

## 第九章 静电场及其应用

### 限时小练 1 电 荷

1. B 物体通常呈现电中性,是因为物体内正、负电荷数量相等,A 错误;根据电荷守恒定律可知,电荷在转移的过程中,电荷的总量是不变的,B 正确;在与外界没有电荷交换的情况下,一个系统所带的电荷量总是守恒的,电荷守恒定律并不意味着带电系统一定和外界没有电荷交换,C 错误;利用摩擦起电可使物体带电,质子和电子所带电荷量相等,但它们的质量不相等,比荷不相等,D 错误.

2. D 元电荷是指最小的电荷量,数值上与电子所带电荷量相等,但元电荷不是电子或者质子,不是电荷,电子或质子带电荷量等于元电荷,A、B 错误;由于  $\frac{1.8 \times 10^{-19} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 1.125$ ,其不是元电荷的整数倍,所以某带电体不可能失去了  $1.8 \times 10^{-19} \text{ C}$  的电荷,C 错误;由于  $\frac{3.2 \times 10^{-19} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 2$ ,其是元电荷的整数倍,所以某带电小球的电荷量可以为  $3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,D 正确.

3. D B 球不带电,表明 B 球呈现电中性,但是 B 球上仍然有电子,A 错误;A、B 接触前,A 球所带电荷量为  $-1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,表明 A 球上的净电荷量为  $-1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,在自然界中电荷是守恒的,即电荷不可能凭空产生也不可能凭空消失,其对应的电子的数目为  $\frac{1.6 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1 \times 10^{10}$  个,该电子数目是净电荷量对应的电子数,A 球上实际的电子数还包含与正电荷量大小相等的电子,即 A 球上的电子数大于  $1 \times 10^{10}$  个,B 错误;由于 A、B 完全相同,根据接触起电规律,A、B 接触后,A 球失去电荷量为  $-8 \times 10^{-10} \text{ C}$ ,则 A 球失去的电子数目为  $\frac{8 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^9$  个,C 错误;根据上述可知,A、B 接触后,B 球得到电荷量为  $-8 \times 10^{-10} \text{ C}$ ,则 B 球得到的电子数目为  $\frac{8 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^9$  个,D 正确.

#### 常用结论

两个电中性的物体摩擦后,一个物体正电,另一个物体带负电,且电荷量大小相等.

4. B 当一带正电的物体靠近导体棒的上端时,导体棒上端感应出负电荷,金属箔片感应出正电荷,B 正确.

5. C 根据电荷守恒定律,与外界没有电荷交换的情况下,一个系统所带的电荷总量总是守恒的,A 是一个孤立的系统,跟外界没有电荷交换,电荷的代数和保持不变,C 正确.

6. B 由于同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引,故验电器的上端应带上与小球电性相反的电荷,而验电器的箔片上将带上与小球电性相同的电荷.金属球带正电,验电器上端的小球带负电,金属箔片带正电,A 错误;金属球带负电,验电器上端的小球带正电,金属箔片带负电,B 正确,C、D 错误.

**规律总结** 在发生静电感应现象时,近端感应出异种电荷,远端感应出同种电荷.若导体接地,则导体与地球组成一个新导体,近端不变,远端为地球.

7. D 根据感应起电原理,由于 C 带正电,使得 A 带正电,B 带负电,导体原来不带电,只是在 C 的电荷的作用下,导体中的自由电子向 B 部分移动,使 B 部分多带了电子而带负电,A 部分少了电子而带正电.根据电荷守恒定律可知,A 部分转移的电子数目和 B 部分多余的电子数目是相同的,因此无论从哪一条虚线切开,都有 A 带正电,B 带负电,且  $Q_A = Q_B$ ,D 正确.

### 8. D

A	易拉罐向气球方向滚动并被气球吸住后,由于易拉罐带上与气球同种电荷,易拉罐与气球将分开	×
B	根据静电感应原理,可知易拉罐靠近气球一侧的带电性质和气球的带电性质相反	×
C	气球对易拉罐的作用力与易拉罐对气球的作用力是一对相互作用力,大小总是相等	×
D	在气球与易拉罐接触之前,气球对易拉罐靠近一侧的作用力大于对易拉罐远离一侧的作用力	✓

9. CD 由图可知 A 球和 B、C 都吸引,但 B、C 球也吸引,说明 B、C 球只能有一个带负电,一个不带电,所以 C、D 正确.

**易错点拨** 若两带电物体相互吸引,两物体可能带异种电荷,也可能一个带电一个不带电.

10. BD 操作①中,用毛皮摩擦过的橡胶棒带负电,靠

近验电器的金属球时,由于静电感应,验电器的金属小球带正电,则金属箔带负电,从而张开;随着棒靠近验电器金属球的过程,金属箔张开的角度越来越大,因为产生的感应电荷越来越多,金属箔上聚集的负电荷也越来越多,A 错误,B 正确;操作②中,手接触验电器,大地的电子(负电荷)流入验电器,使得金属箔闭合,C 错误;操作③中,若先把手移开,再把橡胶棒移开,金属箔与金属球因带多余正电荷,导致金属箔又张开,D 正确。

限时小练 2 库仑定律(课时 1)

1. B 带电体能否看作点电荷是由研究问题的性质决定,与自身大小、形状无具体关系,体积很小或电荷量很小的带电体不一定能作为点电荷,A、C 错误;点电荷的电荷量一定是元电荷的整数倍,B 正确;点电荷不是客观存在的,是理想模型,D 错误。

易错点拨 注意区分点电荷与元电荷

- (1) 元电荷是一个电子或一个质子所带电荷量的绝对值,是最小的电荷量。
- (2) 点电荷只是不考虑带电体的大小和形状及电荷分布状况,仍是带电个体,其带电荷量可以很大,也可以很小,且一定是元电荷的整数倍。

2. C 根据同种电荷相互排斥可知,若两金属球带同种电荷,两金属球间的静电力为斥力,由于同种电荷相互排斥,所带电荷量集中在两球的外侧,两球上电荷间的平均距离大于  $3r$ ,则根据库仑定律可知两球间的静电力满足  $F < \frac{kQ^2}{(3r)^2} = \frac{kQ^2}{9r^2}$ ,A、B 错误;根据异种电荷相互吸引可知,若两金属球带异种电荷,两金属球间的静电力为引力,由于异种电荷相互吸引,所带电荷量集中在两球的内侧,两球上电荷间的平均距离小于  $3r$ ,则根据库仑定律可知两球间的静电力满足  $F > \frac{kQ^2}{(3r)^2} = \frac{kQ^2}{9r^2}$ ,C 正确,D 错误。

3. A

A	根据库仑扭秤实验可知,A、C 为带电金属球,通过 C 对 A 的作用力使悬丝扭转,而 B 为不带电的平衡小球	✓
B	实验中通过改变 A、C 的带电荷量,从而改变悬丝的扭转角度,因此实验中,B 球可以不带电	✗
C	库仑在实验中并没有测出静电力常量 $k$ 的值	✗
D	该实验验证了电荷间的相互作用力与距离平方成反比,与电荷量的乘积成正比,并没有测出每一个带电小球的电荷量	✗

4. B 两个点电荷之间的库仑力是一对相互作用力,则不论它们的电荷量是否相等,它们之间相互作用的库仑

力大小一定相等,B 正确;公式  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  适用于真空中的点电荷,当两电荷之间的距离较小时,电荷不能够看作为点电荷,此时公式不成立,即两个带电小球距离非常近时,不能够认为库仑力变得无穷大,A、C 错误;根据库仑定律  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  可知,若两个点电荷的电荷量各减为原来的一半,彼此间的距离减半,则它们之间的库仑力大小不变,D 错误。

易错点拨

有人根据  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  推出,当  $r \rightarrow 0$  时,  $F \rightarrow \infty$ ,从数学角度分析似乎正确,但从物理意义上分析,这种看法是错误的。因为当  $r \rightarrow 0$  时,两带电体已不能看成点电荷,库仑定律及其公式也就不再适用。

5. D 探究电荷间的库仑力规律时,库仑力与两电荷所带电荷量及两电荷间的距离有关,故不要求两电荷的电荷量一定相等,A 错误;A 对 B 的库仑力与 B 对 A 的库仑力是两电荷间的一对相互作用力,分别作用在两个电荷上,B 错误;电子秤的示数与 A、B 间的距离的二次方成反比,C 错误;用与 A 相同且不带电的金属圆片 C 与 A 接触后移开,C 与 A 各带电荷量是原 A 所带电荷量的一半,因为 A、B 间的库仑力与两电荷的电荷量乘积成正比,所以电子秤的示数将减半,D 正确。

6. ABC 绝缘材料做的笔套与头发摩擦,摩擦使笔套带电,A 正确;笔套靠近圆环时,圆环上、下部感应出异种电荷,B 正确;圆环刚被吸引向上运动,一定有受到静电力的合力大于圆环的重力,随后距离减小,静电力增大,所以整个过程中静电力的合力大于圆环的重力,C 正确;笔套碰到圆环后,笔套上的电荷有一部分转移到圆环上,但并未全部中和,笔套和圆环带同种电荷,D 错误。

易错点拨 摩擦起电和感应起电的区别

摩擦起电的实质是物体对电子的束缚能力不同,在摩擦中一个物体得到电子,带负电;另一物体失去电子,带正电,故两物体带异种电荷。感应起电是根据同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引的原理产生的,两者都不是产生了电荷。

7. BD 实验中将小球与物体看作为点电荷,采用了理想模型法,并没有进行逻辑推理,即没有采用理想实验法,实验中研究静电力与间距关系时,保持电荷量不变,采用了控制变量法,A 错误;通过实验可以观察到,物体与小球间距一定时,电荷量增大,小球偏离竖直方向的角度增大,电荷量一定时,间距增大,小球偏离竖直方向的角度减小,表明电荷之间的静电力随着电荷量的增大而增大,随着距离的增大而减小,B 正确;设小球偏离竖直方向的角度为  $\theta$ ,对小球进行分析有  $k \frac{Qq}{d^2} = mg \tan \theta$ ,解得

$\tan \theta = k \frac{Qq}{mgd^2}$ , 由已知条件可以求得小球偏离竖直方向的角度, C 错误, D 正确。

8. AB 由库仑定律可知  $F = k \frac{7Q^2}{r^2}$ , 两个相同金属球的电性可能是同种电荷, 也可能是异种电荷, 若为同种电荷, 接触后平分电荷量, 即各为  $4Q$ , 放回原来的位置后, 库仑力为  $F' = k \frac{16Q^2}{r^2}$ , A 正确; 若两球是异种电荷, 接触后先中和再平分电荷量, 即各为  $3Q$ , 放回原来的位置后, 库仑力为  $F' = k \frac{9Q^2}{r^2}$ , B 正确。

### 方法技巧 电荷量分配问题

接触起电时, 两个物体最终的电荷量分配很复杂, 大多靠实验才能确定, 中学阶段一般仅讨论两个外形完全相同的导体球相互接触后的电荷量分配情况。(1) 若带电导体球和不带电导体球接触, 则电荷量平分; (2) 若两个带电导体球带同种电荷, 则总电荷量平分; (3) 若两个带电导体球带异种电荷, 则先中和再平分。

9. BD 开始阶段, 库仑力大于物块的摩擦力, 两个物块向相反方向做加速运动, 根据牛顿第二定律可得  $a = \frac{F_{\text{库}} - f}{m}$ , 由于摩擦力不变, 库仑力减小, 所以加速度先减小, 当库仑力等于摩擦力时, 物块加速度为零, 当库仑力小于摩擦力时, 物块做减速运动, 加速度反向增大, 所以单个物块的加速度先减小后增大, 单个物块的速度先增大后减小, A 错误, B 正确; 开始时库仑力大于摩擦力, 库仑力做的正功大于摩擦力做的负功, 机械能增加, 后来摩擦力做的负功大于库仑力做的正功, 机械能减小, 所以两个物块的机械能之和先增大后减小, C 错误; 由静止释放后, 两个物块向相反方向运动, 两物块所受的库仑力始终与各自运动方向相同, 做正功, D 正确。

10. (1) 对 B 球进行受力分析,

$$\text{则有 } F_T \sin \theta = F,$$

$$\text{且 } F_T \cos \theta = mg,$$

$$\text{解得 } F = mg \tan \theta.$$

(2) 由库仑定律, 可得

$$F = k \frac{nq \cdot q}{r^2},$$

$$\text{解得 } r = q \sqrt{\frac{kn}{mg \tan \theta}}.$$

(3) 当 C 球先后与 A、B 球接触后, 小球 A、B 带电荷量分别为  $\frac{n}{2}q$  和  $\frac{(n+2)}{4}q$ , 由题意可得

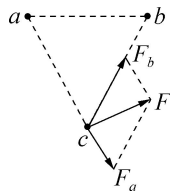
$$k \frac{nq \cdot q}{r^2} = k \frac{n(n+2)q^2}{8r^2},$$

$$\text{解得 } n = 6.$$

## 限时小练 2 库仑定律(课时 2)

1. B 静电力  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ , 由于 a、b 到 c

的距离相等, 而 a 的带电荷量小于 b 的带电荷量, 所以 a 对 c 的排斥力小于 b 对 c 的吸引力, 则 c 点的受力分析如图



所示。根据矢量合成的平行四边形定则可知, 合力 F 的方向与题干中  $F_2$  的方向相近, B 正确。

2. B 以 B 球为研究对象, 受力分析如图甲所示, 可知 A、B 间库仑力大小为  $F = m_2 g \tan 60^\circ = \sqrt{3} m_2 g$ , A 错误; 以 A 球为研究对象, 受力分析如图乙所示, 可知 A、

B 间库仑力大小  $F = m_1 g \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} m_1 g$ , 绳子拉力

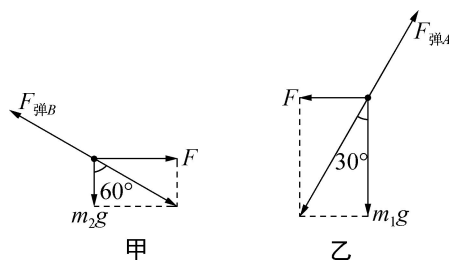
$$F_{\text{弹A}} = \frac{m_1 g}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3} m_1 g, \text{ B 正确; 由几何关系可知, A、}$$

B 距离为  $2l$ , 两球间库仑力大小为  $F = k \frac{q_1 q_2}{(2l)^2} =$

$$k \frac{q_1 q_2}{4l^2}, \text{ C 错误; 由 A、B 的分析可知 } F = \sqrt{3} m_2 g =$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} m_1 g, \text{ 可得 A、B 的质量之比为 } m_1 : m_2 = 3 : 1, \text{ D}$$

错误。



### 规律总结 四步解决静电力作用下的平衡问题

解 题 步 骤	一定	根据问题需要确定研究对象, 灵活运用“整体法”或“隔离法”
	二析	对研究对象进行受力分析
	三画	画出研究对象的受力示意图
	四列	列平衡方程求解

3. A 由题图甲中均匀带电半圆环对圆心点电荷的库仑力大小为  $F$ , 可以得出  $\frac{1}{4}$  圆环对圆心点电荷的库仑力

大小为  $\frac{\sqrt{2}}{2} F$ . 将题图乙中的均匀带电  $\frac{3}{4}$  圆环分成 3 个  $\frac{1}{4}$

圆环, 关于圆心对称的两个  $\frac{1}{4}$  圆环对圆心点电荷的库仑

力的合力为零, 因此题图乙中的  $\frac{3}{4}$  圆环对圆心点电荷的

库仑力大小为  $\frac{\sqrt{2}}{2} F$ , A 正确。



## 常用结论

某点处点电荷所受静电力等于各个部分单独对该点电荷的静电力的矢量和。

4. C 三个自由电荷在同一直线上处于平衡状态,则一定满足“两同夹异,两大夹小,近小远大”,所以  $q_1$  和  $q_3$  是同种电荷,  $q_2$  是异种电荷, A、B 正确;根据库仑定律和平衡条件,对  $q_2$ , 则有  $k \frac{q_1 q_2}{(2r)^2} = k \frac{q_2 q_3}{r^2}$ , 对  $q_1$ , 则有  $k \frac{q_1 q_3}{(3r)^2} = k \frac{q_1 q_2}{(2r)^2}$ , 整理可得  $q_1 : q_2 : q_3 = 36 : 4 : 9$ , C 错误, D 正确。

5. A 将 A 球和 B 球整体作为研究对象,当大小为  $F$  的力作用在 B 球时,根据牛顿第二定律可知,  $a = \frac{F}{4m}$ , 以 A 球为研究对象,可知  $k \frac{q_A q_B}{L^2} = ma$ , 解得  $F = \frac{16kq^2}{L^2}$ , A 正确。

6. AC 以小球 A 为研究对象,分析受力情况,受重力  $mg$ 、细线的拉力  $F_T$  和静电力  $F$ ,根据平衡条件得  $F_T = \sqrt{(mg)^2 + F^2}$ ,  $F$  增大时,  $F_T$  变大, A 正确, B 错误;以小球 A 和细环整体为研究对象,受到总重力  $G$ 、杆对细环的支持力  $F_N$ 、摩擦力  $f$  和静电力  $F$ ,根据平衡条件得  $F_N = G$ ,  $f = F$ , 静电力  $F$  增大时,杆对细环的支持力保持不变,细环所受的摩擦力变大, C 正确, D 错误。

7. AD 设开始时两球间距离为  $x$ ,若两小球带的是同种电荷,当电荷量各减小一半时,根据库仑定律  $F = \frac{kq_1 q_2}{x^2}$  知,若两个球之间的距离保持不变,库仑力减小为原来的  $\frac{1}{4}$ ,库仑力减小,弹簧的弹力减小,弹簧的伸长量减小,两球间的距离减小,所以小球之间的库仑力会大于原来的  $\frac{1}{4}$ ,此时弹簧的伸长量大于原来伸长量的  $\frac{1}{4}$ ,则  $F_2 > \frac{1}{4} F_1$ , B 错误, A 正确;若两小球带的是异种电荷,当电荷量各减小一半,若两个球之间的距离保持不变,库仑力减小为原来的  $\frac{1}{4}$ ,库仑力减小,弹簧的弹力减小,弹簧的压缩量减小,两球间的距离增大,所以小球之间的库仑力会小于原来的  $\frac{1}{4}$ ,此时弹簧的压缩量小于原来压缩量的  $\frac{1}{4}$ ,则  $F_2 < \frac{1}{4} F_1$ , C 错误, D 正确。

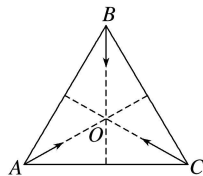
8. BC 小球运动到 B 点时受重力、支持力、库仑力三个力的作用, A 错误;设小球通过轨道最低点时的速度大小为  $v$ ,以轨道最低点所在的水平面为参考平面,小球从 A 到 B 的过程中只有重力做功,根据机械能守恒定律得  $mgR = \frac{1}{2}mv^2$ , 解得  $v = \sqrt{2gR}$ , B 正确;以小球为研究对象,重力、支持力与库仑力的合力提供向心力,根据向

心力公式得  $N - mg - k \frac{q_1 q_2}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ , 解得  $N = 3mg + k \frac{q_1 q_2}{R^2}$ , 所以小球在 B 点对轨道的压力大小为  $3mg + k \frac{q_1 q_2}{R^2}$ , C 正确, D 错误。

9. (1) 如图所示,根据对称性 A、B、C 每个带电小球受其他两个小球的库仑力的合力沿与中心连线向外,所以要使三个带电小球都处于静止平衡状态,必须在 O 点放上带负电荷的小球,对 A、B、C 中任意一个小球进行受力分析,根据平衡条件列方程可得

$$\frac{2kQ^2}{L^2} \cos 30^\circ = \frac{kQq}{\left(\frac{L}{2\cos 30^\circ}\right)^2},$$

$$\text{解得 } q = \frac{\sqrt{3}}{3}Q.$$



(2) 对任意小球由牛顿第二定律得

$$\frac{2kQ^2}{L^2} \cos 30^\circ = ma,$$

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

(3) 对任意小球由向心力公式得

$$\frac{2kQ^2}{L^2} \cos 30^\circ = m \frac{v^2}{\frac{L}{2\cos 30^\circ}},$$

$$\text{解得 } v = Q\sqrt{\frac{k}{mL}}.$$

## 限时小练 3 电场 电场强度(课时 1)

1. D 电荷在它的周围空间激发电场, A 不满足题意;电荷之间通过电场相互作用, B 不满足题意;电场中某点的电场强度的大小由电场自身决定,与试探电荷在该点所受电场力无关, C 不满足题意;带正电的试探电荷在电场中某点所受电场力的方向与该点的电场强度方向相同,带负电的试探电荷在电场中某点所受电场力的方向与该点的电场强度方向相反, D 满足题意。

2. A 电场强度只由电场自身决定,与试探电荷无关,若在 A 点换上电荷量为“ $-q$ ”的点电荷, A 点的场强方向没有发生变化, A 点电荷受到的电场力方向发生变化, A 正确, B 错误;若在 A 点换上电荷量为“ $2q$ ”的点电荷, A 点的场强不变,仍为  $E$ , C 错误;若在 A 点移去点电荷“ $q$ ”, A 点的场强不变,仍为  $E$ , D 错误。

3. B 因 a 点的电场强度最大,可知 a 点离场源电荷最近,即 a 点和场源电荷连线与直线 MN 垂直,设场源电



荷在距离  $a$  点  $x$  的位置, 则  $E=k\frac{Q}{x^2}$ ,  $b$  点的电场强度为

$$\frac{1}{2}E=k\frac{Q}{x^2+L^2}, \text{联立解得 } x=L, \text{ 则 } Q=\frac{EL^2}{k}, \text{ B 正确.}$$

**4. D** 根据题意, 由题图乙可知,  $A$ 、 $B$  点的电场强度的大小分别为  $E_A=\frac{4\times 10^{-4}}{1\times 10^{-9}}\text{ N/C}=4\times 10^5\text{ N/C}$ ,  $E_B=$

$$\frac{1\times 10^{-4}}{4\times 10^{-9}}\text{ N/C}=2.5\times 10^4\text{ N/C}, \text{ 则 } A、B \text{ 点的电场强度的}$$

大小之比为  $16:1$ , 由于在  $A$ 、 $B$  两点放两个电荷量不同均带正电的试探电荷,  $A$ 、 $B$  两点的试探电荷受到静电力的方向都跟  $x$  轴正方向相同, 则点电荷  $Q$  为正电荷,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  错误; 设  $B$  的位置坐标为  $x_B$ , 由点电荷场强公式

$$E=\frac{kQ}{r^2} \text{ 可得 } E_A=\frac{kQ}{(0.1)^2}, E_B=\frac{kQ}{x_B^2}, \text{ 由 } E_A:E_B=$$

$16:1$ , 解得  $x_B=0.4\text{ m}$ ,  $D$  正确.

**5. A** 将圆环等分为  $n$  小段, 每一段可看做点电荷, 其所带电荷量  $q=\frac{Q}{n}$ , 由电场强度的决定式可求得每个点

$$\text{电荷在 } P \text{ 处的场强为 } E=k\frac{Q}{nr^2}=\frac{kQ}{n(R^2+L^2)}. \text{ 由对称性}$$

可知, 各小段在  $P$  处的场强垂直于轴方向的分量抵消, 沿轴方向的分量之和为带电圆环在  $P$  处的场强, 大小为

$$E'=n\frac{kQ}{n(R^2+L^2)}\cdot\frac{L}{\sqrt{R^2+L^2}}=\frac{kQL}{\sqrt{(L^2+R^2)^3}}, \text{ A 正确.}$$

**6. BC** 若  $B$  和  $C$  处的均为正电荷,

则根据电场叠加可知,  $A$  点的场强方向为垂直于  $BC$  向上, 不符合题意,

只有当  $B$  点为正电荷,  $C$  点为负电荷的情况下, 场强方向与  $BC$  边平行且

由  $B$  指向  $C$ , 如图所示, 则  $B$  正确,  $A$  错误; 由于  $B$ 、 $C$  两个点电荷的电荷量大小相等, 且距离  $A$  点的距离相等,

根据点电荷的场强公式  $E=\frac{kQ}{r^2}$  可知  $E_1=E_2$ , 由电场叠

加可知  $E_1=E_2=E$ , 所以将  $C$  处的点电荷拿走, 则  $A$  点的场强为  $E_1$ , 且其大小为  $E$ ,  $C$  正确,  $D$  错误.

#### 方法技巧 电场叠加问题的分析思路

(1) 确定研究点的空间位置.

(2) 分析该处有几个分电场, 先计算出各个分电场在该点的电场强度的大小和方向.

(3) 同一直线上的电场强度的叠加可简化为代数运算; 不在同一直线上的两个电场强度的叠加, 用平行四边形定则求合电场强度.

**7. ABC** 根据题意可知, 某点的电场强度是正电荷  $Q_1$  和负电荷  $Q_2$  在该处产生的电场的合场强, 要使电场强度为零, 那么正电荷  $Q_1$  和负电荷  $Q_2$  在该处产生的场强大小相等, 方向相反. 因  $Q_1$  和  $Q_2$  间电场方向向右, 故不存在场强为零的点; 根据  $E=\frac{kQ}{r^2}$  可知, 由于  $Q_1$  的电荷

量大于  $Q_2$ , 则场强为零的点不会在  $Q_1$  的左边, 故只能在  $Q_2$  的右边. 设该位置距  $Q_2$  的距离是  $L$ , 则有

$$\frac{kQ_1}{(L+0.06)^2}=\frac{kQ_2}{L^2}, \text{ 解得 } L=6\text{ cm}, \text{ 即 } x \text{ 坐标轴上 } x=$$

$12\text{ cm}$  处的电场强度为零,  $A$ 、 $B$  错误; 在  $Q_1$  和  $Q_2$  之间,

正电荷  $Q_1$  和负电荷  $Q_2$  在该处产生的场强方向均沿  $x$  轴正方向, 所以实际场强也是沿  $x$  轴正方向, 根据  $E=$

$$\frac{kQ}{r^2} \text{ 得, } x \text{ 坐标轴大于 } 12\text{ cm} \text{ 区域电场强度方向沿 } x \text{ 轴正}$$

方向区域, 所以  $x$  坐标轴上电场强度方向沿  $x$  轴正方向区域是  $0<x<6\text{ cm}$  和  $x>12\text{ cm}$ , 而  $6\text{ cm}<x<12\text{ cm}$

区域内电场强度方向沿  $x$  轴负方向,  $C$  错误,  $D$  正确.

**8. AC** 该三角形中心  $O$  点到每个顶点的距离为  $r=$

$$\frac{\sqrt{3}L}{2}$$

$\cos 30^\circ=L$ , 处于  $B$ 、 $C$  两顶点处的两个点电荷  $-q$  在

$O$  点处的合场强方向由  $A$  指向  $O$ , 大小为  $E_1=$

$$2k\frac{q}{r^2}\cos 60^\circ=\frac{kq}{L^2}, \text{ 处于 } A \text{ 顶点处的点电荷 } +q \text{ 在 } O \text{ 点}$$

处的场强方向由  $A$  指向  $O$ , 大小为  $E_2=k\frac{q}{r^2}=\frac{kq}{L^2}$ , 故该

三角形中心  $O$  点处的电场强度方向由  $A$  指向  $O$ , 大小为

$$E=E_1+E_2=\frac{2kq}{L^2}, \text{ A、C 正确, B、D 错误.}$$

**9. BC**

A	$-9q$ 、 $+25q$ 在 $d$ 点产生的电场强度都由 $b$ 指向 $a$ , 则 $d$ 点的电场强度由 $b$ 指向 $a$ , 不为 0	×
B	由几何关系得 $ac=3L$ , $bc=5L$ . $b$ 点的点电荷在 $c$ 点产生的电场强度为 $E_{c1}=\frac{25kq}{(bc)^2}=\frac{kq}{L^2}$	✓
C	设 $a$ 、 $d$ 两点间的距离为 $x$ , 则 $b$ 、 $d$ 两点间的距离为 $4L-x$ , $-9q$ 在 $d$ 点产生的电场强度为 $E_{d1}=-\frac{9kq}{x^2}$ , $+25q$ 在 $d$ 点产生的电场强度为 $E_{d2}=\frac{25kq}{(4L-x)^2}$ , 由于 $E_{d1}=E_{d2}$ 可得 $\frac{9kq}{x^2}=\frac{25kq}{(4L-x)^2}$ , 解得 $x=\frac{3}{2}L$	✓
D	$-9q$ 在 $c$ 点产生的电场强度为 $E_{c2}=\frac{9kq}{(ac)^2}=\frac{kq}{L^2}$ , 结合 $E_{c1}=\frac{25kq}{(bc)^2}=\frac{kq}{L^2}$ 可知, $E_{c1}$ 、 $E_{c2}$ 大小相等, 若 $E_{c1}$ 、 $E_{c2}$ 的夹角为 $120^\circ$ , $c$ 点的电场强度为 $\frac{kq}{L^2}$ , 由几何关系可知 $E_{c1}$ 、 $E_{c2}$ 的夹角为 $127^\circ$ , 则 $c$ 点的电场强度不等于 $\frac{kq}{L^2}$	×

**10. (1)** 根据牛顿第二定律有

$$mg \sin \alpha - k \frac{Qq}{\left(\frac{H}{\sin \alpha}\right)^2} = ma,$$

$$\text{解得 } a = g \sin \alpha - \frac{kQq}{H^2 m} \sin^2 \alpha.$$

(2) 当 A 球的速度最大时, 加速度为零, 则有

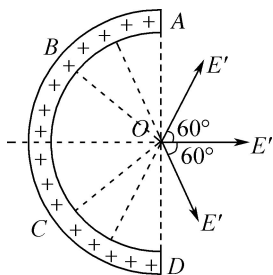
$$mg \sin \alpha = k \frac{Qq}{r^2},$$

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

### 限时小练 3 电场 电场强度(课时 2)

1. C 图甲中与点电荷等距的  $a$ 、 $b$  两点, 电场强度大小相同, 方向不相反, A 错误; 图乙中, 根据电场线的疏密及对称性可判断,  $a$ 、 $b$  两点的电场强度大小相等, 方向相同, B 错误; 丙图中两等量同种点电荷连线的中垂线上与连线等距的  $a$ 、 $b$  两点, 电场强度大小相同, 方向相反, C 正确; 图丁中, 根据电场线的疏密可判断,  $b$  点的电场强度大于  $a$  点的电场强度, D 错误.

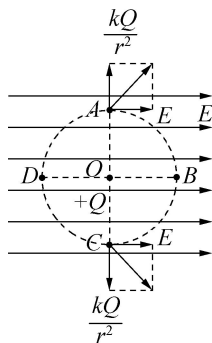
2. B 设细线带正电、每段圆弧在  $O$  处产生场强的大小为  $E'$ , 如图所示,  $AB$ 、 $CD$  两段圆弧在  $O$  处产生场强的夹角为  $120^\circ$ , 这两者的合场强大小为  $E'$ , 方向与  $BC$  在  $O$  处产生场强的方向相同, 所以三段圆弧在  $O$  处的合场强  $E = 2E'$ , 则  $E' = \frac{E}{2}$ , 即圆弧  $BC$  在圆心  $O$  点产生场强的大小是  $\frac{E}{2}$ , B 正确.



3. D 撤去 A 点小球前,  $O$  点的电场强度是 A 点的  $-3q$  和与其关于  $O$  点对称点  $+q$  两小球分别产生的电场叠加形成的, 则  $E = k \frac{3q}{R^2} + k \frac{q}{R^2} = k \frac{4q}{R^2}$ . 撤去 A 点的小球后,  $O$  点的电场强度是 A 点关于  $O$  点对称点  $+q$  产生的, 所以  $E' = k \frac{q}{R^2} = \frac{E}{4}$ , 方向沿  $OA$  连线斜向上, D 正确.

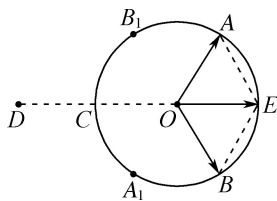
4. B 作出 A、C 两点的场强, 如图所示, 可知 A、C 两点的场强方向不相同, A 错误; 根据平行四边形定则, 可得 A 点的场强大小为  $E_A = \sqrt{E^2 + k^2 \frac{Q^2}{r^4}}$ , C 点的场强大小为  $E_C = \sqrt{E^2 + k^2 \frac{Q^2}{r^4}}$ , 即 A、C 两点的场强大小相同, B 正确; 因点电荷在 B 点产生的场强与匀强电场在 B 点

的场强方向相同, 即夹角为  $0$ , 故 B 点的电场强度大小为  $E + k \frac{Q}{r^2}$ , C 错误; 因点电荷在 D 点产生的场强与匀强电场在 D 点的场强方向相反, 故 D 点的电场强度大小为  $E - k \frac{Q}{r^2}$ , 当点电荷和匀强电场在 D 点的场强大小相等时, 则 D 点的电场强度大小可以为  $0$ , D 错误.



5. C 取走 A、B 处两段弧长均为  $\Delta L$  的小圆弧上的电荷, 根据对称性可知, 圆环在  $O$  点产生的电场强度为与 A 在同一直径上的  $A_1$  和与 B 在同一直径上的  $B_1$  产生的电场强度的矢量和, 如图所示, 因为两段弧长非常小,

故可看成点电荷, 则有  $E_1 = k \frac{Q \Delta L}{R^2} = k \frac{Q \Delta L}{2\pi R^3}$ . 由题给条件可知, 两场强的夹角为  $120^\circ$ , 则两者的合场强为  $E = E_1 = k \frac{Q \Delta L}{2\pi R^3}$ . 根据  $O$  点的合场强为零, 可知放在 D 点的点电荷带负电, 大小为  $E' = E = k \frac{Q \Delta L}{2\pi R^3}$ , 根据  $E' = k \frac{q}{(2R)^2}$ , 联立解得  $q = \frac{2Q \Delta L}{\pi R}$ , C 正确.

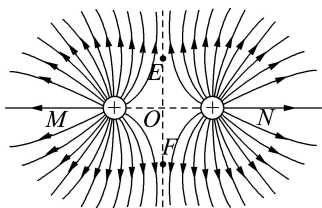


6. AD 观察等量异种点电荷电场的电场线可以得出 B 与 C 两点、E 与 F 两点、A 与 D 两点的电场强度分别相等且方向相同, A 正确, B 错误; 从  $O$  点开始沿中垂线到无限远, 电场强度逐渐减小到零, C 错误; 在两电荷连线之间从中点向两边电场强度逐渐增大, D 正确.

7. BC C 点和 D 点位于等量异种点电荷的中垂面上, 且到 A 点、B 点距离相等, 所以两点电场强度大小相等, 方向相同, A 错误, B 正确; 根据库仑定律, A、B 两点处点电荷对 D 点处电荷的库仑力大小均为  $\frac{kQq}{L^2}$ , 且互成  $120^\circ$  角, 则合力大小也为  $\frac{kQq}{L^2}$ , 方向平行  $OB$  指向 B, 根

据平衡条件可得,外力  $F$  大小为  $\frac{kQq}{L^2}$ ,方向平行  $OA$  指向  $A$ ,  $C$  正确,  $D$  错误。

8. **CD** 等量同种点电荷的电场分布如图所示,由图可知,中垂线上电场方向分别由两点电荷连线中点  $O$  向上和向下指向无穷远处,场强先增大后减小,连线中点  $O$  的场强为零,所以带负电的点电荷在  $E$  点由静止释放后向下做加速运动,经过  $O$  点开始做减速运动,在  $O$  点所受静电力为零,加速度为零,速度达到最大,  $A$ 、 $B$  错误,  $C$  正确;点电荷从  $E$  到  $F$  点的过程中,加速度可能先增大后减小,再反向增大后减小,也可能先减小后反向增大,但速度是先增大后减小,  $D$  正确。



9. (1)  $A$ 、 $B$ 、 $C$  静止时,以  $A$ 、 $B$  整体为研究对象,受力分析有

$$(m_A + m_B)g \sin 30^\circ = k \frac{q_B q_C}{L^2},$$

代入数据解得  $L = 2.0 \text{ m}$ 。

(2) 经分析知  $A$ 、 $B$  分离时两者之间弹力恰好为零,分离之前  $A$ 、 $B$  两者加速度相同,此后  $F$  变为恒力,即此时  $B$  向上运动了  $1 \text{ m}$ ,对  $B$  由牛顿第二定律得

$$k \frac{q_B q_C}{l^2} - m_B g \sin 30^\circ = m_B a,$$

其中  $l = L + 1 \text{ m} = 3.0 \text{ m}$ ,

解得  $a = 2.0 \text{ m/s}^2$ 。

(3) 由匀加速运动规律得

$$l - L = \frac{1}{2} a t^2,$$

解得  $t = 1.0 \text{ s}$ 。

#### 限时小练 4 静电的防止与利用

1. **A** 做静电实验时,减小空气湿度是为了防止漏电,保证实验顺利进行,  $A$  正确;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,不能用绝缘橡胶制成,  $B$  错误;由于塑料桶与油容易摩擦起电且电荷不易导走,故用金属桶装易燃的汽油较安全,  $C$  错误;避雷针有避雷作用,对高耸的建筑物如果没有安装会有危险,但对低矮的建筑没有安装不一定被雷电击毁,  $D$  错误。

2. **A** 无论空腔金属球(或者网罩)是否接地,都能把外部的电场屏蔽起来不让它影响内部,  $A$  正确;  $B$  图中金属球未接地,金属球内表面和外表面都有感应电荷,纸屑  $S$  会被其带电体  $P$  吸引,  $B$  错误;  $C$ 、 $D$  图中带电体与纸屑在同一空间中,不构成静电屏蔽,会被吸引,  $C$ 、 $D$  错误。

3. **C** 雾化涂料向工件运动的过程中,电场力变化,加速度变化,因此不是做匀变速曲线运动,  $A$  错误;由题图知,由喷口喷出的雾化涂料微粒带负电,被涂工件接正极,通过雾化涂料和工件之间的电场,加强吸附效果,  $B$  错误;雾化涂料向工件运动的过程中,电场力做正功,电势能减小,  $C$  正确;静电喷涂属于静电吸附,  $D$  错误。

4. **B** 金属网可以屏蔽网外电荷产生的电场,验电器的两金属箔片不带电,不会张开,  $A$  不满足题意;金属网没有接地,网内带电体可以使验电器发生静电感应,使金属箔片张开,  $B$  正确;金属网接地,网内的带电体对网外无影响,网外的带电体对网内也无影响,不能使验电器发生静电感应现象,金属箔片不能张开,  $C$ 、 $D$  不满足题意。

5. **A** 金属圆盘处于静电平衡状态,因此内部每点的合场强都为零,即金属圆盘内的每一点,感应电荷产生的电场强度都与点电荷  $-Q$  在那点产生的电场强度大小相等、方向相反,即感应电荷的电场线与点电荷  $-Q$  的电场线重合,且方向相反。负点电荷在  $P$  点的场强指向负点电荷,所以感应电荷在盘中  $P$  点的场强  $E'$  背离负点电荷,  $A$  正确,  $B$ 、 $C$ 、 $D$  错误。

6. **BC** 图甲中工作人员在超高压带电作业时,穿用金属丝编制的工作服应用了静电屏蔽的原理,  $A$  正确;图乙中的避雷针是应用尖端放电,从而避免遭受雷击的一种设施,  $B$  错误;图丙为给汽车加油前要触摸一下的静电释放器,是应用了接触起电现象,  $C$  错误;图丁为静电喷漆的示意图,静电喷漆时要使被喷的金属件与油漆雾滴带不同的电荷,从而产生引力,  $D$  正确。

7. **AD** 若将带正电的玻璃棒接触  $C$  内表面,则  $C$  以及与  $C$  连接的  $B$  的箔片都带正电,  $A$  正确;若将带正电的玻璃棒接触  $C$  外表面,则  $C$  以及与  $C$  连接的  $B$  的箔片都带正电,  $B$  错误;  $C$  带电,但电荷分布在外表面,若使  $D$  接触  $C$  的内表面,  $D$  不带电,然后接触  $A$ ,  $A$  不能带电,可知操作若干次,观察到  $A$  的箔片张角不变,  $C$  错误;  $C$  带电,但电荷分布在外表面,若使  $D$  接触  $C$  的外表面,  $D$  带电,然后接触  $A$ ,则  $A$  带电,可知操作若干次,观察到  $A$  的箔片张角变大,  $D$  正确。

8. **AC** 若将  $M$  接地,则  $M$  内表面带上一  $Q$  电荷,外表面电荷为零,对球外表现为位置在球心,电荷量为  $-Q$  的点电荷,因而  $Q$  与点电荷对外呈电中性,故  $N$  上没有感应电荷,  $A$  正确;若  $M$  不接地,且  $M$  原来不带电时,将带电的小金属球  $Q$  放入  $M$  的腔中,当静电平衡时,空腔球形导体内壁感应出与  $Q$  电性相反的电荷,外表面感应出与  $Q$  电性相同的电荷,则外表面的电荷能在  $N$  上感应出感应电荷,  $B$  错误,  $C$  正确;若  $M$  不接地,且  $M$  原来带电,当  $M$  与  $Q$  上的电荷的电性相反,电荷量大小相等,  $M$  所带的电荷量只分布在  $M$  的内表面,外表面没有多余的电荷,则  $N$  上没有感应电荷,  $D$  错误。



9. AC 导体处于静电平衡时,内部场强处处为零,则感应电场与外电场在导体内等大反向,而靠近  $P$  的过程中外电场增大,故感应电场增大,两端电荷都增加,A 正确,B 错误;带负电的小球  $P$  距  $M$  点较近,由  $E=k\frac{Q}{r^2}$  可知,小球  $P$  在  $M$  点的场强较大,所以,感应电荷在  $M$  点产生的场强大于在  $N$  点产生的场强,C 正确,D 错误。

10. 电荷  $A$  在  $O$  点的场强  $E_1=\frac{kQ}{(\frac{L}{2})^2}$ ,方向水平向左,电荷  $B$  在  $O$  点的场强  $E_2=\frac{k\cdot 2Q}{(\frac{L}{2})^2}$ ,方向水平向左,由叠

加原理可知,外加电场在  $O$  点的场强  $E=\frac{12kQ}{L^2}$ ,方向水平向左.因为静电平衡状态下的导体其内部的场强处处为零,所以球壳上的感应电荷在  $O$  点处的场强  $E'=\frac{12kQ}{L^2}$ ,方向水平向右。

### 阶段提优 1 电场力的性质的综合应用

1. A 正点电荷仅在静电力作用下由静止释放,从  $A$  点沿电场线运动到  $B$  点,由图可知,正电荷做加速度减小的加速运动,则电场线由  $A$  指向  $B$ ,且  $B$  点的场强较  $A$  点小,可知  $A$  点电场线较  $B$  点密集,A 正确。

2. A 对  $P$ 、 $Q$  整体,根据平衡条件得  $\tan \alpha=\frac{3qE}{3mg}$ ,对  $Q$  根据平衡条件得  $\tan \beta=\frac{2qE}{2mg}$ ,解得  $\alpha=\beta$ ,A 正确。

3. B 根据题意,设小球质量为  $m$ ,电荷量为  $q$ ,绳子的拉力大小为  $F$ ,对小球受力分析,由平衡条件有  $F\cos 30^\circ=mg$ , $Eq=F\sin 30^\circ$ ,解得  $E=\frac{\sqrt{3}mg}{3q}$ , $F=\frac{2\sqrt{3}mg}{3}$ .空气阻力不计,剪断细线后,绳子拉力消失,小球受重力和电场力,合力与原绳子的拉力等大反向,由牛顿第二定律有  $\frac{2\sqrt{3}mg}{3}=ma$ ,解得  $a=\frac{2\sqrt{3}}{3}g$ ,B 正确,A、C、D 错误。

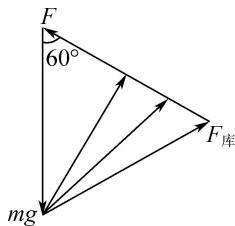
4. D 根据对称性可知, $A$ 、 $C$  处点电荷在  $O$  点处产生的合场强为零,则正方形中心点  $O$  处的电场强度大小等于  $B$  处点电荷在  $O$  点处产生的场强大小,为  $E=E_B=\frac{k\cdot 2Q}{(\frac{\sqrt{2}}{2}a)^2}=\frac{4kQ}{a^2}$ ,D 正确。

5. D 检验电荷绕点电荷  $Q$  做匀速圆周运动,库仑力提供向心力,库仑力方向与速度方向垂直,根据几何关系,可得轨迹半径  $r=L$ ,A 错误;弦  $AB$  对应的圆心角  $\theta=$

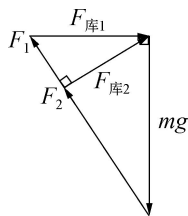
$60^\circ$ ,则检验电荷从  $A$  到  $B$  经历的时间  $t=\frac{\frac{\pi}{3}L}{v}=\frac{\pi L}{3v}$ ,B

错误;两电荷间存在库仑引力,则电荷  $Q$  带负电,库仑力提供向心力  $k\frac{Qq}{L^2}=m\frac{v^2}{L}$ ,解得  $Q=\frac{mv^2L}{kq}$ ,D 正确;根据库仑定律可知,电荷  $Q$  在  $A$ 、 $B$  连线中点  $O$  处的场强大小为  $E_O=k\frac{Q}{(L\sin 60^\circ)^2}=k\frac{Q}{(\frac{\sqrt{3}}{2}L)^2}=\frac{4mv^2}{3Lq}$ ,C 错误。

6. ACD 对小球  $B$  受力分析,小球  $B$  在重力  $mg$ 、库仑力  $F_{\text{库}}$  和细绳拉力  $F$  三个力作用下平衡,如图所示.由图可知,当细绳  $AB$  长度减小且与细杆的夹角不变时,细绳拉力  $F$  逐渐减小,A 错误,B 正确;细绳  $AB$  长度逐渐减小为原来的一半过程中,库仑力减小,两点电荷之间的距离也逐渐减小,根据  $F_{\text{库}}=k\frac{Qq}{r^2}$  可知,小球  $B$  所带的电荷量  $q$  逐渐减小,C、D 错误。



7. ACD 如图所示作出小球受力的矢量三角形,可知将  $P$  沿竖直墙壁缓慢向上移动, $P$  对  $Q$  的作用力一直减小,A 正确;由矢量图可知轻绳的拉力先大于球的重力,后小于球的重力,B 错误;由图可知两球间距变为  $\frac{1}{\cos \theta}$  倍,设初始时  $P$ 、 $Q$  间距离为  $L$ ,根据平衡条件以及库仑定律有  $F_{\text{库}1}=\frac{kq_1q_2}{L^2}=mg\tan \theta$ , $F_{\text{库}2}=\frac{kq_2q_2}{(\frac{L}{\cos \theta})^2}=mg\cdot \sin \theta$ ,可得小球  $P$  的电荷量为  $q_2=\frac{q_1}{\cos \theta}$ ,C 正确;根据平衡条件有  $F_1=\frac{mg}{\cos \theta}$ , $F_2=mg\cos \theta$ ,故  $F_2=F_1\cos^2 \theta$ ,D 正确。



8. BD 电场线密的地方,电场强度大,所以  $E_M<E_N$ ,A 错误; $M$  处场强小,根据  $F=qE$ ,粒子受到的电场力小,由牛顿第二定律知加速度也小,即  $a_M<a_N$ ,B 正确;根据粒子的运动轨迹弯曲方向可以知道,粒子受到的电场力的方向斜向上,若粒子从  $M$  点运动到  $N$  点,电场力方向与速度方向成锐角,电场力做正功,粒子的速度增大,则有  $v_M<v_N$ ,C 错误;粒子受到的电场力的方向斜向上,场强方向也是斜向上,所以粒子为正电荷,D 正确。

9. AC 由题意可知,两带电小球缓慢漏电,则两小球所

受库仑力逐渐减小,根据平衡条件可知,绳子的拉力逐渐减小,则  $b$  所受的拉力也逐渐减小,若  $b$  相对于斜面有向上运动的趋势,则摩擦力减小,若  $b$  相对于斜面有向下运动的趋势,则摩擦力增大,A 正确;将  $b$  和  $c$  看成一个整体,其整体受重力(方向竖直向下),支持力(方向竖直向上),绳子给的拉力(方向沿斜面向上)以及水平地面的摩擦力,根据正交分解法,在竖直方向上,拉力在竖直方向上的分力与支持力的合力等于重力,当拉力减小时,地面对  $c$  的支持力一定变大,在水平方向上,拉力在水平方向上的分力大小等于摩擦力,由平衡条件可知,摩擦力一定向左,当拉力不断减小时,地面对  $c$  的摩擦力不断减小,B、D 错误,C 正确。

10. (1) 两球静止时距  $O$  点距离恰好相等,根据几何关系可知  $\triangle aOb$  为底角等于  $30^\circ$  的等腰三角形,设  $ab$  间的库仑力为  $F$ ,以  $a$  球为研究对象,沿斜杆方向根据受力平衡可得

$$F \cos 30^\circ = m_a g \sin 60^\circ,$$

以  $b$  球为研究对象,水平方向根据受力平衡可得

$$F \cos 30^\circ = f,$$

解得小球  $b$  所受摩擦力大小为  $f = 3\sqrt{3}$  N.

(2) 若撤掉小球  $b$  的同时在水平方向加入匀强电场,仍使小球  $a$  保持静止,以  $a$  球为研究对象,沿斜杆方向根据受力平衡可得

$$|q_a| E \cos 60^\circ = m_a g \sin 60^\circ,$$

解得匀强电场的电场强度大小为

$$E = \frac{m_a g \tan 60^\circ}{|q_a|} = \frac{0.6 \times 10 \times \sqrt{3}}{3 \times 10^{-4}} \text{ N/C} = 2\sqrt{3} \times 10^4 \text{ N/C},$$

方向水平向右。

### 章末提优 1

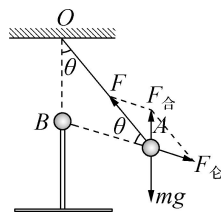
1. C 根据电荷守恒定律,电荷不能消灭,也不能创生,只会发生转移,A 错误;此过程中电荷仍然守恒,电荷没有消失,因为潮湿的空气导电,所以负电荷只是被潮湿的空气导走而已,仍然遵循电荷守恒定律,B、D 错误,C 正确。

2. D 小球  $c$  所受库仑力的合力的方向平行于  $a$ 、 $b$  连线,可知  $a$ 、 $b$  的电荷异号,根据平衡条件得  $k \frac{q_a q_c}{r_{ac}^2} \sin 60^\circ = k \frac{q_b q_c}{r_{bc}^2} \sin 60^\circ$ ,  $r_{ac} = r_{bc}$ ,解得  $\frac{q_a}{q_b} = 1$ ,D 正确。

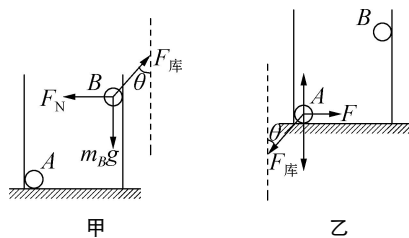
3. D 选项 A、B 的电荷均为正或均为负,则根据电场强度的叠加可知, $P$  点的场强不可能为零,A、B 错误;设  $P$ 、 $Q_1$  间的距离为  $r$ , $Q_1$ 、 $Q_3$  在  $P$  点的合场强与  $Q_2$  在  $P$  点的场强大小相等、方向相反,则有  $\frac{kQ_1}{r^2} \cos 30^\circ + \frac{kQ_3}{(2r)^2} \cos 30^\circ = \frac{kQ_2}{\left(\frac{2\sqrt{3}}{3}r\right)^2}$ ,代入数据得 C 错误,D 正确。

4. A 假设把取走的电荷放置到原位置,A、B 两处的电荷在  $O$  点的电场强度大小分别为  $E_1 = \frac{k\Delta x Q}{2\pi R \cdot R^2}$ ,A、B 两处的电荷在  $O$  点的合电场强度为  $E_2 = 2E_1 \cos 30^\circ$ ,方向由  $O$  指向  $C_1$ ,整个圆环在  $O$  点的合场强为 0,则圆环上剩余的电荷的场强的大小  $E_3 = E_2$ ,方向由  $O$  指向  $C_2$ ,综上可得  $E_3 = \frac{\sqrt{3}k\Delta x Q}{2\pi R^3}$ ,A 正确。

5. D 设 A、B 间距离为  $r$ ,由题可知, $O$ 、B 间距离也为  $r$ ,根据几何关系可得  $2r \cos 37^\circ = L$ ,解得  $r = \frac{5}{8}L$ ,对小球 A 受力分析,如图所示,可知 A、B 间的库仑力与轻绳的合力大小等于  $mg$ ,根据相似三角形原理有  $\frac{OB}{AB} = \frac{F_{\text{合}}}{F_{\text{绳}}} = \frac{mg}{k \frac{q^2}{r^2}}$ ,因  $OB = AB$ ,则可得  $k \frac{q^2}{r^2} = mg$ ,解得  $q = \frac{5}{8} \sqrt{\frac{mgL^2}{k}}$ ,D 正确。

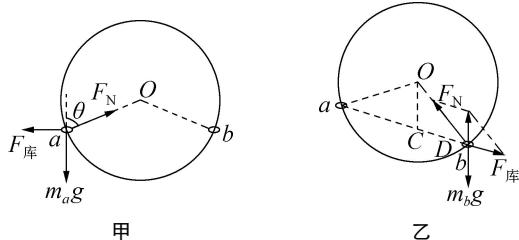


6. D 根据题意,对 B 受力分析,设 A、B 连线与竖直方向夹角为  $\theta$ ,如图甲所示.由平衡条件有  $F_{\text{库}} \cos \theta = m_B g$ ,解得小球 A、B 间的库仑力  $F_{\text{库}} = \frac{m_B g}{\cos \theta}$ .B 下降, $\theta$  变大, $\cos \theta$  变小,库仑力  $F_{\text{库}}$  变大,A、B 错误;根据题意,对 A 受力分析,如图乙所示.由平衡条件有,筒壁对小球 A 的支持力为  $F = F_{\text{库}} \sin \theta$ .由于  $F_{\text{库}}$  和  $\sin \theta$  都变大,则  $F$  变大,由牛顿第三定律可知,小球 A 对筒壁的压力变大,C 错误;以 A、B 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,由牛顿第三定律可知,A 对筒底的压力也等于 A、B 两球的重力,保持不变,D 正确。



7. C 漏电前,带电小环的受力分析如图甲所示,根据几何关系可知  $\tan \theta = \frac{F_{\text{库}}}{m_a g} = \frac{F_{\text{库}}}{m_b g}$ ,则两带电小环质量相等,但电荷量不一定相同,A 错误;对圆环 a 受力分析可知,a 逐渐下降, $\theta$  逐渐减小, $F_N = \frac{mg}{\cos \theta}$ ,故  $F_N$  逐渐减

小,  $b$  对  $a$  的库仑力逐渐减小, B 错误, C 正确; 若  $a$  固定,  $b$  环下落到下方任意一点  $D$  点时, 对  $b$  进行受力分析, 如图乙所示, 由相似三角形可知  $k = \frac{m_b g}{OC} = \frac{F_N}{OD} = \frac{F_{\text{库}}}{CD}$ , 其中  $OC$  逐渐增大, 故  $k$  逐渐减小,  $OD$  不变, 故  $F_N$  逐渐减小, D 错误。



**8. CD** 圆环带电不能看作点电荷, 所以不能利用点电荷的场强公式进行计算, A、B 错误; 根据圆环带电均匀, 可知圆心处合场强为零, 根据对称性, 可知带电金属圆环左右两侧电场对称分布, 在过圆心的直线上, 圆心右侧电场强度方向水平向右, 在圆心的左侧电场强度水平向左, 所以在  $P$  点静止释放一个带负电的点电荷, 该点电荷会向左做加速运动, 到达圆心处速度最大, 然后做减速运动, 到达与  $P$  点对称的左侧某位置速度减为零, 所以点电荷的最大位移为  $2x$ , C 正确; 根据圆环带电均匀, 可知圆心处合场强为零, 圆环两侧无穷远处场强也为零, 根据极限法可知, 在  $O$  点放置一个带正电的点电荷, 给其一个沿  $OP$  方向的初速度, 则该点电荷做加速度先增大后减小的加速运动, D 正确。

**9. BC** 没有挖去小球之前,  $O_2$  点的电场强度是以  $O$  为圆心, 以  $OO_2$  为半径的球体的电荷产生的, 则有  $E_3 = k \frac{Q_3}{(\frac{R}{2})^2}$ , 由于电荷均匀分布, 则有  $Q_3 = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3} \cdot \frac{4}{3}\pi (\frac{R}{2})^3 = \frac{Q}{8}$ , 解得  $E_3 = k \frac{Q}{2R^2}$ ,  $O_2$  点电场强度等于挖去部分与剩余部分的电场强度的矢量和, 挖去部分的半径与上述以  $OO_2$  为半径的球体的电荷量相等, 则剩余部分在  $O_2$  点的电场强度为  $E_2 = E_3 - k \frac{Q_3}{R^2}$ , 解得  $E_2 = k \frac{3Q}{8R^2}$ , C 正确, D 错误。没有挖去小球之前,  $O_1$  点的电场强度是以  $O$  为圆心, 以  $OO_1$  为半径的球体的电荷产生的, 该球体半径等于  $\frac{R}{2}$ , 该球体所带电荷量与以  $OO_2$  为半径的球体的电荷相等, 根据上述可知, 没有挖去小球之前  $O_1$  点的电场强度与没有挖去小球之前  $O_2$  点的电场强度大小相等, 等于  $E_3 = k \frac{Q_3}{(\frac{R}{2})^2}$ , 由于均匀带电

球壳在球壳内部产生的电场强度处处为零, 则挖去部分的电荷量在  $O_1$  点的电场强度为零, 即剩余部分在  $O_1$

点的电场强度等于  $E_1 = E_3 = k \frac{Q_3}{(\frac{R}{2})^2}$ , 解得  $E_1 = k \frac{Q}{2R^2}$ , A 错误, B 正确。

**10. AC** 根据点电荷的电场分布可知, 三个点电荷在  $D$  点的场强大小相等, 方向沿角平分线, 由几何关系可知三个场强间的夹角为  $120^\circ$ , 由矢量合成可知,  $D$  点的场强一定为零, A 正确; 由于  $a$ 、 $b$  在  $E$  点的场强大小相等、方向相反, 故  $E$  点的场强仅由电荷  $c$  决定, 故场强方向向左, 电荷  $c$  在  $E$ 、 $F$  位置的场强大小相同、方向相反, 电荷  $a$ 、 $b$  在  $F$  点的场强矢量和不为零, 则  $E$ 、 $F$  两点的电场强度大小不同, 方向相反, B 错误; 由平行四边形定则可知,  $c$  点电荷受到  $a$ 、 $b$  点电荷的库仑力为  $F_{\text{库}} = 2 \frac{kq^2}{L^2} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}kq^2}{L^2}$ , C 正确; 根据对称性和场强叠加可知  $G$ 、 $H$  两点的电场强度大小相等, 方向不同, D 错误。

#### 11. 2θ 微小量放大 控制变量

**解析:** 设  $A$  球带电荷量为  $q_A$ ,  $C$  球带电荷量为  $q_C$ , 库仑力与旋扭旋转的角度成正比, 则有  $\theta = k_1 F$ , 依题意有  $\theta_1 = k_1 F_1 = k_1 \frac{kq_A q_C}{r^2}$ , 由题可知  $D$  球带电荷量为  $q_D = 3q_C$ ,  $D$  球与  $C$  球接触后分开, 电荷量将均分, 有  $q'_C = \frac{3q_C + q_C}{2} = 2q_C$ , 依题意有  $\theta_2 = k_1 F_2 = k_1 \frac{kq'_C q_A}{r^2} = 2k_1 \cdot \frac{kq_A q_C}{r^2}$ , 联立可得  $\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{1}{2}$ 。把微弱的库仑力转换放大成可以看得到的扭转角度, 并通过扭转角度的大小找出力和距离的关系, 是微小量放大法; 保持电荷量不变, 改变  $A$  和  $C$  的距离可得到  $F$  和  $r$  的关系, 保持  $A$  和  $C$  的距离不变, 改变电荷量  $q$  可得到  $F$  和  $q$  的关系, 这是控制变量法。

#### 12. (1) C (2) B (3) A

**解析:** (1) 设丝线偏离竖直方向的角度为  $\theta$ , 当小球平衡时满足  $F = mg \tan \theta$ , 即为了比较小球在不同位置所受带电体的作用力的大小, 最好的方法是比较丝线偏离竖直方向的角度, C 正确。

(2) 先使小球系于不同位置, 改变两球之间的距离, 比较小球所受作用力的大小, 然后使小球系于同一位置, 增大或减小小球所带的电荷量, 比较小球所受作用力的大小, 上述操作所采用的物理方法是控制变量法, B 正确。

(3) 通过上述操作可以得出结论: 当  $Q_1$ 、 $Q_2$  不变时, 距离  $r$  越大, 静电力  $F$  越小; 当  $Q_1$ 、 $Q_2$  间的距离  $r$  不变时,  $Q_2$  越大, 静电力  $F$  越大, A 正确。

#### 13. (1) 由 $F = \frac{kQq}{r^2}$ 可得

$$F_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-9} \times 1.0 \times 10^{-10}}{0.09} \text{ N} = 1.0 \times$$



$10^{-8}$  N, 方向由  $a$  指向  $O$ .

因点电荷  $q$  受到的是两个电场力的作用, 且两个力方向相同, 所以点电荷  $q$  受到匀强电场的电场力为  $2.0 \times 10^{-8}$  N, 方向水平向左.

由  $E = \frac{F}{q}$  可得  $E_2 = \frac{2 \times 10^{-8}}{1 \times 10^{-10}}$  N/C = 200 N/C, 方向水平向右.

(2) 由于正点电荷形成的电场的场强方向在  $d$  点竖直向上, 由  $E = \frac{F}{q}$  可得  $E_1 = \frac{1.0 \times 10^{-8}}{1.0 \times 10^{-10}}$  N/C = 100 N/C. 匀强电场在  $d$  点的场强方向水平向右, 所以  $d$  点的实际场强为两个场强的叠加.  $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{5} \times 10^2$  N/C.

14. (1) 由题意可知, 带电微粒受到两电荷水平方向的分力大小相等, 即

$$k \frac{qQ_A}{\left(\frac{R}{\sin 37^\circ}\right)^2} \cos 37^\circ = k \frac{qQ_B}{\left(\frac{R}{\sin 53^\circ}\right)^2} \cos 53^\circ,$$

$$\text{解得 } \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{4}{3}.$$

(2) 若  $A$  的电荷量为  $Q_A = 5q$ , 则  $B$  的电荷量为

$$Q_B = \frac{3}{4} Q_A = \frac{15q}{4},$$

$A$ 、 $B$  对带电微粒的库仑力的合力提供向心力, 有

$$F_{\text{合}} = k \frac{qQ_A}{\left(\frac{R}{\sin 37^\circ}\right)^2} \sin 37^\circ + k \frac{qQ_B}{\left(\frac{R}{\sin 53^\circ}\right)^2} \sin 53^\circ = m \frac{v^2}{R},$$

$$\text{解得 } v = q \sqrt{\frac{3k}{mR}}.$$

15. (1) 设小球  $C$  所处位置的电场强度大小为  $E$ , 根据小球  $C$  静止时, 细线张力恰好为零, 对小球受力分析可知  $Eq = mg$ ,

$$\text{代入数据解得 } E = \frac{mg}{q} = 5.4 \times 10^5 \text{ N/C}.$$

(2) 因  $A$ 、 $B$  两点固定有电荷量相等且带正电的小球, 则两个点电荷在小球  $C$  所处位置产生的电场强度的大小相等, 设一个带正电小球在小球  $C$  所处位置产生的电场强度的大小为  $E_1$ ,  $AC$  与  $AB$  的夹角为  $\alpha$ , 由已知条件可知  $\sin \alpha = 0.6$ ,

根据电场的叠加原理可知小球  $C$  所处位置的电场强度  $E = 2E_1 \sin \alpha$ ,

$$\text{解得 } E_1 = \frac{E}{2 \sin \alpha} = 4.5 \times 10^5 \text{ N/C}.$$

$$\text{根据点电荷场强公式 } E = \frac{kQ}{r^2},$$

$$\text{代入数据解得 } Q = 5 \times 10^{-5} \text{ C}.$$

(3) 若给小球  $C$  一初速度, 使小球  $C$  恰能在竖直面内做圆周运动, 则当小球  $C$  到达最高点时, 细线张力为零, 由对称性可知最高点和最低点的电场强度大小相等, 方向相反, 则根据向心力公式有  $Eq + mg = m \frac{v^2}{R}$ ,

$$R = L \sin \alpha,$$

$$\text{代入数据解得 } v = 2\sqrt{3} \text{ m/s}.$$

小球  $C$  从最高点运动到最低点的过程中, 只有重力做功, 根据机械能守恒定律有  $mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2$ ,

$$h = 2R,$$

代入数据解得小球在最低点速度  $v_1 = 6 \text{ m/s}$ .

设小球在最低点时绳子的张力为  $F$ , 根据向心力公式有

$$2F \sin \alpha + Eq - mg = m \frac{v_1^2}{R},$$

代入数据解得  $F = 5 \text{ N}$ .

## 真题小练

1. D 设  $F$ - $q$  图像的横坐标单位长度电荷量为  $q_0$ , 纵坐标单位长度的力大小为  $F_0$ . 根据  $E = \frac{F}{q}$ , 可知  $F$ - $q$  图像

斜率表示电场强度, 由图可知  $E_a = \frac{4F_0}{q_0}$ ,  $E_b = \frac{F_0}{q_0}$ , 故

$$\frac{E_a}{E_b} = 4:1, \text{ D 正确}.$$

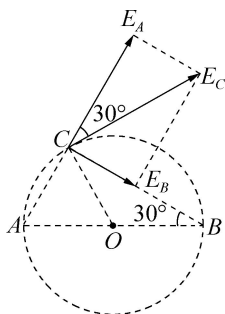
2. B 设  $Q$  和  $P$  两球之间的库仑力为  $F$ , 绳子的拉力分别为  $T_1$ 、 $T_2$ , 两球质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ , 带电荷量分别为  $q_1$ 、 $q_2$ , 细绳与竖直方向夹角为  $\theta$ . 对于小球  $Q$  有  $q_1 E + T_1 \sin \theta = F$ ,  $T_1 \cos \theta = m_1 g$ ; 对于小球  $P$  有  $q_2 E + F = T_2 \sin \theta$ ,  $T_2 \cos \theta = m_2 g$ , 联立有  $q_1 E = F - T_1 \sin \theta > 0$ ,  $q_2 E = T_2 \sin \theta - F > 0$ , 所以可得  $T_2 > T_1$ , 又因为  $\frac{T_1}{T_2} =$

$\frac{m_1}{m_2}$ , 可知  $m_2 > m_1$ , 即  $P$  的质量一定大于  $Q$  的质量. 两小球的电荷量无法判断, B 正确.

3. B 根据题意可知两电荷为异种电荷, 假设  $q_A$  为正电荷,  $q_B$  为负电荷, 两电荷在  $C$  点的场强如图所示, 设圆的半径为  $r$ , 根据几何知识可得  $r_{AC} = r$ ,  $r_{BC} = \sqrt{3}r$ ,

$$\tan 60^\circ = \frac{E_A}{E_B}, \text{ 同时有 } E_A = \frac{kq_A}{(r_{AC})^2}, E_B = \frac{kq_B}{(r_{BC})^2}, \text{ 解得}$$

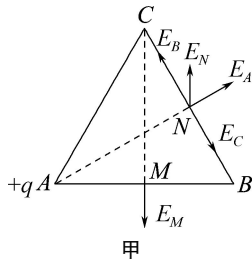
$$\frac{q_A}{q_B} = \frac{\sqrt{3}}{3}, \text{ B 正确}.$$



4. D B 点、 $C$  点的电荷在  $M$  处的场强的合场强为  $E = 2 \frac{kq}{\left(\frac{\sqrt{3}}{3}a\right)^2} \cos 60^\circ = \frac{3kq}{a^2}$ , 因  $M$  点的合场强为 0, 因此带电

细杆在  $M$  点的场强  $E_M = E$ , 由对称性可知带电细杆在  $A$  点的场强为  $E_A = E_M = E$ , 方向竖直向上, 因此  $A$  点合场强为  $E_{\text{合}} = E_A + 2 \frac{kq}{a^2} \cos 30^\circ = \frac{kq}{a^2} (\sqrt{3} + 3)$ , D 正确.

5. (1) 因为  $M$  点电场强度竖直向下, 则  $C$  为正电荷, 根据场强的叠加原理, 可知  $A$ 、 $B$  两点的电荷在  $M$  点的电场强度大小相等, 方向相反, 则  $B$  点电荷带电荷量也为  $q$ , 电性与  $A$  相同, 又  $N$  点电场强度竖直向上, 可得  $A$  处电荷在  $N$  点的场强垂直  $BC$  沿  $A$ 、 $N$  连线向右上, 如图甲所示, 则  $A$  处电荷为正电荷. 根据上述分析可知  $A$ 、 $B$ 、 $C$  均为正电荷.

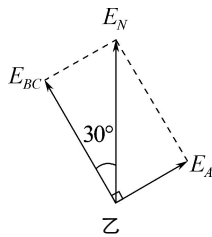


(2) 作出  $N$  点场强, 如图乙所示. 由几何关系可知  $E_A = E_{BC} \cdot \tan 30^\circ = (E_B - E_C) \tan 30^\circ$ ,

$$\text{即 } \frac{kq}{AN^2} = \frac{\sqrt{3}}{3} \left( \frac{kq}{BN^2} - \frac{kq_C}{CN^2} \right),$$

其中  $AN = \sqrt{3}BN = \sqrt{3}CN$ ,

$$\text{解得 } q_C = \frac{(3 - \sqrt{3})}{3} q.$$



## 第十章 静电场中的能量

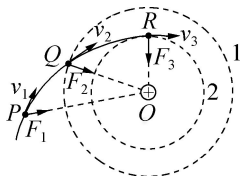
### 限时小练 5 电势能和电势

1. C 静电力做功与电荷经过的路径无关, 电荷沿直线  $AB$ 、折线  $ACB$ 、曲线  $ANB$  运动, 其初、末位置相同, 静电力做功相同, 均为  $W = qEd$ , C 正确.

2. B 由“近异远同”可知尖端感应出大量的正电荷, A 错误; 在避雷针和云层之间, 电场线由避雷针指向云层, 沿电场线的方向电势降低, 可知  $b$  点的电势高于  $a$  点的电势, B 正确; 由题图乙可知  $b$  点电场线比  $a$  点电场线密, 根据电场线越密, 电场强度越大, 可知  $b$  点电场强度大于  $a$  点电场强度大小, C 错误; 试探电荷带负电, 由  $E_p = q\varphi$  可知, 试探电荷在  $a$  点的电势能大于其在  $b$  点的电势能, 正电荷在电势高的地方电势能大; 负电荷在电势低的地方电势能大, D 错误.

**易错点拨** 若某点的电势为正值表示该点的电势高于零电势; 若某点的电势为负值表示该点的电势低于零电势. 显然, 电势的正负只表示大小, 不表示方向.

3. B 如图所示, 由物体做曲线运动的特点知, 合力指向曲线弯曲的凹侧, 故该粒子与带正电的点电荷相互吸引, 该粒子一定带负电荷, A 正确; 由题图知,  $OP > OQ$ , 由静电力公式  $F = k \frac{Qq}{r^2}$ , 可知  $F_1 < F_2$ . 由牛顿第二定律知, 粒子在  $P$  点加速度比  $Q$  点加速度小, B 错误; 由图知, 粒子在  $R$  点速度与圆 2 相切, 若  $F_3 = m \frac{v_3^2}{r_2}$ , 粒子从  $P$  点运动到  $R$  点



后有可能继续沿圆 2 轨迹做圆周运动, C 正确; 由图知, 粒子从  $P$  点运动到  $R$  点(不含)的过程中速度方向与电场线方向的夹角一直为钝角, D 正确.

4. D 金属块滑下的过程中动能增加了 12 J, 由动能定理知合外力做功 12 J, 其中包括重力、摩擦力和电场力做功, 摩擦力做功  $W_f = -8$  J, 重力做功  $W_G = 24$  J, 所以可得电场力做功  $W_E = -4$  J, 电场力做负功, 金属块带正电, 电势能增加了 4 J, A、B、C 错误; 由功能关系可知机械能的变化  $\Delta E = W_f + W_E = -12$  J, 即机械能减少 12 J, D 正确.

5. D 场强大小取绝对值, 为  $E = \frac{F}{q}$ , A 错误; 将负电荷从  $a$  移动到  $b$ , 电势能减小, 电场力做正功, 可知从  $a$  到  $b$  到  $c$ , 电势越来越高, B 错误; 电势能减小, 则电场力做正功, C 错误; 反之, 电荷由  $c$  至  $b$  电场力做负功, 电势能增加, 且  $ab = bc$ , 故增加值为  $W$ , D 正确.

**易错点拨** 电场计算时正、负号的选择问题

场强公式  $E = \frac{F}{q}$ , 检验电荷为负电荷时, 不能带负号计算, 计算电场力做的功  $W_{AB} = E_{pA} - E_{pB} = q(\varphi_A - \varphi_B)$ , 公式中的各量均要带正、负号运算, 同时应注意过程所对应的下标的顺序. 在匀强电场中可直接利用  $W = Fl \cos \alpha$  求解电场力做功问题.

6. AC 根据  $E = k \frac{Q}{r^2}$ , 从  $b$  点沿  $cb$  延长线向左, 距离点电荷的距离先减小后增加, 则电场强度的大小先增大后减小, A 正确; 距离负电荷越远电势越高, 则从  $c$  点沿  $bc$

## 限时小练 6 电势差

延长线向右,电势一直升高,B错误;因 $b$ 点的电势低于 $c$ 点,则正电荷在 $b$ 点的电势能比其在 $c$ 点的电势能小,C正确;因 $-Q$ 对负电荷有斥力,则将负电荷从 $b$ 点移动到 $c$ 点,静电斥力与位移夹角小于 $90^\circ$ ,电场力所做的总功为正,D错误.

7. ACD 带负电粒子从 $x_1$ 运动到 $x_2$ 的过程中电势能减小,则电场力做正功,A正确;电场力做正功,说明粒子所受的电场力方向沿 $x$ 轴正方向,又粒子带负电,故电场强度方向沿 $x$ 轴负方向,B错误;根据 $\Delta E_p = -F\Delta x$ ,知 $E_p-x$ 图像斜率的绝对值等于电场力,由图知,粒子在 $x_1$ 处所受的电场力小于在 $x_2$ 处所受的电场力,因此 $x_1$ 处的电场强度大小小于 $x_2$ 处的电场强度的大小,C正确;电场强度方向沿 $x$ 轴负方向,根据顺着电场线方向电势逐渐降低,可知 $x_1$ 处的电势比 $x_2$ 处的电势低,D正确.

8. ACD 粒子做曲线运动,受电场力指向曲线弯曲的内侧,所以粒子所受的电场力沿电场的反方向,B错误;粒子受到的电场力水平向左,在向右运动的过程中,电场力对粒子做负功,粒子的速度减小,运动到 $M$ 点时,粒子的速度最小,A正确;粒子在电场中只受恒定的电场力作用,所以粒子的加速度不变,C正确;粒子向右运动时电场力做负功,电势能增加,粒子向左运动时电场力做正功,电势能减小,D正确.

9. BD 由题意可知 $O$ 点合场强为零,根据同种电荷之间电场线的分布可知, $aO$ 之间电场线由 $a$ 到 $O$ ,故 $a$ 点电势高于 $O$ 点电势,A错误;同理,根据同种电荷电场线分布可知, $b$ 点电势低于 $c$ 点电势,B正确;根据电场线分布可知,负电荷从 $a$ 到 $b$ ,电场力做负功,电势能增加,即该试探电荷在 $a$ 点的电势能小于在 $b$ 点的电势能,C错误;同理,根据电场线分布可知,负电荷从 $c$ 点到 $d$ 点,电场力做负功,电势能增加,即该试探电荷在 $c$ 点的电势能小于在 $d$ 点的电势能,D正确.

10. (1) 从 $B$ 点移到无穷远处,静电力做功 $8 \times 10^{-5} \text{ J}$ ,则 $W = E_{pB} - E_{p\infty} = E_{pB}$ ,

所以电荷 $q_1$ 在 $B$ 点的电势能 $E_{pB} = 8 \times 10^{-5} \text{ J}$ ,

把 $q_1 = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的试探电荷从 $A$ 点移到 $B$ 点,静电力做功 $5 \times 10^{-5} \text{ J}$ ,则 $W' = E_{pA} - E_{pB}$ ,

所以 $E_{pA} = 1.3 \times 10^{-4} \text{ J}$ .

(2) 根据 $E_p = q\varphi$ ,可知 $\varphi_A = \frac{E_{pA}}{q_1} = 65 \text{ V}$ , $\varphi_B = \frac{E_{pB}}{q_1} = 40 \text{ V}$ .

(3)  $q_2 = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的电荷在 $A$ 、 $B$ 两点的电势能为 $E'_{pA} = q_2\varphi_A = -1.3 \times 10^{-4} \text{ J}$ , $E'_{pB} = q_2\varphi_B = -8 \times 10^{-5} \text{ J}$ .

1. B 根据电势差定义公式 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 分析得知,两点间的电势差等于单位正电荷从其中一点移到另一点时,电场力所做的功,电势差大小与电势零点的选取无关,A错误,B正确;根据 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 可知,在两点间移动电荷时,电场力做功的多少跟这两点间的电势差有关,C错误;两点间的电势差是由电场本身决定的,与检验电荷无关,D错误.

## 常用结论

电场中某两点的电势差大小是由电场本身的性质决定的,与在该点是否放有电荷及所放电荷的电荷量和电势能均无关.

2. D 由 $W_{AB} = qU_{AB} = q(\varphi_A - \varphi_B)$ ,可得 $\varphi_A = -8 \text{ V}$ ,故A错误;由 $W_{BC} = qU_{BC} = q(\varphi_B - \varphi_C)$ ,可得 $\varphi_C = -4 \text{ V}$ ,则 $A$ 、 $C$ 两点间的电势差 $U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C = -4 \text{ V}$ ,故B、C错误;点电荷 $P$ 在 $C$ 点具有的电势能为 $E_p = q\varphi_C = 1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$ ,故D正确.

3. B 电子带负电荷,电子由 $M$ 点分别运动到 $N$ 点和 $P$ 点的过程中,电场力所做的负功相等,有 $W_{MN} = W_{MP} < 0$ ,而 $W_{MN} = qU_{MN}$ , $W_{MP} = qU_{MP}$ , $q < 0$ ,所以有 $U_{MN} = U_{MP} > 0$ ,即 $\varphi_M > \varphi_N = \varphi_P$ ,故电场方向沿直线 $a$ (或 $b$ )向下,所以 $NP$ 和 $MQ$ 分别是两条等势线,有 $\varphi_M = \varphi_Q$ ,A错误,B正确;电子由 $M$ 点到 $Q$ 点的过程中, $W_{MQ} = q(\varphi_M - \varphi_Q) = 0$ ,电子由 $P$ 点到 $Q$ 点的过程中, $W_{PQ} = q(\varphi_P - \varphi_Q) > 0$ ,C、D错误.

4. A 质子带正电,受到的电场力方向指向低等势面,与场强方向一致,则源电荷为正电荷,A正确;根据题设条件无法求出等势面 $b$ 上的电场强度大小,B错误;根据相邻等势面间的电势差相等,有 $\varphi_a - \varphi_b = \varphi_b - \varphi_c$ ,解得 $\varphi_b = 15 \text{ V}$ ,则质子经过等势面 $b$ 的电势能为 $E_{pb} = e\varphi_b = 15 \text{ eV}$ ,C错误;质子由 $c$ 到 $a$ ,由能量守恒定律,得 $e\varphi_c +$

$E_{kc} = e\varphi_a + E_{ka}$ ,解得 $E_{ka} = 5 \text{ eV}$ ,又 $\frac{E_{kc}}{E_{ka}} = \frac{\frac{1}{2}mv_c^2}{\frac{1}{2}mv_a^2}$ ,解得

$\frac{v_c}{v_a} = \sqrt{3}$ ,D错误.

5. D 电场线的疏密可表示电场的强弱,等差等势面的疏密也可表示电场的强弱, $a$ 点处等差等势面较稀疏,则 $a$ 点场强小于 $b$ 点场强,A错误;由电子的运动轨迹可知,沿管轴的电场力方向向右,则场强方向向左, $a$ 点电势低于 $b$ 点电势,B错误;由于 $a$ 点电势低于 $b$ 点电势,则电子在 $a$ 点的电势能大于在 $b$ 点的电势能,电子在 $a$ 点的动能小于 $b$ 点的动能,C错误,D正确.



**方法技巧** 带电粒子运动轨迹的分析

(1) 判断速度方向:带电粒子运动轨迹上某点的切线方向为粒子在该点处的速度方向。

(2) 判断电场力(或场强)的方向:仅受电场力作用时,带电粒子所受电场力方向指向轨迹的凹侧,再根据粒子的正、负判断场强的方向。

(3) 判断电场力做功的正、负及电势能的增减:若电场力与速度方向成锐角,则电场力做正功,电势能减少;若电场力与速度方向成钝角,则电场力做负功,电势能增加。

**6. BC** A、B 两点间的电势差  $U_{AB}$  由电场决定,与两点间电荷量  $q$  及  $W_{AB}$  无关,与是否移动电荷也没有关系,A 错误,C 正确;A、B 两点间的电势差  $U_{AB}$  由电场决定,在不变的电场中,A、B 两点间的电势差不变,故不同的电荷从 A 点移动到 B 点,电场力做的功  $W_{AB}$  和电荷量  $q$  成正比,B 正确; $W_{AB}$  与  $q$ 、 $U_{AB}$  有关,与电荷移动的路径无关,D 错误。

**7. AD** 由  $E_p = q\varphi$ ,可得 M 点的电势  $\varphi_M = \frac{E_{pM}}{q} = \frac{6}{3} \text{ V} = 2 \text{ V}$ ,N 点的电势  $\varphi_N = \frac{E_{pN}}{q} = \frac{12}{3} \text{ V} = 4 \text{ V}$ ,A 正确;M、N 两点的电势差为  $U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N = -2 \text{ V}$ ,B 错误;M、N 两点的电势差与零电势点的选取无关,若令 M 点的电势为零,则 M、N 两点的电势差  $U_{MN} = -2 \text{ V}$ ,C 错误;若令 M 点的电势为零,则  $\varphi'_M = 0$ 。由  $U_{MN} = \varphi'_M - \varphi'_N = -2 \text{ V}$ ,可得  $\varphi'_N = 2 \text{ V}$ ,则该电荷在 N 的电势能为  $E'_{pN} = q\varphi'_N = 6 \text{ J}$ ,D 正确。

**8. BC** 由题意可知,小球带正电,在 A 点时  $mg \sin 30^\circ - k \frac{qQ}{L^2} = ma_A = \frac{1}{4} mg$ ,设平衡位置距离 C 点为  $x$ ,则有  $mg \sin 30^\circ = k \frac{qQ}{x^2}$ ,解得  $x = \frac{\sqrt{2}}{2} L$ ,则速度最大的位置在 B、D 之间,A 错误;在 B 位置时  $k \frac{qQ}{(\frac{L}{2})^2} - mg \sin 30^\circ = ma_B$ ,解得  $a_B = \frac{g}{2}$ ,方向沿斜面向上,B 正确;从 A 到 B,根据动能定理  $U_{AB} \cdot q + mg \sin 30^\circ \cdot \frac{L}{2} = 0$ ,又  $k \frac{qQ}{L^2} = \frac{1}{4} mg$ ,解得  $U_{AB} = -\frac{kQ}{L}$ ,C 正确,D 错误。

**9. CD** 点电荷的等势面是以点电荷为圆心的同心圆(球)面。O 到 P 点距离比 A、B、C 三点到 P 点距离短,故电势比 A、B、C 三点电势低,又 O 点为底面 ABC 上的一点,故底面 ABC 不为等势面,A 错误;点电荷电场强度大小为  $E = k \frac{Q}{r^2}$ ,A、B、C 三点到 P 点距离相同,故三点电场强度大小相等,但方向不同,故 A、B、C 三点的电场强度不相同,B 错误;B、C 两点到 P 点距离相等,两

点电势相等,则  $\varphi_B - \varphi_D = \varphi_C - \varphi_D$ ,C 正确;B、C 两点到 P 点距离相等,两点电势相等,D 点到 P 点距离小于 B、P 或 C、P 两点距离,故 D 的电势低于 B、C 两点电势,故正试探电荷从 B 点沿直线 BC 经过 D 点移动到 C 点,电势能先减小后增大,故静电力对该试探电荷先做正功后做负功,D 正确。

**10. (1)** 点电荷由 A 点移到 B 点克服静电力做功,即静电力做负功,则  $W_{AB} = -6 \times 10^{-4} \text{ J}$ ,则有

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-6 \times 10^{-4}}{-3 \times 10^{-6}} \text{ V} = 200 \text{ V},$$

同理可得

$$U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = \frac{9 \times 10^{-4}}{-3 \times 10^{-6}} \text{ V} = -300 \text{ V},$$

$$U_{CA} = U_{CB} + U_{BA} = -U_{BC} + (-U_{AB}) = (300 - 200) \text{ V} = 100 \text{ V}.$$

(2) 若  $\varphi_B = 0$ ,由  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$  可得

$$\varphi_A = U_{AB} = 200 \text{ V},$$

由  $U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C$  可得

$$\varphi_C = \varphi_B - U_{BC} = 300 \text{ V}.$$

(3) 若  $\varphi_B = 0$ ,则电荷在 A 点的电势能  $E_{pA} = q\varphi_A = -6 \times 10^{-6} \times 200 \text{ J} = -1.2 \times 10^{-3} \text{ J}$ ,

电荷在 C 点的电势能  $E_{pC} = q\varphi_C = -6 \times 10^{-6} \times 300 \text{ J} = -1.8 \times 10^{-3} \text{ J}$ 。

**易错点拨**

公式  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$  中各量均有正负,要带正负号进行运算。计算中  $W$  与  $U$  的角标要对应,即  $W_{AB} = qU_{AB}$ ,  $W_{BA} = qU_{BA}$ 。

**限时小练 7 电势差和电场强度的关系**

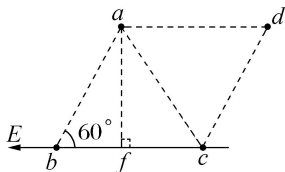
**1. B** 根据  $W_{AB} = U_{AB}q$ ,解得  $U_{AB} = 2 \text{ V}$ ,A 错误,B 正确;匀强电场的电场强度与电势差的关系  $E = \frac{U}{d}$  其中  $d$  为 A、B 连线沿电场线方向的距离,不一定是两点之间的距离,所以不能求出电场强度,C 错误;从 A 点移至 B 点,电场力做正功,电势能减小,正电荷电势能减小,电势降低,所以 A 点电势高,D 错误。

**2. C** 由题意可知 AC 为一条等势线,过点 B 作 AC 的垂线交 AC 于点 D,根据沿电场线电势降低可知电场强度的方向沿 DB 方向,A 错误;电场强度的大小为  $E = \frac{U_{DB}}{d_{DB}} = \frac{U_{DB}}{BC \sin 30^\circ} = \frac{5 - (-1)}{4 \times \frac{1}{2} \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 300 \text{ V/m}$ ,B 错

误;AC 为一条等势线,故一个电子从 A 点移动到 C 点,电场力做功为零,C 正确;一个电子从 B 点移动到 C 点,电场力做功为  $W = U_{BC}q = (-1 - 5) \times (-1) \text{ eV} = 6 \text{ eV}$ ,D 错误。

**3. D** 因  $\varphi_a - \varphi_b = \varphi_d - \varphi_c$  可得  $\varphi_c = 6 \text{ V}$ ,A 错误;bc 边

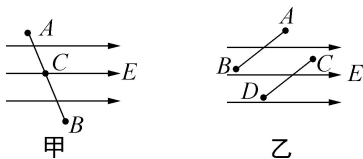
中点  $f$  电势为  $\varphi_f = \frac{\varphi_b + \varphi_c}{2} = 2 \text{ V}$ , B 错误; 因  $af$  电势相等, 则  $af$  为一条等势线, 场强方向垂直  $af$ , 方向由  $c$  指向  $b$ , 如图所示, C 错误; 匀强电场的场强大小为  $E = \frac{U_{cb}}{l} = \frac{6 - (-2)}{0.04} \text{ V/m} = 200 \text{ V/m}$ , D 正确.



## 常用结论

(1) 匀强电场中的任意线段  $AB$  的中点的电势:  $\varphi_c = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2}$ , 如图甲所示.

(2) 匀强电场中若两线段  $AB \parallel CD$ , 且  $AB = CD$ , 则  $U_{AB} = U_{CD}$  (或  $\varphi_A - \varphi_B = \varphi_C - \varphi_D$ ), 如图乙所示.



4. D 电场线分布的疏密程度表示电场的强弱, 根据题图可知,  $M$ 、 $N$  两点之间任意位置电场线分布比  $O$ 、 $M$  两点之间任意位置的电场线分布均要密集一些, 则  $M$ 、 $N$  两点之间任意位置的电场强度比  $O$ 、 $M$  两点之间任意位置的电场强度均要大一些, 由于  $OM = MN$ , 根据  $U = Ed$  可知,  $M$ 、 $N$  两点的电势差大于  $O$ 、 $M$  两点的电势差, C 错误; 根据上述分析可知,  $O$  点的电场强度一定比  $N$  点的电场强度小, B 错误; 根据上述分析可知  $U_{OM} < U_{MN}$ , 由于  $U_{OM} = \varphi_O - \varphi_M$ ,  $U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N$ , 解得  $\varphi_M > -6 \text{ V}$ , A 错误; 沿电场线方向电势降低, 则有  $\varphi_O > \varphi_N$  由于  $E_{PO} = -e\varphi_O$ ,  $E_{PN} = -e\varphi_N$ , 可知  $E_{PO} < E_{PN}$ , 即电子在  $O$  点的电势能小于其在  $N$  点的电势能, D 正确.

5. D 在  $\varphi-x$  图像中, 图线的切线斜率绝对值等于电场强度沿  $x$  轴方向上分量的大小, 可知  $E_{Bx} > E_{Cx}$ , A 错误; 沿电场方向电势降低, 在  $O$  点左侧,  $E_x$  的方向沿  $x$  轴负方向, 在  $O$  点右侧,  $E_x$  的方向沿  $x$  轴正方向, 负电荷沿  $x$  轴从  $B$  移到  $C$  的过程中, 电场力先做正功后做负功, B 错误, D 正确; 由图像可知  $O$  点场强在  $x$  轴方向上的分量最小, 电荷在  $O$  点受到的电场力在  $x$  轴方向上的分量最小, C 错误.

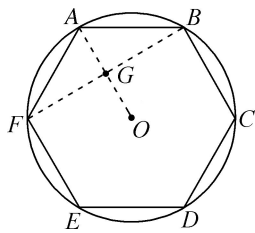
6. BC D 点的电势为  $\varphi_D = \frac{\varphi_A + \varphi_C}{2} = 8 \text{ V}$ , 可知  $BD$  是一条等势线, 因三角形  $ABC$  为等边三角形, 则  $BD$  过  $O$  点,  $O$  点电势为  $8 \text{ V}$ , A 错误; 根据几何关系可知,  $BD$  垂直于  $AC$ , 则电场线方向平行于  $AC$ ,  $C$  点电势大于  $A$  点电势, 电场方向由  $C$  指向  $A$ , 电场强度为  $E = \frac{U_{CA}}{d} =$

$\frac{12-4}{5 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 160 \text{ V/m}$ , B 正确;  $F$  点电势为  $\varphi_F = \frac{\varphi_B + \varphi_C}{2} = 10 \text{ V}$ , 则将电子由  $F$  点移到  $C$  点, 电子的电势能变化为  $\Delta E_p = q\Delta\varphi = -e(\varphi_C - \varphi_F) = -2 \text{ eV}$ , C 正确; 在三角形  $ABC$  内切圆的圆周上, 电势最低的点为沿电场线方向距离  $O$  点最远的点, 过  $O$  点平行于  $AC$  的直径与圆周的两个交点中, 离  $A$  点较近的点为电势最低的点, 离  $C$  点较近的点为圆周上电势最高的点, D 错误.

7. BD 因为  $\varphi_O = \frac{\varphi_A + \varphi_C}{2} = \varphi_B$ , 可见  $OB$  位于一个等势面上, 电场线方向由高电势指向低电势, 所以场强的方向由  $C$  指向  $A$ , A 错误, B 正确; 由  $E = \frac{U}{d}$  可知  $E = \frac{1}{0.02} \text{ V/m} = 50 \text{ V/m}$ , C 错误, D 正确.

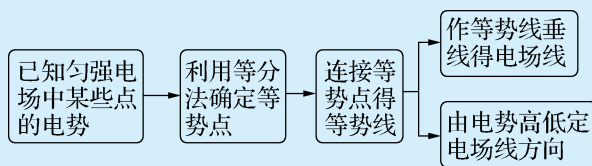
8. BC 带电油滴静止, 则  $mg = Eq = \frac{U}{d}q$ , 解得  $q = \frac{mgd}{U}$ , A 错误; 两极板间的电场强度为  $E = \frac{U}{d}$ , B 正确; 减小两极板间的电压, 电场强度减小, 则  $mg > Eq$ , 油滴将向下加速运动, C 正确; 将下极板向下移动一小段距离, 板间距离增大, 电场强度减小, 油滴将向下加速运动, D 错误.

9. AD 连接  $FB$ 、 $AO$  交于点  $G$ , 如图所示, 由几何关系可知,  $G$  为  $FB$  的中点, 则  $G$  点的电势为  $\varphi_G = \frac{\varphi_F + \varphi_B}{2} = 10 \text{ V}$ , 故  $AO$  为等势线, 即  $O$  点的电势为



$10 \text{ V}$ , A 正确; 根据题意可知  $U_{BA} = \varphi_B - \varphi_A = 5 \text{ V}$ , 将一质子由  $B$  点移到  $A$  点, 电场力对质子做功为  $W_{BA} = eU_{BA} = 5 \text{ eV}$ , 为正功, B 错误; 根据负电荷在低电势处电势能较大, 可知电子在  $A$  点的电势能小于在  $F$  点的电势能, C 错误; 由 A 选项分析可知, 电场线沿  $BF$  方向, 由几何关系得  $FB = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$ , 由  $E = \frac{U}{d}$  可得, 匀强电场的电场强度大小为  $E = \frac{U_{BF}}{d} = \frac{100}{3} \text{ V/m}$ , D 正确.

### 方法技巧 等分法计算匀强电场中的电势或电场强度的思路



10. (1)  $B$ 、 $C$  两点的电势差  $U_{BC} = \frac{W}{q} = -20 \text{ V}$ . 检验电荷从  $A$  点移动到  $B$  点时电场力做功为零, 则  $A$ 、 $B$  两点等电势,  $A$ 、 $C$  两点的电势差  $U_{AC} = U_{BC} = -20 \text{ V}$ .

(2) A、B 两点等电势, A、B 两点在同一等势线上, 电场强度方向垂直于等势线, 根据几何关系, C 到 A、B 所在直线的垂直距离  $d = \sqrt{3}$  cm,

匀强电场的电场强度大小  $E = \frac{|U_{BC}|}{d} = \frac{2\,000\sqrt{3}}{3}$  V/m.

(3) A、D 两点的电势差  $U_{AD} = \frac{U_{AC}}{2} = -10$  V,

所以 D 点电势  $\varphi_D = 10$  V,

移动到 D 点时检验电荷的电势能  $E_p = q\varphi_D = -1.0 \times 10^{-7}$  J.

### 限时小练 8 电容器的电容(课时 1)

1. D 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, 则带电荷量最多为  $Q = UC = 1.5 \times 10^{-5} \times 450$  C =  $6.75 \times 10^{-3}$  C, A、B 错误; 一般电容器出厂后电容大小固定不变, C 错误; 由公式  $C = \frac{Q}{U} = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$  可得,  $\Delta Q = C\Delta U = 1.5 \times 10^{-5} \times 10$  C =  $1.5 \times 10^{-4}$  C, D 正确.

2. D 电容表征电容器容纳电荷的本领大小, 由电容器本身的特性决定, 与两极板间的电压、所带的电荷量无关. 电容器所带的电荷量越多, 两板间电压越大, 电容  $C = \frac{Q}{U}$  不变, A 错误; 电容器两极板间的电压越高, 所带的电荷量越多, 电容  $C = \frac{Q}{U}$  不变, B 错误; 电容器所带电荷量增加一倍, 两极板间的电压增加一倍, 电容  $C = \frac{Q}{U}$  不变, C 错误; 电容的物理意义是表征电容器容纳电荷本领的大小, D 正确.

3. D 根据公式  $C = \frac{Q}{U}$ ,  $E = \frac{U}{d}$ ,  $F = Eq$  可得该电荷受到的电场力大小为  $F = \frac{Qq}{Cd}$ , 沿电场方向的位移为  $x = s \sin 30^\circ = \frac{1}{2}s$ , 故电场力做功为  $W = Fx = \frac{Qq}{Cd} \cdot \frac{s}{2} = \frac{Qqs}{2Cd}$ , D 正确.

**规律总结** 由平行板电容器的电容  $C$  和带电荷量  $Q$ , 根据电容的定义式求出板间电压  $U$ . 由  $E = \frac{U}{d}$  求出板间场强. 电场力做功和重力做功类似, 与路径无关, 根据功的计算公式求解电场力对试探电荷所做的功.

4. A 根据电容器电容的决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知, 当云层底面积增大时, 正对面积  $S$  增大, 该电容器的电容  $C$  将增大, A 正确; 根据电容器电容的决定式可知, 当云层向下靠近地面时,  $d$  减小, 该电容器的电容  $C$  将增大, B 错误; 当云层向下靠近地面时, 该电容器的电容  $C$  增大, 根

据电容器电容的定义式  $C = \frac{Q}{U}$  可知, 由于电荷量  $Q$  不变, 则云层和地面间的电势差将减小, C 错误; 根据电场强度与电势差的关系  $E = \frac{U}{d}$ , 再联立电容器电容的决定式和定义式可得  $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ , 则当云层向下靠近地面时, 云层和地面间的电场强度将不变, D 错误.

5. A 实验前, 只用带电玻璃棒与电容器  $a$  板接触, 由于静电感应, 在  $b$  板上将感应出异种电荷, A 正确;  $b$  板向上平移, 正对面积  $S$  变小, 由  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  知, 电容  $C$  变小, 由  $C = \frac{Q}{U}$  知,  $Q$  不变,  $U$  变大, 因此静电计指针的张角变大, B 错误; 插入有机玻璃板, 相对介电常数  $\epsilon_r$  变大, 由  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  知, 电容  $C$  变大, 由  $C = \frac{Q}{U}$  知,  $Q$  不变,  $U$  变小, 因此静电计指针的张角变小, C 错误; 由  $C = \frac{Q}{U}$  知, 实验中, 只增加极板带电荷量, 静电计指针的张角变大, 是由  $C$  不变,  $U$  变大导致的, D 错误.

6. AC 电容器的电容由电容器本身性质决定, 充放电不改变其电容, A 正确, B 错误; 根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d} = \frac{Q}{U}$  可知, 若  $Q$  不变, 顶端离地面越近, 即  $d$  越小, 则  $C$  越大, 所以  $U$  越小, C 正确, D 错误.

7. BC 由  $Q = CU$  知,  $U$  降低,  $Q$  减小, 故为放电过程, A 错误, B 正确;  $C = \frac{Q}{U} = \frac{0.2}{40}$  F =  $5 \times 10^{-3}$  F, C 正确;  $\Delta Q = C\Delta U = 5 \times 10^{-3} \times 4$  C = 0.02 C, D 错误.

8. CD 上极板下移时, 则  $d$  减小, 由  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知  $C$  增大, A 错误; 由带电油滴原来处于平衡状态可知电场力方向竖直向上, 根据电场强度方向向下, 可知油滴带负电, B 错误; 平行板电容器的上极板竖直向下移动一小段距离, 由于电容器两板带电荷量不变, 根据  $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$  可知, 板间场强不变, 油滴所受

的电场力不变, 则油滴仍静止, C 正确; 场强  $E$  不变, 而  $P$  点与下极板间的距离不变, 则由公式  $U = Ed$  分析可知,  $P$  点与下极板间电势差将不变, 则  $P$  点的电势不变, D 正确.

9. (2) 从右向左 (4)  $2.7 \times 10^{-3}$  (5)  $3.4 \times 10^{-4}$

**解析:** (2) 开关  $S$  与 1 端相连, 电源给电容器充电, 电容器上极板与电源正极相连, 上极板带正电; 开关  $S$  掷向 2 端, 电容器放电, 流过电阻  $R$  的电流方向为从右向左(电流从电容器正极板出发经  $R$  到负极板).

(4)  $i-t$  曲线与坐标轴围成的面积表示电荷量, 大于半格的算一格, 小于半格的不算, 则电荷量为  $Q = 34 \times$



$$0.2 \text{ mA} \times 0.4 \text{ s} = 2.7 \times 10^{-3} \text{ C}.$$

$$(5) \text{ 电容器的电容为 } C = \frac{Q}{U} = \frac{2.7 \times 10^{-3}}{8} \text{ F} = 3.4 \times 10^{-4} \text{ F}.$$

### 限时小练 8 电容器的电容(课时 2)

1. A 根据电容的决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知,当平行板上层膜片电极下移时,即  $d$  减小,导致  $C$  增大,电容器两端的电压不变,再根据电容的比值定义式  $C = \frac{Q}{U}$  可知,带电荷量增大,电容器处于充电过程,所以电流表有从  $b$  到  $a$  的电流,A 正确,B、D 错误;根据  $E = \frac{U}{d}$  可知,当  $d$  减小, $U$  不变时, $E$  增大,C 错误.

2. D 静电计实质上也是一种验电器,当把它的金属球与 A 板连接,金属外壳与 B 板同时接地后,从指针偏转角度的大小可以推知两极板间的电势差,A 错误;由于电容器充电后与电源已经断开,所以电容器所带电荷量  $Q$  不变,根据平行板电容器的决定式和定义式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ,  $C = \frac{Q}{U}$  可知,将 B 极板向左移动一段距离,则  $C$  变小, $U$  变大,静电计指针的张角变大,B 错误;根据平行板电容器的决定式和定义式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ,  $C = \frac{Q}{U}$  可知,减小极板间正对面积  $S$  时,则  $C$  变小, $U$  变大,根据极板间的匀强电场场强  $E = \frac{U}{d}$  可知,极板间的匀强电场场强变大,C 错误;甲图中的手水平向左移动增大极板间距离  $d$  时,根据  $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ ,可知板间场强不变,板间电势差为  $U_{AB} = Ed$ ,变大,又有  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$  ( $\varphi_B = 0$ ),由此可知 A 板的电势变大,D 正确.

3. D 由电容器电容的定义式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知,指纹的凹点处与小极板距离远,则电容小,指纹的凸点处与小极板距离近,则电容大,A、B 错误;手指挤压绝缘表面,电容器两极间的距离减小,电容增大,而电压不变,由  $Q = CU$  可知,电容器带电荷量增大,C 错误,D 正确.

4. C 静止时, $N$  板不动,电容器与电源保持相连,两极板带电,A 错误;保持向前匀减速运动时,加速度恒定不变,则  $N$  板在某位置不动,电容器电容不变,电容器保持与电源相连,电压不变,由  $Q = CU$ ,知电容器所带的电荷量不变,电路中无电流,B 错误;由静止突然向后加速、由向前加速突然停下, $N$  板相对  $M$  板向前移动,则板间距离减小,根据平行板电容器电容的决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ,可知电容  $C$  增大,由  $Q = CU$ ,可知电压不变,电容器所带的电荷量增大,电容器充电,电流由  $a$  向  $b$  流过

电流表,C 正确,D 错误.

5. B 因电荷量  $Q = It$ ,根据  $I-t$  图像的含义,可知图像与时间轴所围的面积表示电容器放出的电荷量.根据横轴与纵轴的数据可知,一个格子表示的电荷量为  $8 \times 10^{-5} \text{ C}$ ,由大于半格算一格,小于半格舍去,可知图像所包含的格子个数约为 28,所以放出的电荷量约为  $Q = 8 \times 10^{-5} \times 28 \text{ C} = 2.24 \times 10^{-3} \text{ C}$ ,则电容器的电容  $C = \frac{Q}{U} = \frac{2.24 \times 10^{-3}}{5} \text{ F} = 4.48 \times 10^{-4} \text{ F} = 4.48 \times 10^8 \text{ pF}$ ,B 正确.

6. BC 由  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知,电介质拉出,相对介电常数  $\epsilon_r$  变小,所以电容  $C$  减小,因电荷量不变,由  $U = \frac{Q}{C}$  可知,两极板电压变大,B、C 正确.

### 规律总结 处理平行板电容器内部 $E$ 、 $U$ 、 $Q$ 变化问题的基本思路

(1) 首先要区分两种基本情况:①电容器始终与电源相连时,电容器两极板电势差  $U$  保持不变;②电容器充电后与电源断开时,电容器所带电荷量  $Q$  保持不变.

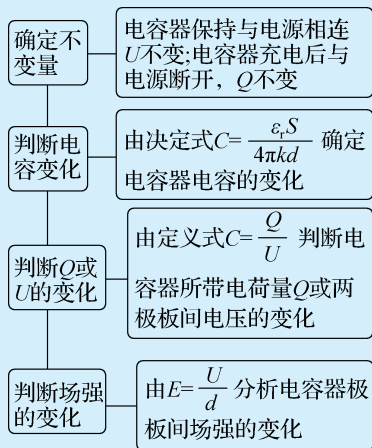
(2) 进行讨论的物理依据有三个:①平行板电容器电容的决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ;②平行板电容器内部为匀强电场,所以场强  $E = \frac{U}{d}$ ;③电容器所带电荷量  $Q = CU$ .

7. BC 根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知,两板间插入一块玻璃时, $\epsilon_r$  增大,则电容器的电容  $C$  增大,而电容器所带电荷量  $Q$  不变,根据  $C = \frac{Q}{U}$  可知,两极板间电势差  $U$  减小,所以静电计指针偏转角变小;同理可知,上移 A 极板时,两极板的正对面积  $S$  减小,则  $C$  减小, $U$  增大,静电计指针偏转角变大,A 错误,B 正确;由于人体和大地导通,且 A 极板接地,所以实验中手不小心触摸到了 A 板,不会影响实验结果,C 正确;若实验中手不小心触摸到了 B 板,由于极板 B 电势高于大地,所以电子会由大地经手流入极板 B,从而使电容器电荷量变化,影响实验结果,D 错误.

8. BD  $N$  板接地,电势为 0,根据电场强度与电势差的关系有  $E = \frac{U}{d} = \frac{U_{PN}}{d_{PN}} = \frac{\varphi_P}{d_{PN}}$ ,解得  $\varphi_P = \frac{U d_{PN}}{d}$ .若保持  $S$  接通,极板电压  $U$  一定, $M$  板下移一小段距离,极板间距  $d$  减小,可知  $P$  点的电势升高,A 错误;根据电容器电容的表达式有  $C = \frac{Q}{U}$ ,  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ,解得  $Q = \frac{U \epsilon_r S}{4\pi k d}$ .若保持  $S$  接通,极板电压  $U$  一定, $M$  板下移一小段距离,极板间距  $d$  减小,可知  $M$  板的带电荷量增加,B 正确;根据上述分析可得  $E = \frac{U}{d} = \frac{\varphi_P}{d_{PN}}$ ,  $E = \frac{U}{d} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ ,则有  $\varphi_P =$

$\frac{4\pi kQd_{PN}}{\epsilon_r S}$ . 若将 S 接通后再断开, 极板电荷量  $Q$  不变, 将  $N$  板下移一小段距离,  $d_{PN}$  增大, 可知  $P$  点的电势增大, 根据  $E_p = q\varphi$  可知, 负点电荷在  $P$  点的电势能减小, C 错误; 根据上述可知  $E = \frac{U}{d} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$ , 若将 S 接通后再断开, 极板电荷量  $Q$  不变, 将  $N$  板下移一小段距离, 两板间场强不变, D 正确.

### 方法技巧 平行板电容器的动态分析思路



9. (1) 带电液滴恰好处于静止状态, 所以重力与电场力二力平衡, 电场力方向向上, 液滴带正电, 所以有  $qE = mg$ ,

解得两板间的电场强度  $E = \frac{mg}{q} = 1\,000\text{ V/m}$ .

(2)  $N$  板带正电, 电势高, 两板间的电势差  $U_{MN} = -Ed = -50\text{ V}$ ,

$N$  板带正电, 电势高, 接地电势为 0,  $A$  点的电势  $\varphi_A = U_{AN} = -Ed' = -1\,000 \times 2 \times 10^{-2}\text{ V} = -20\text{ V}$ , 液滴的电势能  $E_p = q\varphi_A = 4 \times 10^{-6} \times (-20)\text{ J} = -8 \times 10^{-5}\text{ J}$ .

(3) 根据电容器的电容的定义式和决定式可知  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd} = \frac{Q}{U}$ ,

两极板之间的电场强度  $E = \frac{U}{d}$ ,

解得两极板之间的电场强度  $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$ .

电容器极板带电荷量不变, 极板间距增大, 场强不变, 液滴不动. 若将  $N$  板下移一小段距离,  $A$  点到  $N$  板距离增大,  $U_{NA}$  增大,  $\varphi_A$  降低, 液滴的电势能减小.

### 限时小练 9 带电粒子在电场中的运动(课时 1)

1. C 由动能定理得  $eU = \frac{1}{2}mv^2$ , 当改变两极板间的距离时,  $U$  不变,  $v$  就不变, A、B 错误, C 正确; 粒子在极板间做初速度为零的匀加速直线运动,  $\bar{v} = \frac{d}{t}$ ,  $\frac{v}{2} = \frac{d}{t}$ , 即

$t = \frac{2d}{v}$ , 当  $d$  减小时,  $v$  不变, 电子在两极板间运动的时间变短, D 错误.

2. C  $v-t$  图像的斜率表示加速度, 带负电的粒子从  $A$  点运动到  $B$  点过程中,  $v-t$  图像斜率的绝对值逐渐增大, 可知粒子的加速度逐渐增大, 根据牛顿第二定律  $a = \frac{qE}{m}$  可得,  $E_A < E_B$ . 带负电的粒子从  $A$  点运动到  $B$  点过程中, 粒子的速度逐渐减小, 电场力做负功, 根据  $W_{AB} = U_{AB} \cdot (-q) = (\varphi_A - \varphi_B)(-q) < 0$ , 可得  $\varphi_A > \varphi_B$ , C 正确.

3. C 由于油滴沿直线从上极板边缘射出, 可知一定做匀速直线运动, 可得  $qE = mg$ , 可得  $E = \frac{mg}{q}$ , 根据公式  $E = \frac{U}{d}$ ,  $C = \frac{Q}{U}$ ,  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ , 可得  $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$ , 可知当上极板向上移动时,  $E$  不变, 方向竖直向上, 仍有  $qE = mg$ , 所以油滴的运动轨迹仍然是直线, A、B 正确; 综上分析, 由于  $E$  不变, 根据  $U = Ed$ , 当上极板向上移动些许,  $d$  变大, 所以  $U$  变大, 不再是  $\frac{mgd}{q}$ , C 错误; 当上极板向上移动时,  $E$  不变, 所以粒子射出电场时的位置也不变, 重力做负功  $-mgd$ , 则电场力做正功  $mgd$ , 根据功能关系可知, 油滴的电势能减小了  $mgd$ , D 正确.

### 方法技巧 带电粒子受力分析时的重力问题

(1) 对于电子、氦核、氘核、氚核、 $\alpha$  粒子及离子等基本粒子, 一般不考虑重力.

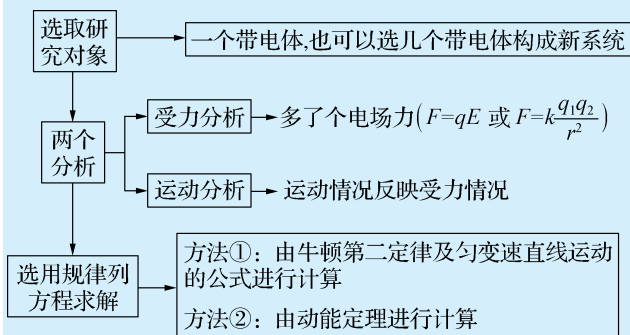
(2) 对于带电的颗粒, 液滴、油滴、小球、尘埃等, 除非在题目中明确说明或暗示(题中常借助于运动状态暗示, 如粒子在电场中做匀速直线运动等)不考虑重力外, 一般均应考虑重力.

4. C 两板间距离变大, 根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$  可知, 金属板 A、B 组成的平行板电容器的电容  $C$  减小, A 错误; 根据  $Q = CU$ ,  $Q$  不变,  $C$  减小, 则  $U$  变大, B 错误; 根据  $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$ , 可知当  $d$  变大时, 两板间的场强不变, 则甲、乙两电子在板间运动时的加速度相同, C 正确; 根据  $eE \cdot 2d = \frac{1}{2}mv^2$ ,  $eEd = \frac{1}{2}mv_0^2$ , 可知乙电子运动到 O 点的速率  $v = \sqrt{2}v_0$ , D 错误.

5. D 开始时, 小球沿虚线做匀速运动, 可知小球受向下的重力和向上的电场力平衡, 即  $Eq = mg$ , 小球带正电, 则电场竖直向上, A 错误; 改变电场方向后, 小球仍沿虚线做直线运动, 可知电场力与重力的合力沿着  $NO$  方向, 由  $Eq = mg$  可知, 电场力与重力关于  $ON$  对称, 故电场方向与  $NO$  成  $60^\circ$  角, B 错误; 电场方向改变后, 电场力与重力夹角为  $120^\circ$ , 故合力大小为  $mg$ , 小球的加速

度大小为  $g$ , C 错误; 电场方向改变后, 小球能沿  $ON$  运动的距离为  $x_m = \frac{v_0^2}{2g}$ , 则克服电场力做功为  $W = Eq \cos 60^\circ x_m = \frac{1}{2} mg \cdot \frac{v_0^2}{2g} = \frac{1}{4} mv_0^2$ , 故小球的电势能最大值为  $\frac{1}{4} mv_0^2$ , D 正确。

### 方法技巧 带电体在匀强电场中的直线运动问题的解题步骤



6. BC 物料起电后在高压电场区域运动时, 在竖直方向做自由落体运动, 在水平方向做匀加速直线运动. 由  $h = \frac{1}{2} gt^2$  可知, 带电物料在高压电场区域中飞行时间为  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , 所用时间一定相同, A 错误; 起电后的物料经过高压电场区域时, 电场力做正功, 机械能增大, B 正确; 从漏斗漏出的混合物料经起电区 (未画出) 起电 (带正电或负电) 后沿电场中线由静止进入高压电场, 故电场力和重力的合力提供加速度, 且初速度为零, 故起电后的物料经过高压电场区域时一定做初速度为零的匀加速直线运动, C 正确; 起电后的物料经过高压电场区域时, 电场力做正功, 电势能减小, D 错误。

7. AB AC 之间电场是对称的, A 到 B 电场力做的功和 B 到 C 电场力做的功相同, 依据动能定理可得  $qU_{AB} = \frac{1}{2} mv_B^2 - \frac{1}{2} mv_A^2$ ,  $2qU_{AB} = \frac{1}{2} mv_C^2 - \frac{1}{2} mv_A^2$ , 解得  $v_C = 3 \text{ m/s}$ , A 正确; 过 B 作垂直 AC 的面, 此面为等势面, 微粒经过 C 点之后, 会向无穷远处运动, 而无穷远处电势为零, 故在 B 点的动能等于在无穷远处的动能, 依据能量守恒可以得到微粒最终的速度应该与在 B 点时相同, 均为  $\sqrt{5} \text{ m/s}$ , B 正确, D 错误; 在到达 A 点之前, 微粒做减速运动, 而从 A 到 C 微粒一直做加速运动, C 错误。

8. ABD 因电场力和重力均沿竖直方向, 若带电油滴沿  $v_0$  方向做直线运动, 一定是做匀速直线运动, 此时  $mg = qE$ , 油滴带正电, A 正确; 电场力所做的功等于克服重力所做的功, 等于油滴重力势能的变化量, B 正确; 因电场力做正功, 油滴机械能增加, C 错误; 油滴匀速运动, 动能不变, D 正确。

9. (1) 依题意可得, 质子受到的电场力大小

$$F = qE = 1.6 \times 10^{-14} \text{ N}.$$

(2) 根据牛顿第二定律, 可得质子的加速度为  $a = \frac{F}{m} = 1.0 \times 10^{13} \text{ m/s}^2$ ,

$$\text{加速时间 } t = \frac{v}{a} = 1 \times 10^{-6} \text{ s}.$$

### 限时小练 9 带电粒子在电场中的运动 (课时 2)

1. B 若为同种离子, 所受电场力相同, 加速度  $a$  相同, 竖直方向离子都做匀加速运动,  $b$ 、 $c$  偏转距离  $y$  相同, 大于  $a$  的偏转, 由  $y = \frac{1}{2} at^2$  得到  $t_a < t_b = t_c$ , 而水平方向做匀速直线运动, 而且水平方向的位移  $x_a = x_b > x_c$ , 由初速度为  $v_0 = \frac{x}{t}$ , 可知  $v_a > v_b > v_c$ , A 错误, B 正确; 若初速度相同, 根据水平方向都做匀速直线运动, 而且  $x_a = x_b > x_c$ , 由  $x = v_0 t$ , 可知  $t_a = t_b > t_c$ , 而竖直方向做匀加速运动,  $y_a < y_b = y_c$ , 根据  $a = \frac{2y}{t^2}$ , 可以知道  $c$  的加速度最大, C、D 错误。

方法技巧 离子垂直进入电场后, 都做类平抛运动, 根据竖直方向位移关系判断若为同种离子, 三种离子在电场中所需运动时间关系. 根据水平方向位移关系判断若初速度相同, 三种离子在电场中所需运动时间关系. 本题是类平抛运动问题, 采用运动的分解方法处理, 关键是灵活选择研究的方向。

2. C 原子核在电场中水平方向做匀速直线运动, 初速度相同, 由  $t = \frac{x}{v_0}$  可知, 三个原子核在电场中运动时间关系为  $t_A > t_B > t_C$ , A 错误; 原子核在电场中的加速度  $a = \frac{qE}{m}$ ,  ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$  的加速度关系是  $a_1 > a_2 > a_3$ , B 错误; 三个原子核在电场中的侧位移相等, 由  $y = \frac{1}{2} at^2$  可知, 加速度越小, 运动时间越长, 所以落在 A 点的原子核是  ${}^3_1\text{H}$ , C 正确; 对原子核, 由动能定理得  $qEy = E_k - \frac{1}{2} mv_0^2$ , 则  $E_k = qEy + \frac{1}{2} mv_0^2$ , 因为它们质量不同, 则初动能不同, 故三个原子核刚到达下极板时的动能不相等, D 错误。

3. C 每个沿水平方向喷出的微粒都做类平抛运动, 加速度  $a = \frac{qE + mg}{m} = 50 \text{ m/s}^2$ , 则在竖直方向上  $d = \frac{1}{2} at^2$ , 解得  $t = 0.2 \text{ s}$ . 向不同方向喷出的微粒, 由动能定理得,  $\Delta E_k = qEd + mgd = 2.5 \times 10^{-12} \text{ J}$ , B 错误;  $d$  增加为原来的 2 倍, 根据  $d = \frac{1}{2} at^2$ , 可知运动时间增大为原



来的 $\sqrt{2}$ 倍,喷涂半径 $L=v_0t$ ,变为原来的 $\sqrt{2}$ 倍,则喷涂面积变为原来的2倍,C正确; $E$ 增加为原来的2倍,加速度 $a=\frac{qE+mg}{m}=90\text{ m/s}^2$ ,运动时间变为原来的 $\frac{\sqrt{5}}{3}$ ,喷涂半径变为原来的 $\frac{\sqrt{5}}{3}$ ,喷涂面积减小为原来的 $\frac{5}{9}$ ,D错误.

#### 方法技巧 处理带电粒子的偏转问题的方法

运动的分解法	将带电粒子的运动分解为沿电场力方向的匀加速直线运动和垂直电场力方向的匀速直线运动
功能关系	当讨论带电粒子的末速度 $v$ 时也可以从能量的角度进行求解: $qU_y = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ,其中 $U_y = \frac{U}{d}y$ ,指运动过程初、末位置两点间的电势差

4. C 粒子在电场中做类平抛运动,水平方向 $x=v_0t$ ,竖直方向 $y=\frac{1}{2}\cdot\frac{Eq}{m}t^2$ ,由 $\tan 45^\circ=\frac{y}{x}$ ,可得 $t=\frac{2mv_0}{Eq}$ ,A错误;由于 $v_y=\frac{Eq}{m}t=2v_0$ ,故粒子速度大小为 $v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}=\sqrt{5}v_0$ , $\tan \alpha=\frac{v_0}{v_y}=\frac{1}{2}$ ,B、D错误;由几何关系可知,到P点的距离为 $L=\sqrt{2}v_0t=\frac{2\sqrt{2}mv_0^2}{Eq}$ ,C正确.

5. C 电场力提供粒子做圆周所需的向心力,则 $qE=\frac{mv^2}{R}$ ,解得 $v=\sqrt{\frac{qk}{m}}$ ,粒子比荷相同,所以两粒子速度大小相等,A、B错误;根据 $\omega=\frac{v}{R}$ ,可知,轨道 $R_1$ 上的粒子半径小,角速度大,C正确;粒子动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ ,两粒子速度大小相等,质量大的粒子动能大,D错误.

6. CD 两粒子进入电场后做类平抛运动,因为重力不计,竖直方向做匀速运动,水平方向向左做匀加速运动,由题图可知两粒子与P点的竖直距离相同,设为 $y$ ,则运动到P点的时间为 $t=\frac{y}{v_0}$ ,即两个粒子同时到达P点,A、B错误;两粒子都带正电,电场力向左,且水平方向向左做匀加速运动,故电场力做正功,电势能都减小,C正确;由题图可知,从M点进入的粒子,其水平方向的位移较小,根据 $x=\frac{1}{2}at^2$ 可知,相同的时间 $t$ 内,从M点进入的粒子的加速度较小,根据 $a=\frac{qE}{m}$ ,两个粒子的质量相同,又在同一电场,即 $E$ 相同,故从M点进入的粒子的电荷量较小,D正确.

7. BC 设加速电场电压为 $U_1$ ,偏转电场电压为 $U_2$ ,原子核在加速电场中做匀加速直线运动,有 $qU_1=\frac{1}{2}mv_0^2$ ,得 $v_0=\sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$ .由于两原子核电荷量相等,而质量不等,所以速度不相等,A错误;原子核在偏转电场中做类平抛运动,有 $L=v_0t$ , $y=\frac{1}{2}at^2$ , $a=\frac{qU_2}{md}$ , $v=\sqrt{v_0^2+(at)^2}$ , $\tan \theta=\frac{at}{v_0}$ ,所以 $y=\frac{U_2L^2}{4dU_1}$ , $\tan \theta=\frac{U_2L}{2dU_1}$ .由此可知,原子核离开偏转电场时竖直位移相同,且速度方向相同,所以在感光纸上留下1个感光点,C正确,D错误;离开加速电场时的动能为 $E_k=qU_1$ ,B正确.

#### 方法技巧 计算粒子打到屏上的位置离屏中心的距离的方法

- (1)  $y=y_0+L\tan \theta$  ( $L$ 为屏到偏转电场的水平距离);
- (2)  $y=\left(\frac{l}{2}+L\right)\tan \theta$  ( $l$ 为电场宽度);
- (3)  $y=y_0+v_y\frac{L}{v_0}$ ;
- (4) 根据三角形相似 $\frac{y}{y_0}=\frac{\frac{l}{2}+L}{\frac{l}{2}}$ .

8. BCD 根据沿着电场线方向电势逐渐降低,所以O点电势最高,小球在初始阶段电场力小于摩擦力小球做减速运动, $t_1$ 时刻电场力和摩擦力相等,速度减到最小,此后电场力大于摩擦力,小球做加速运动, $t_2$ 时刻,小球加速度最大,所受的合外力最大,摩擦力不变,所以电场力最大, $t_3$ 时刻,加速度为零,电场力和摩擦力相等,此后电场力小于摩擦力,小球做减速运动,直到停止,所以小球带正电,A错误;在初始时刻,小球受到的电场力为零,只受摩擦力,根据牛顿第二定律 $\mu mg=ma$ ,其中 $t=0$ 时刻图线斜率绝对值为 $k_1$ ,则有 $a=k_1$ ,联立可得 $\mu=\frac{k_1}{g}$ ,B正确;由上分析可知, $t_2$ 时刻,小球所受的电场力最大,根据牛顿第二定律 $qE_m-\mu mg=ma_1$ ,其中 $a_1=k_2$ ,联立得 $E_m=\frac{m(k_1+k_2)}{q}$ ,C正确;小球从O点运动到N'点停止,根据动能定理 $qU_{ON'}-\mu mgL=0-\frac{1}{2}mv_0^2$ , $U_{ON'}=\varphi_O-\varphi_{N'}$ ,联立得 $\varphi_O=\frac{mk_1L}{q}-\frac{mv_0^2}{2q}$ ,D正确.

9. CD 在加速电场中,根据动能定理 $qU_0=\frac{1}{2}mv_0^2$ ,代入得 $v_0=\sqrt{\frac{2qU_0}{m}}$ ,A错误;正电荷从偏转电场射出时速度与水平方向夹角的正切值为 $\tan \alpha=\frac{v_y}{v_0}$ ,沿垂直板

面方向速度为  $v_y = at = \frac{qU}{md} \cdot \frac{L}{v_0}$ , 代入得  $\tan \alpha = \frac{qUL}{mdv_0^2} = \frac{qUL}{md} \cdot \frac{m}{2qU_0} = \frac{UL}{2U_0d}$ , C 正确; 由类平抛运动知, 正电荷从偏转电场射出时沿垂直板面方向的偏转距离  $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qU}{2md}t^2$ , 水平方向  $L = v_0t$ , 代入得  $\Delta y = \frac{qU}{2md} \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{\frac{2qU_0}{m}}}\right)^2 = \frac{UL^2}{4U_0d}$ , D 正确; 根据动能定理知  $q \frac{U}{d} \cdot \Delta y = E_k - E_{k1}$ , 代入得  $E_k = q \frac{U}{d} \cdot \Delta y + qU_0 = \frac{qU^2L^2}{4U_0d^2} + qU_0$ , B 错误。

## 常用结论

## 带电粒子在匀强电场中的类平抛运动的两个推论

- (1) 不同的带电粒子从静止开始经过同一电场加速后, 再从同一偏转电场射出时的角度是相同的。
- (2) 不同的粒子经过电场偏转后, 速度的反向延长线交于水平位移的中点。

10. (1) 小球从 A 运动到 B, 根据动能定理有

$$qU_{AB} = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2,$$

解得  $U_{AB} = -7.2 \times 10^4 \text{ V}$ 。

(2) 根据速度—位移关系式有

$$0^2 - v_1^2 = -2aL_{AB},$$

根据速度—时间关系式有

$$0 = v_1 - at,$$

联立得  $a = 7.5 \text{ m/s}^2, t = 0.4 \text{ s}$ 。

(3) 对小球受力分析有

$$Eq \sin \theta = mg, Eq \cos \theta = ma,$$

解得  $E = 2 \times 10^5 \text{ N/C}$ 。

## 阶段提优 2 带电粒子在复合场和交变电场中的运动

1. C 设交流电压周期为  $T$ , 在  $0 \sim \frac{T}{2}$  时间内,  $a$  板的电势比  $b$  板高, 带负电的粒子受到的电场力向上, 向上做匀加速直线运动; 在  $\frac{T}{2} \sim T$  时间内,  $a$  板的电势比  $b$  板低, 电子受到的电场力向下, 向上做匀减速直线运动, 由于两段过程所用时间相等, 加速度大小相等, 所以  $t = T$  时刻粒子速度为零, 接着重复上述运动, 故电子一直向  $a$  板运动, C 正确。

2. D 若在偏转极板上加上如图甲所示的偏转电场, 当电子在正向电压时间段进入偏转电场时, 在荧光屏上侧留下一个光斑; 当电子在反向电压时间段进入偏转电场时, 在荧光屏下侧留下一个光斑, 则可以看到荧光屏的  $O$  点上侧、下侧各一个光斑, A 错误; 若在偏转极板上加上如图乙所示的偏转电场, 电子一直向上偏转, 所以在荧

光屏  $O$  点上方看到一个光斑移动, B 错误; 若在偏转极板上加上如图丙所示的偏转电场, 电子先向下偏转再向上偏转, 可以看到一个光斑在荧光屏上从下向上移动, C 错误; 若在偏转极板上加上如图丁所示的正弦式偏转电场, 则可以看到一个光斑在荧光屏上  $O$  点两侧做往复运动, D 正确。

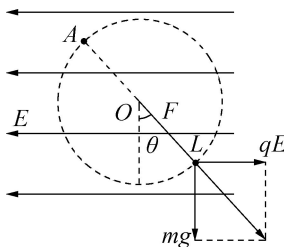
3. D 小球恰好能通过圆弧上与圆心  $O$  等高的  $B$  点, 则在  $B$  点处, 圆环对小球的作用力为零, 根据动能定理有  $-mgR - qER = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv^2$ ,  $qE = \frac{mv_B^2}{R}$ , 解得  $v = \sqrt{5gR}$ , D 正确。

4. BD 金属圆筒内部场强为零, 质子不受电场力, 做匀速运动, A 错误, B 正确; 只有质子在每个圆筒中匀速运动时间为  $\frac{T}{2}$  时, 才能保证每次在缝隙中被电场加速, C 错误; 质子进入第  $n$  个圆筒时, 经过  $n$  次加速, 根据动能定理有  $neU_0 = \frac{1}{2}mv_n^2 - 0$ , 解得  $v_n = \sqrt{\frac{2neU_0}{m}}$ , 第  $n$  个圆筒长度  $L_n = v_n \cdot \frac{T}{2} = \sqrt{\frac{2neU_0}{m}} \cdot \frac{T}{2}$ , 则各金属筒的长度之比为  $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} \cdots$ , D 正确。

## 方法技巧 分析带电粒子在交变电场中的运动情况

- (1) 画出粒子在电场方向的  $v-t$  图像, 根据图像判断粒子的运动情况。
- (2) 两条思路: 一是力和运动的关系; 二是功能关系。
- (3) 两点注意: 电场与粒子受力的对称性和周期性。

5. AB 小球静止时悬线与竖直方向成  $\theta$  角, 对小球受力分析, 小球受重力、拉力和电场力, 三力平衡, 根据平衡条件有  $mg \tan \theta = qE$ , 解得  $E = \frac{mg \tan \theta}{q}$ , A 正确; 小球恰能绕  $O$  点在竖直平面内做圆周运动, 在等效“最高点”  $A$  点速度最小, 如图所示, 根据向心力公式有  $\frac{mg}{\cos \theta} = m \frac{v^2}{L}$ , 则最小动能  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{mgL}{2\cos \theta}$ , B 正确; 小球的机械能和电势能之和保持不变, 则小球运动至电势能最大的位置机械能最小, 小球带负电, 则小球运动到圆周轨迹的最左端点时机械能最小, C 错误; 小球从初始位置开始, 在竖直平面内沿逆时针方向运动一周的过程中, 电场力先做正功后做负功, 再做正功, 则其电势能先减小后增大, 再减小, D 错误。



**方法技巧** 等效法求解电场中圆周运动问题的解题思路

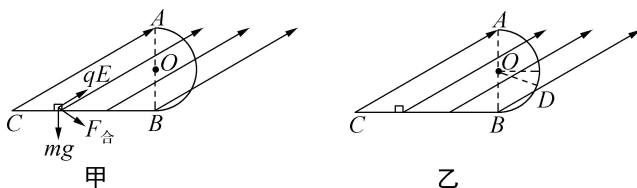
(1) 求出重力与电场力的合力  $F_{\text{合}}$ , 将这个合力视为一个等效“重力”。

(2) 将  $a = \frac{F_{\text{合}}}{m}$  视为等效“重力加速度”。

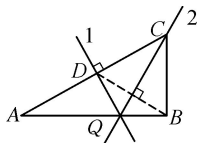
(3) 找出等效“最低点”和等效“最高点”。

(4) 将物体在重力场中做圆周运动的规律迁移到等效“重力场”中分析求解。

**6. BC** 假设小滑块刚好到达 A 点, 设此时小滑块的速度为  $v_A$ , 根据向心力公式可得  $mg - qE \sin 30^\circ = m \frac{v_A^2}{R}$ 。根据动能定理有  $qEL \cos \theta + qE \cdot 2R \sin \theta - mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_A^2$ , 解得  $L = \frac{5\sqrt{3}}{6}R$ , A 错误; 对小滑块受力分析, 如图甲所示, 合外力与水平方向夹角为  $30^\circ$ , 则小滑块运动到 A 点时小滑块做减速运动, 故在 A 点时小滑块处于失重状态, B 正确; 合外力与水平方向夹角为  $30^\circ$ , OD 与水平方向夹角为  $30^\circ$ , D 点为等效“最低点”, 如图乙所示, 若  $L = \frac{2\sqrt{3}R}{3}$ , 根据动能定理有  $F_{\text{合}} \cdot (L \cos 30^\circ + \frac{R}{2}) = \frac{1}{2}mv_1^2$ , 则此时轨道对小滑块的支持力为  $N = F_{\text{合}} + m \frac{v_1^2}{R}$ , 解得  $N = 4mg$ , C 正确, D 错误。

**阶段提优 3 电场的能的性质的综合应用**

**1. B** 因为  $\varphi_A = \varphi_C$ , 所以 AC 中垂线 1 必过点电荷, 同理 BD 中垂线 2 也必过点电荷, 所以 1、2 两线交点即为负点电荷的位置, 如图所示。沿电场方向电势降低, 所以  $\varphi_A > \varphi_B$ , B 正确。



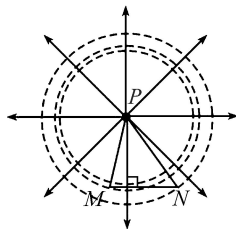
**2. B** 头部集中正电荷, 尾部集中负电荷, 电场线方向由 B 指向 A, 沿电场线方向电势降低, 故 B 点电势高于 A 点, A 错误; 根据等量异种点电荷的电场分布的对称性可知, A 点和 B 点场强相同, B 正确; 由于电场线方向由 B 指向 A, 所以正电荷的受力方向为由 B 指向 A, 正电荷由 A 移动到 O 时, 电场力做负功, C 错误; 根据等量异种点电荷的电场分布规律可知, A、B 间的电场线比 A 点到鱼尾或 B 点到鱼头的电场线稀疏, 则平均场强也较小, 故 A、B 之间电压小于 200 V, D 错误。

**3. C** 让正方形绕其中心 O 顺时针方向旋转  $90^\circ$ , 则电场力对四个小球做总功为  $W_{\text{电}} = EqL \cos 45^\circ - EqL \cos 45^\circ - E \cdot 2qL \cos 45^\circ + E \cdot 2qL \cos 45^\circ = 0$ , 则系统电势能不变, 系统重力势能变化量  $\Delta E_p = -2mgL + mgL = -mgL$ , 则重力势能减少  $mgL$ , C 正确。

**4. B** 因为是点电荷 Q 产生的电场, 所以电子在运动中得到点电荷距离发生变化, 电场力发生变化, 加速度也会发生变化, 不可能是匀变速曲线运动, A 错误; 由运动轨迹可知, 电场力方向指向凹的一侧即左侧, 若电子从 A 向 B 运动, 则电场力做负功, 电势能增加; 若电子从 B 向 A 运动, 则电场力做正功, 电势能减小, 所以, 一定有  $E_{pA} < E_{pB}$ , B 正确; 由运动轨迹可知, 电场力方向指向凹的一侧即左侧, 所以在 MN 上电场方向向右, 又沿电场线方向电势降低, 所以 A 点电势高于 B 点, C 错误; 若  $a_A > a_B$ , 由以上分析可知 A 点离点电荷 Q 更近, 即 Q 靠近 M 端且为正电荷, D 错误。

**5. D** a、c 两点之间的电势差  $U = 4\sqrt{3} \text{ V} - (-4\sqrt{3} \text{ V}) = 8\sqrt{3} \text{ V}$ , a、c 两点之间沿电场线方向的距离  $d = 2R \sin 60^\circ = \sqrt{3}R = \frac{\sqrt{3}}{5} \text{ m}$ , 则该匀强电场的场强  $E = \frac{U}{d} = 40 \text{ V/m}$ , A、B 错误; b、d 之间沿电场线方向的距离  $d' = 2R \cos 60^\circ = R = 0.2 \text{ m}$ , b、d 之间电势差  $U' = Ed' = 8 \text{ V}$ , 可得 d 点的电势为  $\varphi_d = -4 \text{ V}$ , C 错误, D 正确。

**6. BC** 点电荷的电场以点电荷为中心, 向四周呈放射状, 如图所示,  $\angle M$  是最大内角, 所以  $PN > PM$ , 根据点电荷的场强公式  $E = k \frac{Q}{r^2}$  (或者根据电场线的疏密程度) 可知  $M \rightarrow N$  电场强度先增大后减小, A 错误; 电场线与等势面(图中虚线)处处垂直, 沿电场线方向电势降低, 所以  $M \rightarrow N$  电势先增大后减小, B 正确; M、N 两点的电势大小关系为  $\varphi_M > \varphi_N$ , 根据电势能的公式  $E_p = q\varphi$  可知正电荷在 M 点的电势能大于在 N 点的电势能, C 正确; 正电荷从 M 点移动到 N 点, 电势能减小, 电场力所做的总功为正功, D 错误。



**7. AD** 由图可知  $E-x$  图像所包围的面积表示两点间的电势差大小, 因此  $U_{OA} = \frac{1}{2} E_0 d$ , 由于  $\varphi_O = 0$ , 因此  $\varphi_A = -\frac{1}{2} E_0 d$ , A 正确; 粒子由 A 到 B 过程电场力一直做正功, 则带正电粒子一直加速运动, 在该过程电场强



度不变,带电粒子做匀加速直线运动,B 错误;粒子在 OA 段的平均电场力大于 BC 段的平均电场力,则 OA 段的电场力做功大于 BC 段电场力做功,由功能关系知,粒子在 OA 段电势能的变化量大于 BC 段变化量(或从 OA 段和 BC 段图像包围的面积分析可知  $U_{OA} > U_{BC}$ ,根据电场力做功公式  $W = qU$  和  $W = \Delta E_{\text{电}}$ ,也可得出粒子在 OA 段电势能的变化量大于在 BC 段变化量),C 错误;从 O 到 B 点过程,根据动能定理,有  $W_{\text{电}} = qU_{OB} = E_{\text{kb}} - 0$ ,而  $U_{OB} = \frac{1}{2}E_0(d + 2d)$ ,联立方程解得  $E_{\text{kb}} = \frac{3qE_0d}{2}$ ,D 正确.

8. BCD  $\varphi-x$  图像的斜率表示电场强度.由图可知  $-6 \text{ cm} < x < 0$  区域的电场强度大小为  $E_1 = 100 \text{ V/m}$ ,方向沿着  $x$  轴负方向, $0 < x < 4 \text{ cm}$  区域的电场强度大小为  $E_2 = 150 \text{ V/m}$ ,方向沿着  $x$  轴正方向,可知  $x = -2 \text{ cm}$  的电场强度小于  $x = 2 \text{ cm}$  处的电场强度,且此静电场不可能由两个负电荷产生,B 正确,A 错误; $x = 0$  处电势最高,根据  $E_p = q\varphi$  可知该负电荷的粒子在  $x = 0$  处的电势能最小,C 正确;带负电粒子(重力不计)从  $x = 3 \text{ cm}$  处由静止释放,受到沿  $x$  轴负方向的电场力,当运动到  $x < 0$  区域后,受到沿  $x$  轴正方向的电场力,根据动能定理  $qE_2x_2 - qE_1x_1 = 0$  可得,  $x_1 = 4.5 \text{ cm}$ ,则该粒子将沿  $x$  轴负方向运动,运动到的最远位置为  $x = -x_1 = -4.5 \text{ cm}$ ,D 正确.

9. (1) 小球从 A 到 B 点做平抛运动,设到达 B 点的竖直速度为  $v_y$ ,则  $v_y^2 = 2gh$ ,由于小球进入两板间后做直线运动,所以重力和电场力的合力方向沿小球速度方向,设速度方向与水平方向的夹角为  $\theta$ ,则有  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{mg}{Eq}$ ,  $U_{MN} = Ed$ ,联立解得  $U_{MN} = 1600 \text{ V}$ .

(2) 小球进入电场后,设从 B 点运动到 C 点的竖直位移为  $h'$ .根据动能定理可得

$$mg(h + h') + qU_{MN} = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2,$$

$$h' = d \tan \theta,$$

$$\text{解得 } E_k = 1.75 \text{ J}.$$

(3) 根据动能定理可得

$$mg(H + d) - qU_{MN} = 0 - 0,$$

$$\text{解得 } H = \frac{4}{15} \text{ m}.$$

## 章末提优 2

1. D 沿着电场线的方向电势降低,  $a$  点电势比  $b$  点低, A 错误;电场线的疏密程度表示场强大小,  $b$  点场强较小, B 错误;把电子从  $a$  点移到  $b$  点,电场力做正功,电势能减小, C 错误, D 正确.

2. C 由  $U = Ed$  知,与 A 点间电势差最大的点应是沿场强方向与 A 点相距最远的点,  $d_{\text{max}} = r + r \cos \theta$ ,所以  $U_{\text{max}} = Er(\cos \theta + 1)$ , C 正确.

3. A 根据  $W_{MN} = qU_{MN} > 0$ ,又  $q > 0$ ,得  $U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N > 0$ ,则  $\varphi_M > \varphi_N$ , A 正确;根据等势面的疏密代表场强的大小,由题图知 M 点的场强小于 N 点的场强,所以  $E_M < E_N$ , B 错误;根据  $W_{MN} = E_{pM} - E_{pN} > 0$ ,可得  $E_{pM} > E_{pN}$ , C 错误;带电粒子的运动轨迹不一定是椭圆, D 错误.

4. B 等差等势面的疏密程度反映了场强的大小,所以 N 点的电场强度大小比 M 点的大, A 正确;电场线总是从高等势面指向低等势面,根据等势面的高低可以判断 Q 为负电荷, Q' 为正电荷, B 错误;沿着电场线的方向,电势降低,结合各等势面的电势高低关系可知, M 点的电场方向沿  $x$  轴的正方向, N 点的电场方向沿  $x$  轴的负方向,两点场强方向相反, C 正确; M 点和 P 点之间有三个等势面,而相邻的两个等势面之间的电势差为 3 V,则 P 点和 M 点的电势差为 12 V,所以将一电子从 P 点移至 M 点,静电力做功为  $W_{PM} = -eU_{PM} = -12 \text{ eV}$ ,即电子克服静电力做功为 12 eV, D 正确.

5. A 若  $t = 0$  时刻释放电子,电子将重复先加速后减速的运动,直到打到右极板,不会在两板间往复运动, A 正确, B 错误;若从  $t = \frac{T}{4}$  时刻释放电子,电子先加速  $\frac{T}{4}$ ,再减速  $\frac{T}{4}$ ,若此时未打到右极板,则电子将在两极板间往复运动,所以 C 错误;同理,若从  $t = \frac{3T}{8}$  时刻释放电子,电子先加速  $\frac{T}{8}$ ,再减速  $\frac{T}{8}$ ,此时有可能电子已打到右极板,若此时未打到右极板,则电子将反向加速打到左极板, D 错误.

6. D 因为水分子在电场力的作用下会加速从中药材中分离出去,水分子所受电场力的合力向上,水分子在 B 处时,上端电场线密,电场力大,上端带负电荷,下端电场线疏,电场力小,下端带正电荷, A 错误, D 正确;沿着电场线方向,电势逐渐降低,所以在水分子运动轨迹上, B、C 和 D 三点的电势大小关系为  $\varphi_D > \varphi_C > \varphi_B$ , B 错误;如果把高压直流电源的正、负极反接,电场强度方向向上,上端带正电荷,所受电场力大,水分子从 A 处开始将向上运动,从而达到干燥作用, C 错误.

7. C 保持开关 S 闭合,滑动变阻器 R 仅仅充当导线功能,电容器两极板间的电势差  $U$  不变,滑动变阻器 R 的滑片 P 向左移动不会影响静电计指针张角,静电计指针张开角度不变,将两极板间距  $d$  减小,由  $E_1 = \frac{U}{d}$  可知两极板间的电场强度  $E_1$  增大, A、B 错误;断开开关 S 后,电容器的带电量  $Q$  不变,若紧贴 N 极板插入金属板,相

当于两极板间距  $d$  减小, 根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知, 电容  $C$  增大, 根据  $C = \frac{Q}{U}$  可知, 两极板间的电势差  $U$  减小, 静电计

指针张开角度变小, 若将两极板间距  $d$  增大, 电容  $C$  减小, 两极板间电势差  $U$  增大, C 正确, D 错误.

**8. BD** A 板接地, 则其电势为零, 因为 A 板带正电且 A、B 两板间的电压为 600 V, 则 B 板电势为 -600 V, 由此知 C 点电势为负值, 则 A、B 两板间场强  $E = \frac{U}{d} =$

$\frac{600 \text{ V}}{12 \text{ cm}} = 5000 \text{ V/m}$ ,  $\varphi_C = -Ed_{AC} = -50 \text{ V/cm} \times 4 \text{ cm} = -200 \text{ V}$ , A 错误, B 正确; 电子在 C 点具有的电势能为 200 eV, C 错误, D 正确.

**9. BD** 由于正点电荷周围电势趋于正无穷大, 所以由题图可知, B 为正点电荷, 因为点电荷 B 右侧有场强为 0 的点, 说明 A 为负点电荷, 因电场强度为 0 的位置离 B 近, 离 A 远, 故由  $E = k \frac{Q}{r^2}$  可知  $Q_A > Q_B$ , B 正确, A 错误; 当  $\varphi-x$  图像斜率为 0 时, 场强为 0, 结合图中的辅助线可知, 1 是  $\varphi-x$  图像, 2 是  $E-x$  图像, D 正确, C 错误.

**10. BD** 电场线分布的密集程度表示电场强弱, M 处电场线分布比 N 处电场线稀疏一些, 则 M 处电场强度小于 N 处电场强度, A 错误; 根据牛顿第二定律有  $qE = ma$ , 解得  $a = \frac{qE}{m}$ . 由于茶叶、茶梗带正电, 则电场力产生

的加速度方向整体向右, 由于茶叶的比荷  $\frac{q}{m}$  小于茶梗的比荷, 可知茶叶所受电场力产生的加速度小于茶梗所受电场力产生的加速度, 即在相等时间内, 茶叶的水平分位移小于茶梗的水平分位移, 所以茶叶落入左桶, 茶梗落入右桶, B 正确; 对茶梗进行分析, 根据动能定理有  $mgh + qU = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 其中  $U = 1 \times 10^4 \text{ V}$ , 解得  $v_1 = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$ , C 错误, D 正确.

**11. (1) 电势差 (2) C (3) CD**

**解析:** (1) 使用静电计的目的是观察电容器两极板间的电势差变化情况.

(2) 根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ,  $C = \frac{Q}{U}$  可知, 将左极板向上移动一段距离, 则两板正对面积减小, 电容器的电容  $C$  变小, 可认为电容器所带电荷量不变, 所以  $U$  变大, 即静电计指针的张角变大, A 错误; 向两板间插入陶瓷片时, 可知电容器的电容  $C$  变大, 电容器所带电荷量不变, 所以  $U$  变小, 静电计指针的张角变小, B 错误; 将左极板右移, 可知板间距离变小, 则电容器的电容  $C$  变大, 电容器所带电荷量不变, 所以  $U$  变小, 静电计指针的张角变小, C 正确;

把左极板拿走, 相当于增大  $d$ , 则电容器的电容  $C$  变小, 电容器所带电荷量不变, 所以  $U$  变大, 静电计指针的张角变大, D 错误.

(3) 由平行板电容器电容的决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知, 增大电容纸的厚度,  $d$  增大, 故电容减小, A 错误; 增大锡箔纸的厚度, 对电容无影响, B 错误; 减小电容纸的厚度,  $d$  减小, 故电容增大, C 正确; 同时增大锡箔纸和电容纸的面积,  $S$  增大, 故电容增大, D 正确.

**12. (1) B E (2)  $3.0 \times 10^{-3}$   $3.8 \times 10^{-4}$  ( $3.8 \times 10^{-4} \sim 4.3 \times 10^{-4}$  均可)**

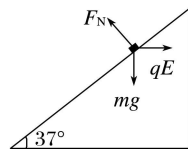
**解析:** (1) 为了更好地控制电路, 滑动变阻器应选择阻值小一点的滑动变阻器, 应选 B; 电容器在电路中相当于断路, 所以应该使用一个阻值比较大的定值电阻与其并联, 这样更有利于测其电压, 固定电阻应选 E.

(2) 图线与坐标轴所围的面积即为电容器所带的电荷量, 根据图中数据一个小格代表的电荷量为  $q = 0.2 \times 10^{-3} \times 0.4 \text{ C} = 8 \times 10^{-5} \text{ C}$ , 则电容器所带的总电荷量为  $Q = 38q = 38 \times 8 \times 10^{-5} \text{ C} \approx 3.0 \times 10^{-3} \text{ C}$ . 由  $C = \frac{Q}{U}$  得  $C \approx 3.8 \times 10^{-4} \text{ F}$ .

**13. (1)** 依电容定义, 有电容  $C = \frac{Q}{U} = \frac{6 \times 10^{-8}}{60} \text{ F} = 1 \times 10^{-9} \text{ F}$ .

(2) 两板之间为匀强电场, 电场强度大小为  $E = \frac{U}{d} = \frac{60}{0.03} \text{ V/m} = 2 \times 10^3 \text{ V/m}$ , 方向竖直向下.

**14. (1)** 对小物块受力分析如图所示, 小物块静止于斜面上, 则  $mg \sin 37^\circ = qE \cos 37^\circ$ ,  $E = \frac{mg \tan 37^\circ}{q} = \frac{3mg}{4q}$ .



(2) 当场强变为原来的  $\frac{1}{2}$  时, 小物块受到的合外力

$$F_{\text{合}} = mg \sin 37^\circ - \frac{1}{2} qE \cos 37^\circ = 0.3mg,$$

由牛顿第二定律有  $F_{\text{合}} = ma$ , 所以  $a = 3 \text{ m/s}^2$ , 方向沿斜面向下.

(3) 由运动学公式, 知

$$v = at = 3 \times 2 \text{ m/s} = 6 \text{ m/s},$$

$$x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 \text{ m} = 6 \text{ m}.$$

**15. (1)** 质子在辐向电场中做圆周运动, 质子在辐向电

场中电场力提供其做圆周运动的向心力,有  $eE_0 = m \frac{v^2}{R_0}$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{eE_0 R_0}{m}}$ .

(2) 在加速电场有  $eU = \frac{1}{2}mv^2$ , 解得  $U = \frac{1}{2}E_0 R_0$ .

(3) 进入圆形电场中, 质子在竖直方向做匀速直线运动, 有  $\frac{R}{2} = vt$ , 水平方向做匀加速直线运动, 由牛顿第二定律有  $eE_1 = ma$ ,

设  $O'Q$  与  $O'P$  的夹角为  $\theta$ , 有  $\frac{R}{2} = R - R\cos\theta$ ,

所以质子水平方向有

$$R\sin\theta = \frac{1}{2}at^2,$$

$$\text{解得 } E_1 = \frac{4\sqrt{3}E_0 R_0}{R}.$$

### 真题小练

1. C 由等量异种点电荷的电场线分布特点知,  $P$ 、 $Q$  两点电场强度大小相等, A 错误; 由沿电场线方向电势越来越低知,  $P$  点电势高于  $Q$  点电势, B 错误; 设两点电荷的电荷量均为  $q$ , 由电场叠加得  $P$  点电场强度  $E = k \frac{q}{MP^2} + k \frac{q}{NP^2}$ , 若仅两点电荷的电荷量均变为原来的 2 倍, 则  $P$  点电场强度大小也变为原来的 2 倍, 同理  $Q$  点电场强度大小也变为原来的 2 倍, 而  $P$ 、 $Q$  间距不变, 根据  $U = Ed$  定性分析可知  $P$ 、 $Q$  两点间电势差变大, C 正确, D 错误.

2. B 根据题图甲可知, 若降低溶液浓度, 则不导电溶液的相对介电常数  $\epsilon_r$  增大, 根据电容器的决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$  可知, 电容器的电容增大, A 错误; 溶液不导电, 没有形成闭合回路, 故电容器两极板之间的电势差  $U$  不变, 由于电容器的电容  $C$  增大, 根据  $Q = CU$  可知电容器所带的电荷量增大, B 正确, C 错误; 由于电容器所带的电荷量增大, 则电容器正在充电, 电路中电流方向为  $N \rightarrow M$ , D 错误.

3. B 根据两点电荷周围的等势线分布可知  $Q_1 > 0$ ,  $Q_2 < 0$ ; 对于电势为 0 的等势线上各点, 有  $k \frac{Q_1}{r_1} + k \frac{Q_2}{r_2} = 0$ ,  $r_1$ 、 $r_2$  为该点到两点电荷的距离, 取图中两点电荷连线上的点 (或连线延长线上的点) 计算, 其距离关系为  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{1}$  (或  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{6}{3}$ ), 联立解得  $\frac{Q_1}{Q_2} = -2$ , B 正确.

4. AC 电场线的疏密程度反映电场强度大小, 电场线越密则电场强度越大, 由于  $N$  点附近的电场线比  $P$  点附近的稀疏, 故  $N$  点的电场强度比  $P$  点的小, B 错误;

沿电场线方向电势逐渐降低, 故  $M$  点的电势比  $N$  点的低, 污泥絮体带负电, 故其受到的电场力方向与电场强度方向相反, 若从  $M$  点移到  $N$  点, 则电场力对其做正功, A、C 正确; 由于  $M$  点和  $P$  点在同一等势面上, 故  $M$  点电势等于  $P$  点电势, 则  $N$  点电势高于  $P$  点电势, 污泥絮体带负电, 即  $q < 0$ , 根据电势能  $E_p = q\varphi$  可知, 污泥絮体在  $N$  点的电势能比其在  $P$  点的小, D 错误.

5. BC 根据场强叠加以及对称性可知,  $M$ 、 $N$  两点的场强大小相同, 但是方向不同, A 错误; 因在  $A$ 、 $B$  处的正电荷在  $M$ 、 $N$  两点的合电势相等,  $C$  点的负电荷在  $M$ 、 $N$  两点的电势也相等, 则  $M$ 、 $N$  两点电势相等, B 正确; 负电荷从  $M$  到  $O$ , 因  $A$ 、 $B$  两电荷的合力对负电荷的库仑力从  $O$  指向  $M$ , 则该力对负电荷做负功,  $C$  点的负电荷也对该负电荷做负功, 可知三个电荷对该负电荷的合力对其做负功, 则该负电荷的电势能增加, 即负电荷在  $M$  点的电势能比在  $O$  点小, 同理可知负电荷在  $N$  点的电势能比在  $O$  点小, C 正确, D 错误.

6. (1) 在匀强电场中, 根据场强公式可得场强为

$$E = \frac{U}{L}.$$

(2) 在  $A$  点细线对小球的拉力为 0, 根据牛顿第二定律得

$$Eq - mg = m \frac{v_A^2}{L},$$

$A$  到  $B$  过程根据动能定理得

$$qU - mgL = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2,$$

联立解得

$$v_A = \sqrt{\frac{qU - mgL}{m}},$$

$$v_B = \sqrt{\frac{3(qU - mgL)}{m}}.$$

7. (1) 粒子从  $M$  到  $N$  的运动过程中, 根据动能定理有

$$qU = \frac{1}{2}mv_N^2,$$

$$\text{解得 } v_N = \sqrt{\frac{2qU}{m}}.$$

(2) 粒子在  $C_2$  中, 根据牛顿运动定律有

$$\frac{qU}{d} = ma,$$

根据匀变速直线运动规律有

$$d = \frac{1}{2}at^2, v_y = at,$$

$$\text{又 } \tan\theta = \frac{v_N}{v_y},$$

解得  $\theta = 45^\circ$ .



第十一章 电路及其应用

限时小练 10 电源和电流

1. D 电源中电流的方向是正电荷移动的方向,电流方向与电子移动方向相反,A 错误;电源之所以能维持外电路中稳定的电流,是因为它有能力把来到负极的正电荷经过电源内部不断地搬运到正极或把负电荷由正极搬运到负极,B 错误;电源是将其他形式的能量转化为电能的装置,并不限于只将化学能转化为电能;电路两端有电压,电路中不一定有电流,要想有电流,电路还必须闭合,C 错误;由  $I=nvSe$  可知其他条件不变时,电荷速率越大,电流越大,D 正确.

规律总结 电源的作用

- (1) 从电荷转移的角度看:电源能使闭合电路中的自由电荷持续定向移动.
- (2) 从能量转化的角度看:移送电荷的过程就是克服静电力做功的过程,从而把其他形式的能转化成电能.

2. D 根据  $I=\frac{q}{t}$  可知, $I$  是通过某一横截面积的电荷量  $q$  与通过这些电荷量所用时间  $t$  的比值,如果通过的电荷量  $q$  大但所用时间更多,则电流  $I$  可能更小,A 错误;电流有方向,但电流的加减遵循代数法则,是标量,B 错误;电流的方向与正电荷定向移动的方向相同,与负电荷定向移动的方向相反,C 错误;根据  $I=\frac{q}{t}$  可知,单位时间内通过导体截面的电荷量越多,导体中的电流越大,D 正确.

3. D 圆环转动一周的时间为  $t=\frac{2\pi}{\omega}$ ,一周内通过某一截面的电荷量为  $Q$ ,则等效电流为  $I=\frac{Q}{t}=\frac{Q\omega}{2\pi}$ ,D 正确.

4. A 根据图像可知,电鳐放电 1 次的时间为  $t=\frac{1}{200}$  s,1 次放电的电荷量为  $q_0=It=50\times\frac{1}{200}$  C= $\frac{1}{4}$  C,由图像可知,电鳐放电周期为  $T=2\times\frac{1}{200}$  s= $\frac{1}{100}$  s,故 1 s 内该电鳐放电 100 次,因此 1 s 内该电鳐放电的电荷量大约为  $q=nq_0=25$  C,A 正确.

5. D 电流的方向与正离子定向移动方向相同,则溶液内电流方向从 A 到 B, $t$  时间内通过溶液截面  $S$  的电荷量  $q=n_1e+n_2e$ ,根据电流的定义式可知  $I=\frac{q}{t}=\frac{n_1e+n_2e}{t}=\frac{(n_1+n_2)e}{t}$ ,D 正确.

6. AC

A	电容器的电容只由电容器自身决定,所以电容器放电完成后电容仍为 15 $\mu$ F	✓
---	---	---

B	电容器充电后的电压为 6 kV,可知电容器的击穿电压一定大于 6 kV	✗
C	电容器充电后的电荷量为 $Q=CU=(15\times 10^{-6}\times 6\times 10^3)$ C=0.09 C	✓
D	电容器放电过程的平均电流强度为 $\bar{I}=\frac{Q}{t}=\frac{0.09}{2\times 10^{-3}}$ A=45 A	✗

7. AC 根据电流的定义式  $I=\frac{q}{t}$  得,等效电流为  $I=\frac{e}{t}=\frac{1.6\times 10^{-19}}{2.4\times 10^{-16}}$  A= $6.7\times 10^{-4}$  A,等效电流的方向与电子的运动方向相反,A、C 正确.

8. CD 同一根导线上的电流大小处处相等,A 错误,C 正确;由  $I=nqSv$  可得  $v=\frac{I}{nqS}$ ,粗的地方电荷定向移动速率小,细的地方大,B 错误,D 正确.

9. AC 在  $t$  时间内,通过铜导线横截面的电荷量为  $It$ ,通过铜导线横截面的自由电子数目可表示为  $N=\frac{It}{q}$ ,C 正确,D 错误;把  $I=nqSv$  代入  $N=\frac{It}{q}$ ,可得  $N=nvSt$ ,A 正确,B 错误.

10. 加速过程,有  $eU=\frac{1}{2}mv^2$ ,则  $v=\sqrt{\frac{2eU}{m}}$ ,由  $I=nevS$  知,一小段长为  $\Delta l$  的电子束内的电子数  $N=n\Delta lS=\Delta l\frac{I}{ev}=\frac{I\Delta l}{e}\sqrt{\frac{m}{2eU}}$ .

11. (1)  $N=\frac{q}{e}=\frac{It}{e}=6.25\times 10^{18}$  个.

(2) 由公式  $I=neSv$ ,得

$v=\frac{I}{neS}=7.35\times 10^{-5}$  m/s.

(3) 沿导线移动 1 m 需用时  $t=\frac{1}{7.35\times 10^{-5}}$  s=3.78 h.

限时小练 11 导体的电阻

1. C 电阻率是材料本身的一种电学特性,与导体的长度、横截面积无关,D 错误;大部分金属材料的电阻率随温度升高而增大,大部分非金属材料的电阻率随温度升高而减小,B 错误;锰铜合金的电阻率比银材料的电阻率大,电阻率大表明材料的导电性能差,不能表明对电流的阻碍作用一定大,因为电阻才是反映导体对电流阻碍作用大小的物理量,而电阻除与电阻率有关外,还与导体的长度、横截面积有关,A 错误,C 正确.

2. B 导体的  $U-I$  图线是一条直线,电阻大小不变,由电阻的定义可知  $R = \frac{U}{I} = 0.5 \, \Omega$ , A、C 错误, B 正确;导体两端加 1 V 电压时,电流为  $I = \frac{U}{R} = 2 \, \text{A}$ ,每秒通过导体横截面的电荷量是  $q = It = 2 \, \text{C}$ , D 错误.

3. D 由电阻定律可知,导线原来的电阻值为  $R = \rho \frac{l}{S}$ ,导线的体积不变,将它均匀拉长,使导线的直径减小为原来的一半,由  $V = Sl = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 l = \frac{\pi d^2 l}{4}$ ,可知导线长度变为  $4l$ ,截面积变为  $\frac{1}{4}S$ ,变化后的电阻为  $R' = \rho \frac{4l}{\frac{1}{4}S} = \frac{16\rho l}{S} = 16R = 64 \, \Omega$ ,可得导线原来的电阻值为  $R = 4 \, \Omega$ , D 正确.

4. C 由  $R = \rho \frac{L}{S}$  可知,若两导体电阻率相同,则沿图示电流方向有电阻之比  $R_1 : R_2 = \frac{\rho a}{ah} : \frac{\rho b}{bh} = 1 : 1$ , A、B 错误;若两导体电阻相同,由上述分析可得电阻率相同, C 正确;若电流向下,且电阻率相同,电阻分别为  $R_1 = \frac{\rho h}{a^2}$ ,  $R_2 = \frac{\rho h}{b^2}$ ,电阻之比为  $R_1 : R_2 = b^2 : a^2$ , D 错误.

5. B 根据电阻定律  $R = \rho \frac{h}{S} = \rho \frac{h}{\pi r^2}$ ,根据欧姆定律有  $I = \frac{U}{R}$ ,代入数据解得  $h = 200 \, \text{m}$ , B 正确.

6. AD 根据电位器结构和连线可知,串接 A、B 使滑动触头顺时针转动时回路电阻增大,回路电流减小,灯泡变暗, A 正确;同理, D 正确;串接 A、C 时,滑动触头不能改变回路电阻,灯泡亮度不变, B、C 错误.

### 7. AC

A	在电阻的 $I-U$ 曲线中,斜率为电阻的倒数,根据图甲可知,电学元件 A 的 $I-U$ 图线斜率恒定,故若 A 为电阻,可当作定值电阻使用	✓
B	从图甲可以看出,当两者电流相等时, A 的电压较大,根据 $R = \frac{U}{I}$ 可知, $R_A > R_B$	✗
C	由图乙可知,其电学元件为非线性元件	✓
D	小灯泡的电阻随灯泡两端的电压增加而变大,因此图乙不可能是小灯泡的伏安特性曲线	✗

8. AD 根据图像可知,  $R_1$  是线性元件,则  $R_1$  的电阻为  $R_1 = \frac{1}{0.5} \, \Omega = 2 \, \Omega$ , A 正确;在物理图像中,由于坐标轴所

表示的物理量不同,所选择的标度值也可能不一样,因此在求图线的斜率时,不能够利用图线倾角的正切值求解, B 错误;根据电阻定义式  $R = \frac{U}{I}$  可知,  $I-U$  图像上的点与坐标原点连线的斜率的倒数表示电阻,由图像可知随电压的增大,  $R_2$  曲线的斜率逐渐减小,则  $R_2$  的电阻逐渐增大, C 错误;根据  $R = \frac{U}{I}$  知,当  $U = 1 \, \text{V}$  时,  $R_2$  的电阻等于  $R_1$  的电阻,都为  $2 \, \Omega$ , D 正确.

9. BC 金属导线均匀拉长,使其长度变为原来的 2 倍,则横截面积变为原来的  $\frac{1}{2}$ ,电阻变为原来的 4 倍,两端加上恒定电压  $U$ ,则通过金属导线的电流为  $\frac{I}{4}$ , A 错误, B 正确;根据  $I = nqSv$  可知自由电子定向移动的平均速率变为  $\frac{v}{2}$ , C 正确, D 错误.

**方法技巧** 此题考查了电阻定律以及电流的微观公式的应用;关键是掌握电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$  和电流的微观公式  $I = neSv$ ,并能理解公式中各个量的物理意义;注意导线被拉长时,体积不变,横截面积减小.

10. 由于大气层与带负电的地球表面之间形成稳定电场,而雷暴每秒钟给地球充电的电荷量约为  $1.8 \times 10^3 \, \text{C}$ ,则漏电电流为

$$I = \frac{Q}{T} = \frac{1.8 \times 10^3}{1} \, \text{A} = 1.8 \times 10^3 \, \text{A},$$

则大气层等效电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3 \times 10^5}{1.8 \times 10^3} \, \Omega = \frac{500}{3} \, \Omega \approx 1.7 \times 10^2 \, \Omega.$$

根据电阻定律有

$$R = \rho \frac{L}{S},$$

$$\text{解得 } \rho = \frac{RS}{L} = \frac{5}{3} \times 10^{12} \, \Omega \cdot \text{m} \approx 1.7 \times 10^{12} \, \Omega \cdot \text{m}.$$

11. 由题图乙可求得  $U = 10 \, \text{V}$  时,电解液的电阻为  $R = \frac{U}{I} = \frac{10}{5 \times 10^{-3}} \, \Omega = 2 \, 000 \, \Omega$ ,由题图甲可知电解液长度为  $l = a = 1 \, \text{m}$ ,横截面积为  $S = bc = 0.02 \, \text{m}^2$ ,结合电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$  得,  $\rho = \frac{RS}{l} = \frac{2 \, 000 \times 0.02}{1} \, \Omega \cdot \text{m} = 40 \, \Omega \cdot \text{m}$ .

### 限时小练 12 实验:导体电阻率的测量

1. 0.996~0.999 均可 0.42 11.3~11.4 均可

#### 规律总结 物理仪器读数问题

1. 螺旋测微器读数:测量时被测物体长度的整毫米数由固定刻度读出,小数部分由可动刻度读出.测量值 (mm) = 固定刻度数 (mm) (注意半毫米刻度线是否露出) + 可动刻度数 (估读一位)  $\times 0.01$  (mm).

2. 对于电压表和电流表的读数问题,首先要弄清电表量程,即指针指到最大刻度时电表允许通过的最大电压或电流值,然后根据表盘总的刻度数确定精确度,按照指针的实际位置进行读数即可。

(1) 0~3 V 的电压表和 0~3 A 的电流表读数方法相同,此量程下的精确度是 0.1 V 或 0.1 A,看清楚指针的实际位置,读到小数点后面两位。

(2) 对于 0~15 V 量程的电压表,精确度是 0.5 V,在读数时只要求读到小数点后面一位,即读到 0.1 V。

(3) 对于 0~0.6 A 量程的电流表,精确度是 0.02 A,在读数时只要求读到小数点后面两位,这时要求“半格估读”,过半读下一格,不过半格,读前一格。

2. (1) 50.15 (2) 4.700 (3) ① DC ② 外 分压

③ 图见解析

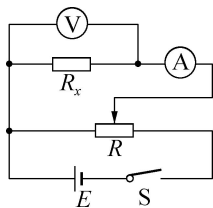
解析:(1) 游标卡尺读数为  $50\text{ mm} + 3 \times 0.05\text{ mm} = 50.15\text{ mm}$ 。

(2) 螺旋测微器读数为  $4.5\text{ mm} + 20.0 \times 0.01\text{ mm} = 4.700\text{ mm}$ 。

(3) ① 电源电动势为 3 V,因此电压表选 D。电路最大电流约为  $I = \frac{3}{5}\text{ A} = 0.6\text{ A}$ ,故电流表应选 C。

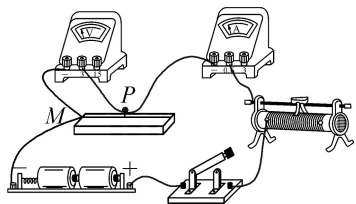
② 待测电阻阻值约为  $5\ \Omega$ ,电流表内阻约为  $0.125\ \Omega$ ,电压表内阻为  $3\text{ k}\Omega$ ,相对来说,电压表内阻远大于待测电阻阻值,因此电流表应采用外接法。为了使电流能从 0 开始变化,所以滑动变阻器采用分压式接法。

③ 由上述分析可知,电路图如图所示:



3. (1) 6.123 (2) 如图所示 (3)  $R = 10x(\Omega)$

(4)  $\rho = \frac{k\pi d^2}{4}$



解析:(1) 用螺旋测微器测金属丝直径为  $6\text{ mm} + 12.3 \times 0.01\text{ mm} = 6.123\text{ mm}$ 。

(2) 由题图可知实验中电源电压约为 3 V,镍铜丝接入电路的最大阻值在  $4\ \Omega$  左右,为了读数能够更加精确,应选择电流表的 0~0.6 A 量程。由于此实验不需要测量镍铜丝接入电路长度一定时多组的电压和电流值,而是每改变一次长度测量一组电压和电流值,因此滑动变阻器采用限流式接法。

(3)  $R-x$  图像为一条过原点的倾斜直线,且斜率为 10,则镍铜丝的电阻与长度的函数关系式为  $R = 10x(\Omega)$ 。

(4) 根据电阻定律有  $R = \rho \frac{x}{S} = \frac{4\rho}{\pi d^2} x$ ,由图像可知  $k = \frac{4\rho}{\pi d^2}$ ,解得  $\rho = \frac{k\pi d^2}{4}$ 。

4. (1) 2.100 (2) 左端 (3)  $\frac{\pi d^2 U}{4 I l}$  (4) C

解析:(1) 由图示螺旋测微器可知,其示数为  $2\text{ mm} + 0.01 \times 10.0\text{ mm} = 2.100\text{ mm}$ 。

(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) 由欧姆定律得  $R_x = \frac{U}{I}$ ,根据电阻定律  $R_x = \rho \frac{l}{S}$ ,又  $S = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ ,联立可得  $\rho = \frac{\pi d^2 U}{4 I l}$ 。

(4) 电压表的内阻为  $1500\ \Omega$ ,由题意知电流表采用了外接法,经检验该方法是正确的,则有  $\frac{R_V}{R_x} > \frac{R_x}{R_A}$ ,解得  $R_A > 3.27\ \Omega$ ,C 正确。

5. (1) 1.415 (2) B a (3)  $\frac{\pi D^2 U}{4 I L}$

解析:(1) 螺旋测微器的读数为固定刻度与可动刻度之和,所以图中所测金属丝的直径为  $D = 1\text{ mm} + 41.5 \times 0.01\text{ mm} = 1.415\text{ mm}$ 。

(2) 因为金属丝的电阻约为  $200\ \Omega$ ,测量时为了保证电压表的安全,电路中的最大电流为  $I_{\max} = \frac{3}{200}\text{ A} = 0.015\text{ A}$ ,

$I_{\max} = \frac{E}{R_x + R_{\min}} = \frac{4}{200 + R_{\min}}$ ,解得  $R_{\min} = 66.7\ \Omega$ ,则滑动

变阻器的阻值应大于  $66.7\ \Omega$ 。因为  $\frac{R_V}{R_x} = \frac{3000}{200} < \frac{R_x}{R_A} = \frac{200}{1}$ ,所以电流表采用内接法,电压表的左端应与 a 端相连。

(3) 根据电阻定律  $R = \rho \frac{L}{S}$  和欧姆定律  $R = \frac{U}{I}$ ,又  $S = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi D^2}{4}$ ,解得  $\rho = \frac{\pi D^2 U}{4 I L}$ 。

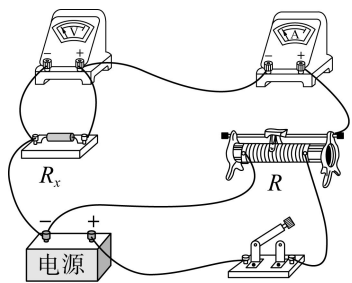
6. (1) 10.750 3.205 (2) 见解析 (3)  $\frac{\pi U d^2}{4 I L}$

解析:(1) 金属丝长  $L = 107\text{ mm} + 10 \times 0.05\text{ mm} = 107.50\text{ mm} = 10.750\text{ cm}$ ,

金属丝的直径为  $d = 3\text{ mm} + 20.5 \times 0.01\text{ mm} = 3.205\text{ mm}$ 。

(2) 电压表内阻远大于待测阻值,故电流表应采用外接法,要求电表的示数从零开始,滑动变阻器要求采用分压式接法,故电路图如图所示:





(3) 待测电阻的阻值为  $R = \frac{U}{I}$ ,

根据电阻定律  $R = \rho \frac{L}{S} = \frac{\rho L}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{4\rho L}{\pi d^2}$ ,

电阻率为  $\rho = \frac{\pi U d^2}{4 I L}$ .

7. (1) 20.0 (2)  $\frac{R_1 R_2}{R}$  (3) 12.6 (4) 偏大

解析:(1) 游标卡尺的主尺读数为 2.0 cm=20 mm, 游标尺上第 0 个刻度和主尺上刻度对齐, 游标卡尺分度值为 0.1 mm, 所以最终读数为 20.0 mm.

(2) 设把 S 拨到 1 位置时, 电压表  $V_1$  示数为  $U$ , 则电路电流  $I_1 = \frac{U}{R_1}$ , 总电压  $U_{\text{总}} = \frac{U R_x}{R_1} + U$ ; 当把 S 拨到 2 位置, 调整电阻箱阻值, 使电压表  $V_2$  示数与电压表  $V_1$  示数相同, 则此时电路中的电流  $I_2 = \frac{U}{R}$ , 总电压  $U'_{\text{总}} = \frac{U}{R} R_2 + U$ , 由于两次总电压相等, 可得  $\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_2}{R}$ , 解得  $R_x = \frac{R_1 R_2}{R}$ .

(3) 由图丙可知,  $R = 1 \times 10^3 \Omega$  时,  $\frac{1}{L} = 5.0 \text{ m}^{-1}$ , 此时玻璃管内水柱的电阻  $R_x = \frac{R_1 R_2}{R} = 8000 \Omega$ , 水柱横截面积  $S = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ , 由电阻定律  $R_x = \rho \frac{L}{S}$  得  $\rho = \frac{R_x S}{L} = 8000 \times 3.14 \times 10^{-4} \times 5.0 \Omega \cdot \text{m} = 12.6 \Omega \cdot \text{m}$ .

(4) 若电压表  $V_1$  内阻不是很大, 则把 S 拨到 1 位置时, 电路电流大于  $\frac{U}{R_1}$ , 即  $\frac{U}{R_1} R_x > \frac{U}{R} R_2$ , 得  $R_x > \frac{R_1 R_2}{R}$ , 所以测量的  $R_x$  将偏大, 因此自来水电阻率测量结果将偏大.

8. (1) a (2) 3.700 (3) 645(645~650 均可)

(4)  $\frac{\pi R (Dh - h^2)}{L}$  (5) 电流表采用内接法, 在电路中电表分压, 致使电阻率测量值偏大.

解析:(1) 闭合 S 前, 应将滑动变阻器的滑片置于 a 端, 从而使闭合开关之后分压部分电路电压从零开始变化.

(2) 根据螺旋测微器读数规则, 题图丙所示, 固定刻度为 3.5 mm, 可动刻度为  $20.0 \times 0.01 \text{ mm}$ , 得陶瓷管直径为  $D = 3.5 \text{ mm} + 20.0 \times 0.01 \text{ mm} = 3.700 \text{ mm}$ .

(3) 如图丁所示,  $U-I$  图像的斜率表示电阻大小得  $R = \frac{2.58}{4 \times 10^{-3}} \Omega = 645 \Omega$ .

(4) 根据电阻定律有  $R = \rho \frac{L}{S}$ , 而横截面积为  $S = \frac{\pi D^2}{4} - \pi \left(\frac{D-2h}{2}\right)^2 = \pi (Dh - h^2)$ , 联立解得金属膜电阻的电阻率为  $\rho = \frac{\pi R (Dh - h^2)}{L}$ .

(5) 如题图乙所示, 电流表采用内接法, 在电路中电流表会分压, 使得电压表读数偏大, 由欧姆定律  $R = \frac{U}{I}$ , 得测量的电阻值偏大, 由  $\rho = \frac{\pi R (Dh - h^2)}{L}$ , 可知电阻率测量值偏大.

### 限时小练 13 串联电路和并联电路(课时 1)

1. D 由题图可知 c、d 之间的总电阻为  $R_{cd} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 4 \Omega$ , A 错误; a、d 之间的总电阻为  $R_{ad} = R_1 + R_2 + R_{cd} = (7+5+4) \Omega = 16 \Omega$ , B 错误; 由欧姆定律可知, 通过  $R_1$ 、 $R_2$  的电流为  $I = \frac{U}{R_{ad}} = 6 \text{ A}$ , C 错误; 设通过  $R_3$ 、 $R_4$  的电流分别为  $I_3$ 、 $I_4$ , 则由并联电路电压相等, 得  $I_3 R_3 = I_4 R_4$ , 又  $I_3 + I_4 = 6 \text{ A}$ , 解得  $I_3 = 2 \text{ A}$ ,  $I_4 = 4 \text{ A}$ , D 正确.

2. B 将电路改画成如图所示

形式,  $I_{\text{总}} = \frac{U_{\text{总}}}{R_{\text{总}}} = \frac{U_{\text{总}}}{R + \frac{R^2}{R+R}} =$

$\frac{6}{2 + \frac{2^2}{2+2}} \text{ A} = 2 \text{ A}$ , 则每一个支路电流均为 1 A, B 正确.

**方法技巧** 该电路的本质是两个电阻先并联, 然后再与另一个电阻串联, 故可求出其总电阻的大小, 再求出总电流. 电流表测量的是并联电路中某一个电阻的电流, 因为这两个电阻的大小相等, 故每个电阻均分总电流, 如果干路电流为 2 A, 则每个支路的电流就是 1 A.

3. B 开关接 a、b 两点时, 电压表示数相对变化量  $\frac{\Delta U}{U} = \frac{6-5.8}{6} = \frac{1}{30}$ , 电流表示数相对变化量  $\frac{\Delta I}{I} = \frac{0.2-0.15}{0.15} = \frac{1}{3}$ , 则有  $\frac{\Delta I}{I} > \frac{\Delta U}{U}$ , 电流表示数变化量大, 则电流表应采用内接法, 即开关应接在 a 点, 电阻测量值  $R = \frac{6}{0.15} \Omega = 40 \Omega$ ; 由于采用电流表内接法, 电流表分压, 电压测量值大于真实值, 电阻测量值大于真实值, B 正确, A、C、D 错误.

4. A 通过电压表的电流  $I_V = \frac{U}{R_V} = \frac{3.50}{1.50 \times 10^3} \text{ A} = \frac{7}{3} \times 10^{-3} \text{ A}$ , 则  $R_x = \frac{U}{I_{R_x}} = \frac{3.50}{\left(10 - \frac{7}{3}\right) \times 10^{-3}} \Omega = 457 \Omega$ ,

A 正确.

5. B 电压表并联在  $R_2$  两端时, 并联部分的电阻为  $\frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} \text{ k}\Omega = 2 \text{ k}\Omega$ , 根据串联电路的分压特点可知, 电源电动势为 12 V; 电压表并联在  $a$ 、 $b$  两端时, 测量的是电源的电动势, 所以其示数为 12 V, B 正确.

6. AC 流经导线  $a$  的电流为  $I = \frac{q}{t} = \frac{5 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19}}{5} \text{ A} = 0.16 \text{ A}$ . 因两段导线串联, 电流相等, 所以流过导线  $b$  的电流也是 0.16 A, A 正确, B 错误; 根据电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$  可知导线  $a$ 、 $b$  的电阻之比为  $R_a : R_b = S_b : S_a = 2 : 1$ , C 正确; 根据欧姆定律  $U = IR$  可知导线  $a$ 、 $b$  两端的电压之比为  $U_a : U_b = R_a : R_b = 2 : 1$ , D 错误.

7. BD 两个电阻并联, 电压相等, 根据  $I = \frac{U}{R}$ , 若  $R_1 = 2R_2$ , 则  $I_1 = \frac{1}{2} I_2$ , A 错误; 若  $R_1$  为定值, 当  $R_2$  增加时, 根据  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{\frac{R_1}{R_2} + 1}$ , 可得 AB 间的总电阻变大, B 正确; 当  $R_1 \gg R_2$  时, 根据  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{\frac{R_1}{R_2} + 1}$ , 可得 AB 间的总电阻接近  $R_2$ , 且比  $R_2$  小, C 错误; 若  $R_1$ 、 $R_2$  不变, 再给 AB 间并联一个不为零的电阻  $R_3$ , 根据  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ , 可知总电阻将减小, D 正确.

#### 常用结论

##### 串并联电路常用的三个推论

- (1) 串联电路的总电阻大于其中任一部分电路的总电阻.
- (2) 并联电路的总电阻小于其中任一支路的总电阻, 且小于其中最小的电阻.
- (3) 无论电路是串联还是并联, 电路中任意一个电阻变大时, 电路的总电阻变大.

8. ACD 题图甲为电流表的外接法, 题图乙为电流表的内接法, A 正确; 题图甲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, 电压表分流越小, 误差越小, 因此这种接法适合测较小电阻; 题图乙由于电流表的分压导致电压的测量值偏大, 由  $R = \frac{U}{I}$  可知,  $R_{\text{测}} > R_{\text{真}}$ ,  $R$  越大, 电流表的分压越小, 误差越小, 因此这种接法适合测较大电阻, B 错误, C、D 正确.

9. AC 若将  $cd$  端短路,  $ab$  之间的等效电阻  $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 40 \text{ }\Omega$ , A 正确; 若将  $ab$  端短路,  $cd$  之间的等效

电阻  $R = R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 32 \text{ }\Omega$ , B 错误; 当  $ab$  两端接上测试电源时,  $cd$  两端的电压  $U_{cd} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} U = 4 \text{ V}$ , C 正确; 当  $cd$  两端接通测试电源时,  $ab$  两端的电压为  $U_{ab} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U = 5 \text{ V}$ , D 错误.

10. (1) 开关 S 闭合, 电路稳定时,

$$B、D \text{ 两点的电势差 } U_{BD} = \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} = 5 \text{ V},$$

$$P、D \text{ 两点的电势差 } U_{PD} = \frac{R_{Pb} E}{R + R_3} = 4 \text{ V},$$

$$\text{则 } B、P \text{ 两点的电势差 } U_{BP} = U_{BD} - U_{PD} = 1 \text{ V},$$

故断开 S 的瞬间, 电容器上极板带正电, 相当于电源对外电路放电, 通过  $R_1$  的电流方向向左. 此时  $R_1$ 、 $R_3$ 、 $R_{aP}$  串联, 由欧姆定律可知

$$\text{电流大小 } I_1 = \frac{U_{BP}}{R_1 + R_3 + R_{aP}} = 0.02 \text{ A}.$$

$$(2) P \text{ 在 } a \text{ 点时, } U_{PD} = \frac{R_{Pb} E}{R + R_3} = 8 \text{ V},$$

$$U_{PB} = U_{PD} - U_{BD} = 3 \text{ V},$$

$$\text{电容器 } M \text{ 板带负电, 电荷量为 } Q_M = C U_{PB},$$

$$P \text{ 在 } b \text{ 点时, } U_{BP}' = U_{BD} = 5 \text{ V},$$

$$\text{电容器 } M \text{ 板带正电, 电荷量为 } Q_M' = C U_{BP}',$$

所以  $M$  板的电荷量有先中和负电荷, 再充上正电荷的过程,

$$\text{通过导线 } BM \text{ 的电荷量 } \Delta Q = Q_M' + Q_M,$$

$$\text{联立解得 } \Delta Q = 1.6 \times 10^{-4} \text{ C}.$$

#### 方法技巧 闭合电路中含有电容器的问题

当电路处于稳定状态时, 电容器相当于断路, 电容器可以从等效电路中去掉, 所以电容器两端的电压即为与它并联的电阻间的电势差, 可求出一个状态下电容器所带的电荷量. 当电路动态变化时, 在包含电容器的支路中会出现瞬时的充、放电电流, 达到新的稳定状态, 流过与电容器串联部分的电荷量为  $\Delta Q = Q' + Q$  或  $\Delta Q = Q' - Q$ , 若电容器极板极性不变则为  $\Delta Q = Q' - Q$ , 若电容器极板极性变化则为  $\Delta Q = Q' + Q$ .

#### 限时小练 13 串联电路和并联电路(课时 2)

1. C 将接线柱 1、2 接入电路时电流表与  $R_1$  并联, 根据电路知识可得当电流表中电流为  $I$  时,  $R_1$  上的电流为  $2I$ , 则流过接线柱 1 的电流值为  $3I$ , 所以此时每一小格表示 0.06 A, A、B 错误; 将接线柱 1、3 接入电路时, 电流表与  $R_1$  并联再与  $R_2$  串联, 可得当电流表中电流为  $I$  时, 流过接线柱 1 的电流值仍为  $3I$ , 所以可得此时每一小格仍表示 0.06 A, C 正确, D 错误.

2. D 选择开关置于  $a$  时, 构成量程为 0~1 mA 的电流表, A 错误; 由欧姆定律可知  $I_g R_g = (I - I_g) R_a$ , 解得  $R_a = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 900}{1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4}} \text{ }\Omega = 100 \text{ }\Omega$ , C 错误; 选择

开关置于  $b$  时,构成量程为  $0\sim 1\text{ V}$  的电压表,B 错误;由欧姆定律知  $U=I_g R_g + IR_b$ ,解得  $R_b = \frac{U-I_g R_g}{I} = \frac{1-1\times 10^{-4}\times 900}{1\times 10^{-3}}\Omega = 910\Omega$ ,D 正确.

**规律总结** 改装电压表和电流表的对比

	小量程的电流表 G 改装成电压表 V	小量程的电流表 G 改装成电流表 A
内部电路		
$R$ 的作用	分压	分流
扩大量程的计算	$U=I_g(R+R_g)$ $R=\frac{U}{I_g}-R_g$	$I_g R_g=(I-I_g)R$ $R=\frac{I_g}{I-I_g}R_g$
电表的总电阻	$R_V=R_g+R$	$R_A=\frac{RR_g}{R+R_g}$
使用	并联在待测电路中,“+”接线柱接电势较高的一端	串联在被测支路中,电流从“+”接线柱流入

3. B 由电路图可知,用  $O$ 、 $a$  两端时是电流表,有  $I=I_g+\frac{I_g R_g}{R_1}=150\text{ mA}$ ,A、C 错误;由电路图可知,用  $O$ 、 $b$  两端时是电压表,有  $U=I_g R_g + \frac{I_g R_g}{R_g+R_1}R_2=160\text{ V}$ ,B 正确,D 错误.

4. D 题图甲中由于电流表的灵敏电流计是并联在电路中,电压表的灵敏电流计是串联在电路中,而串联电路的电流相等,所以由于电流表的定值电阻分流,通过电流表的灵敏电流计的电流小于电压表的,所以电压表的指针偏转角比电流表的大,故 A、B 错误;图乙中电压表和电流表是并联在一起的,两端的电压是相等的,由于电压表中的定值电阻的分压,电压表中灵敏电流计两端的电压小于电流表中灵敏电流计两端的电压,所以图乙中电压表的指针偏转角比电流表的小,故 C 错误,D 正确.

5. A 电流表  $A_1$  的量程大于  $A_2$  的量程,根据电流表改装的原理知,电流表的内阻为  $R_A=\frac{U_g}{I_A}$ ,故电流表  $A_1$  的内阻小于  $A_2$  的内阻,由图可知,两电流表并联,故两电流表两端的电压相等,两表由相同表头改装而成,而将电流表扩大量程时为并联一小电阻,故相当于为四个电阻并联,故两表头中电流相同,故两表的偏转角相同,但  $A_1$  中的电流要大于  $A_2$  中的电流,故  $A_1$  的读数比  $A_2$  的读数大,A 正确,B 错误;电压表  $V_1$  的量程大于  $V_2$  的量

程,故  $V_1$  的内阻大于  $V_2$  的内阻,两电压表串联,故通过两表的电流相等,故  $V_1$  的读数比  $V_2$  的读数大,两电压表串联,通过表头的电流相等,表头指针偏转角度相等,电压表  $V_1$  的偏转角等于电压表  $V_2$  的偏转角,C、D 错误.

6. ABC 空载时,A、B 间电阻为滑动变阻器总电阻的一半,故输出电压  $U_{AB}=\frac{U_{ab}}{2}$ ,A 正确;当 A、B 间接上负载  $R$  时,由于并联 A、B 间电阻变小,小于滑动变阻器总电阻的一半,故输出电压  $U_{AB}<\frac{U_{ab}}{2}$ ,B 正确;A、B 间的负载  $R$  越大,A、B 间电阻越接近滑动变阻器总电阻的一半,则  $U_{AB}$  越接近  $\frac{U_{ab}}{2}$ ,C 正确;A、B 间的负载  $R$  越小,A、B 间电阻越小,则  $U_{AB}$  越小,D 错误.

7. BC 甲是并联电阻起分流作用,为电流表, $R$  增大,分流电流减小,量程变小,A 错误,B 正确;乙是串联电阻起分压作用,为电压表, $R$  增大,分压电压变大,量程变大,C 正确,D 错误.

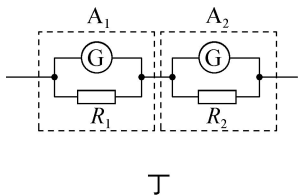
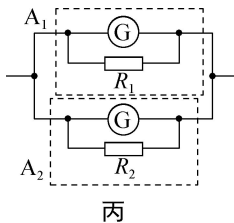
8. CD  $U-I$  图像上某一点与原点连线的斜率表示电阻,根据题图可知,当电子元件的电流为  $0.4\text{ A}$  时,其电压为  $1.5\text{ V}$ ,则电阻为  $R_{\text{电子}}=\frac{1.5}{0.4}\Omega = 3.75\Omega$ ,A 错误;当滑动变阻器滑片  $P$  在中点时,滑动变阻器的电阻为  $50\Omega$ ,滑动变阻器与电子元件串联,所以电压之比等于电阻之比,若电子元件与滑动变阻器的电压之比为  $1:1$ ,则滑动变阻器两端的电压应为  $2.5\text{ V}$ ,根据欧姆定律

得  $I_1=\frac{U_1}{R_1}=\frac{2.5}{50}\text{ A}=0.05\text{ A}$ . 此时电子元件两端电压应为  $2.5\text{ V}$ ,通过电子元件的电流应为  $0.05\text{ A}$ ,根据图像可知电流为  $0.05\text{ A}$  时,对应电压小于  $1\text{ V}$ ,B 错误;电子元件处于正常工作状态时,它的  $U-I$  图像的斜率表示电阻  $R$ ,由图像可知它的斜率越来越小,故电子元件的电阻随电流的增大而减小,C 正确;电子元件处于正常工作状态时,电路最小电流为  $0.2\text{ A}$ ,电子元件两端的最小电压为  $1.0\text{ V}$ ,因串联电路中总电压等于各部分电路电压之和,所以滑动变阻器两端的最大电压  $U_{\text{滑}}=U-U_{\text{电子}}=5\text{ V}-1\text{ V}=4\text{ V}$ . 此时滑动变阻器接入电路的电阻最小  $R_{\text{滑}}=\frac{U_{\text{滑}}}{I_{\text{小}}}=\frac{4}{0.2}\Omega = 20\Omega$ . 电路电流最大为  $0.8\text{ A}$  时,电子元件两端的电压最大为  $2.0\text{ V}$ ,则滑动变阻器两端的最小电压  $U'_{\text{滑}}=U-U'_{\text{电子}}=5\text{ V}-2\text{ V}=3\text{ V}$ . 滑动变阻器接入电路的电阻最小  $R'_{\text{滑}}=\frac{U'_{\text{滑}}}{I_{\text{大}}}=\frac{3}{0.8}\Omega = 3.75\Omega$ . 所以滑动变阻器的阻值范围应控制在  $3.75\sim 20\Omega$ ,D 正确.

9. BC 两电流表并联时电路如图丙所示. 根据并联电路的特点可知两表头两端的电压相同,通过两表头的电



流相同,故两表指针偏转角相同,量程大的示数大,B正确,A错误;两电流表串联时电路如图丁所示,根据串联电路的特点可知两电流表的示数相同,量程大的偏转角小,C正确,D错误。



10. (1) 由电路图知,两电阻串联,电压表测量滑动变阻器两端的电压,电流表测量电路的电流;电压表的量程为  $0 \sim 15 \text{ V}$ ,电压表最大示数为  $15 \text{ V}$  时,滑动变阻器接入电路的电阻最大,根据串联电路的电压规律可知此时  $R_1$  两端的电压为

$$U_1 = 18 \text{ V} - 15 \text{ V} = 3 \text{ V},$$

此时电路中的电流为

$$I_{\text{小}} = \frac{U_1}{R_1} = 0.3 \text{ A},$$

即电流表的最小示数为  $0.3 \text{ A}$ 。

(2) 由  $I = \frac{U}{R}$  得此时滑动变阻器的最大电阻为

$$R_{\text{滑max}} = \frac{U_{\text{滑}}}{I_{\text{小}}} = 50 \Omega,$$

电路中的电流最大为  $0.6 \text{ A}$  时,滑动变阻器接入电路的

阻值最小,由  $I = \frac{U}{R}$  得此时电路的总电阻为

$$R_{\text{小}} = \frac{U}{I_{\text{大}}} = 30 \Omega,$$

由串联电路的电阻规律可知,滑动变阻器的最小电阻为

$$R_{\text{滑min}} = R_{\text{小}} - R_1 = 30 \Omega - 10 \Omega = 20 \Omega,$$

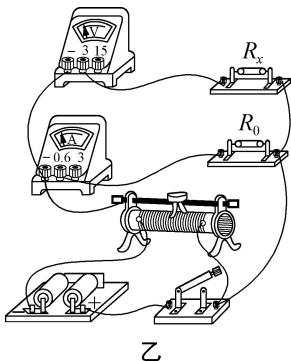
所以滑动变阻器接入电路的阻值范围为  $20 \sim 50 \Omega$ 。

#### 阶段提优 4 电阻的测量

1. (1) 图见解析 (2) 最右端  $\frac{IR_0 R_V}{U} - R_V$

(3)  $R_V \left( \frac{R_0}{k} - 1 \right)$  小于

解析:(1) 实物连接图如图所示:



(2) 开关闭合前,滑动变阻器应将上方电路短路,则滑动变阻器的滑片置于最右端.  $IR_0 = U + \frac{U}{R_V} R_x$ ,待测电阻

$$\text{的表达式为 } R_x = \frac{IR_0 R_V}{U} - R_V.$$

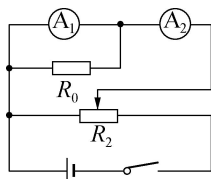
(3)  $U-I$  关系为  $U = \frac{IR_0}{1 + \frac{R_x}{R_V}}$ ,则  $k = \frac{R_0}{1 + \frac{R_x}{R_V}}$ ,得  $R_x =$

$$R_V \left( \frac{R_0}{k} - 1 \right).$$

若电流表内阻不能忽略,则实际关系式为  $I(R_0 + R_A) = U + \frac{U}{R_V} R_x$ ,得  $R_x = R_V \left( \frac{R_0 + R_A}{k} - 1 \right)$ ,则本实验  $R_x$  的测量值小于真实值。

2. (1) 图见解析 (2)  $R_2$  (3)  $\frac{(I_2 - I_1)}{I_1} R_0$   $I_1$  为电流表  $A_1$  的示数,  $I_2$  为电流表  $A_2$  的示数,  $R_0$  为定值电阻的阻值。

解析:(1)(2)采用电流表的分流法:让待测电流表  $A_1$  与定值电阻  $R_0$  并联,再与电流表  $A_2$  串联,这样  $(I_2 - I_1)$  就是流过定值电阻的电流,从而可以求出定值电阻两端的电压,也就是待测电流表两端的电压,这样就可以求出待测电流表的内电阻.电路可以调节使得电表的电流或电压的读数从零开始逐渐增大,滑动变阻器采用分压式接法,为调节方便,选择阻值较小的滑动变阻器,即  $R_2$ ,电路图如图所示:

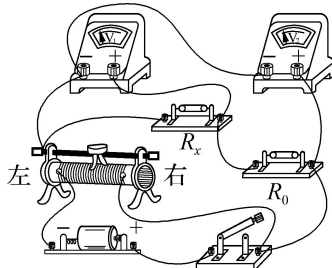


(3) 流过定值电阻的电流  $I = I_2 - I_1$ ,定值电阻两端的电压  $U = IR_0$ ,这个电压也是待测电流表两端的电压,因

此待测电流表的内阻  $R_g = \frac{U}{I_1} = \frac{(I_2 - I_1)}{I_1} R_0$ .  $I_1$  为电流表  $A_1$  的示数,  $I_2$  为电流表  $A_2$  的示数,  $R_0$  为定值电阻的阻值。

3. (1) 图见解析 (2) 右 (5)  $\frac{R_0}{k-1}$  (6) 偏小

解析:(1) 根据电路图,实物连接图如图所示:



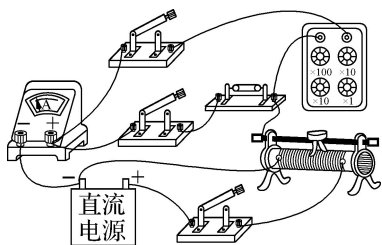
(2) 闭合开关  $S$  前,为了保护电表安全,滑动变阻器的滑片移动到最右端。

(5) 根据欧姆定律可得  $\frac{U_1}{R_x} = \frac{U_2 - U_1}{R_0}$ , 整理可得  $U_2 = \frac{(R_0 + R_x)}{R_x} U_1$ , 可知  $U_2 - U_1$  图像的斜率为  $k = \frac{R_0 + R_x}{R_x}$ , 解得  $R_x = \frac{R_0}{k - 1}$ .

(6) 考虑到电压表的分流, 流过  $R_0$  的电流等于流过  $R_x$  和电压表  $V_1$  的电流之和, 则有  $\frac{U_2 - U_1}{R_0} = \frac{U_1}{R_x} + \frac{U_1}{R_V}$ , 整理可得  $U_2 = \left( \frac{R_0 + R_x}{R_x} + \frac{R_0}{R_V} \right) U_1$ , 可知实际上  $U_2 - U_1$  图像的斜率为  $k = \frac{R_0 + R_x}{R_x} + \frac{R_0}{R_V} > \frac{R_0 + R_x}{R_x}$ , 则有  $R_x > \frac{R_0}{k - 1}$ , 可知测得的  $R_x$  阻值与其真实值相比偏小.

4. (1) 图见解析 (2)  $R_2$  (3) 左 (4)  $I_1$

解析: (1) 实物电路连接图如图所示:



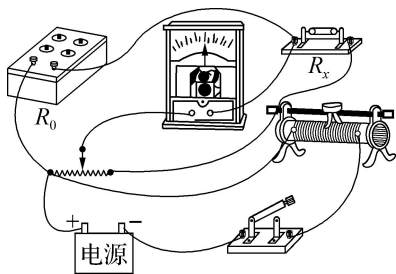
(2) 甲同学采用了分压电路及等效替代法测电阻, 采用分压电路时滑动变阻器的阻值小于并联部分的电阻, 便于实验调节, 故选择  $R_2$ .

(3) 分压电路为保护并联部分电阻, 应使并联部分电压从 0 开始, 滑动头应处于左端.

(4) 由于实验采用了等效替代法, 必须满足两次实验的效果相同, 即两次电流表的示数相同, 即为  $I_1$ .

5. (1) 图见解析 (2) ①  $R_1$  ② 左 ③ 210 ④ 无

解析: (1) 实物电路连线如图所示:



(2) ① 滑动变阻器  $R$  要接成分压电路, 应选用阻值较小的  $R_1$ . ② 某次调节时发现电流计  $G$  中有从  $A$  流向  $B$  的电流, 说明  $A$  点电势高于  $B$  点, 因电阻丝上左端电势高于右端电势, 则应将触头  $P$  向左移动, 直至电流计示数为 0. ③ 在②中电流计示数为 0 时, 电阻  $R_0$ 、 $R_x$  以及电

阻丝两边的电阻  $R_{左}$ 、 $R_{右}$  满足  $\frac{R_0}{R_x} = \frac{R_{左}}{R_{右}}$ . 将电阻箱  $R_0$  和

待测电阻  $R_x$  位置对调, 其他条件保持不变, 发现将  $R_0$  的阻值置于  $196.0 \Omega$  时, 在接通  $S$  后, 电流计的示数也为 0, 则  $\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_{左}}{R_{右}}$ , 则待测电阻的阻值为  $R_x = \sqrt{R_0 R_0} =$

$\sqrt{225 \times 196} \Omega = 210 \Omega$ . ④ 某同学在对调电阻箱和待测电阻时, 不小心将滑动变阻器的滑片移动了少许, 电阻丝两边的比例关系不变, 则对实验结果无影响.

6. (1)  $r$  (2) 1 : 9 (3) 相等

解析: (1) 合上开关  $S_1$ , 调节  $R_1$  使  $G_2$  的指针满偏, 此时  $G_1$  的示数为  $I_1$ , 则  $G_2$  的满偏电流为  $I_g = I_1$ , 合上开关  $S_2$ , 使  $G_1$  的示数仍为  $I_1$ ,  $G_2$  的指针偏转到满刻度的一半, 则通过  $R_2$  的电流为  $I_2 = I_1 - \frac{1}{2} I_g = \frac{1}{2} I_g$ , 所以  $G_2$  的内阻为  $R_g = R_2 = r$ .

(2) 若要将  $G_2$  改装成量程为  $10I_1$  的电流表, 由  $R_3$  与  $G_2$  并联, 则  $I_g R_g = (10I_1 - I_g) R_3$ , 解得  $R_3 : R_g = 1 : 9$ .

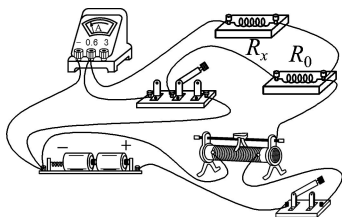
(3) 调节  $R_1$ 、 $R_2$ ,  $G_1$  的示数为  $I_1$ ,  $G_2$  电流达到半偏时, 两并联支路电流相等, 则电阻相等; 仅从实验设计原理上看, 用上述方法测得的  $G_2$  内阻的测量值与真实值相等.

#### 方法技巧 测电阻的几种方法

名称	电路	测量原理
半偏法		闭合 $S_1$ , 断开 $S_2$ , 调节 $R_1$ 使灵敏电流计满偏; 闭合 $S_2$ , 只调节 $R_2$ 使灵敏电流计半偏 ( $R_1 \gg R_g$ ), 则 $R_g = R_2$
		调节 $R_2 = 0$ , 闭合 $S$ , 调节 $R_1$ 使电压表满偏; 只调节 $R_2$ 使电压表半偏 ( $R_1 \ll R_V$ ), 则 $R_V = R_2$
电桥法		开关闭合后, 调节电阻箱 $R_3$ , 当灵敏电流计的示数为零时, $A$ 、 $B$ 两点电势相等, 此时 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x}$ , 通过 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 的值, 可计算出 $R_x$

7. (1) 图见解析 (2) 最左端 偶然 (3)  $I_2 + \frac{I_2 R_x}{R_0} (k - 1) R_0$

解析: (1) 根据电路图连接实物图如图所示:



(2) 合上开关  $S_1$  之前,为保护电路, $R$  触头应置于最左端.多测几组  $I_1$ 、 $I_2$  作  $I_1 - I_2$  图像的目的是减小偶然误差.

(3) 根据欧姆定律可知  $I_1 = I_2 + \frac{I_2 R_x}{R_0}$ , 上式变形可得  $I_1 = I_2 \left( 1 + \frac{R_x}{R_0} \right)$ . 根据图像斜率可知  $k = 1 + \frac{R_x}{R_0}$ , 解得  $R_x = (k-1)R_0$ .

### 限时小练 14 实验:练习使用多用电表

1. C 电流表应串联在电路中,将 K 断开,将多用电表的两个表笔接入电路时应遵循“红入黑出”的原则,所以红表笔接在  $a$  处,黑表笔接在  $b$  处,C 正确.

2. A 电阻挡内部有电源,所以测电路中某个电阻的阻值时,先要将该电阻与其他元件断开,A 正确;测量电阻时,如果指针偏转过大,说明待测电阻较小,需要更换倍率较小的挡位,B 错误;每次换挡时,才必须重新欧姆调零,C 错误;测量完毕后,应将选择开关旋转到“OFF”挡或交流电压最大值处,D 错误.

3. B 测电压时,红表笔应接在电势高的一端,故图甲中应将红表笔接在灯泡的左端,黑表笔接在灯泡的右端,A 错误;测电流时,应让电流从红表笔流入,黑表笔流出,故应按图乙连接方式,闭合开关进行测量,B 正确;测电阻时,应将开关断开进行测量,C 错误;测二极管的反向电阻时,应将红表笔接在二极管的左端,黑表笔接在二极管的右端,D 错误.

4. B 若使用的是电阻“ $\times 1 \Omega$ ”挡,则读数为  $13.0 \Omega$ ,A 错误;若使用的是电阻“ $\times 1 \text{ k}\Omega$ ”挡,则读数为  $13.0 \text{ k}\Omega$ ,B 正确;若使用的是直流电压  $50 \text{ V}$  挡,则读数为  $27.0 \text{ V}$ ,C 错误;若使用的是直流电流  $10 \text{ mA}$  挡,则读数为  $5.4 \text{ mA}$ ,D 错误.

5. (1) ② 欧姆调零旋钮 0 ③ BDC (2) 19 000

解析:(1) ② 电阻表测量前要进行欧姆调零,故需要调节欧姆调零旋钮,使指针对准电阻挡的“0”刻线. ③ 指针偏转角度过小,说明电阻偏大,故需选择较大的倍率,每次换挡要重新调零再测量,故步骤顺序是 BDC. (2) 电阻表读数需要注意倍率,读数为  $R = 19.0 \times 1 \text{ k}\Omega = 19\,000 \Omega$ .

6. (1) 欧姆调零 (2) 2 (3)  $\times 1\text{k}$

解析:(1) 利用电阻挡测量电阻时,选好挡位后,需要先将红表笔和黑表笔短接,进行欧姆调零.

(2) 电流从黑表笔流出电阻表,然后从电压表正接线柱

流入电压表,故黑表笔接触“2”端,红表笔接触另一端.

(3) 若多用电表挡位调到电阻“ $\times 100 \Omega$ ”挡测量,指针偏转角度过小,则说明待测电阻阻值较大挡位选择过小,应选较大挡位,故应换“ $\times 1\text{k}$ ”挡.

7. (1) B A (2) 断开 6  $e$ 、 $f$

解析:(1) ① 因 4 节干电池的电动势为  $6 \text{ V}$ ,则选择开关置于  $10 \text{ V}$  的量程,B 正确.

② 测得  $c$ 、 $d$  间电压约为  $5.8 \text{ V}$ , $e$ 、 $f$  间电压为 0,则是 A 灯丝断开;若是 B 灯丝断开,则  $c$ 、 $d$  间电压约为 0, $e$ 、 $f$  间电压为  $5.8 \text{ V}$ ;若是  $d$ 、 $e$  间连线断开,则  $c$ 、 $d$  间电压以及  $e$ 、 $f$  间电压均为 0;若是 B 灯被短路,则 A 灯会亮,A 正确,B、C、D 错误.

(2) ① 测试前,一定要将电路中的开关 S 断开;

② 由图乙知读数为  $6 \Omega$ ,因  $c$ 、 $d$  间断路,电阻无穷大,则此时测量的是  $e$ 、 $f$  间电阻.

### 章末提优 3

1. B 电子运动一周所需要的时间为  $t = \frac{240}{\frac{1}{10} \times 3 \times 10^8} \text{ s} =$

$8 \times 10^{-6} \text{ s}$ ,在圆形轨道上任取一横截面,则在  $t$  时间内通过该横截面的电荷量为  $q = It = 10 \times 10^{-3} \times 8 \times$

$10^{-6} \text{ C} = 8 \times 10^{-8} \text{ C}$ ,环中运行的电子数  $N = \frac{q}{e} =$

$\frac{8 \times 10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ 个} = 5 \times 10^{11} \text{ 个}$ ,B 正确.

2. D 根据电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$ ,电阻对折后,长度变为原来

一半,横截面积变成原来两倍,因此电阻变为  $\frac{1}{4} R$ ,A

错误;截去  $\frac{1}{3}$ ,剩下部分的长度变为原来的  $\frac{2}{3}$ ,因此电阻

变为  $\frac{2}{3} R$ ,B 错误;均匀拉长为原来的两倍,由于体积不

变,横截面积变成原来的一半,因此电阻变为  $4R$ ,C 错

误;均匀拉长,使横截面积为原来的  $\frac{1}{2}$ ,由于体积不变,

长度变为原来的两倍,因此电阻变为  $4R$ ,D 正确.

3. C 电阻丝  $MP$  段与  $PN$  段电压之比等于  $R_0$  和  $R_x$

的电压比,即  $\frac{U_{MP}}{U_{PN}} = \frac{U_{R_0}}{U_{R_x}} = \frac{R_0}{R_x}$ ;根据电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$  及

串并联电路规律,有  $\frac{U_{MP}}{U_{PN}} = \frac{R_{MP}}{R_{PN}} = \frac{l_1}{l_2}$ ,故  $\frac{R_0}{R_x} = \frac{l_1}{l_2}$ ,解得

$R_x = \frac{l_2}{l_1} R_0$ ,C 正确.

4. B 根据电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$ ,可知  $R_1 = \rho \frac{c}{c^2} = \frac{\rho}{c}$ ,

$R_2 = \rho \frac{\frac{c}{5}}{\left(\frac{c}{5}\right)^2} = 5 \frac{\rho}{c}$ ,则有  $R_1 : R_2 = 1 : 5$ ,B 正确.



5. D 当S断开时,  $R_1$  和  $R_2$  串联, 则有  $U_2 = \frac{UR_2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3}U = 4 \text{ V}$ , 解得  $U = 6 \text{ V}$ ; 当S闭合时,  $R_1$  和电流表被短路, 则电流表读数为 0, 电压表读数为 6 V, D 正确。

6. D 由欧姆定律可知, 电阻为  $R = \frac{U}{I} = \frac{8}{2} \Omega = 4 \Omega$ , A、B 错误; 根据电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$  可知, 将金属导线拉长为  $2L$ , 则截面积变为原来  $\frac{1}{2}$ , 电阻变为  $16 \Omega$ , C 错误; 将金属导线拉长, 使半径变为原来一半, 截面积变为原来  $\frac{1}{4}$ , 长度为  $4L$ , 根据电阻定律可知电阻变为  $64 \Omega$ , D 正确。

7. B 根据电流的微观表达式可知  $I = neSv = neacv$ , 则电阻大小为  $R = \frac{U}{I} = \frac{U}{neacv}$ , 又因  $R = \rho \frac{b}{S} = \rho \frac{b}{ac}$ , 解得  $\rho = \frac{U}{nebv}$ , A 错误, B 正确; 时间  $\Delta t$  内, 通过长方体金属导体的自由电子数目为  $N = \frac{I\Delta t}{e} = nacv\Delta t$ , C、D 错误。

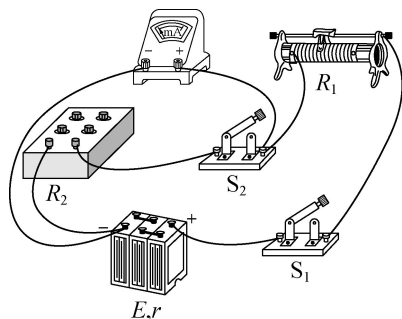
8. BC 通过  $R_2$  的电流为  $I_2 = I - I_1 = 1 \text{ A}$ , 电场力做功, 电流从高电势流向低电势, 设  $R_1$  和  $R_2$  左边电路分支点的电势为  $\varphi$ , 则  $a$ 、 $b$  两点的电势分别为  $\varphi_a = \varphi - I_1 R_1$ ,  $\varphi_b = \varphi - I_2 R_2$ ,  $a$ 、 $b$  两点间的电势差为  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = I_2 R_2 - I_1 R_1 = -15 \text{ V}$ , 则通过  $R_3$  的电流为  $I_3 = \frac{|U_{ab}|}{R_3} = 0.5 \text{ A}$ , 因为  $a$  点电势低于  $b$  点电势, 所以电流方向为  $b \rightarrow a$ , A 错误, B 正确;  $I_2$  在  $b$  点发生分流, 则通过电流表的电流为  $I_A = I_2 - I_3 = 0.5 \text{ A}$ , 方向为从左向右流过电流表, C 正确, D 错误。

9. BD 根据欧姆定律可知, 曲线上某点与原点连线的斜率表示电阻的倒数, 由图可知, 随电压的升高, 图线上的点与原点连线的斜率增大, 故电阻减小, A 错误, B 正确; 根据欧姆定律可知导体两端电压为 4 V 时, 电阻为  $R = \frac{U}{I} = \frac{4}{4} \Omega = 1 \Omega$ , C 错误, D 正确。

10. AC 接 0.2 A 量程, 根据并联分流的特点有  $\frac{R_1 + R_2}{R_g} = \frac{I_g}{I - I_g}$ , 即  $R_1 + R_2 = 200 \Omega$ , 接 2 A 量程时, 表头 G 与  $R_1$  串联再与  $R_2$  并联, 则有  $\frac{R_2}{R_g + R_1} = \frac{I_g}{I' - I_g}$ , 即  $R_2 = \frac{1}{19}(R_1 + R_g)$ , 联立解得  $R_1 = 180 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$ , 改装前后通过表头 G 的最大电流不变, A、C 正确。

11. (1) 图见解析 (2) 2.3 (3) < (4) 297.7

解析: (1) 根据电路图连接图乙中的实物图如图所示:



(2) 由题意可知, 通过电流表的电流等于通过电阻箱电流的 2 倍, 则电阻箱的阻值等于电流表内阻的 2 倍, 因电阻箱的阻值为  $4.6 \Omega$ , 可知电流表的内阻为  $R_A = 2.3 \Omega$ 。

(3) 闭合开关  $S_2$  时, 电流表与  $R_2$  并联, 电路总电阻变小, 由闭合电路的欧姆定律可知, 电路电流变大, 电流表读数为  $\frac{2}{3}I_g$  时流过  $R_2$  的电流大于  $\frac{1}{3}I_g$  电流表电流,  $R_2$  的电阻阻值小于电流表内阻的 2 倍, 由此可知电流表内阻测量值小于真实值。

(4) 将(2)中电流表内阻的测量值作为该表内阻, 若要改装成量程为 3 V 的电压表, 则需与该电流表串联的电阻

$$R = \frac{U}{I_g} - R_A = \frac{3}{0.01} \Omega - 2.3 \Omega = 297.7 \Omega.$$

12. (1) 150 (2) 3.09~3.12 均可 (3) B

解析: (1) 指针示数是 15.0, 如果是用“ $\times 10$ ”电阻挡测量电阻, 则被测电阻为  $150 \Omega$ 。

(2) 如果是用直流 5 V 挡测量电压, 因总格数为 50 格, 即最小分度值为 0.1 V, 所以读数为 3.10 V。

(3) 使用多用电表测量电阻时, 应把待测元件从原电路断开, 才能对其进行电阻测量, A 错误; 如果指针偏转过大, 说明电阻很小, 应将选择开关拨至倍率更小的挡位, B 正确; 改变不同倍率的电阻挡后, 电阻表的内阻要发生变化, 所以要重新进行欧姆调零, C 错误。

13. (1) 当开关 S 断开时, 电路电流  $I = 0$ , B 与电源负极等势, A 与电源正极等势, 则

$$U_{AB} = U = 6 \text{ V}.$$

(2) 当开关 S 断开时, 电容器  $C_1$  的电压为  $U_{C_1} = U$ ,

$$\text{当 S 闭合后稳定时 } U'_{C_1} = U_{R_1}, U_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U,$$

$$\text{电压减小 } \Delta U_{C_1} = U_{C_1} - U'_{C_1},$$

$$\text{电容器 } C_1 \text{ 的电荷量减少 } \Delta Q = C_1 \Delta U_{C_1},$$

$$\text{解得 } \Delta Q = 2 \times 10^{-6} \text{ C}.$$

14. (1)  $R_1$  两端的电压为  $U_{R_1} = I_1 R_1 = 0.3 \times 4 \text{ V} = 1.2 \text{ V}$ ,

流过电阻  $R_2$  和  $R_3$  的电流是  $I_{23} = \frac{U_{R_1}}{R_2 + R_3} = \frac{1.2}{2+6} \text{ A} = 0.15 \text{ A}$ 。

(2) 电压表  $V_1$  读数  $U_{R_3} = I_{23} R_3 = 0.9 \text{ V}$ ,

$R_4$  两端的电压为  $U_{R_4} = (I_1 + I_{23})R_4 = 2.7 \text{ V}$ ,

$V_2$  的示数是  $U_2 = U_{R_1} + U_{R_4} = 3.9 \text{ V}$ .

15. (1) 当  $cd$  端短接时,  $ab$  间电路的结构是电阻  $R_2$ 、 $R_3$

并联后与  $R_1$  串联, 等效电阻为  $R_{ab} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1 =$

$40 \Omega$ ,

当  $ab$  端短接时,  $cd$  之间电路结构是电阻  $R_1$ 、 $R_3$  并联后与  $R_2$  串联, 等效电阻为

$$R_{cd} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2 = 128 \Omega,$$

$$\text{故 } \frac{R_{ab}}{R_{cd}} = \frac{5}{16}.$$

(2) 当  $cd$  两端接  $100 \text{ V}$  电压时,  $ab$  两端的电压等于电阻  $R_3$  两端的电压, 为

$$U_{ab} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U = 25 \text{ V},$$

当  $ab$  两端接  $100 \text{ V}$  电压时,  $cd$  两端的电压等于电阻  $R_3$  两端的电压, 为

$$U_{cd} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} U = 80 \text{ V},$$

$$\text{故 } \frac{U_{ab}}{U_{cd}} = \frac{5}{16}.$$

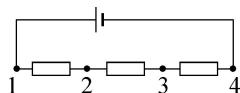
### 真题小练

1. B 根据电阻定律  $R = \rho \frac{L}{S}$ , 根据欧姆定律  $\Delta U = I \cdot$

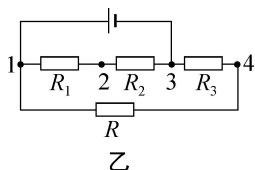
$\Delta R$ , 整理可得  $\rho = \frac{S}{I} \cdot \frac{\Delta U}{L}$ , 结合题图可知导体  $L_1$ 、 $L_2$

$$\text{的电阻率之比 } \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{0.2}{0.25}}{\frac{0.5-0.2}{1.00-0.25}} = \frac{2}{1}, \text{ B 正确.}$$

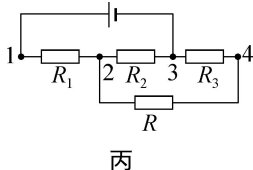
2. CD 若电源接在 1、4 之间, 由于 1、2 间的电势差为正, 所以 1 要接电源正极, 如图甲所示, 不管电阻  $R$  接在 1、3 之间还是接在 2、4 之间, 3、4 间的电势差都一定是正的, 即  $U_{34} > 0$ , 与题目已知条件不符合, A、B 错误; 由上述分析可知电源一定接在 1、3 之间, 若电阻  $R$  接在 1、4 之间, 如图乙所示, 则  $U_{13} = U_{12} + U_{23} = 5.5 \text{ V}$ , 同时  $U_{13} = U_{14} + U_{43}$ , 因为  $U_{43} = -U_{34} = 1.5 \text{ V}$ , 所以只要  $U_R = U_{14} = 4 \text{ V}$  就能满足题目要求, C 正确; 若电阻  $R$  接在 2、4 之间, 如图丙所示, 则  $U_{23} = 2.5 \text{ V}$ , 同时  $U_{23} = U_{24} + U_{43}$ , 因为  $U_{43} = -U_{34} = 1.5 \text{ V}$ , 所以只要  $U_R = U_{24} = 1 \text{ V}$  就能满足题目要求, D 正确.



甲



乙



丙

3. (1) 2.450 (2) 1 (3) 1.91 (4) 大于

解析: (1) 根据螺旋测微器的读数规则可知, 其读数为  $d = 2 \text{ mm} + 0.01 \times 45.0 \text{ mm} = 2.450 \text{ mm}$ .

(2) 由于电压表示数变化更明显, 说明电流表分压较多, 因此电流表应采用外接法, 即测量铅笔芯电阻时应将 K 掷到 1 端.

(3) 根据图丙的  $I-U$  图像, 结合欧姆定律有  $R_Y = \frac{2.50 \text{ V}}{1.31 \text{ A}} = 1.91 \Omega$ .

(4) 根据电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$ , 可得  $\rho = \frac{RS}{l}$ . 两种材料的横截面积近似相等, 分别代入数据可知  $\rho_X > \rho_Y$ .

4. (2)  $\frac{U_2 - U_1}{R_0}$   $\frac{U_1 R_0}{U_2 - U_1}$  (5) 0.150 (6) 5.0

解析: (2) 根据题意可知,  $R_0$  两端的电压为  $U = U_2 - U_1$ ,

则流过  $R_0$  即流过待测金属丝的电流  $I = \frac{U}{R_0} = \frac{U_2 - U_1}{R_0}$ ,

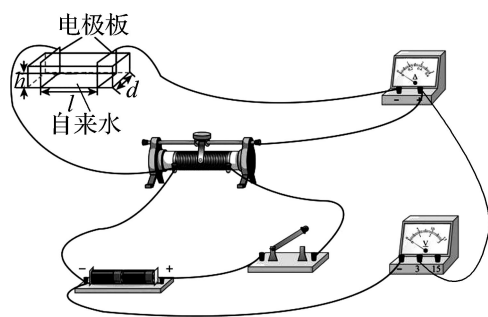
金属丝的电阻  $r = \frac{U_1}{I}$ , 联立可得  $r = \frac{U_1 R_0}{U_2 - U_1}$ .

(5) 螺旋测微器的读数为  $d = (15.0 \times 0.01) \text{ mm} = 0.150 \text{ mm}$ .

(6) 根据电阻定律  $r = \rho \frac{L}{S}$ , 又  $S = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ , 代入数据联立解得  $\rho = 5.0 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ .

5. (2) 图见解析 (4)  $kdh$  高 (5) 0.46

解析: (2) 电源电压为  $3 \text{ V}$ , 故电压表量程选择  $3 \text{ V}$ ; 由于电流表的内阻已知, 故采用电流表内接时, 可以消除系统误差, 故电流表采用内接法, 实物连接图如图所示:



(4) 根据电阻定律有  $R_x = \rho \frac{l}{dh} = \frac{\rho}{dh} \cdot l$ , 故可得  $k = \frac{\rho}{dh}$ , 化简得  $\rho = kdh$ . 电阻率越小越容易导电, 根据图像可知  $65^\circ \text{C}$  的水的电阻率更小, 故可知温度高的水更容易导电.

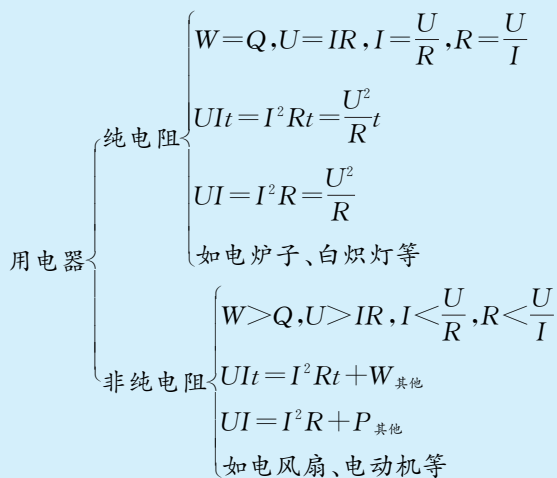
(5) 根据前面分析可知  $65^\circ \text{C}$  的水的电阻率为  $\rho = kdh = \frac{8 \times 10^3}{0.7} \times 0.07 \times 0.03 \Omega \cdot \text{m} = 24 \Omega \cdot \text{m}$ , 故当选用内直径为  $d_0 = 8.0 \times 10^{-3} \text{ m}$  的水管时, 若人体的安全电流为  $I_0 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ A}$ , 接入电压  $U = 220 \text{ V}$  时, 有  $\frac{U}{R} = I_0$ ,  $R = \rho \frac{l_m}{\pi \left(\frac{d_0}{2}\right)^2}$ , 解得水管的长度至少应设计为  $l_m = 0.46 \text{ m}$ .

## 第十二章 电能 能量守恒定律

## 限时小练 15 电路中的能量转化

1. B 电路可分为纯电阻电路和非纯电阻电路,  $P=UI$  对两种电路都适用, A 错误;  $P=I^2R$  适用于任何电路的热功率的计算, B 正确;  $P=\frac{U^2}{R}$  只适用于纯电阻电路的电功率和热功率的计算, C 错误;  $P=UI$ 、 $P=I^2R$ 、 $P=\frac{U^2}{R}$  的适用条件与电路的连接方式无关, D 错误.

## 规律总结 纯电阻电路与非纯电阻电路的比较



2. B 根据  $P_{\text{额}}=\frac{U_{\text{额}}^2}{R}$ , 可知  $R_1>R_2$ , 根据  $I=\frac{E}{R}$  可知甲图中通过  $L_1$  的电流小于通过  $L_2$  的电流, A 错误;  $L_1$  和  $L_2$  串联在电路中, 则流过  $L_1$  和  $L_2$  的电流相等, 根据  $P=I^2R$  可知,  $L_1$  的功率更大, 故乙图中  $L_1$  比  $L_2$  更亮些, B 正确; 乙图中  $L_1$  和  $L_2$  串联在电路中, 则流过  $L_1$  和  $L_2$  的电流相等,  $L_1$  的内阻较大, 可知乙图中  $L_1$  两端的实际电压较大, C 错误; 甲图中  $L_1$  的实际功率小于  $L_2$  的实际功率, 乙图中  $L_1$  的实际功率大于  $L_2$  的实际功率, D 错误.

3. D 开关  $S_1$ 、 $S_2$  都闭合时, 电热丝接入电路发热, 电吹风吹热风, A 错误; 440 Ω 显然是吹冷风时的功率和电压得出的, 而电动机是非纯电阻元件, 不能用欧姆定律计算其内电阻, B 错误; 吹热风时电热丝的功率为  $P=990\text{ W}-110\text{ W}=880\text{ W}$ , 电流  $I=\frac{P}{U}=4\text{ A}$ , C 错误, D 正确.

4. C 判断灯泡能否正常发光, 就要判断电压是不是额定电压, 或电流是不是额定电流. 由  $P=\frac{U^2}{R}$  和已知条件可知  $R_A<R_B$ . 对于 A 电路, 由于  $R_A<R_B$ , 所以 A 灯若正常发光,  $U_B>110\text{ V}$ , B 灯被烧毁, 两灯不能均正常发光; 对于 B 电路, 由于  $R_B>R_A$ , A 灯并联变阻器, 并联电阻更小于  $R_B$ , 所以  $U_B>U_{\text{并}}$ , A 灯若正常发光, 则 B 灯被烧毁; 对于 C 电路, B 灯与变阻器并联电阻可能等

于  $R_A$ , 所以可能  $U_A=U_B=110\text{ V}$ , 两灯可以正常发光; 对于 D 电路, 若变阻器的有效电阻等于 A、B 的并联电阻, 则  $U_A=U_B=110\text{ V}$ , 两灯可以正常发光. 比较 C、D 两个电路, 由于 C 电路中变阻器功率为  $(I_A-I_B)\times 110$ , 而 D 电路中变阻器功率为  $(I_A+I_B)\times 110$ , 所以 C 电路消耗电功率最小.

**规律总结** 解此类问题的思路分两步: ① 先分清哪个电路的 A、B 灯能正常发光, 这里可以从电压、电流、电功率三个量中任一个达到其额定值, 其余两个也达到额定值方面分析. ② 确定了正常发光的电路后, 再比较哪一个的实际功率小, 可以用计算的方法去比较, 也可以用定性分析法比较.

5. B 开关 S 接 1, 则电路中的电流  $I_L=\frac{P_L}{U_L}=\frac{0.4}{2}\text{ A}=0.2\text{ A}$ , 电源内阻  $r=\frac{E}{I_L}-R_L-R=\left(\frac{3}{0.2}-\frac{2}{0.2}-4\right)\Omega=1\Omega$ , A 错误; 将开关 S 接 2, 小灯泡 L 和电动机 M 均正常工作, 则电动机的正常工作电压为  $U_M=E-U_L-I_L r=(3-2-0.2\times 1)\text{ V}=0.8\text{ V}$ , 电源效率约为  $\eta=\frac{IU}{IE}\times 100\%=\frac{E-I_L r}{E}=\frac{3-0.2\times 1}{3}=93.3\%$ , 电动机为非纯电阻电路, 则电动机线圈内阻  $r_M\neq\frac{U_M}{I_L}=4\Omega$ , B 正确, C、D 错误.

6. BCD 电功率越大, 表示电流做功越快, 但是电路中产生的焦耳热量的多少还与做功的时间的长短有关, A 错误; 公式  $W=UI t$  是计算电路的总功的大小, 适用于任何的电路, 而  $W=I^2 R t$  和  $W=\frac{U^2}{R} t$  只能适用于纯电阻电路, B 正确; 在非纯电阻的电路中,  $UI$  表示的是总的功率的大小, 而  $I^2 R$  只是电路中发热的功率, 除发热功率外, 还有其他形式的有用功率, 所以在非纯电阻电路中  $UI>I^2 R$ , C 正确; 焦耳热  $Q=I^2 R t$  适用于任何电路中的热量的计算, D 正确.

7. BC 这是一个非纯电阻电路问题, 充电器输出能量, 一部分转化为电池的化学能, 一部分转化为发热的内能, 电池发热功率为  $I^2 r$ , 充电的总功率为  $UI$ , 则电能转化为化学能的功率为  $UI-I^2 r$ , 那么充电效率为  $\eta=\frac{UI-I^2 r}{UI}\times 100\%$ , B、C 正确.

8. CD 已知电动机的额定电压  $U=6\text{ V}$ , 额定电流  $I=0.5\text{ A}$ , 内阻  $r=0.5\Omega$ , 电动机的热功率为  $P_r=I^2 r=(0.5)^2\times 0.5\text{ W}=0.125\text{ W}$ , A 错误; 电动机的输入功率为  $P=UI=6\times 0.5\text{ W}=3\text{ W}$ , B 错误; 电动机的输出的机械功率  $P_{\text{出}}=P-P_r=3\text{ W}-0.125\text{ W}=2.875\text{ W}$ , C 正



确;电动机持续工作一小时耗电为  $E = Pt = 0.003 \times 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 0.003 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 即耗电为 0.003 度, D 正确。

规律总结 电动机的三个功率及关系

输入功率	电动机的总功率 $P_{\text{总}} = P_{\text{入}} = UI$
输出功率	电动机的有用功的功率,也叫机械功率
热功率	电动机线圈上有电阻,电流通过线圈时会发热,热功率 $P_{\text{热}} = I^2 r$
三者关系	$P_{\text{总}} = P_{\text{出}} + P_{\text{热}}$
效率	$\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{入}}} \times 100\% = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} \times 100\%$
特别说明	① 正常工作的电动机是非纯电阻元件 ② 电动机因故障或其他原因不转动时,相当于一个纯电阻元件

9. AC 当  $S_1$  断开、 $S_2$  闭合时,电动机正常工作,电热丝处于断路状态,则电吹风吹冷风, A 正确;根据题目条件可知,电热丝的功率为  $P = 1\,000 \text{ W} - 120 \text{ W} = 880 \text{ W}$ , 因此电热丝的电阻为  $R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{880} \Omega = 55 \Omega$ , B 错误;依题意知,无论吹冷风还是吹热风,电动机 M 的功率均为 120 W,根据功率的计算公式  $P = UI$  得,流过电动机的电流为  $I = \frac{P_1}{U} = \frac{120}{220} \text{ A} = \frac{6}{11} \text{ A}$ , C 正确;电吹风吹热风 5 分钟后,消耗的电能为  $W = P_2 t = 1\,000 \text{ W} \times \frac{1}{12} \text{ h} = \frac{1}{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ , D 错误。

10. (1) 由电路中的电压关系可得电阻 R 的分压  $U_R = U - U_V = (160 - 110) \text{ V} = 50 \text{ V}$ ,

流过电阻 R 的电流  $I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{50}{10} \text{ A} = 5 \text{ A}$ ,

即通过电动机的电流  $I_M = I_R = 5 \text{ A}$ 。

(2) 电动机的分压  $U_M = U_V = 110 \text{ V}$ ,

输入电动机的功率  $P_{\text{电}} = I_M U_M = 550 \text{ W}$ 。

(3) 电动机的发热功率  $P_{\text{热}} = I_M^2 r = 20 \text{ W}$ ,

电动机输出的机械功率  $P_{\text{出}} = P_{\text{电}} - P_{\text{热}} = 530 \text{ W}$ ,

又因  $P_{\text{出}} = mgv$ , 所以  $m = \frac{P_{\text{出}}}{gv} = 53 \text{ kg}$ 。

限时小练 16 闭合电路的欧姆定律(课时 1)

1. D 电源的电动势反映其将其他形式的能转化为电能本领强弱,电动势越大,说明非静电力在电源内部从负极向正极移动单位电荷量做功越多,但电源提供的电能不一定多, A 错误;电动势的大小等于移动单位正电荷非静电力做的功, B 错误;电源接入电路后,其路端电

压  $U = \frac{E}{R+r} R$  的大小,除了与电动势大小有关以外,还与内外电阻的比值有关,而电源的电动势是由电源本身的性质决定的,与外电路无关, C 错误;干电池的电动势为 1.5 V,表示当 1 C 的电荷量通过干电池时有 1.5 J 的化学能转化为电能, D 正确。

2. D 电池板没有接入外电路时,路端电压等于电池板电动势,所以电动势  $E = 800 \text{ mV}$ 。由闭合电路欧姆定律得短路电流  $I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$ , 所以电池板内阻  $r = \frac{E}{I_{\text{短}}} =$

$\frac{800 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-3}} \Omega = 20 \Omega$ , 该电池板与  $20 \Omega$  的电阻连成闭合

电路时,电路中电流  $I = \frac{E}{R+r} = \frac{800}{20+20} \text{ mA} = 20 \text{ mA}$ , 所以路端电压  $U = IR = 400 \text{ mV} = 0.4 \text{ V}$ , D 正确。

3. C 根据“串反并同”法, R 一定时,当室内甲醛含量升高时,  $R_x$  增大,电流表示数减小,电压表示数减小;当室内甲醛含量降低时,  $R_x$  减小,电压表示数增大, A、B、D 错误;电压表、电流表的示数变化量的比值等于定值电阻的阻值,保持不变, C 正确。

4. D 根据闭合电路欧姆定律  $U = E - Ir$  可知,  $U - I$  图像的纵轴截距等于电动势, 则有  $E = 6.0 \text{ V}$ 。  $U - I$  图像的斜率绝对值等于内阻, 则有  $r = \frac{6.0 - 5.0}{0.5} \Omega = 2 \Omega$ , A、B

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

为 0.2 A 时的外电阻为  $R = \frac{E}{I} - r = \frac{6.0}{0.2} \Omega - 2 \Omega = 28 \Omega$ ,

D 正确。

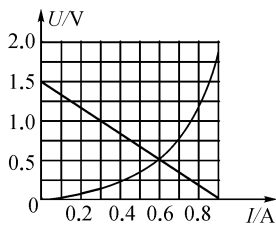
易错点拨 根据电源路端电压  $U$  与电流  $I$  的关系图像求电源的内阻时,要注意纵轴坐标是否从零开始,若不是从零开始,则不能用纵坐标与横坐标之比来求电源的内阻。

5. C 根据闭合电路欧姆定律变形可得  $U = E - Ir$ , 可得图像与纵轴的交点表示电动势,图像斜率的大小表示内阻,根据图甲可知电源电动势为  $E = 1.5 \text{ V}$ ,内阻为  $r = \frac{|1.5 - 1.0|}{0.3} \Omega = \frac{5}{3} \Omega$ , A 错误;根据图乙可知电流越

大,小灯泡功率越大,根据欧姆定律变形可得  $R = \frac{U}{I}$ , 可

知图线乙上某点与原点连线的斜率为电阻,所以小灯泡的电阻随着功率的增大而增大, B 错误;把电源和小灯泡组成闭合回路,将甲、乙两图叠加到一起,两  $U - I$  曲线的交点即小灯泡的电压、电流,根据图像读数  $U = 0.5 \text{ V}$ ,  $I = 0.6 \text{ A}$ , 所以,小灯泡的功率为  $P = UI = 0.5 \times 0.6 \text{ W} = 0.3 \text{ W}$ , C 正确;回路的总功率为  $P_{\text{总}} = EI =$

$1.5 \times 0.6 \text{ W} = 0.9 \text{ W}$ , D 错误.



6. AC  $U-I$  图线斜率的绝对值表示电源的内阻,  $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = 10 \Omega$ , A 正确; 电源与  $b$  组成回路时, 图线  $a$  与  $b$  交点的纵、横坐标, 表示电源的路端电压和电流, 由图像可知交点坐标为  $(0.4 \text{ A}, 2 \text{ V})$ , 则电源的输出功率  $P_b = U_b I_b = 2 \times 0.4 \text{ W} = 0.8 \text{ W}$ , 图线  $a$  与  $c$  交点坐标为  $(0.2 \text{ A}, 4 \text{ V})$ , 则电源的输出功率为  $P_c = U_c I_c = 4 \times 0.2 \text{ W} = 0.8 \text{ W}$ , 所以与  $b$  组成回路时电源的输出功率等于与  $c$  组成回路时的输出功率, B 错误; 与  $b$  组成回路时电源的效率为  $\eta_b = \frac{U_b I_b}{EI_b} \times 100\% = 33.3\%$ , 与  $c$  组成回路时电源的效率为  $\eta_c = \frac{U_c I_c}{EI_c} \times 100\% = 66.7\%$ , 所以  $\eta_b < \eta_c$ , C 正确; 电动机为非纯电阻电路, 所以流过电动机的电流  $I_M \neq \frac{E}{R_M + r} = 0.4 \text{ A}$ , D 错误.

7. AB S 闭合后, 当风速增大时, 活塞上方气压减小, 活塞带动滑片  $P$  上移, 可知滑动变阻器接入电路电阻减小, 电路总电阻减小, 根据闭合电路欧姆定律可知, 电路总电流增大, 则电流表的示数变大, A 正确; 电源的路端电压  $U_{\text{外}}$  减小, D 错误; 由于通过定值电阻  $R$  的电流增大, 所以定值电阻  $R$  的电压  $U_R$  增大, 电压表的示数变大, B 正确; 根据  $U_{\text{外}} = U_R + U_{R_1}$  可知, 滑动变阻器  $R_1$  两端的电压变小, C 错误.

8. AD 当照射光敏电阻的光强增强时, 其阻值  $R_1$  变小, 则与灯泡并联后的阻值变小, 再串联  $R_0$  和电源内阻  $r$  后的总阻值变小, 由全电路的欧姆定律可知, 干路电流  $I$  变大, 即电流表的示数变大, D 正确; 电压表测量的是  $R_0$  的电压, 由  $U_V = IR_0$ , 则电压表的示数变大, A 正确; 由全电路的串联规律有  $E = I(R_0 + r) + U_{\text{并}}$ , 因总电流  $I$  变大, 则并联部分的电压变小, 即光敏电阻的电压变小, 灯泡  $L$  的电压变小, 则灯泡变暗, B、C 错误.

9. BC 当开关  $S$  接位置 1 时, 通过电阻  $R$  的电流为  $I_1 = \frac{U_1}{R} = 0.1 \text{ A}$ . 根据闭合电路欧姆定律有  $E = U_1 + I_1 r$ , 解得  $r = 2 \Omega$ , A 错误; 小灯泡的电阻为  $R_L = \frac{U_L^2}{P_L} = 2 \Omega$ , B 正确; 当开关  $S$  接到位置 2 时, 小灯泡两端的电压为  $U_2 = \frac{ER_L}{r + R_L} = 1.6 \text{ V}$ , 所以此时小灯泡两端的电压只

达到其额定电压的约  $53\%$ , 小灯泡发光很暗, C 正确, D 错误.

10. (1) 可变电阻  $R_0$  上消耗的热功率

$$P_1 = I^2 R_0 = \left( \frac{E}{R + R_0 + r} \right)^2 R_0 = \frac{25 R_0}{(R_0 + 100)^2} = \frac{25}{\frac{(R_0 - 100)^2}{R_0} + 400},$$

由上式可得, 当  $R_0 = 100 \Omega$  时,  $P_1$  有最大值  $P_{1\text{max}} = \frac{25}{400} \text{ W} = 0.0625 \text{ W}$ .

(2)  $r$  和  $R$  上消耗的热功率之和

$$P_2 = I^2 (R + r) = \frac{25}{(R_0 + 100)^2} \times 100,$$

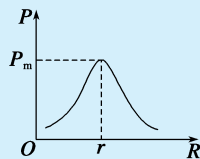
由上式可知,  $R_0$  最大时,  $P_2$  最小, 即当  $R_0 = 400 \Omega$  时,  $P_2$  有最小值

$$P_{2\text{min}} = \frac{25}{(400 + 100)^2} \times 100 \text{ W} = 0.01 \text{ W}.$$

**规律总结** 电源的输出功率  $P$  与外电阻  $R$  的关系

$$P_{\text{出}} = UI = I^2 R = \left( \frac{E}{R + r} \right)^2 R = \frac{E^2 R}{(R - r)^2 + 4Rr} = \frac{E^2}{\frac{(R - r)^2}{R} + 4r},$$

由上式可知: 当  $R = r$  时,  $P_{\text{出}}$  有最大值, 且最大值  $P_m = \frac{E^2}{4r}$ . 根据电源的输出功率与外电阻的关系可知, 二者关系如图所示.

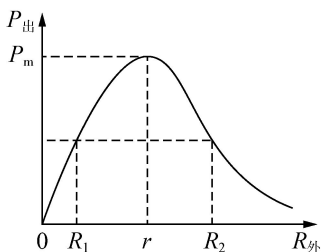


**限时小练 16 闭合电路的欧姆定律(课时 2)**

1. C 由闭合电路欧姆定律得, 两电阻串联时  $I = \frac{E}{2R + r}$ , 两电阻并联时  $\frac{2}{3}I = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{\frac{R}{2} + r}$ , 解得  $r = 4R$ .

2. D 根据  $U-I$  图线的斜率的绝对值为电源内阻, 可得此电源的内阻  $r = \left| \frac{6-3}{3} \right| \Omega = 1 \Omega$ , A 错误; 两图线的交点表示灯泡与电源连接时的工作状态, 由于灯泡正常发光, 则知灯泡的额定电压  $U = 5 \text{ V}$ , 额定电流  $I = 1 \text{ A}$ , 则额定功率为  $P = UI = 5 \text{ W}$ , B 错误; 根据欧姆定律  $R = \frac{U}{I}$  可知, 灯泡  $U-I$  图像上的点与原点连线的斜率表示电阻的大小, 可知灯泡的电阻随两端电压的增大而减小, C 错误; 电源的输出功率图像如图所示, 由图可看出当  $R_{\text{外}} = r$  时, 输出功率最大, 由以上分析知灯泡的额定电压  $U = 5 \text{ V}$ , 额定电流  $I = 1 \text{ A}$ , 则小灯泡正常发光时的

电阻为  $R_{\text{灯}} = 5 \Omega > 1 \Omega$ , 若把灯泡换成阻值恒为  $1.5 \Omega$  的纯电阻, 则  $R_{\text{外}}$  更接近内阻, 则电源的输出功率变大, D 正确。



**3. D** 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, 由并联电路的电阻规律可知, 外电路总电阻减小, 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, D 正确。

**4. D** 当开关 S 断开时, 电容器两极板间电压等于  $R_2$  两端电压, 上极板带正电,  $Q_1 = CE \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2EC}{5}$ . 开关 S 闭合后, 电容器与  $R_1$  并联, 上极板带负电, 两极板间电压等于  $R_1$  两端电压  $Q_2 = CE \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{3EC}{5}$ , 上极板极性改变, 则由 S 闭合到电路稳定的过程中流过  $R_3$  的电荷量  $Q = Q_1 + Q_2 = EC$ , D 正确。

#### 方法技巧 含容电路的分析方法

(1) 电路的简化: 不分析电容器的充、放电过程时, 把电容器所在的电路视为断路, 简化电路时可以去掉, 求电荷量时再在相应位置补上。

(2) 电路稳定时电容器的处理方法: 电路稳定后, 与电容器串联的电路中没有电流, 同支路的电阻相当于导线, 即电阻不起降低电压的作用, 电容器两端的电压与其并联用电器两端电压相等。

(3) 电压变化带来的电容器变化: 电路中电流、电压的变化可能会引起电容器的充、放电。若电容器两端电压升高, 电容器将充电; 若电容器两端电压降低, 电容器将通过与它连接的电路放电, 可由  $\Delta Q = C \cdot \Delta U$  计算电容器上电荷量的变化量。

**5. B** 由题图可知, 电压表  $V_3$  测路端电压, 电压表  $V_2$  测热敏电阻  $R_T$  的电压, 电压表  $V_1$  测定值电阻  $R$  的电压, 由欧姆定律可得  $\frac{U_1}{I} = R$ ,  $\frac{U_2}{I} = R_T$ ,  $\frac{U_3}{I} = R + R_T$ , 在温度降低的过程中, 热敏电阻  $R_T$  的阻值增大, 可知  $\frac{U_1}{I}$  不变,  $\frac{U_2}{I}$  和  $\frac{U_3}{I}$  都增大, A 错误; 由欧姆定律可得  $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R$ , 保持不变, 由闭合电路欧姆定律可得  $U_2 = E - I(R + r)$ ,  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R + r$  保持不变, 由闭合电路欧姆定律可得  $U_3 = E - Ir$ ,  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r$ , 保持不变, B 正确; 带电液滴

在平行板电容器中受到向上的电场力和向下的重力处于平衡状态, 在温度降低时, 热敏电阻  $R_T$  的阻值变大, 回路中电流变小, 路端电压增大, 由于流经定值电阻  $R$  的电流变小, 则其两端的电压变小, 电压表  $V_2$  的读数增大, 平行板电容器间的电场强度增大, 带电液滴受的电场力增大, 使带电液滴向上做加速运动, C 错误; 由电源输出功率随外电阻的变化规律可知, 当  $R + R_T = r$  时, 电源输出功率最大; 当  $R + R_T < r$  时, 随热敏电阻  $R_T$  的阻值增大, 电源输出功率变大; 当  $R + R_T > r$  时, 随热敏电阻  $R_T$  的阻值增大, 电源输出功率变小。因  $R + R_T$  与  $r$  的大小关系不明确, 因此电源的输出功率不一定变大, D 错误。

**6. ABC** 由闭合电路的欧姆定律  $E = U + Ir$  知, 当  $I = 0$  时电动势  $E$  等于路端电压  $U$ , 即电源的  $U - I$  图线与  $U$  轴的交点就是电源电动势的大小, 由题图知, 电源 1 和电源 2 的电动势相等, B 正确; 电源内阻  $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right|$ , 即电源的  $U - I$  图线的斜率的绝对值表示电源的内阻, 由题图知  $r_1 > r_2$ , A 正确; 小灯泡的  $U - I$  图线与电源的  $U - I$  图线的交点即为小灯泡的工作状态, 由题图知, 小灯泡与电源 1 连接时消耗的功率 ( $P_1 = U_1 I_1$ ) 小于小灯泡与电源 2 连接时消耗的功率 ( $P_2 = U_2 I_2$ ), C 正确, D 错误。

**7. ABC** 当滑动变阻器的滑动触头  $P$  向右滑动时, 电阻  $R_2$  阻值减小, 则总电阻减小, 总电流变大, 即电流表 A 示数变大, A 正确; 因总电流变大, 则  $R_1$  两端电压  $U_1$  变大, 路端电压减小, 即  $U_3$  减小,  $U_2$  减小, 由于  $U_3 = U_1 + U_2$ , 可知  $\Delta U_2$  大于  $\Delta U_3$ , B 正确; 因为  $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R_1$ , 所以其比值不变, C 正确; 由于  $U_2 = E - I(R_1 + r)$ , 可知  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R_1 + r$ , 所以其比值不变, D 错误。

**8. BD** 由  $P_E = EI$ , 知  $a$  图线表示电源的总功率随电流  $I$  变化的图线; 由  $P_R = UI = EI - I^2 r$  和  $P_r = I^2 r$  知,  $b$  图线表示电源内部的发热功率随电流  $I$  变化的关系,  $c$  图线表示输出功率随电流  $I$  变化的关系, A 错误; 输出功率最大时应为  $c$  图线最高点, 此时电源内阻等于外电阻, 内阻上的发热功率等于输出的功率, 即为图线  $b$  和  $c$  的交点  $M$ , B 正确; 电源消耗的总功率等于输出功率加电源内部的发热功率, 即  $P_A = P_B + P_C$ , C 错误; 在  $b$ 、 $c$  线的交点  $M$ , 输出功率  $P_R$  和电源内部的发热功率  $P_r$  相等, 即  $r = R$ , 有  $I_M = \frac{E}{R + r} = \frac{E}{2r}$ ,  $a$ 、 $b$  图线的交点  $N$  表示电源的输出功率为 0, 有  $I_N = \frac{E}{r}$ , 则  $M$  与  $N$  的横坐标之比一定为  $1:2$ , 由  $P = I^2 r$  知纵坐标之比为  $1:4$ , D 正确。

**9. AC** 开关  $S_1$ 、 $S_2$  闭合, 外电路电阻是  $R_1$  和  $R_2$  串联后与  $R_3$  并联, 断开开关  $S_2$  后, 外电路电阻是  $R_1$  和  $R_2$



串联,所以外电路电阻增大,根据闭合电路欧姆定律  $I = \frac{E}{R_{\text{外}} + r}$ ,电流表示数减小,A 正确;路端电压  $U_{\text{端}} = E - Ir$ ,因电流减小而增大,电压表分压情况不变,所以电压表示数增大,B 错误;因电容器电荷量变化,电容器充放电,有短暂电流通过电阻  $R_3$ ,C 正确;因断开开关  $S_2$  后,  $R_3$  无电流,电容器下极板与电源正极等电势,所以电容器下极板带正电,D 错误。

10. (1) 闭合  $S_1$ 、断开  $S_2$  时,根据闭合电路欧姆定律有

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + r},$$

解得  $R_1 = 2 \Omega$ 。

(2)  $S_1$ 、 $S_2$  均闭合时,路端电压为  $U_2 = E - I_2 r = 16 \text{ V}$ ,

$$\text{车灯的电流为 } I_L = \frac{U_2}{R_1} = 8 \text{ A},$$

车灯的功率为  $P_L = I_L^2 R_1 = 128 \text{ W}$ ,

电动机的电流为  $I_M = I_2 - I_L = 42 \text{ A}$ ,

电动机的机械功率为  $P_{\text{机}} = U_2 I_M - I_M^2 R_2 = 583.8 \text{ W}$ 。

(3)  $S_1$ 、 $S_2$  均闭合时,若电动机突然被卡住不转动,外电

$$\text{阻为 } R_{\text{并}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 0.049 \Omega,$$

$$\text{电流表的示数为 } I_3 = \frac{E}{R_{\text{并}} + r} = 141 \text{ A}.$$

**易错点拨** 当含机电路中的电动机不工作时,此电路就是纯电阻电路。

### 限时小练 17 实验:电池电动势和内阻的测量

1. AC 选用旧的干电池作为被测电源时,作出  $U-I$  图

线,内阻  $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right|$ ,其斜率较大,A 正确;选用电表时应

选用内阻较大的电压表和内阻较小的电流表,B 错误;移动滑动变阻器的滑片时,从接入电阻较大开始滑动,不能使滑动变阻器短路造成电流表过载,C 正确;滑动变阻器的阻值不能太大,否则会使电流表有效使用范围较小,不方便调节,D 错误。

2. B 由题图可知,电动势测量值  $E_{\text{测}} = 1.40 \text{ V}$ ,电源内阻  $r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.40 - 1.00}{0.4} \Omega = 1.00 \Omega$ ,A 错误,B 正确;外

电路发生短路时的电流为  $I_{\text{短}} = \frac{E}{r} = \frac{1.40}{1} \text{ A} = 1.40 \text{ A}$ ,C

错误;电压表的示数为  $1.20 \text{ V}$  时,电流表的示数  $I' = \frac{1.40 - 1.20}{1} \text{ A} = 0.20 \text{ A}$ ,D 错误。

3. (1) AB (2) <

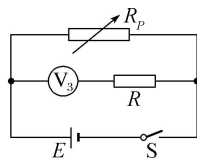
**解析:** (1) 滑动变阻器接的是两个固定端,不起变阻作用,A 符合题意;电流表的正、负极接反,B 符合题意;实验中为两节干电池,电压表选择  $3 \text{ V}$ ,量程正确,故 C 不符合题意;电压表接线正确,D 不符合题意。(2) 实验中电流表采用的是内接法,电流表测量的电流不是总电

流,少了电压表的电流,所以测量值偏小,根据闭合回路欧姆定律  $E = U + Ir$  由于  $I$  偏小,得到的内电压偏小,电压表测得的  $U$  是真实值,故最终所测电源电动势  $E$  跟真实值  $E_0$  相比偏小。

4. (1)  $V_3$  6 (2) 见解析图 (3) 7.5 10

**解析:** (1) 因为  $V_1$ 、 $V_2$  内阻不确定,根据电压表改装原理,需要选择电压表  $V_3$  串联一个  $6 \text{ k}\Omega$  的电阻改装成量程为  $9 \text{ V}$  的电压表。读数只需乘以 3 即可。

(2) 实验原理电路图如图所示。



(3) 电压表示数为  $1.50 \text{ V}$  时,路端电压为  $U_1 = 4.50 \text{ V}$ ,电阻箱阻值为  $R_1 = 15.0 \Omega$ ;电压表示数为  $2.00 \text{ V}$  时,路端电压为  $U_2 = 6.00 \text{ V}$ ,电阻箱的阻值为  $R_2 = 40.0 \Omega$ ,由闭合电路欧姆定律  $E = U + \frac{U}{R} r$ ,联立方程解得  $E = 7.5 \text{ V}$ ,  $r = 10 \Omega$ 。

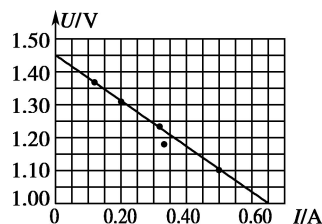
5. (1)  $0 \sim 3$   $0 \sim 0.6$  1  $0 \sim 10$  (2) ①见解析图

②1.45 0.69 (3) 电压表的分流 < <

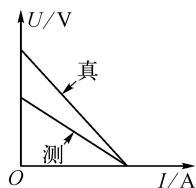
**解析:** (1) 一节干电池的电动势为  $1.5 \text{ V}$ ,所以电压表量程选择  $0 \sim 3 \text{ V}$  即可,一节干电池的允许电流在  $0.6 \text{ A}$  以下,因此电流表量程选择  $0 \sim 0.6 \text{ A}$  即可。 $R_0$  起保护作用,使电路中的电流在  $0.6 \text{ A}$  以下,若选用定值电阻  $10 \Omega$ ,估算最大电流为  $I_{\text{max}} = \frac{E}{R_0 + r} < \frac{E}{R_0} = \frac{1.5}{10} \text{ A} = 0.15 \text{ A}$ ,则电流表指针指在一半刻度以下,测量误差较大,因此定值电阻应选用  $1 \Omega$ 。若选用  $0 \sim 100 \Omega$  的滑动变阻器,则使用范围太小,不方便操作,因此选用  $0 \sim 10 \Omega$  的滑动变阻器即可。

(2) 本题考查用图法处理实验数据的能力。作图线时应使尽可能多的点落在直线上,个别偏离太大的点应舍去,图线如图所示。由图线与纵轴的交点可得电动势  $E = 1.45 \text{ V}$ ,再读出图线与横轴交点的坐标  $(0.65,$

$1.00)$ ,由  $E = U + Ir$  得  $r = \frac{E - U}{I} = 0.69 \Omega$ 。



(3) 电流表应测量通过电源的电流,但由于电压表的分流作用,电流表实际测量的电流值比通过电源的电流小,所以引起该实验误差的主要原因是电压表的分流。由图像可知,  $E_{\text{测}} < E_{\text{真}}$ ,  $r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$ 。



6. (1)  $I_1 R_0 + (I_1 + I_2)r$  (2) 3.0 1.0

解析: (1) 由闭合电路欧姆定律可得  $E = I_1 R_0 + (I_1 + I_2)r$ . (2) 由闭合电路欧姆定律可得  $E = I_1 R_0 + I_2 r$ , 整理得  $I_1 = -\frac{r}{R_0} \cdot I_2 + \frac{E}{R_0}$ , 对比图像可得, 斜率大小为  $\frac{r}{R_0} = \frac{1.5-1.0}{1.0} \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-4}$ , 在纵轴的截距为  $\frac{E}{R_0} = 1.5 \times 10^{-3}$  A, 解得  $r = 1.0 \Omega$ ,  $E = 3.0$  V.

### 限时小练 18 能源与可持续发展

1. C 机械能守恒定律是能量守恒定律的一种特殊形式, A 错误; 能量耗散表明: 燃料燃烧时一旦把自己的热量释放出去, 就不会再次自动聚集起来供人类重新利用, 并不是能量消失, B 错误; 在利用能源的过程中, 能量在数量上并未减少, 但在可利用的品质上降低了, 从便于利用的变成不便于利用的了, C 正确; 人类不断地开发和利用新能源, 能源的品质提升, 但不是创造了能量, D 错误.

2. B “头顶”的小风扇可以把风能转化为电能, 这样只要有风, 这种路灯就可以发电, 填补了阴天和晚上不能发电的空白, 可用于路灯晚上照明使用, A、C 错误; “肩扛”太阳能电池板可以把太阳能转化为电能, B 正确; 蓄电池在夜晚放电时, 将化学能转化为电能, D 错误.

3. C 该摆件不能将太阳能全部转化为电能, 该过程一定有能量的耗散, A 错误; 能量的转化与守恒定律是无条件的, 转盘转动过程中也遵守, B 错误; 根据  $v = \omega r$  可知, 可以在金属伞上找到转动半径相等的点, 则这些点的线速度相同, C 正确; 该金属伞在圆盘面上的投影形状与镂空伞形的形状不相同, D 错误.

4. B 单位时间流过面积  $A$  的流动空气体积为  $V_0 = Av$ , 单位时间流过面积  $A$  的流动空气质量为  $m_0 = \rho V_0 = \rho Av$ , 单位时间流过面积  $A$  的流动空气动能为  $\frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{1}{2} \rho A v^3$ , 风速在  $5 \sim 10$  m/s 范围内, 转化效率可视为不变, 可知该风力发电机的输出功率与风速的三次方成正比, A 错误, B 正确; 由于风力发电存在转化效率, 若每天平均有  $1.0 \times 10^8$  kW 的风能资源, 则每天发电量应满足  $E < 1.0 \times 10^8 \times 24$  kW · h =  $2.4 \times 10^9$  kW · h, C 错误; 若风场每年有 5 000 h 风速在  $6 \sim 10$  m/s 的风能资源, 当风速取最小值 6 m/s 时, 该发电机年发电量具有最小值, 根据题意, 风速为 9 m/s 时, 输出功率为 405 kW, 风速在  $5 \sim 10$  m/s 范围内, 转化效率可视为不变, 可知风速为 6 m/s 时, 输出功率为

$P = 6^3 \times \frac{405}{9^3}$  kW = 120 kW, 则该发电机年发电量至少为  $E = Pt = 120 \times 5\,000$  kW · h =  $6.0 \times 10^5$  kW · h, D 错误.

5. D 水能是可再生能源, A 错误; 虽然该电站产生的电能小于消耗的电能, 消耗 4 度谷电能换 3 度峰电, 但峰电价格 0.50 元, 谷电价格 0.30 元, 则可知每 4 度谷电能换 3 度峰电产生的直接经济效益为 0.3 元, 因此从经济的角度是有意义的, B 错误; 电站实现电能转化为势能储存, 在转化的过程中, 虽然能量是守恒的, 但有一部分能量被耗散, 不能实现百分之百的转化, 而需要时再转化为电能的量减少了, 利用的品质下降了, C 错误; 电站每年可生产清洁电能  $E_1 = 2.435 \times 10^9$  kW · h, 则需要消耗的电能为  $E_0 = \frac{4}{3} E_1$ , 直接产生的经济效益为  $0.5 E_1 - 0.3 E_0 = (2.435 \times 10^9 \times 0.5) \text{ 元} - (\frac{4}{3} \times 2.435 \times 10^9 \times 0.3) \text{ 元} = 2.435 \times 10^4$  万元, D 正确.

6. AD 在斜面上滚动时, 只有重力做功, 只发生动能和势能的相互转化, A 正确, B 错误; 在水平面上滚动时, 有摩擦力做功, 机械能转化为内能, 总能量是守恒的, C 错误, D 正确.

7. ABC A 是指不同形式的能量在转化, 转化过程中能量是守恒的, B 是指能量在不同的物体间发生转移, 转移过程中能量是守恒的, 这正好是能量守恒定律的两个方面——转化与转移, A、B 正确; 任何永动机都是不可能制成的, C 正确; D 中石子的机械能发生了变化, 比如受空气阻力作用, 机械能减少, 但机械能并没有消失, 能量守恒定律表明能量既不能凭空产生, 也不能凭空消失, D 错误.

8. BC 10 立方米的水从水库上游流下时减少的重力势能为  $E_p = mgh = \rho Vgh = 7.3 \times 10^6$  J, 而一度电  $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^5$  J, A 错误; 由  $200 \times 12 \cdot n = 18.6 \times 10^8$ , 可得  $n = 7.75 \times 10^5$ , B 正确; 由  $18.6 \times 10^8 \times 10^3 \times 3\,600 = P \cdot 365 \times 24 \times 3\,600$ , 得  $P = 212$  兆瓦, 大约 3 台发电机组的功率, C 正确; 转化效率  $\eta = \frac{18.6 \times 10^{11} \times 3\,600}{113 \times 10^8 \times 10^3 \times 10 \times 73} = 81\%$ , D 错误.

9. AD 对物块分析, 物块的位移为  $s+l$ , 根据动能定理得  $(F-f)(s+l) = E_k - 0$ , 所以物块到达小车最右端时具有的动能为  $(F-f)(s+l)$ , A 正确; 对小车分析, 小车的位移为  $s$ , 所以物块对小车所做的功为  $fs$ , B 错误; 物块与小车增加的内能  $Q = fx_{\text{相对}} = fl$ , D 正确; 根据能量守恒得, 外力  $F$  做的功转化为小车与物块的机械能和摩擦产生的内能, 则有  $F(l+s) = \Delta E + Q$ , 则  $\Delta E = F(l+s) - fl$ , C 错误.

**规律总结** (1) 公式  $W = Fl \cos \theta$  中  $l$  均指物体对地位移. (2) 两物体间滑动摩擦产生的内能  $Q = f \cdot x_{\text{相对}}$ ,  $x_{\text{相对}}$  指两接触面间的相对位移(或相对路程).

## 阶段提优 5 电路的分析与计算

1. D 根据闭合电路欧姆定律  $E = I(R + r)$  可知, 当  $R = 2 \Omega$  时,  $E = I(2 + r)$ ; 当  $R = 6 \Omega$  时,  $E = \frac{I}{2}(6 + r)$ , 解得  $r = 2 \Omega$ , D 正确.

2. D  $M$ 、 $N$  加恒定电压, 设电压为  $U$ , 根据  $P = \frac{U^2}{R_{\text{总}}}$  可知, 电路总电阻最小时, 电路消耗功率最大, 可知此时开关  $S_1$ 、 $S_2$  均闭合, 此时  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  并联, 对并联电阻有  $\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{4R_0} + \frac{1}{3R_0} + \frac{1}{2R_0}$ , 解得  $R_{\text{并}} = \frac{12R_0}{13}$ , 此时电路消耗功率最大, 则有  $P_{\text{max}} = \frac{U^2}{R_{\text{并}} + R_0}$ . 当开关  $S_1$ 、 $S_2$  均断开, 电路总电阻最大, 电路消耗功率最小, 此时最小功率为  $100 \text{ W}$ , 则有  $P_{\text{min}} = \frac{U^2}{4R_0 + 3R_0 + 2R_0 + R_0}$ , 解得  $P_{\text{max}} = 520 \text{ W}$ , D 正确.

3. D 将滑片向下滑动, 电路中的总电阻增大, 根据  $I = \frac{E}{R_{\text{总}}}$  可知, 电路总电流减小, 通过两串联灯泡的电流始终一样且减小, 两灯泡逐渐变暗, A 错误; 电压表  $V_2$  测量的是路端电压, 电压表  $V_1$  测量的是灯泡  $L_1$  两端的电压, 因总电流减小, 所以  $V_1$  的示数减小, 根据闭合电路欧姆定律得  $U = E - Ir$  可知路端电压增大, 即  $V_2$  的示数增大, B 错误; 由题意可知, 外电阻大于内电阻, 将滑片向下滑动, 电路中的外电阻增大, 与内电阻差值变大, 电源的输出功率减小, 电源的效率  $\eta = \frac{U_2 I}{EI} \times 100\% = \frac{U_2}{E} \times 100\%$ , 路端电压增大, 则效率增大, C 错误; 电压表  $V_2$  的测量值为路端电压, 根据闭合电路欧姆定律  $E = U_{\text{内}} + U_{\text{外}}$ , 则  $V_2$  的变化量  $\Delta U_2 = \Delta U_{\text{内}}$ , 所以  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = r$ ; 根据部分电路欧姆定律得  $U_1 = IR_{L1} = I \cdot 2r$ , 所以  $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = 2r$ , D 正确.

4. D 当  $R_1 + R_2 > r$  时, 随着外电阻阻值增大, 电源输出功率减小, 所以当  $R_2 = 0$  时, 电源的输出功率最大, A 错误; 当滑动变阻器的阻值为 0 时, 电路中电流最大, 定值电阻  $R_1$  的功率最大, B 错误, D 正确; 电源的效率  $\eta = \frac{UI}{EI} \times 100\% = \frac{E - Ir}{E} \times 100\%$ , 当滑动变阻器的阻值为 0 时, 电路中电流最大, 电源的效率最小, C 错误.

5. B 当滑动变阻器滑动触头  $P$  向左移动时,  $R_0$  增大, 外电阻增大, 因为输出电流不变, 所以外电压增大,  $R_2$  上的电压变大, 流过  $R_2$  的电流变大, 所以流过  $R_1$  的电流变小, 即  $R_1$  上的电压变小,  $R_0$  上的电压变大, A、C 错误, B 正确; 因为  $U = U_0 + U_1$ , 即  $\Delta U = \Delta U_0 + \Delta U_1$ , 外电

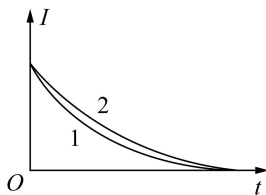
压增大, 即  $\Delta U > 0$ ,  $R_0$  上的电压变大,  $\Delta U_0 > 0$ ,  $R_1$  上的电压变小,  $\Delta U_1 < 0$ , 而  $\Delta U = \Delta U_0 + \Delta U_1$ , 所以  $|\Delta U_1| < |\Delta U_0|$ , D 错误.

6. AC 根据题意, 当开关断开时, 由闭合电路的欧姆定律有  $I = \frac{E}{R_1 + R_3 + r}$ , 代入数据解得  $r = 2 \Omega$ , A 正确, B 错误; 若闭合开关, 电阻  $R_2$  与  $R_3$  并联后与  $R_1$  及电源内阻串联, 可得电路的总电阻为  $R_{\text{总}} = (R_1 + r) + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 5 \Omega$ . 由闭合电路的欧姆定律有  $I' = \frac{E}{R_{\text{总}}} = \frac{3}{5} \text{ A} = 0.6 \text{ A}$ , 可知干路电流为  $0.6 \text{ A}$ , 而电阻  $R_2$  与  $R_3$  阻值相等, 根据并联电路的特点可得  $I_{R_2} = \frac{1}{2} I' = 0.3 \text{ A}$ , C 正确, D 错误.

7. BC 电路中的电流为  $I = I_L = \frac{P}{U} = \frac{2}{4} \text{ A} = 0.5 \text{ A}$ , 电动机两端的电压为  $U_M = E - Ir - U_L = 4.5 \text{ V}$ , A 错误, B 正确; 电动机的输出功率为  $P_{\text{机}} = U_M I - I^2 r_M = 4.5 \times 0.5 \text{ W} - 0.5^2 \times 0.4 \text{ W} = 2.15 \text{ W}$ , C 正确; 电源的总功率为  $P_{\text{总}} = IE = 0.5 \times 9 \text{ W} = 4.5 \text{ W}$ , D 错误.

8. BD 将滑动片向下滑动时, 变阻器接入电路的电阻减小, 外电路总电阻减小, 根据闭合电路欧姆定律得知, 总电流  $I$  增大; 由于干路电流增大, 路端电压(电源输出电压)减小, 流过灯泡  $L_1$  的电流减小, 流过  $R_1$  的电流增大,  $R_1$  上消耗功率一定增大,  $R_1$  两端的电压增大, 则  $L_2$  两端电压减小, 灯泡  $L_2$  一定逐渐变暗, A、C 错误, B 正确; 由公式  $P = I^2 r$  可得, 电源内电路消耗功率一定逐渐增大, D 正确.

9. BD 设电容器两端电压为  $U$ , 则电路中电流为  $I = \frac{U_0 - U}{R}$ , 画出图丙中两条曲线对应情况下电流随时间变化的图像如图所示. 根据  $I - t$  图像与横轴围成的面积表示电荷量  $Q$ , 可以得到曲线 2 对应情况下电容器充满电后所带的电荷量较大, C 错误, D 正确; 根据充满电后电容器满足  $C = \frac{Q}{U_0}$ , 曲线 2 对应情况下电容器充满电后所带的电荷量较大, 故曲线 2 对应情况下的电容值较大, 已知有药液时测量电路中的电容值更大, 故曲线 2 为有药液时的充电曲线, A 错误, B 正确.



10. (1) 根据闭合电路的欧姆定律, 开关  $S_1$  闭合前通过  $R_1$  的电流为  $I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2 + r}$ ,



代入数据解得  $I_1 = 0.375 \text{ A}$ .

(2) 开关  $S_1$  闭合后, 调节电阻箱  $R_3 = 2.5 \Omega$  时,  $R_2$  与

$$R_3 \text{ 的并联电阻 } R = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3},$$

$$\text{电容器两端电压为 } U = \frac{R_1 E}{R + R_1 + r},$$

代入数据解得  $U = 3.75 \text{ V}$ .

此时电容器所带的电荷量  $Q = CU = 7.5 \times 10^{-5} \text{ C}$ .

(3) 开关  $S_1$  闭合后, 设电路中的电流为  $I_2$ , 设  $R_2$  和  $R_3$  的并联电阻为  $R'$ , 有

$$R' = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3},$$

$$\text{根据闭合电路的欧姆定律有 } I_2 = \frac{E}{R' + R_1 + r},$$

则  $R_2$  与  $R_3$  的总电功率  $P = I_2^2 R'$ , 电源等效内阻为  $R_1 + r$ ,

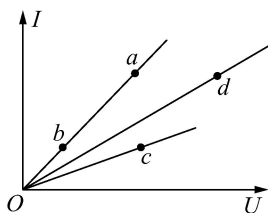
根据数学知识可知当  $R' = R_1 + r$  时,  $P$  有最大值, 此时  $R_3 = 15 \Omega$ .

#### 章末提优 4

**1. D** 电路中每通过  $1 \text{ C}$  的电量, 电源把  $1.5 \text{ J}$  的化学能转化为电能, A 正确; 根据  $W = EIt = 1.5 \times 0.3 \times 10 \text{ J} = 4.5 \text{ J}$ , 可得干电池在  $10 \text{ s}$  内将  $4.5 \text{ J}$  的化学能转化为电能, B 正确; 设外电阻为  $R$ , 内阻为  $r$ , 则电源的效率为  $\eta = \frac{UI}{EI} = \frac{R}{R+r} = \frac{1}{1+\frac{r}{R}}$ , 可知该干电池外接电阻

越大, 电源的效率越高, C 正确; 干电池的电动势小于蓄电池的电动势, 故把化学能转化为电能的本领比电动势为  $2 \text{ V}$  的蓄电池弱, D 错误.

**2. C** 将各点与原点点用直线连接, 可知阻值大小等于图线斜率的倒数, 则斜率越小的电阻阻值越大, 故  $c$  阻值最大, A 错误, C 正确;  $a$ 、 $b$  阻值相等且最小, 根据  $P = I^2 R$ ,  $b$  电功率最小, 由于时间不知, 所以无法判断  $b$  是否消耗的电功最少, B 错误; 由于时间不知, 所以无法判断  $d$  是否产生的热量最多, D 错误.



**3. A** 图甲中开关  $S$  断开时, 电动机  $M$  工作吹冷风, 电动机两端电压  $220 \text{ V}$ ; 开关  $S$  闭合时, 电热丝和电动机同时工作, 吹热风, 两端电压均为  $220 \text{ V}$ . 乙图中当  $S$  断开时电动机和电阻丝串联, 电压之和为  $220 \text{ V}$ , 不能正常工作, 功率较小, 故图甲正确,  $S$  闭合时吹热风. 因电动机不是纯电阻电路, 则无法由题中数据算出电动机的阻值, A

正确.

**4. D** 光照强度增大, 光敏电阻阻值减小, 电路总电阻减小, 根据闭合电路欧姆定律可知, 电路总电流增大, 内阻的内电压增大, 路端电压减小, 则  $A$  灯变暗, 通过  $A$  灯电流减小, 则通过  $R_0$  电流增大, 则  $R_0$  两端的电压增大,  $B$  灯两端的电压减小,  $B$  灯变暗, A 错误; 电源的总功率为  $P_{\text{总}} = EI$ , 电源电动势不变, 电路总电流增大, 则总功率变大; 由于不知道电源内阻与外电路电阻的大小关系, 则无法判断输出功率的变化, B、C 错误; 电源的效率为  $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} = \frac{UI}{EI} = \frac{U}{E}$ , 路端电压减小, 则电源的效率变小, D 正确.

**5. A** 闭合开关  $S$ , 电容器充电中, 电容器极板电压逐渐增大, 流经  $R_2$  的电流逐渐减小, 电阻  $R_2$  两端电压减小, A 正确; 电路稳定时, 充电电流是零, 电阻  $R_2$  两端电压是零, 则电容器两端电压等于  $R_1$  两端电压, B 错误; 电路稳定后, 将  $R$  的滑片向左滑动,  $R$  的阻值减小, 电路中的电流增大,  $R_1$  两端电压增大, 电容器两端电压增大, 电容器充电, 电流传感器中有  $b \rightarrow a$  的电流, C 错误; 若将  $R$  的滑片向左滑动, 再次稳定后, 电路是纯电阻电路,

$$\text{电源效率 } \eta = \frac{U}{E} = \frac{IR}{I(R+r)} = \frac{1}{1+\frac{r}{R}}, \text{ 外电路电阻越大,}$$

电源的效率越大,  $R$  的滑片向左滑动, 外电路电阻减小, 电源效率减小, D 错误.

**6. C** 小灯泡和电动机正常工作, 可知电路电流为  $I = \frac{P_L}{U_L} = \frac{4}{2} \text{ A} = 2 \text{ A}$ , 根据闭合电路欧姆定律可得  $E = U_L + U_M + I(R+r)$ , 解得电动机两端电压为  $U_M = E - U_L - I(R+r) = 8 \text{ V}$ . 电动机的总功率为  $P_{\text{电}} = U_M I = 16 \text{ W}$ , 电动机的热功率为  $P_{\text{热}} = I^2 r_M = 4 \text{ W}$ , 电动机的输出功率为  $P_{\text{出}} = P_{\text{电}} - P_{\text{热}} = 12 \text{ W}$ , C 正确.

**7. A** 在滑片  $P$  向左滑动的过程中,  $R_P$  变小, 则电路的总电阻变小, 总电流  $I_1$  变大, 即  $A_1$  示数变大, 电阻  $R_2$  的电流变大,  $R_3$  以及与其并联的支路电压  $U_2 = E - I_1(R_2+r)$ , 变小, 通过  $R_3$  的电流变小, 设通过电阻  $R_3$  的电流为  $I_3$ , 有  $\Delta I_1 = \Delta I_2 - \Delta I_3$  故  $\Delta I_1 < \Delta I_2$ , A 错误, B 正确; 由  $U_2 = E - I_1(R_2+r)$  可知,  $\left| \frac{\Delta U_2}{\Delta I_1} \right| = R_2 + r$ , 为定值, 故 C 正确; 由欧姆定律  $U_1 = I_2 R_1$  可知,  $\left| \frac{\Delta U_1}{\Delta I_2} \right| = R_1$ , 为定值, D 正确.

**8. AD** 灯泡  $A$ 、 $B$  都在干路中, 根据电路特点可知, 流经两灯泡的电流相等, 结合电功率的公式有  $P = I^2 R$ , 可知  $P_A > P_B$ , 灯泡  $C$ 、 $D$  并联, 则电压相等, 根据电功率的公式  $P = \frac{U^2}{R}$ , 可知  $P_D > P_C$ , A、D 正确.

**9. AC** 该电路中滑动变阻器一部分电阻与电阻  $R$  串

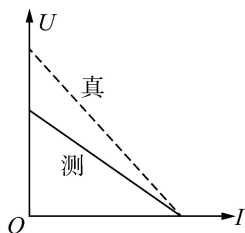
联,余下部分再与它们并联,由于滑动变阻器的最大阻值小于 $R$ ,则随着滑片向左移,并联部分电阻一直增大,那么电路中总电阻一直增大,则总电流减小,内电压减小,外电压增大, $R_0$ 两端电压减小,则电压表示数增大,A正确;电流表的示数就是电路总电流,也是电阻 $R_0$ 的电流,则电流表的示数一直减小,电阻 $R_0$ 消耗的功率一直减小,B错误,C正确;当外电阻与内电阻相等时,电源输出功率才最大,由于电源内阻小于 $R_0$ ,因此外电路的电阻一直增大且大于内电阻,这样电源的输出功率一直减小,D错误.

**10. ACD** 由闭合电路欧姆定律得  $P_r = I^2 r = \frac{(E-U)^2}{r}$ ,由数学知识可知,反映  $P_r$  变化的图线是  $b$ ,A正确;由闭合电路欧姆定律得  $P_E = IE = \frac{(E-U)}{r} E = \frac{E^2}{r} - \frac{E}{r} U$ ,即对应图线  $a$ ,由图像可知  $\frac{E^2}{r} = 8$ ,  $\frac{E}{r} = 2$ ,联立解得  $E = 4 \text{ V}$ ,  $r = 2 \Omega$ ,B错误,C正确;当电压为  $2 \text{ V}$  时,由闭合电路欧姆定律得  $E = 2 + Ir$ ,解得  $I = 1 \text{ A}$ ,则外电路的电阻为  $R = \frac{2}{1} \Omega = 2 \Omega$ ,D正确.

**11. (1) 等于  $R_A + r$  (2) 小于**

**解析:** (1) 由图甲所示电路图可知,相对于电源来说,电流表采用内接法,电流测量值等于真实值,由于电流表内阻已知,该实验电路不存在系统误差,电源电动势的测量值等于真实值,电源内阻的测量值等于真实值与电流表内阻的总阻值,即  $r_{\text{测}} = R_A + r$ .

(2) 若用乙图进行实验,由于电压表的分流,路端电压越大,通过电压表的电流越大,实际电流比电流表的示数大得就越多, $U-I$  图像如图所示,实际的  $U-I$  图像的斜率比实验的  $U-I$  图像斜率大,在纵轴的截距比实验值大,故电动势测量值小于真实值,内阻测量值小于真实值.



**12. (1) 电流表 1 (2) 4.5 1.5**

**解析:** (1)  $PQ$  连接电流表测电路的电流, $MN$  连接内阻已知的电流表相当于改装了一只电压表,故  $PQ$  接电流表 2, $MN$  接电流表 1.

(2) 由闭合电路欧姆定律  $E = U + I_2 r = I_1 (R_0 + r_1) + I_2 r$ ,

$$\text{解得 } I_1 = \frac{E}{R_0 + r_1} - \frac{r}{R_0 + r_1} I_2,$$

结合图像解得  $E = 4.5 \text{ V}$ ,  $r = 1.5 \Omega$ .

**13. (1)** 设电源的电动势为  $E$ ,内阻为  $r$ ,当开关分别置于 1、2 两个位置时,根据闭合电路的欧姆定律列出方程  $E = I_1 R_0 + I_1 R_1 + I_1 r$ ,  $E = I_2 R_0 + I_2 R_2 + I_2 r$ ,代入数据解得  $E = 3 \text{ V}$ ,  $r = 1 \Omega$ .

(2) 当开关扳到位置 2 时, $R_0$  上消耗的电功率  $P = I_2^2 R_0$ ,代入数据得  $P = 0.45 \text{ W}$ .

**14. (1)** 电动机启动前, $S_1$  断开,车灯两端电压为  $U_1 = E - I_1 r - I_1 R_A = 10 \text{ V}$ ,

$$\text{车灯电阻为 } R = \frac{U_1}{I_1} = 1 \Omega,$$

车灯的功率为  $P_1 = U_1 I_1 = 100 \text{ W}$ ,

电动机启动后, $S_1$  闭合,路端电压为  $U_2 = E - I_2 r - I_2 R_A = 6 \text{ V}$ ,

$$\text{所以车灯的功率为 } P_2 = \frac{U_2^2}{R} = 36 \text{ W},$$

所以车灯功率变化了  $\Delta P = P_1 - P_2 = 64 \text{ W}$ .

(2) 根据电路图可得电动机正常工作时的电流为  $I_3 = I_2 - \frac{U_2}{R} = 24 \text{ A}$ ,

则电动机的输入功率为  $P = U_2 I_3 = 144 \text{ W}$ ,

电动机的热功率为  $P_{\text{热}} = I_3^2 R_M = 36 \text{ W}$ ,

所以该电动机的输出功率为  $P_{\text{出}} = P - P_{\text{热}} = 108 \text{ W}$ ;

电动机的效率为  $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P} \times 100\% = 75\%$ .

**15. (1)** 断开开关  $S_2$ ,闭合开关  $S_1$ ,调节电阻箱的阻值为 0 时,根据闭合电路欧姆定律,有

$$U_1 = E - \frac{U_1}{R_0} r,$$

调节电阻箱的阻值为  $10 \Omega$  时,有

$$U_2 = E - \frac{U_2}{R_0 + R} r,$$

解得  $E = 10 \text{ V}$ ,  $r = 2 \Omega$ .

(2) 根据题意可知,电动机的额定电压  $U = 4 \text{ V}$ ,由

$$P_{\text{机}} = UI_M - I_M^2 r,$$

解得  $I_M = 0.5 \text{ A}$  或  $I_M = 1.5 \text{ A}$ ,

由欧姆定律  $I = \frac{U}{R}$  可得,流过电阻  $R_0$  的电流为

$$I_0 = \frac{4}{8} \text{ A} = 0.5 \text{ A},$$

当  $I_M = 0.5 \text{ A}$  时,流过电阻箱  $R$  的电流为

$$I' = I_M + I_0 = 1 \text{ A},$$

电阻箱  $R$  两端的电压  $U' = E - I' r - 4 = 4 \text{ V}$ ,

则接入电路中电阻箱的阻值为  $R = \frac{U'}{I'} = 4 \Omega$ ;

当  $I_M = 1.5 \text{ A}$  时,流过电阻箱  $R$  的电流

$$I'' = I_M + I_0 = 2 \text{ A},$$

电阻箱  $R$  两端的电压

$$U'' = E - I'' r - 4 = 2 \text{ V},$$

则接入电路中电阻箱的阻值为  $R = \frac{U''}{I''} = 1 \Omega$ .

### 真题小练

1. **D** 每秒喷出水的质量为  $m_0 = 2.0 \text{ kg}$ , 抽水增加了水的重力势能和动能, 则每秒水泵对水做功为  $W = m_0 g H + \frac{1}{2} m_0 v_0^2 = 300 \text{ J}$ , A、B 错误; 水泵的输出能量转化为水的机械能, 则  $P_{\text{出}} = \frac{W}{t} = 300 \text{ W}$ , 而水泵的抽水效率(水泵的输出功率与输入功率之比)为  $75\%$ , 则  $P_{\text{入}} = \frac{P_{\text{出}}}{75\%} = 400 \text{ W}$ , C 错误; 电动机的输出功率等于水泵所需要的输入功率, 则电动机的机械功率为  $P_{\text{机}} = P_{\text{入}} = 400 \text{ W}$ , 而电动机的电功率为  $P_{\text{电}} = UI = 440 \text{ W}$ . 由能量守恒可知  $P_{\text{电}} = I^2 R + P_{\text{机}}$ , 联立解得  $R = 10 \Omega$ , D 正确.
2. **C** 电路稳定后, 由于电源内阻不计, 则整个回路可看成  $3R$ 、 $2R$  的串联部分与  $R$ 、 $4R$  的串联部分并联, 若取电源负极为零电势点, 则电容器上极板的电势为  $\varphi_{\text{上}} = \frac{E}{5R} \cdot 2R = \frac{2E}{5}$ , 电容器下极板的电势为  $\varphi_{\text{下}} = \frac{E}{5R} \cdot$

$4R = \frac{4E}{5}$ , 则电容两端的电压  $U_{\text{F上}} = \frac{2E}{5}$ , 则电容器上的电荷量为  $Q = CU_{\text{F上}} = \frac{2}{5} CE$ , C 正确.

3. (1) ① 1.0 ②  $I(r+R_A)$  ③ 1.40 1.0 (2) D

解析: (1) 由题图 2 可知, 电压表读数为  $U = 0.60 \text{ V}$ , 电流表读数为  $I = 0.58 \text{ A}$ . 根据欧姆定律可得电流表内阻为  $R_A = \frac{U}{I} = \frac{0.60}{0.58} \Omega \approx 1.0 \Omega$ , 由闭合电路欧姆定律可知, 干电池电动势的表达式为  $E = U + I(r + R_A)$ , 根据  $E = U + I(r + R_A)$  变形为  $U = -(r + R_A)I + E$ . 根据图像可知, 纵截距  $b = E = 1.40 \text{ V}$ , 斜率的绝对值  $|k| = r + R_A = \frac{1.40 - 1.00}{0.20 - 0} \Omega = 2.0 \Omega$ . 所以待测干电池电动势为  $E = 1.40 \text{ V}$ , 电源内阻为  $r = 1.0 \Omega$ .

(2) 由于将电压表串联接在电路中, 电压表内阻很大, 电路中电流太小, 故无法完成实验的原因可能是电流太小无法读数, D 正确.

## 第十三章 电磁感应与电磁波初步

### 限时小练 19 磁场 磁感线

1. **B** 条形磁体内部磁感线的方向是从 S 极指向 N 极, A 错误; 磁感线上每一点切线方向表示磁场方向, 磁感线的疏密表示磁场的强弱, 小磁针静止时北极受力方向和静止时北极的指向均为磁场方向, B 正确; 磁感线是为了形象地描述磁场而假想的一组有方向的闭合曲线, 实际上并不存在, C 错误; 磁场的叠加区域合磁场的方向也具有唯一性, 磁感线不可能相交, D 错误.
2. **A** 分子电流并不是专指分子内部存在的环形电流, 分子电流假说揭示了磁体的磁场与电流的磁场具有共同的本质, 即磁场都是由电荷的运动形成的, C 错误, A 正确; 分子电流假说最初是由安培提出来的, B 错误; 加热“去磁”现象可以根据分子电流假说解释, 磁体受到高温时会失去磁性, 是因为激烈的热运动使分子电流的方向又变得杂乱无章, D 错误.
3. **A** 根据安培定则判断, 铁钉右端为 S 极, 电流从 B 端流入, A 端流出, A 正确, B 错误; 放置在磁场中的小磁针静止时 N 极所指方向为该点磁场方向, 小磁针处的磁场方向水平向右, 增大导线中电流, 磁感应强度增大, 磁场方向不变, 小磁针的指向不变, C、D 错误.
4. **D** 由图可知, 小磁针 N 极指向 P 端, 故内部磁感线指向左侧, 故 P 端为 N 极; 由右手螺旋定则可知, 电流由 b 端流入, 故 a 端接电源的负极, D 正确.

5. **C** 用一个能自由转动的小磁针观察地磁场的方向, 看到它的磁极一般指向地理的南北方向附近, 不是正南北方向, A 错误; 地球磁体的 N 极位于地理的南极附近, 地球磁体的 S 极在地理的北极附近, 并不重合, B 错误; 在地球的内部磁感线由地磁的 S 极指向地磁的 N 极, C 正确; 从地理北极向地理南极看, 环形电流的方向沿顺时针方向, D 错误.

6. **AD** 甲图中地球赤道表面磁场方向指向北方, A 正确; 乙图中表示的电场是由等量异种电荷产生的, 电场线方向从正电荷到负电荷, 电场线并不会从负电荷回到正电荷形成闭合回路, B 错误; 丙图中条形磁体的磁感线在磁体外部从 N 极出发, 到 S 极, 从磁体内部由 S 极回到 N 极, C 错误; 丁图中如果忽略地磁场, 那么环形导线通电后, 根据安培定则可知, 其轴心磁场方向向外, 则其轴心位置小磁针的 N 极向纸外旋转, D 正确.

### 规律总结 磁感线的特点

- (1) 磁感线是一些有方向的曲线, 在这些曲线上, 每一点的切线方向都跟该点的磁场方向相同(即为小磁针的北极指向).
- (2) 磁感线是一系列假想的曲线, 实际并不存在.
- (3) 磁感线的疏密程度反映了磁场的强弱.
- (4) 在磁体的外部磁感线总是由 N 极出来, 进入 S 极; 在内部由 S 极指向 N 极, 构成了闭合曲线.



(5) 在空间任意两根磁感线不相交,不相切,因为空间中的每一点的磁感线是唯一的,若相交则该点就有两个方向。

7. AD 电铃工作时,在磁力作用下,弹性片形变,产生弹性势能,则电能转化为机械能,A正确;小锤击打铃碗时,电路断开,电磁铁没有磁性,B错误;电磁铁有磁性时,根据安培定则,P端为N极,C错误;若改变电流方向,电磁铁仍会吸引衔铁,电铃能正常工作,D正确。

8. ABD 地球为一巨大的磁体,地磁场的南、北极在地理上的北极和南极附近,两极并不重合;且地球内部也存在磁场,只有赤道上空磁场的方向才与地面平行;地磁场的竖直分量在南半球垂直地面向上,在北半球垂直地面向下,C错误,A、B、D正确。

9. BCD 由题意可知,磁针受到磁场力的作用,原因是电荷的定向移动,从而形成电流,而电流周围会产生磁场,A错误,B正确;若小磁针处于圆盘的左上方时,圆盘带负电,根据安培定则可知,产生的磁场方向向上,则小磁针的N极向左偏,若小磁针处于圆盘的左下方时,N极向右偏,C、D正确。

### 限时小练 20 磁感应强度 磁通量

1. D 磁感应强度是描述磁场强弱和方向的物理量,是磁场本身性质的反映,其大小由磁场以及在磁场中的位置决定,与 $F$ 、 $I$ 、 $L$ 都没有关系, $B = \frac{F}{IL}$ 只是磁感应强度的定义式,同一通电导体受到的磁场力的大小由所在处的磁感应强度和放置的方式共同决定,A、B、C错误;磁感应强度的方向就是该处小磁针N极所受磁场力的方向,不是通电导线的受力方向,D正确。

2. A 若磁场的方向与电流方向垂直,则 $B = \frac{F}{IL} = \frac{6.0 \times 10^{-3}}{0.6 \times 0.2} \text{ T} = 5.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ 。若磁场的方向与电流方向不垂直,则磁感应强度应大于 $5.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ ,A正确。

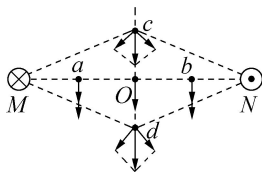
3. B 当 $a$ 中有电流通过时,穿过 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 三个闭合线圈的向里的磁感线条数一样多,向外的磁感线的条数 $c$ 最多,其次是 $b$ , $a$ 中没有向外的磁感线,因此,根据合磁通量的计算,应该是 $\Phi_a > \Phi_b > \Phi_c$ ,B正确。

#### 方法技巧 非匀强磁场中磁通量的比较方法

在非匀强磁场中,不能用 $\Phi = BS$ 来比较磁通量的大小,但可能用穿过平面的磁感线的条数来判断,但要注意的是,当同一平面内同时有正面穿过及反面穿过的磁感线时,正向与反向相消。如本题中 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 三个闭合线圈中向里的磁感线条数一样多,但向外穿过 $c$ 线圈的较多,因此抵消的也较多,所以 $c$ 线圈的磁通量最小。

4. D 根据安培定则,作出各点的磁感应强度合成图如图所示,可知 $O$ 点处的磁感应强度方向向下,A错误;根

据上述可知, $b$ 、 $d$ 两点处磁感应强度的方向相同,B错误;由对称性可知, $c$ 、 $d$ 两点处的磁感应强度大小相等,方向相同,C错误;由对称性可知, $a$ 、 $b$ 两点处的磁感应强度大小相等,方向相同,D正确。

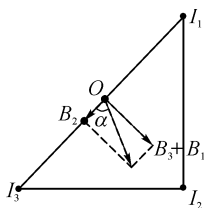


5. C 根据几何关系有 $AC_1 = \sqrt{AB^2 + BC^2 + AA_1^2} = 5\sqrt{2} \text{ cm}$ ,左右面的磁通量为 $\Phi_{\text{左右}} = BS_1 \cos \theta_1 = 1 \times 3 \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{4}{5\sqrt{2}} \text{ Wb} = 6\sqrt{2} \times 10^{-4} \text{ Wb}$ ,上下面的磁通量为 $\Phi_{\text{上下}} = BS_2 \cos \theta_2 = 1 \times 3 \times 4 \times 10^{-4} \times \frac{5}{5\sqrt{2}} \text{ Wb} = 6\sqrt{2} \times 10^{-4} \text{ Wb}$ ,前后面的磁通量为 $\Phi_{\text{前后}} = BS_3 \cos \theta_3 = 1 \times 4 \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{3}{5\sqrt{2}} \text{ Wb} = 6\sqrt{2} \times 10^{-4} \text{ Wb}$ ,可得每个面的磁通量大小相等,C正确。

6. AC  $c$ 点的磁感应强度为零,则通电直导线在 $c$ 点产生磁场的磁感应强度与原磁场的磁感应强度大小相等、方向相反,则圆周上的任一点电流磁场的磁感应强度大小都是 $B$ ,由安培定则可判定直导线电流方向垂直纸面向里,A正确;由安培定则可知 $a$ 点电流磁场方向与原磁场方向相同,则 $B_a = 2B$ ,B错误;由安培定则可知 $b$ 、 $d$ 两点电流磁场方向与原磁场方向垂直,由平行四边形定则可求得 $b$ 、 $d$ 两点的磁感应强度大小 $B_b = B_d = \sqrt{2}B$ , $b$ 点磁场方向水平向右, $d$ 点磁场方向竖直向上,C正确,D错误。

7. BC 根据 $\Phi = BS_{\perp}$ ,因此通过 $abcd$ 平面的磁通量 $\Phi = B_0 L^2 \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} B_0 L^2$ ,A错误;平面 $cdef \perp B_0$ ,而 $cd = L$ , $cf = L \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} L$ ,所以平面 $cdef$ 的面积 $S = cd \cdot cf = \frac{\sqrt{2}}{2} L^2$ ,因而穿过 $cdef$ 面的磁通量为 $\Phi' = B_0 S = \frac{\sqrt{2}}{2} B_0 L^2$ ,B正确,D错误;平面 $abfe$ 在与 $B_0$ 垂直的方向上的投影面积为零,所以穿过平面 $abfe$ 的磁通量为零,C正确。

8. BD 由题意可知,三根平行的通电导线在 $O$ 点产生的磁感应强度大小相等,方向如图,则 $B_{\text{合}} = \sqrt{B^2 + (2B)^2} = \sqrt{5}B$ ,设方向与斜边的夹角为 $\alpha$ ,根据矢量的合成与分解的法则,结合三角函数关系,则有 $\tan \alpha = \frac{2B}{B} = 2$ ,所以磁感应强度的方向与斜边夹角正切值为2,B、D正确。

**方法技巧 磁场的叠加**

根据导线周围磁场分布可知,与导线等距离的地方磁感应强度大小相等,根据安培定则判断出两导线在O点形成磁场方向,磁感应强度是矢量,根据矢量分解与合成的平行四边形定则求解.正确根据安培定则判断导线周围磁场方向是解题的前提.

**9. AC** 根据原磁场、电流的磁场方向,由题意知,在b点有  $\frac{1}{2}B_0 = B_0 - B_1 + B_2$ ,在a点有  $\frac{1}{3}B_0 = B_0 - B_1 - B_2$ ,由上述两式解得  $B_1 = \frac{7}{12}B_0$ ,  $B_2 = \frac{1}{12}B_0$ , A、C 正确.

**10. (1)** 根据  $\Phi = BS$  可知,图示位置金属框的磁通量为  $\Phi = BS = B \cdot \frac{L^2}{8} = \frac{1}{8}BL^2 = 5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$ .

(2) 若将金属框以bc为轴,向纸面外转动  $180^\circ$ 后,金属框的磁通量为

$$\Phi' = -BS' = -B \cdot \left(L^2 - \frac{L^2}{8}\right) = -\frac{7}{8}BL^2 = -3.5 \times 10^{-4} \text{ Wb},$$

磁通量的变化量为  $\Delta\Phi = \Phi' - \Phi = -4 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ .

**限时小练 21 电磁感应现象及应用**

**1. C** 奥斯特发现了电流的磁效应, A 错误;法拉第发现了电磁感应现象,并归纳总结出产生感应电流的条件, B 错误, C 正确;磁场是真实存在的物质,但磁感线不是客观存在的,而是人们为了方便研究磁场而假想出来的,并引入磁感应强度这一概念来反映磁场的强弱和方向, D 错误.

**2. D** 线圈在图中位置时,从N极到S极的磁感线与圆形线圈的平面平行,磁通量为零,磁体在纸面内向上平移、在纸面向右平移或磁体在平面内转动时磁感线始终与圆形线圈平面平行,磁通量没有发生变化,感应电流为零, A、B、C 错误;当N极转向纸外, S极转向纸内时,有磁感线穿过圆形线圈,磁通量变化,产生感应电流, D 正确.

**3. A** 线圈沿平行于导线的方向向右平移时,穿过线圈的磁通量不发生变化,则线圈中不产生感应电流;线圈绕bc边转动时、线圈向下平移时、线圈不动,逐渐增大直导线中的电流时,穿过线圈的磁通量均发生变化,则线圈中产生感应电流, A 满足题意.

**4. B** 将电流表与线圈连成闭合回路放于月球表面,不管是否存在磁场,由于回路的磁通量不变,电流表一定没有示数,所以不能根据电流表有无示数来判断磁场的有无, A 错误;将电流表与线圈连成闭合回路,使线圈沿某一方向运动,若电流表有示数,说明回路的磁通量发生变化,则可以判断月球表面有磁场, B 正确;将电流表与线圈连成闭合回路,使线圈沿某一方向运动,若电流表无示数,不能判断月球表面无磁场,因为有可能运动的方向与磁场方向平行,回路的磁通量不变, C 错误;将电流表与线圈连成闭合回路,使线圈在某一平面内沿各个方向运动,若电流表无示数,不能判断月球表面无磁场,因为有可能线圈沿各个方向运动过程,线圈平面一直与磁场方向垂直,回路的磁通量不变, D 错误.

**5. D** 图甲金属圆形线圈水平放置在通电直导线的正下方,则直线电流产生的磁场穿过线圈的磁通量为零,即使增大通过导线的电流,圆线圈中也不会有感应电流产生, A 错误;图乙正方形金属线圈绕竖直虚线转动的过程中,在虚线左侧线圈磁通量始终为零,正方形线圈中无持续感应电流, B 错误;在题图示的情况下,线框以ad为轴旋转时,线框中的磁通量始终为零,不产生感应电流, C 错误;图丁金属杆在F作用下向右运动过程中,闭合线圈面积增大,若磁场减弱,则穿过闭合线圈的磁通量不一定改变,回路中不一定会产生感应电流, D 正确.

**6. BCD** 保持开关闭合时,左侧线圈中电流不变,产生的磁场不变,穿过右侧线圈中磁通量不会变化,故不会产生感应电流,电流表指针不会发生偏转, A 错误;开关闭合(断开)的瞬间,左侧线圈中电流从无到有(从有到无),可知,左侧线圈的磁场从无到有(从有到无),穿过右侧线圈中磁通量从无到有(从有到无),则产生感应电流,电流表指针发生偏转, B、C 正确;移动变阻器滑片时,左侧线圈中电流变化,产生的磁场变化,穿过右侧线圈中磁通量变化,产生感应电流,电流表指针发生偏转, D 正确.

**7. BC** 题图甲中,线圈与通电导线在同一平面,且线圈竖直向上移动,线圈内磁通量不变,线圈中没有感应电流, A 错误;题图乙中,先把线圈撑开,然后放手让线圈收缩的过程中,线圈内磁通量发生变化,线圈中有感应电流, B 正确;题图丙中,开关闭合时,迅速移动滑动变阻器的滑片,通过线圈A的电流发生变化,线圈A产生的磁场发生变化,线圈B内磁通量发生变化,线圈B中有感应电流, C 正确;题图丁中,将条形磁体从左向右靠近线圈,线圈内磁通量发生变化,由于线圈未构成闭合回路,线圈中没有感应电流, D 错误.

## 规律总结 磁通量变化的三种情况

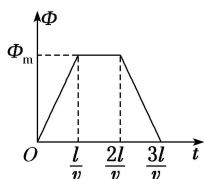
产生原因	$\Delta\Phi$
面积变化	$\Delta\Phi = B \cdot \Delta S$
磁场变化	$\Delta\Phi = \Delta B \cdot S$
面积和磁场共同变化	$\Delta\Phi = \Phi_{\text{末}} - \Phi_{\text{初}}$

8. AD 开门、关门时,线圈磁通量都发生了改变,都会出现感应电流,语音系统都会发出语音,A正确,B错误;由题图可知,开门时线圈的磁通量减小,关门时线圈的磁通量增大,C错误,D正确。

9. ABC 将线框向左拉出磁场,穿过线圈的磁通量减小,有感应电流产生,A正确;以  $ab$  边为轴转动时穿过线圈的磁通量变化,有感应电流产生,B正确;以  $ad$  边为轴转动(小于  $60^\circ$ ),穿过线圈的磁通量从  $\Phi = \frac{1}{2}BS$  减小到零,有感应电流产生,C正确;以  $bc$  边为轴转动(小于  $60^\circ$ ),穿过线圈的磁通量保持不变,没有感应电流产生,D错误。

10. (1) 线框进入磁场的过程,在  $0 \sim \frac{l}{v}$  时间段内有感应电流产生,线框离开磁场的过程,在  $\frac{2l}{v} \sim \frac{3l}{v}$  时间段内有感应电流产生。

(2) 磁通量随时间变化的图像如图所示。



## 限时小练 22 电磁波的发现及应用

1. B 电磁波传播不需要介质,可以在真空中传播,A错误;电磁波传播过程中也传递了能量,B正确;麦克斯韦预言了电磁波的存在,赫兹证实了电磁波的存在,C错误;不同波长的电磁波在真空中均以光速传播,D错误。

2. C 周期性变化的磁场产生周期性变化的电场,A错误;均匀变化的磁场产生恒定的电场,B错误;电磁波在真空中传播的速度大于在介质中传播的速度,C正确;电磁波传播过程中,电场激发磁场,磁场激发电场,两者是相互关联的,D错误。

3. C 甲图中的测温仪用的是红外线,因为一切物体都在不停地辐射红外线,且热物体的红外辐射比冷物体的红外辐射强,A正确;医用的CT机,所用的是X射线,因为X射线的穿透本领强,B正确;“B超”中的超声波属于声波,C错误;丁图中的手机用的是无线电波,无线电波波动性强,可以用来传输信号,D正确。

4. B 电磁波可以在介质与真空中传播,A错误;红外

线为非可见光,频率比红光低;紫外线也是非可见光,但频率比紫光高,因此红外线的频率低于紫外线的频率,所以红外线的波长比紫外线长,B正确;手机通话就是信息的传输,信息需要通过电磁波来传输,因此手机通话是利用电磁波来把信息传送的,C错误;任何电磁波在真空中传播速度均为  $3 \times 10^8$  m/s,D错误。

5. C 电磁波不是机械波,电磁波传播不需要介质,A错误;电磁波在真空中的传播速度是  $3 \times 10^8$  m/s,在其他介质中传播时速度不等于  $3 \times 10^8$  m/s,B错误;紫外线频率较高,能量较大,主要用于灭菌消毒,C正确;由于X射线比紫外线波长更短,所以X射线的频率高于紫外线,D错误。

6. AC 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;周期性变化的磁场产生周期性变化的电场,B错误;若形成电磁场必须有周期性变化的电场和磁场,C正确,D错误。

7. AB 电磁波在真空中传播速度等于光速,与频率无关,A正确;电磁波是周期性变化的电场和磁场互相激发得到的,B正确;电磁波传播方向与电场方向、磁场方向均垂直,C错误;光是一种电磁波,光可在光缆中传播,D错误。

8. ACD 生活中用微波炉来加热食物,可见电磁波具有能量,A正确;电磁波在真空中传播的速度  $v = 3.0 \times 10^8$  m/s,空间站到地球表面的距离  $s = 4 \times 10^5$  m,则电磁波从空间站传播到地面的时间  $t = \frac{s}{v} = 0.0013$  s,B错误;1886年,赫兹通过实验捕捉到电磁波,证实了麦克斯韦的电磁场理论,为无线电技术的发展开拓了道路,C正确;英国物理学家麦克斯韦系统总结了人类直至19世纪中叶对电磁规律的研究成果,在此基础上,他最终建立了经典电磁场理论,D正确。

9. ABC 用紫外线灯照射人民币防伪处能看到光,这是因为紫外线照射人民币上的荧光物质,使荧光物质发光,而不是看到紫外线,D错误,A、B、C正确。

## 10. 增强 减弱

解析:因为是隐形飞机,为了有效避开雷达的探测,就必须减少反射的电磁波,因此这种材料必须能够增强对电磁波的吸收作用,而飞机的表面制成特殊形状以便能够减弱电磁波的反射。

11. 红光在真空中的速度为  $c = 3 \times 10^8$  m/s,从15 m外传来需要的时间

$$t = \frac{s}{c} = \frac{15}{3 \times 10^8} \text{ s} = 5 \times 10^{-8} \text{ s},$$

$$\text{由 } c = \lambda f, \text{ 可知 } f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} \text{ Hz} = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}.$$

## 限时小练 23 能量量子化

1. D 随着温度升高,辐射强度的极大值向波长较短的



方向移动,A 错误;随着温度升高,各种波长的辐射强度都有增加,B 错误;德国物理学家普朗克借助于量子假说,提出的黑体辐射强度公式与实验相符,C 错误,D 正确。

2. C 一切物体都会辐射电磁波,绝对零度的物体才可能没有辐射,温度越高,辐射的电磁波越强,A、B 错误;普朗克假设黑体辐射中的辐射能量是不连续的,只能取能量基本单位的整数倍,从而很好地解释了黑体辐射的实验现象,C 正确,D 错误。

3. C 带电微粒辐射和吸收能量时是以最小能量值,即量子 $\epsilon$ 的整数倍一份一份地辐射或吸收的,是不连续的,故 A、B、D 正确,C 错误。

4. B 打断该材料分子键需要的能量为该激光器单光子能量,则该激光的光子能量为 $\epsilon=h\nu=\frac{hc}{\lambda}$ ,解得 $\epsilon=5.6\times10^{-19}$  J,B 正确。

5. C 根据 $E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$ 得,A、B 光子的频率之比为3:1,波长之比为1:3,C 正确。

6. AC 根据爱因斯坦光子说,在空间传播的光是不连续的,而是一份一份的,每一份叫作一个光子,A 正确;由 $\epsilon=h\nu$ 可知,光子的能量由光的频率决定,其能量与它的频率成正比,C 正确;光的强度由光子数和光的频率共同决定,B 错误;光子不带电,D 错误。

7. CD 原子的能量是量子化的,原子从高能级向低能级跃迁时向外放出光子。光子的能量 $h\nu=E_{\text{初}}-E_{\text{末}}$ ,由于原子的能级是分立的,放出的光子的能量也是分立的,所以原子的发射光谱只有一些分立的亮线,C、D 正确。

8. AC 根据棱镜散射实验,可得太阳光是由各种单色光组成的复合光,A 正确;根据量子的概念,可得光的能量与它的频率有关,而频率又等于光速除以波长,由于红光的波长最长,紫光的波长最短,可以得出各单色光中能量最强的为紫光,能量最弱的为红光,B、D 错误,C 正确。

9. BD 爱因斯坦提出了光子模型,A 错误;为了解释黑体辐射规律,普朗克提出电磁辐射的能量的量子化,B 正确;玻尔认为氢原子的能级是分立的,C 错误;热辐射实验研究表明,对于一般材料的物体,辐射电磁波的情况除与温度有关外,还与材料的种类及表面状况有关,而黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关,D 正确。

10. 由 $\epsilon=h\nu$ 可知,

$$\epsilon=h\frac{c}{\lambda}=0.994\,5\times10^{-18}\text{ J}=6.22\text{ eV}.$$

11. (1) 每份量子的能量为

$$\epsilon=h\nu=h\frac{c}{\lambda},$$

设电台每秒发射的能量子个数为 $N$ ,由题目条件可知

$$N\epsilon=Pt,$$

解得

$$N=\frac{Pt\lambda}{hc}=2.36\times10^{31}.$$

(2) 以电台天线为球心,半径为 $R$ 的球面积为

$$S=4\pi R^2,$$

直径为2 m的球状天线接收能量子的有效面积为

$$S'=\frac{1}{4}\pi d^2,$$

设球状天线每秒接收的能量子个数为 $n$ ,则有

$$n=N\cdot\frac{S'}{S}=N\cdot\frac{d^2}{16R^2}=9.44\times10^{23},$$

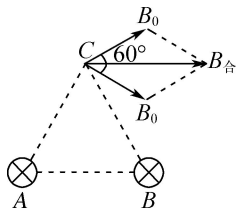
设球状天线每秒接收的能量子的接收功率为 $P'$ ,

$$\text{则 } P't=n\epsilon,$$

$$\text{解得 } P'\approx1.0\times10^{-3}\text{ W}.$$

## 阶段提优6 磁场与电磁感应综合应用

1. A 根据安培定则,将两通电导线A、B在C处产生的磁感应强度方向画出,磁感应强度大小相同,如图所示,则C处磁场的总磁感应强度大小 $B_{\text{合}}=2B_0\cos 30^\circ=\sqrt{3}B_0$ ,A 正确;当导线中通有如图乙所示电流时,导线在小磁针处产生垂直于纸面向内的磁场,所以小磁针的N极将会垂直纸面向内转动,B 错误;因线框平面与磁场方向平行,所以此时通过线框的磁通量为0,C 错误;线框绕PQ轴转动时,通过线圈的磁通量未发生变化,所以线圈中不会产生感应电流,D 错误。



2. D 根据图甲中磁感线分布可知,a 端是磁体的S极,b 端是磁体的N极,磁体内部磁感线从a到b,A 错误,C 错误;图乙是两异名磁极的磁感线分布示意图,c 端是S极,d 端是N极,B 错误,D 正确。

3. A P、Q中的电流在a点的磁感应强度大小相等,设为 $B_1$ ,由几何关系得, $2B_1\cos 30^\circ=B_0$ ,则 $B_1=\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$ 。如果让P中的电流反向,其他条件不变,由几何关系可知,a点处磁感应强度的大小 $B=\sqrt{B_0^2+(2B_1\cos 60^\circ)^2}=$

$$\sqrt{B_0^2+B_1^2}=\frac{2\sqrt{3}}{3}B_0,\text{A 正确}.$$

4. D 匀强磁场沿着x方向的分量为 $B_x=B\sin\theta=6\text{ T}$ ,通过平面 $S_{\text{ONMP}}$ 的磁通量为 $\Phi=B_xS_{\text{ONMP}}=B\sin\theta S_{\text{ONMP}}=0.3\times0.4\times6\text{ Wb}=0.72\text{ Wb}$ ,A 错误;通过

平面  $S_{MNE}$  的磁通量为  $\Phi = B_y S_{MNE} = B \cos \theta S_{MNE} = \frac{1}{2} \times 0.3 \times 0.4 \times 8 \text{ Wb} = 0.48 \text{ Wb}$ , B 错误; 磁感应强度  $B$  平行于  $xOy$  平面, 通过平面  $S_{ONEF}$  的磁通量为 0, C 错误;  $B_x$  沿着垂直平面  $S_{MEFP}$  的分量为  $B_0 = B_x \cos 37^\circ = 4.8 \text{ T}$ , 通过平面  $S_{MEFP}$  的磁通量为  $\Phi = B_0 S_{MEFP} = 4.8 \times 0.5 \times 0.3 \text{ Wb} = 0.72 \text{ Wb}$ , D 正确。

5. A 根据 A 的指向可知通电螺线管的左边为 S 极, 根据右手螺旋定则可知电源的左端为正极, A 正确; 小磁针 B 在电流产生的磁场中, 根据右手螺旋定则可知小磁针 B 的 N 极向外转动, B、C、D 错误。

6. AD 根据磁场的定义可知, 磁场是存在于磁体或电流周围的一种特殊物质, 不是理想化模型, A 正确, B 错误; 磁体的周围存在磁场, 而磁感线是假想的, C 错误; 奥斯特实验发现电流的周围存在磁场, 所以电流间的相互作用是通过磁场作为媒介产生的, D 正确。

7. CD 因为在过  $ab$  的竖直平面内有一通电导线  $ef$ , 且  $ef$  平行于  $ab$ , 所以整个圆环的磁通量为零, 左边和右边磁通量相反, 所以导线中电流变大, 两边磁通量仍相反, 总磁通量为零, 不变, A 错误; 当  $ef$  竖直向上平移时, 左边和右边磁通量仍然相反, 穿过这个圆面的磁通量仍为零, 没有变化, B 错误; 以  $ab$  为轴转过  $90^\circ$ , 磁通量会发生变化, C 正确;  $ef$  水平移动到弦  $cd$  上方, 穿过两边的磁通量不再等大, 则总磁通量发生变化, 不再为零, D 正确。

8. ABC 匀强磁场沿  $Ox$  方向没有磁感线穿过  $AOB$  面、 $AOC$  面, 所以磁通量为零, A、C 正确; 在穿过  $ABC$  面时, 磁场方向和  $ABC$  面不垂直, 考虑夹角后发现,  $ABC$  面在垂直于磁感线方向上的投影就是  $BOC$  面, 所以穿过二者的磁通量相等, B 正确, D 错误。

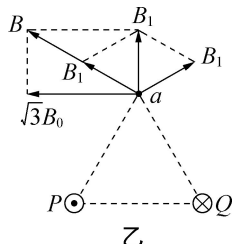
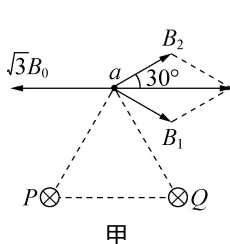
9. ACD 产生感应电流的条件有两个, 一是闭合回路, 二是穿过闭合回路的磁通量的变化量不为 0. 电流计所在电路是闭合回路, 闭合开关瞬间、开关闭合稳定后移动滑动变阻器的滑片、断开开关瞬间均能引起闭合回路中磁通量的变化, 所以能产生感应电流, 电流计指针可以转动; 开关闭合稳定后, 由于穿过闭合回路的磁通量稳定不变, 所以不产生感应电流, 电流计指针不转动, A、C、D 正确。

10. (1) 根据右手螺旋定则可知两长直导线  $P$  和  $Q$  在其连线中点的磁感应强度方向相反, 由对称性得大小相等, 所以  $P$  和  $Q$  在其连线中点的合磁感应强度为零, 因此  $P$  和  $Q$  连线中点的磁感应强度的大小应为匀强磁场的磁感应强度, 即为  $\sqrt{3}B_0$ 。

(2) 设直导线  $P$  和  $Q$  在  $a$  点产生的磁感应强度的大小分别为  $B_1$ 、 $B_2$ , 如图甲所示。根据右手螺旋定则和平行四边形定则, 可知  $P$  和  $Q$  中的电流在  $a$  点产生的磁感应强度大小相等, 由几何关系可知  $B_1 = B_2 = B_0$ 。

(3) 如果让  $P$  中的电流反向, 其他条件不变时, 如图乙所示。由几何关系可知,  $a$  点处磁感应强度的大小  $B =$

$$\sqrt{(\sqrt{3}B_0)^2 + B_1^2} = 2B_0.$$



### 章末提优 5

1. C 甲图中, 两根通电方向相反的长直导线产生的磁场方向相反, 所以两导线相互排斥, 相互排斥的作用是通过磁场实现的, A 错误; 乙图中, 若在  $ab$  的两端接上交流电源, 则穿过线圈的磁场不断变化, 磁通量不断变化,  $cd$  线圈中产生感应电流, 接在  $cd$  端的表头示数不为零, B 错误; 丙图中, 生活中常用微波炉来加热食物, 微波是一种电磁波, 微波具有能量, C 正确; 奥斯特利用丁图实验装置发现了电流的磁效应现象, D 错误。

2. A 根据麦克斯韦电磁场理论可知, 变化的磁场产生电场, 变化的电场产生磁场, A 正确; 不同电磁波在真空中的传播速度相同, 均等于光速, B 错误; 电磁波的传播不需要介质, 可以在水中传播, C 错误; 微波炉加热食物是使食物分子高频往复运动产生“摩擦热”来加热食物, 与传统热传导加热方式不同, D 错误。

3. B 法拉第发现“磁生电”现象, A 错误; 赫兹通过实验捕捉到了电磁波, 证实了麦克斯韦的电磁场理论, B 正确; 波长越短的电磁波频率越高, 能量越高, 穿透力越强, C 错误; 普朗克首先提出当带电微粒辐射或吸收能量时, 是以最小能量值为单位一份一份地辐射或吸收的, D 错误。

4. A 4G、5G 信号都是电磁波, 传播不需要介质, A 正确; 在真空中, 5G 信号的传播速度与 4G 信号传播速度相同, B 错误; 5G 信号频率更高, 则比 4G 信号的波长更短, C 错误; 相同时间内 4G 信号比 5G 信号传递的信息量更小, D 错误。

5. D 离导线越远, 导线产生的磁场越弱, 虚线位置线框的磁通量应小于原位置的磁通量, A、B 错误; 第一次磁场从线框的同一个面穿过, 磁通量变化为  $\Delta\Phi_1 = (B_{\text{原}} - B_{\text{虚}})S$ , 第二次磁场从线框的正反两个面穿过, 磁通量变化为  $\Delta\Phi_2 = [B_{\text{原}} - (-B_{\text{虚}})]S = (B_{\text{原}} + B_{\text{虚}})S$ , 则第一次磁通量的变化比第二次磁通量变化得小, C 错误, D 正确。

6. C 电磁波传播不需要介质, 在中国空间站可以使用蓝牙耳机收听音乐, A 错误; 蓝牙通信电磁波在真空中的传播速度等于可见光的传播速度, 都为光速, 蓝牙通信电磁波的频率小于可见光的频率, 根据  $c = \lambda f$  可知, 真空中蓝牙通信的电磁波波长比可见光的波长长, B、D 错误; 蓝牙通信电磁波的频率小于可见光的频率, 根据

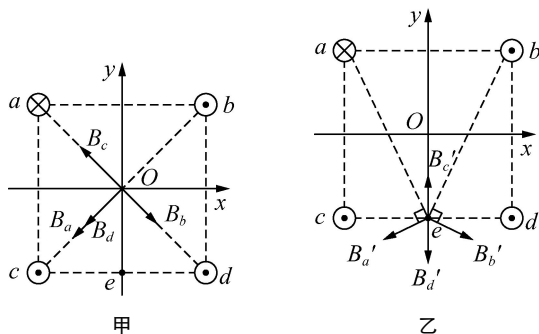
$\epsilon=h\nu$  可知,蓝牙通信的电磁波的能量量子比可见光的能量量子小,C正确。

7. C 如图甲,闭合线圈在匀强磁场中沿垂直磁感线的方向水平向右运动,穿过线圈的磁通量不变,则线圈中无感应电流产生,A错误;如图乙,导体棒在匀强磁场中沿磁感线方向上下运动,导体棒不切割磁感线,不会产生感应电流,B错误;如图丙,条形磁体插入线圈的过程,穿过线圈的磁通量增加,线圈中会有感应电流,C正确;如图丁,小螺线管置于大螺线管中不动,穿过线圈的磁通量不变,则线圈中无感应电流产生,D错误。

8. AB 麦克斯韦预言了电磁波的存在,赫兹第一个用实验证明了电磁波的存在,A正确;均匀变化的磁场产生恒定的电场,而恒定的电场不能产生变化的磁场,因此不能形成电磁波,但非均匀变化的磁场将产生变化的电场,而变化的电场有可能再次产生变化的磁场,因此可能形成电磁波,B正确;一切物体都在辐射红外线,不是紫外线,而紫外线具有荧光效应,还可以消毒杀菌,C错误;X射线又被称为伦琴射线,它的穿透性很强,在医学上可以用于透视,D错误。

9. BD 只要穿过闭合螺线管的磁通量发生变化,线圈中就一定有感应电流,A错误;闭合电路的导线做切割磁感线运动,若闭合电路中磁通量不发生变化,导线中没有感应电流,B正确;闭合电路的一部分导体不做切割磁感线运动,若闭合电路中磁通量发生变化,导线中有感应电流,C错误;产生感应电流的原因都与变化或运动有关,D正确。

10. BD 由题知,四条导线中的电流大小相等,且到O点的距离相等,故四条导线在O点产生磁场的磁感应强度大小相等,根据右手螺旋定则可知,四条导线中的电流在O点产生磁场的磁感应强度方向如图甲所示,可知  $B_b$  与  $B_c$  大小相等、方向相反,相互抵消,  $B_a$  与  $B_d$  等大同向,故O点的磁感应强度方向由O指向c,其大小不为零,A错误,B正确; $a$ 、 $b$  导线中的电流在e点产生磁场的磁感应强度大小相等, $c$ 、 $d$  导线中的电流在e点产生磁场的磁感应强度大小相等,根据右手螺旋定则可知,四条导线中的电流在e点产生磁场的磁感应强度方向如图乙所示,可知  $B_c'$  与  $B_d'$  大小相等、方向相反,互相抵消;而  $B_b'$  与  $B_a'$  大小相等,方向如图乙所示,根据平行四边形定则,可知两个磁感应强度合成后沿y轴负方向,C错误,D正确。



## 11. (1) B (2) C (3) AB

解析:(1) 螺线管不动,磁体静止放在螺线管中,穿过螺线管的磁通量不变,不会产生感应电流,A错误;螺线管不动,磁体插入或拔出螺线管,穿过螺线管的磁通量发生变化,则会产生感应电流,B正确;磁体与螺线管保持相对静止,一起匀速向上运动,穿过螺线管的磁通量不变,不会产生感应电流,C错误;

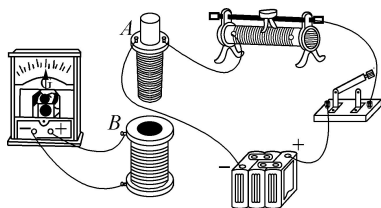
(2) 感应电流方向与磁体相对螺线管运动的方向有关,而螺线管的匝数和磁体的磁性强弱只能影响感应电流的大小,C满足题意。

(3) 感应电流方向与磁体相对螺线管运动的方向有关,螺线管的匝数和磁体的磁性强弱影响感应电流的大小,A、B满足题意。

## 12. (1) 无 有 (2) 见解析

解析:(1) 当开关始终处于闭合状态时,因穿过a线圈的磁通量不变,所以无感应电流产生. 闭合开关瞬间,穿过a线圈的磁通量突然增大,所以有感应电流产生. 断开开关瞬间,穿过a线圈的磁通量突然减小,所以有感应电流产生。

(2) 实物连接如图所示:



① 将原线圈A插入副线圈B中,合上(或断开)开关瞬间;

② 合上开关后,将原线圈A插入副线圈B中或从副线圈B中抽出;

③ 合上开关,将原线圈A插入副线圈B后,移动滑动变阻器的滑片。

13. (1) 导体棒向右以  $v_0=0.5\text{ m/s}$  的速度匀速运动6s时,位移  $x=v_0t=3\text{ m}$ ,

由于  $\angle MON=45^\circ$ ,因此此时回路的面积  $S=\frac{x^2}{2}=\frac{3^2}{2}\text{ m}^2=4.5\text{ m}^2$ ,

回路中的磁通量即磁通量的变化量  $\Delta\Phi=B_0S=0.9\text{ Wb}$ .

(2) 初态磁通量  $\Phi_1=B_0S_0=0.9\text{ Wb}$ ,

末态的磁通量  $\Phi_2=B_1S_1=10\text{ Wb}$ ,

回路中磁通量的变化量  $\Delta\Phi'=\Phi_2-\Phi_1=9.1\text{ Wb}$ .

(3) 闭合回路三角形的直角边长  $x=x_0+v_1t=1+t\text{ (m)}$ ,

闭合回路中没有感应电流产生,磁通量不变,则  $B_0\cdot\frac{1}{2}x_0^2=B\cdot\frac{1}{2}x^2$ ,



$$\text{解得 } B = \frac{0.2}{(1+t)^2} \text{ T.}$$

14. (1) 线圈水平放置时的磁通量

$$\Phi = BS \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} BS,$$

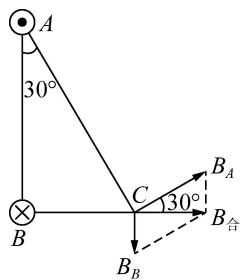
线圈平面转到竖直平面,磁通量为

$$\Phi' = -BS \sin 45^\circ = -\frac{\sqrt{2}}{2} BS,$$

整个过程中线圈的磁通量变化量为

$$\Delta\Phi = \Phi' - \Phi = -\sqrt{2} BS.$$

(2) C 点合磁场如图所示:



根据几何关系可得  $\frac{B_B}{B_A} = \sin 30^\circ$ ,  $\frac{l_{BC}}{l_{AC}} = \sin 30^\circ$ ,

A 点处导线在 C 点产生的磁场为  $B_A = k \frac{I_A}{l_{AC}}$ ,

B 点处导线在 C 点产生的磁场为  $B_B = k \frac{I_B}{l_{BC}}$ ,

A、B 两点处导线电流的大小之比为  $\frac{I_A}{I_B} = 4$ .

15. (1) A、B 线圈中的磁通量始终相同,所以它们磁通量的变化量也相同,即

$$\Delta\Phi = \Delta B \cdot S = \left(\frac{B}{2} - B\right) \cdot \pi r^2 = -\frac{\pi r^2 B}{2} = -1.57 \text{ Wb},$$

即磁通量变化量为  $-1.57 \text{ Wb}$ .

(2) 在磁场转过  $90^\circ$  角的过程中,线圈 C 中的磁通量变化量为

$$\Delta\Phi' = (0 - B) \cdot \pi \left(\frac{r}{2}\right)^2 = -\frac{\pi r^2 B}{4} = -0.785 \text{ Wb},$$

即磁通量变化量为  $-0.785 \text{ Wb}$ ;

在磁场转过  $180^\circ$  角的过程中,线圈 C 中的磁通量变化

量为

$$\Delta\Phi'' = (-B - B) \cdot \pi \left(\frac{r}{2}\right)^2 = -\frac{\pi r^2 B}{2} = -1.57 \text{ Wb},$$

即磁通量变化量为  $-1.57 \text{ Wb}$ .

### 真题小练

1. A 设天体发射频率为  $\nu$  光子的功率为  $P$ ,由题意可

知  $Pt \cdot \frac{\pi R^2}{4\pi L^2} \cdot \eta = Nh\nu t$ ,解得  $P = \frac{4NL^2 h\nu}{R^2 \eta}$ ,A 正确.

2. D 原子吸收频率为  $\nu_0$  的光子从基态能级 I 跃迁至激发态能级 II 时有  $E_{II} - E_I = h\nu_0$ ,且从激发态能级 II 向下跃迁到基态 I 的过程有  $E_{II} - E_I = h\nu_1 + h\nu_2 + h\nu_3$ ,联立解得  $\nu_2 = \nu_0 - \nu_1 - \nu_3$ ,故 D 正确.

3. AC 根据右手螺旋定则可知,地表电荷为负电荷,A 正确;由于地表电荷为负电荷,则环形电流方向与地球自转方向相反,B 错误;若地表电荷的电荷量增加,则等效电流增大,地磁场强度增大,C 正确;若地球自转角速度减小,则等效电流减小,地磁场强度减小,D 错误.

4. AC 光的频率  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,A 正确;光子的能量  $E = h\nu =$

$\frac{hc}{\lambda}$ ,B 错误;在时间  $t$  内激光器发射的光子数  $n = \frac{Pt}{E} =$

$\frac{Pt\lambda}{hc}$ ,D 错误,C 正确.

5. (1) 每个光子的能量为  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ .

(2) 太阳均匀地向各个方向辐射硬 X 射线,根据题意设  $t$  秒内发射总光子数为  $n$ ,

$$\text{则 } \frac{n}{tN} = \frac{4\pi R^2}{S},$$

$$\text{可得 } n = \frac{4\pi R^2 Nt}{S}.$$

所以  $t$  秒太阳辐射光子的总能量

$$W = E' = nh \frac{c}{\lambda} = \frac{4\pi R^2 Nthc}{S\lambda},$$

$$\text{太阳辐射硬 X 射线的总功率 } P = \frac{W}{t} = \frac{4\pi R^2 Nhc}{S\lambda}.$$



亲爱的读者朋友：

您好！感谢您选购恩波教育系列图书。为了给您提供更优质的服务，希望您能填写“读者反馈表”，通过下列三种途径给我们，您将有机会免费获赠恩波教育系列图书一本。

<b>邮寄到：</b> 江苏省南京市江宁区东山街道 城际空间站H1栋914室 邮编：211100	<b>发送到E-mail：</b> enbobook@enboedu.com	<b>加入QQ群：</b> 恩波图书交流平台 745710483 175859975
---	---	---

# 读者反馈表

<b>读者信息</b> 注：请保证您的信息真实有效，以便我们联系您、赠送图书。	
姓名：_____ 学校：_____ 班级：_____	
联系电话：_____ E-mail：_____ <input type="checkbox"/> QQ / <input type="checkbox"/> 微信：_____	
收货地址：_____省_____市_____区/县_____	
邮政编码：_____	
<b>图书信息</b>	
书名：_____ 版次：_____年_____月第_____版（在“图书在版编目数据”中查找）	
印次：_____年_____月第_____次印刷（在“图书在版编目数据”中查找）	
该学科您所用的教材版本： <input type="checkbox"/> 苏教版 <input type="checkbox"/> 人教版 <input type="checkbox"/> 人教A版 <input type="checkbox"/> 北师大版 <input type="checkbox"/> 译林版 <input type="checkbox"/> 其他_____	
<b>反馈内容</b>	
错误记录	
主要优点与不足	
更好的建议	
想获赠的图书	
其他	
名师推荐	姓名：_____ 所教学科：_____
	联系方式（电话、QQ或E-mail）：_____

一切只为省时高效！