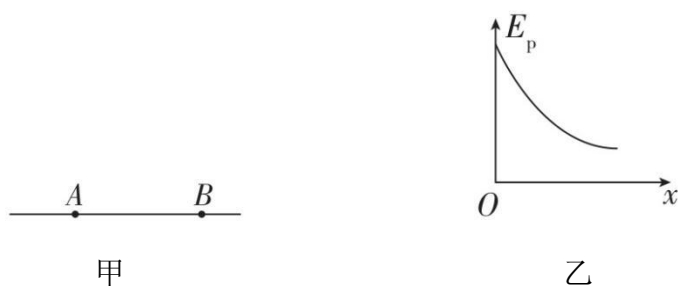


课时作业 44 电场中功能关系及图像问题

基础达标练

1. [2024·黑龙江二模]如图甲所示, AB 是某电场中的一条电场线, 若有一电子以某一初速度且仅在电场力的作用下沿 AB 由 A 点运动到 B 点, 其电势能 E_p 随距 A 点的距离 x 变化的规律如图乙所示。下列说法正确的是 ()

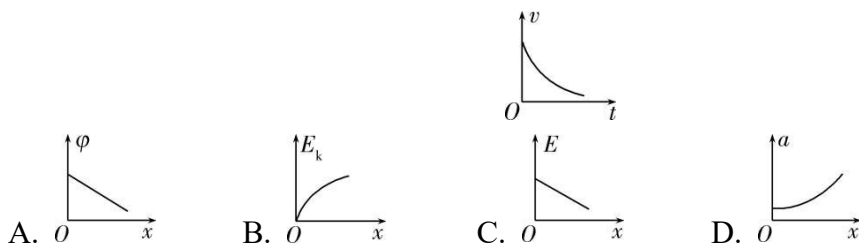


- A. 电场的方向由 A 指向 B
 B. A 点的电场强度小于 B 点的电场强度
 C. 电子在 A 点的速度小于在 B 点的速度
 D. 若一质子以同一初速度由 A 点释放, 一定能运动到 B 点

【答案】C

【解析】由题图乙可知, 电子的电势能减小, 则电场力做正功, 电子的速度变大, 又电子带负电, 故电场的方向由 B 指向 A , A 错误, C 正确; $E_p - x$ 图像的斜率表示电场力, 可知 A 点的电场强度大于 B 点的电场强度, B 错误; 由电场强度方向可知, 质子所受电场力做负功, 质子有可能运动到 B 点前减速为零, D 错误。

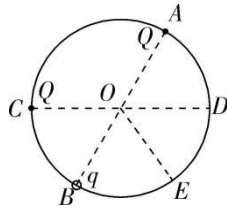
2. 一带负电粒子在电场中仅受静电力作用沿 x 轴正方向做直线运动的 $v - t$ 图像如图所示, 起始点 O 为坐标原点, 下列关于电势 φ 、粒子的动能 E_k 、电场强度 E 、粒子加速度 a 与位移 x 的关系图像中可能合理的是 ()



【答案】C

【解析】由 $v-t$ 图像可知速度减小，且加速度逐渐减小，静电力做负功，动能逐渐减小，而电场强度 $E = \frac{F}{q} = \frac{ma}{q}$ ，所以沿 x 轴正方向场强逐渐减小，则电势不是均匀减小的，所以 A、B、D 错误，C 可能合理。

3. 如图所示，半径为 R 的光滑绝缘圆环固定在竖直面内，圆环上直径 AB 、 CD 之间的夹角为 60° ， OE 与 OB 之间的夹角也为 60° 。在 A 、 C 两点分别固定电荷量均为 Q 的正点电荷，电荷量为 q 的带正电小环由 B 点静止释放。已知点电荷周围某点的电势 $\varphi = k\frac{Q}{r}$ ，式中 Q 为点电荷的电荷量， r 为该点到点电荷的距离， k 为静电力常量，不计带电小环的重力，则带电小环运动到 E 点时的动能为（ ）



A. $\frac{(9-4\sqrt{3})kqQ}{6R}$

B. $\frac{(9+4\sqrt{3})kqQ}{6R}$

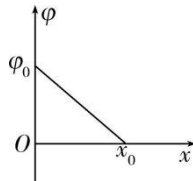
C. $\frac{(3-2\sqrt{3})kqQ}{3R}$

D. $\frac{(9-2\sqrt{3})kqQ}{6R}$

【答案】A

【解析】 A 和 C 两点处点电荷在 B 点的电势为 $\varphi_B = k\frac{Q}{R} + k\frac{Q}{2R} = \frac{3kQ}{2R}$ ，在 E 点的电势为 $\varphi_E = 2k\frac{Q}{2R\sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}kQ}{3R}$ ，小环从 B 点运动到 E 点，由能量守恒定律有 $q\varphi_B = q\varphi_E + E_k$ ，解得 $E_k = \frac{(9-4\sqrt{3})kqQ}{6R}$ ，故选 A。

4. 多选 空间存在平行于 x 轴方向的静电场，其电势 φ 随 x 的分布如图所示。一质量为 m 、电荷量大小为 q 的带电粒子从坐标原点 O 由静止开始，仅在电场力作用下沿 x 轴正方向运动。则下列说法正确的是（ ）



A. 该粒子带正电

B. 空间存在的静电场场强 E 是沿 x 轴正方向均匀减小的

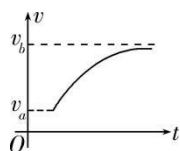
C. 该粒子从原点 O 运动到 x_0 过程中，电势能减小

D. 该粒子运动到 x_0 处的速度是 $\sqrt{\frac{q\varphi_0}{2m}}$

【答案】AC

【解析】沿电场线方向电势降低，由题图可知电场方向沿 x 轴正方向，带电粒子仅在电场力作用下由静止开始沿 x 轴正方向运动，受力方向与电场方向一致，带电粒子带正电，A正确；沿 x 轴正方向电势均匀降低，电场为匀强电场，B错误；沿 x 轴正方向运动，电场力做正功，电势能减小，C正确；根据动能定理得 $q\varphi_0 = \frac{1}{2}mv^2$ ，解得 $v = \sqrt{\frac{2q\varphi_0}{m}}$ ，D错误。

5. 多选 a 、 b 是某电场中的一条电场线上的两点，一正电荷仅在电场力作用下，沿电场线从 a 点运动到 b 点过程中的速度-时间图像如图所示，下列关于 a 、 b 两点电场强度 E 的大小和电势 φ 的高低判断正确的是（ ）

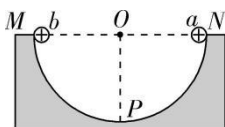


A. $E_a > E_b$ B. $E_a < E_b$ C. $\varphi_a > \varphi_b$ D. $\varphi_a < \varphi_b$

【答案】AC

【解析】速度-时间图像的斜率表示加速度，可知正电荷从 a 运动到 b 的过程中做加速度减小的加速运动，而 $qE = ma$ ，则 a 点场强大于 b 点场强，故A正确，B错误；场强方向由 a 指向 b ，则 a 点电势高于 b 点电势，故C正确，D错误。

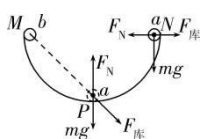
6. 多选 如图所示，半圆槽光滑、绝缘、固定，圆心是 O 点，最低点是 P 点，直径 MN 水平。 a 、 b 是两个完全相同的带正电小球（视为点电荷）， b 固定在 M 点， a 从 N 点由静止释放，沿半圆槽运动经过 P 点到达某点 Q （图中未画出）时速度为零。则小球 a （ ）



A. 从 N 到 Q 的过程中，重力与库仑力的合力先增大后减小
 B. 从 N 到 P 的过程中，速率先增大后减小
 C. 从 N 到 Q 的过程中，电势能一直增加
 D. 从 P 到 Q 的过程中，动能减少量小于电势能增加量

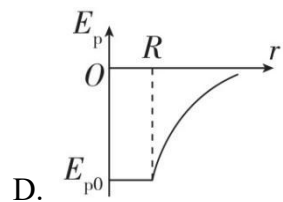
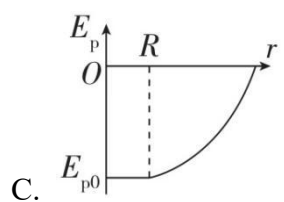
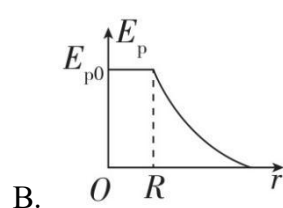
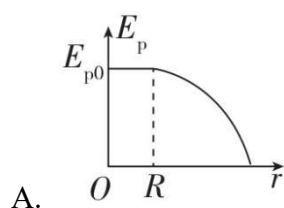
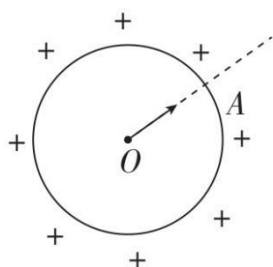
【答案】BC

【解析】小球 a 从 N 点由静止释放，过 P 点后到 Q 点速度为零，整个运动过程只有重力和库仑力做功，库仑力做负功，电势能一直增加，故 C 正确；小球 a 从 N 到 Q 的过程中，重力不变，库仑力增大，库仑力与重力的夹角减小，所以它们的合力一直增大，故 A 错误；小球 a 受力如图所示，在靠近 N 点的位置，合力与速度的夹角小于 90° ，在 P 点合力与速度的夹角大于 90° ，所以小球 a 从 N 到 P 的过程中，速率先增大后减小，故 B 正确；根据能量守恒定律可知，小球从 P 到 Q 的过程中，其动能的减少量等于重力势能和电势能的增加量之和，故 D 错误。



能力强化练

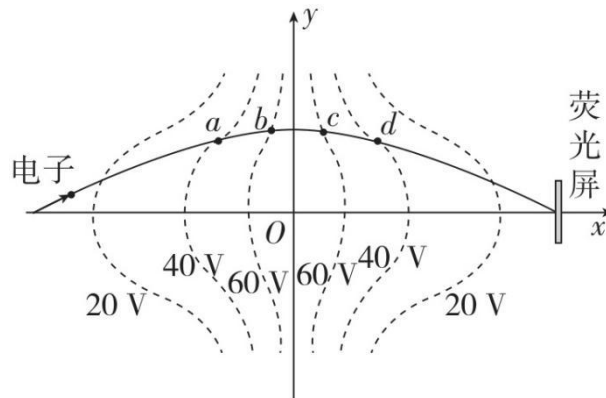
7. [2024·山东青岛模拟]如图所示，半径为 R 的均匀带正电的薄球壳，其上有一小孔 A （未画出）。已知壳内的场强处处为零，壳外空间的电场，与将球壳上的全部电荷集中于球心 O 时在壳外产生的电场一样。一带负电的试探电荷（不计重力）从球心以足够大的初速度沿 OA 方向射出。取无穷远处为零电势点，下列关于试探电荷的电势能 E_p 与离开球心的距离 r 的关系，可能正确的是（ ）



【答案】D

【解析】由于球壳内的场强处处为零，试探电荷在球壳内不受电场力，电场力不做功，试探电荷的电势能保持不变。球壳外的场强随离球心的距离 r 的增大而减小，带负电的试探电荷受到的电场力方向与速度方向相反，电场力做负功，试探电荷的电势能随 r 的增大而增大，但增加得越来越慢。故选 D。

8. [2024·广东佛山二模]静电透镜是利用静电场使电子束会聚或发散的一种装置。如图，一电子在电场中仅受电场力的作用，实线描绘出了其运动轨迹，虚线表示等势线，各等势线关于 y 轴对称， a 、 b 、 c 、 d 分别是轨迹与等势线的交点。已知电子在经过 a 点时动能为 60eV ，各等势线的电势已标注在图中，则 ()

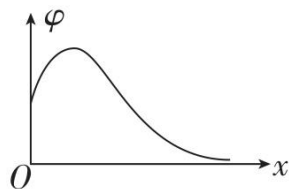


- A. a 、 d 两点的电场强度相同
- B. 电子从 a 点运动到 b 点时，电场力做负功
- C. 电子从 c 点运动到 d 点时，电势能逐渐减小
- D. 电子在经过 d 点时的动能为 60eV

【答案】D

【解析】各等势面关于 y 轴对称，疏密相同，所以电场线疏密也相同，场强大小相等；根据等势线与电场线垂直，可知 a 、 d 两点的电场强度方向不同，所以 a 、 d 两点的电场强度不同，故 A 错误；根据等势线与电场线垂直，故电子在 y 轴左侧受到一个斜向右下方的电场力，速度方向沿轨迹的切线方向，则电子从 a 点运动到 b 点时，电场力做正功，故 B 错误；根据负电荷在电势低处电势能大，可知电子从 c 点运动到 d 点时，电势能逐渐增大，故 C 错误； a 、 d 两点的电势相等，故电子从 a 点运动到 d 点时电场力做功代数和为零，所以电子在经过 d 点时的动能为 60eV ，故 D 正确。

9. [2024·河北保定模拟]如图所示为某静电场中 x 正半轴上电势 φ 随 x 变化的规律图像,一个带电粒子在 x 轴坐标原点 O 由静止释放,粒子仅在电场力作用下沿 x 轴正方向运动,粒子沿 x 轴正方向运动过程中,下列说法正确的是()



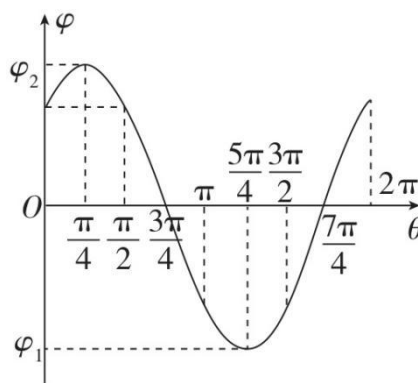
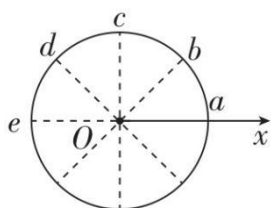
- A. 粒子带正电
B. 电势能先减小后增大
C. 电势能的最小值为零
D. 加速度先减小后增大

【答案】B

【解析】粒子从静止开始沿 x 轴正方向运动,可知所受电场力方向先沿 x 轴正方向,由题图可知电势先升高,则电场强度方向先沿 x 轴负方向,表明粒子带负电,故A错误;由题图可知电势先升高后降低,粒子在沿 x 轴正方向运动过程中,粒子电势能先减小后增大,由能量守恒定律可知,粒子的动能先增大后减小,根据 $E_p = q\varphi$ 再结合图像可知,电势的最小值为负值,故B正确,C错误; $\varphi - x$ 图像的切线斜率先减小后增大再减小,因此电场强度先减小后增大再减小,加速度先减小后增大再减小,故D错误。

素养综合练

10. [2024·广东广州三模]多选 为测定纸面内匀强电场的场强,在电场中取 O 点为坐标原点建立 x 轴,以 O 为圆心、 R 为半径作圆。如图甲所示, b 、 c 、 d 是半圆 ace 的等分点。从 x 轴上的 a 点开始沿逆时针方向,测量圆上各点的电势及各点所在半径与 x 轴正方向的夹角,描绘图像如图乙所示,则()



甲

乙

- A. a 、 d 两点电势相等
 B. 电场强度沿 aO 方向
 C. 场强大小为 $\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2R}$
 D. $U_{de} > U_{bc}$

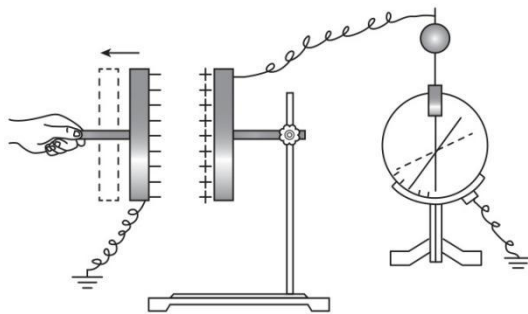
【答案】CD

【解析】根据题图乙可知， a 点电势大于0， d 点电势等于0，则 a 、 d 两点电势不相等，故A错误；根据题图乙可知， a 、 c 两点电势相等，且大于 d 点电势，则 a 、 c 两点连线为一条等势线，由于电场线垂直于等势线，而沿电场线方向电势降低，则电场强度沿 bO 方向，故B错误； b 点电势为 φ_2 ，与 b 点关于圆心对称的点的电势为 φ_1 ，结合上述可知 $E = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2R}$ ，故C正确；电场强度方向沿 bO 方向，根据电势差与电场强度的关系有 $U = Ed$ ，根据题图甲可知， b 、 c 两点连线在电场方向的投影长度小于 d 、 e 两点连线在电场方向的投影长度，则有 $U_{de} > U_{bc}$ ，故D正确。

课时作业 45 电容器 带电粒子在电场中的运动

基础达标练

1. [2024·浙江6月选考卷·6, 3分] 图示是“研究电容器两极板间距对电容大小的影响”实验，保持电荷量不变，当极板间距增大时，静电计指针张角增大，则（ ）



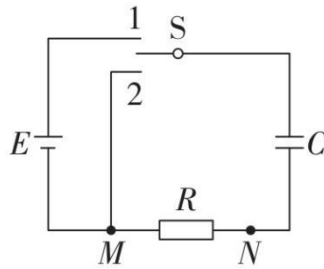
- A. 极板间电势差减小
 B. 电容器的电容增大
 C. 极板间电场强度增大
 D. 电容器储存能量增大

【答案】D

【解析】根据 $Q = CU$ 、 $C = \frac{\varepsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，当极板间距增大时电容减小，由于电容器的带电荷量不变，极板间电势差增大，故A、B错误；根据 $E = \frac{U}{d}$ 得 $E = \frac{4\pi k Q}{\varepsilon_r S}$ ，当

极板间距增大时，场强不变，故 C 错误；增大极板间距，需要克服电场力做功，电容器储存能量增大，故 D 正确。

2. [2024·甘肃卷·7, 4分]一平行板电容器充放电电路如图所示。开关 S 接 1，电源 E 给电容器 C 充电；开关 S 接 2，电容器 C 对电阻 R 放电。下列说法正确的是 ()

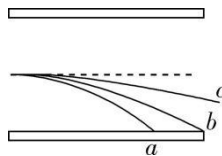


- A. 充电过程中，电容器两极板间电势差增加，充电电流增加
- B. 充电过程中，电容器的上极板带正电荷，流过电阻 R 的电流由 M 点流向 N 点
- C. 放电过程中，电容器两极板间电势差减小，放电电流减小
- D. 放电过程中，电容器的上极板带负电荷，流过电阻 R 的电流由 N 点流向 M 点

【答案】C

【解析】充电过程中，随着电容器带电荷量的增加，电容器两极板间电势差增加，充电电流在减小，故 A 错误；根据电路图可知，充电过程中，电容器的上极板带正电荷，流过电阻 R 的电流由 N 点流向 M 点，故 B 错误；放电过程中，随着电容器带电荷量的减小，电容器两极板间电势差减小，放电电流在减小，故 C 正确；根据电路图可知，放电过程中，电容器的上极板带正电荷，流过电阻 R 的电流由 M 点流向 N 点，故 D 错误。

3. **多选** 如图所示，三个相同的带电粒子 a 、 b 、 c (不计重力) 同时从同一位置沿同一方向垂直于电场线射入平行板电容器间的匀强电场，它们的运动轨迹已标出，不考虑带电粒子间的相互作用，下列说法中正确的是 ()



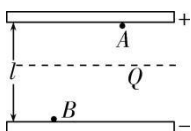
- A. b 飞离电场的同时， a 刚好打在下极板上
- B. b 和 c 同时飞离电场
- C. 进入电场时， c 的速度最大， a 的速度最小

D. 在电场中运动的过程中， c 的动能增加量最小， a 、 b 的动能增加量相同

【答案】ACD

【解析】三个粒子相同，故进入电场后，受到的电场力相同，即加速度相同，在竖直方向上均做初速度为零的匀加速直线运动，偏移量 $y = \frac{1}{2}at^2$ ，则 $t_a = t_b > t_c$ ，故B错误，A正确；三个粒子在水平方向上均做匀速直线运动，故有 $v = \frac{x}{t}$ ，因为 $x_b = x_c > x_a$ ， $t_a = t_b > t_c$ ，所以有 $v_c > v_b > v_a$ ，故C正确；根据动能定理有 $qU = Eqy = \Delta E_k$ ，可知 c 的动能增加量最小， a 、 b 的动能增加量相同，故D正确。

4. 如图所示，一充电后的平行板电容器的两极板相距 l ，在正极板附近有一质量为 m 、电荷量为 q_1 ($q_1 > 0$)的粒子A；在负极板附近有一质量也为 m 、电荷量为 $-q_2$ ($q_2 > 0$)的粒子B，仅在电场力的作用下两粒子同时从静止开始运动。已知两粒子同时经过一平行于正极板且与其相距 $\frac{3}{7}l$ 的平面Q，两粒子间相互作用力可忽略，不计粒子重力，则以下说法正确的是 ()

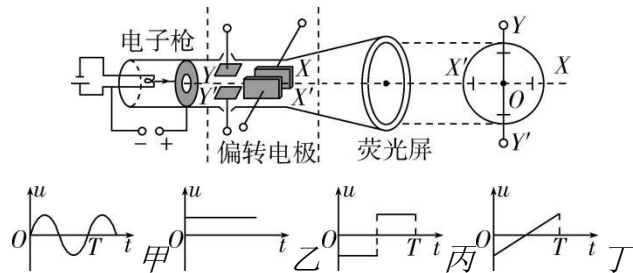


- A. 电荷量 q_1 与 q_2 的比值为 3:7
- B. 电荷量 q_1 与 q_2 的比值为 3:4
- C. 粒子A、B通过平面Q时的速度大小之比为 9:16
- D. 粒子A、B通过平面Q时的速度大小之比为 3:7

【答案】B

【解析】设电场强度大小为 E ，两粒子的运动时间相同，对粒子A，有 $a_1 = \frac{q_1 E}{m}$ ， $\frac{3}{7}l = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_1 E}{m} \cdot t^2$ ，对粒子B，有 $a_2 = \frac{q_2 E}{m}$ ， $\frac{4}{7}l = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_2 E}{m} \cdot t^2$ ，联立解得 $\frac{q_1}{q_2} = \frac{3}{4}$ ，选项A错误，B正确；由动能定理得 $qEx = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ ，解得 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{3}{4}$ ，选项C、D错误。

5. 示波器可以用来观察电信号随时间变化的情况，其核心部件是示波管，其原理如图， XX' 为水平偏转电极， YY' 为竖直偏转电极。已知 T 很小，以下说法正确的是 ()

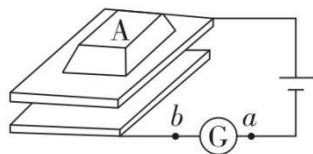


- A. XX' 加图丙波形电压、 YY' 不加信号电压，屏上出现一个亮点
- B. XX' 加图乙波形电压、 YY' 加图甲波形电压，屏上将出现两条竖直亮线
- C. XX' 加图丁波形电压， YY' 加图乙波形电压，屏上将出现一条竖直亮线
- D. XX' 加图丁波形电压， YY' 加图甲波形电压，屏上将出现图甲所示图线

【答案】D

【解析】 YY' 不加信号电压，竖直侧移为0， XX' 加图丙波形电压，屏上出现两个亮点，故A错误； XX' 加图乙波形电压，则水平方向侧移一定， YY' 加图甲波形电压，则竖直方向侧移呈现正弦式规律变化，则屏上将出现一条竖直亮线，故B错误； XX' 加图丁波形电压，为扫描电压，水平方向侧移在均匀变化， YY' 加图乙波形电压，电压一定，竖直方向侧移一定，则屏上将出现一条水平亮线，故C错误； XX' 加图丁波形电压， YY' 加图甲波形电压，则屏上将出现图甲所示图线，故D正确。

6. [2024·广西南宁模拟] **多选** 计算机键盘的每一个键下面都粘连一小块金属片，与该金属片隔有一定空隙的是另一块小的固定金属片，这两块金属片组成一个小电容器。电路简化如图所示，G为电流计。当键被按下时（ ）

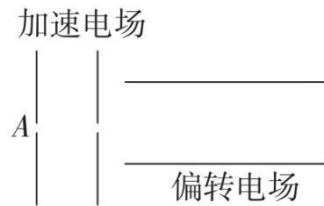


- A. 稳定后两金属片之间的电压变小
- B. 小电容器的电容变大
- C. 按下过程中电流从**b**向**a**流过电流计
- D. 小电容器的带电荷量减小

【答案】BC

【解析】稳定后两金属片之间的电压始终等于电源电动势，A 错误；键被按下，两金属片之间的距离 d 减小，由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，电容增大，由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，小电容器的带电荷量增大，即小电容器处于充电状态，电路中电流方向由 b 到 a 流过电流计，B、C 正确，D 错误。

7. [2024 · 广东东莞模拟] 如图所示，让 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^4_2\text{He}$ 的混合物由静止开始从 A 点经同一加速电场加速，然后穿过同一偏转电场。下列说法正确的是 ()



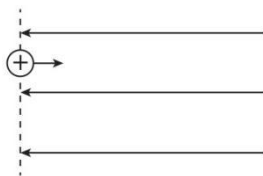
- A. 进入偏转电场时三种粒子具有相同的速度
- B. 进入偏转电场时三种粒子具有相同的动能
- C. 三种粒子从不同位置沿不同方向离开偏转电场
- D. 三种粒子从相同位置沿相同方向离开偏转电场

【答案】D

【解析】设粒子的质量为 m ，电荷量为 q ，加速电场电压为 U_1 ，偏转电场电压为 U_2 ，板长为 L ，板间距离为 d ；粒子经过加速电场过程，根据动能定理可得 $qU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$ ，得 $v_0 = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$ ，可知 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 进入偏转电场时具有相同的动能， ${}^4_2\text{He}$ 进入偏转电场时的动能最大； ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ 进入偏转电场时具有相同的速度， ${}^1_1\text{H}$ 进入偏转电场时的速度最大，故 A、B 错误。粒子经过偏转电场的过程做类平抛运动，则有 $L = v_0 t$ ， $y = \frac{1}{2}at^2$ ， $v_y = at$ ， $a = \frac{qU_2}{md}$ ，联立可得 $y = \frac{U_2 L^2}{4dU_1}$ ，粒子离开偏转电场时速度方向与水平方向的夹角 θ 满足 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{U_2 L}{2dU_1}$ ，可知粒子经过偏转电场的偏转位移与粒子的电荷量和质量均无关，则 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^4_2\text{He}$ 经过加速电场和偏转电场的轨迹相同，三种粒子从相同位置沿相同方向离开偏转电场，故 C 错误，D 正确。

能力强化练

8. [2024·广东珠海模拟] **多选** 一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子（重力不计）以速度 v_0 逆着电场线方向射入有左边界的匀强电场，电场强度为 E （如图所示），则（ ）

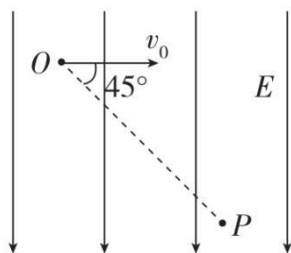


- A. 粒子射入的最大深度为 $\frac{mv_0^2}{qE}$
- B. 粒子射入的最大深度为 $\frac{mv_0^2}{2qE}$
- C. 粒子在电场中运动的最长时间为 $\frac{mv_0}{qE}$
- D. 粒子在电场中运动的最长时间为 $\frac{2mv_0}{qE}$

【答案】BD

【解析】粒子从射入到速度为零，由动能定理得 $-Eqx_{\max} = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，最大深度 $x_{\max} = \frac{mv_0^2}{2qE}$ ，由 $v_0 = at$ 、 $a = \frac{Eq}{m}$ 可得 $t = \frac{mv_0}{Eq}$ ，由对称性可得粒子在电场中运动的最长时间为 $t_{\max} = 2t = \frac{2mv_0}{Eq}$ ，B、D正确，A、C错误。

9. [2024·吉林长春模拟] 如图所示，空间存在着竖直向下的匀强电场，一个质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$)的带电粒子以水平方向的初速度 v_0 由 O 点射入，刚好通过竖直平面内的 P 点，已知 O 、 P 连线与初速度方向的夹角为 $\theta = 45^\circ$ ，不计粒子的重力，则 O 、 P 两点间的电势差 U_{OP} 为（ ）



- A. $\frac{mv_0^2}{2q}$
- B. $\frac{mv_0^2}{q}$
- C. $\frac{2mv_0^2}{q}$
- D. $\frac{5mv_0^2}{2q}$

【答案】C

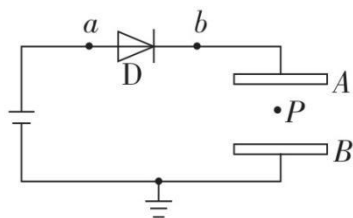
【解析】粒子所带电荷量为正，则其所受的静电力方向竖直向下，设 OP 长度为 L ，分析可知，粒子在电场中做类平抛运动，根据平抛运动规律，在竖直方向有

$L\sin\theta = \frac{1}{2}at^2$ ，水平方向有 $L\cos\theta = v_0t$ ，由牛顿第二定律有 $qE = ma$ ，即 $a = \frac{qE}{m}$ ，

则 O 、 P 两点间的电势差 $U_{OP} = EL\sin\theta$ ，联立解得 $U_{OP} = \frac{2mv_0^2}{q}$ ，C正确，A、B、D

错误。

10. [2024·安徽五校联盟联考]如图所示，D是一只理想二极管，电流只能从 a 流向 b ，而不能从 b 流向 a 。平行板电容器的 A 、 B 两极板间有一带电油滴，电荷量为 q （电荷量很小不会影响两极板间电场的分布），带电油滴在 P 点处于静止状态。以 Q 表示电容器储存的电荷量， U 表示两极板间电压， φ_P 表示 P 点的电势， E_P 表示带电油滴在 P 点的电势能。若保持极板 A 不动，将极板 B 稍向下平移，则下列说法中正确的是（ ）



- A. Q 减小 B. U 减小 C. φ_P 减小 D. E_P 减小

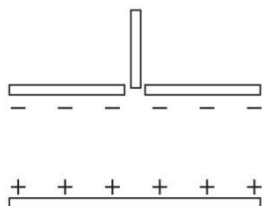
【答案】D

【解析】保持极板 A 不动，将极板 B 稍向下平移，板间距离 d 增大，根据电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 知，电容 C 减小；电容器的电压不变时，则电容器所带电荷量将要减小，由于二极管具有单向导电性，所以电容器的电荷量 Q 保持不变；由于电容 C 减小，由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$ ，可知两极板间电压 U 变大；根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ ， $C = \frac{Q}{U}$ ， $E = \frac{U}{d}$ ，可得 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$ ，板间电场强度 E 不变， P 点与 B 板间电势差 $U_{PB} = Ed_{PB}$ ， U_{PB} 增大，根据 $U_{PB} = \varphi_P - \varphi_B$ 可知 P 点的电势增大，根据平衡条件可知带电油滴带负电，根据 $E_P = q\varphi_P$ 可知油滴在 P 点的电势能 E_P 减小，A、B、C错误，D正确。

素养综合练

11. **多选** 如图所示，水平放置的平行板电容器间存在着竖直向上的匀强电场，电容器外无电场，上极板中心有一小孔。现将一长度为 L 的均匀带电绝缘细杆的下端对齐小孔，然后由静止释放，细杆下落的最大距离为 $\frac{2}{3}L$ （未到达下极板）。

已知绝缘细杆的质量为 m 、总带电荷量为 q ，重力加速度为 g ，不计空气阻力，则下列说法正确的是（ ）



- A. 细杆带正电
- B. 细杆下降过程中的加速度先增大后减小
- C. 从静止释放到下落至最低点的过程中，细杆的电势能增加了 $\frac{2}{3}mgL$
- D. 平行板电容器间的电场强度大小为 $\frac{3mg}{q}$

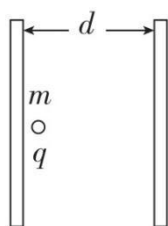
【答案】ACD

【解析】若细杆带负电，则细杆将受到竖直向下的电场力，所以细杆会一直加速，根据题意，细杆应先向下加速后向下减速，则细杆带正电，故 A 正确；设进入电场的细杆长度为 x ，则 $mg - qE\frac{x}{L} = ma$ ，所以随着细杆下落，进入电场的长度 x 不断增大，加速度应先向下减小后向上增大，故 B 错误；从静止释放到下落至最低点的过程中，细杆增加的电势能等于减少的重力势能 $\frac{2}{3}mgL$ ，故 C 正确；由动能定理得 $mg \cdot \frac{2}{3}L - \bar{F} \cdot \frac{2}{3}L = 0$ ，由于细杆所受电场力为 $F = qE\frac{x}{L}$ ，即细杆进入电场所受电场力与进入电场的细杆长度成正比，所以 $\bar{F} = \frac{0 + \frac{2}{3}qE}{2}$ ，解得 $E = \frac{3mg}{q}$ ，故 D 正确。

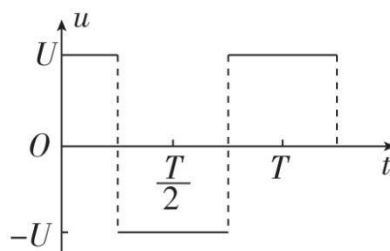
课时作业 46 带电粒子在电场中运动的综合问题

基础达标练

1. [2024·甘肃兰州模拟]如图甲，一平行板电容器两板间距为 d ，在一板内侧附近有一电荷量为 q 、质量为 m 的正离子（不计重力及初速度），为使该离子能在两极板间来回振动而不撞在两极板上，在两极板间加上如图乙所示的交流电压，此交流电压的周期应满足（ ）



甲



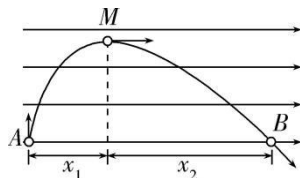
乙

- A. $T < 4d\sqrt{\frac{m}{qU}}$ B. $T > 4d\sqrt{\frac{m}{qU}}$
 C. $T < 2d\sqrt{\frac{m}{qU}}$ D. $T > 2d\sqrt{\frac{m}{qU}}$

【答案】A

【解析】 设周期为 T_0 时，正离子从左极板向右运动，先做 $\frac{T_0}{4}$ 的匀加速运动，再做 $\frac{T_0}{4}$ 的匀减速运动，到达右极板时，速度恰好减为零，然后再反向做 $\frac{T_0}{4}$ 的匀加速运动、 $\frac{T_0}{4}$ 的匀减速运动，到达左极板，此后重复上述运动。根据题图乙可知，加速和减速运动的加速度大小相同，位移相同，加速度大小为 $a = \frac{Uq}{dm}$ ，则匀加速运动的末速度 $v = at = \frac{Uq}{dm} \cdot \frac{T_0}{4}$ ，又由动能定理得 $\frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}Uq$ ，解得 $T_0 = 4d\sqrt{\frac{m}{qU}}$ ，为使该离子能在两极板间来回振动而不撞在两极板上，则 $T < 4d\sqrt{\frac{m}{qU}}$ ，A 正确，B、C、D 错误。

2. **多选** 一带正电小球从A点竖直向上抛出，在空中存在水平向右的匀强电场，小球运动轨迹如图，A、B两点在同一水平线上，M为轨迹的最高点，小球抛出时动能为16J，在M点的动能为8J，不计空气阻力。则（ ）

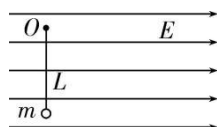


- A. 小球水平位移 x_1 与 x_2 的比值为 1:4
 B. 小球水平位移 x_1 与 x_2 的比值为 1:3
 C. 小球落到B点时的动能为 48J
 D. 小球从A点运动到B点过程中最小动能为 8J

【答案】BC

【解析】小球在竖直方向上做竖直上抛运动，根据对称性可知，从A点至M点和从M点至B点的时间 t 相等，小球在水平方向上做初速度为零的匀加速直线运动，则 $\frac{x_1}{x_2} = \frac{1}{3}$ ，A 错误，B 正确；小球从A到M，由功能关系知在水平方向上电场力做功为 $W_1 = Fx_1 = 8\text{J}$ ，则从A到B电场力做功为 $W = F(x_1 + x_2) = 4W_1 = 32\text{J}$ ，根据能量守恒定律可知，小球运动到B点时的动能为 $E_{kB} = E_{k0} + W = 16\text{J} + 32\text{J} = 48\text{J}$ ，C 正确；小球的运动方向与加速度的方向垂直时，小球的速度最小，则小球从A到B过程中最小速度一定与等效重力 G' 垂直，位置在A、M之间，最小动能小于8J，D 错误。

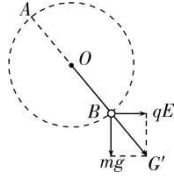
3. 多选 如图所示，可视为质点的质量为 m 且电荷量为 q 的带正电小球，用一绝缘轻质细绳悬挂于O点，绳长为 L ，现加一水平向右的足够大的匀强电场，电场强度大小 $E = \frac{3mg}{4q}$ ，小球初始位置在最低点，若给小球一个水平向右的初速度，使小球能够在竖直面内做圆周运动，忽略空气阻力，重力加速度为 g 。则下列说法正确的是（ ）



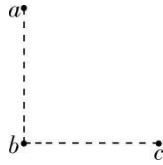
- A. 小球在运动过程中机械能守恒
- B. 小球在运动过程中机械能不守恒
- C. 小球在运动过程中的最小速度至少为 \sqrt{gL}
- D. 小球在运动过程中的最大速度至少为 $\frac{5}{2}\sqrt{gL}$

【答案】BD

【解析】小球在运动的过程中，电场力做功，机械能不守恒，故A 错误，B 正确；如图所示，小球在电场中运动的等效最高点和等效最低点分别为A点和B点，等效重力 $G' = \frac{5}{4}mg$ ，小球在A点的最小速度 v_1 满足 $G' = m\frac{v_1^2}{L}$ ，解得 $v_1 = \frac{\sqrt{5gL}}{2}$ ，故C 错误；小球由A点运动到B点，由动能定理有 $G' \cdot 2L = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ，解得 $v_2 = \frac{5}{2}\sqrt{gL}$ ，故D 正确。



4. 如图，在竖直平面内有 a 、 b 、 c 三点， a 点在 b 点正上方， b 、 c 连线水平。现将一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电小球从 a 点以初速度 v_0 抛出。第一次沿水平方向抛出小球，且空间无电场，小球经过 c 点的速度大小变为 $2v_0$ ；第二次沿某一方向抛出小球，空间存在方向平行于 a 、 b 、 c 所在平面的匀强电场，小球经过 c 点时的速度大小变为 $4v_0$ 。不计空气阻力，重力加速度大小为 g 。下列说法正确的是（ ）

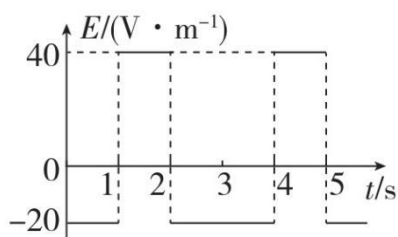


- A. 所加电场的方向水平向左 B. a 、 b 两点之间的高度差为 $\frac{v_0^2}{2g}$
 C. b 、 c 两点之间的距离为 $\frac{6v_0^2}{g}$ D. a 、 c 间的电势差为 $\frac{6mv_0^2}{q}$

【答案】D

【解析】第一次抛出时，空间无电场，小球做平抛运动，竖直方向的分运动为自由落体运动，则 $v_{yc} = \sqrt{(2v_0)^2 - v_0^2} = \sqrt{3}v_0$ ， $h_{ab} = \frac{v_{yc}^2}{2g} = \frac{3v_0^2}{2g}$ ， $t = \frac{v_{yc}}{g} = \frac{\sqrt{3}v_0}{g}$ ，水平方向的分运动为匀速直线运动，则 $x_{bc} = v_0 t = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{g}$ ，B、C 错误；第二次沿某一方向抛出小球，空间有电场，从抛出到 c 点过程，由动能定理可得 $qU_{ac} + mgh_{ab} = \frac{1}{2}m(4v_0)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，解得 a 、 c 间的电势差为 $U_{ac} = \frac{6mv_0^2}{q}$ ，如果所加电场方向水平向左，则 $U_{ac} = U_{bc} < 0$ ，与上述所求结果矛盾，所以所加电场的方向不可能水平向左，A 错误，D 正确。

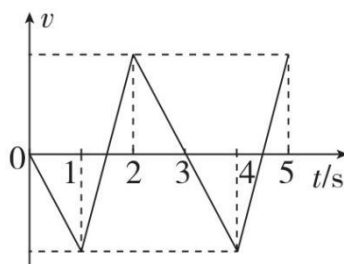
5. [2024·广东河源模拟] **多选** 某电场的电场强度 E 随时间 t 变化规律的图像如图所示。当 $t = 0$ 时，在该电场中由静止释放一个带电粒子，设带电粒子只受静电力作用，则下列说法中正确的是（ ）



- A. 带电粒子将始终向同一个方向运动
 B. 0~3s 内静电力对带电粒子的冲量为 0
 C. 2s 末带电粒子回到原出发点
 D. 0~2s 内，静电力做的总功不为零

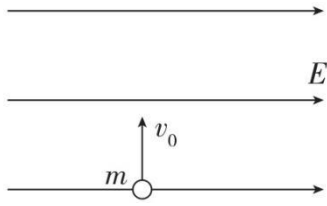
【答案】BD

【解析】 设带电粒子的质量为 m 、电荷量为 q ，由牛顿第二定律可得带电粒子在第 1s 内的加速度大小为 $a_1 = \frac{qE_1}{m}$ ，第 2s 内的加速度大小为 $a_2 = \frac{qE_2}{m}$ ，因 $E_2 = 2E_1$ ，则 $a_2 = 2a_1$ ，则带电粒子先匀加速运动 1s，再匀减速 0.5s 时速度为零，接下来的 0.5s 将反向匀加速，再匀减速， $t = 3s$ 时速度为零， $v-t$ 图像如图所示。由图可知，带电粒子在电场中做往复运动，A 错误；由 $v-t$ 图像可知， $t = 3s$ 时， $v = 0$ ，根据动量定理可知，0~3s 内静电力对带电粒子的冲量为 0，B 正确；由 $v-t$ 图像中图线与 t 轴所围的面积表示位移可知，0~2s 内，带电粒子位移不为零，2s 末没有回到原出发点，C 错误；由 $v-t$ 图像可知， $t = 2s$ 时， $v \neq 0$ ，根据动能定理可知，0~2s 内静电力做的总功不为零，D 正确。



能力强化练

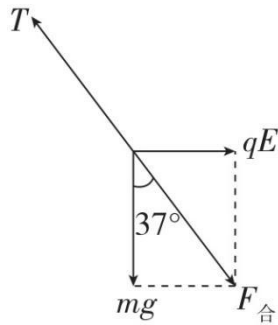
6. [2024·辽宁沈阳模拟] 如图所示，在足够大的真空空间中存在水平向右的匀强电场。若用绝缘细线将质量为 m 的带正电的小球悬挂在电场中，静止时细线与竖直方向的夹角 $\theta = 37^\circ$ 。若将该小球从电场中的某点竖直向上抛出，初速度大小为 v_0 ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ，则小球在运动过程中的最小速率为 ()



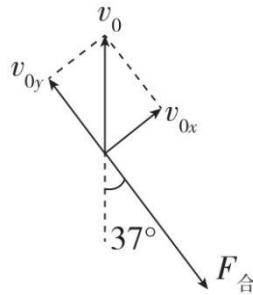
- A. $0.5v_0$ B. $0.6v_0$ C. $0.7v_0$ D. $0.8v_0$

【答案】B

【解析】静止时细线与竖直方向的夹角 $\theta = 37^\circ$ ，小球的受力如图甲所示，可知电场力与重力的合力方向斜向右下，与竖直方向成 37° 角；若将该小球从电场中的某点竖直向上抛出，初速度大小为 v_0 ，将小球的运动分解为沿合力方向的分运动和垂直于合力方向的分运动，如图乙所示，可知小球在垂直于合力方向做匀速直线运动，当沿合力方向的分速度为零时，小球的速度具有最小值，则有 $v_{\min} = v_{0x} = v_0 \sin 37^\circ = 0.6v_0$ ，B正确，A、C、D错误。

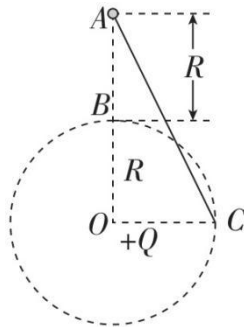


甲



乙

7. [2024·山西太原模拟] **多选** 如图所示，在重力加速度为 g 的空间，有一个带电荷量为 $+Q$ 的场源电荷置于 O 点， B 、 C 是以 O 为圆心、半径为 R 的竖直圆周上的两点， A 、 B 、 O 在同一竖直线上， $AB = R$ ， O 、 C 在同一水平线上。现在有一质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的有孔小球，沿光滑绝缘细杆 AC 从 A 点由静止开始滑下，滑至 C 点时速度的大小为 $\sqrt{5gR}$ ，下列说法正确的是（ ）

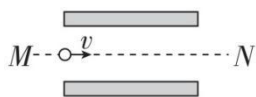


- A. 从A到C小球做匀变速运动
- B. B、A两点间的电势差为 $\frac{mgR}{2q}$
- C. 从A到C小球的机械能守恒
- D. 若从A点自由释放，则小球下落到B点时的速度大小为 $\sqrt{3gR}$

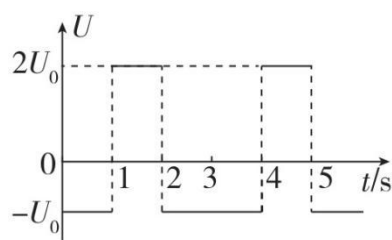
【答案】BD

【解析】小球在运动的过程中，所受库仑力是变力，沿细杆方向的合力不恒定，则从A到C小球做的运动不是匀变速运动，A 错误；小球从A到C的过程中，重力和库仑力都做功，根据动能定理得 $2mgR - qU_{AC} = \frac{1}{2}mv^2$ ，由于 $v = \sqrt{5gR}$ ，则 $U_{AC} = -\frac{mgR}{2q}$ ，因以O为圆心的圆周为等势面，所以A、B间的电势差与A、C间的电势差相等，则B、A间的电势差为 $\frac{mgR}{2q}$ ，B 正确；从A到C，除重力做功外，还有库仑力做功，所以机械能不守恒，C 错误；若从A点自由释放，小球下落到B点时，根据动能定理得 $mgR + qU_{BA} = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$ ，解得 $v_B = \sqrt{3gR}$ ，D 正确。

8. 如图甲，一带电粒子沿平行板电容器中线MN以速度v平行于极板进入（记为 $t = 0$ 时刻），同时在两板上加上按图乙所示变化的电压。已知粒子比荷为k，带电粒子只受静电力的作用且不与极板发生碰撞，经过一段时间，粒子以平行极板方向的速度射出。则下列说法中正确的是（ ）



甲

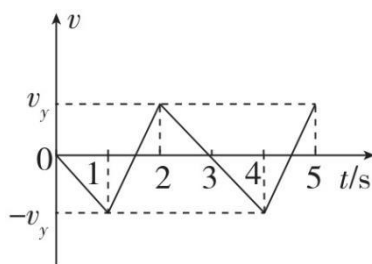


乙

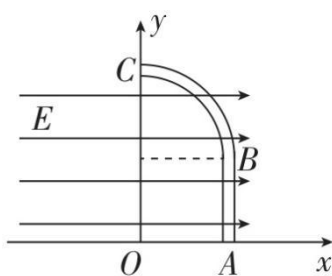
- A. 粒子射出时刻可能为 $t = 4s$
- B. 粒子射出的速度大小为 $2v$
- C. 极板长度满足 $L = 3vn(n = 1,2,3, \dots)$
- D. 极板间最小距离为 $\sqrt{\frac{3kU_0}{2}}$

【答案】D

【解析】粒子进入电容器后，在平行于极板方向做匀速直线运动，垂直于极板方向运动的 $v-t$ 图像如图所示，因为粒子平行极板射出，可知粒子垂直极板的分速度为0，所以射出时刻满足 $t = 1.5n(n = 1, 2, 3, \dots)$ ，粒子射出的速度大小必定为 v ，A、B 错误；极板长度满足 $L = v \cdot 1.5n(n = 1, 2, 3, \dots)$ ，C 错误；因为粒子不跟极板碰撞，则应满足 $\frac{d}{2} \geq \frac{1}{2}v_y \times 1.5$ ， $v_y = a \times 1$ ， $a = \frac{qU_0}{md}$ ，联立求得 $d \geq \sqrt{\frac{3}{2}}kU_0$ ，D 正确。



9. [2024 · 皖豫名校联盟联考] 多选 如图所示为一固定在竖直面内的光滑绝缘细管轨道，A点与x轴相交，C点与y轴相交，轨道AB段竖直，长度为0.7m，BC段是半径为0.7m的四分之一圆弧，与AB相切于B点。一质量为 $m = 0.1\text{kg}$ 、直径略小于细管内径的带电小球从A点以初速度 v_0 射入轨道，小球到达最高点C时恰好与轨道没有作用力。已知小球带0.01C的正电荷，在x轴上方存在着电场强度大小为 100N/C 、方向水平向右的匀强电场，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，则下列说法正确的是（ ）



- A. 小球的初速度 v_0 为6m/s
- B. 小球的初速度 v_0 为7m/s
- C. 小球从C点射出后运动轨迹与x轴交点横坐标为0
- D. 小球从C点射出后运动轨迹与x轴交点横坐标为-0.7m

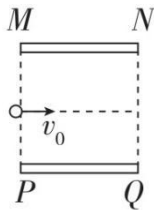
【答案】BC

【解析】因小球到达最高点时与轨道没有作用力，说明自身重力完全提供向心力，有 $mg = m\frac{v^2}{r}$ ，小球从A点到C点的运动过程中，根据动能定理，有 $-mg \cdot 2r -$

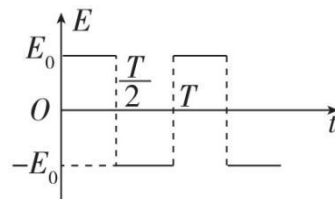
$qEr = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v_0 = 7\text{m/s}$, A 错误, B 正确; 小球从 C 点射出, 水平方向做匀减速直线运动, 初速度大小为 $v = \sqrt{gr} = \sqrt{7}\text{m/s}$, 加速度大小为 $a = \frac{qE}{m} = 10\text{m/s}^2$, 竖直方向为自由落体运动, 运动到 x 轴时, 有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{4r}{g}} = \frac{\sqrt{7}}{5}\text{s}$, 则此时横坐标为 $x = -vt + \frac{1}{2}at^2 = 0$, C 正确, D 错误。

素养综合练

10. [2024·湖北武汉模拟]如图甲所示, 两平行金属板 MN、PQ 的板长和板间距离相等, 板间存在如图乙所示的随时间周期性变化的电场, 电场方向与两板垂直, 不计重力的带电粒子沿板间中线垂直电场方向源源不断地射入电场, 粒子射入电场时的初动能均为 E_{k0} 。已知 $t = 0$ 时刻射入电场的粒子刚好沿上板右边缘垂直电场方向射出电场, 不计粒子间的相互作用。则 ()



甲



乙

- A. 部分粒子会打到两极板上
- B. 每个粒子在板间运动全过程, 所受电场力会使带电粒子离开电场时沿电场方向的速度不为零
- C. 运动过程中所有粒子的最大动能不可能超过 $2E_{k0}$
- D. 只有 $t = n\frac{T}{2}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) 时刻射入电场的粒子才能垂直电场方向射出电场

【答案】C

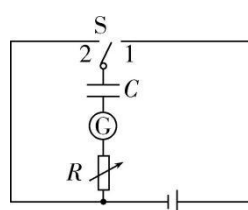
【解析】带电粒子在垂直电场方向上做匀速直线运动, 在沿电场方向上做加速度大小不变、方向周期性变化的变速直线运动, 由 $t = 0$ 时刻进入电场的粒子的运动情况可知, 粒子在平行板间运动时间为交变电流周期的整数倍, 在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内带电粒子运动的加速度大小为 $a = \frac{E_0q}{m}$, 由匀变速直线运动规律得 $v_y = at = \frac{E_0q}{m}t$, 同理可分析 $\frac{T}{2} \sim T$ 时间内的运动情况, 所以带电粒子沿电场方向的速度 v 与

$E-t$ 图线与时间轴所围面积成正比（时间轴下方的面积取负值），而经过整数个周期， $E-t$ 图像与时间轴所围面积始终为零，故带电粒子离开电场时沿电场方向的速度总为零，都垂直电场方向射出电场，故 B、D 错误；带电粒子在 $t=0$ 时刻射入时，侧向位移最大，故其他粒子均不可能打到极板上，故 A 错误；当粒子在 $t=0$ 时刻射入且经过 T 离开电场时，粒子在 $t=\frac{T}{2}$ 时达到最大速度，由题意得此时两分位移之比为 $\frac{x}{y}=\frac{2}{1}$ ，即 $v_0t=2\times\frac{1}{2}at^2$ ，可得 $v_y=v_0$ ，故粒子的最大速度为 $v=\sqrt{2}v_0$ ，因此最大动能为初动能的 2 倍，故 C 正确。

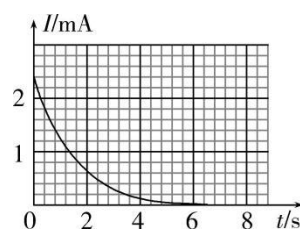
课时作业 47 观察电容器的充、放电现象

1. 利用如图甲所示的电路描绘电容器放电时的 $I-t$ 图像。若得到如图乙所示的电容器放电电流随时间变化的图像，则电容器储存的电荷量

$q = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



甲

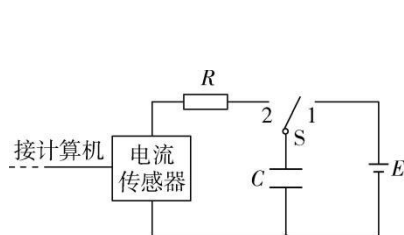


乙

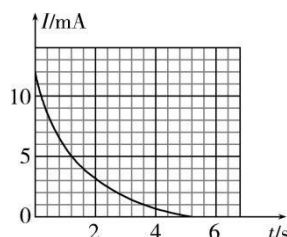
【答案】 $3.36 \times 10^{-3} \text{C}$

【解析】 $I-t$ 图线与横轴所围面积表示电荷量，则电容器储存的电荷量 $q = 42 \times 0.2 \times 10^{-3} \times 0.4 \text{C} = 3.36 \times 10^{-3} \text{C}$ 。

2. 在“用传感器观察电容器的充电和放电”实验中，电路图如图甲所示。一位同学使用的电源电动势为 10.0V，测得放电时的 $I-t$ 图像如图乙所示。



甲



乙

(1) 根据“ $I-t$ 图线与横轴包围面积”，可得电容器在放电过程中释放的电荷量约为_____C（结果保留2位有效数字）。

(2) 根据以上数据估算电容器的电容为_____F（结果保留2位有效数字）。

(3) 如果将电阻 R 换为一个阻值更大的电阻，则放电过程释放的电荷量___（选填“变多”“不变”或“变少”）。

【答案】 (1) 0.017

(2) 0.0017

(3) 不变

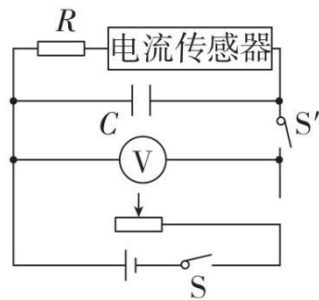
【解析】

(1) $I-t$ 图线与横轴所围的面积表示电荷量，所以电容器在放电过程中释放的电荷量约为 $Q = 42 \times 0.001 \times 0.4C \approx 0.017C$ 。

(2) 电容器充满电后所带的电荷量 $Q = 0.017C$ ，而所加电压 $U = E = 10V$ ，所以 $C = \frac{Q}{U} = 0.0017F$ 。

(3) 若将电阻 R 换为一个阻值更大的电阻，放电过程释放的电荷量不变。

3. [2024·辽宁大连二模]如图甲所示为利用传感器研究电容器的实验电路。



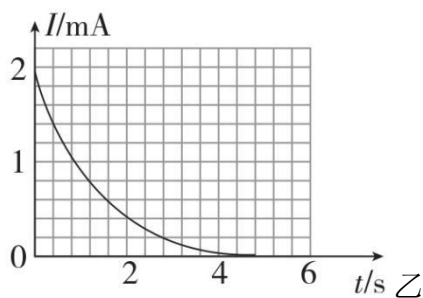
甲

(1) 要求电压表示数能从零开始逐渐增大，请将图甲中的电路连接完整；

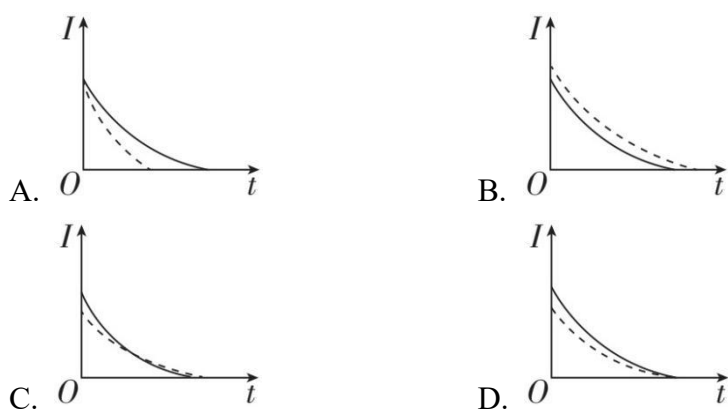
(2) 闭合开关 S 和 S' ，对电容器 C 充电，当充电完毕时电压表的示数 $U = 8.00V$ ；

(3) 然后断开开关 S' ，电容器通过电阻 R 放电，利用电流传感器得到放电电流 I 随时间 t 变化的图像如图乙所示，可估算电容器充电完毕时所带电荷量

$Q =$ _____C，则该电容器的电容 $C =$ _____F；（结果均保留2位有效数字）



(4) 保持滑动变阻器的滑片位置不变，如果将电阻 R 更换为阻值更大的电阻，重做实验，电容器放电时的 $I-t$ 图像用虚线表示，与原来放电图像进行比较，可能正确的是_____。



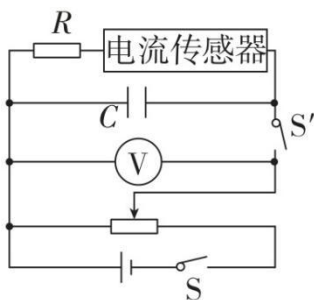
【答案】(1) 见解析

(3) 2.4×10^{-3} ; 3.0×10^{-4}

(4) C

【解析】

(1) 要求电压表示数能从零开始逐渐增大，可知滑动变阻器采用分压式接法，



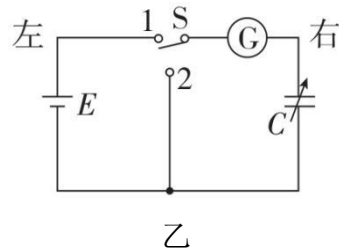
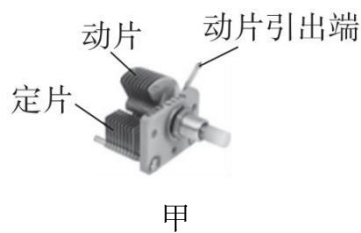
如图所示。

(3) 由 $I-t$ 图线与横轴所围面积表示电容器所带电荷量可知， $Q = 30 \times 0.2 \times 10^{-3} \times 0.4\text{C} = 2.4 \times 10^{-3}\text{C}$ ，由电容的定义式可得该电容器的电容 $C = \frac{Q}{U} =$

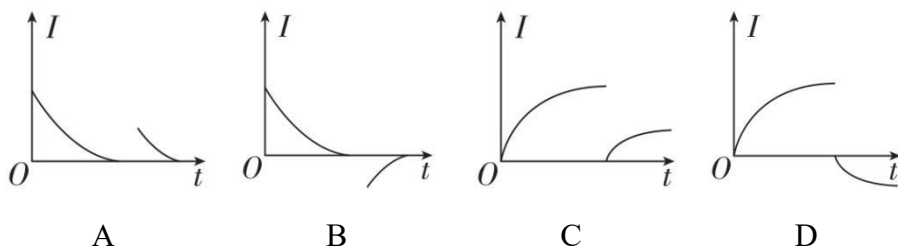
$$\frac{2.4 \times 10^{-3}}{8.00}\text{F} = 3.0 \times 10^{-4}\text{F}.$$

(4) 将电阻 R 更换为阻值更大的电阻，电容器放电时的 $I-t$ 图像用虚线表示，电容器所带电荷量不变，由于电阻值更大，因此最大放电电流变小，放电时间变长，故选C。

4. [2024·广东肇庆模拟]收音机中将可变电容器作为调谐电路的元件，如图甲为空气介质单联可变电容器的结构，它是利用正对面积的变化改变电容器的电容大小，某同学想要研究这种电容器充、放电的特性，于是将其接到如图乙所示的实验电路中，实验开始时电容器不带电。



(1) 首先将开关S拨向1，这时观察到灵敏电流计G有短暂的示数，稳定后，旋转旋钮，使电容器正对面积迅速变大，从开始旋转旋钮到最终稳定过程中，流过灵敏电流计的电流方向是_____（选填“从左到右”或“从右到左”），灵敏电流计示数随时间变化的图像可能是_____（选填选项中的字母序号）。



(2) 充电稳定后，断开单刀双掷开关，将电压表接在电容器两端测量电压，发现读数缓慢减小，原因是_____。

(3) 该同学做完实验，得到电容器的电容后，突然想起他用的是一节旧电池（电动势不变，内阻不可忽略），他想要得到尽量精确的电容值，_____（选填“需要”或“不需要”）重新换一节新电池来测量。

【答案】 (1) 从左到右；A

(2) 见解析

(3) 不需要

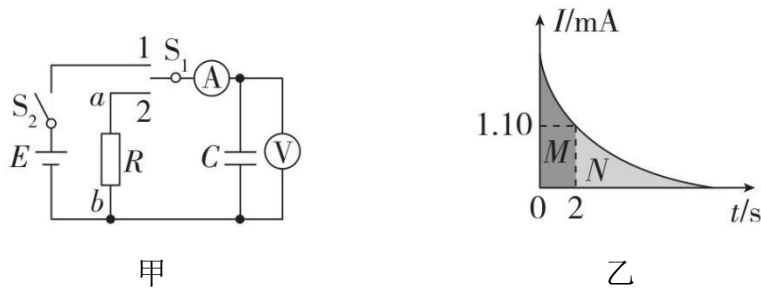
【解析】

(1) 电容器充电时，刚开始电流比较大，充电结束后，电流为 0，电容器正对面积迅速变大，电容迅速增大，由 $Q = CU$ 可得，电容器的带电荷量 Q 增加，故电容器再次充电，电流方向从左到右，充电结束后电流为 0。故选 A。

(2) 将电压表接在电容器两端测量电压，发现读数缓慢减小，说明电容器在缓慢放电，电路中有电流，电压表不是理想电压表。

(3) 本实验测量电容的原理是 $C = \frac{Q}{U}$ ，给电容器充电时由于使用了旧电池，导致充电时电流较小，最终充电的时间会稍长一点，当充电电流等于 0 的时候，电容器两端电压仍然等于电源电动势，所以电容器最终所带电荷量不变，不影响测量结果，所以不需要更换电池。

5. [2024·海南卷·15, 6分]用如图甲所示的电路观察电容器的充放电现象，实验器材有电源 E 、电容器 C 、电压表、电流表、电流传感器、计算机、定值电阻 R 、单刀双掷开关 S_1 、开关 S_2 、导线若干。



(1) 闭合开关 S_2 ，将 S_1 接 1，电压表示数增大，最后稳定在 12.3V。在此过程中，电流表的示数_____。（选填选项标号）

- A. 一直稳定在某一数值
- B. 先增大，后逐渐减小为零
- C. 先增大，后稳定在某一非零数值

(2) 先后断开开关 S_2 、 S_1 ，将电流表更换成电流传感器，再将 S_1 接 2，此时通过定值电阻 R 的电流方向为_____（选填“ $a \rightarrow b$ ”或“ $b \rightarrow a$ ”），通过传感器将电流信息传入计算机，画出电流随时间变化的 $I - t$ 图像，如图乙， $t = 2s$ 时 $I = 1.10mA$ ，图中 M 、 N 区域面积比为 8:7，可求出 $R = \underline{\quad} k\Omega$ （保留 2 位有效数字）。

【答案】 (1) B

(2) $a \rightarrow b$; 5.2

【解析】

(1) 闭合开关 S_2 ，将 S_1 接 1，电路中电流瞬间达到最大值，电容器开始充电，回路中电流开始减小，当电容器充满电后，电压表示数趋于稳定，回路中电流为零，所以电流表示数先增大，后逐渐减小为零，B 正确。

(2) 充电过程中电容器上极板带正电荷，先后断开开关 S_2 、 S_1 ，将电流表更换成电流传感器，再将 S_1 接 2，此时电容器处于放电状态，充当电源，通过定值电阻 R 的电流方向为 $a \rightarrow b$ 。 $I-t$ 图像中图线与 t 轴围成的面积表示电容器所带电荷量，电容器充满电时电压为 $U_{C0} = 12.3V$ ， M 区域面积大小表示 $0 \sim 2s$ 内电容器放出的电荷量，设 $t = 2s$ 时电容器电压为 U_{C1} ，有 $\Delta q = C(U_{C0} - U_{C1})$ ，放电的总电荷量 $q = CU_{C0}$ ，根据 M 、 N 区域面积比可知 $\Delta q = \frac{8}{15}q$ ，解得 $U_{C1} = 5.74V$ ，则 $t = 2s$ 瞬间，由欧姆定律有 $R = \frac{U_{C1}}{I} = \frac{5.74V}{1.10mA} \approx 5.2k\Omega$ 。

6. [2023·山东卷·14，8分]电容储能已经在电动汽车，风、光发电，脉冲电源等方面得到广泛应用。某同学设计图甲所示电路，探究不同电压下电容器的充、放电过程，器材如下：

电容器 C （额定电压 10V，电容标识不清）；

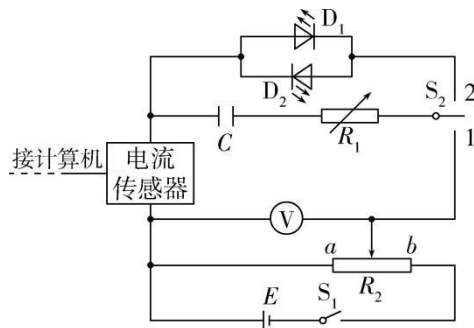
电源 E （电动势 12V，内阻不计）；

电阻箱 R_1 （阻值 $0 \sim 99999.9\Omega$ ）；

滑动变阻器 R_2 （最大阻值 20Ω ，额定电流 2A）；

电压表 V （量程 15V，内阻很大）；

发光二极管 D_1 、 D_2 ，开关 S_1 、 S_2 ，电流传感器，计算机，导线若干。

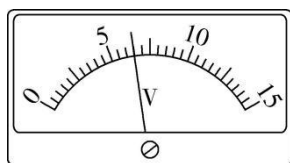


甲

回答以下问题：

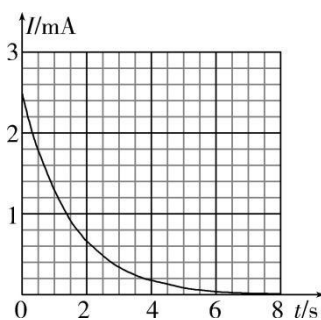
(1) 按照图甲连接电路，闭合开关 S_1 ，若要升高电容器充电电压，滑动变阻器滑片应向_____端滑动（选填“ a ”或“ b ”）。

(2) 调节滑动变阻器滑片位置，电压表表盘如图乙所示，示数为__V（保留1位小数）。



乙

(3) 继续调节滑动变阻器滑片位置，电压表示数为 8.0V 时，开关 S_2 掷向 1，得到电容器充电过程的 $I-t$ 图像，如图丙所示。借鉴“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中估算油膜面积的方法，根据图像可估算出充电结束后，电容器存储的电荷量为_____C（结果保留2位有效数字）。



丙

(4) 本电路中所使用电容器的电容约为_____F（结果保留2位有效数字）。

(5) 电容器充电后，将开关 S_2 掷向 2，发光二极管_____（选填“ D_1 ”或“ D_2 ”）闪光。

【答案】 (1) b

(2) 6.5

(3) 3.8×10^{-3}

(4) 4.8×10^{-4}

(5) D_1

【解析】

(1) 要升高电容器的充电电压, 则要使滑动变阻器与电容器并联部分电压变大, 滑片应向**b**端滑动。

(2) 电压表表盘分度值为 0.5V , 读出电压表示数为 6.5V 。

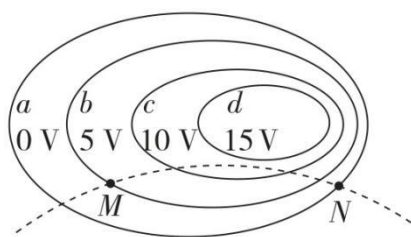
(3) 图中一小格正方形表示的电荷量 $Q_0 = 0.2 \times 10^{-3} \times 0.5\text{C} = 1 \times 10^{-4}\text{C}$, 计算曲线与坐标轴包围范围内正方形的个数, 不足半个的舍去, 多于半个的算一个, 可以数出正方形的个数是 38, 则电容器存储的电荷量 $Q = 38Q_0 = 3.8 \times 10^{-3}\text{C}$ 。

(4) 电容器两端电压 $U = 8\text{V}$, 电容器存储的电荷量 $Q = 3.8 \times 10^{-3}\text{C}$, $C = \frac{Q}{U} = 4.75 \times 10^{-4}\text{F} \approx 4.8 \times 10^{-4}\text{F}$ 。

(5) 由电路图可知, 电容器充电后左边极板带正电, 右边极板带负电, 将开关 S_2 掷向 2 后, 根据二极管的单向导电性可知 D_1 闪光。

高考真题集训 9 静电场

1. [2024·甘肃卷·9, 5分] 多选 某带电体产生电场的等势面分布如图中实线所示, 虚线是一带电粒子仅在此电场作用下的运动轨迹, M 、 N 分别是运动轨迹与等势面 b 、 a 的交点。下列说法正确的是 ()

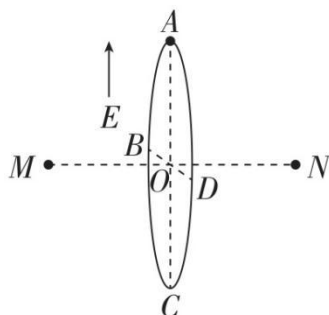


- A. 粒子带负电荷
- B. M 点的电场强度比 N 点的小
- C. 粒子在运动轨迹上存在动能最小的点
- D. 粒子在 M 点的电势能大于在 N 点的电势能

【答案】BCD

【解析】 根据粒子所受电场力指向曲线轨迹的凹侧可知, 粒子带正电, A 错误。等差等势面越密集的地方场强越大, 故 M 点的电场强度比 N 点的小, B 正确。粒子带正电, 因为 M 点的电势大于 N 点的电势, 故粒子在 M 点的电势能大于在 N 点的电势能, D 正确。由于带电粒子仅在电场力作用下运动, 只有电场力做功, 电势能与动能总和保持不变, 可知当电势能最大时动能最小, 故粒子在运动轨迹上电势最大处动能最小, C 正确。

2. [2024·浙江6月选考卷·12, 3分]如图所示,空间原有大小为 E 、方向竖直向上的匀强电场,在此空间同一水平面的 M 、 N 点固定两个等量异种点电荷,绝缘光滑圆环 $ABCD$ 垂直 MN 放置,其圆心 O 在 MN 的中点,半径为 R , AC 和 BD 分别为竖直和水平的直径。质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的小球套在圆环上,从 A 点沿圆环以初速度 v_0 做完整的圆周运动,则()

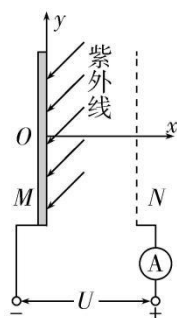


- A. 小球从 A 到 C 的过程中电势能减少
- B. 小球不可能沿圆环做匀速圆周运动
- C. 可求出小球运动到 B 点时的加速度
- D. 小球在 D 点受到圆环的作用力方向平行 MN

【答案】C

【解析】只考虑点电荷产生的电场时,根据等量异种点电荷的电场特点可知,圆环所在平面为等势面,匀强电场方向竖直向上,则小球从 A 到 C 的过程中电势增加,电势能增加,A错误;当竖直向上的电场的场强 E 满足 $qE = mg$ 时,小球沿圆环做匀速圆周运动,B错误;根据动能定理可以求得小球运动到 B 点的速度 v_B ,则由 $a = \frac{v_B^2}{R}$ 可以求得小球的向心加速度,根据牛顿第二定律可以求得小球的切向加速度,再根据矢量合成的方法可以得到小球在 B 点的加速度,C正确;小球在 D 点要受到圆环指向圆心的力提供向心力,所以小球在 D 点受到圆环的作用力方向并不平行 MN ,D错误。

3. [2024·浙江1月选考卷·11, 3分]如图所示,金属极板 M 受到紫外线照射会逸出光电子,最大速率为 v_m 。正对 M 放置一金属网 N ,在 M 、 N 之间加恒定电压 U 。已知 M 、 N 间距为 d (远小于板长),电子的质量为 m ,电荷量为 e ,则()



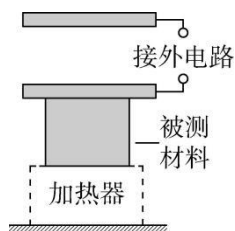
- A. M 、 N 间距离增大时电子到达 N 的动能也增大
- B. 只有沿 x 方向逸出的电子到达 N 时才有最大动能($\frac{1}{2}mv_m^2 + eU$)
- C. 电子从 M 到 N 过程中 y 方向位移大小最大为 $v_m d \sqrt{\frac{2m}{eU}}$
- D. M 、 N 间加反向电压 $\frac{mv_m^2}{4e}$ 时电流表示数恰好为零

【答案】 C

【解析】 根据动能定理，从金属极板 M 上逸出的光电子到达 N 板时有 $eU = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$ ， v_0 为电子从金属板逸出时的速率，则到达 N 板时的动能为

$E_k = eU + \frac{1}{2}mv_0^2$ ，当 $v_0 = v_m$ 时有最大动能 $E_{km} = eU + \frac{1}{2}mv_m^2$ ，与两极板间距离无关，与电子从金属板中逸出的方向无关，选项 A、B 错误；从金属极板 M 逸出的电子到达 N 板时在 y 方向的位移最大，电子从 M 到 N 过程中 y 方向最大位移为 $y = v_m t$ ， $d = \frac{1}{2} \frac{Ue}{dm} t^2$ ，解得 $y = v_m d \sqrt{\frac{2m}{eU}}$ ，选项 C 正确； M 、 N 间加反向电压电流表示数恰好为零时，有 $eU_c = \frac{1}{2}mv_m^2$ ，解得 $U_c = \frac{mv_m^2}{2e}$ ，选项 D 错误。

4. [2022 · 重庆卷 · 2, 4 分] 如图为某同学采用平行板电容器测量材料竖直方向尺度随温度变化的装置示意图，电容器上极板固定，下极板可随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，极板上所带电荷量变少，则 ()

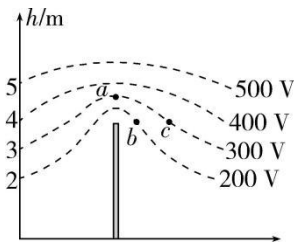


- A. 材料竖直方向尺度减小
- B. 极板间电场强度不变
- C. 极板间电场强度变大
- D. 电容器电容变大

【答案】A

【解析】由题意可知两极板间电压 U 不变，极板上所带电荷量 Q 变少，根据 $C = \frac{Q}{U}$ 可知电容器的电容 C 减小，D 错误。根据 $C = \frac{\epsilon_1 S}{4\pi k d}$ 可知极板间距 d 增大，根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知极板间电场强度 E 减小，B、C 错误。极板间距 d 增大，则材料竖直方向尺度减小，A 正确。

5. [2022·福建卷·3, 4分]平时我们所处的地球表面，实际上存在场强大小为 100V/m 的电场，可将其视为匀强电场，在地面立一金属杆后空间中的等势面如图所示。空间中存在 a 、 b 、 c 三点，其中 a 点位于金属杆正上方， b 、 c 等高。则下列说法正确的是（ ）

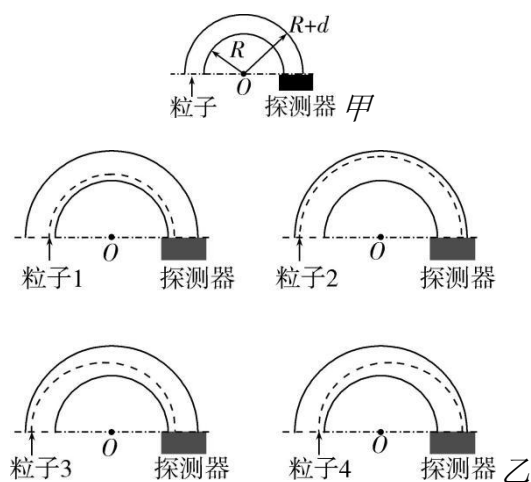


- A. b 、 c 两点的电势差 $U_{bc} = 0$ B. a 点场强大小大于 100V/m
C. a 点场强方向水平向右 D. a 点的电势低于 c 点

【答案】B

【解析】由题图可知， b 、 c 两点的电势差 $U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = -100\text{V}$ ，A 错误。 a 点与相邻等势面间的电势差均为 100V 且距离均小于 1m ，故由 $E = \frac{U}{d}$ 可知 a 点场强大小大于 100V/m ，B 正确。电场线的方向与等势面垂直且从高电势指向低电势，故 a 点的场强方向竖直向下，C 错误。 a 点与 c 点位于同一等势面上，故两点电势相等，D 错误。

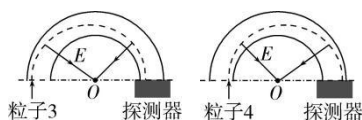
6. [2022·全国乙卷·21, 6分]多选 一种可用于卫星上的带电粒子探测装置，由两个同轴的半圆柱形带电导体极板（半径分别为 R 和 $R + d$ ）和探测器组成，其横截面如图甲所示，点 O 为圆心。在截面内，极板间各点的电场强度大小与其到 O 点的距离成反比，方向指向 O 点。4 个带正电的同种粒子从极板间通过，到达探测器。不计重力。粒子 1、2 做圆周运动，圆的圆心为 O 、半径分别为 r_1 、 r_2 ($R < r_1 < r_2 < R + d$)；粒子 3 从距 O 点 r_2 的位置入射并从距 O 点 r_1 的位置出射；粒子 4 从距 O 点 r_1 的位置入射并从距 O 点 r_2 的位置出射，轨迹如图乙中虚线所示。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

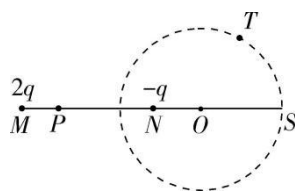
【答案】BD

【解析】粒子3做近心运动，电场力做正功，动能增大，故入射时的动能小于出射时的动能，A错误。粒子4做离心运动，电场力做负功，动能减小，故入射时的动能大于出射时的动能，B正确。极板间各点的电场强度大小与其到O点的距离成反比，设 $E = \frac{k}{r}$ ，对粒子1、粒子2有 $qE = \frac{mv^2}{r}$ ，可得动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{qk}{2}$ ，与运动半径无关，故粒子1与粒子2入射时动能相等，C错误。



由以上推导可知，若粒子1与粒子3入射时动能相等，则粒子3入射时的动能也等于粒子2入射时的动能，而现在粒子3做近心运动，故粒子3入射时的初速度必小于其做匀速圆周运动所需的速度，即小于粒子2的入射速度，D正确。

7. [2022·河北卷·6, 4分]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（取无穷远处电势为零）。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（ ）

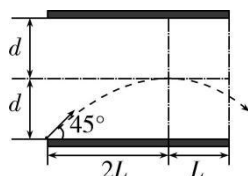


- A. P 点电势低于 S 点电势
- B. T 点电场强度方向指向 O 点
- C. 除无穷远处外, MN 直线上存在两个电场强度为零的点
- D. 将正试探电荷 q_0 从无穷远处移动到 P 点, 静电力做正功

【答案】B

【解析】在直线 MN 上, 左边正点电荷在 M 、 N 间的电场强度方向水平向右, 右边负点电荷在 M 、 N 间的电场强度方向水平向右, 根据电场强度的叠加可知 M 、 N 间的电场强度水平向右, 沿着电场线方向电势逐渐降低, 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, **A** 错误; 电场强度方向和等势面垂直, 所以 T 点电场强度方向指向 O 点, **B** 正确; 由于正点电荷的电荷量大于负点电荷的电荷量, 可知在 MN 直线上, N 点左侧电场强度不可能为零, 在 N 点右侧, 设电场强度为零的点到 N 点的距离为 d , M 、 N 间距离为 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 上电场强度为零的点只有一个, **C** 错误; 无穷远处电势低于 P 点电势, 则正电荷在无穷远处的电势能低于在 P 点的电势能, 将正试探电荷 q_0 从无穷远处移到 P 点, 电势能增大, 静电力做负功, **D** 错误。

8. [2023·湖北卷·10, 4分] **多选** 一带正电微粒从静止开始经电压 U_1 加速后, 射入水平放置的平行板电容器, 极板间电压为 U_2 。微粒射入时紧靠下极板边缘, 速度方向与极板夹角为 45° , 微粒运动轨迹的最高点到极板左右两端的水平距离分别为 $2L$ 和 L , 到两极板距离均为 d , 如图所示。忽略边缘效应, 不计重力。下列说法正确的是 ()



- A. $L:d = 2:1$
- B. $U_1:U_2 = 1:1$

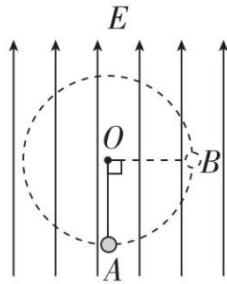
C. 微粒穿过电容器区域的偏转角度的正切值为 2

D. 仅改变微粒的质量或者电荷数量，微粒在电容器中的运动轨迹不变

【答案】 BD

【解析】带电微粒在电容器中运动到最高点过程中，在水平方向有 $2L = v\cos 45^\circ \cdot t_1$ ，在竖直方向有 $q\frac{U_2}{2d} = ma$ ， $d = \frac{v\sin 45^\circ}{2}t_1$ ， $0 = v\sin 45^\circ - at_1$ ，则有 $\frac{L}{d} = 1$ ， $a = \frac{v^2}{4L}$ ， $U_2 = \frac{mv^2d}{2qL} = \frac{mv^2}{2q}$ ，在加速电场中，由 $qU_1 = \frac{1}{2}mv^2$ 得 $U_1 = \frac{mv^2}{2q}$ ，则 $\frac{U_1}{U_2} = 1$ ，A 错误，B 正确。微粒从最高点运动至离开电场过程中，水平方向有 $L = v\cos 45^\circ \cdot t_2$ ，竖直方向有 $v_y = at_2$ ，得 $v_y = \frac{\sqrt{2}}{4}v$ ，速度与水平方向夹角的正切值 $\tan\theta = \frac{v_y}{v\cos 45^\circ} = \frac{1}{2}$ ，则微粒穿过电容器区域的偏转角度的正切值 $\tan\alpha = \tan(\theta + 45^\circ) = 3$ ，C 错误。微粒在电容器中运动时，有 $x = v\cos 45^\circ \cdot t$ ， $y = v\sin 45^\circ \cdot t - \frac{1}{2}at^2$ ，得 $y = x - \frac{x^2}{4L}$ ，与 q 、 m 无关，D 正确。

9. [2024·河北卷·13, 8分]如图，竖直向上的匀强电场中，用长为 L 的绝缘细线系住一带电小球，在竖直平面内绕 O 点做圆周运动。图中 A 、 B 为圆周上的两点， A 点为最低点， B 点与 O 点等高。当小球运动到 A 点时，细线对小球的拉力恰好为 0，已知小球的电荷量为 q ($q > 0$)、质量为 m ， A 、 B 两点间的电势差为 U ，重力加速度大小为 g ，求：



- (1) 电场强度 E 的大小。
- (2) 小球在 A 、 B 两点的速度大小。

【答案】 (1) $\frac{U}{L}$

(2) $\sqrt{\frac{qU}{m} - gL}$; $\sqrt{\frac{3qU}{m} - 3gL}$

【解析】

(1) 匀强电场中， A 、 B 间沿电场线方向的距离为 L ，则 $E = \frac{U}{L}$ 。

(2) 设小球在A、B两点的速度大小分别为 v_A 、 v_B 在A点细线的拉力恰好为0, 则 $qE - mg = m\frac{v_A^2}{L}$ 解得 $v_A = \sqrt{\frac{qU}{m} - gL}$ 小球从A到B, 由动能定理得 $qU - mgL = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ 解得 $v_B = \sqrt{\frac{3qU}{m} - 3gL}$ 。

课时作业 48 电路的基本概念和规律

基础达标练

1. 对于常温下一根阻值为 R 的金属电阻丝, 下列说法正确的是 ()
- A. 常温下, 若将电阻丝均匀拉长为原来的10倍, 则电阻变为 $10R$
- B. 常温下, 若将电阻丝从中点对折, 则电阻变为 $4R$
- C. 加在电阻丝上的电压从0逐渐加大到 U , 则在任意状态下 $\frac{U}{I}$ 的值均不变
- D. 若把温度降到特别低时, 电阻丝的电阻会突然变为零, 这种现象称为超导现象

【答案】D

【解析】常温下, 若将电阻丝均匀拉长为原来的10倍, 则横截面积变为原来的 $\frac{1}{10}$, 根据电阻定律 $R = \rho\frac{l}{S}$, 可知电阻变为 $100R$, A错误; 常温下, 若将电阻丝从中点对折, 长度为原来的一半, 横截面积为原来的2倍, 则电阻变为 $\frac{R}{4}$, B错误; 电阻丝随着温度的变化其阻值会发生改变, C错误; D选项说法正确。

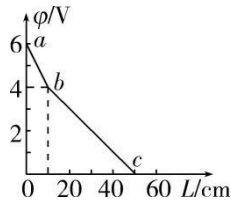
2. [2024·江西南昌模拟]一根长为 L 、横截面积为 S 的金属棒, 电阻率为 ρ , 棒内单位体积自由电子数为 n , 电子的质量为 m , 电荷量为 e 。在棒两端加上恒定的电压时, 棒内产生电流, 自由电子定向移动的平均速率为 v , 则金属棒两端的电势差为 ()

- A. $\rho nevL$ B. $\frac{mv^2Sn}{e}$ C. $\frac{mv^2}{2e}$ D. $\frac{\rho ev}{S}$

【答案】A

【解析】根据电阻定律, 可知金属棒的电阻为 $R = \rho\frac{L}{S}$, 金属棒中电流可表示为 $I = nevS$, 金属棒两端所加的电压为 $U = IR$, 联立可得金属棒两端的电势差为 $U = \rho nevL$, 故选A。

3. 两根材料相同的均匀导线*x*和*y*串联在电路中，两导线沿长度方向电势变化情况分别如图中的*ab*段和*bc*段图线所示，则导线*x*和*y*的横截面积之比为（ ）

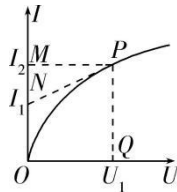


- A. 2:1 B. 1:2 C. 6:1 D. 1:6

【答案】B

【解析】两导线串联，电流相等，由 $\varphi_0 - \varphi = U = IR = I\rho \frac{L}{S}$ 知， $\varphi - L$ 图像斜率的绝对值 $|k| = \frac{I\rho}{S}$ ，而两导线 $I\rho$ 相同，则 $\frac{S_1}{S_2} = |\frac{k_2}{k_1}| = \frac{1}{2}$ ，故B正确，A、C、D错误。

4. 小灯泡通电后其电流*I*随所加电压*U*变化的图线如图所示，*P*为图线上一点，*PN*为图线在*P*点的切线，*PQ*为*U*轴的垂线，*PM*为*I*轴的垂线，则下列说法中正确的是（ ）

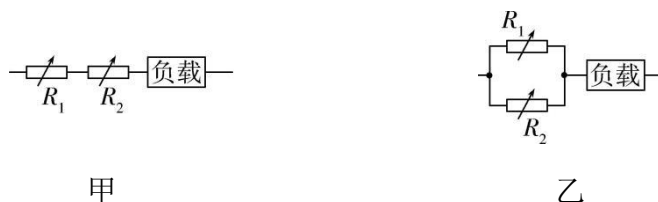


- A. 随着所加电压的增大，小灯泡的电阻减小
 B. 对应*P*点，小灯泡的电阻为 $R = \frac{U_1}{I_1}$
 C. 对应*P*点，小灯泡的电阻为 $R = \frac{U_1}{I_2 - I_1}$
 D. 对应*P*点，小灯泡的功率为图中矩形*PQOM*所围面积

【答案】D

【解析】由图可知流过小灯泡的电流*I*随所加电压*U*变化的图线为非线性图线，根据 $R = \frac{U}{I}$ 可知小灯泡的电阻随所加电压的增大而增大，A错误；根据欧姆定律，对应*P*点，小灯泡的电阻应为 $R = \frac{U_1}{I_2}$ ，B、C错误；对应*P*点，小灯泡的功率为 $P = U_1 I_2$ ，也就是图中矩形*PQOM*所围面积，D正确。

5. **多选** 仪器中常用两个阻值不同的可变电阻来调节电路的电流，一个作粗调，一个作细调，这两个可变电阻可以按图甲串联起来或按图乙并联起来再接入电路。已知 R_1 阻值较大， R_2 阻值较小，则（ ）

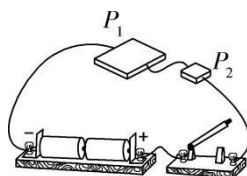


- A. 图甲中 R_1 作细调 B. 图甲中 R_1 作粗调
C. 图乙中 R_2 作细调 D. 图乙中 R_2 作粗调

【答案】BD

【解析】甲图中，两可变电阻串联，调节 R_1 时，电阻变化大，电流变化大，因此图甲中 R_1 作粗调，A 错误，B 正确；并联电路中两可变电阻两端的电压相等，阻值越小，通过的电流越大，可调节范围越大，因此图乙中 R_2 作粗调，故 C 错误，D 正确。

6. 如图所示， P_1 和 P_2 是材料相同、上下表面均为正方形的长方体导体， P_1 的上、下表面面积大于 P_2 的上、下表面面积，将 P_1 和 P_2 按图中所示方式接到电路中，闭合开关后，下列说法正确的是（ ）



- A. 若 P_1 和 P_2 的体积相同，则通过 P_1 的电流大于通过 P_2 的电流
B. 若 P_1 和 P_2 的体积相同，则 P_1 的电功率等于 P_2 的电功率
C. 若 P_1 和 P_2 的厚度相同，则 P_1 两端的电压等于 P_2 两端的电压
D. 若 P_1 和 P_2 的厚度相同，则 P_1 两端的电压大于 P_2 两端的电压

【答案】C

【解析】由于两导体串联在电路中，因此通过两导体的电流一定相等，A 错误；设导体上、下表面的边长为 a ，厚度为 d ，根据 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可知，导体的电阻 $R = \frac{\rho a}{ad} = \frac{\rho}{d}$ ，如果两导体的体积相同，则 P_1 的厚度要小于 P_2 的厚度，因此 P_1 的电阻大于 P_2 的

电阻，再由电功率 $P = I^2R$ 可知， P_1 的电功率大于 P_2 的电功率，B 错误；若 P_1 和 P_2 的厚度相同，则两导体的阻值相同，由 $U = IR$ 可知， P_1 两端的电压等于 P_2 两端的电压，C 正确，D 错误。

7. 某家庭使用的智能电饭煲的铭牌如图所示。假定该家庭用此电饭煲每天煮饭两次，每次在额定功率下工作 30 分钟，电价 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 为 0.54 元，则该电饭煲()

全智能电饭煲	热效率值(%)	79
货号: $\times\times\times$	待机功率(W)	1.5
型号: $\times\times\times$	保温功率(W)	30
额定容量: 4.0 L	内锅材质(金属或非金属)	金属
额定功率: 900 W		
额定电压: 220 V 50 Hz		

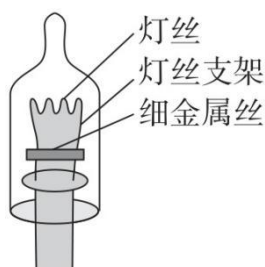
- A. 工作时的额定电流为 0.41A
- B. 保温时的电流为 0.2A
- C. 每次煮饭需消耗电能 $4.5\text{kW}\cdot\text{h}$
- D. 一年因煮饭而产生的电费约为 177 元

【答案】D

【解析】由题中所给信息知，额定电流 $I = \frac{P}{U} = \frac{900}{220}\text{A} \approx 4.1\text{A}$ ，选项 A 错误；保温时电流 $I' = \frac{P'}{U} = \frac{30}{220}\text{A} \approx 0.14\text{A}$ ，选项 B 错误；每次煮饭消耗电能 $W = Pt = 900 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2}\text{kW}\cdot\text{h} = 0.45\text{kW}\cdot\text{h}$ ，选项 C 错误；一年因煮饭而产生的电费为 $0.45 \times 2 \times 365 \times 0.54$ 元 ≈ 177 元，选项 D 正确。

能力强化练

8. [2024·湖北武汉二模] **多选** 某彩灯串由几十个额定电压约为 6V 的小灯泡串联组成，小灯泡的结构如图所示，小灯泡内有一根表面涂有氧化层（导电性能很差）的细金属丝（电阻可忽略）与灯丝并联，正常工作时，细金属丝与灯丝支架不导通；当加上较高电压时，细金属丝的氧化层被击穿，与灯丝支架导通。当某个小灯泡的灯丝烧断时，下列说法正确的是()

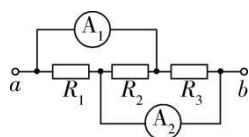


- A. 彩灯串上其他小灯泡仍能发光
- B. 彩灯串上其他小灯泡不能发光
- C. 彩灯串上其他小灯泡两端电压均略有增加
- D. 彩灯串上其他小灯泡两端电压均保持不变

【答案】AC

【解析】其中一个小灯泡灯丝烧断瞬间，发生断路的地方的电压接近电源电压220V，氧化层被击穿，细金属丝与灯丝支架导通，保证其他灯泡继续发光，故A正确，B错误；由于细金属丝电阻可忽略，整个彩灯串上相当于少了一个小灯泡，电路总电阻减小，总电流略有增大，所以彩灯串上其他小灯泡两端电压均略有增加，故C正确，D错误。

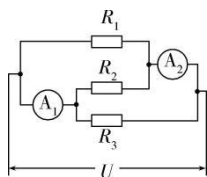
9. 如图所示的电路中， A_1 和 A_2 为理想电流表，示数分别为 I_1 和 I_2 ， $R_1:R_2:R_3 = 1:2:3$ ；当 a 、 b 两点间加一恒定的电压 U 后，下列结论正确的是（ ）



- A. $I_1:I_2 = 3:4$
- B. $I_1:I_2 = 4:9$
- C. 将 A_1 、 A_2 换成理想电压表，其示数之比为3:5
- D. 将 A_1 、 A_2 换成理想电压表，其示数之比为1:1

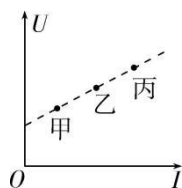
【答案】C

【解析】电路的等效电路图如图所示，并联电路中各支路两端的电压相等，且干路电流等于各支路电流之和，则 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{U}{R_1}}{\frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}} = \frac{5}{9}$ ，故A、B错误；将 A_1 、 A_2 换成理想电压表，三个电阻串联，则 $U_{R1}:U_{R2}:U_{R3} = 1:2:3$ ， $\frac{U_1}{U_2} = \frac{U_{R1}+U_{R2}}{U_{R2}+U_{R3}} = \frac{3}{5}$ ，故C正确，D错误。



图乙可知，A为灯泡L₂的*I* - *U*图像，则电压表的示数为2V，B错误；电路的输出功率 $P = I(U_1 + U_2) = 0.5 \times (6 + 2)W = 4W$ ，C正确；电源的内电压为 $U_{内} = E - (U_1 + U_2) = 1V$ ，则电源内阻 $r = \frac{U_{内}}{I} = 2\Omega$ ，D错误。

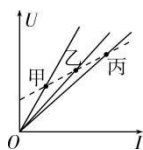
12. 甲、乙、丙三个长度、横截面积都相同的金属导体分别接入电路后各自进行测量，把通过上述导体的电流*I*、导体两端电压*U*在*U* - *I*坐标系中描点，*O*为坐标原点，甲、乙、丙的三个点恰好一条直线上，如图所示，则下列表述正确的是（ ）



- A. 甲的电阻率最小
- B. 甲、乙串联后接入某直流电路，甲的功率较小
- C. 乙、丙并联后接入某直流电路，乙的功率较小
- D. 三个导体的电阻率一样大

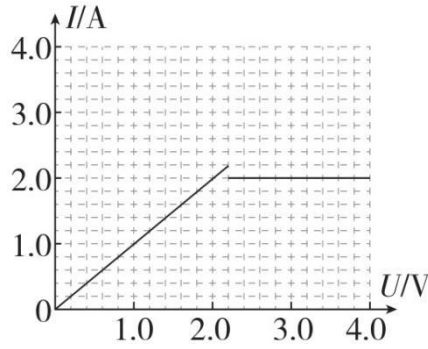
【答案】C

【解析】三个导体的*U* - *I*图像如图所示，可知甲的电阻最大，丙的电阻最小，根据电阻定律 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可知，甲的电阻率最大，选项A、D错误；甲、乙串联后接入某直流电路，根据 $P = I^2 R$ 可知，甲的功率较大，选项B错误；乙、丙并联后接入某直流电路，根据 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知，乙的功率较小，选项C正确。

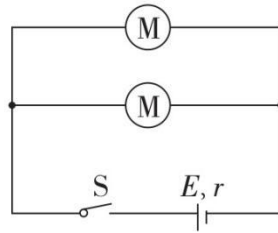


素养综合练

13. [2024·广东惠州模拟] **多选** 某电动机的伏安特性曲线如图甲所示，现将两个这样规格的电动机并联接在电动势为3.0V、内阻为0.125Ω的直流电源上，连接方式如图乙所示。下列说法正确的是（ ）



甲



乙

- A. 由图甲可知，当电动机两端电压大于零时，有机械能产生
 B. 由图甲可知，该电动机线圈电阻为 1.0Ω
 C. 由图甲可知，当电动机两端电压为 $4.0V$ 时，其机械功率为 $8.0W$
 D. 由图乙可知，当开关 S 闭合后，电源的输出功率为 $10W$

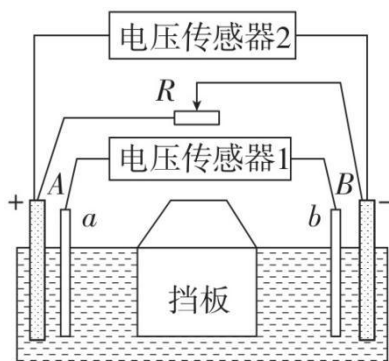
【答案】BD

【解析】由题图甲可知，当电动机两端电压大于 $2.2V$ 时，有机械能产生，故 A 错误；由题图甲可知，该电动机线圈电阻 $r_M = \frac{2.2}{2.2}\Omega = 1\Omega$ ，故 B 正确；由题图甲可知，当电动机两端电压为 $4.0V$ 时，电动机总功率 $P = UI = 4 \times 2W = 8W$ ，热功率为 $P_{热} = I^2 r_M = 4W$ ，机械功率为 $P_{机} = P - P_{热} = 4W$ ，故 C 错误；假设电动机不转动，为纯电阻电路，两个电动机并联，总电阻为 0.5Ω ，则两个电动机两端的电压 $U = \frac{0.5}{0.5+0.125} \times 3V = 2.4V > 2.2V$ ，可知电动机转动，则流过电动机的电流为 $2A$ ，电源的输出功率 $P_{输} = 2U_M \cdot I_M = 2(E - 2I_M r) \cdot I_M = 10W$ ，故 D 正确。

课时作业 49 闭合电路欧姆定律

基础达标练

1. [2024·湖北十堰模拟] 如图所示是研究电源电动势和电源内、外电压关系的实验装置，电池的两极 A 、 B 与电压传感器 2 相连，位于两个电极内侧的探针 a 、 b 与电压传感器 1 相连， R 是滑动变阻器。则 ()

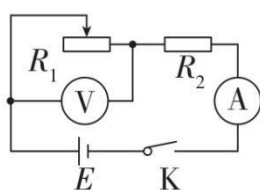


- A. 电压传感器 1 测得的是电源外电压
- B. 电压传感器 2 测得的是电动势
- C. 移动挡板，减小内阻，电压传感器 1 的读数增大
- D. 变阻器 R 阻值增大时电压传感器 2 的读数增大

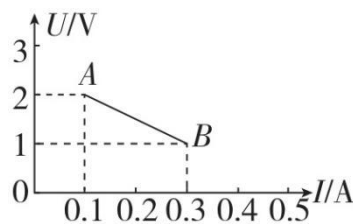
【答案】D

【解析】由题图可知，电压传感器 1 测得的是电源内电压，A 错误；电压传感器 2 测得的是路端电压，B 错误；移动挡板，减小内阻，则内电压减小，即电压传感器 1 的读数减小，C 错误；变阻器 R 阻值增大时外电阻增大，路端电压增大，即电压传感器 2 的读数增大，D 正确。

2. [2024 · 广东湛江模拟]在一次分组实验的教学活动中，某小组用如图甲所示电路做实验，电路中 R_1 是滑动变阻器， R_2 是定值电阻，滑动变阻器的滑片从左端往右滑动，分别记录了多组电流表和电压表的示数，利用这些数据在坐标纸上描点作图，得到的 $U - I$ 图像如图乙中的 AB 所示，下列说法中正确的是 ()



甲



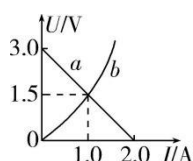
乙

- A. R_1 的最大阻值为 20Ω
- B. R_2 的阻值为 5Ω
- C. 电源电动势为 $2V$
- D. 电源内阻为 5Ω

【答案】A

【解析】由题图乙可知当 R_1 的阻值最大时，对应的电压和电流分别为 $2V$ 、 $0.1A$ ，则 R_1 的最大阻值为 $R_1 = \frac{U}{I} = \frac{2}{0.1}\Omega = 20\Omega$ ，故A正确；根据闭合电路欧姆定律有 $E = 2V + 0.1A \cdot (R_2 + r)$ ， $E = 1V + 0.3A \cdot (R_2 + r)$ ，联立解得电源电动势 $E = 2.5V$ ， $R_2 + r = 5\Omega$ ，所以电源内阻和 R_2 的阻值都小于 5Ω ，故B、C、D错误。

3. 如图所示的 $U - I$ 图像中，直线 a 表示某电源路端电压与电流的关系，图线 b 为某小灯泡的 $U - I$ 图线。用该电源直接与小灯泡连接成闭合电路，以下说法错误的是（ ）

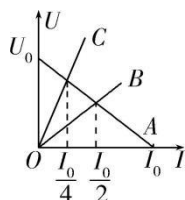


- A. 电源电动势为 $3.0V$
- B. 此时电源的效率为 25%
- C. 此时小灯泡的阻值为 1.5Ω
- D. 此时小灯泡的功率为 $1.5W$

【答案】B

【解析】根据闭合电路欧姆定律有 $U = E - Ir$ ，当 $I = 0$ 时， $U = E$ ，则电源的电动势 $E = 3.0V$ ，故A正确；两图线的交点表示该电源直接与小灯泡相连组成闭合电路时的工作状态，路端电压 $U = 1.5V$ ，电流 $I = 1A$ ，则小灯泡的功率 $P_{灯} = UI = 1.5W$ ，电源的功率 $P_{总} = EI = 3.0W$ ，电源的效率 $\eta = \frac{P_{灯}}{P_{总}} \times 100\% = 50\%$ ，故B错误，D正确；根据欧姆定律可知 $R = \frac{U}{I} = 1.5\Omega$ ，故C正确。

4. 如图所示的 $U - I$ 图像中，直线 A 为电源的路端电压与电流的关系图线，直线 B 、 C 分别是电阻 R_1 、 R_2 的电压与电流的关系图线。若将这两个电阻分别直接与该电源连接成闭合电路，则下列说法正确的是（ ）



- A. 两个电阻的电功率相等
- B. R_1 接在电源上时，电源的输出功率较大
- C. R_2 接在电源上时，电源内阻的热功率较大
- D. 两种情况下，电源中非静电力做功的功率相等

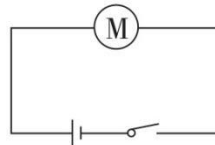
【答案】B

【解析】由图可知， R_1 接在电源上时 $U_1 = \frac{1}{2}U_0$ ， $I_1 = \frac{1}{2}I_0$ ，电源的输出功率 $P_1 = U_1 I_1 = \frac{1}{4}U_0 I_0$ ， R_2 接在电源上时 $U_2 = \frac{3}{4}U_0$ ， $I_2 = \frac{1}{4}I_0$ ，则电源的输出功率 $P_2 = U_2 I_2 = \frac{3}{16}U_0 I_0$ ，所以 R_1 接在电源上时，电源的输出功率较大，故 B 正确，A 错误；由题图可知，电源接 R_1 时电路中的电流大，所以电源内阻的热功率较大，故 C 错误；电源中非静电力做功的功率为 $P = IE$ ，所以电流大的非静电力做功的功率大，故 D 错误。

5. [2025·广东名校联考]为比较额定电压为 5V、内阻为 2.5Ω 的 USB 小电风扇（如图甲）正常工作时的功率，将其电机拆下与电动势为 6V、内阻为 2Ω 的电源串联（如图乙），电机恰好能正常工作，则此电路中电机正常工作时的功率与卡住时的功率之比为（ ）



甲



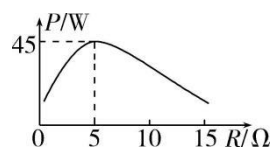
乙

- A. $\frac{9}{4}$ B. $\frac{4}{9}$ C. $\frac{16}{9}$ D. $\frac{9}{16}$

【答案】D

【解析】电机正常工作时，由闭合电路欧姆定律有 $E = U_M + Ir$ ，解得 $I = 0.5A$ ，电机正常工作时的功率 $P_{正} = U_M I = 2.5W$ ，电机卡住时相当于纯电阻，则 $E = I'(R_M + r)$ ，解得 $I' = \frac{4}{3}A$ ，电机卡住时的功率 $P_{卡} = I'^2 R_M = \frac{40}{9}W$ ，所以 $\frac{P_{正}}{P_{卡}} = \frac{9}{16}$ ，故选 D。

6. 将一电源与一电阻箱连接成闭合回路，电阻箱消耗的功率 P 随电阻箱读数 R 的变化曲线如图所示，由此可知（ ）

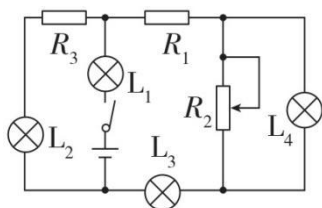


- A. 电源的最大输出功率可能大于 45W
- B. 电源内阻一定等于 5Ω
- C. 电源的电动势为 45V
- D. 电阻箱消耗的功率 P 最大时，电源效率大于 50%

【答案】B

【解析】将一电源与一电阻箱连接成闭合回路，电阻箱消耗的功率 P 等于电源的输出功率，由题图可知，电阻箱消耗的最大功率 P 为 45W，所以电源的最大输出功率为 45W，A 错误；当外电路电阻等于电源内阻时，电源的输出功率最大，所以电源内阻一定等于 5Ω ，B 正确；由题图可知，当电阻箱消耗的功率 $P = 45W$ 时，电阻箱读数为 $R = 5\Omega$ ，此时电路中的电流 $I = \sqrt{\frac{P}{R}} = 3A$ ，电源电动势 $E = I(R + r) = 30V$ ，C 错误；电阻箱消耗的功率 P 最大时，电源效率为 $\eta = \frac{R}{R+r} \times 100\% = 50\%$ ，D 错误。

7. [2024·山西忻州模拟]如图所示电路中，由于某处出现了故障，导致电路中的 L_1 、 L_2 两灯变亮， L_3 、 L_4 两灯变暗，故障的原因可能是（ ）



- A. R_1 短路
- B. R_2 断路
- C. R_2 短路
- D. R_3 短路

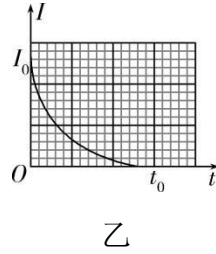
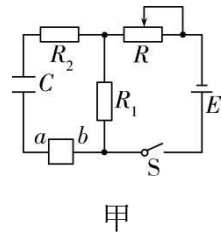
【答案】D

【解析】 L_1 灯在干路上， L_1 灯变亮，说明电路中总电流变大，由闭合电路欧姆定律可知电路的外电阻减小，说明电路中只会出现短路不会出现断路，选项 B 错误。因为短路部分的电阻变小，分压作用减小，与其并联的用电器两端的电压会减小， L_3 、 L_4 两灯变暗， L_1 、 L_2 两灯变亮，说明发生短路的电阻与 L_3 、 L_4 两灯是并联的，与 L_1 、 L_2 两灯是串联的。观察电路中电阻的连接形式，只有 R_3 短路符合条件，故选项 A、C 错误，D 正确。

能力强化练

8. **多选** 某同学利用如图甲所示的闭合电路研究电容器的充、放电过程，将滑动变阻器 R 滑到某合适位置，先断开开关 S，过一会儿再闭合开关 S， a 、 b 之间的

电流传感器（可视为理想电流表）记录得到充电时电流随时间变化的图像如图乙所示。则（ ）

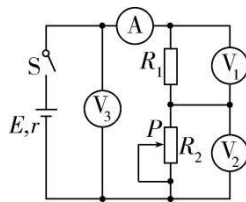


- A. 充电过程中，电容器两极板间电压增大，电阻 R_2 两端电压减小
- B. 图乙中 $I - t$ 图线与横轴围成的面积表示电路稳定时电容器某一极板上所带的电荷量
- C. 电路稳定后，将 R 的滑片向右滑动，电流传感器中有由 b 到 a 的电流
- D. 若将 R 的滑片向右滑动，再次稳定后，电源的输出功率一定变大

【答案】AB

【解析】闭合开关，在电容器充电过程中，流过电阻 R_2 的电流逐渐减小，根据欧姆定律可知，电阻 R_2 两端电压逐渐减小，电容器极板上电荷量增加，根据 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，电容器两端电压增大，故 A 正确；由 $q = It$ 可知，图乙中 $I - t$ 图线与横轴围成的面积表示电路稳定时电容器某一极板上所带的电荷量，故 B 正确；电路稳定后，将 R 的滑片向右滑动，滑动变阻器的阻值变大，则 R_1 两端电压减小，电容器两端电压减小，电容器放电，电流传感器中有由 a 到 b 的电流，故 C 错误；当外电阻与电源的内阻相等时，电源的输出功率最大，由于外电阻与电源内阻关系未知，无法判断将 R 的滑片向右滑动，再次稳定后，电源的输出功率的变化情况，故 D 错误。

9. 在如图所示电路中，闭合开关 S，当滑动变阻器的滑片 P 向下滑动时，四个电表的示数都发生变化，电表的示数分别用 I 、 U_1 、 U_2 和 U_3 表示，电表示数变化量分别用 ΔI 、 ΔU_1 、 ΔU_2 和 ΔU_3 表示。已知电表均为理想电表，下列判断正确的是（ ）

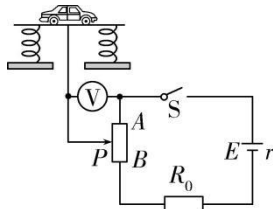


- A. $|\Delta U_1| < |\Delta U_2|$, $|\Delta U_2| > |\Delta U_3|$
- B. $\frac{U_1}{I}$ 不变, $|\frac{\Delta U_1}{\Delta I}|$ 变小
- C. $\frac{U_2}{I}$ 变大, $|\frac{\Delta U_2}{\Delta I}|$ 变大
- D. $\frac{U_3}{I}$ 变大, $|\frac{\Delta U_3}{\Delta I}|$ 变大

【答案】A

【解析】 滑动变阻器的滑片 P 向下滑动时, R_2 接入电路中的电阻增大, 总电阻增大, 所以干路电流减小。 $\frac{U_1}{I} = R_1$ 为定值, $|\frac{\Delta U_1}{\Delta I}| = R_1$ 为定值, 故 B 错误; $\frac{U_2}{I} = R_2$ 变大, 根据 $U_2 = E - I(r + R_1)$, 可知 $|\frac{\Delta U_2}{\Delta I}| = r + R_1$ 为定值, C 错误; $\frac{U_3}{I} = R_1 + R_2$ 变大, 根据 $U_3 = E - Ir$, 可知 $|\frac{\Delta U_3}{\Delta I}| = r$ 为定值, D 错误; 由前面分析可知, $|\Delta U_1| = |\Delta I| \cdot R_1$, $|\Delta U_2| = |\Delta I| \cdot (r + R_1)$, $|\Delta U_3| = |\Delta I| \cdot r$, 则 $|\Delta U_1| < |\Delta U_2|$, $|\Delta U_2| > |\Delta U_3|$, A 正确。

10. 地磅工作原理图如图所示, 地磅空载时滑动变阻器滑片 P 位于 A 点, 满载时滑片 P 位于 B 点, 弹簧始终处于弹性限度内。下列说法错误的是 ()



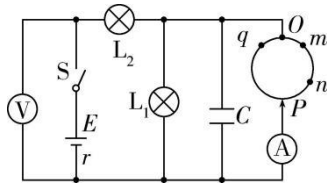
- A. 电压表两端电压与被测汽车的质量成正比
- B. 若将一个电阻与电压表串联, 可增大地磅量程
- C. 若称量值偏小, 可在 R_0 上并联一个电阻进行校正
- D. 电池长时间使用后, 称量值会偏小

【答案】B

【解析】 设滑动变阻器的总电阻为 R , 横截面积为 S , 根据闭合电路欧姆定律可知 $E = I(R + R_0 + r)$, 设 A 、 P 之间的距离为 x , $U = IR_x = \frac{E}{R + R_0 + r} \rho \frac{x}{S}$, 汽车平衡时, $mg = 2kx$, 联立解得 $U = \frac{E}{R + R_0 + r} \rho \frac{mg}{2kS}$, 可以看出电压表两端电压与被测汽车的质量成正比, A 正确; 若将一个电阻与电压表串联, 弹簧最大压缩量不变, 无法增大地磅量程, B 错误; 若称量值偏小, 可以在 R_0 上并联一个电阻, 使回路中

总电阻变小，总电流增大，滑动变阻器上的电压增大，校正称量值，C 正确；电池长时间使用后，内阻会变大，导致电流减小，A、P 间的电压减小，所以称量值会偏小，D 正确。

11. 如图所示，将一根粗细均匀的电阻丝弯成一个闭合的圆环，接入电路中，电路与圆环的接触点 O 固定， P 为与圆环良好接触的滑动触头，电源的电动势为 E ，内阻为 r ，闭合开关 S ，在滑动触头 P 缓慢从 m 点开始经 n 点移到 q 点的过程中，下列说法正确的是（ ）



- A. 电压表和电流表的示数都一直变大
- B. 灯 L_1 先变暗后变亮，电流表的示数一直变小
- C. 灯 L_2 先变暗后变亮，电压表的示数先变大后变小
- D. 电容器 C 所带电荷量先减小后增大

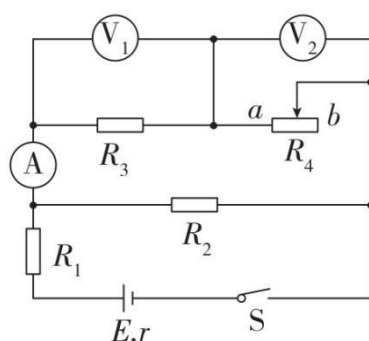
【答案】 C

【解析】 在滑动触头 P 缓慢从 m 点开始经 n 点移到 q 点的过程中，圆环接入电路中的总电阻先变大后变小，故电路中的总电阻先变大后变小，则干路电流 I 先减小后增大，灯 L_2 先变暗后变亮，根据闭合电路欧姆定律可知 $U = E - Ir$ ，路端电压即电压表示数先变大后变小，圆环与灯 L_1 并联部分的电压 $U_{\text{并}} = U - U_2$ ，故 $U_{\text{并}}$ 先增大后减小， L_1 先变亮后变暗，流过电流表的电流 $I_A = I - I_1$ ， I_A 先减小后增大，即电流表的示数先减小后增大，故 A、B 错误，C 正确；圆环与灯 L_1 并联部分两端的电压先增大后减小，则电容器的板间电压先增大后减小，由 $Q = CU$ 可得电容器所带的电荷量先增大后减小，故 D 错误。

素养综合练

12. [2024·云南昆明模拟] 多选 在如图所示电路中，电源电动势 $E = 12\text{V}$ ，内阻 $r = 8\Omega$ ，定值电阻 $R_1 = 2\Omega$ ， $R_2 = 10\Omega$ ， $R_3 = 20\Omega$ ，滑动变阻器 R_4 的取值范围为 $0 \sim 30\Omega$ ，所有电表均为理想电表。闭合开关 S ，在滑动变阻器的滑片从

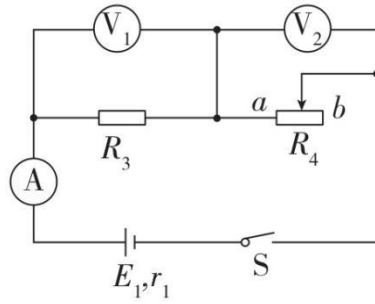
a 端滑到 b 端的过程中，电压表 V_1 、电压表 V_2 、电流表 A 示数的变化量分别为 ΔU_1 、 ΔU_2 、 ΔI 。下列说法正确的是（ ）



- A. V_1 读数变小， V_2 读数变大， $|\Delta U_1|$ 小于 $|\Delta U_2|$
- B. $|\frac{\Delta U_1}{\Delta I}| = 20\Omega$ ， $|\frac{\Delta U_2}{\Delta I}| = 25\Omega$
- C. R_4 的功率先增大后减小，最大值为 $0.36W$
- D. 电源的输出功率先增大后减小，最大值为 $4.5W$

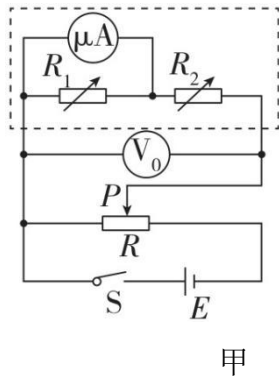
【答案】ABC

【解析】将 R_1 和 R_2 等效为电源内阻，则等效电源的电动势 $E_1 = \frac{ER_2}{R_1+R_2+r} = 6V$ ，等效内阻 $r_1 = \frac{(r+R_1)R_2}{r+R_1+R_2} = 5\Omega$ ，等效电路如图，当滑动变阻器的滑片从 a 端滑到 b 端的过程中， R_4 的阻值变大，总电阻变大，总电流变小，路端电压变大，则 V_1 读数变小， V_2 读数变大，因 $U_{路端} = U_1 + U_2$ ，所以 $|\Delta U_1|$ 小于 $|\Delta U_2|$ ，故 A 正确；因为 $|\frac{\Delta U_1}{\Delta I}| = R_3 = 20\Omega$ ，又有 $|\frac{\Delta U_2}{\Delta I}| = R_3 + r_1 = 25\Omega$ ，故 B 正确；将 R_3 等效为新电源的内阻，等效内阻为 $r_2 = r_1 + R_3 = 25\Omega$ ，当外电路电阻等于等效内阻时输出功率最大，当滑动变阻器的滑片从 a 端滑到 b 端的过程中，电阻从 0 增加到 30Ω ，可知 R_4 的功率先增大后减小，当 $R_4 = 25\Omega$ 时功率最大，最大值为 $P = \frac{E_1^2}{4r_2} = 0.36W$ ，故 C 正确；当滑动变阻器的滑片在 a 端时，外电阻为 $R_{外1} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{26}{3}\Omega$ ，当滑动变阻器的滑片在 b 端时，外电阻为 $R_{外2} = R_1 + \frac{R_2(R_3+R_4)}{R_2+R_3+R_4} = \frac{31}{3}\Omega$ ，电源 E 的内阻 $r = 8\Omega$ ，则滑动变阻器的滑片从 a 端滑到 b 端的过程中，电源的输出功率一直减小，故 D 错误。

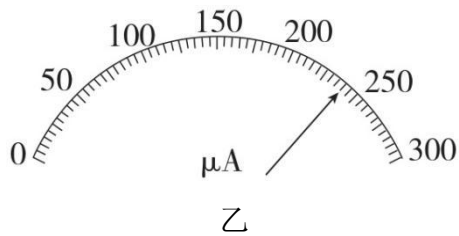


课时作业 50 电学实验基础

1. [2024·河南名校联考]某物理兴趣小组进行电表改装实验探究，要将一内阻为 700Ω 、量程为 $0\sim 300\mu\text{A}$ 的微安表先改装成量程为 $0\sim 1\text{mA}$ 的电流表，再改装成量程为 $0\sim 3\text{V}$ 的电压表，并与标准电压表对比校准。图甲是改装后电压表与标准电压表对比校准的电路图，虚线框中是改装后电压表电路， V_0 是量程为 $0\sim 3\text{V}$ 、内阻约为 $3\text{k}\Omega$ 的标准电压表，电阻箱 R_1 、 R_2 调节范围为 $0\sim 9999\Omega$ 。步骤如下：



甲



乙

- (1) 根据题中给出条件，微安表改装成量程为 $0\sim 1\text{mA}$ 的电流表，再改装成量程为 $0\sim 3\text{V}$ 的电压表，图甲中电阻箱的阻值应分别调节到 $R_1 = \underline{\quad}\Omega$ ， $R_2 = \underline{\quad}\Omega$ 。
- (2) 将图乙所示微安表表盘改装成 $0\sim 3\text{V}$ 电压表表盘，图乙中指针所指刻度读数为 $\underline{\quad}\text{V}$ 。
- (3) 对比校准。当标准电压表 V_0 的示数为 1.60V 时，微安表的指针位置如图乙所示，由此可以推测出改装的电压表量程不是预期值，而是 $0\sim \underline{\quad}\text{V}$ （结果保留 2 位有效数字）。

【答案】 (1) 300; 2 790

(2) 2.40

(3) 2.0

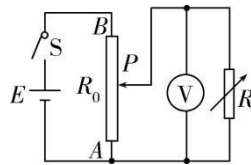
【解析】

(1) 微安表改装成量程为 $0 \sim 1\text{mA}$ 的电流表，根据部分电路的欧姆定律可得 $R_1 = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = 300\Omega$ ；电流表再改装成量程为 $0 \sim 3\text{V}$ 的电压表，根据部分电路的欧姆定律可得 $R_2 = \frac{U - I_g R_g}{I} = 2790\Omega$ 。

(2) 图乙所示微安表表盘改装成 $0 \sim 3\text{V}$ 电压表表盘，最小刻度为 0.05V ，则图乙中指针所指刻度读数为 $2.0\text{V} + 8 \times 0.05\text{V} = 2.40\text{V}$ 。

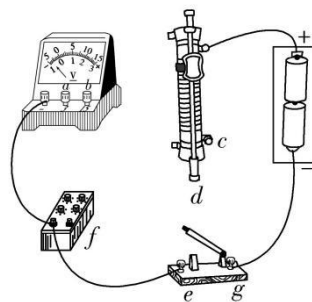
(3) 由图乙可知，当电压为 1.60V 时，微安表指针转过了 48 小格，则每一小格表示的电压值为 $\Delta U = \frac{1.60\text{V}}{48} = \frac{1}{30}\text{V}$ ，则 $U = 60 \times \frac{1}{30}\text{V} = 2.0\text{V}$ 。

2. [2022·浙江6月选考卷·18节选]探究滑动变阻器的分压特性，采用图甲所示的电路，探究滑片 P 从 A 移到 B 的过程中，负载电阻 R 两端的电压变化。



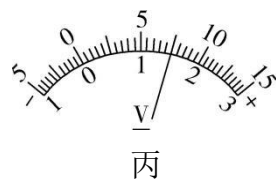
甲

① 图乙为实验器材部分连线图，还需要_____（选填 af 、 bf 、 fd 、 fc 、 ce 或 cg ）连线（多选）。



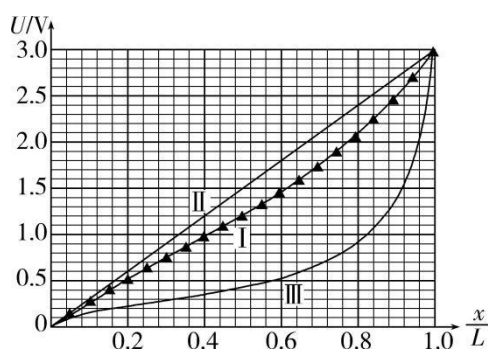
乙

② 图丙所示电压表的示数为_____V。



丙

③ 已知滑动变阻器的最大阻值 $R_0 = 10\Omega$ ，额定电流 $I = 1.0A$ 。选择负载电阻 $R = 10\Omega$ ，以 R 两端电压 U 为纵轴， $\frac{x}{L}$ 为横轴（ x 为 AP 的长度， L 为 AB 的长度），得到 $U - \frac{x}{L}$ 分压特性曲线为图丁中的“ I ”；当 $R = 100\Omega$ ，分压特性曲线对应图丁中的_____（选填“ II ”或“ III ”）；则滑动变阻器最大阻值的选择依据是_____。



丁

【答案】① *af*、*fd*、*ce*

② 1.50

③ II； $R_0 < R$

【解析】

① 由电路图可知，滑动变阻器采用分压式接法，故连*fd*、*ce*，电压表并联接在电阻两端，由图乙可知电源电压为3V，故需连接*af*。

② 电压表0~3V量程的分度值为0.1V，估读一位，读数为1.50V。

③ 题图丁中的“ I ”表示滑动变阻器 $R_0 = 10\Omega$ ，负载电阻 $R = 10\Omega$ 的分压特性曲线，根据串并联电路的电阻关系可得，负载电阻 R 越大，图线越接近直线，所以当 $R = 100\Omega$ 时，分压特性曲线对应题图丁中的“ II ”。选择滑动变阻器的依据是 $R_0 < R$ 。

3. [2024·广东珠海模拟]电阻 R_x 的阻值在 $3k\Omega \sim 5k\Omega$ 之间，现要测量其阻值，实验室提供了下列器材：

电压表V（量程为0~3V，内阻约为 $30k\Omega$ ）；

电流表 A_1 （量程为0~ $100\mu A$ ，内阻约为 100Ω ）；

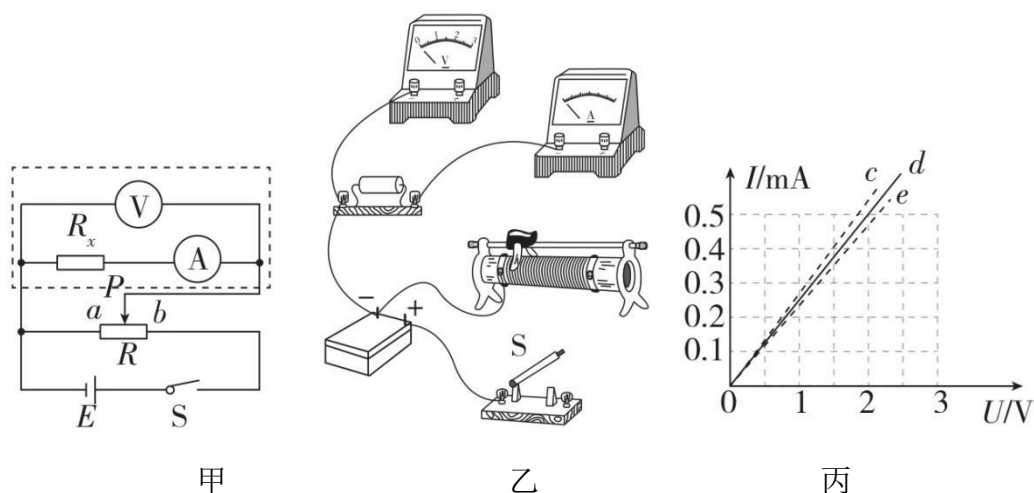
电流表 A_2 （量程为0~1mA，内阻约为 10Ω ）；

滑动变阻器 R （最大电阻 500Ω ）；

电源 E （电动势 $4V$ ）；

开关 S 及导线若干。

某课外活动小组设计了如图甲所示的测量电路进行了实验，请回答下列问题：



- (1) 电路中电流表应选用上述器材中的_____（选填字母代号）；
- (2) 闭合开关 S 前，滑动变阻器的滑片 P 应在_____（选填“ a ”或“ b ”）端；
- (3) 请根据图甲所示的电路图，在图乙中将实物图连接补充完整；
- (4) 实验中得到的 $I - U$ 图线如图丙中的实线 d 所示，电阻 R_x 的测量值为_____ $k\Omega$ ；
- (5) 由于本实验存在误差，你认为电阻 R_x 真实的 $I - U$ 图线应为图丙中的图线_____（选填“ c ”或“ e ”）；
- (6) 某同学对图甲中虚线框内的电路进行修改，并从上述器材中选用适当的器材，设计出了测量电压表 V 内阻的电路，请在方框内画出该同学修改部分的电路，并在图中标出所选用的器材。



【答案】 (1) A_2

(2) a

(3) 见解析

(4) 4

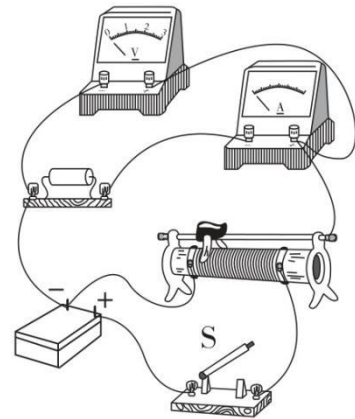
(5) c

(6) 见解析

【解析】

(1) 电路中的最大电流为 $I = \frac{U}{R_x} = \frac{3}{3000} \text{A} = 1 \text{mA}$ ，故电流表选择 A_2 。

(2) 滑动变阻器为分压接法，为了保护电路，闭合开关前应使并联部分的电压为零，故滑片 P 应在 a 端。

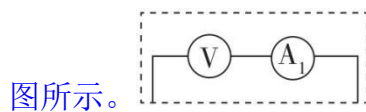


(3) 按实验电路图将实物图补充完整，如图所示。

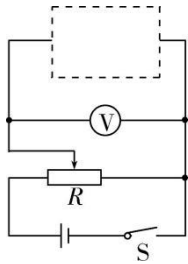
(4) 根据 $I - U$ 图像求得电阻 $R_x = \frac{U_1}{I_1} = \frac{2}{0.5 \times 10^{-3}} \Omega = 4 \text{k}\Omega$ 。

(5) 本次实验是用电流表内接法测电阻的，所以电压表测的是电流表和 R_x 两端的总电压，那么电压和电阻的测量值均偏大，故真实的图线应是 c 。

(6) 由于电压表的内阻很大，而满偏电流 $I_m = \frac{U_m}{R_V} = \frac{3}{30 \times 10^3} \text{A} = 10^{-4} \text{A} = 100 \mu\text{A}$ ，恰好在电流表 A_1 的量程之内，所以可以直接将两表串联接入题图甲虚线框内，如图

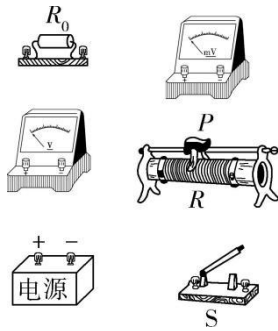


4. 某同学要将一量程为 $0 \sim 150 \text{mV}$ 的毫伏表改装成量程为 $0 \sim 3 \text{V}$ 的电压表，他测得该毫伏表内阻为 500Ω 。经计算后将一阻值为 R_0 的电阻与该毫伏表连接，进行改装。然后利用一标准电压表 V ，根据图甲所示电路对改装后的电压表进行检测（虚线框内是改装后的电压表）。



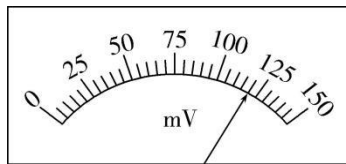
甲

(1) 根据图甲和题给条件，将图乙中的实物进行连线。



乙

(2) 当标准电压表 V 的示数为 1.80V 时，毫伏表的指针位置如图丙所示。由此可以推测出所改装电压表的量程不是预期值，而是_____（选填正确答案标号）。



丙

A. 0 ~ 2.25V B. 0 ~ 2.88V C. 0 ~ 3.60V D. 0 ~ 4.00V

(3) 如果产生上述问题的原因只有一个，那么这个原因可能是（选填正确答案标号）。

- A. 毫伏表内阻测量错误，实际内阻小于 500Ω
- B. 毫伏表内阻测量错误，实际内阻大于 500Ω
- C. R_0 值计算错误，接入的电阻偏大
- D. R_0 值计算错误，接入的电阻偏小

(4) 要达到预期目的，无论毫伏表测得的内阻是否正确，都不必重新测量，只需要将阻值为 R_0 的电阻换成阻值为 kR_0 的电阻即可，其中 $k =$ _____。

【答案】 (1) 见解析

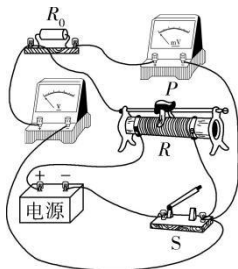
(2) A

(3) BD

(4) $\frac{19}{14}$

【解析】

(1) 电压表的改装需要串联一个定值电阻，所以实物图连线如图所示。



(2) 毫伏表分度值为 5mV ，则其读数为 120mV ，则有 $\frac{1.80\text{V}}{120\text{mV}} = \frac{U_m}{150\text{mV}}$ ，解得 $U_m = 2.25\text{V}$ ，故选 A。

(3) 由 (2) 可知，改装后电压表量程偏小，由串联电路特点可知，分压电阻阻值偏小，如果是 R_0 值计算错误，则接入的电阻偏小，如果是毫伏表内阻测量错误，则实际内阻大于 500Ω ，所以 B、D 正确，A、C 错误。

(4) 由 (2) 可知，改装后的电压表量程为毫伏表的 15 倍，则分压电阻的电压为毫伏表满偏电压的 14 倍，即串联电阻阻值 $R_0 = 14R_g$ ，把毫伏表改装成量程为 $0 \sim 3\text{V}$ 的电压表，串联电阻阻值为 $R = \frac{U-U_g}{\frac{U_g}{R_g}} = 19R_g = kR_0$ ，则有 $k = \frac{19}{14}$ 。