



第九章 静电场及其应用

1 电荷

1. A 【解析】自然界中只存在正、负两种电荷,故 A 正确;同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引,故 B 错误;摩擦起电是由于电子的转移,并非说明电荷可以创生,故 C 错误;带电物体可能有多余的正电荷,也可能有多余的负电荷,故 D 错误。
2. D 【解析】用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电,这是因为在摩擦过程中玻璃棒失去了电子而带正电, D 正确。
3. B 【解析】任何起电方式都不能创造电荷,也不能消灭电荷,电荷只能从物体的一部分转移到另一部分,或者从一个物体转移到另一个物体,在转移的过程中电荷的总量保持不变,故 A、C、D 正确, B 错误。
4. A 【解析】实验员头发竖起来是她头发带同种电荷,而同种电荷间相互排斥,故 A 正确, B 错误;起电机起电的过程是电荷转移的过程,故 C 错误;绝缘地板能防止积累在实验员身上的电荷被导入大地,故 D 错误。
5. C 【解析】同种电荷相互排斥,由塑料丝“躲开”可知塑料丝和 PVC 管带同种电荷,由于不知道塑料丝与哪一种物体摩擦,所以不能判断出塑料丝带正电还是带负电, A、B、D 错误, C 正确。
6. B 【解析】导电平板靠近带电绝缘板并接地,导电平板与大地组成“大导体”,发生静电感应,使导电平板带上负电荷,选项 B 正确。
7. B 【解析】甲、乙两个物体相互摩擦,甲带 $1.6 \times 10^{-15} \text{ C}$ 的正电荷,那么由电荷守恒定律可知,乙应带 $1.6 \times 10^{-15} \text{ C}$ 的负电荷,即甲失去了 10^4 个电子,乙得到了 10^4 个电子,选项 B 正确。
8. C 【解析】两个完全一样的带异种电荷的导体接触后电荷先中和再平分,所以 $q_B = \frac{5q - q}{2} = 2q$,故 C 正确。
9. BCD 【解析】在各种带电粒子中,电子所带的电荷量的绝对值是最小的,人们把这个最小的电荷量叫元电荷,常用符号 e 表示,任何带电体所带电荷量都等于元电荷的整数倍,将电子或质子所带电荷量的绝对值称为元电荷,而不是把质子或电子叫作元电荷,故选项 A 错误, C、D 正确;电子或质子所带电荷量的绝对值都是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,可把 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的电荷量叫元电荷,故选项 B 正确。
10. ACD 【解析】密立根的油滴实验最先测出了电子的电荷量约为 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,故 A 正确;物体的电荷量都是元电荷 e 的整数倍, $e \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,物体所带的电荷量最小值为元电荷,故 B 错误, C、D 正确。
11. AC 【解析】验电器上的金属箔片和金属球 B 都带有正电荷,金属箔片之所以张开,是由于箔片上的正电荷互相排斥,当验电器金属箔片的张角减小时,说明箔片上的正电荷一定比原来减少了,由于金属球 A 只是靠近验电器而没有与验电器上的金属球 B 发生接触,要考虑感应起电的影响,当金属球 A 靠近验电器时,验电器的金属球 B、金属杆包括金属箔片整体相当于一个导体,金属球 A 离金属球 B 较近,而离金属箔片较远,如果金属球 A 带正电,验电器上的正电荷一定向远处移动,则金属箔片上的正电荷不会减少,选项 B 错误;如果金属球 A 带负电,验电器上的正电荷会由于静电感应向近端移动,造成金属箔片上的正电荷减少,选项 C 正确;如果金属球 A 不带电,由于受到金属球 B 上正电荷的影响,金属球 A 上靠近 B 的部分也会由静电感应出现负电荷,而这些负电荷反过来会使得验电器上的正电荷向金属球 B 移动,效果与金属球 A 带负电荷一样,选项 A 正确, D 错误。
12. AC 【解析】三个球同时接触后可以各带有 $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的正电荷,选项 A 正确;根据电荷守恒定律可知,接触前、后三球的总电荷量不变,选项 B、D 错误;将 B 球先与 A 球接触,再与 C 球接触,分开后 A、B、C 分别带有 $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 、 $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 和 $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 的正电荷,选项 C 正确。
13. CD 【解析】金属箔片几乎闭合,是因为带负电的验电器在

潮湿的空气中,经过一段时间后,金属球上的负电荷(电子)被潮湿的空气导走了,但电荷在转移的过程中仍然守恒,故 A、B 错误, C、D 正确。

14. ABC 【解析】摩擦使笔套带电,带电的笔套靠近圆环的时候,圆环发生静电感应,上、下部分感应出等量的异种电荷;吸引过程中,圆环加速向上,吸引力大于圆环重力;绝缘材料做成的笔套,自由电子无法移动,电荷无法立刻被中和,故 A、B、C 正确, D 错误。
15. C 【解析】带正电的玻璃棒停在金属球上方时,由于静电感应现象,金属球的上端区域感应出负电荷,下端区域感应出等量正电荷, A 错误;玻璃棒停在金属球上方时,因为异种电荷互相吸引,故金属球受到向上的吸引力,由平衡条件和牛顿第三定律可知,电子秤示数小于泡沫板与球的总质量, B 错误;玻璃棒靠近过程中,金属球上感应电荷的电荷量逐渐增大,故金属球受到向上的吸引力逐渐增大,则电子秤示数逐渐减小,且示数小于泡沫板与球的总质量,远离过程中吸引力逐渐减小,则电子秤示数逐渐增大,且示数小于泡沫板与球的总质量, C 正确, D 错误。
16. (1) 2 : 3 (2) 2 : 1

【解析】(1) 若 A、B 带同种电荷,设电荷量为 Q ,则第三个小球 C 与 A 接触后,平分 A 的电荷量, A 剩余电荷量为 $\frac{Q}{2}$; C

球与 B 接触后,总电荷量为 $\frac{3Q}{2}$,二者平分, B 带电荷量为 $\frac{3Q}{4}$,故 A、B 电荷量之比为 $\frac{Q}{2} : \frac{3Q}{4} = 2 : 3$ 。

(2) 若 A、B 带异种电荷,设 A 的电荷量为 $+Q$, B 的电荷量为 $-Q$,则 C 球与 A 接触后,带电荷量均为 $\frac{Q}{2}$; C 球与 B 接触时,先中和,总电荷量为 $-\frac{Q}{2}$,两者再平分, B 球电荷量

为 $-\frac{Q}{4}$,故 A、B 最后电荷量的绝对值之比为 $\left| \frac{Q}{2} \right| : \left| -\frac{Q}{4} \right| = 2 : 1$ 。

2 库仑定律

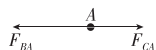
1. D 【解析】“点电荷”是为了研究物理问题方便而引入的物理模型,是由实际物体抽象所得, D 正确。
2. D 【解析】带电体能否看作点电荷由研究问题的性质决定,与自身大小、形状无具体关系,当两个带电体的大小、形状对它们之间相互作用力的影响可忽略时,这两个带电体都可看作点电荷, D 正确。
3. D 【解析】B 球使绝缘棒平衡,其本身不带电, A 错误;本实验是为了找到库仑力与距离和电荷量的关系,并不需要测量每一个带电小球的电荷量,通过旋钮转过的角度判断库仑力, A 与 C 电性相同,从而得出库仑力与距离和电荷量的关系,而且库仑时代并没有电荷量的单位,也无法求出具体的电荷量, B 错误;根据库仑定律, A 球与 C 球之间的作用力与它们之间距离的二次方成反比, C 错误;本实验将库仑力导致的悬丝扭转放大出来,主要的物理思想方法是微小量放大法, D 正确。
4. CD 【解析】将两个点电荷放置在绝缘的煤油中相距一定距离时,两点电荷间仍然有库仑力的作用,故 A 错误;当两电荷之间的距离 $r \rightarrow 0$ 时,两电荷已经不能看成点电荷,库仑定律不再适用,故 B 错误;库仑在实验中发现并总结了电荷间相互作用规律,故 C 正确;根据库仑定律可知,两个球心相距为 L 、带电荷量均为 Q 且电荷均匀分布的绝缘球间的静电力大小为 $k \frac{Q^2}{L^2}$,故 D 正确。
5. D 【解析】由于壳层的厚度和质量分布均匀,两球壳可看作质量集中于球心的质点,因此可以应用万有引力定律, $F_{引} =$

$G \frac{m^2}{l^2}$. 对于 a, b 两带电球壳, 两球心间的距离 l 只有半径的 3 倍, 不能看成点电荷, 因此不满足库仑定律的适用条件, 故 D 正确.

6. A 【解析】如果 q_1, q_2 恒定, 当距离变为 $\frac{r}{2}$ 时, 由库仑定律可知作用力将变为 $4F$, 选项 A 错误; 根据库仑定律, 如果其中一个电荷的电荷量不变, 而另一个电荷的电荷量和它们间的距离都减半, 作用力将变为 $2F$, 选项 B 正确; 根据库仑定律, 如果它们的电荷量和距离都加倍, 作用力将不变, 选项 C 正确; 根据库仑定律, 如果它们的电荷量都加倍, 距离变为 $\sqrt{2}r$, 作用力将变为 $2F$, 选项 D 正确.

7. AB 【解析】由题图可知, 带电小球与带正电的导体球 O 相互排斥, 则可知小球带正电, A 正确; 同一带电小球所带电荷量一定, 位置不同, 与导体球的距离不同, 小球静止时细丝线与竖直方向的夹角不同, 说明它们之间的作用力不同, 故 B 正确; 根据共点力平衡可知, 细丝线与竖直方向的夹角越大说明导体球与带电小球之间的作用力越大, 细丝线与竖直方向的夹角越小说明导体球与带电小球之间的作用力越小, 故 C 错误; 该实验只能定性分析电荷之间的相互作用力与距离的关系, 无法定量计算, 故 D 错误.

8. A 【解析】A 受到 B、C 点电荷的库仑力如图所示, 根据库仑定律有 $F_{BA} = \frac{k|Q_B||Q_A|}{r_{BA}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-9}}{0.01^2} \text{ N} = 1.08 \times 10^{-3} \text{ N}$, $F_{CA} = \frac{kQ_C Q_A}{r_{CA}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-9}}{0.03^2} \text{ N} = 9 \times 10^{-5} \text{ N}$, 则点电荷 A 受到的合力大小为 $F_A = F_{BA} - F_{CA} = (1.08 \times 10^{-3} - 9 \times 10^{-5}) \text{ N} = 9.9 \times 10^{-4} \text{ N}$, 故选项 A 正确.



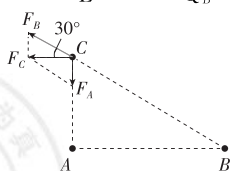
9. B 【解析】根据同种电荷相互排斥, 异种电荷相互吸引及平行四边形定则可知, C 处点电荷对 A 处点电荷的静电力为引力, B 处点电荷对 A 处点电荷的静电力为斥力, C 处点电荷与 A 处点电荷为异种点电荷, A 处点电荷与 B 处点电荷为同种点电荷, 所以 C 处点电荷对 B 处点电荷的静电力为引力, A 处点电荷对 B 处点电荷的静电力为斥力, 根据平行四边形定则可知, B 处点电荷受力可能为 F_2 , 故 B 正确, A、C、D 错误.

10. C 【解析】设原来 A、B 带的电荷量均为 Q , 根据相同的小球接触后电荷的分配规律可知, C 球与 A 球接触后, A 和 C 均带 $\frac{Q}{2}$ 的电荷量, 然后 C 球与 B 球接触后, C 和 B 均带 $\frac{3Q}{4}$

的电荷量, 所以后来的静电力为 $F' = \frac{k \frac{Q}{2} \cdot \frac{3Q}{4}}{r^2} = \frac{3}{8} F$, 选项 C 正确.

11. D 【解析】根据几何关系及对称性可知, 若 a 和 b 所带电荷量相等, 则 c 受到 a 和 b 的静电力的合力将沿 x 轴正方向, 而实际情况是 c 受到 b 的静电力比受到 a 的静电力大, 所以合力方向将偏离 x 轴指向第 IV 象限, 故选 D.

12. B 【解析】要使 C 处的正点电荷所受静电力方向平行于 AB 向左, 该正点电荷受力的情况应如图所示, 所以 A 带负电, B 带正电, 设 A、C 间的距离为 L , 则 $F_B \sin 30^\circ = F_A$, 即 $k \frac{Q_B Q_C}{(2L)^2} \cdot \sin 30^\circ = k \frac{Q_A Q_C}{L^2}$, 解得 $\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{1}{8}$, 选项 B 正确.



13. C 【解析】设弹簧原长为 l , 劲度系数为 k_0 , 根据库仑定律和平衡条件得 $k \frac{q_1 q_2}{(l+x_0)^2} = k_0 x_0$, $k \frac{4q_1 q_2}{(l+x)^2} = k_0 x$, 两式相除, 有 $\frac{(l+x)^2}{4(l+x_0)^2} = \frac{x_0}{x}$, 可得 $x = \left(\frac{l+x_0}{l+x} \right)^2 \cdot 4x_0$, 因 $l+x > l+x_0$, 故 $x < 4x_0$, 选项 C 正确.

14. $\frac{41kQq}{784R^2}$, 方向向右

【解析】未挖去小球之前, 大球对 P 处电荷的斥力为 $F = k \frac{Qq}{(4R)^2}$

挖去的小球所带电荷量为

$$Q' = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3} \times \frac{4}{3}\pi \left(\frac{R}{2}\right)^3 = \frac{Q}{8}$$

挖去的小球对 P 处电荷的斥力为

$$F_1 = k \frac{\frac{Q}{8} q}{\left(4R - \frac{R}{2}\right)^2} = \frac{kQq}{98R^2}$$

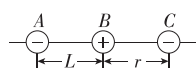
剩余部分对 P 处电荷的斥力为 $F_2 = F - F_1 = \frac{41kQq}{784R^2}$, 方向向右.

专题课: 库仑定律的应用

1. C 【解析】根据题意可知, 若小球 P 能保持静止, 则小球 M 、 N 对 P 的作用力等大反向, 由同种电荷相互吸引, 异种电荷相互排斥可知, 由于小球 M 、 N 带异种电荷, 无论 P 带何种电荷, 小球 M 、 N 对 P 的作用力方向都相反, 设小球 P 的带电荷量为 q , 由库仑定律可得 $\frac{kqQ_1}{MP^2} = \frac{kqQ_2}{NP^2}$, 可得 $q_1 > q_2$, 故选 C.

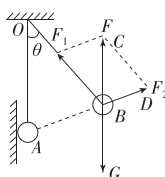
2. A 【解析】因为 $|q_1| < |q_2|$, 故该点电荷应在 a 点的左侧, 设它所带电荷量为 q , 距 a 点的距离为 x , 则 $k \frac{q_1 q}{x^2} = k \frac{|q_2| q}{(x+20)^2}$, 代入数据解得 $x = 40 \text{ cm}$, 故选项 A 正确.

3. C 【解析】A、B、C 三个点电荷要平衡, 三个电荷必须共线且外侧两点电荷相排斥, 中间点电荷吸引外侧两点电荷, 而且外侧点电荷电荷量大, 所以 C 必须带负电, 放在 B 右侧, 设 B、C 间的距离为 r , 对 C 有 $\frac{kQq_C}{r^2} = k \frac{4Q \cdot q_C}{(L+r)^2}$, 代入得 $r = L$, 对 B 有 $\frac{kQq_C}{r^2} = \frac{k4Q \cdot Q}{L^2}$, 代入得 $q_C = 4Q$, 选项 C 正确.



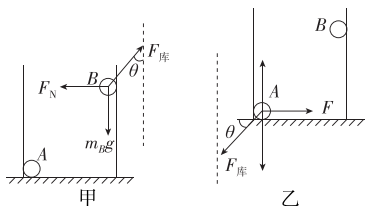
4. AC 【解析】两小球相互吸引, 所以 A 正确. 两小球受到的静电力大小相等, 无法判断电荷量的大小, 选项 B、D 错误. 设轻丝线与竖直方向的夹角为 θ , 根据平衡条件可得两球之间的静电力 $F = mg \tan \theta$, 因为 $\alpha > \beta$, 故 $m_1 g < m_2 g$, 即 $m_1 < m_2$, 选项 C 正确.

5. B 【解析】以小球 B 为研究对象, 对其进行受力分析, 受到重力 G 、A 的斥力 F_2 和绝缘轻质细线的拉力 F_1 三个力作用, 受力示意图如图所示; 作出 F_1 、 F_2 的合力 F , 则由平衡条件得 $F = G$, 根据 $\triangle CBD \sim \triangle OAB$ 得 $\frac{F}{OA} = \frac{F_2}{AB} = \frac{F_1}{OB}$, 在电荷量逐渐减少的过程中, 根据库仑力公式得 $F_2 = \frac{kq_A q_B}{AB^2}$, 在 AB 不变的情况下, A、B 间斥力 F_2 应变小, 由于 OA、G (即 F) 均不变, 则比值 $\frac{F_2}{AB}$ 也不变, 所以 AB 与 F_2 同时减小, B 正确.

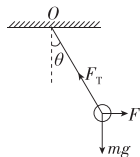


6. D 【解析】对 B 受力分析, 如图甲所示, 由平衡条件有 $F_{\text{库}} \cos \theta = m_B g$, 解得小球 A、B 间的库仑力 $F_{\text{库}} = \frac{m_B g}{\cos \theta}$, B 下降, θ 角变大, $\cos \theta$ 变小, 库仑力 $F_{\text{库}}$ 变大, A、B 错误; 对 A 受力分析如图乙所示, 由平衡条件有, 筒壁对小球 A 的支持力为 $F = F_{\text{库}} \sin \theta$, 由于 $F_{\text{库}}$ 和 $\sin \theta$ 都变大, 则 F 变大, 小球 A 对筒壁的压力变大, C 错误; 以整体为研究对象可知, 筒底对

A 球的支持力大小等于 A、B 两球的重力之和, D 正确。



7. D 【解析】A 为带正电的金属板, 此时不能将其看成点电荷, 所以不能使用库仑定律求小球受到的静电力, 故 A、B 错误; 小球受到的静电力方向向右, 重力竖直向下, 则小球的受力情况如图所示, 由平衡条件得 $F = mg \tan \theta$, 故 C 错误, D 正确。

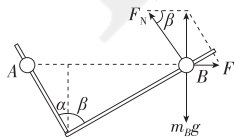


8. C 【解析】若 A、B 为异种电荷, 则 A、B 之间的库仑力为吸引力, 当 A、B 之间的库仑力大于 B 所需要的向心力时, B 球做近心运动, 速度和加速度都变大; 当 A、B 之间的库仑力小于 B 所需要的向心力时, B 球做离心运动, 速度和加速度都减小; 当 A 对 B 的库仑力恰好等于 B 球所需要的向心力时, B 球做圆周运动, 选项 A、B 错误。若 A、B 为同种电荷, 则 A、B 之间的库仑力为排斥力, 并且力的方向和速度的方向不在一条直线上, 所以 B 球一定做曲线运动; 由于 A、B 之间的距离越来越大, 它们之间的库仑力越来越小, 所以 B 球的加速度减小, 而库仑力做正功, 故 B 球的动能不断变大, 选项 C 正确, D 错误。

9. D 【解析】根据弹力的方向特点可知球在 A 点时受到的弹力方向背离圆心, 故 A 错误; 球在 B 点时, 由牛顿第二定律可得 $F_{\text{库}} - F_{\text{弹}} - mg = F_n$, 易知受到的弹力小于库仑力, 故 B 错误; 球从 A 运动到 B 的过程中, 库仑力不做功, 重力做正功, 由动能定理可知动能增加, 故 C 错误; 球从 A 运动到 B 的过程中只有重力做功, 机械能守恒, 故 D 正确。

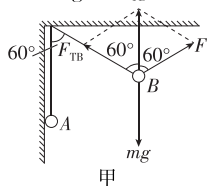
10. B 【解析】A、B 间的静电力 $F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r^2} = 2 \text{ N}$, $G = mg = 2 \text{ N}$, A 对 B 作用力大小与 B 的重力相等, 所以细线与竖直方向的夹角为 60° 。

11. C 【解析】A、B 间的库仑力大小相等设为 F , 根据库仑定律有 $F = k \frac{q_A q_B}{r^2}$, 则不能判断电荷量的大小关系, 故 A 错误; 对 B 受力分析如图所示, 根据平衡条件有 $F = \frac{m_B g}{\tan \beta}$, 同样对 A 有 $F = \frac{m_A g}{\tan \alpha}$, 则 $\frac{m_A g}{\tan \alpha} = \frac{m_B g}{\tan \beta}$, 即 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$, B 错误; 若因漏电小球的电荷量逐渐减小, 重新平衡后, 由于 A、B 受到的重力和杆对 A、B 的弹力也不变, 故库仑力也不变, A、B 连线仍在一条直线上, C 正确, D 错误。



12. (1) $\frac{1}{3} \times 10^{-7} \text{ C}$ (2) $\frac{\sqrt{3}}{2} \times 10^{-3} \text{ N}$, 方向水平向左
(3) $1.5 \times 10^{-3} \text{ N}$ $1 \times 10^{-3} \text{ N}$

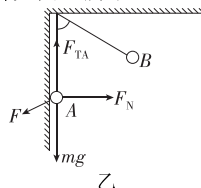
【解析】(1) 对 B 球受力分析如图甲所示, B 球受力平衡, 则拉力与库仑力的合力大小等于重力大小, 方向与重力方向相反, 由几何知识可知 $F = mg = F_{TB}$



根据库仑定律得 $F = k \frac{q^2}{L^2}$

代入数据解得 $q = \frac{1}{3} \times 10^{-7} \text{ C}$

(2) 对 A 球受力分析如图乙所示



A 球受力平衡, 所以

$$F_N = F \sin 60^\circ = mg \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 10^{-3} \text{ N}$$

由牛顿第三定律可知, 墙受到小球的压力大小为

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times 10^{-3} \text{ N}, \text{ 方向水平向左}$$

(3) A 球受力平衡, 则有

$$F_{TA} = mg + F \cos 60^\circ = 1.5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

由(1)分析知 $F_{TB} = mg = 1 \times 10^{-3} \text{ N}$

13. B 【解析】根据库仑定律可得 $F_{C'A} = \frac{kQq}{3a^2}$, 现将 C' 上质点电荷量变成 $-Q$, 其他质点对 A 上质点的作用力不变, C' 上质点对 A 上质点的作用力大小不变、方向相反, 则顶点 A 上质点受到的合力大小为 $\frac{2kQq}{3a^2}$, 故 B 正确。

14. (1) $\frac{kq^2}{mr^2} - \frac{1}{2}g$ (2) $\frac{2kq^2}{r^2}$

【解析】(1) 根据库仑定律, 两球相互吸引的库仑力为

$$F_{\text{库}} = k \frac{q^2}{r^2}$$

对 B 球, 由牛顿第二定律有 $F_{\text{库}} - mg \sin 30^\circ = ma$

$$\text{联立解得加速度大小为 } a = \frac{kq^2}{mr^2} - \frac{1}{2}g$$

(2) 把 A 球和 B 球看成整体, 由牛顿第二定律有

$$F - 2mg \sin 30^\circ = 2ma$$

$$\text{解得 } F = \frac{2kq^2}{r^2}$$

3 电场 电场强度

第 1 课时 电场强度、电场强度的叠加

1. CD 【解析】电场中某点电场强度的方向是一定的, 而电荷在电场中所受的静电力的方向还与电荷的性质有关系, 只有正电荷受到的静电力的方向才与电场强度的方向相同, 故 A 错误, C 正确; 电场强度的大小与在电场中的位置有关, 对不同的位置, 只有在电荷量一定时电荷受到的静电力越大, 才能说明该点的场强越大, 故 B 错误, D 正确。

2. D 【解析】电场中某点的电场强度由电场本身的性质决定, 与放入该点的试探电荷及其所受静电力无关, A、B 错误; 试探电荷在该点受到的静电力 $F = Eq$, F 与 q 成正比, C 错误, D 正确。

3. B 【解析】电场强度是描述电场强弱和方向的物理量, 是试探电荷所受的电场力 F 与试探电荷所带的电荷量 q 的比值, 由电场本身决定, 故与试探电荷的有无、电性、电荷量的大小无关, 故在该点放入电荷量为 $-q$ 的试探电荷时电场强度为 E , 改放电荷量为 $+3q$ 的试探电荷时电场强度大小仍为 E , 方向和 E 相同, 故 B 正确, A、C、D 错误。

4. ACD 【解析】公式 $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式, 是比值定义法, 即 E 的大小与 F 、 q 没有必然联系, 选项 A 正确; F 是放入电场中的电荷所受的力, q 是放入电场中的试探电荷的电荷量, 它适用于任何电场, 选项 B 错误; 公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 是点电荷场强的计算公式, Q 是产生电场的电荷的电荷量, 它不适用于匀强电场, 选项 C 正确; 从点电荷场强计算式分析库仑定律表达式 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$, 式中 $k \frac{q_2}{r^2}$ 是点电荷 q_2 产生的电场在点

电荷 q_1 处的场强大小, 而 $k \frac{q_1}{r^2}$ 是点电荷 q_1 产生的电场在点电荷 q_2 处的场强大小, 选项 D 正确。

5. D 【解析】 a 、 b 两点电场强度方向不相同, A 错误; b 、 c 两点电场强度方向都向右, 即两点电场强度方向相同, B 错误; 由 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 可知, a 点的场强大小等于 b 点的场强大小, b 点的场强大于 c 点的场强大小, C 错误, D 正确。

6. B 【解析】 由于 P 处的电场强度为零, 表明这两个点电荷带同种电荷, A、D 错误; 根据上述有 $k \frac{q_1}{x_{MP}^2} = k \frac{q_2}{x_{NP}^2}$ 由于 $x_{MP} = 3x_{NP}$ 解得 $q_1 = 9q_2$, B 正确, C 错误。

7. D 【解析】 由题图可知, $r_b = \sqrt{3}r_a$, 再由 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 可知, $\frac{E_a}{E_b} = \frac{r_b^2}{r_a^2} = 3$, 故选项 D 正确。

8. B 【解析】 设 $ab = bc = cd = L$, $+Q$ 在 b 点产生的电场强度大小为 E , 方向水平向右, 由点电荷的电场强度公式得 $E = k \frac{Q}{L^2}$, $-Q$ 在 b 点产生的电场强度大小为 $E_1 = k \frac{Q}{(2L)^2} = \frac{1}{4}E$, 方向水平向右, 所以 b 点的电场强度大小为 $E_b = E + \frac{1}{4}E = \frac{5}{4}E$, 方向水平向右, 故 A、C 错误; 同理可求出 c 点的电场强度大小为 $\frac{5}{4}E$, 方向水平向右, 故 B 正确, D 错误。

9. C 【解析】 设 Q 与 A 点的距离为 L , Q 与 B 点的距离为 L_B , 则 $E_A = \frac{kQ}{L^2}$, $E_B = \frac{kQ}{L_B^2}$, 又 $E_B = \frac{1}{2}E_A$, 解得 $L_B = \sqrt{2}L$, 所以 Q 与 A 、 B 两点构成一个等腰直角三角形, A 、 C 之间的距离为 $2L$, Q 、 C 之间的距离为 $L_C = \sqrt{L^2 + (2L)^2} = \sqrt{5}L$, 则 $E_C = \frac{kQ}{L_C^2} = \frac{1}{5} \cdot \frac{kQ}{L^2} = \frac{1}{5}E_A$, 选项 C 正确。

10. D 【解析】 在 a 、 b 连线的中点处, a 、 b 两点处的带电小球在该点产生的合电场强度为零, 则该点的电场强度等于 c 处带电小球在该点产生的电场强度, 大小不为零, 选项 A 错误; 在三角形的中心处, a 、 b 两点处的带电小球在该点产生的电场强度大小相等, 夹角为 120° , 则合电场强度沿中心与 c 的连线指向 c , c 处的带电小球在该点产生的电场强度也是沿中心与 c 的连线指向 c , 则三角形中心处电场强度不为零, 选项 B 错误; a 处小球受到 b 处小球的排斥力沿 ba 方向, 受到 c 处小球的吸引力沿 ac 方向, 则其合力方向斜向左下方与 a 、 b 连线成 60° 角, 选项 C 错误; a 、 b 两点处的小球所受库仑力大小相等, $F_a = F_b = 2 \frac{kq}{l^2} \cos 60^\circ = \frac{kq}{l^2}$, c 处小球所受库仑力 $F_c = 2 \frac{kq}{l^2} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}kq}{l^2}$, 则 a 、 b 、 c 三处带电小球所受库仑力大小之比为 $1:1:\sqrt{3}$, 选项 D 正确。

11. D 【解析】 设正方形边长为 l , A 、 C 点的电荷在 D 点的场强大小均为 $E = k \frac{q}{l^2}$, 则 A 、 C 点的电荷在 D 点的合场强大小为 $E' = \frac{E}{\cos 45^\circ} = \frac{\sqrt{2}kq}{l^2}$, 因为 D 点的电场强度恰好等于零, 则 B 点的点电荷在 D 点的场强与 A 、 C 点的电荷在 D 点的合场强等大反向, 因此 B 点的点电荷带负电, 且 B 点的点电荷在 D 点的电场强度大小是 $E' = \frac{\sqrt{2}kq}{l^2} = k \frac{Q}{(\sqrt{2}l)^2}$, 解得 $Q = 2\sqrt{2}q$, 故选 D。

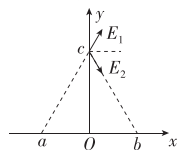
12. (1) $\frac{2kQ}{l^2}$, 方向沿 x 轴正方向 (2) $\frac{kQ}{4l^2}$, 方向水平向右

【解析】 (1) a 、 b 两点处电荷的电场在 O 点产生的场强方向都沿 x 轴正方向, 大小相等, 所以 O 点场强方向沿 x 轴正方向, 场强大小 $E_O = \frac{kQ}{l^2} + \frac{kQ}{l^2} = \frac{2kQ}{l^2}$

(2) a 、 b 两点处电荷的电场在 c 点产生的场强 E_1 、 E_2 大小相

$$\text{等, } E_1 = E_2 = \frac{kQ}{4l^2}$$

方向与水平线夹角均为 60° , 如图所示。



则 c 点的电场强度大小为

$$E_c = 2E_1 \cos 60^\circ = \frac{kQ}{4l^2}$$

方向水平向右

13. $\frac{1}{2}mg$ (2) 负电 $\frac{4mgx^2}{5kq}$

【解析】 (1) 设 OC 与 OP 的夹角为 θ , 根据几何关系可得

$$CP = \sqrt{OC^2 - OP^2} = x$$

小球的受力情况如图所示

小球受到的电场力

$$F_{\text{电}} = mg \tan \theta$$

$$\text{其中 } \tan \theta = \frac{1}{2}$$

$$\text{解得 } F_{\text{电}} = \frac{1}{2}mg$$

(2) 小球所在处电荷 A 、 B 产生的电场总场强大小

$$E = k \cdot \frac{2q}{(3x-x)^2} + k \cdot \frac{2q}{(3x+x)^2} = \frac{5kq}{8x^2}$$

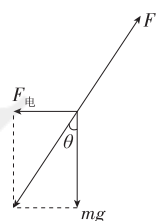
方向水平向右

由于小球受到的电场力方向向左, 所以小球带负电

根据 $F_{\text{电}} = QE$

可得, 小球所带电荷量

$$Q = \frac{4mgx^2}{5kq}$$



第2课时 电场线、匀强电场

1. D 【解析】 电场线总是从正电荷或无穷远处出发, 终止于无穷远处或负电荷, A 正确; 电场线上某点的切线方向与放在该点的正电荷的受力方向相同, B 正确; 电场线的疏密可以反映电场的强弱, 电场线越密集, 电场越强, C 正确; 电场线在任何情况都不会相交, 否则电场中的同一点将有两个场强方向, 这是不可能的, D 错误。
2. AD 【解析】 同一条电场线上各点的切线方向表示在该点的电场强度方向, 若电场线是曲线, 则同一条电场线上各点的电场强度方向不相同, 选项 A 正确; 点电荷的电场线都是直线, 但同一条电场线上各处的电场强度大小不相同, 选项 B 错误; 在电场中任何一点的电场强度是唯一确定的, 假若两条电场线相交, 则交点处有两个切线方向, 该点电场强度就不再唯一, 故选项 C 错误, D 正确。
3. C 【解析】 由题图知电场发散, 则该电场为正点电荷的电场, A 错误; b 点电场强度较大, 同一试探电荷在 a 点受到的静电力比放在 b 点的小, B 错误; 正电荷受力方向与电场强度方向相同, C 正确, D 错误。
4. C 【解析】 由题图可知, B 处电场线最密, 电场强度最大, 电场最强; A 处电场线最疏, 电场强度最小, 电场最弱, 故 A、B 错误。根据 $F = Eq$ 可知, 把一个带正电的点电荷依次放在这三点, 其中放在 B 点时它受到的静电力最大, 故 C 正确。负电荷所受静电力的方向跟电场强度方向相反, 所以把一个带负电的点电荷放在 A 点时, 它所受的静电力方向和 A 点的电场强度方向相反, 故 D 错误。
5. B 【解析】 根据电场线的特点, 从正电荷出发到无穷远终止可以判断, A 、 B 是两个带等量正电的电荷, A 错误, B 正确; 电场线只是形象描述电场的假想曲线, a 、 b 两点处无电场线, 但其电场强度并不为零, C 错误; 根据场强叠加原理可知, a 、 b 两点处场强大小相等, 方向相反, 则同一试探电荷在 a 、 b 两点受电场力大小相等, 方向一定相反, D 错误。
6. D 【解析】 由电场线分布可知, A 、 B 是等量异种点电荷, 故 A 错误; 由于 A 、 B 两个点电荷的电性未知, AB 连线的中垂

线上的点的电场强度方向可能水平向右也可能水平向左,但是电场方向都相同,故 B 错误,D 正确;从 C 点沿直线到 D 点,电场线逐渐稀疏,电场强度大小逐渐减小,故 C 错误。

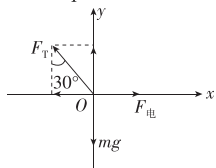
7. CD 【解析】中垂线上, O 点的电场强度为零,从 O 点向无穷远处,电场强度先变大,达到一个最大值后,再逐渐减小,无穷远处为零。由于 A、B、C 三点与电场强度最大值点的位置关系不能确定,故不能确定这三点的电场强度的大小关系,而 B、D 关于 O 点对称,故 $E_B = E_D$,选项 A、B 错误,C、D 正确。

8. D 【解析】匀强电场中各点的场强大小和方向均相同,故其电场线为平行的等间距的直线,A、B、C 均错误,D 正确。

9. A 【解析】对小球受力分析如图,根据平衡关系可知

$$F_T \sin 30^\circ = F_{\text{电}}, F_T \cos 30^\circ = mg, \text{ 联立解得 } F_T = \frac{2\sqrt{3}}{3} mg,$$

$$F_{\text{电}} = \frac{\sqrt{3}}{3} mg, E = \frac{F_{\text{电}}}{q} = \frac{\sqrt{3} mg}{3q}, \text{ A 正确。}$$



10. A 【解析】负点电荷在静电力的作用下由 A 运动到 B,由 $v-t$ 图像知,负点电荷做加速度逐渐增大的减速运动;由 $F=ma$ 得静电力越来越大,即 $A \rightarrow B$ 电场强度越来越大,电场线分布越来越密;又由于负电荷所受静电力方向与速度方向相反,电场强度方向为由 A 到 B,故选项 A 正确。

11. A 【解析】正点电荷 Q 在 A 点的电场强度大小 $E' = \frac{kQ}{r^2}$,

而匀强电场在 A 点的电场强度大小为 E,因方向相互垂直,根据矢量的合成法则,则有 A 点的电场强度大小为

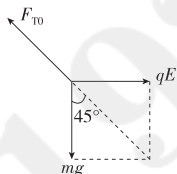
$$\sqrt{E^2 + k^2 \frac{Q^2}{r^4}}, \text{ 故 A 正确;同理,点电荷 Q 在 B 点的电场强度}$$

的方向与匀强电场方向相同,因此 B 点的电场强度大小为 $E + \frac{kQ}{r^2}$,故 B 错误;点电荷 Q 在 D 点的电场强度的方向

与匀强电场方向相反,当两者大小相等时,则 D 点的电场强度大小可以为零,故 C 错误;根据矢量的合成法则,结合点电荷电场与匀强电场的方向,可知,A、C 两点的电场强度大小相等,而方向不同,故 D 错误。

12. (1) $\frac{mg}{q}$ (2) $\sqrt{2}g$ (3) $3mg - \sqrt{2}mg$

【解析】(1)对小球受力分析如图所示



根据力的平衡条件,有 $qE = mg$,得 $E = \frac{mg}{q}$

(2)由题意及上述分析可得,剪断细线后小球所受的合力大小 $F = \sqrt{2}mg$

根据牛顿第二定律有 $F = ma$

$$\text{得 } a = \sqrt{2}g$$

(3)设小球摆到最低点时的速度为 v ,根据机械能守恒定律有 $mg(l - l \cos 45^\circ) = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{小球在最低点时有 } F_T - mg = \frac{mv^2}{l}$$

$$\text{得 } F_T = 3mg - \sqrt{2}mg$$

13. AB 【解析】在 A、B 连线的垂直平分线上,从无穷远处到 O 点电场强度先变大后变小,到 O 点变为零,负电荷受力沿垂直平分线运动,PO 段电场力做正功速度增加,ON 段做负功速度减小,O 点速度最大。如果从 P 到 O 点场强一直变小,则加速度一直变小,如果从 P 点到 O 点场强先变大后变小则加速度先变大后变小,选项 A、B 正确。

专题课：电场的力的性质

1. B 【解析】由对称性及电场叠加原理可知,除 A 处电荷以及 A 关于 O 点对称的电荷外,其他电荷的分布都关于 O 点对称,它们在 O 点处产生的合场强为零,圆心 O 处的电场可等效为:由正 N 边形的顶点 A 放置的一个带电荷量为 $+2q$ 的点电荷与过该点直径的另一端的顶点放置的一个带电荷量为 $-q$ 的点电荷共同产生的,由点电荷电场强度公式知圆心 O 处的场强大小为 $E = \frac{3kq}{R^2}$,选项 B 正确。

2. A 【解析】由于圆环所带电荷量均匀分布,所以长度为 ΔL 的小圆弧所带电荷量 $q = \frac{Q\Delta L}{2\pi R}$,没有取走电荷时圆心 O 点的电场强度为零,取走 A、B 两处的电荷后,圆环剩余电荷在 O 点产生的电场强度大小等于 A、B 处弧长为 ΔL 的小圆弧所带正电荷在 O 点产生的场强的叠加,方向相反,即有 $E_{\text{剩}} = \frac{2kq}{R^2} \cos 60^\circ$,解得 $E_{\text{剩}} = \frac{kQ\Delta L}{2\pi R^3}$,方向沿 CO, A 正确。

3. D 【解析】假设半球面 AB 右侧有一相同的半球面 A'B' 组成一个完整的均匀带电球壳,球壳所带电荷量为 $-2q$,设半球面 AB 在 N 点的场强大小为 E_1 ,半球面 A'B' 在 N 点的场强大小为 E_2 ,则有 $E_1 + E_2 = k \frac{2q}{(2R)^2} = k \frac{q}{2R^2}$,当 P 点固定一电荷量为 $-Q$ 的点电荷时, N 点电场强度为零,则有 $E_1 - k \frac{Q}{R^2} = 0$,联立解得 $E_1 = k \frac{Q}{R^2}$, $E_2 = k \frac{q}{2R^2} - k \frac{Q}{R^2}$,根据对称性可知半球面 AB 在 M 点的场强大小为 $E_2' = E_2 = k \frac{q}{2R^2} - k \frac{Q}{R^2}$,则 P 点固定一电荷量为 $-Q$ 的点电荷时, M 点的场强大小为 $E_M = E_2' + k \frac{Q}{(5R)^2} = k \frac{q}{2R^2} - k \frac{Q}{R^2} + k \frac{Q}{25R^2} = k \frac{q}{2R^2} - k \frac{24Q}{25R^2}$,故 D 正确。

4. D 【解析】带负电荷的质点,在电场力作用下沿曲线 abc 从 a 运动到 c,速率是递减的,可知电荷受电场力方向指向曲线凹侧,且与速度方向夹角大于 90° 度,则场强方向指向曲线凸侧,与速度方向夹角小于 90° 度, D 正确。

5. B 【解析】带电粒子受到的静电力指向轨迹的凹侧,即方向水平向左,而电场线方向水平向右,则带电粒子一定带负电, A、C 正确, B 错误;因是匀强电场,粒子所受静电力为恒力,故带电粒子做匀变速运动, D 正确。

6. C 【解析】做曲线运动的物体所受的合力指向运动轨迹的凹侧,由此可知,带电粒子受到的静电力方向沿着电场线向左,所以粒子带正电, A 错误;粒子不一定是从 a 点沿轨迹运动到 b 点,也可能从 b 点沿轨迹运动到 a 点, B 错误;由电场线的分布可知,粒子在 c 点的受力较大,在 c 点的加速度一定大于在 b 点的加速度, C 正确;假设粒子从 c 运动到 a,静电力与速度成锐角,所以粒子做加速运动,在 c 点的速度一定小于在 a 点的速度, D 错误。

7. AB 【解析】带电粒子从 a 到 b,速度由零增加,最后又变为零,说明粒子有加速过程和减速过程,其所受静电力方向只能是向上的,所以电场线方向向上, A、B 正确;粒子在 a 点有 $mg > qE_a$,在 b 点有 $mg < qE_b$,故 $E_a < E_b$, C 错误;若是负点电荷产生的电场,则 $E_a > E_b$,不符合题意, D 错误。

8. (1) $g \sin \alpha - \frac{kQq \sin^2 \alpha}{mH^2}$ (2) $\sqrt{\frac{kQq}{mg \sin \alpha}}$

【解析】(1)小球 A 刚释放时,由牛顿第二定律有

$$mg \sin \alpha - F = ma$$

$$\text{根据库仑定律有 } F = k \frac{qQ}{r^2}$$

$$\text{又 } r = \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$\text{联立解得 } a = g \sin \alpha - \frac{kQq \sin^2 \alpha}{mH^2}$$

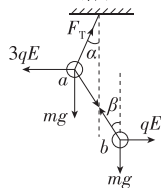
(2)当 A 球受到的合力为零时,即加速度为零时,动能最大,设此时 A 球与 B 点间的距离为 d ,则有

$$mg \sin \alpha = \frac{kQq}{d^2}$$

$$\text{解得 } d = \sqrt{\frac{kQq}{mg \sin \alpha}}$$

9. D 【解析】左侧小球的电场线是发散的,则左侧小球带正电,右侧小球的电场线是汇聚的,则右侧小球带负电,A 错误;两球之间的电场线向右,电场强度方向向右,带电粒子的轨迹向左弯曲,所受的电场力向左,与电场强度方向相反,则带电粒子带负电,B 错误; b 点处的电场线比 a 点处的电场线稀疏,则 b 点的电场强度比 a 点的电场强度小,粒子在 b 点所受电场力较小,C 错误;粒子从 a 点运动到 b 点的过程中,电场力与运动方向成钝角,电场力做负功,动能减小,D 正确。

10. D 【解析】 a 带正电,受到的电场力水平向左, b 带负电,受到的电场力水平向右,以整体为研究对象,整体所受的电场力大小为 $2qE$,方向水平向左,受力分析如图所示,则上面悬挂 a 球的绳子应向左偏转,设上面的绳子与竖直方向的夹角为 α ,则由平衡条件得 $\tan \alpha = \frac{2qE}{2mg} = \frac{qE}{mg}$;以 b 球为研究对象,设 a 、 b 间的绳子与竖直方向的夹角为 β ,则由平衡条件得 $\tan \beta = \frac{qE}{mg}$,可得 $\alpha = \beta$,根据几何知识可知, b 球应在悬点的正下方,故 D 正确,A、B、C 错误。



11. AD 【解析】根据点电荷电场强度公式 $E = \frac{kQ}{r^2}$,且电荷只分布在球的表面,可知每个元电荷在球心 O 处产生的电场强度大小相同。对于图甲,表面积相同,所分布电荷总量相同,由电场强度的矢量叠加可知,上、下两部分电荷在球心 O 处产生电场的场强大小关系为 $E_1 > E_2$,因电荷 Q 在球心 O 处产生的场强大小 $E_0 = \frac{kQ}{2R^2}$,则 $E_1 > \frac{E_0}{2} = \frac{kQ}{4R^2}$, $E_2 < \frac{E_0}{2} = \frac{kQ}{4R^2}$,故 A 正确,B 错误;对于图乙,半球面分为表面积相等的左、右两部分,由于左右两个半球壳在同一点产生的场强大小相等,则根据电场的叠加可知,左侧部分在 O 点产生的场强与右侧电荷在 O 点产生的场强大小相等,即 $E_3 = E_4$,由于方向不共线,由合成法则可知 $E_3 = E_4 > \frac{E_0}{2} = \frac{kQ}{4R^2}$,故 C 错误,D 正确。

12. (1) $\frac{\sqrt{2}kQ}{2L^2}$ (2) $\frac{\sqrt{2}\mu qkQ}{2mL^2} - g$ (3) $\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$

【解析】(1)正、负点电荷在 A 点产生的场强

$$E_0 = k \frac{Q}{(\sqrt{2}L)^2} = k \frac{Q}{2L^2}$$

根据电场的叠加原理可得 A 点的电场强度的大小

$$E = \sqrt{2}E_0 = \frac{\sqrt{2}kQ}{2L^2}$$

(2)根据题意由牛顿第二定律得

$$\mu F_N - mg = ma, F_N = Eq$$

$$\text{联立解得 } a = \frac{\sqrt{2}\mu qkQ}{2mL^2} - g$$

(3)小物块从 A 到 B 过程中,设克服阻力做功为 W_f ,由动能定理得 $2mgL - W_f = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$

小物块从 A 到 O 过程中有

$$mgL - \frac{1}{2}W_f = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得 } v = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0$$

4 静电的防止与利用

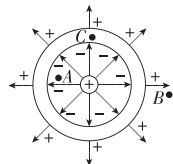
1. B 【解析】带电金属球处于静电平衡状态,则内部电场强度为零,当它带的电荷量增加后,再次达到静电平衡,则其内部

电场强度仍为零,故 B 正确。

2. A 【解析】静电平衡时感应电荷分布在金属球的表面上,A 正确;感应电荷在金属球球心处激发的电场场强与点电荷在球心处产生的电场强度大小相等,方向相反,即 $E = k \frac{Q}{(2r)^2} = \frac{kQ}{4r^2}$,B 错误;静电平衡时金属球内部场强处处为零,C 错误;若将金属球接地,由于静电感应,将有电子从地面流向金属球,D 错误。
3. C 【解析】达到静电平衡后,金属球内的电场强度处处为零,即在球内各处,金属球上感应电荷产生的电场强度与带电的细杆 MN 产生的电场强度大小相等,方向相反,相互抵消, c 点离带电的细杆 MN 最近,带电的细杆 MN 在 c 点处产生的电场强度最大,则金属球上感应电荷在 c 点处产生的电场强度最大,即 E_c 最大。
4. B 【解析】马路表面建造得很平滑与尖端放电无关,A、C、D 与尖端放电有关,B 正确。
5. D 【解析】云层带负电,根据静电感应规律可知放电前塔尖端带正电,故 A 错误;塔尖端带正电,云层带负电,所以放电时空气中的负电荷将向塔尖端运动,正电荷向云层运动,故 B 错误;根据电场线的分布可知,离塔尖越近,电场强度越大,所以向塔尖端运动的电荷受到的电场力越来越大,故 C 错误;负电荷在电场力的作用下向塔尖端运动,电场力做正功,速度越来越大,故 D 正确。
6. D 【解析】雷雨将至,几名游客头发直立如同刺猬一般,说明空气中有很多带电的自由电荷,现在最有效合理的一种避险方式是能找个静电屏蔽的地方,躲进汽车里,因为汽车由金属制造,汽车里面能起到静电屏蔽的作用,故选 D。
7. C 【解析】在金属网罩内部,电子可以自由移动,当加上水平向右的电场强度大小为 E 的匀强电场时,金属网罩上的电荷重新分布,金属网罩上的感应电荷产生一个与外加电场方向相反的电场,与外加电场相抵消,这就是“静电屏蔽”的原理,此时验电器不会受到影响,故验电器的箔片仍然闭合,选项 A、B 错误。金属网罩上的感应电荷在金属网罩内部空间产生的电场方向水平向左,选项 C 正确;由于静电感应,金属网罩外表面存在感应电荷,内表面不存在感应电荷,选项 D 错误。
8. D 【解析】图中喷枪与被涂物之间的实线不代表电场线,因为电场线从正电荷出发到负电荷,A 错误;该电场不是匀强电场,颗粒运动过程中所受的电场力不是恒力,涂料颗粒在电场中运动时加速度不恒定,B 错误;涂料颗粒在电场中运动时,电场力做正功,动能增大,C 错误;被涂物上的尖端处,电荷密度大,该处电场强度大,颗粒所受电场力大,涂料附着较多,D 正确。
9. A 【解析】尖端附近的电场线密集,所以在锯条附近的电场强度大于金属片附近的电场强度,故 A 正确,B 错误;塑料瓶内存在的是辐条形的电场,不是匀强电场,C、D 错误。
10. C 【解析】绝缘性能良好的化纤制品衣服不能及时把静电导入大地,容易造成手术事故,A 错误;飞机轮胎用导电橡胶制成可以将飞机产生的静电迅速导走,B 错误;油罐车尾部常拖一条铁链为了防止静电产生的危害,C 正确;在运输途中,汽油不停地摇晃,会产生大量的静电,金属桶易导电,故用金属桶装易燃的汽油更安全,D 错误。
11. A 【解析】空腔导体带电时净电荷分布于金属球外侧,内部不带电,故让 D 先接触金属球 C 的外部,则 D 带上电荷,再让 D 跟 A 靠近时,由于发生静电感应, A 的箔片张开,故 A 正确,故 B 错误;让不带电的 D 先跟 C 的内部接触,因为 C 的内部不带电,所以 D 始终不带电,再让 D 跟 A 靠得更近些, A 的箔片始终不张开,故 C 错误;让不带电的 D 先跟 C 的内部接触,因为 C 的内部不带电,所以 D 始终不带电,再让 D 跟 A 接触, A 的箔片始终不张开,故 D 错误。
12. B 【解析】在暗处的有机光导体鼓和一个金属丝电极之间加上高电压,金属丝附近空气发生电离,这是将空气电离的现象,A 错误;文件反射的强光使鼓体上部分 OPC 变成导体,将电荷导走,有字的部位则仍是绝缘体,保留电荷,这是局部导电现象,B 正确;鼓体转动经过墨粉盒,潜像将带相反电荷的墨粉吸引到鼓体带电部位,这是异种电荷相互吸引现象,C 错误;鼓体继续转动经过复印纸,带电复印纸又将墨粉

吸引到复印纸上,这是异种电荷相互吸引现象,D错误。

13. C 【解析】负离子在静电力的作用下向正极移动时,碰到烟雾颗粒使它带负电,因此,烟雾颗粒在静电力的作用下向铝板运动,被吸附到铝板上,故 A 错误;烟雾颗粒向铝板运动时,在静电力作用下做加速运动,所以离铝板越近则速度越大,故 B 错误,C 正确;根据钢针尖端周围的电场线更密集可知,同一颗粒离铝板越近则加速度越小,故 D 错误。
14. A 【解析】系统静电平衡后,空腔导体上感应电荷与导体内外的电场线的分布图如图所示,从图中可以看出: $E_A > E_B > E_C$ (C 点在导体内部,合电场强度为零)。



本章易错过关 (一)

1. C 【解析】摩擦只能转移电荷,不能创造电荷,选项 A 错误;下雨天空气潮湿,对带电体的 PVC 管有影响,实验效果会更不明显,选项 B 错误;所有带电体的电荷量都是元电荷 e 的整数倍,选项 C 正确;用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电荷,虽然与本实验的 PVC 管所带的电荷电性不同,但是仍能让细水流向玻璃棒的方向偏转,选项 D 错误。
2. CD 【解析】甲图中,该女生接触带电的金属球,与金属球带同种性质的电荷,A 错误;乙图中,线状电离器 B 带负电,A 带正电,带负电的尘埃被收集在 A 上,B 错误;丙图中,燃气灶中电子点火器点火应用了尖端放电的原理,C 正确;丁图中,两条优质的话筒线外面包裹着金属外衣应用了静电屏蔽的原理,D 正确。
3. B 【解析】A 对 B 的库仑力与 B 对 A 的库仑力是一对相互作用力,一定大小相等,A 说法正确;库仑力是电荷间的相互作用力,库仑力与电荷所带电荷量的多少有关,与电荷间的距离有关,在探究库仑力的规律时,A、B 所带电荷量不一定相等,B 说法错误;两点电荷间的库仑力与它们间的距离的二次方成反比,因此电子秤的示数会随着 A、B 的靠近而变大,C 说法正确;用与 A 相同且不带电的金属圆片 C 与 A 接触后移开,则 C 与 A 分别所带电荷量是原 A 所带电荷量的一半,因 A、B 间的库仑力与它们所带电荷量的乘积成正比,所以电子秤的示数将减半,D 说法正确。
4. C 【解析】甲图为异种点电荷形成的电场,乙图为同种点电荷形成的电场,但无法分辨是否为等量正点电荷形成的电场,A、B、D 错误,C 正确。
5. C 【解析】由题可知, q_1 、 q_2 在 A 点受到的静电力大小分别为 F_{A1} 、 F_{A2} ,而 A 点的电场强度一定,根据电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$ 可知, $\frac{F_{A1}}{q_1} = \frac{F_{A2}}{q_2} = E_A$,故 A、D 错误;由点电荷的电场强度公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 分析可知,A 点的电场强度大于 B 点的电场强度,则有 $\frac{F_{A1}}{q_1} > \frac{F_{B1}}{q_1}$,故 B 错误,C 正确。
6. CD 【解析】粒子所受静电力指向轨迹曲线凹侧,由粒子的轨迹可知,在 a、b 两点粒子所受的静电力都沿着电场线指向左侧,粒子的电性和电场强度的方向都无法判断,A、B 错误,C 正确;电场线的疏密表示电场的强弱,由题图知,a 点电场强度大,加速度大,D 正确。
7. C 【解析】假设圆周上均匀分布的都是电荷量为 $+q$ 的小球,根据对称性及电场的叠加原理知圆心 O 处电场强度为零,所以圆心 O 点处的电场强度大小等效于 A 点处电荷量为 $+3q$ 的小球在 O 点产生的电场强度,有 $E = k \frac{3q}{R^2}$,方向沿 AO 连线斜向下;除去 A 点小球外,其余带电荷量为 $+q$ 的小球在 O 点处产生的合电场强度大小等于在 A 点处带电荷量为 $+q$ 的小球在圆心 O 点产生的电场强度的大小,方向相反,A 点处电荷量为 $+q$ 的小球在圆心 O 点产生的电场强度大小为 $E_1 = k \frac{q}{R^2} = \frac{E}{3}$,方向沿 AO 连线斜向下,则其余带电荷量

为 $+q$ 的小球在 O 点处产生的合电场强度大小为 $\frac{E}{3}$,方向沿 OA 连线斜向上,故仅撤去 A 点的小球,O 点的电场强度大小为 $\frac{E}{3}$,方向沿 OA 连线斜向上,C 正确,A、B、D 错误。

8. CD 【解析】设两球之间的库仑力大小为 F ,当两小球静止时,则有 $\tan \alpha = \frac{F}{m_a g}$, $\tan \beta = \frac{F}{m_b g}$,因为 $\alpha < \beta$,所以有 $m_a > m_b$,将两细线同时剪断后,两球在竖直方向只受重力,在竖直方向做自由落体运动,所以两球下落时间相同;在下落过程中,两球处于同一水平面,在水平方向上,在库仑斥力的作用下,两球间距增大,从而使得库仑力减小,则水平方向的加速度减小,所以两球不可能做匀变速运动;根据 $a = \frac{F}{m}$ 可知,加速度 $a_a < a_b$,根据 $x = \frac{1}{2} a t^2$ 可知两球落地时水平位移 $x_a < x_b$,根据 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(at)^2 + (gt)^2}$ 可知,a 球落地时的速度小于 b 球落地时的速度,故 A、B 错误,C、D 正确。
9. 3.0×10^{14} 个 2.73×10^{-16} kg
【解析】人身上的净剩余电子个数
$$n = \frac{Q}{e} = \frac{-48.0 \times 10^{-6}}{-1.6 \times 10^{-19}} \text{ 个} = 3.0 \times 10^{14} \text{ 个}.$$
由于人身上多了 n 个电子,他的质量增加量为
$$m = nm_e = 3.0 \times 10^{14} \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} = 2.73 \times 10^{-16} \text{ kg}.$$

10. (1) 负电 (2) $\frac{kQ}{4a^2}$ (3) $\frac{\sqrt{3}kQ}{8a^2}$

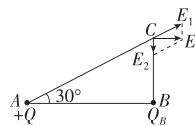
【解析】(1)由 C 点正试探电荷受到的电场力平行于 AB 指向右方,根据电荷间相互作用规律和力的合成可知,固定在 B 点的点电荷带负电。

(2)根据几何关系可知 $AC = 2a$
根据点电荷场强计算公式可知,固定在 A 点的点电荷在 C 点产生的电场强度的大小 $E_1 = \frac{kQ}{AC^2} = \frac{kQ}{4a^2}$ 。

(3)根据题意可知,C 点的电场强度方向平行于 AB 向右,矢量合成图如图所示,根据几何关系可知

$$\cos 30^\circ = \frac{E}{E_1}$$

$$\text{解得 } E = \frac{\sqrt{3}kQ}{8a^2}.$$



11. (1) 正电荷 $\frac{mgd^2 \sin \theta}{kq}$ (2) 3 : 2

【解析】(1)释放瞬间小球乙的加速度为零,则小球乙沿斜面方向所受合外力为零,由力的平衡条件可知小球甲应带正电荷,且小球甲对小球乙的作用力 $F = mg \sin \theta$

$$\text{由库仑力公式得 } F = k \frac{Qq}{d^2}$$

$$\text{解得小球甲所带的电荷量 } Q = \frac{mgd^2 \sin \theta}{kq}$$

(2)释放瞬间小球乙受力平衡,小球甲的加速度大于小球乙的加速度,一段时间后,两小球间距增大,库仑力减小,且小于 $mg \sin \theta$

小球甲的加速度 $a_{\text{甲}}$ 方向沿斜面向下,根据牛顿第二定律有 $F' + 2mg \sin \theta = 2ma_{\text{甲}}$

小球乙的加速度 $a_{\text{乙}}$ 方向沿斜面向下,根据牛顿第二定律有 $mg \sin \theta - F' = ma_{\text{乙}}$

当 $a_{\text{甲}} : a_{\text{乙}} = 11 : 5$ 时,联立解得此时两小球之间的作用力

$$F' = \frac{4}{9} mg \sin \theta$$

$$\text{又由库仑定律得 } F' = k \frac{Qq}{d'^2}$$

联立解得 $d' : d = 3 : 2$

第十章 静电场中的能量

1 电势能和电势

1. A 【解析】静电力做功与重力做功类似,均与路径无关,选项 A 正确;电势能的正负与零势能位置有关,当把正电荷从零势能位置移到某点过程中,静电力做正功时,电势能一定减少,此时正电荷的电势能是负值,选项 B、C 错误;静电力做功为零时,电荷的电势能不变,即做功后的电势能与原来的电势能相等,不一定为零,选项 D 错误。
2. C 【解析】静电力做功与路径无关,故沿三种路径移动该电荷,静电力做功相等,选项 C 正确。
3. CD 【解析】因 O 点处的点电荷带正电,则电场强度方向由 a 指向 c ,带负电的粒子从 c 向 a 运动,静电力做正功,已知 $ab=bc$,因 a 、 b 间的平均电场强度大于 b 、 c 间的平均电场强度,由 $W=qEl$ 定性分析可知, $W_{cb}<W_{bc}$,故 A、B 错误;粒子从 c 点运动到 b 点,再从 b 点运动到 a 点过程中,静电力一直做正功,粒子电势能不断减小,动能不断增加,故 C、D 正确。
4. AD 【解析】沿着电场线的方向电势逐渐降低,故 A 正确;电势降低的方向不一定是电场线的方向,故 B 错误;若正电荷具有初速度,即使只受静电力作用,也可由低电势点向高电势点移动,故 C 错误;负电荷只在静电力的作用下由静止释放,一定向电势高的地方移动,故 D 正确。
5. C 【解析】根据题意可知,由于 O_1A 与 O_2B 平行且相等,根据几何关系可得 A、B 两点关于圆心 O 对称,根据等量同种正电荷的电场线和等势面分布规律可得 A、B 两点电场强度大小相等,方向相反,电势相同,则 A、B 两点电场强度不相同,电势相同,故 A、B 错误;根据沿电场线方向电势逐渐降低可知 O 点的电势高于 C 点的电势,电势能为 $E_p=q\varphi$,电子带负电,在电势较低处具有的电势能较大,所以电子在 O 点的电势能小于在 C 点的电势能,故 D 错误, C 正确。
6. BC 【解析】由于地面带正电,雷雨云底部带负电,电场线起始于正电荷终止于负电荷,因此电场线方向为向上,沿着电场线方向电势逐渐降低,因此从雷雨云底部到地面电势逐渐升高, A 错误, B 正确;雨滴带负电,其所受电场力向下,雨滴落向地面过程中,电场力做正功,电势能减少, C 正确, D 错误。
7. C 【解析】电荷在电场中某点的电势能具有相对性,只有确定了零电势点, B 点的电势、电荷在 B 点的电势能才有确定的数值,故 A、B 错误;由于电荷从 A 移到 B 的过程中克服静电力做功 6×10^{-8} J,故电荷的电势能应该增加了 6×10^{-8} J,故 C 正确, D 错误。
8. AD 【解析】沿电场线方向电势逐渐降低,故 $\varphi_a>\varphi_b>\varphi_c$,选项 A 正确, B 错误;因负电荷在高电势点的电势能较小,故电势能关系为 $E_{pa}<E_{pb}<E_{pc}$,选项 C 错误, D 正确。
9. D 【解析】由图可知不一定是匀强电场,所以 a 点的电场强度不一定等于 b 点的电场强度, c 点电势不一定为 0,故 A、B 错误;正电荷在电势高的位置电势能较大,所以正电荷在 a 点的电势能小于在 b 点的电势能,根据能量守恒可知正电荷在 a 点的动能小于在 b 点的动能,故 C 错误, D 正确。
10. BC 【解析】 q 由 A 向 O 运动的过程中,静电力的方向始终由 A 指向 O ,但力的大小变化,所以试探电荷 q 做非匀变速直线运动,静电力做正功, q 的速度增大,通过 O 点后在静电力的作用下做减速运动,所以 q 运动到 O 点时速度最大,动能最大,电势能最小,因无限远处的电势为零,则 O 点的电势 $\varphi>0$,所以 q 在 O 点时电势能小于零,故选项 B、C 正确, A、D 错误。
11. D 【解析】匀强电场的场强大小恒为 E ,方向水平向右,点电荷在球面上产生的场强大小为 $E_2=\frac{kQ}{R^2}$,方向沿径向向外,但各点的合场强满足平行四边形法则合成,则有 $E_c>E_b=E_d=E_e=E_f>E_a$;沿着电场线电势逐渐降低,则匀强电场的各点电势关系为 $\varphi_{a1}>\varphi_{b1}=\varphi_{d1}=\varphi_{e1}=\varphi_{f1}>\varphi_{c1}$,正点电荷周围的电势关系为 $\varphi_{a2}=\varphi_{b2}=\varphi_{d2}=\varphi_{e2}=\varphi_{f2}=\varphi_{c2}$,匀强电场的电势和点电荷的电势合成满足代数加减法,有 $\varphi_a>\varphi_b=\varphi_d=\varphi_e=\varphi_f>\varphi_c$,故选 D。
12. (1) -4.5×10^{-3} J 3×10^{-3} J (2) 3×10^{-3} J 1.5×10^3 V (3) 1 m/s 5×10^{-2} N

【解析】(1)重力势能变化量 $\Delta E_p=-mgl=-4.5\times 10^{-3}$ J
电势能变化量 $\Delta E_{p电}=EqL=3\times 10^{-3}$ J

(2)若取 A 点电势为零,则小球在 B 点的电势能 $E_p=3\times 10^{-3}$ J

由 $E_p=\varphi_Bq$,可得 $\varphi_B=\frac{3\times 10^{-3}}{2\times 10^{-6}}$ V $=1.5\times 10^3$ V

(3)A→B 过程,由动能定理得 $mgl-EqL=\frac{1}{2}mv_B^2$

解得 $v_B=1$ m/s

在 B 点时,对小球,有 $F_T-mg=\frac{mv_B^2}{l}$

解得 $F_T=5\times 10^{-2}$ N

13. AC 【解析】像素呈黑色时,上极板电势高,下极板电势低,黑色微粒所在区域的电势高于白色微粒所在区域的电势, A 正确;像素呈白色时,上极板电势低,下极板电势高,黑色微粒所在区域的电势高于白色微粒所在区域的电势, B 错误;像素由黑变白的过程中,电场力对白色微粒做正功,像素由白变黑的过程中,电场力对黑色微粒也做正功, C 正确, D 错误。

2 电势差

1. C 【解析】根据电势差 $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 分析可知:两点间的电势差在数值上等于单位正电荷从其中一点移到另一点时静电力所做的功,故 A 错误;根据 $W_{AB}=qU_{AB}$ 得知,在两点间移动电荷时,静电力做功的多少跟这两点间的电势差有关,故 B 错误;1 C 的正电荷从电场中一点移到另一点,如果静电力做了 1 J 的功,由 $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 得这两点间的电势差就是 1 V,故 C 正确;两点间的电势差是由电场本身决定的,与试探电荷无关,故 D 错误。
2. CD 【解析】电场中某一位置的电势是相对的,与零电势点的选取有关,而电场中两点间的电势差等于电势之差,由电场本身决定,具有绝对性,与零电势点的选取无关, A 错误;电势差有正、负之分,其正、负表示电势的高低,是一个标量, B 错误;根据 $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 可知,由于静电力做功跟移动电荷的路径无关,所以电势差也跟移动电荷的路径无关,只跟这两点的位置有关, C 正确;由 $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B$, $U_{BA}=\varphi_B-\varphi_A$, 知 $U_{AB}=-U_{BA}$, D 正确。
3. C 【解析】由题意 $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B=75$ V, 则得 $\varphi_A>\varphi_B$, $U_{BC}=\varphi_B-\varphi_C=-200$ V, 则得 $\varphi_B<\varphi_C$, 又 $U_{AC}=U_{AB}+U_{BC}=(75-200)$ V $=-125$ V, 则得 $\varphi_A<\varphi_C$, 故有 $\varphi_C>\varphi_A>\varphi_B$, 故选 C。
4. A 【解析】该电荷在 A 点的电势能大于在 B 点的电势能,则从 A 逆着电场线到 B,静电力做正功,所以该电荷一定为负电荷,故选项 A 正确,选项 B 错误;静电力做功 $W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}=1.2\times 10^{-8}$ J -0.80×10^{-8} J $=0.40\times 10^{-8}$ J, 选项 D 错误;由 $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$ 得 A、B 两点间的电势差为 $U_{AB}=\frac{0.4\times 10^{-8}}{-1.0\times 10^{-9}}$ V $=-4.0$ V, 选项 C 错误。
5. D 【解析】若为等高线,则 B、D 两点高度相同,则重力加速度相同,选项 A 错误;若为等势线,因 D 点等差等势线密集,则 D 点电场线密集,则 D 点电场强度较大,选项 B 错误;若为等势线,则 A、C 两点不在同一等势线上,则两点的电势不相同,选项 C 错误;若为等势线, A 点电势高于 D 点,则将一正电荷从 A 点移动到 D 点时电势能减小,则电场力做正功,选项 D 正确。
6. ABC 【解析】B 点周围的等势面比 A 点周围的等势面密,则 B 点的电场强度比 A 点的大,故 A 正确; A 点的电势为 0, C 点的电势为 -5 V, A 点的电势比 C 点的高,故 B 正确; A 点的电势与 B 点的电势相等,将电荷从 A 点移到 B 点,静电力不做功,故 C 正确; C 点的电势小于 0,负电荷在 C 点的电势能大于 0,故 D 错误。

7. A 【解析】A 处电场线比 B 处密集,故 $E_A > E_B$;离正电荷越近电势越高,故 $\varphi_A > \varphi_B$;负电荷在 A、B 处的电势能 $E_{pA} < E_{pB}$,故 A 正确.
8. AD 【解析】由动能定理得 $qU_{OA} = \frac{1}{2}m(2v_0)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{3}{2}mv_0^2$, $-qU_{OB} = \frac{1}{2}m(3v_0)^2 - \frac{1}{2}m(2v_0)^2 = \frac{5}{2}mv_0^2$, 则 $U_{OA} = \varphi_O - \varphi_A = \frac{3mv_0^2}{2q}$, $U_{OB} = \varphi_O - \varphi_B = -\frac{5mv_0^2}{2q}$, 由此得 $\varphi_B - \varphi_A = \frac{4mv_0^2}{q}$, $\varphi_O > \varphi_A$, $\varphi_B > \varphi_A$, $\varphi_O < \varphi_B$, 故在 O、A、B 三点中, B 点电势最高, A 点电势最低, 且 $U_{OA} < U_{BO} < U_{BA}$, 选项 A、D 正确, B、C 错误.
9. D 【解析】根据电场线与等势线垂直的特点, 知 b 处电场线的切线方向斜向左上方, c 处电场线的切线方向斜向左下方, 所以 b、c 点的电场强度不相同, A 错误; 等势线的疏密可以反映电场的强弱, 由 a 到 d 等势线先变疏后变密, 所以电场强度先减小后增大, 加速度先减小后增大, B 错误; 由 a 到 d 电势先升高后降低, 所以电子的电势能先减小后增大, C 错误; a 处电场线与虚线垂直, 所以电子在 a 处受到的电场力方向与 a 处虚线垂直, D 正确.

10. (1) $3g$, 方向竖直向上 (2) $-\frac{3kQ}{h}$

【解析】(1) 由题意知, 此电荷应为正电荷, 设其电荷量为 q , 根据牛顿第二定律可知

$$\text{在 A 点时有 } F_{\text{合}A} = mg - \frac{kQq}{h^2} = m \cdot \frac{3}{4}g$$

$$\text{在 B 点时有 } F_{\text{合}B} = \frac{kQq}{(0.25h)^2} - mg = m \cdot a_B$$

解得 $a_B = 3g$, 方向竖直向上

(2) 从 A 到 B 过程, 由动能定理得 $mg(h - 0.25h) + qU_{AB} = 0$

$$\text{由 } mg - \frac{kQq}{h^2} = m \cdot \frac{3}{4}g$$

$$\text{可得 } \frac{1}{4}mg = \frac{kQq}{h^2}$$

$$\text{解得 } U_{AB} = -\frac{3kQ}{h}$$

11. (1) $\frac{1}{2}mgh$ (2) $-\frac{mgh}{2q}$

【解析】(1) 因为杆是光滑的, 所以小球从 A 点滑到 B 点的过程中只有静电力和重力两个力做功, 设静电力做的功为 W_{AB} , 由动能定理得 $W_{AB} + mgh = \frac{1}{2}mv_B^2$

$$\text{解得 } W_{AB} = \frac{1}{2}mgh.$$

$$\text{解得 } W_{AB} = \frac{1}{2}mgh.$$

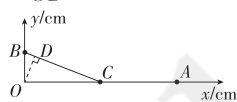
(2) 因为 B、C 在同一等势面上, 所以 $\varphi_B = \varphi_C$, 故 $U_{AC} = U_{AB} = \frac{W_{AB}}{-q} = -\frac{mgh}{2q}$.

12. AC 【解析】设某边与 Oa 夹角为 θ , 圆周半径为 R , 由牛顿第二定律可得 $qE \cos \theta = ma$, 根据运动学公式有 $2R \cos \theta = \frac{1}{2}at^2$, 联立可得 $t = \sqrt{\frac{4mR}{qE}}$, 易知带电小球沿不同绝缘槽运动, 所需时间相同, 即 $t_1 = t_2 = t_3$, 故 A 正确; 小球分别到 b、c、d 点时的过程中, 静电力做功关系为 $W_{ab} < W_{ac} < W_{ad}$, 又根据动能定理 $W = E_k$, 易知 $E_{k1} < E_{k2} < E_{k3}$, 则 $v_1 < v_2 < v_3$, 故 B 错误; 沿电场线方向, 电势逐渐降低, 可得 $\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$, 根据 $E_p = q\varphi$, 得 $E_{p1} > E_{p2} > E_{p3}$, 故 C 正确; $U_1 = \varphi_1 - \varphi_2$, $U_2 = \varphi_2 - \varphi_3$, 且 $\varphi_1 - \varphi_2 > \varphi_2 - \varphi_3$, 则 $U_1 > U_2$, 故 D 错误.

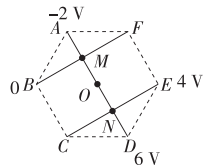
3 电势差与电场强度的关系

1. C 【解析】在匀强电场中, 根据公式 $U = Ed$ 可知, 两点间的电势差等于电场强度和这两点在电场线方向上距离的乘积, 故 A 错误; 在匀强电场中, 沿着同一方向, 若两点间的距离相等, 则它们之间的电势差就相等, 故 C 正确, B 错误; 电势降落最快的方向才是电场强度的方向, 故 D 错误.

2. B 【解析】A、B 两点在电场强度方向上的距离 $d = \overline{AB} \cdot \cos(180^\circ - 120^\circ) = 10 \times \frac{1}{2} \text{ cm} = 5 \text{ cm}$. 由于 $\varphi_A < \varphi_B$, 则 $U_{AB} = -Ed = -100 \times 5 \times 10^{-2} \text{ V} = -5 \text{ V}$, 故 B 正确.
3. B 【解析】ad 和 bc 在电场强度方向上的投影长度相同, 由 $U = Ed$ 可知, $U_{ad} = U_{bc} = 16 \text{ V}$, $U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c$, 所以 $\varphi_c = \varphi_b - U_{bc} = 24 \text{ V} - 16 \text{ V} = 8 \text{ V}$, B 正确.
4. D 【解析】在匀强电场中, 沿同一方向上的相同距离的两点间的电势差相等, 则 AB 中点电势为 6 V, 该点与 C 的连线为等势线, 因此电场强度的方向垂直于该连线指向低电势一侧, D 正确.
5. A 【解析】已知 $\varphi_O = 0$, $\varphi_A = 6 \text{ V}$, 根据匀强电场的特点知 OA 的中点 C 处的电势 $\varphi_C = 3 \text{ V}$, 可连接 B 与 C 得到等势线, 过 O 点作 BC 的垂线交 BC 于 D 点, 如图所示, 由几何关系得 $OD = 1.5 \text{ cm}$, 则 $E = \frac{U_{DO}}{OD} = 200 \text{ V/m}$, A 正确.



6. AD 【解析】在匀强电场中, 平行且相等的线段两端电势差相等, 有 $\varphi_A - \varphi_B = \varphi_D - \varphi_C$, 解得 $\varphi_D = 4.5 \text{ V} = \varphi_B$, 则 DB 为等势线, 故 A 正确, B 错误; 电场方向和等势线垂直, 沿电场线方向电势降低, 所以电场强度方向沿 AC, AC 长度为 3 cm, A、C 两点的电势差为 9 V, 故电场强度大小为 $E = \frac{U_{AC}}{L_{AC}} = 300 \text{ V/m}$, 故 C 错误, D 正确.
7. AD 【解析】根据电场线和等势面的关系, 可以判断出 M 点的电势比 P 点的电势高, A 正确; 将负点电荷由 O 点移到 P 点, 静电力做负功, B 错误; 根据 $U = Ed$ 进行定性分析可知 $U_{MN} < U_{OM}$, C 错误, D 正确.
8. C 【解析】由图判断相邻等势面为等差等势面, 描述电势降落快慢的物理量是电场强度, 描述电场强度的大小可用等差等势面的疏密程度, a 侧电场强度小, 所以沿 Oa 方向电势降落得慢, 故 A 错误; 负电荷在电势低的地方电势能大, 故 B 错误; 根据功能关系, 带电粒子的动能和电势能之间相互转化, 总能量不变为 $4.8 \times 10^{-5} \text{ J}$, 故 C 正确; 在同一条等势线上移动电荷, 电场力始终不做功, 故 D 错误.
9. C 【解析】连接 AD、BF、CE, 其相交于 M、N 两点, 如图所示, 由几何关系可知 $AM = MO = ON = ND$, 则 $\varphi_M = 0$, 即 BF 为等势线, 由电场线与等势线垂直知电场方向由 D 指向 A, 并且 F 与 B 的电势相等, C 与 E 的电势相等, 故 F 点的电势为 0, C 点的电势为 4 V, 则 A、F 间的电势差为 $U_{AF} = \varphi_A - \varphi_F = -2 \text{ V} - 0 = -2 \text{ V}$, C、F 间的电势差为 $U_{CF} = \varphi_C - \varphi_F = 4 \text{ V} - 0 = 4 \text{ V}$, 故 A、B 错误, C 正确; 由几何关系得 $d_{DA} = 2L$, $U_{DA} = \varphi_D - \varphi_A = 8 \text{ V}$, 则电场强度的大小为 $E = \frac{U_{DA}}{d_{DA}} = \frac{8}{4 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 200 \text{ V/m}$, D 错误.



10. D 【解析】a、O 之间沿电场线方向的距离为 $d = R \sin 53^\circ = 4 \text{ m}$, a、O 间电势差 $U = 4 \text{ V}$, 则电场强度的大小为 $E = \frac{U}{d} = 1 \text{ V/m}$, 故 A 错误; b、O 之间沿电场线方向的距离为 $x = R \cos 53^\circ = 3 \text{ m}$, b 点电势为 $\varphi_b = Ex = 1 \times 3 \text{ V} = 3 \text{ V}$, 故 B 错误; b、d 两点间的电势差为 $U_{bd} = 2ER \cos 53^\circ = 6 \text{ V}$, 静电力做功 $W_{bd} = qU_{bd} = -1 \times 6 \text{ J} = -6 \text{ J}$, 故 C 错误; a、c 两点间的电势差为 $U_{ac} = 2ER \sin 53^\circ = 8 \text{ V}$, 静电力做功 $W_{ac} = qU_{ac} = 1 \times 8 \text{ J} = 8 \text{ J}$, 则电势能减少 8 J, 故 D 正确.
11. (1) -54 V -6 V -48 V (2) 0.108 J 0.012 J (3) 0.096 J

【解析】(1) 由 $E = \frac{U}{d}$ 得 $U_{BC} = Ed_{BC} = 1.2 \times 10^3 \times 4.5 \times 10^{-2} \text{ V} = 54 \text{ V}$
因为 $\varphi_B = 0$, $U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C$, 所以 $\varphi_C = -54 \text{ V}$
同理可得 $\varphi_D = -6 \text{ V}$
所以 $U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D = -48 \text{ V}$.

(2) 由 $E_p = q\varphi$ 得

$$E_{pC} = q_1 \varphi_C = -2 \times 10^{-3} \times (-54) \text{ J} = 0.108 \text{ J}$$

$$E_{pD} = q_1 \varphi_D = -2 \times 10^{-3} \times (-6) \text{ J} = 0.012 \text{ J}$$

(3) 把 q_2 由 C 点匀速移到 D 点, 静电力做负功, 由于匀速移动, 故外力做功与克服静电力做功大小相等, $W_{\text{外}} = -W_{\text{电}} = -q_2 U_{CD} = -2 \times 10^{-3} \times (-48) \text{ J} = 0.096 \text{ J}$.

$$12. (1) \frac{3mv_0^2}{4q} - \frac{3mv_0^2}{8q} \quad (2) \frac{3\sqrt{3}mv_0^2}{4qL}$$

【解析】(1) 粒子从 C 到 B, 根据动能定理得 $qU_{CB} =$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得 } U_{CB} = \frac{3mv_0^2}{4q}$$

粒子从 C 到 A, 根据动能定理得 $qU_{CA} = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

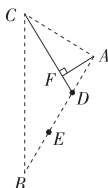
$$\text{解得 } U_{CA} = -\frac{3mv_0^2}{8q}$$

$$(2) \text{ 根据 (1) 问可知 } U_{AC} = \frac{3mv_0^2}{8q} = \frac{1}{2}U_{CB}$$

D、E 两点将 AB 边三等分, CD 为等势线

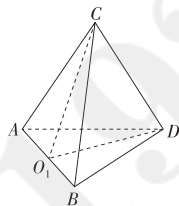
$$\text{过 A 点作 AF 垂直 CD, 则 } AF = \frac{1}{3}L \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{6}L$$

$$\text{匀强电场的电场强度大小 } E = \frac{U_{AC}}{AF} = \frac{3\sqrt{3}mv_0^2}{4qL}$$



13. A 【解析】匀强电场的电场线、等差等势面均是平行排列的, 电场线与等势面相互垂直, 沿着电场线方向电势均匀降低, AB 的中点为 O_1 , 该点电势为 2 V, C 点电势也为 2 V, 故平面 O_1CD 为等势面, 电场线平行于 BA, 方向从 B 到 A, 电场强度的大小 $E = \frac{U_{BA}}{d} = 200 \text{ V/m}$, 根据数学知识可知正四

面体的外接球半径为 $R = \frac{\sqrt{6}}{4}d = 1.5 \text{ cm}$, $\Delta U = ER = 3 \text{ V}$, 而球心的电势为 2 V, 正四面体的外接球面上电势最小值为 $2 \text{ V} - \Delta U = -1 \text{ V}$, 电势最大值为 $2 \text{ V} + \Delta U = 5 \text{ V}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.



习题课: 电场的能的性质

1. D 【解析】 $\varphi-x$ 图线的斜率的绝对值表示场强大小, 由图可知, 在 $x=4 \text{ m}$ 处图线的斜率为零, 说明在 $x=4 \text{ m}$ 处电场强度为零, 所以两点电荷一定是同种电荷, 故 A 错误; 由图可知图线在 M 点的斜率小于 N 点的斜率的绝对值, 即 M 点的电场强度小于 N 点的电场强度, 故 B 错误; 沿着电场线电势逐渐降低, 从 M 点到 N 点, 电场线先向左后向右, 正的试探电荷从 M 点到 N 点过程中电场力先做负功后做正功, 则电势能先增大后减小, 故 C 错误; 因为在 $x=4 \text{ m}$ 处图线的斜率为零, 根据点电荷场强公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$, 可知 $k \frac{Q_A}{4^2} = k \frac{Q}{2^2}$, 所以 $Q_A = 4Q$, 沿电场线方向电势逐渐降低, 可知两点电荷都是负电荷, 则 A 点到 M 点的距离为 3 m, B 点到 M 点的距离也为 3 m, 所以 M 点的场强大小为 $E = k \frac{4Q}{3^2} - k \frac{Q}{3^2} = \frac{kQ}{3}$, 则在 M 点放一带电荷量为 q 的试探电荷, 其所受电场力大小为 $F = qE = \frac{kQq}{3}$, 故 D 正确.

2. C 【解析】由 $E-x$ 图像可知, P 点对应于 x_2 点, P 点左侧场强为正值, 沿 x 轴正向, 可知 A、B 均带负电, 选项 A 错误; 从原点 O 释放点电荷 q , 它将沿 x 轴正方向运动, 可知点电荷带正电, 从 O 到 P 电场力对点电荷做正功, 电势能减少, 从 P 向右电场力对点电荷做负功, 电势能增加, 可知在 x_1 处的电势能不是最大的, 在 P 点, 即 x_2 处动能最大, 选项 B 错误, C 正确; 根据对称性可知, 点电荷最远能到达 O 点关于 P 点的对称点 O' 位置, 不可能一直沿 x 轴正方向运动, 选项 D 错误.

3. BD 【解析】若该电场为孤立点电荷产生的电场, 则电子的电势应当单调变化, 选项 A 错误; 图线在 a 点的斜率的绝对值大于 b 点, 故电子在 a 点的加速度也大于 b 点, 选项 B 正确; 由图可知, $E_{Pa} > E_{Pb} > E_{Pc}$, 电子带负电, 根据电势与电势能关系及能量守恒定律, 可知 $\varphi_a < \varphi_c < \varphi_b$, $E_{ka} < E_{kc} < E_{kb}$, 选项 C 错误, D 正确.

4. B 【解析】带电液滴受重力和静电力两个力的作用, 由静止释放后, 沿直线由 b 运动到 d, 说明液滴所受合力的方向为沿 b 到 d, 又因为重力方向竖直向下, 所以静电力的方向水平向右, 而电场线水平向左, 故带电液滴带负电, 选项 A 错误; 液滴沿直线由 b 运动到 d 的过程中, 重力和静电力均做正功, 重力势能和电势能都减少, 选项 B 正确, 选项 C 错误; 液滴所受合力所做的功等于液滴动能的增量, 又因为重力所做的功等于重力势能的减少量, 静电力做的功等于电势能的减少量, 故液滴的重力势能、电势能、动能三者之和不变, 选项 D 错误.

5. AD 【解析】只有电场力和弹簧弹力做功, 所以弹簧和物块组成的系统机械能和电势能之和不变, A 正确; 当合力等于零时速度最大, 即弹簧压缩至弹力等于电场力时, 速度最大, B 错误; 因 $F = 2Eq$ 时, 弹簧弹力 $F_{\text{弹}} = kx_0 = Eq$, 当速度最大时, 弹簧弹力 $F'_{\text{弹}} = Eq$, 此时弹簧压缩量为 x_0 , 两个位置弹性势能相等, 从撤去 F 到速度最大过程中物块增加的动能等于电场力做功, 即 $E_{km} = W = 2Eqx_0 = \frac{2E^2 q^2}{k}$, D 正确; 弹簧被压缩到最短时, 物块所受合力向右, 加速度不为 0, C 错误.

6. BD 【解析】速度—时间图线上每一点的切线斜率表示瞬时加速度, 由图像可知粒子由 a 点到 b 点运动过程中加速度逐渐减小, 故 A 错误; 粒子从 a 到 b 做加速度减小的变速运动, 在 b 点时粒子运动的加速度为零, 则粒子所受静电力为零, 所以 b 点的电场强度为零, 故 B 正确; 由于 b 点的电场强度为零, 所以有 $k \frac{Q_1}{r_{1b}^2} = k \frac{Q_2}{r_{2b}^2}$, 由于 $r_{2b} < r_{1b}$, 所以 Q_1 的电荷量一定大于 Q_2 的电荷量, 故 C 错误; 粒子在整个运动过程中动能先减小后增大, 根据动能定理可得, 电势能先增大后减小, 故 D 正确.

7. BD 【解析】由题意知粒子在 c 点的动能最大, 则 c 点为圆内电势最低点, 所以电场线方向应该是沿 Oc 连线指向 c 点, 选项 A 错误; 因为粒子从 b 点到 c 点电场力做功为 W, 所以粒子从 b 到 a 电场力做功为 $-2W$, 选项 C 错误; b 点电势为 0, 则 O 点电势为 $\varphi_O = \frac{W}{q}$, 由 $W = qU_{bc}$, $U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c$, 可得 $\varphi_c = -\frac{W}{q}$, 选项 B、D 正确.

$$8. (1) \sqrt{v^2 + gR} \quad (2) mgh - \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mgR$$

【解析】(1) 因 B、C 两点电势相等, 小球由 B 到 C 的过程中, 只有重力做功, 由动能定理得

$$mgR \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{解得 } v_C = \sqrt{v^2 + gR}.$$

(2) 小球由 A 点运动到 C 点, 由动能定理得

$$W_{AC} + mgh = \frac{1}{2}mv_C^2 - 0$$

$$\text{解得 } W_{AC} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mgR - mgh$$

由电势能变化量与静电力做功的关系得

$$\Delta E_p = -W_{AC} = mgh - \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mgR.$$

$$9. (1) \frac{mv_m^2}{2q} \quad (2) \frac{10kq^2}{mL^2} \quad (3) \frac{5kq}{4L^2}, \text{ 方向水平向右 (或 } C \rightarrow D)$$

【解析】(1)从 B 到 D 过程弹力做功为零,由动能定理得

$$qU_{BD} = \frac{1}{2}mv_m^2$$

$$\text{解得 } U_{BD} = \frac{mv_m^2}{2q}$$

(2)在 D 点,设弹簧与水平方向成 θ 角,有

$$F_{\text{弹}} \cos \theta = k \frac{9q \cdot q}{(3L)^2}$$

$$\text{在 } B \text{ 点时,有 } F_{\text{弹}} \cos \theta + k \frac{9q \cdot q}{L^2} = ma$$

$$\text{解得 } a = \frac{10kq^2}{mL^2}$$

(3)设正点电荷在 C 处产生的电场强度大小为 E_1 ,带电小球在 C 处产生的电场强度大小为 E_2 ,则

$$E_1 = \frac{9kq}{4L^2}$$

$$E_2 = \frac{kq}{L^2}$$

$$E = E_1 - E_2$$

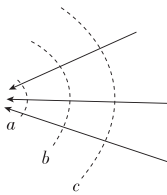
$$\text{解得 } E = \frac{5kq}{4L^2}, \text{ 方向水平向右(或 } C \rightarrow D)$$

10. BD 【解析】沿 x 轴方向上,电场线方向从 O 点开始分别沿 x 轴正向和沿 x 轴负向两个方向,沿电场线电势逐渐降低,可知 O 点的电势最高,选项 A 错误;由对称性可知, $-x_1$ 和 x_1 两点的电势相等,选项 B 正确;在 x_1 点静止释放一正试探电荷,所受电场力一直沿 x 轴正向,电场力一直做正功,则其动能一直增大,选项 C 错误;在 x_1 点静止释放一负试探电荷,则电场力指向 O 点,电子向 O 点做加速运动,经过 O 点后做减速运动,到达与 x_1 对称的位置时速度减为零,然后再返回,不断重复以上运动,即电荷将以 O 为中心往复运动,选项 D 正确。

※专题课: 电场线和等势面的综合应用

1. D 【解析】微粒的运动情况取决于合外力和初速度的关系,微粒只受到静电力的作用,是否沿电场线运动,还要看电场线是直线还是曲线,微粒有没有初速度及初速度方向与电场线的关系;只有当电场线是直线且微粒的运动方向沿着电场线时,微粒才沿电场线运动,若微粒有一定初速度,则微粒不一定由高电势处向低电势处运动,故 A、B、C 错误, D 正确。
2. D 【解析】带电粒子所受静电力指向轨迹弯曲的内侧,电场线与等势面垂直,且带正电粒子带正电,因此电场线指向右下方,根据沿电场线电势降低,可知 a 的电势最高, c 的电势最低, A 错误;因 $\varphi_P > \varphi_Q$,故带正电粒子在 P 点具有的电势能比在 Q 点具有的电势能大, B 错误;只有静电力做功,所以带正电粒子在 P 点的动能与电势能之和与在 Q 点的相等, C 错误;电场的方向总是与等势面垂直,所以 R 点的电场线的方向与该处的等势面垂直,而带正电粒子受到的静电力的方向与电场线的方向相同,加速度的方向又与受力的方向相同,所以带正电粒子在 R 点的加速度方向垂直于等势面 b , D 正确。
3. D 【解析】由物体做曲线运动的条件知, q_1 所受电场力水平向右, q_1 带正电,故电场方向向右, q_2 所受电场力向左,故 q_2 带负电,选项 A 错误;电场线水平向右,沿电场线的方向电势降低,则 A 点的电势高于 C 点的电势,选项 B 错误;由题图可知,电场力方向与运动方向成锐角,电场力对 q_1 、 q_2 都做正功, q_1 、 q_2 的电势能都减小,选项 C 错误, D 正确。
4. C 【解析】等势面的疏密反映电场强度的大小,所以 $E_a < E_b$, A 错误;物体做曲线运动,合外力指向轨迹凹侧,又因为电荷带正电,所以电场线向左,所以 $\varphi_b > \varphi_a$, B 错误;正电荷在电势高的地方电势能大,所以在 b 点的电势能大于 a 点的电势能,即 $E_{pa} < E_{pb}$,故 D 错误;电荷具有动能和电势能两种能量,根据功能关系,电势能大的地方,动能小,所以 $v_a > v_b$, C 正确。
5. AB 【解析】由于等势面与电场线垂直,而电子从 a 到 c 做加速运动,因此电场线如图所示,显然 a 、 b 之间的电场线比 b 、 c 之间的电场线密集,场强大,因此从等势面 a 运动到等势面 b ,电场力做功多,电势能减少多,根据能量守恒可知,总共电势能减少 12 eV,而 c 的电势为零,也就是电子在等势面 c 的电势能为零,故运动到等势面 b 时的电势能小于 6 eV,动能大于 6 eV, A、B 正确。

能大于 6 eV, A、B 正确。



6. B 【解析】电子从 D 到 B 有 $-eU_{DB} = 0 - E_{kD}$,解得 $U_{DB} = \frac{E_{kD}}{e} = \frac{20 \text{ eV}}{e} = 20 \text{ V}$,则电场强度为 $E = \frac{U_{DB}}{d} = \frac{20}{0.1} \text{ V/m} = 200 \text{ V/m}$,故 B 正确;电子经过等势面 C 时的电势能为 -10 eV ,则 C 点的电势为 10 V ,因为 C 、 A 间的电势差等于 D 、 B 间的电势差,可知 A 点电势为 -10 V , A 错误;根据功能关系得,电子再次经过 D 等势面时,动能不变,仍然为 20 eV , C 错误;因电场为匀强电场,且电子所受电场力方向与速度方向在同一条直线上,所以电子的运动为匀变速直线运动, D 错误。
7. C 【解析】静电场中的电场线是不闭合的,所以图中的闭合曲线都是等势线,根据电场线与等势线相互垂直,可知 a 点所在的线是电场线,选项 A 错误; b 点附近的电场线比 c 附近的电场线稀疏,所以 b 点的电场强度比 c 点小,选项 B 错误;根据电场线与等势线垂直,可以画出通过 a 点的等势线,比较可知 b 、 c 两点间的电势差的值比 a 、 c 两点间的大,选项 C 正确;电场力做功与路径无关,取决于电势差,图中 d 、 g 并不在同一条等势线上,因此电场力做功一定不为零,选项 D 错误。
8. CD 【解析】若 l_1 、 l_2 、 l_3 为电场线,则 a 、 c 两点等电势,一定有 $U_{ab} = -U_{bc}$, A 错误;当电场方向斜向左下时,电子不能够通过 c 点, B 错误;若 l_1 、 l_2 、 l_3 为等势线,则一定有 $U_{ab} = U_{bc}$, C 正确;若 l_1 、 l_2 、 l_3 为等势线, a 、 c 连线在电场线上,电子运动离 a 、 c 连线越来越远,则电子一定不能通过 c 点, D 正确。
9. A 【解析】电子带负电,只受电场力,电场力沿电场线的切线方向,与场强方向相反,同时指向电子运动轨迹的凹侧,故 A 正确。
10. D 【解析】由题图可知离子 N 受到固定点电荷的斥力,而离子 M 受到固定点电荷的引力,故两离子的电性一定不同,由于固定点电荷带正电,则 M 一定是负离子, N 一定是正离子, A 错误;由题图可判定 M 在从 a 到 p 运动过程中,静电力做正功,动能增加,而 N 在从 a 到 q 运动过程中,静电力做负功,动能减小,所以 M 在 p 点的速率一定大于 N 在 q 点的速率, B 错误;由于 a 、 b 、 c 三点在同一等势面上,所以 M 在从 a 向 b 运动过程中静电力所做的总功为零, N 在从 a 向 c 运动过程中静电力所做的总功为零,由于两离子以相同的速率从 a 点射入电场,故两离子分别经过 b 、 c 两点时的速率一定相等, C 错误;由题图可知 q 点离固定点电荷更近一些, N 离子在从 a 向 q 运动过程中静电力做负功的值大于离子 M 在从 p 向 b 运动过程中静电力做负功的值,故 M 从 p 到 b 过程中电势能的增量一定小于 N 从 a 到 q 过程中电势能的增量, D 正确。
11. CD 【解析】电场方向垂直等势面,在 y 轴方向上,电场方向由正极指向 O ,在 z 轴方向上,电场方向由 O 指向负极,由沿电场线方向电势逐渐降低,可知 P 点电势比 M 点的高,选项 A 错误, C 正确;因 M 点所在处等差等势面更密集,则 M 点电场强度比 P 点的大,选项 B 错误;因 x 轴上各点电势相等,则沿 x 轴运动的带电粒子,电势能不变,选项 D 正确。
12. (1) 0 V (2) 2 eV (3) $\sqrt{2}v$

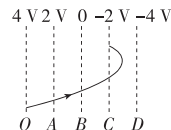
【解析】(1)因等势面间距相等,由 $U = Ed$ 得相邻虚线之间电势差相等,电子由 O 到 C ,有

$$-eU_{OC} = -6 \text{ eV}$$

$$\text{可得 } U_{OC} = 6 \text{ V}$$

已知等势面 A 的电势为 2 V ,各虚线电势如图所示

$$\text{即 } \varphi_B = 0 \text{ V}$$



$$(2) \text{ 电子经过 } C \text{ 时,电势能 } E_p = -e\varphi_C = 2 \text{ eV}$$

$$(3) \text{ 由 } O \text{ 到 } A, \text{ 可得 } W_{OA} = E_{kA} - E_{kO} = -2 \text{ eV}$$

可得 $E_{kA} = 8 \text{ eV}$

由 O 到 C , 可得 $W_{OC} = E_{kC} - E_{kO} = -6 \text{ eV}$

所以 $E_{kC} = 4 \text{ eV}$

根据 $E_{kC} = \frac{1}{2}mv^2$

得该电子经过等势面 A 时的速度大小为 $v_A = \sqrt{2}v$

4 电容器的电容

第1课时 电容器的电容

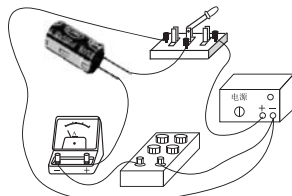
1. AB 【解析】任何两个彼此绝缘又相互靠近的导体都可以看成一个电容器, 选项 A 正确; 用电源对平行板电容器充电后, 两极板一定带等量异种电荷, 选项 B 正确; 电容器的电容由电容器自身决定, 与它所带的电荷量和两板间的电势差都无关, 选项 C、D 错误。
2. D 【解析】由铭牌信息可知, 电容器的工作电压为 450 V , 此数值比击穿电压低, 则最多储存的电荷量, 应用击穿电压来求解, 因此最多储存电荷量大于 $6.75 \times 10^{-3} \text{ C}$, A、B 错误; 电容器的电容不随加在两端的电压变化而变化, C 错误; 由 $C = \frac{Q}{U} = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$ 可得, $\Delta Q = C \Delta U = 15 \times 10^{-6} \times 10 \text{ C} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ C}$, D 正确。
3. A 【解析】固定电容器的电容 C 是确定的, 与电荷量 Q 和电压 U 无关, A 正确, B、C 错误; 由 $Q = CU$ 可知电荷量 Q 与电压 U 成正比, D 错误。
4. B 【解析】由 $Q = CU$ 知, U 降低, 则 Q 减小, 故为放电过程, A 错误, B 正确; $C = \frac{Q}{U} = \frac{0.2}{40} \text{ F} = 5 \times 10^{-3} \text{ F}$, C 错误; $\Delta Q = C \Delta U = 5 \times 10^{-3} \times 4 \text{ C} = 0.02 \text{ C}$, D 错误。
5. B 【解析】 $C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{4.0 \times 10^{-7}}{20} \text{ F} = 2.0 \times 10^{-8} \text{ F}$, 故选项 B 正确。
6. D 【解析】开关 S 接 A 时, 电容器上极板带正电, 所带电荷量 $Q = CU_A$, 当开关 S 扳到 B 时, 电容器上极板带负电, 所带电荷量 $Q' = CU_B$, 该过程中通过电流表的电荷量 $\Delta Q = Q + Q' = C(U_A + U_B) = 1.2 \times 10^{-5} \text{ C}$, 解得电容 $C \approx 8.6 \times 10^{-7} \text{ F}$, 选项 D 正确。
7. A 【解析】由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知, a 极板水平右移, S 不变, d 减小, 电容器电容增大, A 正确, B 错误; a 极板竖直上移, d 不变, S 减小, 电容器电容减小, C、D 错误。
8. A 【解析】保持 B 板不动, A 板向下平移, 减小两极板的正对面积 S 时, 由电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 分析可知, 电容 C 减小, 而电容器所带的电荷量 Q 不变, 则由 $C = \frac{Q}{U}$ 得到, 板间电压 U 增大, 静电计的指针偏角变大, 故 A 正确; 保持 B 板不动, A 板向右平移, 使两极板靠近一些时, 板间距离 d 减小, 由电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 分析可知, 电容 C 增大, 而电容器所带的电荷量 Q 不变, 则由 $C = \frac{Q}{U}$ 得到, 板间电压 U 减小, 静电计的指针偏角变小, 故 B 错误; 保持 A 、 B 两板不动, 在 A 、 B 之间插入一块金属板, 相当于板间距离 d 减小, 则由 B 选项的分析可知静电计的指针偏角变小, 故 C 错误; 保持 A 、 B 两板不动, 在两极板间插入一块绝缘介质板时, 由电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 分析可知电容 C 增大, 而电容器所带的电荷量 Q 不变, 则由 $C = \frac{Q}{U}$ 得到, 板间电压 U 减小, 静电计的指针偏角变小, 故 D 错误。
9. A 【解析】当电流计的指针向左偏时, 说明电容器放电, 由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知, U 不变, Q 减小, C 减小, 由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知, 电容器极板间的电介质减少, 被测物体向右移动, A 正确, B 错误; 当电流计的指针向右偏时, 对电容器充电, 由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知, U

不变, Q 增大, C 增大, C、D 错误。

10. AB 【解析】断开开关 S , 电容器所带电荷量 Q 不变, 将 A 、 B 两极板分开一些, 则板间距离 d 增大, 根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 知 C 减小, 又由 $C = \frac{Q}{U}$ 知, 电势差 U 增大, 静电计内场强 E 增大, 则指针张角增大, A 正确; 断开开关 S , 将 A 、 B 两极板错开些, 则两极板正对面积 S 减小, 根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 知 C 减小, 又由 $C = \frac{Q}{U}$ 知, 电势差 U 增大, 由 $U = Ed$ 可知静电计内场强 E 增大, 指针张角增大, B 正确; 保持开关 S 闭合, 则电容器两端的电势差等于电源电压, U 不变, E 不变, 指针张角不变, C、D 错误。
11. AC 【解析】根据平行板电容器的决定式和定义式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d} = \frac{Q}{U}$ 可知, 将金属板甲稍向右移, 极板正对面积 S 减小, 则 C 减小, 而 Q 不变, 所以 U 增大, 即 θ 增大, 故 A 正确, B 错误; 两板间电场强度增大, 油滴向上运动, 故 C 正确, D 错误。
12. AD 【解析】电流从下向上流过电流计, 说明电容器放电, 根据 $C = \frac{Q}{U}$, 可知电容减小, 根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d} = \frac{\epsilon_r \cdot 2\pi r h}{4\pi k d} = \frac{\epsilon_r r h}{2k d}$, 瓶内液面降低了, A、D 正确。
13. (1) $1 \times 10^{-9} \text{ F}$ (2) 500 V/m 方向由 A 指向 B
(3) -15 V
【解析】(1) 依电容定义有 $C = \frac{Q}{U} = 1 \times 10^{-9} \text{ F}$
(2) 两板之间为匀强电场, 根据匀强电场中场强与电势差关系有 $E = \frac{U}{d} = 500 \text{ V/m}$
方向由 A 指向 B 。
(3) A 板接地, 则电势为零, 根据 $U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C = -Ed_1$
解得 $\varphi_C = -15 \text{ V}$

第2课时 实验: 观察电容器的充、放电现象

1. A 【解析】图乙中阴影面积分别代表充、放电过程中电容器上的总电荷量, 所以两者相等, 选项 A 正确, B 错误; 由图乙可知充电瞬间电流大于放电瞬间电流, 且充电瞬间电源电压与放电瞬间电容器两极板电压相等, 由 $\frac{U}{R_0 + R_1} > \frac{U}{R_0 + R_2}$, 解得 $R_1 < R_2$, 选项 C、D 错误。
2. (1) 正 左 (2) 2.6 (3) BD
【解析】(1) 将开关 S 打到 1, 电容器上极板与电源的正极相接, 则上极板带正电, 再将 S 打到 2, 电容器放电, 通过电流表的电流方向向左。
(2) 实验中所使用的电容器的额定电压为 5.5 V , 电容 $C = 0.47 \text{ F}$, 当电容器两端电压为额定电压时, 电容器极板上所带电荷量 $Q = CU = 0.47 \times 5.5 \text{ C} = 2.6 \text{ C}$ 。
(3) 电容器放电过程中, 电荷量与电压成正比, 故选项 A 错误, B 正确; 放电过程中, 电流逐渐减小, 且减小得越来越慢, 故选项 C 错误, 选项 D 正确。
3. (1) 如图所示 (2) $3.2 \times 10^{-3} \text{ C}$



- 【解析】(1) 按照题给的电路图连接器材。注意电流表的极性和电容器的极性。
(2) 电容器放电电流图像与横轴所围图形中包含 40 个小方

格,每个小方格代表的电荷量为 $0.2 \text{ mA} \times 0.4 \text{ s} = 0.08 \text{ mA} \cdot \text{s} = 8.0 \times 10^{-5} \text{ C}$,电容器充满电后储存的电荷量 $q = 40 \times 8.0 \times 10^{-5} \text{ C} = 3.2 \times 10^{-3} \text{ C}$.

4. (1)左 (2)右 (3)C

【解析】(1)电容器充电结束后,由电路图可知电容器上极板带正电,下极板带负电;将开关 S 扳到 b 放电的过程中,可知电流从左接线柱流入灵敏电流计,则灵敏电流计指针会左偏.
(2)将开关 S 扳到 a,让电源给电容器充电结束后,保持开关位置不变,若将电容器中间插入一层有机玻璃板,根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, $C = \frac{Q}{U}$ 可知电容器电容变大,电容器电荷量增加,电容器继续充电,可知电流从右接线柱流入灵敏电流计,则灵敏电流计指针会右偏.

(3)电容器充电结束后,将开关 S 扳到 b 放电的过程中,设放电回路的电阻为 R,则放电电流为 $I = \frac{U}{R}$,结合 $C = \frac{Q}{U}$ 可得, $I = \frac{Q}{CR}$,放电过程,电容器电荷量逐渐减少,则放电电流逐渐

减小;电流的变化率为 $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{1}{CR} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1}{CR} \cdot I$,可知电流的变化率随电流的减小而减小,即 $I-t$ 图像的切线斜率绝对值逐渐减小,C 正确.

5. (1)正电荷 (2)由 b 到 a (3) 2.8×10^{-3} 4.7×10^{-4}
(4)R

【解析】(1)由图可知,开关 S 接 1 时,电容器上极板与电源正极相连,充电完成后,上极板带正电.

(2)电容器放电时,电容器充当电源,由于上极板带正电,通过电阻 R 的电流方向是由 b 到 a.

(3)根据 $Q = It$ 可知,图像与时间轴围成的面积表示电荷量,根据横轴与纵轴的数据可知,一个格子代表的电荷量为 $8 \times 10^{-5} \text{ C}$,图像所包含的格子个数为 35,所以释放的电荷量为 $Q = 8 \times 10^{-5} \text{ C} \times 35 = 2.8 \times 10^{-3} \text{ C}$,电容器的电容 $C = \frac{Q}{U} = \frac{2.8 \times 10^{-3}}{6} \text{ F} \approx 4.7 \times 10^{-4} \text{ F}$.

(4)电源内阻不计,当电容器充满电后,电容器两端电压等于电源电压.由图可知,充电时间不同,而最大电荷量相等,故说明两条曲线不同是电阻 R 的改变造成的.

6. (1)AC (2)不变 变长 (3) $1.8 \times 10^{-4} \text{ F}$ (4)B

【解析】(1)电容器充电过程中,电容器两端的电压 U 逐渐增大,最后与电源两端的电势差相等,因此其 $U-t$ 图线的斜率会逐渐减小,最后图线与横轴平行,A 正确,B 错误;根据公式 $Q = CU$,电容 C 为定值,可知电容器所带的电荷量逐渐增大,最后保持不变,所以 $Q-t$ 图像的斜率也逐渐变小,最后为零,C 正确,D 错误.

(2)由 $Q = CU$ 可知,电容器储存的电荷量与电阻 R 无关,所以曲线与横轴围成的面积保持不变,当增大电阻 R,由于电阻对电流的阻碍作用增强,充电电流减小,所以充电时间将变长.

(3) $I-t$ 图像中图线与横轴围成的面积表示电容器的电荷量,电容器的极板带电荷量约为 $Q_0 = 40 \times 4 \times 10^{-5} \text{ C} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ C}$,则 $C = \frac{Q_0}{U} = \frac{1.6 \times 10^{-3}}{9} \text{ F} \approx 1.8 \times 10^{-4} \text{ F}$.

(4)从等效的思想出发,认为电容器储存的能量等于把电荷从一个极板搬运到另一个极板过程中克服电场力做的功,也就等于图像与横轴围成的面积,则 $E = \frac{1}{2} CU^2$,A 错误;根据图像的物理意义可知,搬运 Δq 的电荷量,克服电场力所做的功近似等于 Δq 上方小矩形的面积,B 正确;由 $E = \frac{1}{2} CU^2$ 和 $C = \frac{Q}{U}$ 可得 $E = \frac{Q^2}{2C}$,又因为 $Q' = \frac{Q}{2}$,可得 $E' = \frac{1}{4} E$,C 错误.

5 带电粒子在电场中的运动

1. A **【解析】**电子在电场中加速,由动能定理得 $eU = \frac{1}{2} mv^2$,

解得 $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$,可使 v 增大的操作是仅增大 U,故 A 正确,

B、C、D 错误.

2. C **【解析】**由动能定理得 $qU = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$,解得 $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2qU}{m}}$,选项 C 正确.

3. D **【解析】**电子从 O 点运动到 A 点,因受静电力作用,速度逐渐减小,根据动能定理得 $\frac{1}{2} mv_0^2 = eU_{OA}$,因 $E = \frac{U}{d}$, $U_{OA} = EL = \frac{UL}{d}$,故 $\frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{eUL}{d}$,选项 D 正确.

4. B **【解析】**根据推论,电子速度方向的反向延长线过其水平位移的中点,即 $\tan \alpha = \frac{0.5d}{0.5l} = \frac{d}{l}$,因此电子射出电场的偏转角度可求,选项 B 正确.沿平行极板方向,有 $l = v_0 t$,沿垂直于极板方向,有 $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Ee}{m} t^2$, $E = \frac{U}{d}$,又 $\cos \alpha = \frac{v_0}{v}$,初速度、电场强度都未知,因此无法求出射出电场的速度、在电场中运动的时间、偏转电压,选项 A、C、D 错误.

5. BD **【解析】**若带电离子带负电荷,则所受电场力一定向左,且会向左偏转,A、C 错误;由于各点场强大小、方向都不变,因此离子所受的电场力大小、方向都不变,根据 $F = ma$ 可知离子的加速度不变,即一定做匀变速运动,B、D 正确.

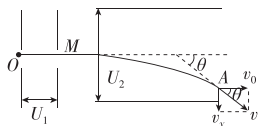
6. BD **【解析】**电子在水平方向做匀速直线运动,水平分速度不变,A 错误;水平分速度不变,又 $OA = AB = BC$,则 O 到 M、M 到 N、N 到 P 的时间相等,而竖直方向做初速度为零的匀加速直线运动,根据时间相等,得到沿 y 轴的分速度之比为 1:2:3,B 正确;电子经 M、N、P 三点时的速度与 x 轴夹角的正切值之比等于竖直分速度之比,即为 1:2:3,C 错误;竖直方向做初速度为 0 的匀加速直线运动,可得在相等时间内竖直方向三段位移之比为 1:3:5,则根据动能定理可得,电子从 O 点开始每经过相等时间的动能增量之比 1:3:5,D 正确.

7. C **【解析】**粒子离开电场时,速度方向与水平方向夹角为 30° ,由几何关系得 $v = \frac{v_0}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3} v_0$,A 错误;粒子在电场中做类平抛运动,水平方向上 $L = v_0 t$,竖直方向上 $v_y = at = v_0 \tan 30^\circ$,由牛顿第二定律可知 $qE = ma$,联立可得 $E = \frac{\sqrt{3} mv_0^2}{3qL}$,B 错误;粒子在匀强电场中做类平抛运动,竖直方向上 $d = \frac{1}{2} at^2$,解得 $d = \frac{\sqrt{3}}{6} L$,C 正确;两极板间的电势差 $U = Ed = \frac{mv_0^2}{6q}$,D 错误.

8. AC **【解析】**由于微滴带负电,电场方向向下,因此微滴受到的静电力方向向上,微滴向正极板偏转,A 正确;偏转过程中静电力做正功,根据静电力做功与电势能变化的关系可知电势能减小,B 错误;微滴在垂直于电场方向做匀速直线运动,位移 $x = vt$,平行于电场方向做初速度为零的匀加速直线运动,位移 $y = \frac{qU}{2dm} t^2 = \frac{qU}{2dm} \left(\frac{x}{v}\right)^2$,此为抛物线方程,C 正确;从式中可以看出,运动轨迹与电荷量 q 有关,D 错误.

9. A **【解析】**设水平极板长为 l,两极板间的距离为 d,由牛顿第二定律得 $a = \frac{U_2 q}{md}$,由于粒子的质量未知,所以无法确定带负电粒子在板间的加速度大小关系,A 错误;由动能定理得 $qU_1 = \frac{1}{2} mv_0^2$,可得 $v_0 = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$,所以当带负电粒子的比荷 $\frac{q}{m}$ 相等时,它们从 M 孔射出的速率相等,B 正确;从 M 孔射出的粒子的动能 $E_k = \frac{1}{2} mv_0^2 = qU_1$,所以当带负电粒子的电荷量 q 相等时,它们从 M 孔射出的动能相等,C 正确;如图所示,在偏转电场中有 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{at}{v_0} = \frac{al}{v_0^2} = \frac{U_2 l}{2U_1 d}$,可知偏转角度 θ 与粒子的比荷无关,所以不同比荷 $\frac{q}{m}$ 的带负电粒子射

入电场,偏转角度 θ 相同,D 正确.



10. (1) 见解析 (2) $-\frac{md^2 v_0^2}{qL^2} \leq U_{YY'} \leq \frac{md^2 v_0^2}{qL^2}$ (3) $\frac{d(L+2b)}{L}$

【解析】 (1) 证明: 设粒子在运动过程中的加速度大小为 a , 离开偏转电场时偏转距离为 y , 沿电场方向的速度为 v_y , 偏转角为 θ , 其反向延长线通过 O 点, 如图所示, O 点与板右端的水平距离为 x , 有 $y = \frac{1}{2}at^2$

$$L = v_0 t$$

$$v_y = at$$

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{y}{x}$$

$$\text{联立可得 } x = \frac{L}{2}$$

即粒子飞出电场后的速度方向的反向延长线通过两板间的中心点.

(2) 由粒子在竖直方向做初速度为零的匀加速直线运动, 可

$$\text{得 } a = \frac{Eq}{m}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\text{则 } y = \frac{qUL^2}{2dmv_0^2}$$

$$\text{当 } y = \frac{d}{2} \text{ 时, } U = \frac{md^2 v_0^2}{qL^2}$$

则两板间所加电压 $U_{YY'}$ 的范围为 $-\frac{md^2 v_0^2}{qL^2} \leq$

$$U_{YY'} \leq \frac{md^2 v_0^2}{qL^2}.$$

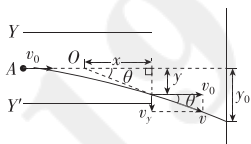
(3) 当 $y = \frac{d}{2}$ 时, 粒子在屏上侧向偏移的距离最大, 设其大小为 y_0 , 则 $y_0 = y + b \tan \theta$

$$\text{又 } \tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{d}{L}$$

$$\text{则 } y_0 = \frac{d(L+2b)}{2L}$$

故粒子在屏上可能到达的区域的长度为

$$2y_0 = \frac{d(L+2b)}{L}.$$



11. (1) $\sqrt{\frac{eEL}{m}}$ (2) $3\sqrt{\frac{mL}{eE}}$ (3) 2 (4) $3L$

【解析】 (1) 电子从 A 运动到 MN 的过程中, 根据动能定理得 $eE \times \frac{L}{2} = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{eEL}{m}}$$

(2) 电子在电场 E_1 中做初速度为零的匀加速直线运动, 设加速度为 a_1 , 时间为 t_1 , 则 $a_1 = \frac{eE}{m}$

$$\text{由 } v = a_1 t_1, \text{ 得 } t_1 = \frac{v}{a_1} = \sqrt{\frac{mL}{eE}}$$

$$\text{从 } MN \text{ 到打到屏上的过程中所用时间 } t_2 = \frac{2L}{v} = 2\sqrt{\frac{mL}{eE}}$$

$$\text{总时间 } t = t_1 + t_2 = 3\sqrt{\frac{mL}{eE}}$$

(3) 设电子射出电场 E_2 时平行电场方向的速度为 v_y , 由牛

顿第二定律得, 电子在电场 E_2 时的加速度为

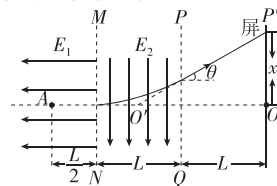
$$a_2 = \frac{eE_2}{m} = \frac{2eE}{m}$$

电子在电场 E_2 中飞行时间 $t_3 = \frac{L}{v}$

$$\text{则 } v_y = a_2 t_3 = 2\sqrt{\frac{eEL}{m}}$$

电子刚射出电场 E_2 时的速度方向与 AO 连线夹角的正切值为 $\tan \theta = \frac{v_y}{v}$, 解得 $\tan \theta = 2$

(4) 电子在电场中的运动轨迹如图所示

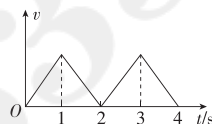


根据几何关系得 $\tan \theta = \frac{x}{\frac{L}{2} + L}$

解得 $x = 3L$

※专题课: 带电粒子在交变电场中的运动

1. BD **【解析】** 作出微粒的 $v-t$ 图像如图所示, 由图可知选项 B、D 正确.



2. AD **【解析】** 由平行金属板间所加电压的周期性结合 $a = \frac{qU}{md}$ 可推知粒子加速度的周期性, D 正确; 由 $v = at$ 可知, A 正

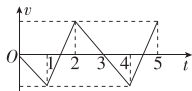
确, C 错误; 由 $x = \frac{1}{2}at^2$ 知 $x-t$ 图像应为曲线, B 错误.

3. B **【解析】** 由题可知, 粒子在电场中运动的时间是相同的, $t=0$ 时入射的粒子在竖直方向上先加速, 然后减速为零, 离开电场时偏离中线的距离最大, 选项 A 正确; $t = \frac{1}{4}T$ 时入射的粒子在竖直方向上先加速, 然后减速, 再反向加速后又减速, 正好从中线处离开电场, 选项 B 错误; 因粒子在电场中运动的时间等于交变电压的周期 T , 根据运动的对称性可知, 所有粒子离开电场时的竖直方向的速度都为零, 即粒子最终都水平射出电场, 离开电场时的速度大小均等于 v_0 , 选项 C、D 正确.

4. B **【解析】** 两板间电压为 U_m 时, 由牛顿第二定律可得 $\frac{eU_m}{d} = ma$, 电子做类平抛运动, 在水平方向上 $l = vt$, 在竖直方向上 $y = \frac{1}{2}at^2$, 联立可得当 $y = \frac{1}{2}d$ 时, 电子恰好从右端板的边缘飞出, 此时 $U_m = \frac{md^2 v^2}{el^2}$, 当 $U_m < \frac{md^2 v^2}{el^2}$ 时, 所有电子都能从两板的右端射出, A 正确; 当 $U_m = \frac{2md^2 v^2}{el^2}$ 时, 一个周期内有 $\frac{1}{2}$ 的时间电压低于临界电压 ($U_{\text{临}} = \frac{md^2 v^2}{el^2}$), 因此有电子从两板右端射出的时间与无电子从两板右端射出的时间之比为 1:1, B 错误; 当 $U_m > \frac{md^2 v^2}{el^2}$ 时, 有部分电子能从两板的右端射出, C 正确; 当 $U_m = \frac{\sqrt{2}md^2 v^2}{el^2}$ 时, 一个周期内有 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 的时间电压低于临界电压 $\frac{md^2 v^2}{el^2}$, 因此有电子从两板右端射出的时间与无电子从两板右端射出的时间之比为 1: ($\sqrt{2}-1$), D 正确.

5. CD **【解析】** 设第 1 s 内粒子的加速度为 a_1 , 第 2 s 内的加速度为 a_2 , 由 $a = \frac{qE}{m}$ 可知, $a_2 = 2a_1$, 可见粒子第 1 s 内若向负方

向运动,1.5 s末粒子的速度为零,然后向正方向运动,至3 s末回到出发点,粒子的速度为0, $v-t$ 图像如图所示,由动能定理可知,0~3 s内电场力做的总功为零,综上所述,可知C、D正确.



6. (1) $4.0 \times 10^9 \text{ m/s}^2$ (2) $2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ (3) 大于 $5\sqrt{2} \times 10^4 \text{ Hz}$

【解析】 (1) 带电粒子所受电场力大小为 $F = qE = \frac{qU}{d}$

由牛顿第二定律得 $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{dm} = 4.0 \times 10^9 \text{ m/s}^2$

(2) 粒子在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内运动的距离为

$$x = \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{2} \right)^2 = 5.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

由此可见带电粒子在 $t = \frac{T}{2}$ 时恰好到达 A 板,则 $v = a \frac{T}{2} = 2 \times 10^4 \text{ m/s}$

(3) 分析可知,在 $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 内,电场力方向、速度方向均向右,带电粒子向 A 板做匀加速运动;同理,在 $\frac{T}{2} \sim \frac{3T}{4}$ 内,则向 A 板做匀减速运动,速度减为零后再返回.由于运动具有“对称性”,即先、后两段位移大小相等,得粒子向 A 板运动的最大位移为 $x_{\max} = 2 \times \frac{1}{2} a \left(\frac{T}{4} \right)^2 = \frac{1}{16} a T^2$. 因题目要求粒子均不能到达 A 板,故必有 $x_{\max} < d$, 根据频率和周期的关系 $f = \frac{1}{T}$, 由以上三式即可求出电势变化频率应满足条件 $f > \sqrt{\frac{a}{16d}} = 5\sqrt{2} \times 10^4 \text{ Hz}$.

7. (1) $\sqrt{\frac{2qU_2}{m}}$ (2) $T\sqrt{\frac{2qU_2}{m}}$ (3) $\frac{T}{2}\sqrt{\frac{qU_1}{2m}}$

【解析】 (1) 因粒子在 A、B 间运动时,水平方向不受外力作用做匀速运动,所以进入 O_1' 孔时的速度即为进入 A、B 板的初速度

在 C、D 间,由动能定理有 $qU_2 = \frac{1}{2} m v_0^2$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{\frac{2qU_2}{m}}.$$

(2) 由于粒子进入 A、B 后,在一个周期 T 内,竖直方向上的速度变为初始状态,即 $v_{\text{竖}} = 0$, 竖直方向的位移也为 0, 若在第一个周期末粒子从 A、B 板中射出,则对应两板最短,长度

$$\text{为 } L = v_0 T = T \sqrt{\frac{2qU_2}{m}}.$$

(3) 若粒子在运动过程中刚好不到 A 板而返回,则此时对应两板间距最小,设为 d

$$\text{则有 } \frac{1}{2} \cdot \frac{qU_1}{md} \cdot \left(\frac{T}{4} \right)^2 \times 2 = \frac{d}{2}$$

$$\text{解得 } d = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{qU_1}{2m}}.$$

※专题课: 带电粒子在重力场与电场中的运动

- BD **【解析】** 对粒子受力分析,粒子所受合力水平向左,做匀减速直线运动;静电力做负功,电势能增加,动能减少,B、D 正确,A、C 错误.
- ABD **【解析】** 液滴所受的合外力沿 bd 方向,知液滴受到的静电力方向水平向右,则此液滴带负电,故 A 正确;液滴所受合外力恒定,加速度恒定,液滴做匀加速直线运动,故 B 正确;合力不为零,且合力与速度方向共线,则合力做功不为零,故 C 错误;从 b 到 d ,静电力做正功,液滴的电势能减少,故 D 正确.
- AC **【解析】** 由题意可知,电场力对小球做正功,则小球的电势能一直减小,除了重力之外的其他力对小球做正功,则小球

的机械能一直增加,故 B、D 错误;根据位移—速度关系 $v^2 = 2ax$ 可得竖直方向的加速度和水平方向加速度大小相等,可得 $a_x = a_y$, 又 $ma_x = mg$, $ma_y = qE$, 可得 $mg = qE$, 故 C 正确;根据动能定理得 $E_k - E_{k0} = -mgy + qEx$, 即 $E_k = -mgy + qEx + E_{k0}$, 竖直方向做初速度为 v 的匀减速直线运动,水平方向做初速度为零的匀加速直线运动,开始重力做的负功大于电场力做的正功,竖直方向速度和水平方向速度大小相等后,电场力做的正功大于重力所做负功,所以动能先减小后增大,故 A 正确.

4. AC **【解析】** 设斜面倾角为 θ , 小球在竖直方向上的加速度大

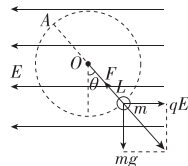
$$\text{小为 } a, \text{ 则 } \tan \theta = \frac{\frac{1}{2} a t^2}{v_0 t} = \frac{a t}{2 v_0}, \text{ 解得 } t = \frac{2 v_0 \tan \theta}{a}, \text{ 由题意可知}$$

$$a_1 = g, a_2 = g + \frac{qE}{m} = 2g, \text{ 所以 } \frac{t_1}{t_2} = \frac{a_2}{a_1} = 2, \text{ 故 A 正确, B 错}$$

误;根据速度的合成与分解有 $\tan \alpha = \frac{a t}{v_0} = 2 \tan \theta$, 所以 $\alpha_1 = \alpha_2$, 故 C 正确, D 错误.

5. BD **【解析】** 由题可知,小球在竖直平面内做匀速圆周运动,受到重力、电场力和细绳的拉力,电场力与重力平衡,绳的拉力提供向心力,则知小球带正电,故 A 错误, B 正确;小球在从 a 点运动到 b 点的过程中,电场力做负功,小球的电势能增大,故 C 错误;由于电场力做功,所以小球在运动过程中机械能不守恒,故 D 正确.

6. C **【解析】** 小球静止时由平衡条件可知电场力水平向右,与场强方向相反,小球带负电,有 $qE = mg \tan \theta$, 解得 $E = \frac{mg \tan \theta}{q}$, A 正确;小球恰能绕 O 点在竖直面内做圆周运动,在等效最高点 A 点速度最小,如图所示,根据平衡条件得 $\frac{mg}{\cos \theta} = m \frac{v^2}{L}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{gL}{\cos \theta}}$, B 正确;小球从静止位置开始至其在竖直面内运动一周的过程中,小球的机械能和电势能之和守恒,小球电场力先做正功后负功后再做正功,则电势能先减小后增大再减小,机械能先增大后减小再增大, C 错误;小球从静止位置至圆周轨迹最高点的过程中,电场力先做正功后做负功,电势能先减小后增大,由圆周运动规律知,小球在等效最高点 A 点速度最小,动能最小,小球从静止位置至圆周轨迹最高点的过程中,小球动能逐渐减小, D 正确.



7. A **【解析】** 若小球带正电,小球受到重力及水平向右恒定的电场力的作用,合力保持不变,则小球将做匀变速曲线运动,再次经过 x 轴时重力不做功,水平方向上电场力做正功,动能增大,则速度增大,故 A 正确;若小球带负电,小球受到重力及水平向左恒定的电场力的作用,合力大小保持不变,重力大小与电场力大小关系未知,若合力方向与速度方向不在同一直线上,则小球可以做匀变速曲线运动,若二者在同一直线上,则小球也可能做匀变速直线运动,当做匀变速曲线运动的小球再次经过 y 轴时,电场力不做功,但重力可能做负功,也可能做正功,即速度可能减小,也可能增大,故 B 错误;若小球带负电,则速度大小再次等于 v_0 时,根据动能定理可知,电场力所做的功等于小球克服重力做的功,由于电场力大小与重力大小关系不确定,所以位置不一定在第二象限,也可能在坐标原点处或第四象限,故 C 错误;若小球带正电,则速度大小再次等于 v_0 时,根据动能定理可知,小球克服重力所做的功等于电场力所做的功,所以位置一定在第一象限,故 D 错误.
8. C **【解析】** 小球沿圆弧轨道运动,不脱离轨道,所以受到的电场力水平向左,则小球一定带负电,小球从 A 运动到 B 的过程中,电场力做负功,电势能增大,机械能减小,故 A、D 错误;小球向右运动过程中,电场力做负功,电势能增大,机械能减小,因此小球不可能到达 C 点,故 B 错误;小球在电场和重力场的合力场中运动,电场力水平向左,重力方向竖直向下,所以电场和重力场的合力场的等效最低点在圆弧 AB 段上,因此小球速度最大的位置一定在 AB 段圆弧上某一点,故 C

正确.

9. (1) $\frac{mgd}{q}$ (2) $\frac{3\sqrt{2gd}}{2}$ (3) $3d$

【解析】(1)根据题意可知,小球 A 运动方向与水平方向成 45° 角,则 $\tan 45^\circ = \frac{mg}{qE}$

且 $U = Ed$

解得 $U = \frac{mgd}{q}$

(2)设小球 B 从小孔射出时水平和竖直速度大小分别为 v_{Bx}

和 v_{By} ,依题意,有 $v_{Bx}^2 = v_{By}^2 = 2 \frac{qE}{4m} d$

解得 $v_{By} = \frac{\sqrt{2gd}}{2}$

设 B 球运动到小孔的时间为 t ,有 $d = \frac{v_{By}}{2} t$

取向上为正,在竖直方向,有 $-v_{By} = v_0 - gt$

联立解得 $v_0 = \frac{3\sqrt{2gd}}{2}$

(3)B 球的竖直方向位移为 $y = \frac{v_0 - v_{By}}{2} t = 2d$

故板长为 $L = d + y = 3d$

10. (1) $\sqrt{\frac{2(mg+qE)L}{m}}$ (2) $3(mg+qE)$

(3) $2\sqrt{(H-L)L}$

【解析】(1)小球从 A 到 B 的过程中,由动能定理得

$$mgL + qEL = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

小球到达 B 点时的速度大小

$$v = \sqrt{\frac{2(mg+qE)L}{m}}$$

(2)在 B 点,对小球由牛顿第二定律得

$$F_T - mg - qE = m \frac{v^2}{L}$$

解得 $F_T = 3(mg + qE)$

(3)在细线断开后的类平抛运动中,对小球,由牛顿第二定律有 $qE + mg = ma$

竖直方向有: $H - L = \frac{1}{2}at^2$

水平方向有: $x = vt$

联立解得 $x = 2\sqrt{(H-L)L}$

11. BD 【解析】小球 Q 由静止释放后,受重力、电场力作用,合力为恒定值,所以小球 Q 做匀变速直线运动, A 错误;由于小球 Q 的初速度为零,将小球的运动分解为沿半径方向和沿竖直方向的分运动,从而可知小球 Q 第一次与圆轨道撞击点一定位于第四象限,故 B 正确;当小球 P 在 A 处时根据共点力平衡得 $qE = \sqrt{2}mg$,小球 Q 释放后,设从小球 Q 释放到第一次与圆轨道撞击历时为 t , $a_x = \frac{qE}{m} \cos 45^\circ = g$, $a_y = \frac{qE \sin 45^\circ + mg}{m} = 2g$,设速度的反向延长线与 $+x$ 方向的夹角为 θ ,则 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{a_y t}{a_x t} = 2$,根据几何关系得小球在竖直方向运动位移为 $\frac{4}{5}R$,由 $h = \frac{1}{2}a_y t^2$,解得 $t = \sqrt{\frac{4R}{5g}}$,故 C 错误, D 正确.

本章易错过关(二)

1. B 【解析】头部集中正电荷,尾部集中负电荷,电场线方向由 B 指向 A,沿电场线方向电势降低,则 B 点电势高于 A 点,故 A 错误;根据等量异种点电荷的电场分布的对称性可知, A 点和 B 点场强相同,故 B 正确;由于电场线方向由 B 指向 A,所以正电荷的受力方向为由 B 指向 A,正电荷由 A 移动到 O 时,电场力做负功,故 C 错误;根据等量异种点电荷的电场分布规律可知 A、B 间的电场线比 A 点到鱼尾或 B 点到鱼头的电场线稀疏,则平均场强也较小,故 A、B 之间电压小于

200 V,故 D 错误.

2. C 【解析】已知试探电荷 $+q$ 在 A 和 C 两点的电势能相同,说明 A、C 两点电势相等,将该试探电荷 $+q$ 分别由 O、B 两点移动到 C 点电场力做正功且相等,说明 O、B 两点的电势也相等,则点电荷位于 OB 中点,且为正点电荷,故 A、B 错误;正点电荷形成的电场中,离正电荷越远电势越低,所以 D 点电势最低, C 正确;将试探电荷 $+q$ 由 B 点移动到 A 点电场力做正功, D 错误.

3. D 【解析】已知 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$,本题中只有 d 和 S 发生了变化,

设变化前后分别为 S_1 、 d_1 、 S_2 、 d_2 ,由几何关系可知, $\frac{d_1}{d_2} =$

$$\frac{a}{a \sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}, \frac{S_1}{S_2} = \frac{2a}{\frac{3}{2}a} = \frac{4}{3}, \text{所以 } C_1 : C_2 = \frac{S_1}{d_1} : \frac{S_2}{d_2} =$$

$2 : \sqrt{3}$,故选 D.

4. AC 【解析】高压供电装置正极接地,针状电极接电源负极,而弧形电极接地,可知弧形电极 N 点的电势高于针状电极 M 点的电势,且离 M 点越近电势越低,而针状电极尖端处电荷的密集程度大,因此离 M 点越近,场强越大,故 A 正确;离 M

点越近,场强越大,由 $a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m}$,可知,离 M 点越近,同一

正离子的加速度越大,故 B 错误;带负电的粒子在电势越低的地方电势能越大,因此可知离 M 点越近,同一负离子的电势能越大,故 C 正确;因为弧形电极 N 接地,电势为零,而 M、N 连线各点上的电势都小于 N 点的电势,因此可知 M、N 连线上各点(不包括 N 点)的电势都小于零,故 D 错误.

5. C 【解析】带负电粒子只在电场力作用下运动,所以动能与电势能之和是恒定的,则粒子在从 x_1 向 x_3 运动的过程中,在 x_3 处的电势能最小,动能最大,速度也最大,选项 A、D 错误;根据电场力做功与电势能的关系 $W = -\Delta E_p = E_{p0} - E_p$,解得 $E_p = -W + E_{p0} = -Fx + E_{p0}$,即图像中的斜率表示电场力大小,在 x_3 处图像的斜率最大,所以粒子加速度最大,选项 B 错误;带负电粒子在电势低的地方电势能大,在电势高的地方电势能小,在 x_3 处的电势能最小,所以电势最高, x_3 处电势比 x_1 处高,选项 C 正确.

6. D 【解析】小球受重力和静电力两个力作用,合力的方向与速度方向不在同一条直线上,则小球做曲线运动,故 A 错误;在水平方向上,小球受静电力,水平速度先减小为零,后反向增大,那么静电力先做负功,后做正功,据机械能守恒定律知,除重力以外的力对小球做的功等于机械能的变化量,所以机械能先减小后增大,故 B 错误;小球受到两个恒力,其合力为 $\sqrt{2}mg$,所以加速度大小为 $\sqrt{2}g$,故 C 错误;小球所受的合力与速度方向先成钝角,然后成直角、锐角,可知合力先做负功,后做正功,则速度先减小后增大,故 D 正确.

7. C 【解析】AB 段,小球受向左的吸引力加速运动;BC 段,由于均匀带电金属球壳是等势体,所以其内部电场强度处处为零,则小球做匀速运动,CD 段,小球受向右的吸引力,将向左做减速运动,所以小球自 A 到 D 的运动规律为先加速再匀速再减速,故 A 错误, C 正确;小球所受电场力 AB 段先做正功, BC 段不做功, CD 段做负功,电势能先减少再不变再增加,故 B 错误;由于对称性, $v_D = v_0$,故 D 错误.

8. AC 【解析】因为液滴 a、b 的带电荷量的绝对值相等,则液滴所受的静电力大小相等,由静止释放,穿过两极板的时间相等,且质量相等,则偏转位移大小相等,静电力做功相等,故 A 正确;静电力对 a、b 两液滴做功相等,重力做功相等,则 a、b 动能的增量相等,对于液滴 c,只有重力做功,故 c 动能的增量小于 a、b 动能的增量,故 B 错误;对于液滴 a 和液滴 b,静电力均做正功,静电力所做的功等于电势能的减少量,故 C 正确;三者穿过极板的过程中竖直方向的位移相等,质量相同,所以重力做的功相等,故 D 错误.

9. (1)高阻值 (2) 4.1×10^{-3}

【解析】(1)选高阻值的电阻,放电时间较长,便于记录放电时电流传感器的数据与对应的时间.

(2)根据小组采用的方法,可知图丙中图像与时间轴围成的面积对应的格数为 33 格,所以本次电容器放出的电荷量 $q =$

$$33 \times 2.5 \times 0.5 \times 10^{-4} \text{ C} \approx 4.1 \times 10^{-3} \text{ C}.$$

10. (1) 1.5 N/C (2) $\sqrt{21} \text{ m/s}$

【解析】 (1) 带电小球在 B 点静止, 受力平衡, 根据平衡条件得 $qE = mg \tan \theta$

$$\text{得 } E = \frac{mg \tan \theta}{q} = 1.5 \text{ N/C}$$

(2) 分析可知小球做完整圆周运动时必须通过 B 点关于 O 点的对称点, 设在该点时小球的最小速度为 v , 则

$$mg \cos \theta + qE \sin \theta = m \frac{v^2}{L}$$

由动能定理得

$$-mgL \cos \theta - qEL(1 + \sin \theta) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{联立解得 } v_0 = \sqrt{21} \text{ m/s}$$

11. (1) $\sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$ (2) $\frac{2d^2U_1}{L^2}$ (3) $\left(\frac{4d^2}{9L^2} + 1\right)eU_1$

【解析】 (1) 电子在 M 、 N 极板间被加速, 则

$$eU_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$$

解得电子穿过 N 极板小孔时的速度大小为

$$v_1 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$$

(2) 若电子刚好打在靶台左端, 则射出 E 、 F 极板时速度的偏向角满足

$$\tan \theta = \frac{\frac{d}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{d}{L}$$

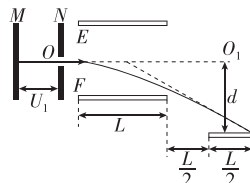
$$\tan \theta = \frac{at}{v_1}$$

$$a = \frac{eU_2}{dm}$$

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

$$\text{解得 } U_2 = \frac{2d^2U_1}{L^2}$$

(3) 使打在靶台上的电子动能最小, 则电子在偏转电场中偏转距离最小, 则电子打在靶台上右端时电子的动能最小, 此时由平抛运动的规律可知, 靶台右端与 E 、 F 两板中心的连线方向为电子出射的方向, 如图所示, 则由几何关系可得



$$\frac{y}{d} = \frac{\frac{L}{2}}{L + \frac{L}{2}} = \frac{1}{3}$$

$$\text{即 } y = \frac{d}{3}$$

则由

$$y = \frac{1}{2} \frac{eU_3}{dm} t^2$$

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

$$\text{解得 } U_3 = \frac{4d^2U_1}{3L^2}$$

则电子打到靶台上的最小动能

$$E_{\text{kin}} = eU_1 + \frac{eU_3}{d} y = \left(\frac{4d^2}{9L^2} + 1\right)eU_1$$

第十一章 电路及其应用

1 电源和电流

- B **【解析】** 自由电荷定向移动才能形成电流, 仅有电荷移动但不是定向移动则不能形成电流, 故选项 A 错误; 电流的产生条件有两个, 一是导体中有能定向移动的电荷, 二是导体两端有电势差, 故选项 D 错误; 电流有方向, 但它是标量, 故选项 C 错误.
- BD **【解析】** 电路中必须有电源且电路闭合, 电路中才有电流, A 错误, B 正确; 由电流的定义式 $I = \frac{q}{t}$ 可知, 通过相等电荷量时, 通电时间越长, 电流越小, C 错误; 电路中有电流通过, 则一定有自由电荷, D 正确.
- C **【解析】** 公式 $I = \frac{q}{t}$ 中 q 表示在时间 t 内通过导体横截面的电荷量, 选项 A、B 错误; 比值 $\frac{q}{t}$ 表示电流的大小, 选项 C 正确; $I = \frac{q}{t}$ 可用于求解电流的大小, 但电流的大小不是由电荷量和时间所决定的, 故选项 D 错误.
- D **【解析】** 正电荷运动方向与电流方向相同, 即向右移动, 而负电荷向左移动, 选项 A、B 错误; 4 s 内通过横截面 AB 的电荷量 $q = 8 \text{ C}$, 电解槽中的电流 $I = \frac{q}{t} = 2 \text{ A}$, 选项 C 错误, 选项 D 正确.
- B **【解析】** t 时间内电离气体无论在阳极和阴极交换的电荷量都是 $2ne$. 在电路金属导体中做定向移动的只是自由电子, 电离气体和电路金属导体内的电流相等. 由电流定义式 $I = \frac{q}{t}$, 得 $I = \frac{2ne}{t}$, B 正确.
- A **【解析】** 电池容量约为 $1500 \text{ mA} \cdot \text{h}$, 则该电池储存的电荷量约为 $Q = 1500 \times 10^{-3} \times 3600 \text{ C} = 5400 \text{ C}$, 灯泡正常工作

时的电流 $I = 0.6 \text{ A}$, 由 $I = \frac{Q}{t}$, 可得 $t = \frac{Q}{I} = 9 \times 10^3 \text{ s}$, 故 A 正确.

- BC **【解析】** 由电流的微观表达式 $I = neSv$, 可得自由电子定向移动的平均速率为 $v = \frac{I}{neS}$, 故 B 正确, A、D 错误; 电流的速率为电场传播的速率, 即为真空中的光速 c , 故 C 正确.
- D **【解析】** 若由电流的微观表达式来解, 本题中 $I = nev'$, 其中 v' 为电子定向移动的平均速率, 故 A、B 错误; 由电流定义式 $I = \frac{q}{t}$, 可知 $I = Ne$, 故 C 错误, D 正确.
- CD **【解析】** 根据电流的定义式 $I = \frac{q}{t}$ 可知, 通过该导线横截面的电荷量 $q = It$, 则在时间 t 内通过该导线横截面的电子数为 $N = \frac{q}{e} = \frac{It}{e}$, 再根据电流的微观表达式 $I = neSv$, 则可得 $N = nSvt$, 故 C、D 正确, A、B 错误.
- D **【解析】** “毫安·时”(mA·h)是电荷量的单位, 不是电池储存能量的单位, 故 A 错误; “伏特”(V)不是国际单位制中的基本单位, 是导出单位, 故 B 错误; 根据该手机电池提供的数据可知, 若该手机的待机电流为 10 mA , 则手机最多可待机时间为 $t = \frac{q}{I} = \frac{2000 \text{ mA} \cdot \text{h}}{10 \text{ mA}} = 200 \text{ h}$, 故 C 错误; 若该电池工作电流为 16 mA , 则每秒内定向通过电源的电子个数为 $n = \frac{It}{e} = \frac{16 \times 10^{-3} \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ 个} = 1 \times 10^{17} \text{ 个}$, 故 D 正确.
- ABD **【解析】** 根据电流的定义式可得等效电流为 $I = \frac{q}{t} = \frac{e}{T}$, 故 A 正确; 电子运动的周期表达式为 $T = \frac{2\pi r}{v}$, 根据电流

的定义式可得等效电流为 $I = \frac{q}{t} = \frac{ev}{2\pi r}$, 故 B 正确; 原子中的电子绕原子核的圆周运动可以等效为环形电流, 氢原子的电子以速率 v 做圆周运动, 根据库仑力提供向心力, 有 $k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$, 解得 $T = \frac{2\pi r}{v} \sqrt{\frac{rm}{k}}$, 形成的电流为 $I = \frac{e}{T} = \frac{ev}{2\pi r \sqrt{\frac{rm}{k}}}$, 故 D 正确, C 错误.

12. D 【解析】由电流的定义式有 $I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{Ne}{\Delta t}$, 根据电流的微观表达式 $I = neSv = nebcv$, 则自由电子数目 $N = \frac{I \cdot \Delta t}{e} = \frac{nebcv \cdot \Delta t}{e} = nbvc \cdot \Delta t$, 选项 D 正确.

13. C 【解析】1 s 时间内, 通过球壳的电荷量为 $q = It = 1800$ C, 离子个数为 $n = \frac{q}{e} \approx 1.1 \times 10^{22}$ 个, 故 C 正确.

14. (1) 2.72×10^3 A (2) 2.72×10^{-2} V/m (3) 2×10^{-5} m/s

【解析】(1) $I = \frac{U}{R} = 2.72 \times 10^3$ A.

(2) 由 $U = EL$, 得 $E = \frac{U}{L} = 2.72 \times 10^{-2}$ V/m.

(3) 由 $I = neSv$ 得 $v = \frac{I}{neS} = \frac{2.72 \times 10^3}{8.5 \times 10^{29} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-3}}$ m/s $= 2 \times 10^{-5}$ m/s.

15. (1) 化学能 (2) 3.6×10^5 J (3) 10 h (4) 4 次

【解析】(1) 充电宝充电时将电能转化为化学能

(2) 该充电宝的容量为

$q = 20\ 000$ mA $\cdot$ h $= 20\ 000 \times 10^{-3} \times 3600$ C $= 7.2 \times 10^4$ C

电压为 5 V, 所以充电宝最多能储存的能量

$E = qU = 5 \times 7.2 \times 10^4$ J $= 3.6 \times 10^5$ J

(3) 以 2 A 的电流充电, 充电宝从电荷量为零到充满电所用

时间 $t = \frac{q}{I} = \frac{7.2 \times 10^4}{2}$ s $= 3.6 \times 10^4$ s $= 10$ h

(4) 由于充电宝的转换率是 0.60, 所以放电总量为

$20\ 000$ mA $\cdot$ h $\times 0.60 = 12\ 000$ mA $\cdot$ h

给电荷量为零、容量为 3000 mA $\cdot$ h 的手机充电的次数

$n = \frac{12\ 000}{3000}$ 次 $= 4$ 次

2 导体的电阻

1. A 【解析】导体的电阻是由导体自身的性质决定的, 与所加的电压和通过的电流无关, 故 A 错误, B、C 正确; 由 $U = IR$ 可知, 当电流不变时, 电阻 R 越大, 其两端电压越大, 故 D 正确.

2. AC 【解析】电阻由 U 与 I 的比值定义, 由图可知 $R_1 = R_2 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2}$, 故 A 正确; 导体 A 的 U - I 图像斜率不变, 电阻不变, 故 B 错误; U - I 图像斜率越大, 电阻越大, 说明导体对电流的阻碍作用越大, 由图像可知导体 A 的电阻大于导体 B 的电阻, 故 C 正确, D 错误.

3. C 【解析】材料的电阻率是由材料本身决定的, 且通常与温度有关, 而与导体的长度、横截面积、电阻等因素无关, 故 C 错误, A、B、D 正确.

4. A 【解析】由 $R = \rho \frac{l}{S}$ 知, 导体的电阻与长度 l 、电阻率 ρ 成正比, 与横截面积 S 成反比, A 正确; $R = \frac{U}{I}$ 是电阻的定义式, 导体的电阻与电流和其两端的电压无关, B 错误; 同一种材料的电阻率相同, 与材料的形状、大小无关, C 错误; 电阻率表征了导体导电能力的强弱, 由导体材料本身决定, 且通常还与温度有关, 比如热敏电阻, 会随着温度的升高电阻减小, 电阻率减小, D 错误.

5. A 【解析】长方体的体积 V 不变, 根据电阻决定式 $R = \rho \frac{l}{S}$, 电阻的阻值最小的应该是横截面积最大、长度最短的,

由于 $a > b > c$, 故 A 正确.

6. B 【解析】当镍铬丝的直径变为 $\frac{d}{10}$ 时, 根据电阻决定式 $R = \rho \frac{l}{S}$, 体积不变, 横截面积变为原来的百分之一, 则长度变为原来的一百倍, 电阻变为原来的一万倍, 故 B 正确.

7. AB 【解析】由欧姆定律知, 长方体接入电路中的阻值为 $R = \frac{U}{I}$, 故 A 正确; 由 $R = \rho \frac{l}{S}$, 可知 $R = \rho \frac{a}{bh}$, 故 B 正确, C、D 错误.

8. D 【解析】题图甲中伏安特性曲线为直线, 故电学元件 A 的阻值不变, 故 A 错误; 题图甲中直线的斜率为 $k = \frac{1}{R}$, 故 $R_A > R_B$, 故 B 错误; 题图乙中, 伏安特性曲线为曲线, 故该元件为非线性元件, 故 C 错误; 由题图乙可知, 当正向电压大于 0.75 V 时, 随电压增大, 图线上的点与原点连线的斜率增大, 故该元件的阻值减小, 故 D 正确.

9. C 【解析】由于电压、电流增大, 电阻不变, 所以 b 是定值电阻, 图像斜率的倒数等于电阻, 故 A 错误; 电流与电压成正比的元件才是线性元件, b 是线性元件, a 、 c 不是线性元件, 故 B 错误; 某些半导体元件会随着电压、电流的增大, 电阻减小, 因为 a 的电阻随着电压、电流的增大而减小, 所以 a 可能是半导体元件, 故 C 正确; 三种图像的交点表示此处的电压、电流相等, 由欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 可知, 此处的电阻也相等, 故 D 错误.

10. B 【解析】根据电阻定律得薄膜电阻为 $R = \rho \frac{L}{Ld} = \frac{\rho}{d}$, 所以所测定的电阻 R 与正方形边长 L 无关, 故 C、D 错误; 根据欧姆定律得 $R = \frac{U_0}{I}$, 联立解得 $d = \frac{I\rho}{U_0}$, 根据厚度 d 的公式, 可知 d 与 I 成正比, 故 A 错误, B 正确.

11. D 【解析】由于总体积不变, 设 40 cm 长时的横截面积为 S , 所以长度变为 50 cm 后, 横截面积 $S' = \frac{4S}{5}$, 根据电阻定律公式 $R = \rho \frac{l}{S}$, 可知 $R = \rho \frac{40 \text{ cm}}{S}$, $R' = \rho \frac{50 \text{ cm}}{\frac{4S}{5}}$, 解得 $R' = \frac{25}{16}R$, 故 D 正确, A、B、C 错误.

12. B 【解析】B 点的电阻为 $R_B = \frac{U}{I} = \frac{6}{1.5 \times 10^{-1}} \Omega = 40 \Omega$, 故 A 错误, B 正确; A 点的电阻为 $R_A = \frac{3}{1.0 \times 10^{-1}} \Omega = 30 \Omega$, 则两点间的电阻改变了 $(40 - 30) \Omega = 10 \Omega$, 故 C、D 错误.

13. $2\sqrt{\frac{a^2 U - \rho l I}{\pi U}}$ 【解析】设内圆直径为 d , 金属材料电阻为 $R = \frac{U}{I}$

由电阻定律得 $R = \rho \frac{l}{S}$

由几何关系得 $S = a^2 - \frac{\pi d^2}{4}$

联立解得 $d = 2\sqrt{\frac{a^2 U - \rho l I}{\pi U}}$

14. (1) ρ 随其通过电流的增大而减小
(2) $1.8 \times 10^2 \Omega \cdot \text{m}$

【解析】(1) 由题图乙可知, 图线上各点的 $\frac{U}{I}$ 比值随电流的增大而减小, 所以电阻率 ρ 也随着通过电流的增大而减小.

(2) 当 $U = 9$ V 时, 电解液的电阻 $R = \frac{U}{I} = 1.8 \times 10^3 \Omega$

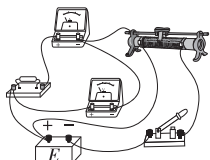
由 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可得

$\rho = \frac{RS}{l} = \frac{Rbc}{a} = 1.8 \times 10^2 \Omega \cdot \text{m}.$

3 实验：导体电阻率的测量

第1课时 测量工具的使用及实验电路的基础设计

- (1) 0.265 (0.263~0.265 均可) (2) 0.670 (3) 2.30
12.0 10.230
【解析】(1)螺旋测微器的固定刻度为 0.0 mm, 可动刻度为 $26.5 \times 0.01 \text{ mm} = 0.265 \text{ mm}$, 所以最终读数为 0.0 mm + 0.265 mm = 0.265 mm.
(2)游标卡尺的主尺读数为 6 mm, 游标尺上第 14 个刻度和主尺上某一刻度对齐, 所以游标尺读数为 $14 \times 0.05 \text{ mm} = 0.70 \text{ mm}$, 所以最终读数为 6 mm + 0.70 mm = 6.70 mm = 0.670 cm.
(3)电流表量程为 0~3 A, 示数为 2.30 A. 电压表量程为 0~15 V, 示数为 12.0 V. 游标卡尺的读数为 $L = 102 \text{ mm} + 6 \times 0.05 \text{ mm} = 102.30 \text{ mm} = 10.230 \text{ cm}$.
- (1) 1.90 (2) 9.5 (3) 0.85 (4) 0.17
- 6.125 (6.123~6.125 均可) 4.120 1.095
- D 【解析】先判断采用的测量方法哪个较为合理, 由于在两种不同的接法中电压表的示数变化大, 说明测量的是阻值较小的电阻, 电流表分压较大, 所以采用图甲进行测量比较准确. 图甲中测量值为 $R_{\text{测}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} = 750 \Omega$, 较真实值偏小, 故选项 D 正确.
- B 【解析】题图甲的接法叫作电流表外接法, 题图乙的接法叫作电流表内接法, A 正确; 题图甲中由于电压表的分流导致电流的测量值偏大, 由 $R = \frac{U}{I}$ 可知, $R_{\text{测}} < R_{\text{真}}$, R 越小, 则电压表分流越小, 误差越小, 因此这种接法适合测小电阻, 而题图乙中由于电流表的分压, 导致电压的测量值偏大, 由 $R = \frac{U}{I}$, 得 $R_{\text{测}} > R_{\text{真}}$, R 越大, 则电流表的分压越小, 误差越小, 因此这种接法适用于测大电阻, B 错误, C、D 正确.
- (1) 0~3 V 0~0.2 mA (2) 如图所示 (3) 左

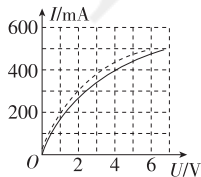


【解析】(1)电源电压约为 4 V, 则电压表应选 0~3 V 的电压表; 根据 $I = \frac{U}{R} = \frac{4}{20 \times 10^3} \text{ A} = 0.2 \text{ mA}$, 可得电流表应选择 0~0.2 mA 的电流表.

(2)电流表比电压表的示数变化更为明显, 说明电压表分流作用明显, 因此电流表必须准确测量流过待测电阻的电流, 故电压表的接线柱接到 a, 即电流表内接, 为测量准确, 滑动变阻器采用分压式接法, 实物图如图所示.

(3)为了保护电路元件, 开关闭合后应先使分压部分的电压为零, 则闭合开关前, 滑片应置于最左端.

- (1) 甲 (2) 如图实线所示



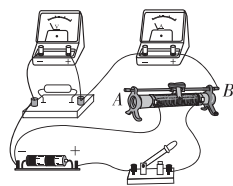
【解析】(1)小灯泡额定电流 $I = \frac{P_{\text{额}}}{U_{\text{额}}} = \frac{3}{6} \text{ A} = 0.5 \text{ A}$, 小灯泡正常

发光时的电阻 $R_L = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{6^2}{3} \Omega = 12 \Omega$. 因 $R_L = 12 \Omega <$

$\sqrt{R_V R_A} = \sqrt{6 \times 10^3 \times 1.5} \Omega = 30 \sqrt{10} \Omega \approx 94.9 \Omega$, 应采用电流表外接法, 结合图丙曲线可知该同学选择的电路图是图甲.

(2)若选用图乙进行实验, 当小灯泡正常发光时, 电流表示数为 0.5 A, 而电压表示数要大于 6 V, 故得到的关系曲线应如图实线所示.

- (1) A₁ (2) 如图所示 (3) A

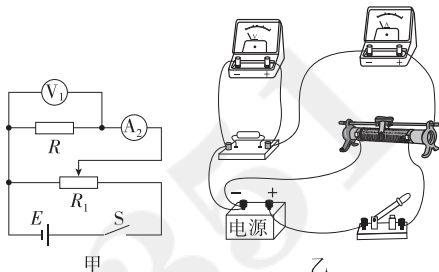


【解析】(1)由电源电压和待测电阻阻值可以估测电路中的最大电流约为 0.3 A, 因此电流表应该选 0~0.6 A 量程的电流表 A₁.

(2)要求尽可能测量多组数据, 如果选择滑动变阻器的限流式连接方式, 待测镍铬合金丝上所加电压变化范围约为 2~3 V, 如果选择滑动变阻器的分压式连接方式, 合金丝上的电压变化范围约为 0~3 V, 范围更大, 同时滑动变阻器阻值小于合金丝电阻, 所以滑动变阻器选择分压式连接方式更符合要求.

(3)从安全性原则考虑, 开关闭合前滑片应置于 A 端.

- (1) A₂ V₁ (2) 如图所示



【解析】(1)因电源电压为 4 V, 则电压表选择 V₁; 电路中可能出现的最大电流为 $I = \frac{U}{R} = \frac{3}{220} \text{ A} = 13.6 \text{ mA}$, 则电流表选择 A₂.

(2)为测得多组数据, 则滑动变阻器选择分压电路; 因 $\frac{R_V}{R} = \frac{10000}{220} > \frac{R}{R_A} = \frac{220}{30}$, 可知应该采用电流表外接; 电路如图甲所示, 实物图如图乙所示.

第2课时 导体电阻率的测量

- (1) 0.6 0.6 左 (2) 乙

【解析】(1)在“测量金属丝电阻率”的实验中, 考虑温度对电阻率影响, 一般通过金属丝的电流要小一些, 并使用电流表外接法测量较小的金属丝电阻, 所以 a 端接“0.6”, b 端也接“0.6”. 分压式电路在闭合开关前, 滑片位置应该在能使伏安法的测量电阻与导线并联的位置, 即应将滑片置于滑动变阻器的左端.

(2)为避免误差较大数据的影响, 通过描点绘图减小实验误差, 所以乙的操作更科学.

- (1) 2.095 (2.093~2.097 均可) (2) 最左端 (3) $\frac{\pi d^2 R_x}{4l}$

【解析】(1)由图乙可知, 其示数为 2 mm + 0.01 × 9.5 mm = 2.095 mm.

(2)为了保护电路, 开关 S 闭合前滑动变阻器的滑片应滑至最左端使待测支路电流为零.

(3)由电阻公式得 $R_x = \rho \frac{l}{S}$, 金属丝的横截面积 $S = \pi R^2 = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$, 联立可得 $\rho = \frac{\pi d^2 R_x}{4l}$.

- (1) E 右 (2) 1.20 0.20 (3) 1.31×10^{-6}

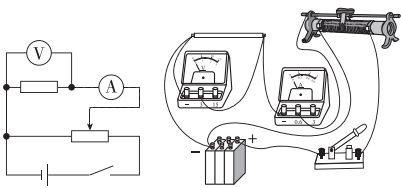
【解析】(1)由于电阻丝的总阻值约为 10 Ω, 而滑动变阻器接入电路的方式是限流式接法, 滑动变阻器 R₁ 最大阻值太大, 调节起来不方便, 因此选 R₂. 滑动变阻器不仅调节电压、电流的大小, 还有保护电路的作用, 因此在闭合开关 S 前, 将滑动变阻器阻值调到最大值, 以保护电压表、电流表, 使其不超过其量程, 因此应将滑片调到最右端.

(2)由题图乙可知, 接入三节干电池, 电动势最大为 4.5 V, 电压表选 0~3 V 的量程, 电流表选 0~0.6 A 的量程, 因此电压表读数为 1.20 V, 电流表读数为 0.20 A.

(3)根据电阻公式 $R = \rho \frac{L}{S}$, 可得 $\rho = S \frac{R}{L}$, 根据图像斜率和横截面积 S, 代入数据, 可得电阻率为 $1.31 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$.

4. (1) ABCEFIH (2) 如图所示 (3) 横截面边长 a 、管线长度 L 、

管线两端电压 U 、通过管线的电流 I $a^2 = \frac{\rho IL}{U}$

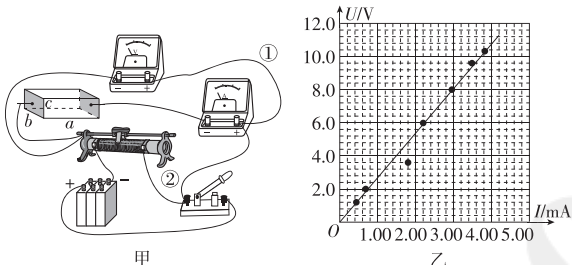


【解析】 (1) 本实验需要用伏安法测量电阻, 根据欧姆定律有 $R = \frac{U}{I}$, 同时要结合电阻定律公式 $R = \rho \frac{L}{S}$ 求解截面积, 故要用电压表测量电压, 用电流表测量电流, 用毫米刻度尺测量长度, 用螺旋测微器测量边长, 当然, 要组成电路, 还需要电源、开关、导线以及滑动变阻器。由于待测金属管线的电阻约为 10Ω , 电路中最大电流约为 0.6 A , 所以电流表选择 C。

(2) 由于要求尽可能测出多组有关数值, 故滑动变阻器要采用分压式接法, 金属管线电阻较小, 因此电流表采用外接法。

(3) 根据欧姆定律有 $R = \frac{U}{I}$, 根据电阻定律公式有 $R = \rho \frac{L}{S}$, 解得 $S = \frac{\rho IL}{U}$ 。因此要用螺旋测微器测横截面边长 a , 用毫米刻度尺测金属管线长度 L , 用电压表测金属管线两端电压 U , 用电流表测通过金属管线的电流 I , 因此金属管线内部空间截面积 S_0 的表达式为 $S_0 = a^2 = \frac{\rho IL}{U}$ 。

5. (1) 如图甲所示 (2) 如图乙所示 (3) 2600 (2550~2650 均可) 130 (127~133 均可) 不达标



【解析】 (1) 为使测量尽可能准确, 需要测量范围尽可能大, 故滑动变阻器采用分压式接法; 因电流表内阻已知, 故电流表采用内接法。

(2) 将表中数据描到图中, 即可去掉误差较大的数据 ($U = 3.6 \text{ V}$, $I = 1.80 \text{ mA}$), 得到 $U-I$ 关系图线, 如图乙所示。

(3) 由图可得, $U-I$ 图线过原点, 斜率 $k = 2.7 \text{ V/mA}$, 故电阻 $R = 2.7 \times 1000 \Omega - R_A = 2600 \Omega$; 根据电阻 $R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{a}{bc}$, 可得电阻率 $\rho = \frac{bc}{a} R = 5 \times 10^{-2} \times 2600 \Omega \cdot \text{m} = 130 \Omega \cdot \text{m}$; 由 $\rho < 200 \Omega \cdot \text{m}$ 可得, 所测水样在电阻率这一指标上不达标。

4 串联电路和并联电路

1. D **【解析】** 并联电路的总电阻的倒数等于各支路电阻的倒数之和, 即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, 当其中一个分电阻为零时, 总电阻为零, A 正确; 并联电路任一支路电阻都大于电路的总电阻, B 正确; 并联电路任一支路电阻增大 (其他支路电阻不变), 各支路电阻的倒数之和将减小, 总电阻的倒数将减小, 总电阻将增大, C 正确, D 错误。
2. A **【解析】** 根据 $I-U$ 图像知, 图线的斜率表示电阻的倒数, 所以 $R_1 : R_2 = 1 : 3$, 故 A 正确, B 错误; 串联电路电流处处相等, 所以将 R_1 与 R_2 串联后接于电源上, 电流之比 $I_1 : I_2 = 1 : 1$, 故 C 错误; 并联电路中各支路电压相等, 电流之比等于电阻之比的倒数, 所以将 R_1 与 R_2 并联后接于电源上, 电流之比 $I_1 : I_2 = 3 : 1$, 故 D 错误。
3. B **【解析】** 两根保险丝的电阻关系为 $R_{\text{甲}} = 4R_{\text{乙}}$, 并联后接入电路, 电流分配应是 $I_{\text{乙}} = 4I_{\text{甲}}$, 当 $I_{\text{甲}} = 2 \text{ A}$ 时, $I_{\text{乙}} = 8 \text{ A} > 6 \text{ A}$, 保险丝乙已熔断; 当 $I_{\text{乙}} = 6 \text{ A}$ 时, $I_{\text{甲}} = 1.5 \text{ A} < 2 \text{ A}$, 此时总电流 $I_{\text{总}} = I_{\text{甲}} + I_{\text{乙}} = 7.5 \text{ A}$, 即为允许通过的最大电流, 选项 B 正确。

4. D **【解析】** 由题图可知, 当 S 断开时, 电阻 R_1 和电阻 R_2 串联, $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = \frac{2}{3} U = 4 \text{ V}$, 解得 $U = 6 \text{ V}$, 当 S 闭合时, 电阻 R_1 和电流表 A 被短路, 电路中只有电阻 R_2 , 电流表读数为 0, 电压表读数为 6 V , 选项 D 正确。

5. D **【解析】** 把表头 G 改装成大量程的电流表时, 只是并联了一个分流电阻, 使整个并联电路允许通过的电流增大, 但表头的各特征量都不变, 故 D 正确, A、B、C 错误。

6. B **【解析】** 改装前电压表的满偏电流为 $I_g = \frac{U_g}{R_g} = \frac{0.2}{100} \text{ A} = 2 \times 10^{-3} \text{ A}$, 由电流表的改装原理可知需再并联一个阻值为 R_x 的电阻, $R_x = \frac{U_g}{I - I_g} = \frac{0.2}{10 - 2 \times 10^{-3}} \Omega \approx 0.02 \Omega$, 故选项 B 正确。

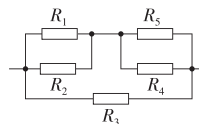
7. D **【解析】** 当使用 a 、 b 两个端点时, 由欧姆定律得 $U_1 = I_g (R_1 + R_g) = 5 \text{ V}$, 可得 $R_g = 500 \Omega$, 当使用 a 、 c 两个端点时, 由欧姆定律得 $U_2 = I_g (R_2 + R_1 + R_g) = 1 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^3 + 4.5 \times 10^3 + 500) \text{ V} = 25 \text{ V}$, D 正确。

8. A **【解析】** 串联电路分压而电流相同, 则当用该电路继续测量超过量程的电流时, 流过电流表的电流依然超过量程, A 项不可行; 并联电路分流但电压相同, 则当用并联电路测量超过量程的电流时, 只要另外一并联支路分流适当, 就能够使得流过电流表的电流在量程范围之内, B、C、D 可能可行。

9. B **【解析】** 要使定值电阻 R 两端的电压为 $\frac{U}{2}$, 则要求滑动变阻器的滑片下部分与电阻 R 并联后的阻值等于滑动变阻器滑片上部分的阻值, 根据电阻的并联关系可知, 滑片应在 R_0 的中点偏上处, 故 B 正确。

10. B **【解析】** 电压表由灵敏电流计 G 和电阻 R 串联而成, 发现此电压表的读数比真实值偏大一点, 说明加上相同电压时, 应使电流适当小些, 故需要略微增大分压电阻的值, 可以在电阻 R 上串联电阻实现, 电压表的读数比真实值稍微大一些, 故串联电阻要比 R 小得多, B 正确。

11. B **【解析】** 将题中电路可简化成如图所示的等效电路。 R_1 和 R_2 并联, 并联后的等效电阻为 $R_1' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 1 \Omega$, R_4 和 R_5 并联, 并联后的等效电阻为 $R_2' = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = 2 \Omega$, R_1' 和 R_2' 串联后与 R_3 并联, 等效电阻为 $R = \frac{(R_1' + R_2') R_3}{R_1' + R_2' + R_3} = 1.5 \Omega$, 选项 B 正确。



12. BD **【解析】** 电流表改装时, 其实是把电阻与原来的电流表并联, 故甲电路中两个小量程的电流表是并联的, 所以图甲中的 A_1 、 A_2 的指针偏角相同, 但把 A_1 、 A_2 看成电阻的话, 由于它们的电阻不同, 故两个改装后的电流表的示数不同, 选项 A 错误, B 正确; 当把 A_1 、 A_2 串联在电路中时, 通过改装前的电流表的电流不相等, 故它们的指针偏转角度不相同, 但是 A_1 、 A_2 测量的是串联电路中的电流, 示数应该是相等的, 选项 C 错误, D 正确。

13. B **【解析】** 由 $0 \sim 0.6 \text{ A}$ 的量程电流表的电路图可得 $(R_1 + R_2)(0.6 - 0.1) = 0.1 \times 100$, 解得 $R_1 + R_2 = 20 \Omega$, 由 $0 \sim 3 \text{ A}$ 的量程电流表的电路图可得 $R_1(3 - 0.1) = 0.1(100 + R_2)$, 解得 $R_2 = 16 \Omega$, 故 B 正确。

14. (1) $8 \times 10^{-4} \text{ C}$ (2) 6 V

【解析】 (1) 设电容器上的电压为 U_c , 则 $U_c = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ 电容器的电荷量 $Q = CU_c$, 解得 $Q = 8 \times 10^{-4} \text{ C}$ 。

(2) 电压表与 R_2 并联后电阻为 $R_{\text{并}} = \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V}$

则电压表两端的电压为 $U_V = \frac{R_{\text{并}}}{R_1 + R_{\text{并}}} U$ 解得 $U_V = 6 \text{ V}$ 。

15. 1.005 A 201 mA 20.6 V

【解析】 接 a 、 b 时满足 $I_g (R_g + R_2) = (I_1 - I_g) R_1$

接 a, c 时满足 $I_g R_g = (I_2 - I_g)(R_1 + R_2)$

解得 $I_1 = 1.005 \text{ A}, I_2 = 201 \text{ mA}$

接 a, d 时满足 $I_g R_g + I_2 R_3 = U$

解得 $U = 20.6 \text{ V}$.

5 实验：练习使用多用电表

1. D **【解析】** 在使用多用电表的电阻挡时一定要先进行欧姆调零,再测量,同时为减小误差,要尽量使指针指在中间刻度附近,即要合理地选择倍率挡位.
2. BC **【解析】** 题图甲中用多用电表直流电压挡测量的是小灯泡两端的电压,电流应从黑表笔流出,从红表笔流入,所以表笔接法错误,故 A 错误,B 正确;电流从黑表笔流出,从红表笔流入,所以题图乙中用多用电表欧姆挡测量的是二极管的正向电阻,故 C 正确,D 错误.
3. ACD **【解析】** 红、黑表笔短接后指针没有满偏,说明需要欧姆调零,即调节“T”旋钮,A 错误;测量时,发现指针偏角太小,说明待测电阻阻值较大,倍率选小了,需要更换“ $\times 1k$ ”挡进行测量,B 正确;每次更换挡位都需再次调节“T”进行欧姆调零,C 错误;根据多用电表读数方法可知测量结果为 $24 \times 1000 \Omega = 2.4 \times 10^4 \Omega$,D 错误.
4. HAIFDIGE

【解析】 用多用电表测电阻的一般步骤为:机械调零→选挡→欧姆调零→测量→断开→将选择开关置于“OFF”挡或交流电压最高挡.注意每换一个挡位,需重新欧姆调零.选挡的原则是使在测电阻时指针尽量指在表盘中央部分,一般应使指针指在满偏的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 之间.

5. (1)直流电压 1.25 V (2)直流电流 50 mA (3)电阻 $1.50 \text{ k}\Omega$ (4)改用 $\times 1k$ 倍率 重新欧姆调零 将红、黑表笔分别接触被测电阻的两根引线,读出指针所指刻度,再乘倍率得测量值 (5)OFF 交流电压最高挡 (6)红 正

【解析】 当多用电表的选择开关置于相应的物理量区域(电流、电压)时,多用电表就可以测量该量,选择开关所指的数值就是所测量的量程.需要注意的是:由于测电阻的原理和测电流、电压的原理不同,当选择开关在测电阻区域时,对应的数值是倍率,而不是量程.当然,倍率越大,测量的电阻也就越大;倍率越小,测量的电阻就越小.由于测量电阻的依据是闭合电路欧姆定律,每次换挡位时,都会改变闭合电路的阻值,因此换挡后必须重新进行欧姆调零.多用电表在测量时,要求红表笔要插入“+”插孔,黑表笔要插入“-”插孔,这样,在测量电流时,电流应从红表笔流入.

6. (1)A (2)D (3)丙

【解析】 (1)用多用电表测量某电阻,挡位旋钮指“ $\times 10$ ”挡,读数时发现指针偏转角太大,说明所选挡位太大,为使测量结果更加准确,应换小挡,应改用“ $\times 1$ ”挡.

(2)由图示可知,电源为直流电源,闭合开关后发现灯泡不亮,欲用多用电表检查该电路何处“断路”,在保持电路完整的情况下,应使用多用电表的直流电压挡进行测量,故选 D.

(3)多用电表使用完后要把选择旋钮置于“OFF”挡或交流电压最高挡,图丙中选择旋钮置于交流电压最高挡,电表旋钮状态符合实验操作规范.

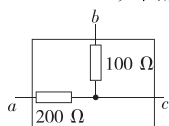
7. (3)短接 (4)红 黑 (5)中央 (6)OFF 挡或交流电压最高挡

【解析】 选择欧姆挡位后将红、黑表笔短接进行欧姆调零,使指针指在最右端电阻为零处.用多用电表测二极管的反向电阻,应将黑表笔接二极管的负极,红表笔接二极管的正极.为测量准确,应使指针尽量指向表盘的中央.测量完毕后,应将选择开关拨向 OFF 挡或交流电压最高挡.

8. C 不偏转 偏转

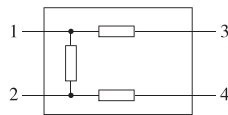
【解析】 由题意可知选择开关应旋至直流电压挡,即旋至 C.若只有 b, c 间断路,两表笔分别与 a, b 相接时,没有电流通过电表,指针不偏转;两表笔分别与 a, c 相接时,电流会由 a 经过电表到达 c ,指针偏转.

9. 3.0×10^2 2.0×10^2 1.0×10^2 如图所示



【解析】 选择开关置于欧姆挡的“ $\times 10$ ”挡,指针位置为图乙中的①时,测量结果为 $R_{ab} = 30 \times 10 \Omega = 3.0 \times 10^2 \Omega$;选择开关置于欧姆挡的“ $\times 10$ ”挡,指针位置为图乙中的②时,测量结果为 $R_{ac} = 20 \times 10 \Omega = 2.0 \times 10^2 \Omega$;选择开关置于欧姆挡的“ $\times 10$ ”挡,指针位置为图乙中的③时,测量结果为 $R_{bc} = 10 \times 10 \Omega = 1.0 \times 10^2 \Omega$;由以上数据可知,电路结构图如图所示.

10. 如图所示



【解析】 1 与 4、2 与 3 之间的电阻值是 1 与 2、1 与 3、2 与 4 之间电阻值的 2 倍,3 与 4 之间的电阻值是 1 与 2、1 与 3、2 与 4 之间电阻值的 3 倍,若电路最简,则各点之间的电阻的个数最少,所以 1 与 2、1 与 3、2 与 4 之间可以只有一个电阻,而 1 与 4、2 与 3 之间有 2 个电阻,3 与 4 之间有 3 个电阻,所以可能的电路如图所示.

※专题课：测量电阻的其他方法

1. BC **【解析】** 甲图中,由于“半偏法”测电阻是在认为干路电流不变的情况下得出的,实际上当闭合开关 S_2 后总电阻会变小,干路电流会变大,所以通过电阻箱的电流会大于通过电流表的电流,根据欧姆定律可知电阻箱的阻值会小于电流表的内阻,即电流表内阻的测量值会偏小, R_0 越大,则当 S_2 闭合后,电路中电流的变化越小,则电阻箱 R 的电流越接近总电流的一半,误差越小,B 正确,A 错误;乙图中,从实验原理分析可知,当断开 S_2 时,由于电阻箱 R 的接入,使得电阻箱 R 与电压表 V 两端电压之和变大,调节电阻箱使得电压表示数为原来的一半,则电阻箱 R 的电压大于满偏电压的一半,导致电压表内阻测量值偏大, R_0 越小,则当断开 S_2 时电阻箱 R 与电压表 V 两端的电压之和变化越小,电阻箱的电压越接近电压表满偏电压的一半,误差越小,C 正确,D 错误.

2. (1)左 (2) R_1 (3) $\frac{(R_1 + r_1) I_1}{I_2 - I_1}$ (4)290

【解析】 (1)闭合开关 S 前,滑动变阻器的滑片应置于最左端,目的是保护电路中的电表.

(2)两电表的极大值是 2 倍的关系,需要保证两支路电阻大致相当,才能保证实验中两电表正常读数,故定值电阻需选择 R_1 .

(3)根据电路中的分流原理,有 $I_1(r_1 + R_1) = (I_2 - I_1)R_x$,整理得 $R_x = \frac{(R_1 + r_1) I_1}{I_2 - I_1}$.

(4)根据上一问,可知 $I_2 = \left(\frac{r_1 + R_1}{R_x} + 1 \right) I_1$,图线斜率为 2,则有 $\frac{r_1 + R_1}{R_x} + 1 = 2$,解得 $R_x = 290 \Omega$.

3. (3)1500 (4)串 300

【解析】 (3)当 V_1, V_2 表串联后,根据串联电路分压特点,有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{1.5 - 1}{1} = \frac{R_{V1}}{R_{V2}}$,解得 $R_{V1} = 1500 \Omega$.

(4)要改准确,改好后的新表两端接 0.5 V 的电压时,流过 V_1 表的电流将是未改装表接 0.5 V 的电压时电流的 $\frac{5}{6}$,故应串联

R_x ,且 $\frac{U}{R_{V1} + R_x} = \frac{5}{6} \times \frac{U}{R_{V1}}$,解得 $R_x = 300 \Omega$.

4. (1)b (3) $R_{01} - R_{02}$ (4)等于

【解析】 (1)为保护电路,开关闭合前滑动变阻器接入电路的阻值应为最大,故滑片滑到 b 端.

(3)设电压表和电流表的示数分别为 U, I ,则第一次记录根据欧姆定律得 $\frac{U}{I} = R_A + R_{01}$,第二次记录根据欧姆定律得 $\frac{U}{I} = R_A + R_{02} + R$,联立可得 $R = R_{01} - R_{02}$.

(4)由上述表达式可知,电压表和电流表的阻值对电阻 R 的测量没影响,则本实验中电阻 R 的测量值等于真实值.

5. (1)60 (2)300 Ω (3)偏小

【解析】 (1)由半偏法原理可知,由于滑动变阻器阻值较大,当闭合开关 S_2 后,可认为干路电流不变,故调节 R_2 ,使得电流表 G 半偏,此时两支路的电流相等,电流表 G 的内阻等于电阻箱

R_2 的示数,即为 $60\ \Omega$ 。

(2)只闭合开关 S_1 ,电流表 G 满偏时,滑动变阻器 R_1 的最大阻值至少为 $R_{1\max} = \frac{E}{I_g} = 300\ \Omega$ 。

(3)当闭合开关 S_2 时, R_2 与电流表并联,整个电路的电阻减小,根据欧姆定律可知,通过 R_1 的电流变大,干路电流大于 $30\ \text{mA}$,当电流表半偏时,通过电阻箱的电流大于 $15\ \text{mA}$,由并联规律可知,此时电阻箱阻值小于电流表内阻,即测量值偏小。

6. (1) R_2 (2)a (3)4 (4)大于

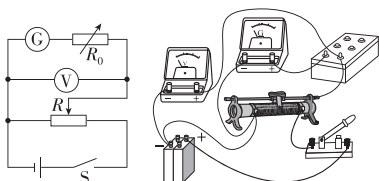
【解析】(1)因为被测电压表的内阻较大,为便于调节及减小测量误差,滑动变阻器宜使用阻值较小的 R_2 。

(2)实验前,滑动变阻器的滑片应在 a 端,使电压表所在支路的电压为零。

(3) S_2 断开后,电阻箱 R 与电压表串联分压,由于电压表支路的电阻较大,可以认为 S_2 断开前后该支路的电压不变,根据串联分压,可求得电压表内阻为 $4\ \text{k}\Omega$ 。

(4)实际上,断开 S_2 后,电压表支路的电阻变大,该支路的电压会有所增加,电压表示数为 $2\ \text{V}$,电阻箱 R 的电压略大于 $1\ \text{V}$,即电压表的实际内阻略小于 $4\ \text{k}\Omega$,测量值大于真实值。

7. (1)100 (2)串联 9900 (3)如图所示

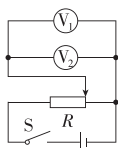


【解析】(1)由于闭合 S_1 和 S_2 后,电流表与电阻箱并联,其两端电压相等,可得 $\frac{2}{3} I_g \cdot R_g = 200\ \Omega \cdot \left(I_g - \frac{2}{3} I_g \right)$,解得 $R_g = 100\ \Omega$ 。

(2)改装电流表需给电流表串联一个电阻,起到分压的作用。串联的电阻大小为 $R_0 = \frac{3\ \text{V}}{I_g} - R_g = 9900\ \Omega$ 。

(3)改装后的电压表与标准电压表进行校准时,应该并联在标准电压表两端,电路图和实物连线图如图所示。

8. (1)100 2910 (2)A (3)如图所示



【解析】(1)由图示电路图可知 $R_1 = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{100 \times 10^{-6} \times 900}{0.001 - 100 \times 10^{-6}}\ \Omega = 100\ \Omega$,改装后电流表内阻 $R_A = \frac{I_g R_g}{I} = \frac{100 \times 10^{-6} \times 900}{0.001}\ \Omega = 90\ \Omega$,把电流表改装成电压表,串联电阻

$$R_2 = \frac{U}{I} - R_A = \left(\frac{3}{0.001} - 90 \right)\ \Omega = 2910\ \Omega.$$

(2)为方便实验操作,滑动变阻器应选择最大阻值较小的 A。

(3)电压表从 0 开始全范围的刻度进行校准,滑动变阻器应选择分压接法,标准电压表与改装后的电压表并联,电路图如图所示。

本章易错过关 (三)

- AB 【解析】测量前,将选择开关旋至欧姆挡,A 正确;测量前,短接两表笔进行欧姆调零,B 正确;测量时,双手不能接触两表笔的金属杆,否则会影响实验结果,C 错误;测量时,发现指针偏转角度过小,说明被测电阻阻值较大,需要调换更大的倍率挡进行测量,D 错误。
- CD 【解析】金属导体随着温度升高,电阻率变大,从而导致电阻增大,对于半导体,电阻率随着温度升高而减小,因此由题图可知,图线 1 表示金属导体的电阻随温度的变化,图线 2 表示半导体材料的电阻随温度的变化,故 C、D 正确,A、B 错误。
- B 【解析】开始时滑动变阻器接入电路电阻为零,有 $I_0 R_0 = U$,根据 $I-U$ 图像可知 R_0 的电阻随电流的减小而减小,当电路

中电流变为 $\frac{I_0}{2}$ 时,有 $U = \frac{I_0}{2} R_0' + U_R$,又 $R_0' < R_0$,可知滑动变阻器上的电压大于 $6\ \text{V}$,故 A、C、D 错误,B 正确。

4. C 【解析】在晶体二极管的伏安特性曲线中,各点与坐标原点连线的斜率的倒数等于二极管的电阻,由图像可知,各点与坐标原点连线的斜率一直增大,则该二极管正向电阻阻值一直减小,故选 C。

5. D 【解析】 R_1 、 R_2 并联,电压相等,可得 $I_1 : I_2 = R_2 : R_1 = 1 : 1$,流过 R_3 的电流为流过 R_1 、 R_2 的电流之和,即 $I_3 = I_1 + I_2 = 2I_1 = 2I_2$,可得 $I_1 : I_2 : I_3 = 1 : 1 : 2$ 。

6. D 【解析】改装成大量程的电压表,需要串联一电阻分压,设串联的电阻为 R ,则有 $U_m = I_g (R_g + R)$,解得 $R = \frac{U_m}{I_g} - R_g = \frac{3}{1 \times 10^{-3}}\ \Omega - 30\ \Omega = 2970\ \Omega$,故选 D。

7. A 【解析】由图可知,两导体柱两端的电压之比为 $\frac{U_m}{U_n} = \frac{10-4}{4} = \frac{3}{2}$,因两导体柱串联,则电流相同,则两导体柱的电阻之比 $\frac{R_m}{R_n} = \frac{3}{2}$,根据 $R = \rho \frac{l}{S}$ 得 $S = \frac{\rho l}{R}$,则 $\frac{S_m}{S_n} = \frac{l_m}{l_n} \cdot \frac{R_n}{R_m} = \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{3}$,故选 A。

8. AC 【解析】开关接 1 时表头与 R_1 、 R_2 并联,分流电阻较大,量程较小,开关接 2 时,表头先与 R_2 串联,再与 R_1 并联,分流电阻较小,量程较大,故改装后开关接 2 时满偏电流为 $0 \sim 10\ \text{mA}$,A 正确;当开关接 1 时,满偏电流 $I_1 = I_g + \frac{I_g R_g}{R_1 + R_2}$,当

开关接 2 时,满偏电流为 $I_2 = I_g + \frac{I_g (R_g + R_2)}{R_1}$,故随 R_1 的增大, I_1 、 I_2 均减小,随 R_2 的增大, I_1 减小, I_2 增大,B 错误,C 正确;将 $I_1 = 1\ \text{mA}$ 、 $I_2 = 10\ \text{mA}$ 代入 B、C 解析中的表达式可得 $R_1 \approx 4.2\ \Omega$, $R_2 \approx 37.9\ \Omega$,开关接 1 时,内阻为 $R_{A1} = \frac{R_g (R_1 + R_2)}{R_g + R_1 + R_2} \approx 40\ \Omega$,开关接 2 时的内阻为 $R_{A2} = \frac{(R_g + R_2) R_1}{R_g + R_1 + R_2} \approx 4.2\ \Omega$,故改装后开关接 2 时电流表内阻小于开关接 1 时的内阻,D 错误。

9. (1)cab 3×10^4 (2)AC

【解析】(1)题目中要求测量几十千欧的电阻,所以应该选择“ $\times 1\text{k}$ ”的欧姆挡,再进行欧姆调零,然后进行测量,最后将①旋至交流 $500\ \text{V}$ 挡,拔出表笔,所以顺序为 c、a、b、e。根据欧姆表的读数原理,可以得出欧姆表的读数为 $30\ \text{k}\Omega$ 。

(2)指针偏角过大,说明电阻较小,所以应选择倍率较小的挡位,A 正确;电阻的阻值与电流的流向无关,所以红、黑表笔接反,不影响测量结果,B 错误;测量电路中的某个电阻时应将被测电阻与外电路断开,C 正确;只要不换挡位,就不用重新调零,D 错误。

10. 1 V

【解析】并联部分的等效电阻为 $R_{\text{并}} = \frac{(9R+R) \times \frac{10}{9} R}{(9R+R) + \frac{10}{9} R} = R$

则电路的总电阻为 $R_{\text{总}} = 10R + R = 11R$

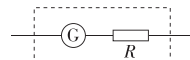
由串联分压得并联部分分得的电压为

$$U_{\text{并}} = \frac{R_{\text{并}}}{R_{\text{总}}} \cdot U_{AB} = \frac{R}{11R} \times 110\ \text{V} = 10\ \text{V}$$

而电压 U_{CD} 即电阻 R 两端的电压,再由串联分压得

$$U_{CD} = U_R = \frac{R}{9R+R} U_{\text{并}} = \frac{1}{10} \times 10\ \text{V} = 1\ \text{V}$$

11. (1)0.3 V (2)如图所示 $5000\ \Omega$ (3)0.5 V



【解析】(1)若用此电流表测量电压,则能测量的最大电压为 $U_g = I_g R_g = 0.003 \times 100\ \text{V} = 0.3\ \text{V}$ 。

(2)若将此电流表改装成一个量程为 $0 \sim 15\ \text{V}$ 的电压表,改装

原理如图所示,则改装后的电压表的内阻为

$$R_V = \frac{U}{I_g} = \frac{15}{0.003} \Omega = 5000 \Omega.$$

第十二章 电能 能量守恒定律

1 电路中的能量转化

1. D 【解析】电功是过程量,电能是状态量,在纯电阻电路中,虽然电功的数值等于消耗的电能,但电功不是电能,选项 D 错误.
2. B 【解析】非纯电阻电路中, $W=UIt$ 用来求电功, $Q=I^2Rt$ 用来求电热,但 $W>Q$,只有在纯电阻电路中,电功和电热在数值上相等,电功可用公式 $W=UIt$ 计算,也可用公式 $W=I^2Rt$ 计算,故 A 错误,B 正确; $W=UIt$ 可用于任何电路求电功,而 $Q=I^2Rt$ 适用于任何电路求电热,故 C、D 均错误.
3. C 【解析】电路中允许的最大功率为 $P_m=UI=2860 \text{ W}$. 用电器的功率之和大于 P_m 时,用电器就不可以同时使用,故选 C.
4. BC 【解析】当两灯泡串联时,电流相等, L_1 的额定电流为 $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = 1 \text{ A}$,电阻 $R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = 6 \Omega$, L_2 的额定电流为 $I_2 = \frac{P_2}{U_2} = 0.5 \text{ A}$,电阻 $R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = 12 \Omega$,要使两灯泡都不被烧坏,电路中的最大电流为 0.5 A ,最大功率为 $P_{\max} = I^2R_1 + I^2R_2 = 4.5 \text{ W}$,故 A 错误,B 正确;当两灯泡并联时,电压相等,当电压为 6 V 时,两灯泡均可正常发光,此时电路中最大功率为 9 W ,故 C 正确,D 错误.
5. A 【解析】根据乙图可知,当电阻箱阻值 $R=10 \Omega$ 时,电流为 0.2 A ,电阻箱消耗的电功率为 $P=I^2R=0.2^2 \times 10 \text{ W}=0.4 \text{ W}$,故 A 正确.
6. C 【解析】设开关接通后电路中电流为 I ,对于小灯泡,由欧姆定律得 $U_1=IR$,对于电动机,有 $U_2>IR$,则 $U_1<U_2$,故 A 错误;电流做的功 $W=UIt$,由于 $U_1<U_2$,所以 $W_1<W_2$,故 B 错误;根据焦耳定律得 $Q_1=I^2Rt$, $Q_2=I^2Rt$,则 $Q_1=Q_2$,故 C 正确;电动机做的功大部分转化为机械能,所以 $Q_2<W_2$,故 D 错误.
7. A 【解析】充电宝的输出电压为 U ,输出电流为 I ,所以时间 t 内充电宝输出的电功为 $W=UIt$,A 正确;充电宝内的电流也是 I ,但其电阻未知,所以无法判断充电宝产生的热功率,B 错误; U 是充电宝的输出电压,不是手机电池的内电压,所以不能用 $\frac{U^2}{r}t$ 计算手机电池产生的焦耳热,手机电池产生的焦耳热应为 I^2rt ,故 C 错误;充电宝输出的电能一部分转化为手机电池储存的化学能,一部分转化为手机电池产生的焦耳热,故根据能量守恒定律可知手机电池储存的化学能为 $UIt-I^2rt$,D 错误.
8. D 【解析】灯泡正常发光,灯泡两端电压为 20 V ,电路中的电流为 $I = \frac{P_L}{U_L} = \frac{20}{20} \text{ A} = 1 \text{ A}$,电路消耗的总功率为 $P=UI=60 \times 1 \text{ W}=60 \text{ W}$,故 A 错误;电解槽与灯泡串联,电解槽两端的电压为 $U_{\text{电}}=U-U_L=60 \text{ V}-20 \text{ V}=40 \text{ V}$,电解槽消耗的电功率为 $P_{\text{电}}=U_{\text{电}}I=40 \times 1 \text{ W}=40 \text{ W}$,故 B 错误;电解槽的发热功率 $P_{\text{热}}=I^2R=1^2 \times 4 \text{ W}=4 \text{ W}$,故 C 错误;电解槽的输出功率为 $P_{\text{出}}=P_{\text{电}}-P_{\text{热}}=40 \text{ W}-4 \text{ W}=36 \text{ W}$,故 D 正确.
9. C 【解析】暖风机消耗的电功率 P 是总的功率,总功率的大小为 $P=IU$,故 C 正确;电动机两端的电压 $U_1=U-IR_2$,电动机消耗的电功率为 $P_1=U_1I=UI-I^2R_2$,故 A 错误;电阻丝为纯电阻用电器,所以消耗的电功率 $P_2=I^2R_2$,故 B 错误;因为电动机是非纯电阻用电器,所以暖风机消耗的电功率 $P>I^2(R_1+R_2)$,故 D 错误.
10. B 【解析】将电压表当作理想电压表,当小电动机两端的电压为 1.25 V 时,小电动机卡住未转动,电功率等于内阻发热功率, $UI=I^2r$,将第一组数据代入可解得 $r=2.5 \Omega$,故 A 错误;当小电动机两端的电压为 2.00 V 时,电流是 0.20 A ,由 $P=I^2r$,得其发热功率为 0.1 W ,故 B 正确;当小电动机两端的电压为 2.00 V 时,其电功率 $P=UI=2 \times 0.2 \text{ W}=0.4 \text{ W}$,故 C 错误;当小电动机两端的电压为 3.50 V 时,其对外做功的功率 $P_{\text{出}}=UI-I^2r=(3.5 \times 0.3-0.3^2 \times 2.5) \text{ W}=0.825 \text{ W}$,故 D 错误.

(3)若将此电流表改装成一个量程为 $0 \sim 15 \text{ V}$ 的电压表,改装后的电压表的表盘上每一小格表示的电压为 $\frac{15}{30} \text{ V}=0.5 \text{ V}$.

11. AB 【解析】电饭煲的电阻为 $R_1 = \frac{U}{I_1}$,洗衣机不是纯电阻用电器, $R_2 < \frac{U}{I_2}$,求得 $\frac{I_1}{I_2} > \frac{R_2}{R_1}$,A 正确;消耗的电功率分别为 $P_1=UI_1$ 、 $P_2=UI_2$,解得 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1}{I_2} > \frac{R_2}{R_1}$,B 正确,C 错误;电饭煲和洗衣机热功率分别为 $P_1'=I_1^2R_1$ 、 $P_2'=I_2^2R_2$,解得 $\frac{P_1'}{P_2'} > \frac{R_2}{R_1}$,D 错误.
12. D 【解析】电动机正常工作时消耗的电功率 $P=U_{\text{额}}I_{\text{额}}=1800 \text{ W}$,故 A 错误;电动机的发热功率 $P_{\text{热}}=P-P_{\text{出}}=1800 \text{ W}-1675 \text{ W}=125 \text{ W}$,则电动机内阻 $r = \frac{P_{\text{热}}}{I^2} = 0.05 \Omega$,故 B 错误;蓄电池充满电后储存的电能 $W=UIt \approx 1.04 \times 10^8 \text{ J}$,故 C 错误;电动汽车在额定功率下连续行驶的最长时间为 $t = \frac{W}{UI} = 16 \text{ h}$,故 D 正确.
13. (1) 0.5Ω (2) 1.5 W (3) 8 W
【解析】(1)电动机不转时电路为纯电阻电路,由欧姆定律可知,电动机线圈的内阻 $r = \frac{U_0}{I_0} = \frac{0.2}{0.4} \Omega = 0.5 \Omega$
(2)电动机正常工作时电路为非纯电阻电路,消耗的总功率 $P_{\text{总}}=UI=2 \times 1 \text{ W}=2 \text{ W}$
线圈内阻的热功率 $P_{\text{热}}=I^2r=1^2 \times 0.5 \text{ W}=0.5 \text{ W}$
则电动机正常工作时的输出功率 $P_{\text{出}}=P_{\text{总}}-P_{\text{热}}=2 \text{ W}-0.5 \text{ W}=1.5 \text{ W}$
(3)电动机的转子突然被卡住时,此时电路为纯电阻电路,热功率 $P = \frac{U^2}{r} = \frac{2^2}{0.5} \text{ W}=8 \text{ W}$

2 闭合电路的欧姆定律

1. AB 【解析】用电压表直接连接干电池的两极,测量得到的电压近似与该电池的电动势大小相等,故选项 A 正确;当外电路闭合时,每当 1 C 的电荷量通过干电池,则该干电池就能提供 1.5 J 的电能,故选项 B 正确;当外电路闭合时,通过干电池的电荷量与电流大小有关,故选项 C 错误;当外电路闭合时, 1 C 的电荷量通过该干电池时该干电池能提供 1.5 J 的电能,由于电流未知,则所用时间不一定是 1 s ,故选项 D 错误.
2. A 【解析】电源电动势反映的是电源本身非静电力对电荷做功的本领,此电源是化学电池,故反映的是把化学能转化成电能的本领,故 A 正确;电源电动势反映的是电源本身非静电力对电荷做功的本领,电压反映的是电场的性质,故 B 错误;根据闭合电路欧姆定律 $E=U_{\text{内}}+U_{\text{外}}$,并联的灯泡越多,外电路电阻越小,外电路分压越小,故灯泡越暗,并不是电动势减小,故 C 错误;根据电能定义有 $EIt=2 \text{ V} \times 0.5 \text{ A} \cdot \text{h}=1 \text{ W} \times 3600 \text{ s}=3600 \text{ J}$,故 D 错误.
3. BD 【解析】根据闭合电路的欧姆定律可知, $E=U+U'$,又知 $U=IR$, $U'=Ir$,则 $U'=E-U$, $U=E-Ir$, $U = \frac{R}{R+r}E$,选项 A、C 错误,选项 B、D 正确.
4. AC 【解析】当 S 断开时, U_{AC} 与 U_{BC} 为路端电压,等于电源电动势,A 正确,D 错误;当 S 闭合时, $U_{AC}=U_{AB} = \frac{E}{R+r}R = 7.5 \text{ V}$, $U_{BC} = \frac{E}{R+r} \times 0 = 0$,B 错误,C 正确.
5. D 【解析】由题图可知,电灯均为并联,当点亮的电灯数目增多时,并联的支路增多,由并联电路的规律可知,外电路的总电阻减小,由闭合电路欧姆定律知,干路电流增大,则内电压增大,故路端电压减小,电灯两端的电压变小,故 D 正确.
6. D 【解析】根据闭合电路欧姆定律可得 $U=E-Ir$,可知 $U-I$ 图像的纵截距等于电动势,则有 $E=6.0 \text{ V}$, $U-I$ 图像的斜

率绝对值等于内阻,则有 $r = \frac{6.0-5.0}{0.5} \Omega = 2 \Omega$,故 A、B 错误;

电源的短路电流为 $I_{\text{短}} = \frac{E}{r} = 3.0 \text{ A}$,故 C 错误;电流为 0.2 A

时的外电阻为 $R = \frac{E}{I} - r = \frac{6.0}{0.2} \Omega - 2 \Omega = 28 \Omega$,故 D 正确.

7. C 【解析】设电流表满偏电流为 I_g ,内阻为 R_g ,根据闭合电路欧姆定律得 $I_g = \frac{E}{R_1 + R_g}$, $\frac{1}{2} I_g = \frac{E}{R_2 + R_g}$,联立解得 $R_g = R_2 - 2R_1$,故 C 正确.

8. BD 【解析】对欧姆表调零时,指针指在 0 处,此位置为满偏电流的位置,即 $I_g = \frac{E}{R_g + R_0 + R}$,解得 $R = \frac{E}{I_g} - R_g - R_0 = \frac{1.5}{200 \times 10^{-6}} \Omega - 100 \Omega - 1400 \Omega = 6000 \Omega = 6 \text{ k}\Omega$,选项 A 错误,B 正确;欧姆表总内阻 $R_{\text{内}} = R + R_0 + R_g = 7.5 \text{ k}\Omega$,当指针在中间位置时,有 $\frac{I_g}{2} = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_1}$,解得 $R_1 = \frac{2E}{I_g} - R_{\text{内}} = 7.5 \text{ k}\Omega$,选项 C 错误,D 正确.

9. C 【解析】当开关接 1 时,通过电阻 R 的电流 $I = \frac{U}{R} = \frac{3}{30} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$,根据闭合电路的欧姆定律得 $E = U + Ir$,代入数据可得 $r = 2 \Omega$,灯泡的额定电流 $I_L = \frac{P_L}{U_L} = \frac{4.5}{3} \text{ A} = 1.5 \text{ A}$,电阻 $R_L = \frac{U_L}{I_L} = \frac{3}{1.5} \Omega = 2 \Omega$,故 A、B 错误;当开关接 2 时,灯泡电流 $I_L' = \frac{E}{R_L + r} = \frac{3.2}{2+2} \text{ A} = 0.8 \text{ A}$,小于灯泡的额定电流,实际功率小于其额定功率,则灯泡 L 不能正常发光,会很暗,此时灯泡两端的电压为 $U_L' = I_L' R_L = 0.8 \times 2 \text{ V} = 1.6 \text{ V}$,故 C 正确,D 错误.

10. (1) 6 V (2) 0.6 A (3) 7.2 W

【解析】(1) 电阻 R_3 两端的电压

$$U_3 = U_2 = I_2 R_2 = 0.4 \times 15 \text{ V} = 6 \text{ V}$$

(2) 通过电阻 R_3 的电流大小 $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = 0.2 \text{ A}$

流过电阻 R_1 的电流大小

$$I_1 = I_2 + I_3 = 0.4 \text{ A} + 0.2 \text{ A} = 0.6 \text{ A}$$

(3) 电源电动势 $E = I_1 r + I_1 R_1 + U_3 = 0.6 \times 1 \text{ V} + 0.6 \times 9 \text{ V} + 6 \text{ V} = 12 \text{ V}$

电源总功率 $P = I_1 E = 7.2 \text{ W}$

11. (1) 1 A 4 V (2) 6 V 2 Ω (3) 0.5 A

【解析】(1) 开关 S 接 a 时, R_1 被短路,由 $P_2 = I^2 R_2$ 得通过电源的电流为 $I = 1 \text{ A}$

电源两端的电压等于 R_2 两端的电压

$$U = IR_2 = 1 \times 4 \text{ V} = 4 \text{ V}$$

(2) 由闭合电路欧姆定律得

$$\text{当开关 S 接 a 时,有 } E = U + Ir$$

当开关 S 接 b 时,电压表示数为 4.5 V ,有

$$E = U' + \frac{U'}{R_1 + R_2} r$$

联立解得 $E = 6 \text{ V}$, $r = 2 \Omega$

(3) 当开关 S 接 c 时,通过 R_2 的电流为

$$I' = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{R_1 + \frac{1}{2} R_2 + r} = 0.5 \text{ A}$$

12. D 【解析】托盘上未放物体时,根据平衡关系可知

$$m_0 g = kx_0, \text{解得 } x_0 = \frac{m_0 g}{k}, \text{校准零点时, } P_1 \text{ 和 } P_2 \text{ 间的电压}$$

应为零,故需要把滑动头 P_2 向下移动 $\frac{m_0 g}{k}$,到与 P_1 相同的位置,使他们之间的距离为零,A 错误;当滑动头 P_1 滑至 B 端时,被称量物体的重力为 $mg = k(L - x_0)$,解得 $m = \frac{k(L - x_0)}{g} = \frac{kL}{g} - m_0$,B 错误;设 P_1 、 P_2 间的距离为 Δx 时,

被称物体质量为 m ,则 $mg = k\Delta x$,由闭合电路欧姆定律可知

$$\frac{U}{E} = \frac{\Delta x}{L}, \text{联立解得 } m = \frac{kLU}{Eg}, \text{C 错误,D 正确.}$$

※专题课: 闭合电路的功率及电源效率问题

1. C 【解析】由闭合电路欧姆定律得 $I = \frac{E}{R+r}$, $\eta = \frac{IR}{I(R+r)} \times 100\% > 50\%$, $P = I^2 R > 2 \text{ W}$,即 $\left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R > 2 \text{ W}$,得 $\frac{1}{2} \Omega < R < 2 \Omega$,要使电源的效率大于 50% ,应使 $R > r = 1 \Omega$,故选项 C 正确.

2. B 【解析】由闭合电路欧姆定律的推论可知,当电路外电阻等于内阻 $R_{\text{内}}$ 时,输出功率最大,最大值为 $P_m = \frac{E^2}{4R_{\text{内}}}$,把定值电阻看成电源内阻的一部分,由题图乙可知,当 $R_p = R_1 = R + r = 6 \Omega$ 时,滑动变阻器消耗的功率最大,最大功率为 $P_2 = \frac{E^2}{4(R+r)} = 1.5 \text{ W}$,A 错误;滑动变阻器的阻值为 3Ω 时与阻值为 R_2 时消耗的功率相等,有 $\left(\frac{E}{3\Omega + R + r}\right)^2 \times 3 \Omega = \left(\frac{E}{R_2 + R + r}\right)^2 R_2$,解得 $R_2 = 12 \Omega$,B 正确;当回路中电流最大时,即 $R_p = 0$ 时,定值电阻 R 消耗的功率最大,C 错误;当滑动变阻器的阻值为 0 时,电路中电流最大,最大值为 $I_m = \frac{E}{R+r} = \frac{6}{4+2} \text{ A} = 1 \text{ A}$,则调整滑动变阻器的阻值,不可能使电源的输出电流达到 2 A ,D 错误.

3. BC 【解析】设电动机的输入电压为 U ,则电动机的输入功率与输出功率、线圈电阻热功率之间的关系为 $P_{\text{入}} = P_{\text{出}} + P_{\text{热}}$,即 $UI = mgv + I^2 R$,解得 $U = \frac{mgv}{I} + IR$,根据 $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}} = U + Ir = \frac{mgv}{I} + IR + Ir$,解得 $r = \frac{E}{I} - \frac{mgv}{I^2} - R$,A 错误,B 正确;如果电动机转轴被卡住,则有 $E = I'R + I'r$,可知流过电源的电流增大,较短时间内,电源消耗的功率变大,C 正确,D 错误.

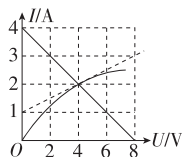
4. C 【解析】由闭合电路欧姆定律有 $E = I_1(R+r)$,解得车灯的电阻为 1.2Ω ,电动机启动时两端的电压为 $U_M = E - I_2 r = 9.6 \text{ V}$,电动机上的电流 $I_M = I_2 - I_R = 58 \text{ A} - \frac{9.6}{1.2} \text{ A} = 50 \text{ A}$,所以电动机启动时的输入电功率 $P = U_M \cdot I_M = 480 \text{ W}$,C 正确.

5. BCD 【解析】根据题意,由公式 $P = UI$ 可得,流过灯泡的电流为 $I_L = \frac{12}{8} \text{ A} = 1.5 \text{ A}$,A 错误;设干路电流为 I ,由闭合电路欧姆定律得 $U = E - Ir$,解得 $I = 2 \text{ A}$,电源的输出功率为 $P = U_{\text{外}} I = 16 \text{ W}$,B 正确;由并联分流原理可知,流过电动机的电流为 $I_M = I - I_L = 0.5 \text{ A}$,由公式 $Q = I^2 R t$ 可得, 10 s 内电动机产生的电热为 $Q = I_M^2 R_0 t = 0.5^2 \times 4 \times 10 \text{ J} = 10 \text{ J}$,C 正确;根据题意可知,电动机的机械功率为 $P_{\text{机}} = P_{\text{电}} - P_{\text{热}} = U_M I_M - I_M^2 R_0 = 3 \text{ W}$,D 正确.

6. ABD 【解析】 $U-I$ 图像斜率的绝对值表示内阻,根据题图甲可知,该电池板的内阻随电流增大而增大,A 正确;该电池板内阻消耗的功率为 $P = U_{\text{内}} I_1 = (U_0 - U_1) I_1$,B 正确;该电池板的输出功率为 $P_{\text{出}} = U_{\text{外}} I_1 = U_1 I_1$,C 错误;该电池板的效率为 $\eta = \frac{U_1 I_1}{U_0 I_1} = \frac{U_1}{U_0}$,D 正确.

7. D 【解析】图线上某点和原点连线的斜率表示电阻的倒数,可知该电阻的倒数随电压的增大而减小,该电阻的阻值随电压的增大而增大,根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$,可知该电阻的电阻率随电压的增大而增大,故 A 错误;根据闭合电路欧姆定律有 $U = E - Ir$,即 $I = \frac{E}{r} - \frac{1}{r} U = \frac{8}{2} \text{ A} - \frac{1}{2\Omega} U = 4 \text{ A} - \frac{1}{2\Omega} U$,在 $I-U$ 图像中作出上述表达式的图线,如图所示,可知电阻的

工作电压为 4 V, 电流为 2 A, 故电阻阻值为 $R = \frac{U}{I} = \frac{4}{2} \Omega = 2 \Omega$, 故 B 错误; 该闭合回路接通时, 电阻的功率为 $P = UI = 4 \times 2 \text{ W} = 8 \text{ W}$, 故 C 错误; 该闭合回路接通时, 电源的总功率为 $P = EI = 8 \times 2 \text{ W} = 16 \text{ W}$, 故 D 正确。



8. C 【解析】由图像可知, 在 C 点, 电源的总功率等于电源内部的热功率, 所以电源的电动势为 $E = 3 \text{ V}$, 短路电流为 $I_{\text{短}} = 3 \text{ A}$, 电源的内阻为 $r = \frac{E}{I_{\text{短}}} = 1 \Omega$, 图像上 AB 段所表示的功率为 $P_{AB} = P_{\text{总}} - I^2 r = (1 \times 3 - 1^2 \times 1) \text{ W} = 2 \text{ W}$ 。

9. B 【解析】由闭合电路欧姆定律得 $U = E - Ir$, 输出功率为 $P = UI = EI - I^2 r$, 故有 $E I_1 - I_1^2 r = E I_2 - I_2^2 r$, 整理得 $I_1 + I_2 = \frac{E}{r}$, 故 A 错误, B 正确; 根据电功率表达式得 $P_0 = I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2$, 且 $I_1 = \frac{E}{R_1 + r}$, $I_2 = \frac{E}{R_2 + r}$, 联立可得 $R_1 R_2 = r^2$, 故 C、D 错误。

10. B 【解析】根据 $R = \frac{U}{I}$, 可知, 电阻 A 的电压最大, 对应的电流最小, 因此三个电阻的阻值关系为 $R_A > R_B > R_C$, 故 A 正确; 由题图可知, 电阻 B 的阻值为 $R = \frac{0.5 U_0}{0.5 I_0} = \frac{U_0}{I_0}$, 电源内阻为 $r = \frac{U_0}{I_0}$, 因此电阻 B 的阻值等于电源的内阻, B 电阻接入电路时电源的输出功率最大, 则电阻 B 在电路中的电功率最大, 故 B 错误, D 正确; 根据闭合电路欧姆定律 $U = E - Ir$ 可知, 图线与纵轴交点即为电源电动势, 因此电源的电动势等于 U_0 , 故 C 正确。

11. (1) 10 Ω 100 V (2) 66.7%

【解析】(1) 电动机卡住时电路为纯电阻电路, 外电路的总电阻为 $R_{\text{外}} = \frac{r_0 \cdot R}{r_0 + R}$

电源的输出功率为 $P = \frac{E^2}{(r + R_{\text{外}})^2} \cdot R_{\text{外}} = \frac{E^2}{\frac{R_{\text{外}}}{(R_{\text{外}} - r)^2} + 4r}$

当 $R_{\text{外}} = r$ 时, 电源的输出功率最大, 即 $R_{\text{外}} = \frac{r_0 \cdot R}{r_0 + R} = 5 \Omega$

解得 $r_0 = 10 \Omega$

由闭合电路欧姆定律可知 $E = I(r + R_{\text{外}}) = 100 \text{ V}$

(2) 由闭合电路欧姆定律 $E = Ir + U$ 可知, 当电动机没被卡住, 且能在此电路下正常工作时的路端电压为

$U = E - Ir = 100 \text{ V} - 8 \text{ A} \times 5 \Omega = 60 \text{ V}$

由并联电路电流关系可知, 流过电动机的电流为

$I_M = I - \frac{U}{R} = 2 \text{ A}$

电动机的机械效率为 $\eta = \frac{UI_M - I_M^2 r_0}{UI_M} \times 100\% \approx 66.7\%$

12. (1) 2.25 W (2) 2 W (3) 1.5 W

【解析】(1) 电源的输出功率为

$P_{\text{出}} = \frac{E^2 (R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2 + r)^2} = \frac{E^2}{\frac{R_1 + R_2}{(R_1 + R_2 - r)^2} + 4r}$

当 $R_1 + R_2 = r$ 时, 电源的输出功率最大, 最大功率为

$P_{\text{max}} = \frac{E^2}{4r} = \frac{6^2}{4 \times 4} \text{ W} = 2.25 \text{ W}$

(2) 当 $R_2 = 0$ 时, 电路中电流最大, 则 R_1 上消耗的功率最大, 最大功率为

$P_{1\text{max}} = \frac{E^2 R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{6^2 \times 2}{(2 + 4)^2} \text{ W} = 2 \text{ W}$

(3) R_2 上消耗的功率为

$P_2 = \frac{E^2 R_2}{(R_1 + R_2 + r)^2} = \frac{E^2}{\frac{(R_1 + r - R_2)^2}{R_2} + 4(R_1 + r)}$

当 $R_1 + r = R_2$ 时, R_2 上消耗的功率最大, 最大功率为

$P_{2\text{max}} = \frac{E^2}{4(R_1 + r)} = \frac{6^2}{4 \times (2 + 4)} \text{ W} = 1.5 \text{ W}$

※专题课：闭合电路的动态分析、含有电容器的电路

1. A 【解析】当滑片下移时, 滑动变阻器接入电路的电阻减小, 则外电路总电阻减小, 电路中总电流增大, 电源的内电压增大, 由闭合电路欧姆定律可知, 电路的路端电压减小, 故电压表示数减小, 由欧姆定律可知, R_1 上的分压增大, 而路端电压减小, 故并联部分的电压减小, 则通过 R_2 的电流减小, 电流表的示数减小, 故 A 正确。

2. BD 【解析】当光照强度逐渐增强时, 光敏电阻 R 的阻值减小, 电路的总电阻减小, 由闭合电路欧姆定律可得, 电路中总电流增大, 则灯泡 L_2 逐渐变亮, 灯泡 L_2 两端的电压增大, 由 $U = E - Ir$ 可知, 路端电压减小, 则灯泡 L_1 两端的电压减小, 故灯泡 L_1 逐渐变暗, 故 A 错误, B 正确; 总电流增大, 由 $P = I^2 r$ 可知, 电源内阻消耗的功率逐渐增大, 故 C 错误, D 正确。

3. A 【解析】在滑片由 a 端滑向 b 端的过程中, 滑动变阻器接入电路中的电阻减小, 使得总电阻减小, D 错误; 根据 $I = \frac{E}{R_{\text{总}}}$, 可知总电流增大, 根据闭合电路的欧姆定律有 $E = Ir + U_{\text{外}}$, 可知路端电压减小, A 正确; 电流表的示数为 $I_A = \frac{U_{\text{外}}}{R_3}$,

可知电流表示数减小, B 错误; 根据 $P = I^2 r$, 可知电源内阻消耗的功率增大, C 错误。

4. C 【解析】因为灯泡 L_1 和 L_2 都不亮, 说明电路中有断路故障或短路故障, 又因为 $U_{cd} = 6 \text{ V}$, 说明 c、d 两点与电源两极之间是通路, L_1 和 R 不可能断路, 所以可能是 L_2 的灯丝烧断了, 故 A、B、D 错误, C 正确。

5. A 【解析】闭合开关灯泡不亮, 说明有断路或短路, 由选项可知只判断断路情况即可, 因 $U_{BC} = 0$, 则与之串联的电路有断路, $U_{CD} = 0$, 则与之串联的电路有断路, $U_{DE} \neq 0$, 则与之串联的电路无断路, 即 D 到负极, E 到正极无断路, $U_{AE} \neq 0$, 则 A 到负极, E 到正极无断路, 所以 D、E 间有断路, 可能是滑动变阻器断路, 故 A 正确, B、C、D 错误。

6. C 【解析】根据等效电路, 可得开关 S 断开时, 电容器两端的电压 $U_1 = \frac{E}{R + \frac{2}{3}R} \cdot \frac{2}{3}R \times \frac{1}{2} = \frac{1}{5}E$, 得 $Q_1 = CU_1$, S 闭合时,

$U_2 = \frac{E}{R + \frac{1}{2}R} \cdot \frac{1}{2}R = \frac{1}{3}E$, $Q_2 = CU_2$, 故 $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{2}{5}$, 故 C 正确。

7. B 【解析】当环境温度降低时, R_2 阻值变大, 总电阻变大, 总电流减小, R_1 及内阻 r 上的电压减小, 路端电压变大, 即电压表读数变大, R_2 两端电压变大, 电容器两端电压变大, 根据

$Q = CU$ 可知, 电容器带电荷量变大, 根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知电容器两极板间的电场强度增大, 根据 $P = I^2 R$, 总电流 I 减小, 可知, R_1 消耗的功率减小, 选项 A、C、D 错误, B 正确。

8. AD 【解析】当滑动变阻器的滑片向右移动时, 电路中的总电阻增大, 电路中电流减小, 灯泡 L 变暗, 故 A 正确, B 错误; 电容器两端的电压等于路端电压, 电路中电流减小, 内电压将减小, 则路端电压增大, 由 $Q = CU$ 知, 电容器 C 的电荷量将增大, 故 C 错误, D 正确。

9. C 【解析】若 R_3 断路, 外电阻增大, 路端电压 U 增大, A、B 两灯的电压和电流均增大, 两灯均变亮, A 错误; 若 R_1 短路, 外电阻减小, 总电流增大, 路端电压减小, 通过 R_3 的电流减小, 则通过 A 灯的电流增大, A 灯变亮, B 灯的电流增大, B 灯变亮, B 错误; 若 R_2 断路, 外电阻增大, 路端电压 U 增大, 干路电流 I 减小, R_3 电流 I_3 增大, 则通过 A 的电流 $I_A = I - I_3$

减小, A 灯变暗, B 灯电压 $U_B = U - I_A(R_A + R_1)$ 增大, B 灯变亮, C 正确; R_2 短路, B 灯被短路了, 将会不亮, D 错误。

10. ACD 【解析】因电源有内阻, 且电路变化时仅有一个电阻变化, 故可以利用“串反并同”规律分析, 即当电路中有一个电阻变化时, 与其直接或间接串联的用电器电压、电流及功率的变化与该电阻的变化相反, 若用电器与变化电阻直接或间接并联, 则该用电器的电压、电流及功率与电阻变化相同, 由图可知, 电路是电阻 R_2 与 L_3 串联后与 L_2 并联, 再与 R_1 串联, 再与 L_1 和 R 串联的支路并联, 最后与电源串联, 当光照变强时, R 减小, L_1 与其串联, L_2 和 L_3 与其并联, 根据“串反并同”规律可知, L_1 变亮, L_2 和 L_3 都变暗, 故 A 正确, B 错误; 去掉 R_1 改为导线, 可等效为其阻值减为零, L_1 与其并联, 根据“串反并同”规律可知, L_1 会变暗, C 正确; R_2 断路时, 等效为其阻值增大为无穷大, L_1 与其并联, 根据“串反并同”规律可知, L_1 会变亮, 故 D 正确。

11. B 【解析】由闭合电路的欧姆定律可知, 路端电压 $U = \frac{R_2}{R_2 + r}E = 6 \text{ V}$, 电容器两极板的电势差为 6 V , 又下极板接

地, 故下极板电势为零, P 点电势为 $\frac{1}{2}U = 3 \text{ V}$, 故 A 错误;

电容器上极板所带电荷量 $Q = CU = 1 \times 10^{-6} \times 6 \text{ C} = 6 \times 10^{-6} \text{ C}$, 故 B 正确; 移动电容器上极板, 电容器两端电势差不变, 又由于两极板间距离增大, 故电场强度减小, 而 P 点到下极板的距离不变, 故电势差减小, P 点电势减小, 故 C 错误; 滑片从 b 端向 a 端移动, 则外电路电阻增大, 所以路端电压增大, 则两极板电势差增大, 极板间场强增大, 油滴受到的静电力增大, 油滴受重力和静电力作用, 又由开始时油滴静止可知, 静电力方向向上, 移动滑片后油滴所受合外力方向向上, 故油滴向上运动, 故 D 错误。

12. B 【解析】保持 R_1 不变, 缓慢增大 R_2 时, 由于 R 和 R_2 串联, R 两端的电压减小, 即平行板电容器的两个极板间的电压 U 减小, 带电小球受到的静电力 $F_{\text{电}} = qE = q \frac{U}{d}$ 减小, 细

线的拉力大小为 $F = \sqrt{(mg)^2 + F_{\text{电}}^2}$, 将减小, 选项 B 正确, A 错误。保持 R_2 不变, 缓慢增大 R_1 时, R 两端的电压不变, $F_{\text{电}}$ 不变, 细线的拉力 F 不变, C、D 错误。

13. D 【解析】根据欧姆定律可知 $\frac{U_1}{I} = R_1$, $\frac{U_2}{I} = R_2$, $\frac{U_3}{I} = R_1 + R_2$, 滑动变阻器的滑动触头 P 向上滑动时, R_2 减小, 故 $\frac{U_1}{I}$ 不

变, $\frac{U_2}{I}$ 、 $\frac{U_3}{I}$ 均减小, A、B 错误; 根据欧姆定律可知 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R_1$,

C 错误; 根据闭合电路欧姆定律可知 $U_3 = E - Ir$, 则 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r$, D 正确。

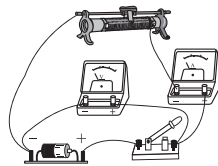
14. AC 【解析】滑片 P_1 向左滑动时, R_1 接入电路的电阻值减小, R_3 两端电压增大, A、B 板间的电势差增大, 根据 $E = \frac{U}{d}$, 可知板间场强增大, 由 $U_{PB} = \varphi_P - \varphi_B = E \times d_{PB}$, 可知 P 点的电势升高, A 正确; P_2 的移动不影响 A、B 板间的电场强度, 带电油滴不动, B 错误; A 板上移时, 由 $C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, 可知 d 增大, C 减小, 由于二极管的单向导电性, 可知 Q 不变, 板间电势差将增大, 板间场强 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$, 可知为定值, 由 $U_{PB} = \varphi_P - \varphi_B = E \times d_{PB}$, 可知 φ_P 不变, C 正确; A 板左移时, C 减小, 同理可判断, Q 不变, 无电流通过 R_2 , D 错误。

3 实验: 电池电动势和内阻的测量

1. D 【解析】根据电源 $U-I$ 图像可知, 电源电动势 $E = 1.40 \text{ V}$, 电源内阻 $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{1.40 - 1.00}{0.40} \Omega = 1.00 \Omega$, A、B 错误; 外电路发生短路时的电流, 即为 $U = 0$ 时的电流, 由 $I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$ 得 $I_{\text{短}} = 1.40 \text{ A}$, C 错误; 由 $U-I$ 图像可知, 当 $U = 1.20 \text{ V}$ 时, $I = 0.20 \text{ A}$, $R = \frac{U}{I} = 6 \Omega$, D 正确。

2. B 【解析】根据闭合电路欧姆定律得 $E = \frac{U}{R}(R + r)$, 整理得 $\frac{1}{U} = \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{E}$, 由题图乙可知 $\frac{r}{E} = \frac{b}{a}$, $\frac{1}{E} = b$, 解得 $E = \frac{1}{b}$, $r = \frac{1}{a}$, 故选 B。

3. (1) A (2) 如图所示 (3) A



【解析】(1) 因为电源内阻较小, 接近电流表内阻, 为了减小误差, 所以电流表采用相对电源外接, 选 A 图。

(2) 根据电路图得实物连接图如图所示。

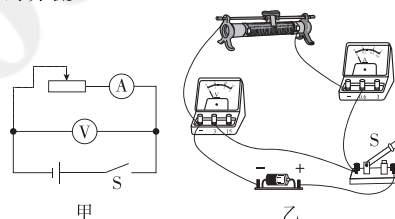
(3) 由于电压表的分流作用, 相同的路端电压下, 电流表测量的电流值小于流过电源的电流, 内电阻的测量值为电源和电压表并联后的总电阻, 比实际电源的内阻小, 对应实线斜率的绝对值比虚线的小, 但当电压为零时, 电压表的内阻对测量没有影响, 实线和虚线交于一点, 选 A。

4. (2) a (3) 1.5 10

【解析】(2) 对 A 同学有 $U = IR = E - I(R_A + r)$, 对乙同学有 $U = I(R + R_A) = E - Ir$, 可知 $U-I$ 图像中, A 绘制的图像的斜率绝对值大于 B 绘制的图像的斜率绝对值, A 同学绘制的是图线 a。

(3) 图线 b 对应的数学关系式为 $U = E - Ir$, 结合图像可知 $E = 1.5 \text{ V}$, $r = \frac{1.5}{0.15} \Omega = 10 \Omega$ 。

5. (1) 如图甲所示 (2) A C E (3) 如图乙所示 (4) 电压表的分流



【解析】(2) 考虑到待测电源是一节干电池, 所以电压表应选 C; 从滑动变阻器允许通过的最大电流和减小实验误差方面来看, 应选择最大阻值较小而额定电流较大的滑动变阻器, 所以应选 E; 滑动变阻器选 E, 则电路中电流最小值约为 $I = \frac{1.5 \text{ V}}{10 \Omega} = 0.15 \text{ A}$, 所以电流表应选 A。

(4) 系统误差一般是由测量工具和测量方法造成的, 该实验中的系统误差是由于电压表的分流使得电流表读数总是比干路中真实电流值小, 造成 $E_{\text{测}} < E_{\text{真}}$, $r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$ 。

6. (1) 6 (2) 4.2 5.0 (3) B

【解析】(1) 改装后电压表能测量的最大电压为 $U' = U + \frac{U}{R_V} R_1 = 6 \text{ V}$ 。

(2) 根据电路知识可知 $2U = E - I(r + R_0)$, 解得 $U = \frac{E}{2} - \frac{r + R_0}{2} I$, 结合图像可知 $E = 4.2 \text{ V}$, $r = 5.0 \Omega$ 。

(3) 电源输出功率 P 与电源外电路的路端电压 U 的关系为 $P = UI = U \times \frac{E - U}{r} = \frac{UE}{r} - \frac{U^2}{r}$, 根据数学知识, 此函数对应的图像是抛物线, 且当电源输出功率最大时, 路端电压为电动势的一半, 外电路总电阻取值范围为 $[2 \Omega, 12 \Omega]$, 则外电路电压的取值范围为 $\left[\frac{2}{7} E, \frac{12}{17} E \right]$, 当 $U = \frac{2}{7} E$ 时对应的功率为 $P = \frac{UE}{r} - \frac{U^2}{r} = 0.72 \text{ W}$, 当 $U = \frac{12}{17} E$ 时对应的功率为 $P' = \frac{UE}{r} - \frac{U^2}{r} \approx 0.73 \text{ W}$, 故选 B。

习题课：测量电源电动势和内阻的创新实验

1. AC **【解析】** 当 S_2 接 1 时,误差在于电流表的分压,所测内阻等于电源内阻与电流表内阻之和,所以内阻测量值比真实值偏大;当 S_2 接 2 时,误差在于电压表的分流,所测内阻等于电源与电压表并联的总电阻,所以内阻测量值比真实值偏小.由于 $U-I$ 图线斜率的绝对值表示内阻,即 S_2 接 1 时的图线陡一些,由图可以判断图线是 A,单刀双掷开关 S_2 接 2 时图线缓一些,故 A 正确, B 错误; S_2 接 1 时, $E=U+I(r+R_A)$, 当 $I=0$ 时, $E=U$, 即 S_2 接 1 时的电动势的测量值等于真实值, 即有 $E=E_A$, S_2 接 2, $E=U+(I+\frac{U}{R_A})r=\frac{R_V+r}{R_V}U=Ir$, 当 $U=0$ 时, 短路电流为准确值,

即有 $I_{\text{短}}=I_B$, 结合上述可知, $r=\frac{E_A}{I_B}$, 故 C 正确, D 错误.

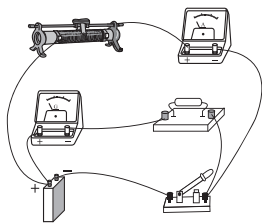
2. (1) ACBD (2) A C (3) $E=ka$ $r=k-R_2$

【解析】 (1) 正确的顺序为, 将滑动变阻器接入电路的阻值调到最大, 闭合开关, 然后逐渐减小滑动变阻器接入电路的阻值, 记下电压表的示数 U 和相应电流表的示数 I , 以 U 为纵坐标, I 为横坐标, 作 $U-I$ 图像 (U 、 I 都用国际单位), 求出 $U-I$ 图像斜率的绝对值 k 和在横轴上的截距 a .

(2) 电压表选阻值较大的, 为的是减小电压表的分流作用, 提高实验数据的准确性, 电流表的选取决定于电路中的最大电流, 即 $I=\frac{E}{r+R_1+R_2+R_A}\approx 158\text{ mA}$, 故电流表选择大量程的.

(3) 根据闭合电路欧姆定律, 有 $U=E-I(r+R_2)$, 代入斜率和截距有 $k=r+R_2$, $E=a(r+R_2)$, 联立可得 $E=ka$, $r=k-R_2$.

3. (1) b (2) 如图所示 (3) 10 12

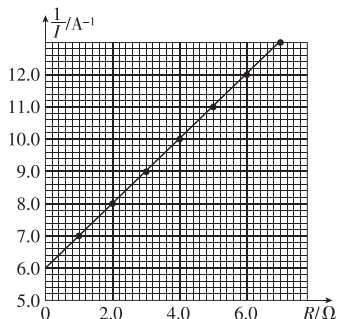


【解析】 (1) 为避免烧坏电表, 闭合开关前, 滑动变阻器滑片应该滑至接入电路阻值最大处, 即 b 处.

(2) 根据电路图连接实物图如图所示.

(3) 由题意可得, 外电路的电压为 $U_{\text{外}}=I_1(R_0+R_G)$, 由闭合电路欧姆定律可得 $E=I_1(R_0+R_G)+(I_1+I_2)r$, $I_1=\frac{E}{1000+r}-\frac{r}{1000+r}I_2$, 结合图像可得 $\frac{E}{1000+r}=0.01$, $\frac{r}{1000+r}=\frac{0.01-0.004}{0.5}$, 解得 $E\approx 10\text{ V}$, $r\approx 12\ \Omega$.

4. (1) $\frac{1}{I}=\frac{15+3r}{E}+\frac{3}{E}R$ (2) ① 0.110 ② 9.09 (3) 如图所示 1.0(0.96~1.04 均可) 6.0(5.9~6.1 均可)
(4) 3.0(2.7~3.3 均可) 1.0(0.6~1.4 均可)



【解析】 (1) 由闭合电路欧姆定律可知 $E=3I(r+R_0+R+\frac{R_A\cdot R_1}{R_A+R_1})$, 所以 $\frac{1}{I}=\frac{3}{E}(r+R_0+R+\frac{R_A\cdot R_1}{R_A+R_1})=\frac{15+3r}{E}+\frac{3}{E}R$

$$\frac{3}{E}R.$$

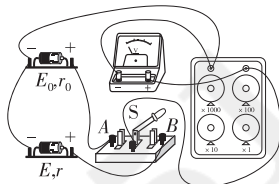
(2) 根据题图得, 电流表读数 $I=110\text{ mA}=0.110\text{ A}$, 所以 $\frac{1}{I}\approx 9.09\text{ A}^{-1}$.

(3) 描点作图, 直线的斜率为 $k=1.0\text{ A}^{-1}\cdot\Omega^{-1}$, 截距为 $b=6.0\text{ A}^{-1}$.

(4) 根据函数关系 $\frac{1}{I}=\frac{15+3r}{E}+\frac{3}{E}R$ 可得, 截距 $\frac{15+3r}{E}=6.0\text{ A}^{-1}$, 斜率 $\frac{3}{E}=1.0\text{ A}^{-1}\cdot\Omega^{-1}$, 由此得 $E=3.0\text{ V}$, $r=1.0\ \Omega$.

5. (1) 如图所示 (2) $\frac{r_0}{bE_0-1}$

$$(3) \frac{r_0}{br_0+k-kbE_0} \quad \frac{kr_0}{br_0+k-kbE_0}$$



【解析】 (1) 根据电路图甲, 连接实物图如图所示.

(2) 由闭合电路欧姆定律可得 $\frac{E_0-U}{r_0}=\frac{U}{R}+\frac{U}{R_V}$, 整理可得,

$$\frac{1}{U}=\frac{r_0}{E_0 R}+\frac{r_0}{E_0 R_V}+\frac{1}{E_0}, \text{ 则题图丙中图线 1 的纵截距 } b=\frac{r_0}{E_0 R_V}+\frac{1}{E_0}, \text{ 解得 } R_V=\frac{r_0}{bE_0-1}.$$

(3) 同理题图丙中的图线 2 的表达式为 $\frac{1}{U}=\frac{r}{E} \frac{1}{R}+\frac{r}{ER_V}+\frac{1}{E}$, 则题图丙中图线 2 的纵截距 $b=\frac{r}{ER_V}+\frac{1}{E}$, 斜率为 $k=\frac{r}{E}$, 又 $R_V=\frac{r_0}{bE_0-1}$, 解得 $E=\frac{r_0}{br_0+k-kbE_0}$, $r=\frac{kr_0}{br_0+k-kbE_0}$.

4 能源与可持续发展

1. B **【解析】** 发电机可以把机械能转化为电能, 电动机可以将电能转化为机械能, 电饭锅可以把电能转化为内能, 电热毯可以把电能转化为内能, 故 A、C、D 错误, B 正确.
2. C **【解析】** 给蓄电池充电的过程中, 蓄电池的化学能增加, 电能转化为化学能, 故 A 错误; 电动机运转的过程中, 电能转化为机械能, 故 B 错误; 风力发电的过程中, 把风蕴藏的一部分机械能转化为电能, 故 C 正确; 太阳能发电过程中, 太阳能转化为电能, 故 D 错误.
3. BD **【解析】** 电能转化为光能, 化学能转化为内能, 无法再加以收集利用, 选项 B、D 均为能量耗散.
4. B **【解析】** 因为不可避免地存在损耗, 能量的转化达不到 100%, A 错误; 能量守恒的过程不一定能自发地发生, 比如摩擦生热就不能自发转化成机械能, B 正确; 能量既不会凭空产生, 也不会凭空消失, 能量可以相互转化, C 错误; 能量在利用和转化的过程中是有方向性的, 有些能量很难被重新利用, 所以还是存在能源危机, D 错误.
5. BCD **【解析】** 煤、石油、天然气等不可再生能源是有限的, 在短时间内不可再生, 不是取之不尽的, 选项 A 错误; 能源危机是指非再生能源资源枯竭可能带来的危机, 选项 B 正确; 大量消耗常规能源会使环境恶化, 因此提倡开发利用太阳能、地热能、风能、海洋能、核能以及生物质能等存在于自然界中的新能源, 选项 C、D 正确.
6. D **【解析】** 在能源的利用过程中, 虽然能量在数量上并未减少, 但可利用率越来越小, 故仍需节约能源, 故 A 错误; 能量耗散表明自然界的能量在转化的过程中可利用率越来越小, 但总量不会减小, 故 B 错误; 自然界中石油、煤炭指的是亿万年前的大量生物的遗体在地层中经过一系列生物化学变化而生成的, 在短时间内不能再生, 是不可再生能源, 故 C 错误; 风能、太阳能、潮汐能是可再生资源, 人类应多开发与利用, 故 D 正确.

正确。

7. C 【解析】从环保的角度看,氢气燃烧后生成物是水,没有污染,选项 C 正确。
8. A 【解析】能源不是能量,自然界的能量是守恒的,但是能源是有限的,故需要节约能源,故 A 错误;根据能源消耗后是否造成环境污染可将能源分为污染型能源和清洁型能源,污染型能源包括煤炭、石油等,燃烧后产生的大量含硫化物和二氧化碳会造成空气污染和温室效应,故 B 正确;能量耗散表明能源的利用是有条件的,也是有代价的,故 C 正确;能量耗散使除内能外的其他能转化为内能,故一座城市的能量耗散使其环境温度略高于周围农村的环境温度,故 D 正确。
9. C 【解析】停用空调时,可以通过遥控器关机,但对节约用电无作用,因为待机状态要消耗电能,故 A 错误;使用空调时总将其自动温度控制器设定在 16°C 会多耗电,故 B 错误;看完电视不只通过遥控器关机,而是及时关闭电源总开关,待机电路断电,可以节约用电,故 C 正确;使用电风扇时,不管温度多高,都将风扇开到最高风速挡,这将导致耗电增多,故 D 错误。
10. ABC 【解析】地球形成的早期,地壳不如现在牢固,地球不如现在稳定,火山活动频繁,符合地质的发展规律,由于火山的喷发,排出大量的二氧化碳,进而导致当时的地球气温升高,选项 A 正确;由于多种原因,其中包括岩石中的矿物成分与水、氧气、二氧化碳发生化学反应,使地球上的岩石进一步分化,最后形成土壤,二氧化碳减少,形成了适合生命生存的条件,选项 B 正确;由于工业的发展和人类的活动,大量地使用常规能源,导致二氧化碳在空气中的含量增大,地球上的气温正在升高,选项 C 正确;生活用电和工业用电是电能向其他形式的能的转化,会产生热,但不是温室效应的主要原因,选项 D 错误。
11. BCD 【解析】太阳能可以从自然界里源源不断地得到补充,属于可再生能源, A 正确,不符合题意;电池板的光电转化效率为 25% 只是表示太阳能有 25% 能转化成电能,并不代表能量不守恒, B 错误,符合题意;由题意可知晴天时太阳照射 2 h ,每块电池板产生的电能 $E = 2 \times 6 \times 10^4 \times 2 \times 60 \times 25\% \text{ J} = 0.36 \times 10^7 \text{ J}$, C 错误,符合题意;晴天时的一天,日照按 8 h 计算,一块电池板产生的电能为 $E' = 4E = 1.44 \times 10^7 \text{ J}$,能让十盏 60 W 的白炽灯工作的时间 $t = \frac{E'}{10P} = \frac{1.44 \times 10^7 \text{ J}}{10 \times 60 \text{ W}} = 2.4 \times 10^4 \text{ s} \approx 6.7 \text{ h}$, D 错误,符合题意。
12. A 【解析】由题图可知地表单位面积吸收热量的功率为 $P_{\text{吸}} = 168 \text{ W/m}^2 + 324 \text{ W/m}^2 = 492 \text{ W/m}^2$,地表单位面积放出热量的功率 $P_{\text{放}} = X + 40 \text{ W/m}^2$,地表温度不变,内能不变,则 $P_{\text{吸}} = P_{\text{放}}$,解得 $X = 452 \text{ W/m}^2$,故 A 正确, B、C、D 错误。
13. (1) 7536 m^3 (2) $162\,777.6 \text{ J}$ (3) $16\,277.76 \text{ W}$
【解析】(1) 每秒冲击风力发电机叶片圆面的气体体积为 $V = SL = Svt = \pi \times 400 \times 6 \times 1 \text{ m}^3 = 7536 \text{ m}^3$
(2) 气体质量 $m = \rho V = 1.2 \times 7536 \text{ kg} = 9043.2 \text{ kg}$
气体的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 9043.2 \times 6^2 \text{ J} = 162\,777.6 \text{ J}$
(3) 每秒风的动能转化的电能
 $E_{\text{电}} = \eta E_k = 10\% \times 162\,777.6 \text{ J} = 16\,277.76 \text{ J}$
此风力发电机发电的功率为
 $P = \frac{E_{\text{电}}}{t} = \frac{16\,277.76}{1} \text{ W} = 16\,277.76 \text{ W}$
14. 1.5×10^4 度
【解析】一次涨潮水增加的重力
 $G = mg = \rho Vg = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 2.7 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 2.7 \times 10^{10} \text{ N}$
一天内水的重力做功为
 $W = 4G \cdot \frac{1}{2} \Delta h = 4 \times 2.7 \times 10^{10} \text{ N} \times \frac{1}{2} \times 5 \text{ m} = 2.7 \times 10^{11} \text{ J}$
水的势能变为电能
 $W_{\text{电}} = \eta W = 20\% \times 2.7 \times 10^{11} \text{ J} = 5.4 \times 10^{10} \text{ J} = 1.5 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1.5 \times 10^4$ 度

本章易错过关(四)

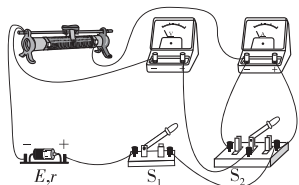
1. D 【解析】由超级电容器的铭牌标示“ $3\text{ V}, 3000\text{ F}$ ”,知其额

定电压为 3 V ,表明它工作时的电压不能超过 3 V ,故 A 错误;电容器的功能是储存电能,电容器充电时是把电能转化为电场能储存在电容器里,并没有转化为化学能,故 B 错误;电容是描述电容器储存电荷本领大小的物理量,其大小与电压和电荷量都没有关系,故 C 错误;超级电容器容纳的电荷量为 $Q = CU = 3000 \text{ F} \times 3 \text{ V} = 9000 \text{ C}$,手机锂电池(其铭牌标有“ $4.2\text{ V}, 4000 \text{ mA} \cdot \text{h}$ ”)容纳的电荷量 $q = 4000 \text{ mA} \cdot \text{h} = 4 \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 14\,400 \text{ C}$,则 $\frac{Q}{q} = \frac{9000 \text{ C}}{14\,400 \text{ C}} = \frac{5}{8}$,故 D 正确。

2. C 【解析】根据闭合电路的欧姆定律可知 $E = I(R + r + R_g)$,解得 $R = \frac{E}{I} - r - R_g = \frac{1.5}{5 \times 10^{-3}} \Omega - 0.5 \Omega - 7.5 \Omega = 292 \Omega$,故选 C。
3. D 【解析】灯泡与电动机串联,通过的电流相等,则电流 $I = \frac{P_L}{U_L} = 2 \text{ A}$, A 错误;电动机两端的电压为 $U_M = U - U_L = 6 \text{ V}$,所以电动机的输入功率为 $P = U_M I = 12 \text{ W}$, B 错误;电动机的发热功率为 $P_{\text{热}} = I^2 R_M = 2 \text{ W}$,电动机的输出功率为 $P_{\text{出}} = P - P_{\text{热}} = 10 \text{ W}$, C 错误, D 正确。
4. BD 【解析】定值电阻的 $U-I$ 图像的斜率表示电阻,电源的 $U-I$ 图像的斜率的绝对值表示内电阻,则由图可得,两者阻值相等,故 A 错误;根据题意得,当外电流增大时,定值电阻两端电压增大,可知 1 表示定值电阻的 $U-I$ 图像, 2 表示电源的 $U-I$ 图像,故 B 正确;对于电源,当内、外电路的电阻相等时,输出功率最大,而外电路电阻越大,效率越大,故 C 错误, D 正确。
5. BD 【解析】闭合 S_2 瞬间,由于电路多并联了负载,可知电路总电阻减小,则电路总电流 I 增大,路端电压 U 减小;则电压表示数减小,电流表示数增大。
6. B 【解析】电流表在干路上,读数变小,说明总电阻变大, L_1 灯丝突然短路,总电阻减小,电流表读数变大, A 错误; L_2 灯丝突然烧断,总电阻增大,电流表读数变小,电压表读数变大, B 正确;电源的输出功率 $P = UI$,电压增大而电流减小,输出功率不一定变小, C 错误;电流表读数变小, L_1 的分压减小,并联支路的电压增大,电容器两端的电压增大,根据 $Q = CU$ 知电容器的带电量增大, D 错误。
7. AC 【解析】滑动变阻器 R 和定值电阻 R_0 串联,所以当 R 接入电路中的阻值变大时,电路中的总电阻变大,根据闭合电路欧姆定律,可知电路中的总电流变小,根据欧姆定律有 $U_0 = IR_0$,电阻 R_0 两端的电压变小,电容器与电阻 R_0 并联,所以电容器两端的电压减小,根据 $Q = CU$,可知电容器所带电荷量会减少,电容器会放电,故 A 正确;同理,当 R 接入电路中的阻值变小时,电路中总电阻减小,根据闭合电路欧姆定律,可知电路中的总电流变大,根据欧姆定律有 $U = IR_0$,电阻 R_0 两端的电压变大,电容器与电阻 R_0 并联,所以电容器两端的电压变大,根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知,电容器两极板间的电场强度变大,因为油滴 A 开始时受到重力和电场力平衡,当电场强度增大后,根据 $F = qE$,可知油滴受到的电场力增大,所以油滴向上运动, B 错误;仅换用阻值更大的 R_0 ,可知电阻 R_0 两端的电压变大,电容器与电阻 R_0 并联,所以电容器两端的电压变大,根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知,电容器两极板间的电场强度变大,因为油滴 A 开始时受到重力和电场力平衡,当电场强度增大后,油滴受到的电场力增大,所以油滴向上运动, C 正确;仅换用阻值更小的 R_0 ,可知电阻 R_0 两端的电压变小,电容器与电阻 R_0 并联,所以电容器两端的电压变小,电容器两极板间的电场强度变小,因为油滴 A 开始时受到重力和电场力平衡,当电场强度变小后,根据 $F = qE$,可知油滴受到的电场力变小,所以油滴向下运动, D 错误。
8. BD 【解析】根据理想电压表电阻无穷大,相当于断路,理想电流表电阻为零,相当于短路,所以 R 与滑动变阻器串联,电压表 V_1 、 V_2 、 V_3 分别测 R 两端电压、路端电压、变阻器电压,当滑动变阻器滑片向下滑动时,接入电路的电阻减小,电路电流增大,则 A 的示数增大, A 错误;电路中电流增大,电源的内电压增大,则路端电压减小,所以 V_2 的示数减小, B 正确;根据闭合电路欧姆定律得 $U_3 = E - I(R + r)$,则得 $\left| \frac{\Delta U_3}{\Delta I} \right| = R + r > r$, C 错误;根据闭合电路欧姆定律得 $U_2 = E - Ir$,则

得 $\left| \frac{\Delta U_2}{\Delta I} \right| = r$, $\left| \frac{\Delta U_1}{\Delta I} \right| = R$, 又 $R > r$, 则 $\left| \frac{\Delta U_1}{\Delta I} \right| > \left| \frac{\Delta U_2}{\Delta I} \right|$, D 正确.

9. (1) 如图所示 (2) 1.10 3.00 (3) 能 1.5 99.7



【解析】(1) 根据图甲电路图在图乙中补全实物连线图, 如图所示.

(2) 由图丁可知, 电压表的分度值为 0.05 V, 则电压表读数为 1.10 V, 由图丙可知, 电流表分度值为 0.1 mA, 则电流表读数为 3.00 mA.

(3) 根据题意, 当开关 S_2 拨到 1 时, 由闭合电路欧姆定律有 $E = U + I(r + R_A)$, 由图戊的图线 a 可知, 当 $I = 0$ 时 $E = U = 1.5$ V, 为准确值; 当开关 S_2 拨到 2 时, 由闭合电路欧姆定律有 $E = U + \left(I + \frac{U}{R_V} \right) r = \frac{R_V + r}{R_V} U + Ir$, 由图戊的图线 b 可知, 当 $U = 0$ 时, 短路电流为准确值, 则 $I_{\text{短}} = \frac{4.3 \times 1.4}{1.4 - 1.0} \text{ mA} = 15.05 \text{ mA}$, 则电源内阻为 $r = \frac{E}{I_{\text{短}}} \approx 99.7 \Omega$, 则能够消除电表内阻的影响.

10. (1) 118 W (2) 95.5%

【解析】(1) 只闭合 S_2 打开车灯, 灯泡正常发光, 由闭合电路的欧姆定律得 $U = E - Ir$

灯泡的额定功率 $P = UI = 118 \text{ W}$

(2) 闭合 S_1 启动三轮车 $U' = E - I'r = 53.1 \text{ V}$

灯泡的电阻为 $R = \frac{U}{I} = \frac{U'}{I_1}$

流过电机的电流 $I_2 = I' - I_1 = 12 \text{ A}$

所以电机的总功率为 $P_M = U'I_2 = 637.2 \text{ W}$

电机消耗的热功率为 $P_{\text{热}} = I_2^2 r_0 = 28.8 \text{ W}$

电机的效率 $\eta = \frac{P_M - P_{\text{热}}}{P_M} \times 100\% \approx 95.5\%$

11. (1) 4 V 0.5 Ω (2) 3.5 W (3) $6 \times 10^{-5} \text{ C}$ 0

【解析】(1) S 断开, R_2 、 R_3 串联

根据闭合电路欧姆定律可得 $I = \frac{E}{R_2 + R_3 + r}$

总功率为 $P = IE = \frac{E^2}{7.5 + r} = 2 \text{ W}$

S 闭合, R_1 、 R_2 并联再与 R_3 串联

总外电阻 $R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 3.5 \Omega$

根据闭合电路欧姆定律可得 $I' = \frac{E}{R' + r} = \frac{E}{3.5 + r}$

所以总功率为 $P' = EI' = \frac{E^2}{3.5 + r} = 4 \text{ W}$

联立解得 $E = 4 \text{ V}$, $r = 0.5 \Omega$

(2) 闭合 S , 总外电阻 $R' = 3.5 \Omega$

干路电流为 $I' = \frac{E}{R' + r} = 1 \text{ A}$

电源输出功率

$P_{\text{出}} = P' - I'^2 r = 4 \text{ W} - 1^2 \times 0.5 \text{ W} = 3.5 \text{ W}$

(3) S 闭合时电容器两端电压为零, 电容器极板上的电荷量为零; S 断开时, 电容器两端电压等于电阻 R_2 两端电压

$I = \frac{E}{R_2 + R_3 + r} = 0.5 \text{ A}$, $U_C = IR_2 = 3 \text{ V}$

电荷量 $Q = CU_C = 6 \times 10^{-5} \text{ C}$.

第十三章 电磁感应与电磁波初步

1 磁场 磁感线

- C 【解析】在做“奥斯特实验”时, 为减弱地磁场的影响, 导线应沿南北方向放置在小磁针的正上方或正下方, 这样导线通电流时会使小磁针有明显的偏转, C 正确.
- A 【解析】指南鱼的鱼头指南极, 鱼头的磁极应标注“S”, A 正确; 磁感线是为了形象描述磁场而假想的曲线, 不是客观存在, B 错误; 指南鱼已经被磁化, 是个磁体, 磁体可以吸引小铁针, C 错误; 指南鱼是个磁体, 类似条形磁铁, 两极位置磁性最强, 中间最弱, D 错误.
- A 【解析】A 图中小磁针所在位置磁感线方向向上, 因此小磁针 N 极指向上方, 选项 A 正确; B 图中小磁针所在位置磁感线方向水平向右, 因此小磁针 N 极指向右方, 选项 B 错误; 根据 C 图中所给磁感线方向可知, 小磁针 N 极指向左上方, 选项 C 错误; D 图中小磁针所在位置磁场方向沿磁感线水平向左, 因此小磁针 N 极应指向左方, 故 D 错误.
- C 【解析】磁感线在磁体外部从磁体的 N 极发出, 终止于 S 极, 在磁体内部从 S 极指向 N 极, A 错误; 电场线和磁感线都是人们为了研究场而假想出来的一系列曲线, 电场线和磁场线都不相交, C 正确, B 错误; 磁感线是闭合曲线, 电场线不闭合, D 错误.
- AD 【解析】我们虽然不能用手触摸到电场的存在, 却可以用试探电荷去探测它的存在和强弱, 故 A 正确; 电场线和磁感线都是虚拟的, 现实并不存在, 故 B 错误; 磁感线是闭合的曲线, 电场线从正电荷或无限远处出发, 到负电荷或无限远处终止, 不是闭合曲线, 故 C 错误; 电流之间的相互作用是通过磁场发生的, 磁场和电场一样, 都是客观存在的物质, 故 D 正确.
- AC 【解析】磁感线的疏密表示磁场的强弱, 磁感线分布越密的地方, 磁场越强, 而磁感线分布越疏的地方, 磁场越弱, 故 A、C 图中 a 点的磁场比 b 点的磁场强, A、C 正确.
- D 【解析】通电直导线周围的磁感线是以导线为中心的一系列同心圆, 且导线与各圆一定是互相垂直的, A、B、C 错误, D 正确.
- C 【解析】由安培定则知, 半圆形导线环环心 O 处磁场方向

垂直于纸面向里, 故 N 极转向纸面里, 选项 C 正确.

- A 【解析】根据安培定则先画出通电螺线管的磁感线, M_1 和 M_2 被磁化后的 N 极和所在位置磁感线方向一致, 故 M_1 的左端为 N 极, M_2 的右端为 N 极.
- A 【解析】导线南北放置, 通有向南的电流, 根据安培定则可知电流在小磁针处产生的磁场方向由西向东, 小磁针 N 极向东偏转, A 正确; 导线南北放置, 通有向北的电流, 根据安培定则可知电流在小磁针处产生的磁场方向由东向西, 小磁针 N 极向西偏转, B 错误; 导线东西放置, 通有向西的电流, 根据安培定则可知电流在小磁针处产生的磁场方向由北向南, 小磁针并不会向东偏转, C 错误; 导线东西放置, 通有向东的电流, 根据安培定则可知电流在小磁针处产生的磁场方向由南向北, 小磁针并不会偏转, D 错误.
- B 【解析】磁石磨针锋, 针磁化成为一个小磁体, 是磁化现象, A 正确, 不符合题意; 磁场是闭合的曲线, 地球磁场磁感线从南极附近出发, 从北极附近进入地球, 组成闭合曲线, 不是地球表面任意位置的地磁场方向都与地面平行, B 错误, 符合题意; 微偏东, 不全南也, 指的是地磁场存在磁偏角, 即地球的地理南北极与地磁南北极并不重合, C 正确, 不符合题意; 由于地磁的北极在地理的南极附近, 故地磁场的磁感线有一个由南向北的分量, 小磁针指北, 导线南北放置时, 产生的磁场沿东西方向, 小磁针会发生偏转, 现象更明显, D 正确, 不符合题意.
- BD 【解析】在磁铁的外部, 磁感线从 N 极指向 S 极, 可知 O 点的磁场方向沿 OA 方向水平向左, A 错误, B 正确; 根据同名磁极相互排斥, 异名磁极相互吸引和对称性可知, 将一小磁针置于 A 点, 静止时 N 极沿 AO 方向水平向右, 将一小磁针置于 A' 点, 静止时 N 极沿 OA' 方向水平向右, C 错误, D 正确.
- D 【解析】首先, 地理的北极是地磁场的 S 极, 地理的南极是地磁场的 N 极, 因此环形电流产生的地磁场的 N 极应该指向地理上的南极附近, 根据安培定则, 可知环形电流方向, D 正确.
- C 【解析】磁体上磁性强弱并不一样, 实验证明, 磁体两端(磁极)处的磁性最强, 而中间的磁性最弱, 因而铁球在条形

磁铁的N极和S极处受到的吸引力最大,在正中央处受到的吸引力最小,C正确。

15. B 【解析】圆环上带有负电荷,圆环顺时针转动,产生的等效电流方向沿逆时针方向,由安培定则可知, a 、 c 小磁针所在处磁场方向垂直于纸面向里, b 小磁针处磁场方向垂直于纸面向外,故 a 、 c 小磁针的N极向纸面内转动, b 小磁针的N极向纸面外转动,故B正确。

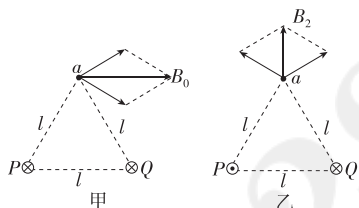
2 磁感应强度 磁通量

1. AB 【解析】磁感应强度的方向简称磁场的方向,规定为小磁针静止时N极所指的方向,也是小磁针N极的受力方向,选项A、B正确,选项D错误;根据教材的探究实验可知,通电直导线的受力方向与磁感应强度的方向不同,选项C错误。
2. D 【解析】在 B 为零的地方, F 一定为零,而 F 为零时, B 不一定为零,可能 B 与 I 平行,故A、B错误;若 $B=1\text{ T}$, $I=1\text{ A}$, $l=1\text{ m}$,只有 B 垂直于 I 时, $F=BIl=1\text{ N}$,故C错误;若 $F=1\text{ N}$, $I=1\text{ A}$, $l=1\text{ m}$,只有 B 垂直于 I 时, $B=\frac{F}{Il}=1\text{ T}$,故D正确。

3. AC 【解析】磁感应强度大小 $B=\frac{F}{Il}=1\text{ T}$,磁感应强度由磁场自身决定,与是否放置导线、导线长度、电流大小无关,选项A、C正确。

4. C 【解析】根据题意, c 点磁感应强度为零,说明通电导线中电流产生的磁场水平向左,与匀强磁场的磁感应强度大小相等、方向相反,故通电直导线中的电流方向为垂直于纸面向外,故 a 点的磁感应强度为 $2B=2\text{ T}$,故A错误,C正确; b 、 d 两点的磁感应强度大小相等、方向不同, b 点的磁感应强度方向斜向右下方,与 B 的夹角为 45° , d 点的磁感应强度方向斜向右上方,与 B 的夹角为 45° ,故B、D错误。

5. C 【解析】根据题意 a 点磁感应强度如图甲,由几何关系可知, $B_P=B_Q=\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$, a 点磁感应强度的方向水平向右,故A错误;若仅将直导线 P 的电流反向,则 a 点磁感应强度如图乙所示,方向竖直向上,根据几何关系 a 点磁感应强度 $B_2=B_P=B_Q=\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$,故C正确,B、D错误。



6. AC 【解析】设 L_1 中的电流在 a 、 b 两点产生的磁感应强度大小为 B_1 , L_2 中的电流在 a 、 b 两点产生的磁感应强度大小为 B_2 ,由安培定则可知 L_1 中的电流在 a 点产生的磁场方向垂直于纸面向里, L_2 中的电流在 a 点产生的磁场方向垂直于纸面向里; L_1 中的电流在 b 点产生的磁场方向垂直于纸面向里, L_2 中的电流在 b 点产生的磁场方向垂直于纸面向外,所以根据已知条件得到 $B_0-(B_1+B_2)=\frac{B_0}{3}$, $B_0-B_1+B_2=\frac{B_0}{2}$,联立解得 $B_1=\frac{7B_0}{12}$, $B_2=\frac{B_0}{12}$,选项A、C正确。

7. A 【解析】穿过线圈 S_1 的磁感线条数多,故穿过线圈 S_1 的磁通量比较大。

8. B 【解析】 $\Phi=BS$ 中 S 是与磁场垂直的有效面积,所以 $\Phi=\pi Br^2$,故选B。

9. BC 【解析】根据 $\Phi=BS_\perp$,可知通过平面ABCD的磁通量 $\Phi=B_0L^2\sin 45^\circ=\frac{\sqrt{2}}{2}B_0L^2$,A、D错误;平面BCFE $\perp B_0$,而 $BC=L$, $CF=L\sin 45^\circ=\frac{\sqrt{2}}{2}L$,所以平面BCFE的面积 $S=BC\cdot CF=\frac{\sqrt{2}}{2}L^2$,因而 $\Phi'=B_0S=\frac{\sqrt{2}}{2}B_0L^2$,B正确;平面ADFE在与 B_0 垂直的方向上的投影面积为零,所以穿过的磁通量为零,C正确。

10. BD 【解析】根据安培定则可知穿过右侧线框的磁场向里、

穿过左侧线框的磁场向外,但通电导线 MN 左侧的线框部分的平均磁感应强度比右侧的线框部分平均磁感应强度大,根据磁通量概念可知,穿过左侧部分的磁通量大于穿过右侧部分的磁通量,则穿过线框的磁通量不为0,导线 MN 向左移动少许可能使两侧的磁通量等大反向,穿过三角形线框的磁通量为0,故B、D正确,A、C错误。

11. ABD 【解析】 P 导线在A、B两点处产生的磁场方向分别是竖直向上和竖直向下,根据磁场的叠加原理可知,A、B两点的磁感应强度相同,A正确;两直导线中电流的方向相反,根据安培定则以及磁场的叠加原理可知,从A、B、O点看,O点与两导线距离都最近,两根导线产生的磁感应强度方向相同,O点的磁感应强度最大,C、D、O点看,O点也与两导线距离都最近,两根导线产生的磁感应强度方向相反,根据安培定则以及磁场的叠加原理可知,沿AB连线从P到Q磁感应强度先减小后增大,C错误;如有磁感应强度为零的位置,只能出现在对称位置,即中垂线CD上,因在CD上均有方向相同的磁感应强度的竖直分量,因此不存在磁感应强度为零的位置,D正确。

12. D 【解析】 B 在沿着 x 方向的分量为 $B_x=B\sin\theta=6\text{ T}$,通过平面 S_{ONMP} 的磁通量为 $\Phi=B_xS_{ONMP}=B\sin\theta S_{ONMP}=0.3\times 0.4\times 6\text{ Wb}=0.72\text{ Wb}$,A错误;通过平面MNE的磁通量为 $\Phi=B_yS_{MNE}=B\cos\theta S_{MNE}=\frac{1}{2}\times 0.3\times 0.4\times 8\text{ Wb}=0.48\text{ Wb}$,B错误;磁感应强度 B 平行于 xOy 平面,通过平面ONEF的磁通量为0,C错误; $B_\perp$ 垂直平面MEFP的分量为 $B_0=B\sin\theta\cos\theta=4.8\text{ T}$,通过平面MEFP的磁通量为 $\Phi=B_0S_{MEFP}=4.8\times 0.5\times 0.3\text{ Wb}=0.72\text{ Wb}$,D正确。

13. (1)0.5BS (2)0.1BS (3)BS
【解析】(1)根据 $\Phi=BS$,可知 $\Phi_1=B\cdot 0.5S=0.5BS$ 。
(2)线圈转过 37° 时,穿过线圈的磁通量为 $\Phi_2=B\cdot 0.5S\cos 37^\circ=0.4BS$ 。
磁通量的变化量的绝对值 $|\Delta\Phi|=\Phi_1-\Phi_2=0.1BS$ 。
(3)线圈转过 180° 时,穿过线圈的磁通量为 $\Phi_3=-B\cdot 0.5S=-0.5BS$ 。
磁通量的变化量的绝对值 $|\Delta\Phi|=|\Phi_3-\Phi_1|=BS$ 。

3 电磁感应现象及应用

1. C 【解析】“钥匙扣”接触区装置拆开是一个多匝矩形线圈,“钥匙扣”靠近后产生感应电流,从而控制开关,是利用了电磁感应现象,故选C。

2. D 【解析】只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,电路中就会产生感应电流,选项A、B中电路中的磁通量均不发生变化,不满足产生感应电流的条件,故A、B错误;选项C中虽然在插入条形磁铁瞬间电路中的磁通量发生变化,但是当人到相邻房间时,电路已达到稳定状态,电路中的磁通量不再发生变化,故观察不到感应电流,C错误;在给线圈通电、断电瞬间,会引起穿过闭合电路的磁通量变化,从而产生感应电流,D正确。

3. C 【解析】由 $\Phi=BS$ 可得,在线框穿过匀强有界磁场过程中,磁通量先增大后不变再减小,选项C正确。

4. D 【解析】离导线越近,磁场越强,当线框从左向右靠近导线的过程中,穿过线框的磁通量增大,当线框跨在导线上向右平移时,磁通量减小,当导线在线框正中央时,磁通量为零,从该位置向右平移,磁通量增大,当线框离开导线向右平移的过程中,磁通量减小,D正确。

5. D 【解析】根据安培定则判断出四根通电直导线中电流在所围面积内产生的磁场方向中只有 i_4 中电流产生的磁场方向垂直于纸面向外,则要使磁通量增加,应切断 i_4 。

6. D 【解析】产生感应电流的条件有两个:①闭合电路;②穿过闭合电路的磁通量发生了变化,故A、B、C错误,D正确。

7. ACD 【解析】圆形闭合金属线圈在运动过程中,只有闭合回路的磁通量随时间变化才会产生感应电流。从位置1平移到位置2,有效面积 S 增加,则向里的磁通量增加,能产生感应电流。从位置2平移到位置3, B 和 S 均不变,故无法产生感应电流。从位置3平移到位置4,有效面积 S 减小,则向里的磁通量减小,能产生感应电流。在位置2以圆形线圈的任一

径为轴转动时,有效面积 S 为圆形面积在垂直磁场方向的投影,故有效面积 S 会变化,从而引起磁通量改变,能产生感应电流,故选 A、C、D.

8. B 【解析】甲图中线圈绕 AB 匀速转动,则穿过线圈的磁通量不变,线圈中不会产生感应电流,A 错误;乙图中线圈匀速向右移动,则穿过线圈的磁通量减小,线圈中会产生感应电流,B 正确;丙图中线圈自由下落,则穿过线圈的磁通量不变,线圈中不会产生感应电流,C 错误;丁图中线圈自由下落,则穿过线圈的磁通量不变,线圈中不会产生感应电流,D 错误.
9. BCD 【解析】产生感应电流的条件是线圈磁通量发生变化,甲中电流不变,即线圈 A 中产生磁场的磁感应强度不变,线圈 B 中不会产生感应电流;乙、丙、丁中电流发生改变,产生磁场的磁感应强度发生变化,线圈 B 中产生感应电流,B、C、D 正确.
10. A 【解析】 A 中电流变化时,圆环中磁通量变化,圆环中有感应电流,故 A 正确;B 中圆环平面与电流产生的磁感线平行,因此回路中磁通量始终为零,没有感应电流,故 B 错误;C、D 中圆环回路中磁通量始终为零,故都没有感应电流,故 C、D 错误.
11. C 【解析】小磁针会不会偏转取决于线圈 B 中有没有电流,而线圈 B 中有没有电流取决于线圈 B 中的磁通量是否发生变化,当线圈 A 中电流足够大,但不变化时,线圈 B 中无感应电流,小磁针不会发生偏转,A 错误;当线圈 A 闭合开关电流稳定后,穿过线圈 B 的磁通量不发生变化,所以小磁针也不会发生偏转,故 B 错误;线圈 A 和电池接通或断开的瞬间,穿过线圈 B 的磁通量发生变化,所以线圈 B 中有感应电流,则小磁针会偏转,故 C 正确,D 错误.
12. C 【解析】平移线圈,线圈中的磁通量不发生变化,没有感应电流,故 A、B、D 错误;甲、丁不动,乙、丙迅速向上抬高线圈,线圈中的磁通量发生变化,产生感应电流,电流计指针发生偏转,故 C 正确.
13. BCD 【解析】产生感应电流的条件是闭合回路中磁通量发生变化,所以线圈套入和拿出时电流计有变化是因为磁通量发生了变化,故 A 错误,B 正确;磁通量的实质是穿过磁感线的条数,所以线圈沿喇叭口往下运动过程中穿过线圈的磁感线条数不变,所以没有感应电流,故 C、D 正确.

4 电磁波的发现及应用

1. D 【解析】麦克斯韦建立了电磁场理论并且预言了电磁波的存在,选项 D 正确.
2. ABD 【解析】变化的磁场周围产生电场,当电场中有闭合回路时,回路中有电流,若无闭合回路电场仍然存在,A 正确;恒定电场周围空间不产生磁场,均匀变化的电场周围空间存在恒定磁场,故 C 错误,D 正确;恒定电流周围空间存在恒定磁场,B 正确.
3. A 【解析】由电磁波的产生过程可知,选项 A 正确;电磁波在真空中的传播速度为 3×10^8 m/s,电磁波可以在介质或真空中传播,选项 B、C、D 错误.
4. B 【解析】麦克斯韦建立了电磁场理论并且预言了电磁波的存在,赫兹通过实验证实了电磁波的存在.
5. D 【解析】根据 $c = \lambda f$ 可得, $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{90.0 \times 10^6}$ m ≈ 3.33 m. 故选 D.
6. C 【解析】红外线热作用较强,响尾蛇导弹在漆黑的夜晚能自动追踪敌方飞机的这种本领靠的是电磁波谱中红外线的利用,故选 C.
7. B 【解析】雷达是利用了无线电波中微波来测距的,故 A 正确;手机采用的是无线电波,X 射线对人体有很大的辐射,不能用于通信,故 B 错误;紫外线具有很强的消毒作用,故 C 正确;红外线可以用于遥控器,故 D 正确.
8. ACD 【解析】电磁波在真空中的传播速度是 $c = 3 \times 10^8$ m/s,选项 A 正确;电磁波能传播能量,选项 B 错误;无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、 γ 射线均属于电磁波,选项 C 正确;麦克斯韦预言了电磁波的存在,选项 D 正确.
9. B 【解析】由题意可得,蓝牙通信的电磁波频率小于可见光频率,故不可能是蓝光,A 错误;由图可知,蓝牙通信的电磁波比手机通信的电磁波频率大,由 $c = \lambda f$,可知,频率越大,波长越短,故蓝牙通信的电磁波波长比手机通信的电磁波短,B 正

确;在真空中电磁波的传播速度大小均为 $c = 3 \times 10^8$ m/s,C、D 错误.

10. B 【解析】根据麦克斯韦的电磁场理论,变化的电场产生磁场,故 B、C、D 都可以产生磁场.周期性变化的电场产生周期性变化的磁场,从而产生电磁波,故只有 B 可以产生电磁波.
11. CD 【解析】在烤箱中能看见一种淡红色的光线,是电热丝发出的红光,不是红外线,红外线是看不到的,A 错误;无线电波的波长大于 γ 射线的波长,B 错误;紫外线能促进体内维生素 D 的合成,C 正确;X 射线穿透能力较强,医学上常用 X 光照片辅助进行疾病诊断,D 正确.
12. B 【解析】移动电话既能发射电磁波,也能接收电磁波,选项 A 正确,B 错误;移动电话不仅能利用电磁波传递声音,也能传递图像,选项 C 正确;为安全起见,在加油站一般禁止使用移动电话打电话,选项 D 正确.
13. 见解析
【解析】(1)雷达和其他通信系统同样使用的是微波这种无线电波,微波炉使用 915 MHz 或 2450 MHz 这两种频率的微波主要是为了不干扰雷达和其他通信系统.
(2)电磁波具有能量,对人体有伤害,这样设计是为了防止电磁波从炉门处泄漏,对人体或其他物体造成伤害.
(3)微波炉是利用电磁波来加热食物的,微波炉中不能使用金属容器,因为微波能在金属中产生大量的热量,会损坏微波炉和器皿.
(4)对于盒装牛奶,盒子的内壁有铝箔,由于金属能屏蔽电磁波,所以电磁波无法达到盒内的牛奶中.
14. 3.3×10^{-8} s 1.7×10^7 个
【解析】传到眼睛需要的时间是
$$t = \frac{x}{c} = \frac{10}{3 \times 10^8}$$
 s $\approx 3.3 \times 10^{-8}$ s
由 $c = \lambda f$ 得,该红光的波长
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{14}}$$
 m $= 6 \times 10^{-7}$ m.
在这个距离中的波长数为
$$n = \frac{x}{\lambda} = \frac{10}{6 \times 10^{-7}} \approx 1.7 \times 10^7$$
 (个).
15. (1) 2×10^{-7} m (2) 紫外线波段 (3) 6×10^{-13} m
【解析】(1)由波速公式 $c = \lambda f$ 得
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1.5 \times 10^{15}}$$
 m $= 2 \times 10^{-7}$ m
(2)该电磁波属于紫外线波段
(3)由 $v = \lambda' f$ 得 $\lambda' = \frac{v}{f} = \frac{900}{1.5 \times 10^{15}}$ m $= 6 \times 10^{-13}$ m

5 能量量子化

1. C 【解析】能够完全吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射的物体叫作黑体,黑体不反射电磁波,但可以向外辐射电磁波,有些黑体有较强的辐射,看起来也可以很明亮,故 A、B 错误;黑体是一种理想模型,其辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关,与其他因素无关,故 C 正确;煤烟的温度不会持续上升,因为能量不断被吸收的同时,还伴随着能量的辐射,最终将趋于平衡,故 D 错误.
2. B 【解析】一切物体都在不停地向外辐射红外线,不同物体辐射出来的红外线不同,采用“红外夜视仪”可以清楚地分辨出物体的形状、大小和位置,不受白天和夜晚的影响,即可确认出目标从而采取有效的行动,故只有 B 正确.
3. ACD 【解析】微波是一种电磁波,传播不需要介质,B 错误.
4. AB 【解析】微观粒子的能量不是连续的,而是分立的,A 正确;由 $\epsilon = h\nu$ 知,能量子与电磁波的频率成正比,B 正确;频率越大,则波长越短,能量子越大,绿光的频率比红光的大,能量子更大,C、D 错误.
5. B 【解析】氢原子从某激发态跃迁到基态,则该氢原子放出光子,且放出光子的能量等于两能级之差,氢原子能量减少,故 B 正确.
6. B 【解析】生活中的所有物体都在发生热辐射,A 错误;普朗克的假设认为微观粒子的能量是不连续的,B 正确;原子从高能态向低能态跃迁时放出光子的能量是不连续的,C 错误;原子的能量是量子化的,当原子处于能量最低状态时是最稳

定的,D 错误。

7. B 【解析】根据公式 $\epsilon = h\nu$, 因能量 ϵ 的单位为 J, 频率 ν 的单位为 s^{-1} , 故普朗克常量 h 的单位为 $J \cdot s = N \cdot m \cdot s = kg \cdot m/s^2 \cdot m \cdot s = kg \cdot m^2/s$, 故 B 正确, A、C、D 错误。

8. B 【解析】一个光子的能量 $\epsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda_0}$, 则 N 个光子的总能量 $E = Nh \frac{c}{\lambda_0}$, 选项 B 正确。

9. B 【解析】每个光子的能量为 $\epsilon = h \frac{c}{\lambda}$, 能引起人的眼睛视觉效应的最小能量 E 为 $10^{-18} J$, 由 $E = n\epsilon$ 可知, 若能引起人眼的感觉, 则进入人眼的光子数至少为 $n = \frac{E}{\epsilon} = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{10^{-18} \times 6 \times 10^{-7}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}$ 个 ≈ 3 个, 故 B 正确。

10. $9.4 \times 10^{-6} m$ $2.11 \times 10^{-20} J$
【解析】由题意 $\lambda_m \cdot T = 2.90 \times 10^{-3} m \cdot K$

$$\text{则 } \lambda_m = \frac{2.90 \times 10^{-3}}{273 + 37} m \approx 9.4 \times 10^{-6} m$$

热辐射每份能量子的能量为

$$\epsilon = h \frac{c}{\lambda_m} = 6.626 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{9.4 \times 10^{-6}} J \approx 2.11 \times 10^{-20} J$$

11. $1.5 \times 10^9 Hz$ $30 km$

【解析】由 $c = \lambda f$, 可得电磁波的振荡频率

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{0.2} Hz = 1.5 \times 10^9 Hz$$

电磁波在雷达发射相邻两个脉冲的时间间隔内, 雷达必须接收到反射回来的电磁脉冲, 否则会与后面的电磁脉冲重叠而影响测量, 设最大侦察距离为 x , 则

$$2x = c \Delta t$$

$$\text{而 } \Delta t = \frac{1}{n} - t$$

$$\text{所以 } x = \frac{c \left(\frac{1}{n} - t \right)}{2} \approx 30 km.$$

12. (1) $2 \times 10^{-4} s$ (2) 5×10^{15} 个

【解析】(1) 已知激光器的功率 $P = 10 W$, 每次“点焊”需要的能量 $E = 2 \times 10^{-3} J$, 根据 $E = Pt$ 得, 每次“点焊”视网膜的时间是 $t = \frac{E}{P} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10} s = 2 \times 10^{-4} s$

$$\text{时间是 } t = \frac{E}{P} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10} s = 2 \times 10^{-4} s$$

(2) 设每个光子的能量为 E_0 , 则 $E_0 = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$

每次“点焊”发出的激光光子的数量

$$n = \frac{E}{E_0} = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 500 \times 10^{-9}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} (\text{个}) \approx 5 \times 10^{15} (\text{个})$$

本章易错过关 (五)

1. AB 【解析】麦克斯韦推算出电磁波速度等于光速, 并提出光是以波动形式传播的一种电磁振动, 故 A 正确; 电磁波具有能量, 如食物中的水分子在微波炉微波的作用下热运动加剧, 温度升高, 故 B 正确; 电场和磁场的相互“激发”的电磁波传播不需要介质, 故 C 错误; X 射线片可以用于诊断病情, γ 射线可以摧毁病变的细胞, 这两类电磁波频率较高, 波长较短, 故 D 错误。

2. B 【解析】红外线的波长比红光的波长长, 所有物体都辐射红外线, 无论其温度高低, 只是热物体的红外辐射比冷物体的红外辐射强, A、D 错误; 红外线的显著作用是热效应, 利用它可以加热物体, B 正确; 红外线的波长在电磁波谱中是比较长的, 其衍射现象比较明显, 穿透能力比较弱, C 错误。

3. C 【解析】地磁反转期间, 对依靠磁场进行导航的物种会有影响, A 错误; 地磁场能使太阳辐射的高能带电粒子发生偏转, 对地球的生物有一定的保护作用, 若地磁场处于最弱的状态时, 会对地球生物的生存有影响, B 错误; 当太阳辐射的高能粒子直接轰击地球的大气层时, 可能引发一些疾病, C 正确; 地球磁场的反转不可能是瞬间发生, 而是一个缓慢、渐进的过程, D 错误。

4. A 【解析】由 $v = \lambda f$, 得 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{5} Hz = 6 \times 10^7 Hz$.

5. B 【解析】由光子的能量公式, 即 $\epsilon = h\nu$, 可知频率越大光子能量越大, 光子的能量与光源强度无关, 而根据公式 $\nu = \frac{c}{\lambda}$ 可得, 波长越长, 光子的频率越小, A、C、D 错误, B 正确。

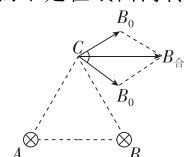
6. B 【解析】条形磁铁磁感线外部是由 N 极出发终止于 S 极, 甲图反了, A 错误; 乙图为直线电流的磁感线分布图, 符合右手螺旋定则, B 正确; 磁场是真实存在的, 磁感线不是真实存在的, C 错误; 丁图为法拉第圆盘发电机, 利用了“磁生电”的现象, D 错误。

7. B 【解析】电流的磁效应是奥斯特发现的, 揭示了电与磁的内在联系, 故 A 错误; 由图示中的磁场方向可知, 感应电流产生的磁场向上, 根据右手螺旋定则, 线圈中此时的电流方向(俯视)为逆时针, 故 B 正确; 电线圈中的电流足够大, 若电流大小保持不变, 线圈内的磁通量不发生变化, 则线圈中不会产生感应电流, 故 C 错误; 作用于头皮磁感线的疏密程度表示磁感应强度的大小, 其国际单位为特斯拉, 故 D 错误。

8. BC 【解析】先闭合 S_1 , 稳定后再闭合 S_2 , L_2 中的磁通量不会变化, 不会产生感应电流, 不能使电流表指针偏转, A 不符合题意; 先闭合 S_2 , 过一会儿再闭合 S_1 , L_1 中的磁通量增大, 引起 L_2 中的磁通量增大, 会产生感应电流, 能使电流表指针偏转, B 符合题意; S_1 、 S_2 均闭合, 电流表指针不偏转, 突然断开 S_1 , L_1 中的磁通量减小, 引起 L_2 中的磁通量减小, 会产生感应电流, 能使电流表指针偏转, C 符合题意; S_1 、 S_2 均闭合, 电流表指针不偏转, 突然断开 S_2 , L_2 中不会产生感应电流, 不能使电流表指针偏转, D 不符合题意。

9. D 【解析】当线圈水平放置沿 $A_1 B_1$ 方向快速移动时, 电流计指针不偏转, 说明线圈中磁通量不变, 直导线 CD 中无电流. 当线圈沿 $C_1 D_1$ 方向快速移动时, 电流计指针偏转, 说明线圈中磁通量有变化, 则直导线 AB 中有电流, D 正确。

10. C 【解析】根据安培定则, 作出两通电导线 A、B 在 C 处产生的磁感应强度, 如图所示, 根据矢量合成法则可得 $B_C = 2B_0 \cos 30^\circ = \sqrt{3} B_0$, 方向与 AB 连线平行, A、B 错误; 当导线中通有 A 到 B 方向的电流时, 根据安培定则可得导线在小磁针位置产生垂直纸面向外的磁场, 所以小磁针的 N 极将垂直纸面向外转动, 而不是在纸面内转动, C 正确, D 错误。



11. (1) 9.4×10^{30} 个 (2) 3.76×10^{23} 个 $4 \times 10^{-4} W$

【解析】(1) 每个能量子的能量

$$\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{187.5} J \approx 1.06 \times 10^{-27} J$$

则每秒电台从天线发射能量子数 $N = \frac{Pt}{\epsilon} \approx 9.4 \times 10^{30}$ 个

(2) 设环状天线每秒接收能量子数为 n 个, 以电台发射天线为球心, 半径为 R 的球面积 $S = 4\pi R^2$, 而环状天线的有效接收面积 $S' = \pi r^2$

$$\text{所以 } n = N \frac{S'}{S} = N \frac{r^2}{4R^2} = 9.4 \times 10^{30} \times \frac{1^2}{4 \times (2.5 \times 10^3)^2} \text{ 个} = 3.76 \times 10^{23} \text{ 个}$$

接收功率

$$P_{\text{收}} = \frac{n\epsilon}{t} = 3.76 \times 10^{23} \times 1.06 \times 10^{-27} W \approx 4 \times 10^{-4} W$$

12. (1) BS (2) $\frac{1}{2} BS$ (3) $-2BS$

【解析】(1) 穿过线圈平面的磁通量为 $\Phi_1 = BS$

(2) 当线圈绕 OO' 轴转过 60° 时, 穿过线圈平面的磁通量为

$$\Phi_2 = BS \sin 30^\circ = \frac{1}{2} BS$$

(3) 线圈从初始位置转过 180° 时, 穿过线圈平面的磁通量为 $\Phi_3 = -BS$

磁通量变化量为 $\Delta\Phi = \Phi_3 - \Phi_1 = -2BS$