB_0} \sim \frac{6\pi m}{qB_0}$ 时间内转动半轴，横向移动距离直接到达 M 点的横坐标，即

$$x_2' = 2r_2'' = 2 \frac{mv_1''}{qB_0} = \frac{4\pi E_0 m}{qB_0^2}$$

解得

$$t_1' = \frac{2}{3} \cdot \frac{\pi m}{qB_0}$$

接下来在 $\frac{6\pi m}{qB_0} \sim \frac{7\pi m}{qB_0}$ 过程中粒子在竖直方向减速为 0 的过程中

$$q \cdot 4E_0 \cdot \Delta t' = mv_1''$$

$$y_3'' = \frac{v_1''}{2} \cdot \Delta t'$$

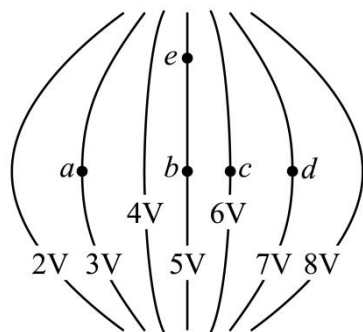
粒子要在 M 点被吸收，需要满足

$$y_1'' - y_3'' \leq \frac{\pi^2 E_0 m}{4qB_0^2}$$

代入验证可知 Δt 在一个周期之内，说明情况成立，所以粒子释放时刻为

$$t = 4 \cdot \frac{\pi m}{qB_0} + \left(\frac{\pi m}{qB_0} - \frac{2}{3} \cdot \frac{\pi m}{qB_0} \right) = \frac{13}{3} \cdot \frac{\pi m}{qB_0}。$$

13.2021 全国甲卷第 6 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（ ）



- A. 一正电荷从 b 点运动到 e 点，电场力做正功
- B. 一电子从 a 点运动到 d 点，电场力做功为 4eV
- 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 点的电场强度大小最大

【答案】BD

【解析】A. 由图象可知 $\varphi_b = \varphi_e$

则正电荷从 b 点运动到 e 点，电场力不做功，A 错误；

B. 由图象可知

$$\varphi_a = 3\text{V}, \quad \varphi_d = 7\text{V}$$

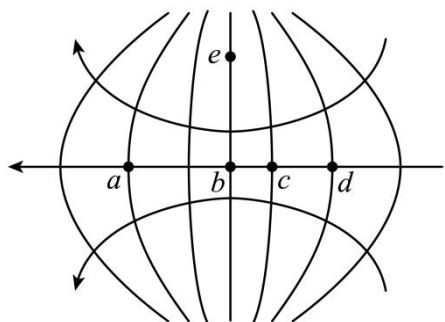
根据电场力做功与电势能的变化关系有

$$W_{ad} = E_{pa} - E_{pd} = (\varphi_a - \varphi_d)(-e) = 4\text{eV}$$

B 正确；

C. 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；

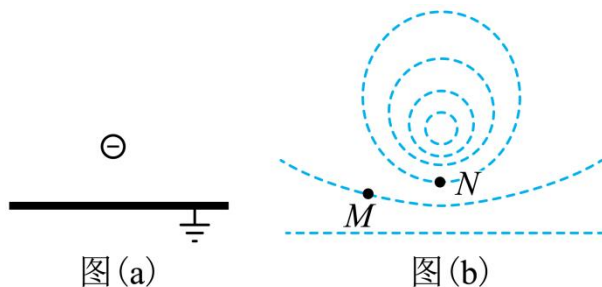
D. 由于电场线与等势面处处垂直，则可画出电场线分布如下图所示



由上图可看出， b 点电场线最密集，则 b 点处的场强最大，D 正确。

故选 BD。

14. 2021 全国乙卷第 2 题. 如图 (a)，在一块很大的接地金属平板的上方固定一负电荷。由于静电感应，在金属平板上表面产生感应电荷，金属板上方的电场的等势面如图 (b) 中虚线所示，相邻等势面间的电势差都相等。若将一正试探电荷先后放于 M 和 N 处，该试探电荷受到的电场力大小分别为 F_M 和 F_N ，相应的电势能分别为 E_{pM} 和 E_{pN} ，则 ()



A. $F_M < F_N, E_{pM} > E_{pN}$

B. $F_M > F_N, E_{pM} > E_{pN}$

C. $F_M < F_N, E_{pM} < E_{pN}$

D. $F_M > F_N, E_{pM} < E_{pN}$

【答案】A

【解析】由图中等势面的疏密程度可知

$$E_M < E_N$$

根据

$$F = qE$$

可知

$$F_M < F_N$$

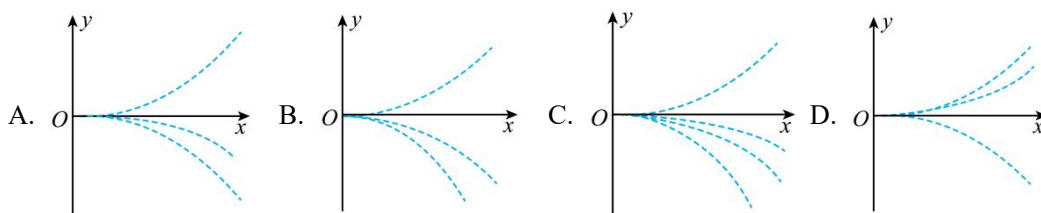
由题可知图中电场线是由金属板指向负电荷，设将该试探电荷从 M 点移到 N 点，可知电场

力做正功，电势能减小，即

$$E_{pM} > E_{pN}$$

故选 A。

15. 2021 全国乙卷第 7 题. 四个带电粒子的电荷量和质量分别 $(+q, m)$ 、 $(+q, 2m)$ 、 $(+3q, 3m)$ 、 $(-q, m)$ 它们先后以相同的速度从坐标原点沿 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，下列描绘这四个粒子运动轨迹的图像中，可能正确的是 ()



【答案】AD

【解析】

带电粒子在匀强电场中做类平抛运动，加速度为

$$a = \frac{qE}{m}$$

由类平抛运动规律可知，带电粒子的在电场中运动时间为

$$t = \frac{l}{v_0}$$

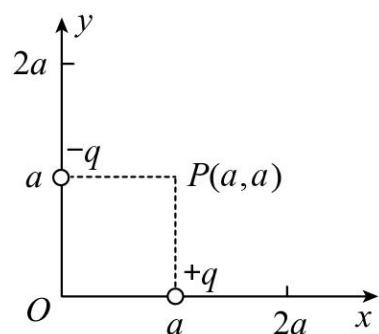
离开电场时，带电粒子的偏转角正切为

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{at}{v_0} = \frac{qEl}{mv_0^2}$$

因为四个带电的粒子的初速相同，电场强度相同，极板长度相同，所以偏转角只与比荷有关，前面三个带电粒子带正电，一个带电粒子带负电，所以一个粒子与另外三个粒子的偏转方向不同； $(+q, m)$ 粒子与 $(+3q, 3m)$ 粒子的比荷相同，所以偏转角相同，轨迹相同，且与 $(-q, m)$ 粒子的比荷也相同，所以 $(+q, m)$ 、 $(+3q, 3m)$ 、 $(-q, m)$ 三个粒子偏转角相同，但 $(-q, m)$ 粒子与前两个粒子的偏转方向相反； $(+q, 2m)$ 粒子的比荷与 $(+q, m)$ 、 $(+3q, 3m)$ 粒子的比荷小，所以 $(+q, 2m)$ 粒子比 $(+q, m)$ 、 $(+3q, 3m)$ 粒子的偏转角小，但都带正电，偏转方向相同。

故选 AD。

16. 2021 湖南卷第 4 题. 如图，在 $(a,0)$ 位置放置电荷量为 q 的正点电荷，在 $(0, a)$ 位置放置电荷量为 q 的负点电荷，在距 $P(a, a)$ 为 $\sqrt{2}a$ 的某点处放置正点电荷 Q ，使得 P 点的电场强度为零。则 Q 的位置及电荷量分别为（ ）



A. $(0,2a)$, $\sqrt{2}q$

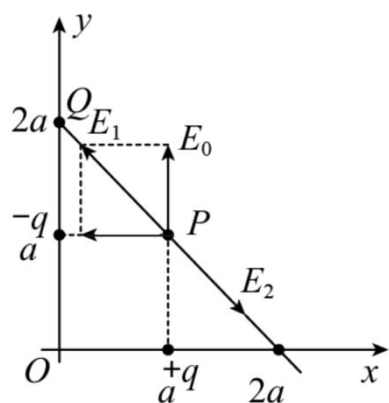
B. $(0,2a)$, $2\sqrt{2}q$

C. $(2a,0)$, $\sqrt{2}q$

D. $(2a,0)$, $2\sqrt{2}q$

【答案】D

【解析】



根据点电荷场强公式

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

两点量异种点电荷在 P 点的场强大小为

$$E_0 = \frac{kq}{a^2}, \text{ 方向如图所示}$$

两点量异种点电荷在 P 点的合场强为

$$E_1 = \sqrt{2}E_0 = \sqrt{2} \frac{kq}{a^2}, \text{ 方向与} +q \text{ 点电荷与} -q \text{ 点电荷的连线平行如图所示}$$

Q 点电荷在 p 点的场强大小为

$$E_2 = k \frac{Q}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{kQ}{2a^2}$$

三点电荷的合场强为 0，则 E_2 方向如图所示，大小有

$$E_1 = E_2$$

解得

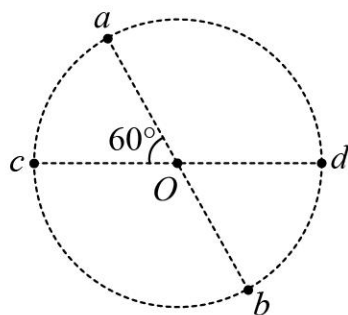
$$Q = 2\sqrt{2}q$$

由几何关系可知 Q 的坐标为 $(0, 2a)$

故选 D。

17. 2021 湖南卷第 9 题. 如图，圆心为 O 的圆处于匀强电场中，电场方向与圆平面平行， ab 和 cd 为该圆直径。将电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子从 a 点移动到 b 点，电场力做功为

$2W$ ($W > 0$)；若将该粒子从 c 点移动到 d 点，电场力做功为 W 。下列说法正确的是 ()

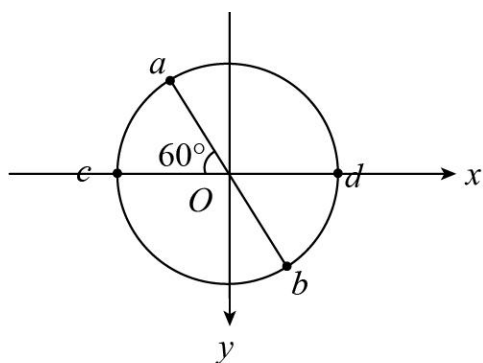


- A. 该匀强电场的场强方向与 ab 平行
- B. 将该粒子从 d 点移动到 b 点，电场力做功为 $0.5W$
- C. a 点电势低于 c 点电势
- D. 若只受电场力，从 d 点射入圆形电场区域的所有带电粒子都做曲线运动

【答案】AB

【解析】

A. 由于该电场为匀强电场，可采用矢量分解的思路，沿 cd 方向建立 x 轴，垂直与 cd 方向建立 y 轴如下图所示



在 x 方向有

$$W = E_x q 2R$$

在 y 方向有

$$2W = E_y q \sqrt{3} R + E_x q R$$

经过计算有

$$E_x = \frac{W}{2qR}, E_y = \frac{\sqrt{3}W}{2qR}, E = \frac{W}{qR}, \tan\theta = \frac{E_y}{E_x} = \sqrt{3}$$

由于电场方向与水平方向成 60° ，则电场与 ab 平行，且沿 a 指向 b ，A 正确；

B. 该粒从 d 点运动到 b 点，电场力做的功为

$$W' = Eq \frac{R}{2} = 0.5W$$

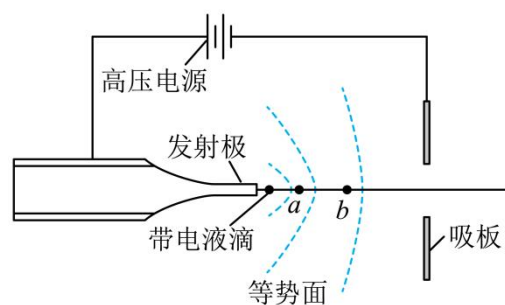
B 正确；

C. 沿电场线方向电势逐渐降低，则 a 点的电势高于 c 点的电势，C 错误；

D. 若粒子的初速度方向与 ab 平行则粒子做匀变速直线运动，D 错误。

故选 AB。

18. 2021 广东卷第 6 题. 图是某种静电推进装置的原理图，发射极与吸极接在高压电源两端，两极间产生强电场，虚线为等势面，在强电场作用下，一带电液滴从发射极加速飞向吸极， a 、 b 是其路径上的两点，不计液滴重力，下列说法正确的是（ ）



- A. a 点的电势比 b 点的低
 B. a 点的电场强度比 b 点的小
 C. 液滴在 a 点的加速度比在 b 点的小
 D. 液滴在 a 点的电势能比在 b 点的大

【答案】D

【解析】

A. 高压电源左为正极，则所加强电场的场强向右，而沿着电场线电势逐渐降低，可知

$$\varphi_a > \varphi_b$$

故 A 错误；

B. 等差等势线的疏密反映场强的大小，由图可知 a 处的等势线较密，则

$$E_a > E_b$$

故 B 错误；

C. 液滴的重力不计，根据牛顿第二定律可知，液滴的加速度为

$$a = \frac{qE}{m}$$

因 $E_a > E_b$ ，可得

$$a_a > a_b$$

故 C 错误；

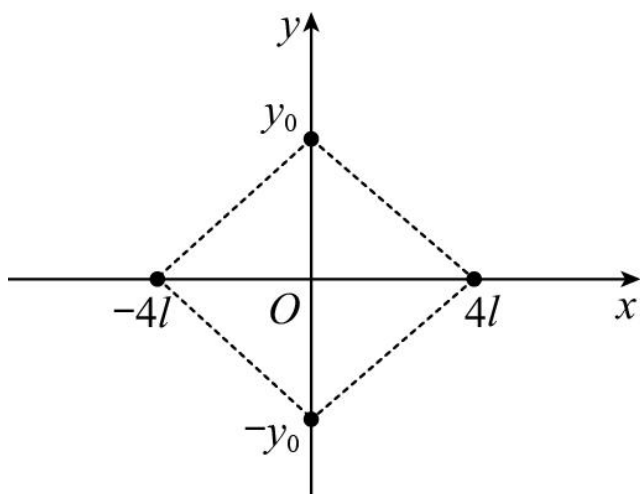
D. 液滴在电场力作用下向右加速，则电场力做正功，动能增大，电势能减少，即

$$E_{Pa} > E_{Pb}$$

故 D 正确；

故选 D。

19. 2021 河北卷第 10 题. 如图，四个电荷量均为 q ($q > 0$) 的点电荷分别放置于菱形的四个顶点，其坐标分别为 $(4l, 0)$ 、 $(-4l, 0)$ 、 $(0, y_0)$ 和 $(0, -y_0)$ ，其中 x 轴上的两个点电荷位置固定， y 轴上的两个点电荷可沿 y 轴对称移动 ($y_0 \neq 0$)，下列说法正确的是 ()

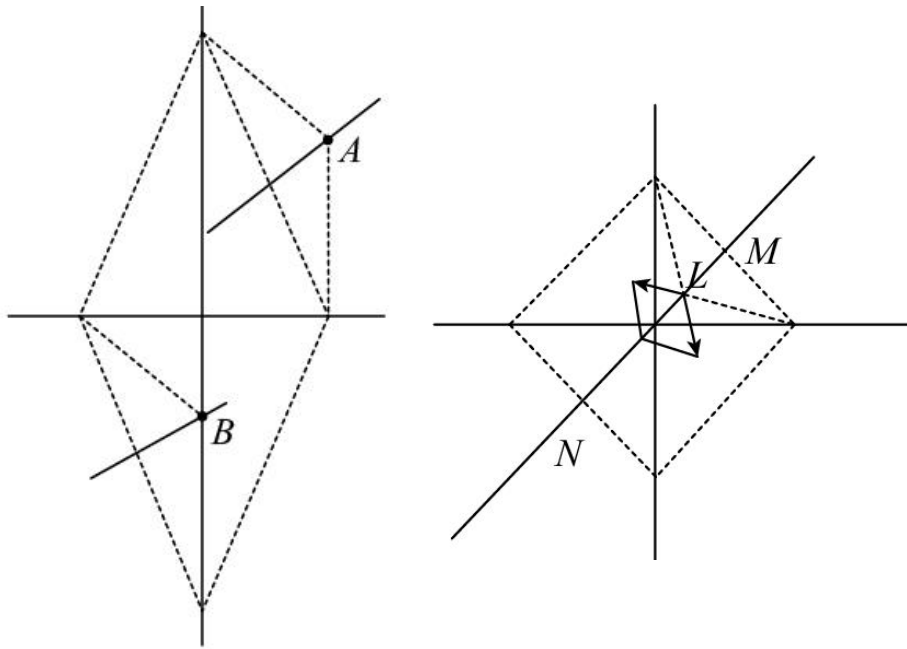


- A. 除无穷远处之外，菱形外部电场强度处处不为零
- B. 当 y_0 取某值时，可使得菱形内部只存在两个电场强度为零的点
- C. 当 $y_0 = 8l$ 时，将一带负电的试探电荷由点 $(4l, 5l)$ 移至点 $(0, -3l)$ ，静电力做正功
- D. 当 $y_0 = 4l$ 时，将一带负电的试探电荷放置在点 (l, l) 处，其所受到的静电力方向与 x 轴正方向成 45° 倾斜向上

【答案】ACD

【解析】

- A. 根据场强叠加原理可知，除无穷远处之外，菱形外部电场强度处处不为零，选项 A 正确；
- B. 因为在 x 轴上的两个点电荷在 O 点的合场强为零，在 y 轴上的两电荷，无论 y_0 取什么值，因为关于原点对称，则在 O 点的合场强也为零，在横轴和纵轴上除原点外，出现合场强为零的点，根据对称性可知，一定是成对出现的，关于原点对称，所以算上原点，合场强为零的点是奇数个，不会是 2 个，选项 B 错误；
- C. 由几何关系可知，坐标为 $(4l, 5l)$ 的 A 点在第一象限内所在的虚像（线）的垂直平分线上；坐标为 $(0, -3l)$ 的 B 点在第三象限内所在的虚像（线）的垂直平分线上，且到达虚线的距离相等，由电势叠加可知， B 点的电势高于 A 点，则带负电的试探电荷在 A 点的电势能较大，从 A 点到 B 点电势能减小，可知电场力做正功，选项 C 正确；



【C 的另外解法】根据点电荷的电势公式 $\varphi=kQ/r$ 得 4 个电荷在 A (4L,5L) 点的 电势分别为:

$$\varphi_{A1}=kQ/L*(1/\sqrt{3^2+4^2})=kQ/L*(1/5)$$

$$\varphi_{A2}=kQ/L*(1/\sqrt{8^2+5^2})=kQ/L*(1/\sqrt{89})$$

$$\varphi_{A3}=kQ/L*(1/\sqrt{3^2+4^2})=kQ/L*(1/5)$$

$$\varphi_{A4}=kQ/L*(1/\sqrt{13^2+4^2})=kQ/L*(1/\sqrt{185})$$

$$A(4L,5L) \text{ 点的电势为 } \varphi_A=\varphi_{A1}+\varphi_{A2}+\varphi_{A3}+\varphi_{A4}=kQ/L*(1/5+1/\sqrt{89}+1/5+1/\sqrt{185})=kQ/L*0.580$$

$$\varphi_{B1}=kQ/L*(1/\sqrt{3^2+4^2})=kQ/L*(1/5)$$

$$\varphi_{B2}=kQ/L*(1/\sqrt{3^2+5^2})=kQ/L*(1/5)$$

$$\varphi_{B3}=kQ/L*(1/(8+3))=kQ/L*(1/11)$$

$$\varphi_{B4}=kQ/L*(1/(8-3))=kQ/L*(1/5)$$

$$B(0,-3L) \text{ 点的电势为 } \varphi_B=\varphi_{B1}+\varphi_{B2}+\varphi_{B3}+\varphi_{B4}=kQ/L*(1/11+3/5)=kQ/L*0.691$$

比较可知, B 点的电势 φ_B 高于 A 点的电势 φ_A , 则带负电的试探电荷在 A 点的电势能较大, 从 A 点到 B 点电势能减小, 可知电场力做正功, 选项 C 正确;

D. 若 $y_0=4l$, 则四个点构成正方形, 由对称可知在点 (l, l) 处的场强一定沿着过该点与原点连线的方向上; 在 y 轴正向和 x 正向上的点电荷在 (l, l) 处的合场强

$$E_1=2\frac{kq}{(\sqrt{9l^2+l^2})^2}\cdot\frac{2\sqrt{2}l-\sqrt{2}l}{\sqrt{9l^2+l^2}}=\frac{kq}{5\sqrt{5}l^2}$$

在 y 轴负向和 x 负向上的点电荷在 (l, l) 处的合场强

$$E_2 = 2 \frac{kq}{(\sqrt{25l^2 + l^2})^2} \cdot \frac{2\sqrt{2}l + \sqrt{2}l}{\sqrt{25l^2 + l^2}} = \frac{kq}{\frac{13}{3}\sqrt{13}l^2} < E_1$$

可知 (l, l) 点的场强沿着 MN 方向且与 x 轴从成 45° 角的方向向下，将一带负电的试探电荷放置在点 (l, l) 处，其所受到的静电力方向与 x 轴正方向成 45° 倾斜向上，选项 D 正确。

故选 ACD。

【D 的解法 2】设其坐标分别为 $(4l, 0)$ 、 $(-4l, 0)$ 、 $(0, y_0)$ 和 $(0, -y_0)$ 的电荷序数分别为 1、2、3、4，其在点 (l, l) 处的场强分别为

$$E_1 = Kq/(3^2 + l^2)L^2 = Kq/L^2 \cdot (1/10)$$

$$E_2 = Kq/(5^2 + l^2)L^2 = Kq/L^2 \cdot (1/26)$$

$$E_3 = Kq/(3^2 + l^2)L^2 = Kq/L^2 \cdot (1/10)$$

$$E_4 = Kq/(3^2 + l^2)L^2 = Kq/L^2 \cdot (1/26)$$

他们在 x 方向的分量分别为

$$E_{1x} = E_1 \cdot (3/\sqrt{10}) = kQ/L^2 \cdot (3\sqrt{10}/10)$$

$$E_{2x} = E_2 \cdot (5/\sqrt{26}) = kQ/L^2 \cdot (5\sqrt{26}/26)$$

$$E_{3x} = E_3 \cdot (1/\sqrt{10}) = kQ/L^2 \cdot (\sqrt{10}/10)$$

$$E_{4x} = E_4 \cdot (1/\sqrt{26}) = kQ/L^2 \cdot (\sqrt{26}/26)$$

在 x 方向的分量之和为 $E_x = Kq/L^2 \cdot (3\sqrt{26}/13 + 2\sqrt{10}/5)$ 。

他们在 y 方向的分量分别为

$$E_{1y} = E_1 \cdot (3/\sqrt{10}) = kQ/L^2 \cdot (\sqrt{10}/10)$$

$$E_{2y} = E_2 \cdot (5/\sqrt{26}) = kQ/L^2 \cdot (\sqrt{26}/26)$$

$$E_{3y} = E_3 \cdot (1/\sqrt{10}) = -kQ/L^2 \cdot (3\sqrt{10}/10)$$

$$E_{4y} = E_4 \cdot (1/\sqrt{26}) = kQ/L^2 \cdot (5\sqrt{26}/26)$$

在 y 方向的分量之和为 $E_y = Kq/L^2 \cdot (3\sqrt{26}/13 + 2\sqrt{10}/5)$ 。

由于 $E_x = E_y$ ，且都为负，所以 4 个电荷在点 (l, l) 处的合场强方向与 x 轴负方向成 45° 倾斜向下，在点 (l, l) 处的负电荷所受到的静电力方向与 x 轴正方向成 45° 倾斜向上。D 正确。

20. 2021 浙江卷第 1 题. 据《自然》杂志 2021 年 5 月 17 日报道，中国科学家在稻城“拉索”

基地（如图）探测到迄今为止最高能量的 γ 射线，能量值为 $1.40 \times 10^{15} \text{ eV}$ ，即（ ）



- A. $1.40 \times 10^{15} \text{ V}$ B. $2.24 \times 10^{-4} \text{ C}$ C. $2.24 \times 10^{-4} \text{ W}$ D.

$2.24 \times 10^{-4} \text{ J}$

【答案】D

【解析】

$$1.40 \times 10^{15} \text{ eV} = 1.40 \times 10^{15} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.24 \times 10^{-4} \text{ J}$$

故选 D。

21. 2021 浙江卷第 3 题. 如图所示，在火箭发射塔周围有钢铁制成的四座高塔，高塔的功能最有可能的是（ ）



- A. 探测发射台周围风力的大小 B. 发射与航天器联系的电磁波
C. 预防雷电击中待发射的火箭 D. 测量火箭发射过程的速度和加速度

【答案】C

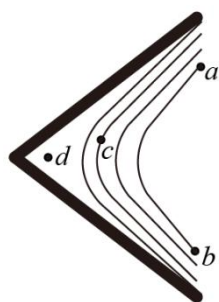
【解析】

在火箭发射塔周围有钢铁制成的四座高塔，因铁制的高塔有避雷作用，其功能是预防雷电击中发射的火箭。

故选 C。

22. 2021 浙江卷第 6 题. 某书中有如图所示的图，用来表示横截面是“<”形导体右侧的电场线和等势面，其中 a 、 b 是同一条实线上的两点， c 是另一条实线上的一点， d 是导体尖角右侧

表面附近的一点。下列说法正确的是（ ）



- A. 实线表示电场线
- B. 离 d 点最近的导体表面电荷密度最大
- C. “<”形导体右侧表面附近电场强度方向均相同
- D. 电荷从 a 点到 c 点再到 b 点电场力做功一定为零

【答案】D

【解析】

A. 处于静电平衡的导体，是个等势体，则整个导体为等势体，由于电场线方向总是与等势面垂直，所以实线不是电场线，是等势面，则 A 错误；

B. 根据等势面的疏密表示场强的强弱，则 d 点的场强较弱，并且电场强度越大的地方电荷密度越大，所以 B 错误；

C. 在“<”形导体右侧表面上下部分附近电场强度方向不相同，所以 C 错误；

D. 由于 a 、 b 在同一等势面上，则电荷从 a 点到 c 点再到 b 点电场力做功一定为零，所以 D 正确；

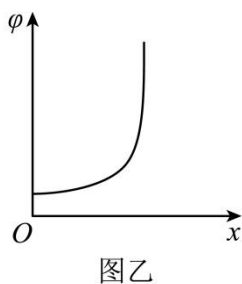
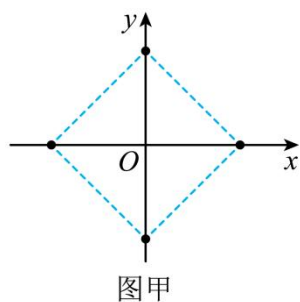
故选 D。

23.2021 山东卷第 6 题.

如图甲所示，边长为 a 的正方形，四个顶点上分别固定一个电荷量为 $+q$ 的点电荷；在

$0 \leq x < \frac{\sqrt{2}}{2}a$ 区间， x 轴上电势 φ 的变化曲线如图乙所示。现将一电荷量为 $-Q$ 的点电荷 P

置于正方形的中心 O 点，此时每个点电荷所受库仑力的合力均为零。若将 P 沿 x 轴向右略微移动后，由静止释放，以下判断正确的是（ ）



- A. $Q = \frac{\sqrt{2}+1}{2}q$, 释放后 P 将向右运动
- B. $Q = \frac{\sqrt{2}+1}{2}q$, 释放后 P 将向左运动
- C. $Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4}q$, 释放后 P 将向右运动
- D. $Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4}q$, 释放后 P 将向左运动

【答案】C

【解析】对 y 轴正向的点电荷，由平衡知识可得

$$\sqrt{2}k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} = k \frac{Qq}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}a\right)^2}$$

解得

$$Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4}q$$

因在 $0 \leq x < \frac{\sqrt{2}}{2}a$ 区间内沿 x 轴正向电势升高，则场强方向沿 x 轴负向，则将 P 沿 x 轴正

向向右略微移动后释放， P 受到向右的电场力而向右运动。

故选 C。

2021 年高考等级考第 8 题

一带正电的物体沿电场线方向运动，则 ()

- (A) 受力增大
- (B) 速度减小

(C)电势能减小

(D)加速度减小

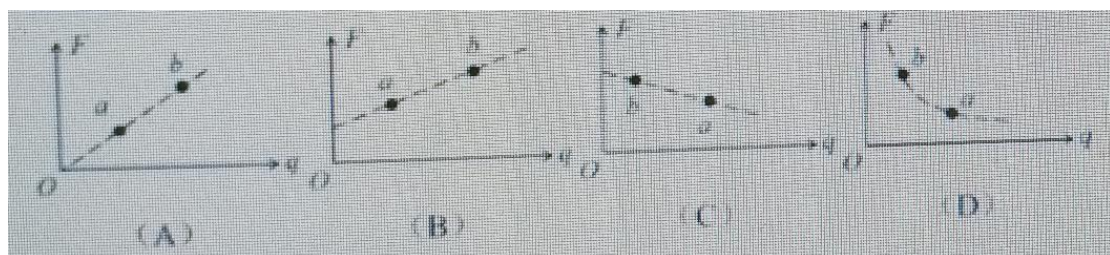
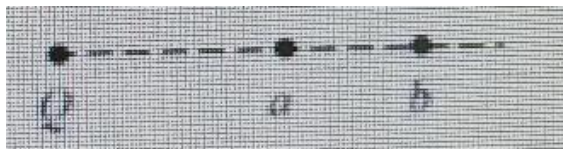
【答案】C

【解析】因为沿电场线方向电势降低，根据 $E_p = q\varphi$ ， q 为正，所以电势能减小，C 正确。

一带正电的物体沿电场线方向运动，不能判断电场线变密还是变疏，所以不能判断电场强度增大还是减小，则受力和加速度不能判断增大还是减小，所以 A、D 错误；因为一带正电的物体沿电场线方向运动，受力方向与运动方向相同，所以速度增大，B 错误。

24.2021 年高考上海等级考第 12 题

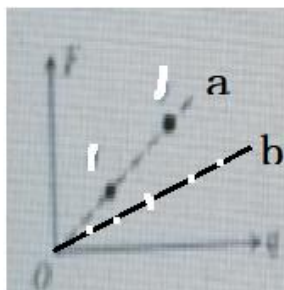
如图，在一个点电荷 Q 附近的 a、b 两点放置检验电荷，则检验电荷的受力 F 与其电荷量 q 的关系图为（ ）



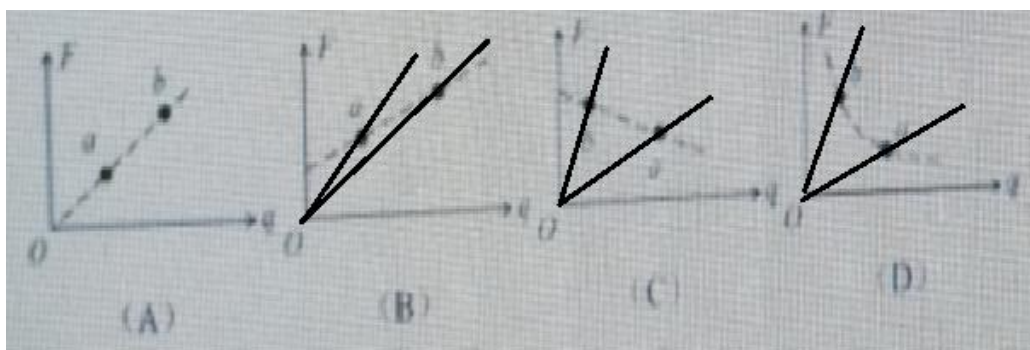
【答案】B

【解析】根据 $F = \frac{kQq}{r^2}$ ，因为 $r_a < r_b$ ，所以 a 的 F - q 图像的斜率大于 b 的 F - q 图像的斜率，若

分别画 F - q 图像见下图



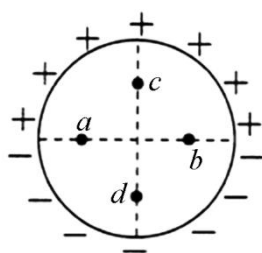
只有 B 可以画出上图的样子。如下图：



所以 A 错误 B 正确，C、D 皆错误。

25.2020 全国 2 卷第 7 题

7.如图，竖直面内一绝缘细圆环的上、下半圆分别均匀分布着等量异种电荷。 a 、 b 为圆环水平直径上的两个点， c 、 d 为竖直直径上的两个点，它们与圆心的距离均相等。则（ ）



A. a 、 b 两点的场强相等

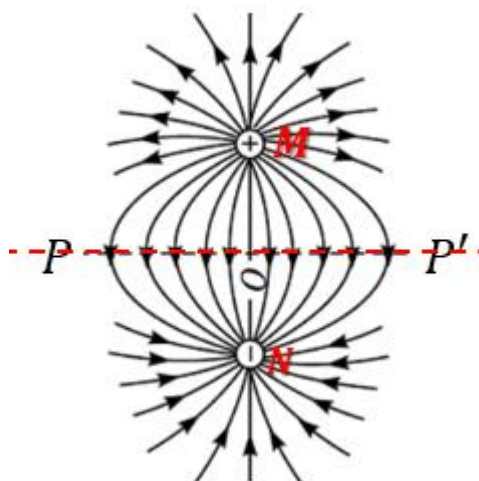
B. a 、 b 两点的电势相等

C. c 、 d 两点的场强相等

D. c 、 d 两点的电势相等

【答案】ABC

【解析】BD 两个选择项统一研究。如下图所示，为等量异种电荷周围空间的电场分布图。本题的带电圆环，可拆解成这样无数对等量异种电荷的电场，沿竖直直径平行放置。它们有共同的对称轴 PP' ， PP' 所在的水平面与每一条电场线都垂直，即为等势面，延伸到无限远处，电势为零。故在 PP' 上的点电势为零，即 $\varphi_a = \varphi_b = 0$ ；而从 M 点到 N 点，电势一直在降低，即 $\varphi_c > \varphi_d$ ，故 B 正确，D 错误；

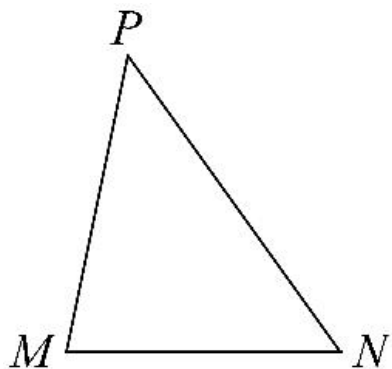


AC. 上下两侧电场线分布对称，左右两侧电场线分布也对称，由电场的叠加原理可知 AC 正确；

故选 ABC。

26.2020 全国 3 卷第 8 题

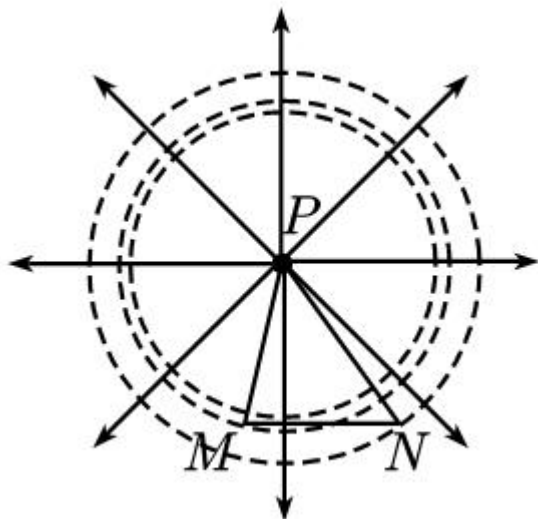
8.如图， $\angle M$ 是锐角三角形 PMN 最大的内角，电荷量为 q ($q > 0$) 的点电荷固定在 P 点。下列说法正确的是 ()



- A. 沿 MN 边，从 M 点到 N 点，电场强度的大小逐渐增大
- B. 沿 MN 边，从 M 点到 N 点，电势先增大后减小
- C. 正电荷在 M 点的电势能比其在 N 点的电势能大
- D. 将正电荷从 M 点移动到 N 点，电场力所做的总功为负

【答案】BC

【解析】A. 点电荷的电场以点电荷为中心，向四周呈放射状，如图



$\angle M$ 是最大内角，所以 $PN > PM$ ，根据点电荷的场强公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ （或者根据电场线的疏密程度）可知从 $M \rightarrow N$ 电场强度先增大后减小，A 错误；

B. 电场线与等势面（图中虚线）处处垂直，沿电场线方向电势降低，所以从 $M \rightarrow N$ 电势先增大后减小，B 正确；

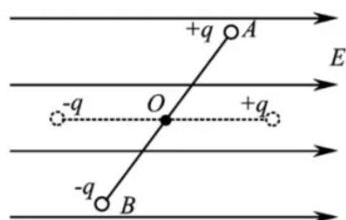
C. M 、 N 两点的电势大小关系为 $\varphi_M > \varphi_N$ ，根据电势能的公式 $E_p = q\varphi$ 可知正电荷在 M 点的电势能大于在 N 点的电势能，C 正确；

D. 正电荷从 $M \rightarrow N$ ，电势能减小，电场力所做的总功为正功，D 错误。

故选 BC。

27.2020 江苏省卷第 9 题

9. 如图所示，绝缘轻杆的两端固定带有等量异号电荷的小球（不计重力）。开始时，两小球分别静止在 A 、 B 位置。现外加一匀强电场 E ，在静电力作用下，小球绕轻杆中点 O 转到水平位置。取 O 点的电势为 0。下列说法正确的有（ ）



- A. 电场 E 中 A 点电势低于 B 点 B. 转动中两小球的电势能始终相等
C. 该过程静电力对两小球均做负功 D. 该过程两小球的总电势能增加

【答案】9. AB

【解析】

A.沿电场线电势降落，所以电场 E 中 A 点电势低于 B 点，A 正确；

B.电势差 $\Delta U = E \cdot \frac{L}{2} \cos \theta$ (L 为杆长， θ 为杆与电场线夹角)，电势差始终相等，电势能

$E_p = q\varphi$ (φ 为电势)，A 电势为负，电量为正，B 电势为正，电量为负，所以转动中两小球的电势能始终相等，B 正确；

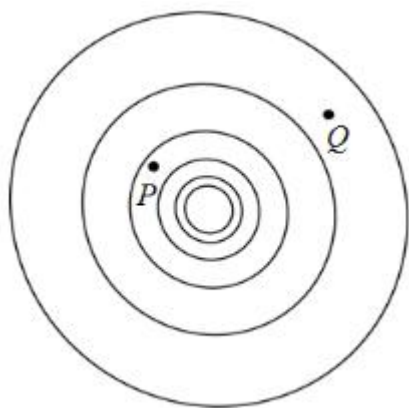
C.该过程静电力对两小球均做正功（力与沿力线速度位移方向相同），C 错误；

D. 由于该过程静电力对两小球均做正功，所以该过程两小球的总电势能减少；D 错误。

D 另解：A 球电势降低，电荷为正，所以电势能减少，B 球电势升高，电荷为负，所以电势能减少，所以该过程两小球的总电势能减少。

28.2020 北京卷第 7 题

7.真空中某点电荷的等势面示意如图，图中相邻等势面间电势差相等。下列说法正确的是
()



A. 该点电荷一定为正电荷

B. P 点的场强一定比 Q 点的场强大

C. P 点电势一定比 Q 点电势低

D. 正检验电荷在 P 点比在 Q 点的电势能大

【答案】B

【解析】A. 正电荷和负电荷周围的等势面都为的一组同心球壳，该点电荷不一定为正电荷，故 A 错误；

B. 相邻等势面间电势差相等， P 点附近的等差等势面更加密集，故 P 点的场强一定比 Q 点的场强大，故 B 正确；

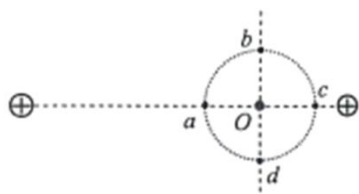
C. 正电荷和负电荷周围的等势面都为的一组同心球壳，若为正点电荷，则 P 点电势一定比 Q 点电势高，故 C 错误；

D. 从等势面的情况无法判断该点电荷为正点电荷还是负点电荷，无法判断 P 点电势与 Q 点电势的高低，就无法判断正检验电荷在 P 点和在 Q 点的电势能的大小，故 D 错误。

故选 B。

29.2020 山东卷第 10 题

10.真空中有两个固定的带正电的点电荷，电荷量不相等。一个带负电的试探电荷置于二者连线上的 O 点时，仅在电场力的作用下恰好保持静止状态。过 O 点作两正电荷连线的垂线，以 O 点为圆心的圆与连线和垂线分别交于 a 、 c 和 b 、 d ，如图所示。以下说法正确的是（ ）



- A. a 点电势低于 O 点
- B. b 点电势低于 c 点
- C. 该试探电荷在 a 点的电势能大于在 b 点的电势能
- D. 该试探电荷在 c 点的电势能小于在 d 点的电势能

【答案】BD

【解析】A. 由题意可知 O 点合场强为零，根据同种电荷之间电场线的分布可知 aO 之间电场线由 a 到 O ，故 a 点电势高于 O 点电势，故 A 错误；

B. 同理根据同种电荷电场线分布可知 b 点电势低于 c 点电势，故 B 正确；

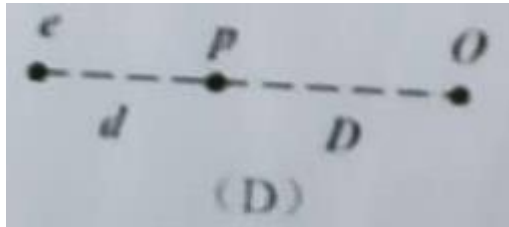
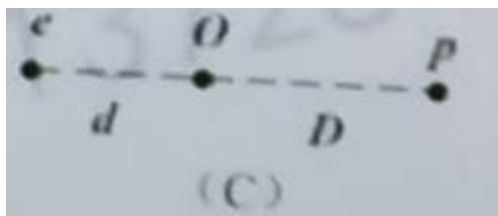
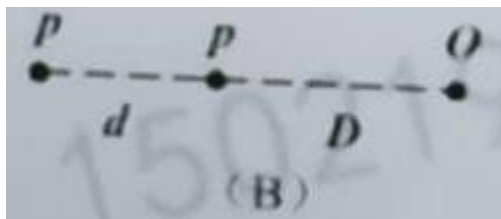
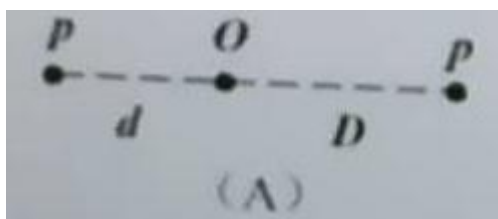
C. 根据电场线分布可知负电荷从 a 到 b 电场力做负功，电势能增加，即该试探电荷在 a 点的电势能小于在 b 点的电势能，故 C 错误；

D. 同理根据电场线分布可知负电荷从 c 点到 d 点电场力做负功，电势能增加，即该试探电荷在 c 点的电势能小于在 d 点的电势能，故 D 正确。

故选 BD。

30.2020 上海等级考第 11 题

11、以下图中 p 表示质子， e 表示电子，距离 $D > d$ 。其中 O 点场强最大的排布方式为（ ）



[答案] C

【解析】根据库仑定律及电场强度定义式和电场的叠加得 O 点的电场强度分别为：

A 图, $E_{OA} = \frac{ke^2}{d^2} - \frac{ke^2}{D^2}$

B 图, $E_{OB} = \frac{ke^2}{(D+d)^2} + \frac{ke^2}{D^2}$

C 图, $E_{OC} = \frac{ke^2}{d^2} + \frac{ke^2}{D^2}$

D 图, $E_{OD} = \frac{ke^2}{d^2} - \frac{ke^2}{D^2}$

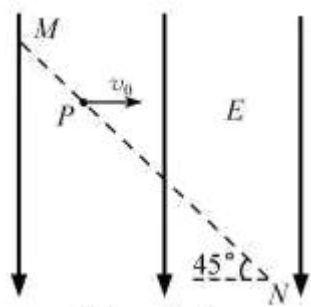
比较可知, E_{OC} 最大。

[考察知识]电场的叠加。

[核心素养]科学思维(电场在空间中的叠加分析)

31.2020 浙江第 6 题

6.如图所示,一质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子以速度 v_0 从 MN 连线上的 P 点水平向右射入大小为 E 、方向竖直向下的匀强电场中。已知 MN 与水平方向成 45° 角,粒子的重力可以忽略,则粒子到达 MN 连线上的某点时 ()



- A. 所用时间为 $\frac{mv_0}{qE}$
- B. 速度大小为 $3v_0$
- C. 与 P 点的距离为 $\frac{2\sqrt{2}mv_0^2}{qE}$
- D. 速度方向与竖直方向的夹角为 30°

【答案】C

【解析】A. 粒子在电场中做类平抛运动，水平方向 $x = v_0 t$

竖直方向 $y = \frac{1}{2} \frac{Eq}{m} t^2$

由 $\tan 45^\circ = \frac{y}{x}$

可得 $t = \frac{2mv_0}{Eq}$ ，故 A 错误；

B. 由于 $v_y = \frac{Eq}{m} t = 2v_0$

故粒子速度大小为 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{5}v_0$ ，故 B 错误；

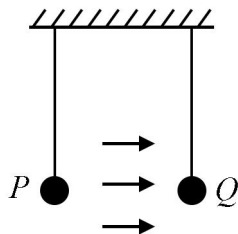
C. 由几何关系可知，到 p 点的距离为 $L = \sqrt{2}v_0 t = \frac{2\sqrt{2}mv_0^2}{Eq}$ ，故 C 正确；

D. 由于平抛推论可知， $\tan \alpha = 2 \tan \beta$ ，可知速度正切 $\tan \alpha = 2 \tan 45^\circ = 2$ ，故 D 错误。

故选 C。

32. 2019全国1卷15题. 如图，空间存在一方向水平向右的匀强磁场，两个带电小球P和Q用

相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下，两细绳都恰好与天花板垂直，则



- A. P 和 Q 都带正电荷 B. P 和 Q 都带负电荷
C. P 带正电荷， Q 带负电荷 D. P 带负电荷， Q 带正电荷

【答案】15. D

【解析】当 P 带负电荷， Q 带正电荷， P 受 Q 库仑力向右，受电场力向左，方向相反； Q 受 P 库仑力向左，受电场力向右，方向相反；可以平衡。同样方法判断，其他不可以平衡。

33. 2019 全国2卷20题. 静电场中，一带电粒子仅在电场力的作用下自 M 点由静止开始运动， N 为粒子运动轨迹上的另外一点，则

- A. 运动过程中，粒子的速度大小可能先增大后减小
B. 在 M 、 N 两点间，粒子的轨迹一定与某条电场线重合
C. 粒子在 M 点的电势能不低于其在 N 点的电势能
D. 粒子在 N 点所受电场力的方向一定与粒子轨迹在该点的切线平行

【答案】20. AC

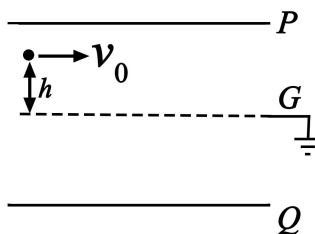
【解析】电场力做功，电势能减少，C正确。粒子在 N 点所受电场力的方向一定与粒子轨迹在该点的切线垂直，D错误。

34. 2019 全国 2 卷 24 题. (12 分)

如图，两金属板 P 、 Q 水平放置，间距为 d 。两金属板正中间有一水平放置的金属网 G ， PQG 的尺寸相同。 G 接地， PQ 的电势均为 φ ($\varphi > 0$)。质量为 m ，电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子自 G 的左端上方距离 G 为 h 的位置，以速度 v_0 平行于纸面水平射入电场，重力忽略不计。

(1) 求粒子第一次穿过 G 时的动能，以及她从射入电场至此时在水平方向上的位移大小；

(2) 若粒子恰好从 G 的下方距离 G 也为 h 的位置离开电场，则金属板的长度最短应为多少？



24. 解：(1) PG 、 QG 间场强大小相等，均为 E ，粒子在 PG 间所受电场力 F 的方向竖直向下，设粒子的加速度大小为 a ，有 $E = \frac{2\varphi}{d}$ ① $F = qE = ma$ ②

设粒子第一次到达 G 时动能为 E_k ，由动能定理有 $qEh = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$ ③

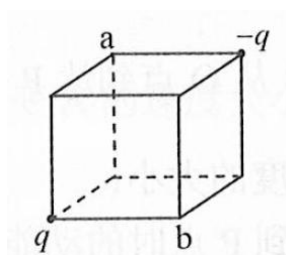
设粒子第一次到达 G 时所用时间为 t ，粒子在水平方向的位移为 l ，则有

$$h = \frac{1}{2}at^2 \quad ④ \quad l = v_0t \quad ⑤$$

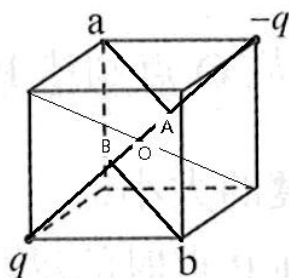
$$\text{联立①②③④⑤式解得 } E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2\varphi}{d}qh \quad ⑥ \quad l = v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\varphi}} \quad ⑦$$

(2) 设粒子穿过 G 一次就从电场的右侧飞出，则金属板的长度最短，由对称性知，此时金属板的长度 L 为 $L = 2l = 2v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\varphi}}$ ⑧

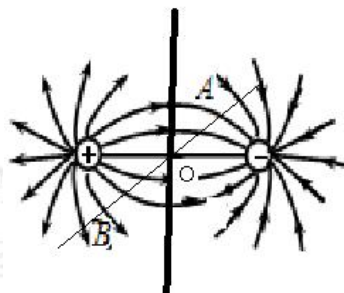
35. 2019全国3卷21题. 如图，电荷量分别为 q 和 $-q$ ($q > 0$) 的点电荷固定在正方体的两个顶点上， a 、 b 是正方体的另外两个顶点。则



原题图



解题图1



解题图2

- A. a 点和 b 点的电势相等
- B. a 点和 b 点的电场强度大小相等
- C. a 点和 b 点的电场强度方向相同
- D. 将负电荷从 a 点移到 b 点，电势能增加

【答案】21. BC

【解析】在原题图的基础上画解题图1， O 点是 QQ' 的中点， A 、 B 分别是 a 、 b 向 QQ' 作垂线的垂足，此图说明 a 、 b 是关于 O 点的对称点。解题图2是两等量异种点电荷的电场线，从解题图2可以看出， a 点和 b 点的电场强度大小相等， a 点和 b 点的电场强度方向相同（电场线的切线），所以 B、C 正确。

36. 2019全国3卷24题. (12分)

空间存在一方向竖直向下的匀强电场， O 、 P 是电场中的两点。从 O 点沿水平方向以不同速度先后发射两个质量均为 m 的小球 A 、 B 。 A 不带电， B 的电荷量为 q ($q > 0$)。 A 从 O 点发

射时的速度大小为 v_0 ，到达 P 点所用时间为 t ； B 从 O 点到达 P 点所用时间为 $\frac{t}{2}$ 。重力加速度为 g ，求

- (1) 电场强度的大小；
- (2) B 运动到 P 点时的动能。

【答案】24.

(1) 设电场强度的大小为 E ，小球 B 运动的加速度为 a 。根据牛顿定律、运动学公式和题给

条件，有 $mg+qE=ma$ ① $\frac{1}{2}a(\frac{t}{2})^2=\frac{1}{2}gt^2$ ②

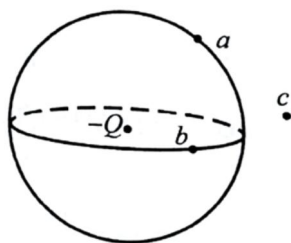
解得 $E=\frac{3mg}{q}$ ③

(2) 设 B 从 O 点发射时的速度为 v_1 ，到达 P 点时的动能为 E_k ， O 、 P 两点的高度差为 h ，根据动能定理有 $E_k-\frac{1}{2}mv_1^2=mgh+qEh$ ④

且有 $v_1\frac{t}{2}=v_0t$ ⑤ $h=\frac{1}{2}gt^2$ ⑥

联立③④⑤⑥式得 $E_k=2m(v_0^2+g^2t^2)$ ⑦

37. 2019北京卷17题. 如图所示， a 、 b 两点位于以负点电荷 $-Q$ ($Q>0$) 为球心的球面上， c 点在球面外，则



- A. a 点场强的大小比 b 点大
- B. b 点场强的大小比 c 点小
- C. a 点电势比 b 点高
- D. b 点电势比 c 点低

【答案】17. D

【解析】根据 $E=\frac{kQ}{r^2}$ ， a 点场强大小等于 b 点场强，A错误； b 点场强的大小比 c 点大，B错误；。 a 点电势与 b 点相等，C错误； b 点比 c 点离 $-q$ 近，所以 b 点电势比 c 点低，D正确。

38. 2019北京卷23题. (18分)

电容器作为储能器件，在生产生活中有广泛的应用。对给定电容值为 C 的电容器充

电，无论采用何种充电方式，其两极间的电势差 u 随电荷量 q 的变化图像都相同。

- (1) 请在图1中画出上述 $u-q$ 图像。类比直线运动中由 $v-t$ 图像求位移的方法，求两极间电压为 U 时电容器所储存的电能 E_p 。



图1

- (2) 在如图2所示的充电电路中， R 表示电阻， E 表示电源（忽略内阻）。通过改变电路中元件的参数对同一电容器进行两次充电，对应的 $q-t$ 曲线如图3中①②所示。
- a. ①②两条曲线不同是_____（选填 E 或 R ）的改变造成的；
- b. 电容器有时需要快速充电，有时需要均匀充电。依据a中的结论，说明实现这两种充电方式的途径。

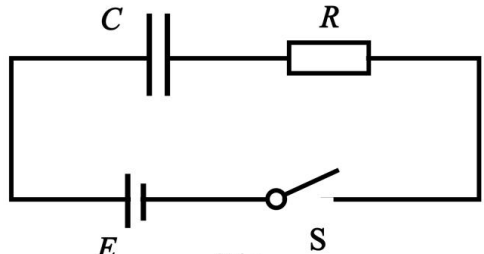


图2

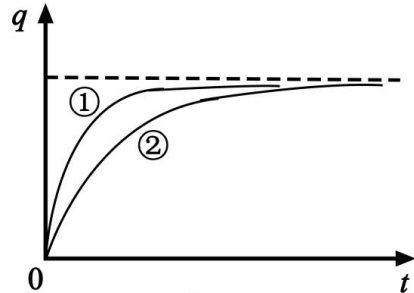


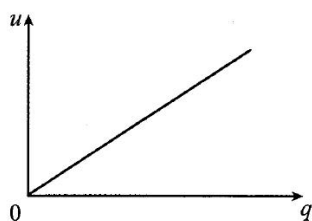
图3

- (3) 设想使用理想的“恒流源”替换（2）中电源对电容器充电，可实现电容器电荷量随时间均匀增加。请思考使用“恒流源”和（2）中电源对电容器的充电过程，填写下表（选填“增大”、“减小”或“不变”）。

	“恒流源”	（2）中电源
电源两端电压		
通过电源的电流		

【答案】23. （18分）

- (1) $u-q$ 图线如答图1；



答图1

电压为 U 时，电容器带电 Q ，图线和横轴围成的面积为所储存的电能 E_p

$$E_p = \frac{1}{2}QU, \text{ 又 } Q = CU$$

$$\text{故 } E_p = \frac{1}{2}CU^2$$

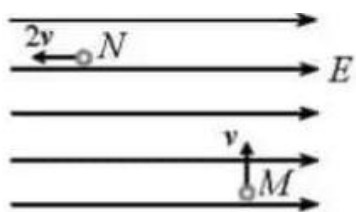
(2) a. R

b. 减小电阻 R ，可以实现对电容器更快速充电；增大电阻 R ，可以实现更均匀充电。

(3)

	“恒流源”	(2) 中电源
电源两端电压	增大	不变
通过电源的电流	不变	减小

39. 2019 天津卷 3 题. 如图所示，在水平向右的匀强电场中，质量为 m 的带电小球，以初速度 v 从 M 点竖直向上运动，通过 N 点时，速度大小为 $2v$ ，方向与电场方向相反，则小球从 M 运动到 N 的过程 ()



A. 动能增加 $\frac{1}{2}mv^2$

B. 机械能增加 $2mv^2$

C. 重力势能增加 $\frac{3}{2}mv^2$

D. 电势能增加 $2mv^2$

【答案】 3.B

【解析】

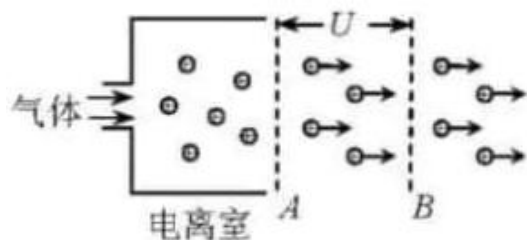
动能增加 $\Delta E_k = \frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}mv^2$ ，A 错误；

机械能增加 $\Delta E = W_e = 2mv^2$ ，B 正确；

重力势能增加 $\Delta E_p = W_G = -\frac{1}{2}mv^2$ ，C 错误；

电势能增加 $\Delta E_p = -W_e = -2mv^2$ ，即减小，D 错误。

40. 2019 天津卷 12 题. (20 分) 2018 年，人类历史上第一架由离子引擎推动的飞机诞生，这种引擎不需要燃料，也无污染物排放。引擎获得推力的原理如图所示，进入电离室的气体被电离成正离子，而后飘入电极 A 、 B 之间的匀强电场（初速度忽略不计）， A 、 B 间电压为 U ，使正离子加速形成离子束，在加速过程中引擎获得恒定的推力。单位时间内飘入的正离子数目为定值，离子质量为 m ，电荷量为 Ze ，期中 Z 是正整数， e 是元电荷。



- (1) 若引擎获得的推力为 F_1 ，求单位时间内飘入 A 、 B 间的正离子数目 N 为多少；
- (2) 加速正离子束所消耗的功率 P 不同时，引擎获得的推力 F 也不同，试推导 $\frac{F}{P}$ 的表达式；
- (3) 为提高能量的转换效率，要使 $\frac{F}{P}$ 尽量大，请提出增天 $\frac{F}{P}$ 的三条建议。

【答案】

12. (20 分)

- (1) 设正离子经过电极 B 时的速度为 v ，根据动能定理，有

$$ZeU = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \quad (1)$$

设正离子束所受的电场力为 F_1' ，根据牛顿第三定律，有

$$F_1' = F_1 \quad (2)$$

设引擎在 Δt 时间内飘入电极间的正离子个数为 ΔN ，由牛顿第二定律，有

$$F_1' = \Delta Nm \frac{v - 0}{\Delta t} \quad (3)$$

联立①②③式，且 $N = \frac{\Delta N}{\Delta t}$ 得

$$N = \frac{F_1}{\sqrt{2ZemU}} \quad (4)$$

- (2) 设正离子束所受的电场力为 F' ，由正离子束在电场中做匀加速直线运动，有

$$P = \frac{1}{2} F' v \quad (5)$$

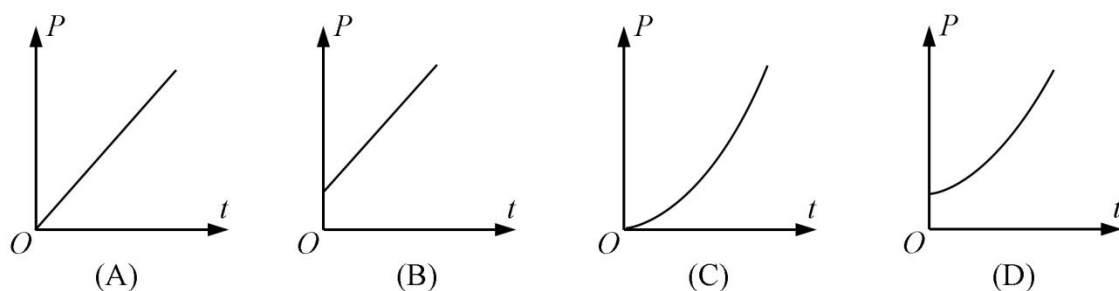
考虑到牛顿第三定律得到 $F' = F$ ，联立①⑤式得

$$\frac{F}{P} = \sqrt{\frac{2m}{ZeU}} \quad (6)$$

(3) 为使 $\frac{F}{P}$ 尽量大，分析⑥式得到

三条建议：用质量大的离子；用带电量少的离子；减小加速电压。

41. 2019江苏卷5题. 一匀强电场的方向竖直向上， $t=0$ 时刻，一带电粒子以一定初速度水平射入该电场，电场力对粒子做功的功率为 P ，不计粒子重力，则 P - t 关系图象是

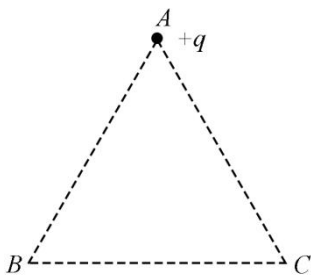


【答案】5. A

【解析】 $P = Fv = Eq \cdot v_y = Eqgt$ ，且 $P_0=0$ ，A正确。

【易错点】 $P = Fv = Eq \cdot v = Eq\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ ，选D

42. 2019江苏卷9题. 如图所示， ABC 为等边三角形，电荷量为 $+q$ 的点电荷固定在 A 点。先将一电荷量也为 $+q$ 的点电荷 Q_1 从无穷远处（电势为0）移到 C 点，此过程中，电场力做功为 $-W$ 。再将 Q_1 从 C 点沿 CB 移到 B 点并固定。最后将一电荷量为 $-2q$ 的点电荷 Q_2 从无穷远处移到 C 点。下列说法正确的有



- (A) Q_1 移入之前， C 点的电势为 $\frac{W}{q}$
- (B) Q_1 从 C 点移到 B 点的过程中，所受电场力做的功为0
- (C) Q_2 从无穷远处移到 C 点的过程中，所受电场力做的功为 $2W$

(D) Q_2 在移到C点后的电势能为 $-4W$

【答案】9. ABD

【解析】逐项研究

(A) 根据电势的定义 $\varphi_C = \frac{E}{q} = \frac{W}{q}$ ，正确；

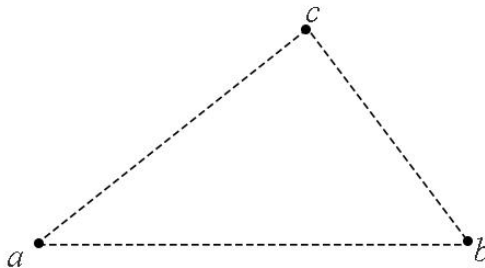
(B) 因为C和B为等势点，根据 $W = qU_{BC} = 0$ ，正确；

(C) 因为有两个电荷并且对称，所以C点的电势为 $\varphi_C' = 2\frac{W}{q}$ ，所以， Q_2 从无穷远处移

到C点的过程中，所受电场力做的功为 $W = -\Delta E_p = -(-2q) \cdot \frac{2W}{q} = 4W$ ，C错误；

(D) Q_2 在移到C点后的电势能为 $E_p = q\varphi = (-2q) \cdot \frac{2W}{q} = -4W$ ，D正确。

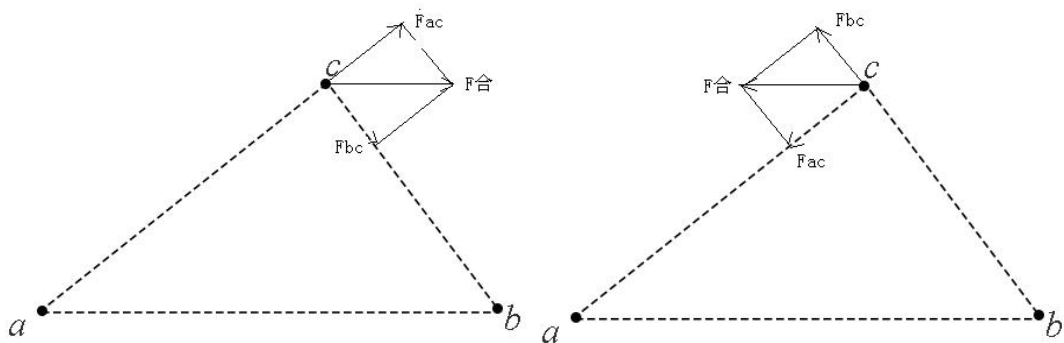
43. 2018 年全国 1 卷 16 题. 如图，三个固定的带电小球 a 、 b 和 c ，相互间的距离分别为 a
 $b=5\text{ cm}$ ， $bc=3\text{ cm}$ ， $ca=4\text{ cm}$ 。小球 c 所受库仑力的合力的方向平衡于 a 、 b 的连线。
设小球 a 、 b 所带电荷量的比值的绝对值为 k ，则



A. a 、 b 的电荷同号， $k = \frac{16}{9}$ B. a 、 b 的电荷异号， $k = \frac{16}{9}$

C. a 、 b 的电荷同号， $k = \frac{64}{27}$ D. a 、 b 的电荷异号， $k = \frac{64}{27}$

【解析】画出 c 的受力图如下两种情况：从力的方向可以判断： a 、 b 的电荷异号。



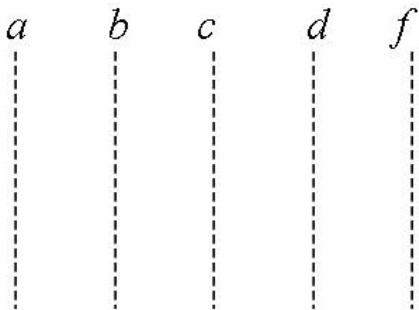
设小 c 所带电荷量的绝对值为 q_c ，设小球 b 所带电荷量的绝对值为 q ，则小球 a 所带电荷

量的绝对值为 kq ，根据库仑定律 $F = \frac{kQq}{r^2}$ （此式中的 k 为静电力恒量，与题设 k 不同）

有 $\frac{F_{ac}}{F_{bc}} = \frac{k \times 9}{16}$ ，有根据力三角形与边三角形相似，有 $\frac{F_{ac}}{F_{bc}} = \frac{4}{3}$ ，解得 $k = \frac{64}{27}$ ，D 正确。

【答案】16. D

44.全国卷 2018 年 21 题. 图中虚线 a 、 b 、 c 、 d 、 f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，已知平面 b 上的电势为 2 V。一电子经过 a 时的动能为 10 eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6 eV。下列说法正确的是



- A. 平面 c 上的电势为零
- B. 该电子可能到达不了平面 f
- C. 该电子经过平面 d 时，其电势能为 4 eV
- D. 该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

【解析】设相邻两条等势线之间的电势差为 U_0 ，根据从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6 eV， $W = e \cdot 3U_0 = 6eV$ ，所以 $U_0 = 2V$ 并且电势从 a 向 f 逐渐降低。已知平面 b 上的电势为 2 V，所以平面 c 上的电势为零，A 正确；

因为从 a 到 f ，电势降低 $4U_0 = 8V$ ，所以电势能增大 $8eV$ ，动能减少 $8eV$ ，可能到达 f ；但如果在 a 时速度方向在 a 平面内，加速度方向向左，就可能到达不了平面 f ，所以 B 正

确。

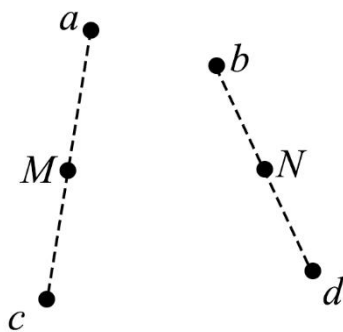
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>f</i>
电势	4V	2V	0V	-2V	-4V
电子电势能	-4eV	-2eV	0eV	2eV	4eV

从上图可以看出，该电子经过平面 *d* 时，其电势能为 2eV，C 错误；

该电子经过平面 *b* 时的动能是经过 *d* 时的 2 倍，所以速率是 $\sqrt{2}$ 倍。

【答案】21. AB

45. 2018 年全国 2 卷 21 题. 如图，同一平面内的 *a*、*b*、*c*、*d* 四点处于匀强电场中，电场方向与此平面平行，*M* 为 *a*、*c* 连线的中点，*N* 为 *b*、*d* 连线的中点。一电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子从 *a* 点移动到 *b* 点，其电势能减小 W_1 ；若该粒子从 *c* 点移动到 *d* 点，其电势能减小 W_2 ，下列说法正确的是



- A. 此匀强电场的场强方向一定与 *a*、*b* 两点连线平行
- B. 若该粒子从 *M* 点移动到 *N* 点，则电场力做功一定为 $\frac{W_1 + W_2}{2}$
- C. 若 *c*、*d* 之间的距离为 L ，则该电场的场强大小一定为 $\frac{W_2}{qL}$
- D. 若 $W_1 = W_2$ ，则 *a*、*M* 两点之间的电势差一定等于 *b*、*N* 两点之间的电势差

【解析】因为电势能的减少等于电场力做功，又根据 $W = qU$ 及 $U = Ed$ 得 $W = qEd$ ，我

们做功的大小可以转换为距离的大小来研究。设过 MN 的直线为电场线，如下图

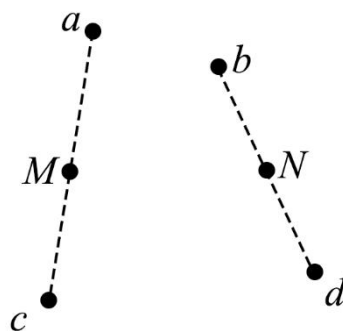
$$a'b' = MN - Ma' - Nb', \quad c'd' = MN + Mc' + Nd', \quad \text{因为 } Ma' = Mc', \quad Nb' = Nd', \quad \text{解得}$$

$$MN = \frac{1}{2}(a'b' + c'd'), \quad \text{所以, 若该粒子从 } M \text{ 点移动到 } N \text{ 点, 则电场力做功一定为 } \frac{W_1 + W_2}{2},$$

B 正确。 电场线是其他直线时，方法类似。

46. 2018 年全国 2 卷第 21 题

21. 如图，同一平面内的 a 、 b 、 c 、 d 四点处于匀强电场中，电场方向与此平面平行， M 为 a 、 c 连线的中点， N 为 b 、 d 连线的中点。一电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子从 a 点移动到 b 点，其电势能减小 W_1 ；若该粒子从 c 点移动到 d 点，其电势能减小 W_2 ，下列说法正确的是



- A. 此匀强电场的场强方向一定与 a 、 b 两点连线平行
- B. 若该粒子从 M 点移动到 N 点，则电场力做功一定为 $\frac{W_1 + W_2}{2}$
- C. 若 c 、 d 之间的距离为 L ，则该电场的场强大小一定为 $\frac{W_2}{qL}$
- D. 若 $W_1 = W_2$ ，则 a 、 M 两点之间的电势差一定等于 b 、 N 两点之间的电势差

【解析 1】 因为电势能的减少等于电场力做功，又根据 $W = qU$ 及 $U = Ed$ 得 $W = qEd$ ，

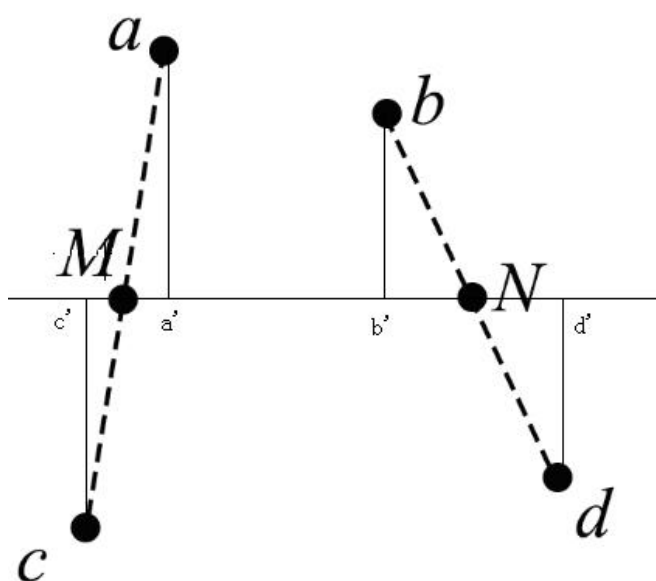
我们做功的大小可以转换为距离的大小来研究。设过 MN 的直线为电场线，如下图

$$a'b' = MN - Ma' - Nb', \quad c'd' = MN + Mc' + Nd', \quad \text{因为 } Ma' = Mc', \quad Nb' = Nd', \quad \text{解得}$$

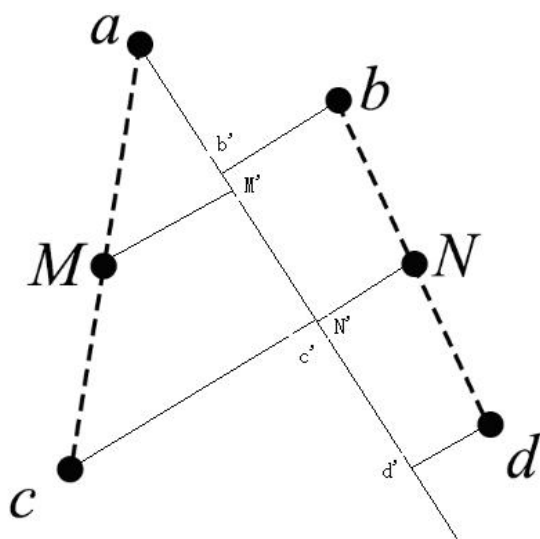
$$MN = \frac{1}{2}(a'b' + c'd'), \quad \text{所以, 若该粒子从 } M \text{ 点移动到 } N \text{ 点, 则电场力做功一定为 } \frac{W_1 + W_2}{2},$$

B 正确。 电场线是其他直线时，方法类似。

【解析 2】因为电势能的减少等于电场力做功，又根据 $W = qU$ 及 $U = Ed$ 得 $W = qEd$ ，我们做功的大小可以转换为距离的大小来研究。设过 MN 的直线为电场线，如下图 $a'b' = MN - Ma' - Nb'$ ， $c'd' = MN + Mc' + Nd'$ ，因为 $Ma' = Mc'$ ， $Nb' = Nd'$ ，解得 $MN = \frac{1}{2}(a'b' + c'd')$ ，所以，若该粒子从 M 点移动到 N 点，则电场力做功一定为 $\frac{W_1 + W_2}{2}$ ，B 正确。电场线是其他直线时，方法类似。

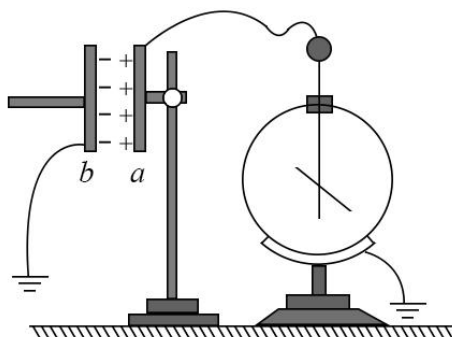


设电场线为 ad' ，如下图：若 $W_1 = W_2$ ，则 $ab' = c'd'$ ，因为 $c'd' = ab' + b'd' - ac'$ ，所以 $b'd' = ac'$ ，又 $aM' = \frac{1}{2}ac'$ ， $b'N' = \frac{1}{2}b'd'$ ，所以 $aM' = b'N'$ ，也就是 a、M 两点之间的电势差一定等于 b、N 两点之间的电势差。



【答案】21. BD

47. 2018年北京19. 研究与平行板电容器电容有关因素的实验装置如图所示，下列说法正确的是



- A. 实验前，只用带电玻璃棒与电容器 a 板接触，能使电容器带电
- B. 实验中，只将电容器 b 板向上平移，静电计指针的张角变小
- 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，只增加极板带电量，静电计指针的张角变大，表明电容增大

【解析】B. 实验中，只将电容器 b 板向上平移，根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 及 $U = \frac{Q}{C}$ ，S 减小，C 减小，U 增大，静电计指针的张角变大，B 错误；

C. 实验中，只在极板间插入有机玻璃板，根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 及 $U = \frac{Q}{C}$ ， ϵ 变大，C 变大，U 减小，静电计指针的张角变小，C 错误；

D. 实验中，只增加极板带电量，静电计指针的张角变大，不表明电容增大，D 错误。

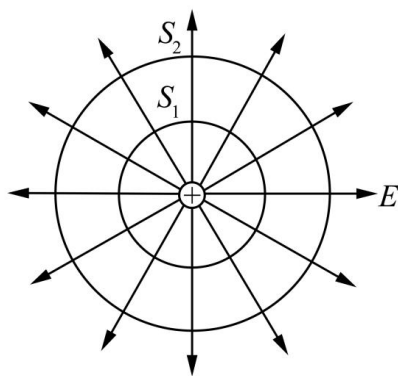
【答案】19. A

48. 2018年北京卷24题. (20分)

(1) 静电场可以用电场线和等势面形象描述。

- a. 请根据电场强度的定义和库仑定律推导出点电荷 Q 的场强表达式；
- b. 点电荷的电场线和等势面分布如图所示，等势面 S_1 、 S_2 到点电荷的距离分别为 r_1 、 r_2 。

我们知道，电场线的疏密反映了空间区域电场强度的大小。请计算 S_1 、 S_2 上单位面积通过的电场线条数之比 N_1/N_2 。



(2) 观测宇宙中辐射电磁波的天体，距离越远单位面积接收的电磁波功率越小，观测越困难。为了收集足够强的来自天体的电磁波，增大望远镜口径是提高天文观测能力的一条重要路径。2016年9月25日，世界上最大的单口径球面射电望远镜FAST在我国贵州落成启用，被誉为“中国天眼”。FAST直径为500 m，有效提高了人类观测宇宙的精度和范围。

- a. 设直径为100 m的望远镜能够接收到的来自某天体的电磁波功率为 P_1 ，计算FAST能够接收到的来自该天体的电磁波功率 P_2 ；
- b. 在宇宙大尺度上，天体的空间分布是均匀的，仅以辐射功率为 P 的同类天体为观测对象，设直径为100 m望远镜能够观测到的此类天体数目是 N_0 ，计算FAST能够观测到的此类天体数目 N 。

【答案】24. (1) a. 在距 Q 为 r 的位置放一电荷量为 q 的检验电荷

根据库仑定律检验电荷受到的电场力

$$F = k \frac{Qq}{r^2}$$

根据电场强度的定义 $E = \frac{F}{q}$

$$\text{得 } E = k \frac{Q}{r^2}$$

b. 穿过两等势面单位面积上的电场线条数之比

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

(2) a. 地球上不同望远镜观测同一天体，单位面积上接收的功率应该相同，因此

$$P_2 = \frac{500^2}{100^2} P_1 = 25P_1$$

b. 在宇宙大尺度上，天体的空间分布是均匀的。因此一个望远镜能观测到的此类天体数目正比于以望远镜为球心、以最远观测距离为半径的球体体积。

设地面上望远镜能观测到此类天体需收集到的电磁波的总功率的最小值为 P_0 ，直径为 100 m 望远镜和 FAST 能观测到的最远距离分别为 L_0 和 L ，则

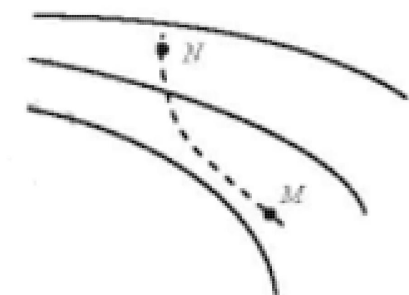
$$P_0 = \pi \left(\frac{500}{2} \right)^2 \frac{P}{4\pi L^2} = \pi \left(\frac{100}{2} \right)^2 \frac{P}{4\pi L_0^2}$$

可得 $L=5L_0$

$$\text{则 } N = \frac{L^3}{L_0^3} N_0 = 125 N_0$$

49. 2018 年天津第 3 题

3. 如图所示，实线表示某电场的电场线（方向未标出），虚线是一带负电的粒子只在电场力作用下的运动轨迹，设 M 点和 N 点的电势分别为 φ_M 、 φ_N ，粒子在 M 和 N 时加速度大小分别为 a_M 、 a_N ，速度大小分别为 v_M 、 v_N ，电势能分别为 E_{PM} 、 E_{PN} 。下列判断正确的是



- A. $v_M < v_N$, $a_M < a_N$ B. $v_M < v_N$, $\varphi_M < \varphi_N$
C. $\varphi_M < \varphi_N$, $E_{PM} < E_{PN}$ D. $a_M < a_N$, $E_{PM} < E_{PN}$

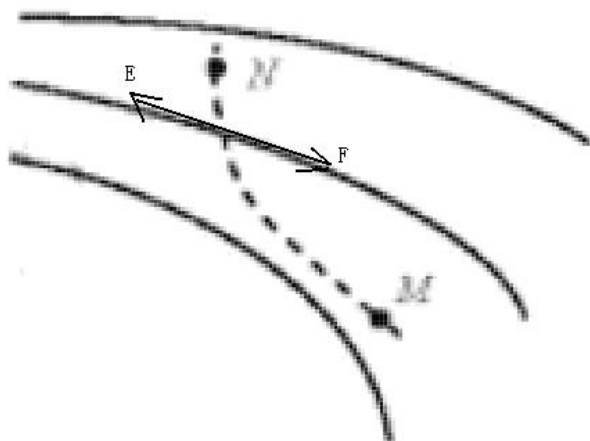
【解析】根据电场线疏密判断电场强度的大小，从而判断电场力及加速度的大小，有

$$a_M < a_N;$$

作出电场力和电场线方向草图如下图，根据沿电场方向电势降低，知 $\varphi_M > \varphi_N$ ；

因为带电粒子带负电，所以 $E_{PM} < E_{PN}$ ；

因为只在电场力作用下，所以电势能与动能之和不变，所以 $v_M > v_N$



【答案】3. D

50. 2018 年江苏卷 5 题. 如图所示, 水平金属板 A 、 B 分别与电源两极相连, 带电油滴处于静止状态. 现将 B 板右端向下移动一小段距离, 两金属板表面仍均为等势面, 则该油滴

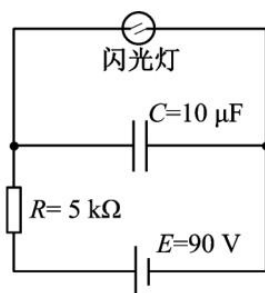


- (A) 仍然保持静止
- (B) 竖直向下运动
- (C) 向左下方运动
- (D) 向右下方运动

【解析】运动后, 电场强度因距离增大而减小, 电场力减小, 但向右偏, 所以向右下方运动。

【答案】5. D

51. 2018 年江苏卷 8 题. 如图所示, 电源 E 对电容器 C 充电, 当 C 两端电压达到 80 V 时, 闪光灯瞬间导通并发光, C 放电. 放电后, 闪光灯断开并熄灭, 电源再次对 C 充电. 这样不断地充电和放电, 闪光灯就周期性地发光. 该电路



- (A) 充电时, 通过 R 的电流不变
- (B) 若 R 增大, 则充电时间变长
- (C) 若 C 增大, 则闪光灯闪光一次通过的电荷量增大
- (D) 若 E 减小为 85 V , 闪光灯闪光一次通过的电荷量不变

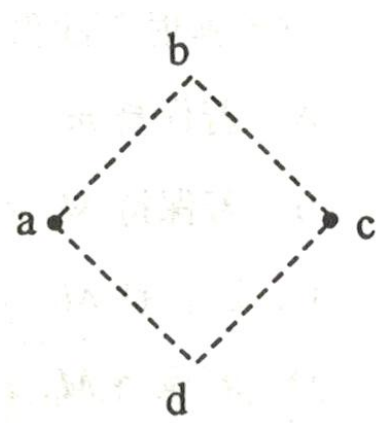
【解析】充电时, 通过 R 的电流逐渐减小, A 错误; R 增大, 传递到 C 的电压变小, 则充电时间变长, B 正确; 根据 $Q = CU$, 若 C 增大, 则闪光灯闪光一次通过的电荷量增大, C 正确; 因为当 C 两端电压达到 80 V 时, 闪光灯瞬间导通并发光, 所以若 E 减小为 85 V , 闪光灯闪光一次通过的电荷量不变, D 正确。

【答案】8. BCD

52. 2018 年海南物理卷第 9 题

9. 如图, a 、 b 、 c 、 d 为一边长为 l 的正方形的顶点。电荷量均为 q ($q > 0$) 的两个点电荷分别固定在 a 、 c 两点, 静电力常量为 k 。不计重力。下列说法正确的是

- A. b 点的电场强度大小为 $\frac{\sqrt{2}kq}{l^2}$
- B. 过 b 、 d 点的直线位于同一等势面上
- C. 在两点电荷产生的电场中, ac 中点的电势最低
- D. 在 b 点从静止释放的电子, 到达 d 点时速度为零



9. 【解析】 $E_b = 2 \frac{kq}{l^2} \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}kq}{l^2}$, b 与 d 等势
