

## 第一章 磁场对电流的作用

### 1 安培力

#### 问题式预习

##### 知识点一

1.安培 2.磁场 3.左手 垂直 同一平面 四指 大拇指

##### [科学思维]

电流 磁感应强度

##### [做一做]

C 解析:A图,电流的方向向上,让磁场垂直于掌心向里穿过,根据左手定则可得,安培力的方向向左,故A错误;B图,电流的方向与磁场的方向平行,电流不受到安培力的作用,故B错误;C图,电流的方向向右,让磁场垂直于掌心向里穿过,根据左手定则可得,安培力的方向向上,故C正确;D图,电流的方向向里,让磁场垂直于掌心穿过,根据左手定则可得,安培力的方向向左,故D错误。

##### 知识点二

1. $ILB$  2. $ILB\sin\theta$  3.0

##### [判一判]

1.× 2.× 3.×

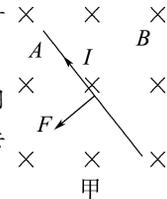
#### 任务型课堂

##### 任务一

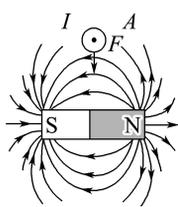
1.BCD

2.D 解析:A图,当匀强磁场竖直向上和导线平行时,导线受到的安培力为零,故A选项错误;B图,当匀强磁场水平向右时,根据左手定则可知导线受到的安培力向里,故B选项错误;C图和D图,当匀强磁场垂直纸面向外时,根据左手定则可知导线受到的安培力水平向右,故C选项错误,D选项正确。

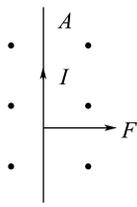
3.解析:(1)电流与磁场垂直,由左手定则可判断出A所受安培力方向如图甲所示。



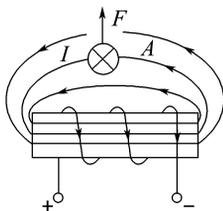
(2)条形磁体在A附近的磁场分布如图乙所示,由左手定则可判断A受到的安培力的方向如图乙所示。



乙



丙



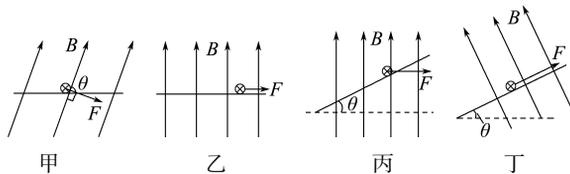
丁

(3)由安培定则可判断出A附近磁场方向如图丙所示,由左手定则可判断出A受到的安培力方向如图丙所示。

(4)由安培定则可判断出A附近磁场如图丁所示,由左手定则可判断出A受到的安培力方向如图丁所示。

答案:安培力的方向见解析图。

4.如图所示:



##### 任务二

1.A

2.A 解析:将导线分为三段直导线,根据左手定则分别判断出各段所受安培力的方向,并计算出安培力的大小,再求合力。导线所受合力  $F_{\text{合}} = ILB + BIL2\sin 45^\circ = (\sqrt{2} + 1)ILB$ , 方向沿纸面向上。

3.BD 解析:通电流之前,铜导线半圆环处于平衡状态,根据平衡条件有  $2T = mg$ , 通电流之后,半圆环受到安培力,由左手定则可判断半圆环受到的安培力方向竖直向下,根据平衡条件有  $2T' = mg + F_{\text{安}}$ , 可知通电后两绳的拉力变大,A错误,B正确;半圆环的有效长度为  $2r$ , 由安培力公式可知  $F_{\text{安}} = 2BILr$ , C错误,D正确。

4.B 解析:通电直导线长为  $L = 0.1 \text{ m}$ , 电流为  $I = 1 \text{ A}$ , 把它置于匀强磁场中,受到的磁场力为  $F = 0.4 \text{ N}$ , 设导线与磁场方向的夹角为  $\alpha$ , 由  $F = BIL\sin\alpha$  得,  $B = \frac{F}{IL\sin\alpha} \geq \frac{F}{IL} = 4 \text{ T}$ , 故B正确。

5.解析:(1)根据安培力公式  $F = BIL$  可得,此时金属棒受到的安培力大小  $F = BIL$ , 代入数据解得  $F = 0.16 \text{ N}$ 。

(2)以通电金属棒为研究对象,要使悬线拉力恰好为零,根据平衡条件可得  $F = BIL = mg$ , 解得  $I = \frac{mg}{LB}$ , 代入数据解得  $I = 2.5 \text{ A}$ 。

答案:(1)0.16 N (2)2.5 A

##### 任务三

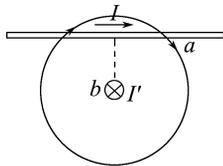
##### 【探究活动】

提示:(1)若a接正极,b接负极,由安培定则(右手螺旋定则)知电磁铁上下两磁极间磁场方向向上;若e接正极,f接负极,由左手定则知L受到的安培力向左,L向左滑动。(2)若a接负极,b接正极,磁场方向向下;若e接正极,f接负极,L所受的安培力向右,L向右滑动。

##### 【评价活动】

1.A 解析:把通电线圈等效成条形磁体。由安培定则可知,线圈等效成条形磁体后,左端是S极,右端是N极,异名磁极相互吸引,线圈向左运动。

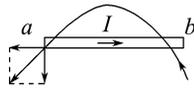
2.C 解析:根据安培定则,可判断



出导线  $a$  左侧部分的空间磁场方向斜向右上方,右侧部分的磁场方向斜向右下方,根据左手定则可判断出导线  $a$  左半部分所受安培力垂直纸面向外,右半部分所受安培力垂直纸面向里。故选 C。

3.D 解析:闭合开关 S 瞬间,由右手定

则知螺线管右端为 N 极,左端为 S 极,螺线管产生的磁场方向在通电导线  $a$  端指向左下方,由左手定则可知,导线  $a$  端所受安培力的方向垂直纸面向里,D 正确。



4.B 解析:方法一:直线电流元分析法

把线圈  $L_1$  沿转动轴分成上下两部分,每一部分又可以看成无数直线电流元,电流元处在  $L_2$  产生的磁场中,据安培定则可知各电流元所在处磁场均向上。由左手定则可得,上部电流元所受安培力均指向纸外,下部电流元所受安培力均指向纸内,因此从左向右看,线圈  $L_1$  将顺时针转动。

方法二:等效分析法

把线圈  $L_1$  等效为小磁针,该小磁针刚好处于环形电流  $I_2$  的中心,通电后,小磁针的 N 极应指向该点环形电流  $I_2$  的磁场方向,由安培定则知  $L_2$  产生的磁场方向在其中心竖直向上,而  $L_1$  等效成小磁针后,在转动之前,N 极指向纸内,因此应由向纸内转为向上,所以从左向右看,线圈  $L_1$  将顺时针转动。

方法三:利用结论法

环形电流  $I_1$ 、 $I_2$  之间不平行,则必有相对转动,直到两环形电流同向平行为止,据此可得从左向右看,线圈  $L_1$  将顺时针转动。

## 2 安培力的应用

### 问题式预习

知识点

1.(1)转动线圈 (2)安培力 (3)①直流 ②交流

2.(1)竖直向上 水平向右 (2)大

3.(2)安培力 弹力 平衡 待测电流

[判一判]

1.√ 2.√ 3.√ 4.× 5.√ 6.√

### 任务型课堂

任务一

1.BD

2.C 解析:根据题意可知,舰艇向右前进,则海水受到向左的安培力,由左手定则可知,所加磁场的方向应为垂直纸面向外。故选 C。

3.解析:(1)炮弹受到的合力等于安培力,则有  $F = BIl$

由牛顿第二定律和运动学公式可知  $a = \frac{F}{m}$ ,  $v^2 = 2al$

代入相关数据解得  $v = 2\ 000$  m/s。

(2)炮弹离开轨道时已做匀速运动,则有

$$F = f = kv'^2, v' = \sqrt{\frac{F}{k}}$$

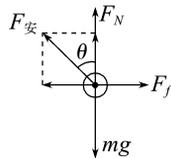
代入相关已知数据解得  $v' = 500$  m/s。

答案:(1)2 000 m/s (2)500 m/s

### 任务二

#### 【探究活动】

提示:(1)从  $b$  向  $a$  看,对金属棒受力分析如图所示:



$$\text{水平方向: } F_f = F_{\text{安}} \sin \theta \quad \text{①}$$

$$\text{竖直方向: } F_N + F_{\text{安}} \cos \theta = mg \quad \text{②}$$

$$\text{又 } F_{\text{安}} = BIL = B \frac{E}{R} L \quad \text{③}$$

$$\text{联立①②③式解得 } F_N = mg - \frac{BLE \cos \theta}{R}, F_f = \frac{BLE \sin \theta}{R}.$$

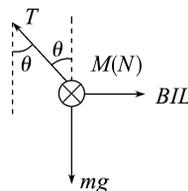
(2)要使  $ab$  棒所受支持力为零,且让磁感应强度最小,可知安培力竖直向上,且  $F_{\text{安}}' = mg$ ,  $B_{\min} = \frac{mgR}{EL}$ ,根据左手定则可知此时磁场方向水平向右。

#### 【评价活动】

1.A 解析:作出侧视图,并对金属棒进行受力分析,如图所示,据图可得

$$\tan \theta = \frac{BIL}{mg}$$

若棒中的电流  $I$  变大,则  $\theta$  变大,选项 A 正确;若两悬线缩短相同长度, $\theta$  不变,选项 B 错误;若金属棒的质量  $m$  变大,则  $\theta$  变小,选项 C 错误;若磁感应强度  $B$  变大,则  $\theta$  变大,选项 D 错误。



2.解析:(1)根据闭合电路欧姆定律得  $I = \frac{E}{R_0 + r} = 1$  A

金属棒两端的电压为  $U = IR_0 = 1.5$  V

则金属棒  $ab$  的电功率为  $P = UI = 1.5$  W。

(2)根据安培力公式得  $F = BIl = 1.5$  N

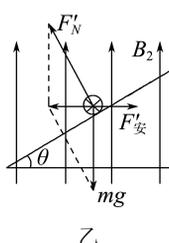
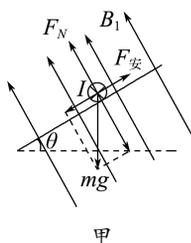
而摩擦力为  $f = \mu N = \mu mg = 1$  N

水平方向,根据牛顿第二定律得  $F - f = ma$

所以  $a = 0.5$  m/s<sup>2</sup>,方向水平向右。

答案:(1)1.5 W (2)0.5 m/s<sup>2</sup>,水平向右

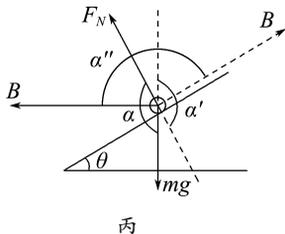
3.解析:(1)对导体棒  $ab$  受力分析如图甲所示,因导体棒静止,有  $mg \sin \theta - IlB_1 = 0$  解得  $B_1 = \frac{mg \sin \theta}{Il}$ 。



(2)对导体棒  $ab$  受力分析如图乙所示,因导体棒静止,有  $mg \tan \theta - IlB_2 = 0$

解得  $B_2 = \frac{mg \tan \theta}{Il}$ .

(3)为使导体棒保持静止状态,需  $F_{\text{合}} = 0$ ,即三力平衡,安培力与另外两个力的合力等大反向,如图丙所示,因为重力与斜面支持力的合力范围在  $\alpha$  角范围内(不包括垂直于斜面方向),故安培力在  $\alpha'$  角范围内(不包括垂直于斜面方向),根据左手定则,磁场方向可以在  $\alpha''$  角范围内变动(不包括沿斜面向上方向).



答案:(1)  $\frac{mg \sin \theta}{Il}$  (2)  $\frac{mg \tan \theta}{Il}$  (3) 见解析

### 3 洛伦兹力

#### 问题式预习

##### 知识点一

1.运动电荷 2.手心 正电荷 大拇指

##### [科学思维]

甲:与  $v$  垂直斜向左上方,与竖直方向成  $60^\circ$  角

乙:方向垂直纸面向里

丙:不受洛伦兹力

丁:方向与  $v$  垂直斜向左上方

##### [判一判]

1.× 2.√ 3.×

##### 知识点二

1.  $nSv\Delta t$   $neSv\Delta t$   $neSv$   $neSvBL$   $evB$

2.(1)  $qvB \sin \theta$  (2)  $qvB$

##### [做一做]

C 解析:带电粒子的速度方向与磁感线方向垂直时,洛伦兹力  $F = qvB$ ,与电荷量成正比,与质量无关,C 项正确。

##### 知识点三

1.匀速 2.洛伦兹力 3.质量 电荷量 4.运动速率 半径

##### [做一做]

D 解析:电子在匀强磁场中做匀速圆周运动,其周期  $T = \frac{2\pi m}{eB}$ ,与速率无关,A、B 错误;运动方向与磁场方向垂直,C 错误,D 正确。

#### 任务型课堂

##### 任务一

##### 【探究活动】

提示:(1)根据左手定则可判断电子受到的洛伦兹力向下,所以电子束向下偏转。

(2)磁体两极交换位置,电子束向上偏转。这说明电子束受力方向与磁场方向有关。

##### 【评价活动】

1.B 解析:根据左手定则,A 中  $F$  方向应向上,B 中  $F$  方向应向下,A 错误,B 正确;C、D 中都是  $v \parallel B$ ,  $F = 0$ ,C、D 错误。

2.B 解析:由题图可知,直线电流的方向由左向右,根据安培定则,可判定直导线下方的磁场方向为垂直于纸面向里,而电子运动方向由左向右,由左手定则知(电子带负电荷,四指要指向电子运动方向的反方向),电子将向下偏转,故 B 选项正确。

3.B 解析:质子带正电,地球表面的地磁场方向由南向北,根据左手定则可判定,质子自赤道上空的某一点竖直下落的过程中受到的洛伦兹力方向向东,故 B 选项正确。

##### 任务二

##### 【探究活动】

提示:(1)电子束运动轨迹为直线;其做匀速直线运动。(2)电子束将做匀速圆周运动。

##### 【评价活动】

1.B 2.B

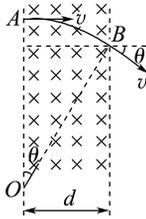
3.A 解析:由洛伦兹力提供向心力  $F_{\text{洛}} = qvB = m \frac{v^2}{R}$  得

$$R = \frac{mv}{qB}, \text{故 } \frac{R_p}{R_a} = \frac{m_p}{q_p} \times \frac{q_a}{m_a} = \frac{1}{2}; \text{由 } qvB = m \frac{4\pi^2}{T^2} R \text{ 得 } T = \frac{2\pi m}{qB}, \text{故 } \frac{T_p}{T_a} = \frac{m_p}{q_p} \times \frac{q_a}{m_a} = \frac{1}{2}, \text{所以 A 项正确。}$$

##### 任务三

1.ABD

2.解析:电子在磁场中运动时,只受洛伦兹力作用,故其轨道是圆弧的一部分。又因为洛伦兹力与速度  $v$  垂直,故圆心应在电子穿入和穿出磁场时所受洛伦兹力延长线的交点上。从图中可以分析出,AB 弧所对的圆心角为  $\theta = 30^\circ = \frac{\pi}{6}$ ,OB 即为半



径  $R$ ,由几何关系可得  $R = \frac{d}{\sin \theta} = 2d$ ,由半径公式  $R = \frac{mv}{Bq}$

$$m = \frac{qBR}{v} = \frac{2deB}{v}.$$

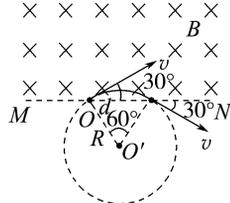
带电粒子通过 AB 弧所用的时间,即穿过磁场的时间为

$$t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{1}{12} \times T = \frac{1}{12} \times \frac{2\pi m}{Be} = \frac{\pi m}{6Be} = \frac{\pi d}{3v}.$$

答案:  $\frac{2deB}{v}$   $\frac{\pi d}{3v}$

3.解析:设电子在匀强磁场中的运动半径为  $R$ ,射出时与  $O$  点距离为  $d$ ,运动轨迹如图所示。

(1)根据牛顿第二定律可知  $Bev = ma = m \frac{v^2}{R}$   
由几何关系可得,  $d = 2R \sin 30^\circ$   
解得  $d = \frac{mv}{Be}$ .



(2)电子在磁场中转过角度为  $\theta = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$

又周期  $T = \frac{2\pi m}{Be}$

因此运动时间  $t = \frac{\theta T}{2\pi} = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{2\pi m}{Be} = \frac{\pi m}{3Be}$ .

答案:(1)  $\frac{mv}{Be}$  (2)  $\frac{\pi m}{3Be}$

## 专项提升(一)

### 任务一

#### 【任务驱动】

问题1 提示:带电粒子进入磁场和射出磁场时,速度方向与磁场边界的夹角相等。

问题2 提示:带电粒子沿半径方向进入圆形匀强磁场,必定沿半径方向射出磁场。

#### 【任务达标】

1.A 2.D

3.解析:(1)粒子在左侧磁场中运动,根据洛伦兹力提供向心力有  $qv_0B = \frac{mv_0^2}{R}$

$$\text{可得 } R = \frac{mv_0}{qB}.$$

$$\text{可得 } R = \frac{mv_0}{qB}.$$

(2)粒子在左侧磁场中运动,设其从MN射出时速度方向与MN的夹角为 $\theta$ ,由于O到MN的距离  $d = \frac{3mv_0}{2qB}$ ,

$$\text{结合 } R = \frac{mv_0}{qB}, \text{ 根据几何关系可知 } \theta = 60^\circ$$

粒子在MN和PQ之间做匀速直线运动,所以粒子从PQ进入右侧磁场时速度方向与PQ的夹角  $\theta = 60^\circ$ ; 粒子在右侧磁场做匀速圆周运动有  $qv_0 \cdot 2B = \frac{mv_0^2}{R'}$

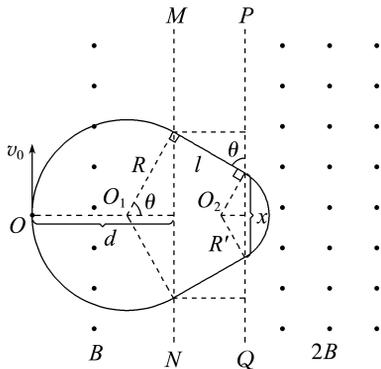
$$\text{解得 } R' = \frac{mv_0}{2qB}$$

$$\text{解得 } R' = \frac{mv_0}{2qB}$$

根据几何关系可知粒子第一次和第二次经过PQ时位置的间距  $x = \sqrt{3}R' = \frac{\sqrt{3}mv_0}{2qB}$ .

$$\text{解得 } R' = \frac{mv_0}{2qB}$$

(3)粒子的运动轨迹如图所示:



一个周期内,粒子在左侧磁场中运动的时间

$$t_1 = \frac{2}{3}T_1 = \frac{2}{3} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{4\pi m}{3qB}$$

粒子在右侧磁场中运动的时间

$$t_2 = \frac{1}{3}T_2 = \frac{1}{3} \times \frac{2\pi m}{2qB} = \frac{\pi m}{3qB}$$

根据对称性可知粒子在MN上进出左侧磁场的距离

$$x_0 = \sqrt{3}R = \frac{\sqrt{3}mv_0}{qB}$$

所以粒子从MN到PQ过程中运动的距离为

$$l = \frac{\sqrt{3}R - \sqrt{3}R'}{2\cos\theta} = \frac{\sqrt{3}mv_0}{2qB}$$

$$\text{粒子在MN和PQ之间运动的时间 } t_3 = \frac{2l}{v_0} = \frac{\sqrt{3}m}{qB}$$

综上可知粒子完成一次完整运动回到O点的周期为  $T = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{5\pi m}{3qB} + \frac{\sqrt{3}m}{qB}$ .

$$t_1 + t_2 + t_3 = \frac{5\pi m}{3qB} + \frac{\sqrt{3}m}{qB}.$$

$$\text{答案: (1) } \frac{mv_0}{qB} \quad (2) \frac{\sqrt{3}mv_0}{2qB} \quad (3) \frac{5\pi m}{3qB} + \frac{\sqrt{3}m}{qB}$$

### 任务二

#### 【任务驱动】

问题1 提示:AB。

问题2 提示:BC。

问题3 提示:CO。

#### 【任务达标】

1.CD 2.C 3.C

4.解析:(1)粒子垂直ab边射出磁场时的运动轨迹如图中轨迹1所示。

设粒子做匀速圆周运动的轨迹半径为R,由几何关系可知  $\tan\theta = \frac{l}{\sqrt{3}l} = \frac{\sqrt{3}}{3}$

$$\text{则 } \theta = \frac{\pi}{6}, \sin\theta = \frac{Oa}{OO_1} = \frac{\sqrt{3}l}{R}, \text{ 故}$$

$$R = 2\sqrt{3}l$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动,由洛伦兹力提供向心力有  $qvB = m\frac{v^2}{R}$ , 联立解得  $v = \frac{2\sqrt{3}qBl}{m}$ .

$$\text{立解得 } v = \frac{2\sqrt{3}qBl}{m}.$$

$$(2) \text{ 由粒子做匀速圆周运动可知 } T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

因此粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期不变,和速度无关,由几何关系可知,最大圆心角  $\alpha = 2\theta = \frac{\pi}{3}$

$$\text{可知粒子在磁场中运动的最长时间 } t_{\max} = \frac{\alpha}{2\pi}T = \frac{\pi m}{3qB}.$$

$$\text{可知粒子在磁场中运动的最长时间 } t_{\max} = \frac{\alpha}{2\pi}T = \frac{\pi m}{3qB}.$$

$$\text{答案: (1) } \frac{2\sqrt{3}qBl}{m} \quad (2) \frac{\pi m}{3qB}$$

5.解析:由几何关系可知

$$\overline{ac} = \overline{abc} \cos 37^\circ = 1.6d, \overline{bc} = \overline{abc} \sin 37^\circ = 1.2d$$

要使粒子从bc边射出磁场,其最小半径  $R_1 = \frac{\overline{Oc}}{2} = 0.3d$

$$\text{由 } qvB = m\frac{v^2}{R} \text{ 得 } v_1 = \frac{qBR_1}{m} = \frac{3qBd}{10m}$$

$$\text{对应的运动时间 } t_1 = \frac{1}{2}T = \frac{1}{2} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{qB}$$

从bc边射出磁场,轨迹半径最大时,其轨迹与ab相切(如图所示),由几何知识可得,粒子轨迹与ab相切的点应在b点,根据几何关系得  $\sin 37^\circ = \frac{R_2}{R_2 + d}$

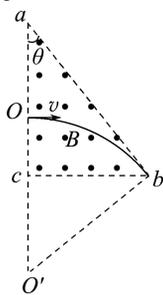
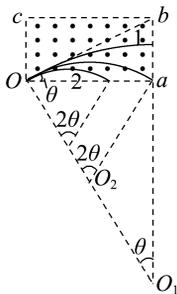
$$\text{得 } R_2 = \frac{3d}{2}, \text{ 又 } qvB = m\frac{v^2}{R}$$

$$\text{得 } v_2 = \frac{qBR_2}{m} = \frac{3qBd}{2m}$$

$$\text{得 } v_2 = \frac{qBR_2}{m} = \frac{3qBd}{2m}$$

$$\text{对应的运动时间 } t_1 = \frac{53^\circ}{360^\circ}T = \frac{53^\circ}{360^\circ} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{53\pi m}{180qB}$$

$$\text{所以 } v \text{ 的取值范围为 } \frac{3qBd}{10m} \leq v \leq \frac{3qBd}{2m}$$



运动时间  $t$  的范围为  $\frac{53\pi m}{180qB} \leq t \leq \frac{\pi m}{qB}$ 。

答案: (1)  $\frac{3qBd}{10m} \leq v \leq \frac{3qBd}{2m}$  (2)  $\frac{53\pi m}{180qB} \leq t \leq \frac{\pi m}{qB}$

## 任务三

## 【任务驱动】

问题 1 提示:带电粒子做匀速圆周运动的半径与圆形磁场区域的半径相等,设粒子做匀速圆周运动的半径为  $r$ ,则有  $r=R$ 。

问题 2 提示:不同。

问题 3 提示:由洛伦兹力提供带电粒子做匀速圆周运动所需向心力,则有  $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ,解得  $B = \frac{mv}{qr} = \frac{mv}{qR}$ 。

## 【任务达标】

1.ACD 2.BC

## 4 洛伦兹力的应用

## 问题式预习

## 知识点一

1.洛伦兹力 (1)圆心 (2) $\frac{qBr}{mv_0}$   $B$   $v_0$  2.方向 大小

## [科学思维]

1.电场 改变 改变 2.磁场 不变 改变

## [做一做]

A 解析:要使电子束打在荧光屏上的位置由  $P$  点逐渐移动到  $Q$  点,需要电子在洛伦兹力作用下向下运动, $P$  到  $O$  过程中洛伦兹力向上, $O$  到  $Q$  过程中洛伦兹力向下,根据左手定则知,能够使电子束发生上述偏转的磁场是 A。

## 知识点二

1.比荷 2.(1) $\frac{1}{2}mv^2$  (2) $qvB_1$  (3) $qvB_2$  (4) $\frac{2E}{B_1B_2L}$

## [科学思维]

(1)氦 (2)氦和氦 (3)氦

## [判一判]

1.× 2.√ 3.×

## 知识点三

2.D形盒 3.增大 不变 4. $\frac{qBR}{m}$

## [做一做]

D 解析:带电粒子从 D 形金属盒中射出时的动能  $E_{km} = \frac{1}{2}mv_m^2$ ,带电粒子在磁场中做匀速圆周运动,则  $qv_mB = \frac{mv_m^2}{R}$ ,可得  $E_{km} = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$ ,显然,当带电粒子  $q$ 、 $m$  一定时,则  $E_{km} \propto R^2B^2$ ,即  $E_{km}$  随磁场的磁感应强度  $B$ 、D 形金属盒的半径  $R$  的增大而增大,与加速电场的电压和狭缝距离无关,故选 D。

## 任务一

## 【探究活动】

提示:(1)电子做类平抛运动;轨迹是抛物线。

(2)电子做匀速圆周运动;轨迹是圆。

## 【评价活动】

1.C 解析:电子在加速电场中加速,由动能定理有  $eU = \frac{1}{2}mv_0^2$ ,电子在偏转磁场中做匀速圆周运动,洛伦兹力充当向心力,有  $eBv_0 = \frac{mv_0^2}{R}$ ,解得  $R = \frac{mv_0}{eB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{e}}$ ,  $R$  越大,亮点越靠近  $O$  点,  $R$  越小,亮点越远离  $O$  点,仅增大加速电压、仅减小磁感应强度或增大加速电压同时减小磁感应强度,亮点均靠近  $O$  点,增大加速电压同时增大磁感应强度,  $R$  可能增大,可能不变,可能减小,则亮点可能远离  $O$  点,故选项 C 正确。

2.C

3.解析:粒子在电场中做类平抛运动,则运行的时间  $t = \frac{l}{v}$ ,加速度  $a = \frac{qE}{m}$ ,则  $\tan \theta = \frac{at}{v} = \frac{qEl}{mv^2}$

粒子在磁场中做匀速圆周运动,有  $Bvq = m\frac{v^2}{R}$

由图示几何关系,知  $\sin \theta = \frac{l}{R}$

联立以上各式,得  $B = \frac{E \cos \theta}{v}$ 。

答案:  $\frac{E \cos \theta}{v}$

4.解析:(1)设电子打到  $D$  点时的动能为  $E_k$ ,由动能定理可得  $\frac{U}{2} \cdot e = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$

解得  $E_k = \frac{1}{2}(Ue + mv_0^2)$ 。

(2)电子在平行板电容器间做类平抛运动,设其在竖直方向的加速度为  $a$ ,在电场中的飞行时间为  $t$ ,则由牛顿第二定律和平抛运动的规律可得  $\frac{eU}{d} = ma$

$\frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2$ ,  $t = \frac{l}{v_0}$

联立解得  $v_0 = \frac{l}{d} \sqrt{\frac{Ue}{m}}$

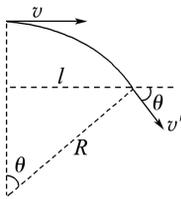
所以电子要飞出极板,必有  $v_0 > \frac{l}{d} \sqrt{\frac{Ue}{m}}$ 。

(3)在只有磁场的情况下电子要飞出两极板,有两种情况。①电子从左边飞出,做半圆周运动,其最大半径

$r_1 = \frac{d}{4}$

由牛顿第二定律和向心力公式可得  $ev_1B = m\frac{v_1^2}{r_1}$

解得  $v_1 = \frac{eBd}{4m}$



因此电子飞出极板的条件之一是  $v_0 < \frac{eBd}{4m}$ 。

②电子从右边飞出,做部分圆周运动,其最小半径  $r_2$  满足

$$r_2^2 = l^2 + \left(r_2 - \frac{d}{2}\right)^2$$

$$\text{解得 } r_2 = \frac{4l^2 + d^2}{4d}$$

由牛顿第二定律和向心力公式可得  $ev_2B = m\frac{v_2^2}{r_2}$

$$\text{解得 } v_2 = \frac{(4l^2 + d^2)eB}{4dm}$$

电子飞出极板的另一条件是  $v_0 > \frac{(4l^2 + d^2)eB}{4dm}$ 。

$$\text{答案: (1) } \frac{1}{2}(Ue + mv_0^2) \quad (2) \frac{l}{d}\sqrt{\frac{Ue}{m}}$$

$$(3) v_0 < \frac{eBd}{4m} \text{ 或 } v_0 > \frac{(4l^2 + d^2)eB}{4dm}$$

## 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)位置不同。(2)位置不同。

### 【评价活动】

1.C 解析:带电粒子在右侧磁场中向下偏转,磁场的方向垂直纸面向外,根据左手定则可知,该粒子带正电,故选项 A 错误;在平行金属板间,根据左手定则可知,带电粒子所受的洛伦兹力方向竖直向上,则电场力的方向竖直向下,知电场强度的方向竖直向下,所以速度选择器的  $P_1$  极板带正电,故选项 B 错误;进入  $B_2$  磁场中的粒子速度是一定的,根据  $qvB = \frac{mv^2}{R}$  得  $R = \frac{mv}{qB}$ ,知  $R$  越大,比荷  $\frac{q}{m}$  越小,而质量  $m$  不一定大,故选项 C 正确,D 错误。

2.AC 解析:粒子在速度选择器  $B_0$  中做直线运动,受力平衡,则有  $qvB = q\frac{U}{d}$ ,解得粒子经加速器加速后的速度  $v = \frac{U}{Bd}$ ,故 A 正确;粒子在加速器  $A_0$  中运动时,由动能定理得  $qU' = \frac{1}{2}mv^2$ ,解得粒子加速器的加速电压  $U' = \frac{U^2}{2kB^2d^2}$ ,故 B 错误;粒子在偏转分离器中做匀速圆周运动,由牛顿第二定律得  $qvB' = ma = m\frac{v^2}{R}$ ,解得偏转分离器内的磁感应强度  $B' = \frac{U}{kR Bd}$ ,故 C 正确;由上述分析可知,因为氘核和氦核的比荷相同,故该装置无法将二者组成的粒子束分离开,故 D 错误。

3.D 解析:因同位素原子的化学性质完全相同,无法用化学方法进行分析,故质谱仪就成为同位素分析的重要工具,选项 A 正确;在速度选择器中,带电粒子所受电场力和洛伦兹力在粒子沿直线运动时应等大反向,结合左手定则可知,选项 B 正确;由  $qE = qvB$ ,有  $v = \frac{E}{B}$ ,选项 C

正确;在磁感应强度为  $B_0$  的匀强磁场中  $R = \frac{mv}{qB_0}$ ,所以

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{B_0 R}$$
,比荷与  $R$  成反比,选项 D 错误。

## 任务三

### 【探究活动】

提示:(1)磁场的作用是使带电粒子回旋,电场的作用是使带电粒子加速。

(2)交变电场的周期应等于带电粒子在磁场中运动的周期,是不变的,和粒子运动速度无关。

### 【评价活动】

1.AD 解析:回旋加速器的原理是带电粒子在电场中加速,在磁场中偏转,每转半周加速一次,因此其轨道半径越来越大。粒子是从加速器的中心附近进入加速器的,最后是从加速器的最外边缘引出的,故 A 正确,B 错误。由于洛伦兹力并不做功,而粒子通过电场时,有  $qU = \Delta E_k$ ,故粒子是从电场中获得能量,故 C 错误,D 正确。

2.BD 解析:由  $qvB = m\frac{v^2}{R}$  得,  $v = \frac{qRB}{m}$ ,则最大动能  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$ ,知最大动能与加速器的半径、磁感应强度以及电荷的电荷量和质量有关,与加速电压无关,故 A 错误,B 正确;由动能定理得  $\Delta E_k = qU$ ,加速电压越大,每次获得的动能越大,而最终的最大动能与加速电压无关,是一定的,故加速电压越大,加速次数越少,加速时间越短,故 C 错误,D 正确。

3.解析:(1)D 形盒由金属导体制成,可屏蔽外电场,因而盒内无电场,盒内存在垂直盒面的磁场,故粒子在盒内磁场中做匀速圆周运动。

(2)两盒间狭缝内存在匀强电场,且粒子速度方向与电场方向相同,故粒子做匀加速直线运动。

(3)粒子在电场中运动时间极短,高频交流电源频率要符合粒子回旋频率  $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$

$$\text{角速度 } \omega = 2\pi f = \frac{qB}{m}$$

(4)粒子最大回旋半径为  $R_m$ ,  $R_m = \frac{mv_m}{qB}$ ,则  $v_m = \frac{qBR_m}{m}$ 。

答案:(1)匀速圆周运动 (2)匀加速直线运动

$$(3) \frac{qB}{2\pi m} \quad \frac{qB}{m} \quad (4) \frac{qBR_m}{m}$$

## 专项提升(二)

### 任务一

#### 【任务驱动】

问题 1 提示:电性分为正电、负电,不同电性的粒子受力方向不同,运动轨迹不同,粒子的运动情况存在两种可能。

问题 2 提示:磁场方向垂直于纸面,可能向里也可能向外,粒子的运动情况存在两种可能。

问题 3 提示:带电粒子速度较小时能从极板左侧飞出磁

场,速度较大时能从极板右侧飞出磁场,临界情况有两种。

**问题4 提示:**根据电子运动的周期性可知,有无数种可能。

**【任务达标】**

1.CD 2.ABD

**3.解析:**当粒子带负电时,为不使其从右边界飞出,则轨迹与右边界相切,从入射点下方射出,此时有最大速度  $v_m$ ,轨迹如图甲所示,由几何关系得  $r \cos \alpha + r = l$

由洛伦兹力提供向心力,得  $qv_m B = m \frac{v_m^2}{r}$

联立解得  $v_m = \frac{qBl}{m(1+\cos \alpha)}$

若粒子带负电,则带电粒子的速度大小范围为

$$0 < v \leq \frac{qBl}{m(1+\cos \alpha)}$$

当粒子带正电时,为不使其从右边界飞出,则轨迹与右边界相切,从入射点上方射出,此时有最大速度  $v'_m$ ,轨迹如图乙所示,由几何关系得

$$r' - l = r' \cos \alpha$$

由洛伦兹力提供向心力,得

$$qv'_m B = m \frac{v'^2_m}{r'}$$

联立解得  $v'_m = \frac{qBl}{m(1-\cos \alpha)}$

若粒子带正电,则带电粒子的速度大小

$$\text{范围为 } 0 < v' \leq \frac{qBl}{m(1-\cos \alpha)}$$

**答案:**若粒子带负电,  $0 < v \leq \frac{qBl}{m(1+\cos \alpha)}$ ; 若粒子带正电,

$$0 < v' \leq \frac{qBl}{m(1-\cos \alpha)}$$

**任务二**

**【任务驱动】**

**问题1 提示:**匀加速直线运动(加速电场),一般用动能定理或运动学公式处理;类平抛运动(偏转电场),一般用运动的合成和分解来处理。

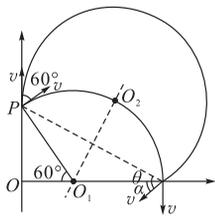
**问题2 提示:**当带电粒子以垂直于磁场方向的速度进入匀强磁场时,洛伦兹力提供向心力,粒子做匀速圆周运动。

**【任务达标】**

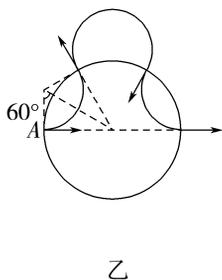
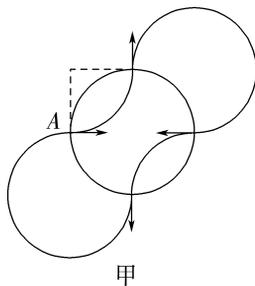
1.BCD **解析:**根据粒子在磁场中的偏转方向和左手定则可知粒子带负电,选项 A 错误;随着粒子不断打到 N 板上, N 板带电量不断增加,向下的电场强度增加,粒子做减速运动,当粒子恰能到达 N 板时满足  $v^2 = 2ad$ ,  $a = \frac{qE}{m}$ , 解得  $E = \frac{mv^2}{2qd}$ , 即  $d$  越大,板间所形成的最大电场强度越小,选项 B 正确;因粒子发射方向与  $OP$  夹角为  $60^\circ$  时恰能垂直穿过 M 板 Q 点处的小孔,则由几何关系  $\cos 60^\circ = \frac{3L-r}{r}$ , 解得  $r = 2L$ , 可得  $|OP| = r \sin 60^\circ = \sqrt{3}L$ , 可知粒子打到 M 板上表面的位置与 O 点的最大距离为

$x_{m1} = \sqrt{(2r)^2 - (|OP|)^2} = \sqrt{13}L$ , 当 N 板吸收一定量的粒子后,粒子再从 Q 点射入两板间,会原路返回再从 Q 点射出,然后继续做圆周运动,这时打在 M 板上表面的位置与 O 点的最大距离  $x_{m2}$

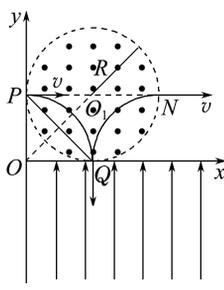
$= |OQ| + 2r = 7L > x_{m1}$ , 故粒子打在 M 板上表面的位置与 O 点的最大距离为  $7L$ , 选项 C 正确;因金属板厚度不计,当粒子在磁场中运动轨迹(此时为优弧)的弦长仍为 PQ 长度时,如图所示,粒子仍可从 Q 点进入两板之间,由几何关系可知此时粒子从 P 点沿正上方射出,进入两板间时的速度方向与 M 板夹角为  $\alpha = 30^\circ$ , 则在两板间运动时间  $t = \frac{2v \sin \alpha}{a}$ , 其中  $a = \frac{v^2}{2d}$ , 打到 M 板下表面的位置与 Q 点的最小距离  $s = v \cos \alpha \cdot t$ , 解得  $s = 2d \sin 2\alpha = \sqrt{3}d$ , 选项 D 正确。



2.D **解析:**根据带电粒子在圆形边界磁场中的运动性质可知粒子的运动轨迹不可能经过 O 点,粒子射出圆形区域时的速度方向一定沿射出点的半径方向, A、B 错误;当粒子在磁场中运动的轨迹半径为  $r_1 = R$  时,粒子连续两次由 A 点沿 AC 方向射入磁场区域的时间间隔最短,其运动轨迹如图甲所示,由洛伦兹力提供向心力有  $qv_1 B = m \frac{v_1^2}{r_1}$ , 又  $T_1 = \frac{2\pi r_1}{v_1}$ , 则最短时间间隔为  $t_{\min} = 2T = \frac{4\pi m}{qB}$ , C 错误;粒子从 A 点射入到从 C 点射出圆形区域用时最短时,粒子的运动轨迹如图乙所示,由几何关系可知此时粒子的轨迹半径为  $r_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}R$ , 由洛伦兹力提供向心力有  $qv_2 B = m \frac{v_2^2}{r_2}$ , 联立解得  $v_2 = \frac{\sqrt{3}qBR}{3m}$ , D 正确。



**3.解析:**(1)粒子经 P 点以速率  $v$  沿  $y$  轴正方向射入磁场,恰好从 Q 点射出磁场,粒子轨迹圆心在  $y$  轴上,连接 P、Q 并作其中垂线,得粒子轨迹圆心在坐标原点,粒子运动轨迹半径  $r = R$ . 由牛顿第二定律得  $qvB = ma = m \frac{v^2}{r}$ , 由



以上各式解得带电粒子的比荷  $\frac{q}{m} = \frac{v}{BR}$ .

(2)分析可知,粒子垂直  $x$  轴进入电场,做匀减速运动,减

速到 0 后反向加速进入磁场,以  $R$  为半径做匀速圆周运动,从  $N$  点离开磁场,其轨迹如图所示,粒子第二次穿出磁场时的位置坐标为  $(2R, R)$

$$\text{粒子在磁场中运动的时间为 } t_1 = \frac{1}{2}T = \frac{\pi R}{v}$$

$$\text{粒子在电场中运动的时间为 } t_2 = \frac{2v}{a} = \frac{2mv}{qE} = \frac{2BR}{E}$$

粒子从  $P$  点射入到第二次穿出磁场所经历的时间

$$t = t_1 + t_2 = \frac{\pi R}{v} + \frac{2BR}{E}$$

答案:(1)  $\frac{v}{BR}$  (2)  $(2R, R)$   $\frac{\pi R}{v} + \frac{2BR}{E}$

4. 解析:(1) 粒子在电容器  $M$  两极板间受电场力做匀加速

直线运动,由动能定理得  $qU = \frac{1}{2}mv_N^2$ ,解得  $v_N = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ .

(2) 带电粒子在电容器  $N$  中做类平抛运动,沿  $x$  轴方向

以速度  $v_x = v_N = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$  做匀速直线运动,沿  $y$  轴正方向

做匀加速直线运动,加速度  $a = \frac{qU}{md}$ ,运动到  $P$  点时沿  $y$

轴方向的分速度  $v_y = \sqrt{2ad} = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = v_x$ ,则带电粒子

在  $P$  处的速度  $v_P = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 2\sqrt{\frac{qU}{m}}$ ,设粒子在  $P$  处

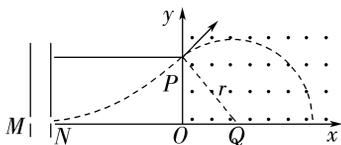
的速度与  $y$  轴正方向的夹角为  $\alpha$ ,则  $\sin \alpha = \frac{v_N}{v_P} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ,解

得  $\alpha = 45^\circ$ ,故  $v_P$  与  $y$  轴正方向的夹角为  $45^\circ$ ,斜向右上方。

(3) 带电粒子在电容器  $N$  及磁场中的运动轨迹如图所示,由几何关系得  $\angle OPQ = 45^\circ$ ,带电粒子在磁场中做匀

速圆周运动,轨迹半径  $r = \frac{d}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}d$ ,由  $qv_P B =$

$$m \frac{v_P^2}{r} \text{ 得 } B = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$$



答案:(1)  $\sqrt{\frac{2qU}{m}}$  (2) 斜向右上方  $45^\circ$  (3)  $\frac{1}{d} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$

5. (1)  $\frac{\sqrt{3}eBR}{m}$  (2)  $\frac{4\sqrt{3}md}{3eBR} + \frac{\pi m}{eB}$

6. 解析:(1) 在  $0 \sim t_0$  时间段,粒子做匀速圆周运动,根据洛伦兹力提供向心力可得

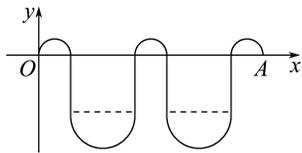
$$qv_0 B_0 = mr_1 \frac{4\pi^2}{T^2} = m \frac{v_0^2}{r_1}$$

$$\text{得 } T = \frac{2\pi m}{qB_0} = 2t_0, r_1 = \frac{mv_0}{qB_0} = \frac{v_0 t_0}{\pi}$$

则在  $0 \sim \frac{t_0}{2}$  时间段粒子转过的圆心角  $\alpha = \frac{\pi}{2}$

所以在  $t = \frac{t_0}{2}$  时刻,粒子的位置坐标为  $(\frac{v_0 t_0}{\pi}, \frac{v_0 t_0}{\pi})$ 。

(2) 在  $t_0 \sim 2t_0$  时间段,粒子经电场加速后的速度为  $v$ ,粒子的运动轨迹如图所示:



粒子经电场加速后的速度  $v = v_0 + \frac{E_0 q}{m} t_0 = 2v_0$

运动的位移  $x = \frac{v_0 + v}{2} t_0 = 1.5v_0 t_0$

在  $2t_0 \sim 3t_0$  时间段粒子做匀速圆周运动

$$\text{半径 } r_2 = \frac{mv}{qB_0} = \frac{2v_0 t_0}{\pi} = 2r_1$$

故粒子偏离  $x$  轴的最大距离

$$h = x + r_2 = \frac{3}{2}v_0 t_0 + \frac{2v_0 t_0}{\pi}$$

(3) 粒子在  $xOy$  平面内做周期性运动的周期为  $4t_0$ ,一个周期内向右运动的距离为

$$d = 2r_1 + 2r_2 = \frac{6v_0 t_0}{\pi}$$

$$A、O \text{ 间的距离为 } \frac{48v_0 t_0}{\pi} = 8d$$

所以,粒子运动至  $A$  点的时间为  $t_1 = 32t_0$ 。

答案:(1)  $(\frac{v_0 t_0}{\pi}, \frac{v_0 t_0}{\pi})$  (2)  $\frac{3}{2}v_0 t_0 + \frac{2v_0 t_0}{\pi}$  (3)  $32t_0$

### 任务三

#### 【任务驱动】

问题 1 提示:微粒  $a$  受到重力、电场力和洛伦兹力的作用。洛伦兹力提供向心力,重力与电场力平衡,即  $m_a g = qE$ 。电场力方向竖直向上,因为微粒  $a$  带正电,所以电场方向竖直向上。

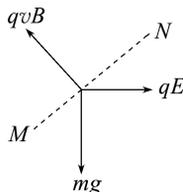
问题 2 提示:微粒  $b$  受到重力、电场力和洛伦兹力。重力方向竖直向下,洛伦兹力方向竖直向上,电场力方向竖直向上,三力平衡,即  $m_b g = qE + qvB$ 。

问题 3 提示:微粒  $c$  受到重力、电场力和洛伦兹力。重力方向竖直向下,洛伦兹力方向竖直向下,电场力方向竖直向上,三力平衡,即  $m_c g + qvB = qE$ 。

问题 4 提示:  $m_b > m_a > m_c$ 。

#### 【任务达标】

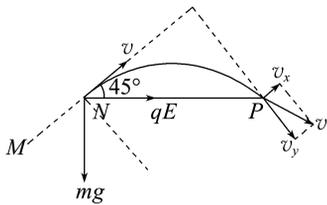
1. BC 解析:带电体在复合场中能沿着  $MN$  做匀速直线运动,可知带电体受力情况如图所示:



由受力平衡可知  $mg = qE$ ,  $qvB = \sqrt{2}mg$ ,解得电场强度

$E = \frac{mg}{q}$ ,磁感应强度  $B = \frac{\sqrt{2}mg}{qv}$ ,故 A 错误,B 正确。撤

去磁场后,带电体受力方向与运动方向垂直,做类平抛运动,如图所示:

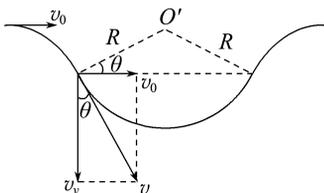


此时加速度  $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \sqrt{2}g$ , 带电体到达 P 点时,位移偏转角为  $45^\circ$ , 故在 P 点,速度偏转角  $\theta$  的正切值  $\tan \theta = 2 \tan 45^\circ = 2$ , 所以带电体在 P 点的速度  $v_P = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{5}v$ , N 到 P 过程中由动能定理有  $qU = \frac{1}{2}mv_P^2 - \frac{1}{2}mv^2$ , 解得 NP 两点间的电势差  $U = \frac{2mv^2}{q}$ , C 正确。将带电体在 N 点的速度沿水平方向和竖直方向进行分解,可知带电体在竖直方向做竖直上抛运动,且  $v_{Ny} = v \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}v$ , 故带电体向上运动的最大距离  $h = \frac{v_{Ny}^2}{2g} = \frac{v^2}{4g}$ , D 错误。

2. 解析: (1) 由题意可知微粒在电场、磁场、重力场的叠加场中做匀速圆周运动时,  $mg = qE$

又因为  $k = \frac{q}{m}$ , 解得  $E = \frac{g}{k}$ 。

(2) 因为微粒射出叠加场后恰好沿 x 轴正方向通过 x 轴上  $x = 3l$  的位置, 根据运动的对称性, 可确定进出叠加场的位置在同一水平面。微粒的运动轨迹如图所示, 设微粒在复合场中运动的半径为 R, 速度大小为 v, v 与竖直方向夹角为  $\theta$ , 由几何关系知  $2R \cos \theta = l$



根据牛顿第二定律得  $qvB = ma = m \frac{v^2}{R}$

微粒进入复合场时的竖直分速度大小为

$v_y = v \cos \theta$

设微粒从原点抛出后经时间 t 进入电磁复合场, 根据平抛运动规律有  $v_y = gt, l = v_0 t$

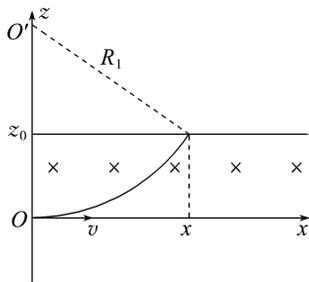
联立解得  $v_0 = \frac{2g}{kB}$ 。

答案: (1)  $\frac{g}{k}$  (2)  $\frac{2g}{kB}$

3. 解析: (1) 由题意可知, 粒子受到重力、洛伦兹力和电场力做匀速圆周运动, 可以判断粒子受到的电场力与重力平衡, 则  $mg = Eq$

解得  $E = \frac{mg}{q}$

粒子做匀速圆周运动, 圆周运动轨迹如图所示:



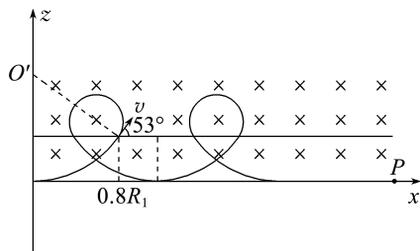
洛伦兹力提供向心力得  $qvB_1 = m \frac{v^2}{R_1}$

解得粒子运动的轨迹半径  $R_1 = \frac{v^2}{g}$

根据圆周运动轨迹, 由几何关系得  $x^2 + (R_1 - z_0)^2 = R_1^2$

代入数据解得  $x = \frac{4v^2}{5g}$ 。

(2) 粒子做匀速圆周运动, 可能的运动轨迹如图所示:



设粒子进入  $B_2$  磁场中速度方向与磁场交界面成  $\theta$  角, 由几何关系可得  $\cos(90^\circ - \theta) = \frac{x}{R_1}$

解得  $\theta = 53^\circ$

设粒子在  $B_2$  磁场中运动的轨迹半径为  $R_2$ , 根据圆周运动轨迹可知, 粒子运动到 P 点应满足

$$n[2(R_1 \sin \theta - R_2 \sin \theta)] = \frac{16v^2}{5g} = 3.2R_1$$

当 n 取最小值时, 运动时间最短, 可知  $R_2$  趋于 0 时, n 最小, 代入得  $n = 2$ , 但  $R_2 > 0$ , 所以  $n > 2$ , 即当  $n = 3$  时, 运动时间最短, 代入  $R_1$  的值解得  $R_2 = \frac{R_1}{3}$

根据  $qvB = m \frac{v^2}{R}$

$$\text{联立可得 } B_2 = 3B_1 = \frac{3mg}{qv}$$

当该带电粒子沿 x 轴正方向飞出到达 P 点的时间最短时,  $B_2$  的大小为  $\frac{3mg}{qv}$ 。

(3) 若将电场方向改为沿 y 轴正方向, 由受力分析可知, 粒子受到沿 z 轴正方向的洛伦兹力、沿 z 轴负方向的重力、沿 y 轴正方向的电场力, 根据  $B_1 = \frac{mg}{qv}$

解得粒子受到的洛伦兹力大小为  $F_{\text{洛}} = mg$

正好与重力相平衡, 所以粒子沿 y 轴正方向做匀加速直线运动, 有  $y = \frac{1}{2}at^2$

由牛顿第二定律有  $Eq = ma$

电场力大小  $Eq = mg$

粒子在  $x$  轴正方向做匀速直线运动, 有  $x = vt$

联立解得轨迹方程  $y = \frac{gx^2}{2v^2}$ 。

答案: (1)  $\frac{mg}{q}$   $\frac{4v^2}{5g}$  (2)  $\frac{3mg}{qv}$  (3)  $\frac{gx^2}{2v^2}$

## 单元活动 1

### 【任务引导】

#### 任务一

活动 提示: 线圈高度的一半处于匀强磁场中, 则有效长度为  $\frac{l}{2}$ , 线圈所受安培力大小为  $F = nBI \frac{l}{2}$ , 电流反向时,

需要在左盘中增加质量为  $m$  的砝码, 说明原来的安培力方向向上, 根据左手定则, 可知虚线框内的磁场方向垂直纸面向外。当电流反向, 线圈所受安培力变为向下时, 再次平衡, 说明安培力等于  $mg$  的一半, 即  $nBI \frac{l}{2} = \frac{mg}{2}$ , 解得

$$B = \frac{mg}{nIl}。$$

#### 任务二

活动 提示: (1) 电流方向向右, 电子向左定向移动, 根据左手定则判断可知, 电子所受的洛伦兹力方向向外, 则前表面积累了电子, 后表面的电势比前表面的电势高。

(2) 由电子受力平衡可得  $\frac{eU}{a} = evB$ , 解得  $U = Bva$ , 所以前、后表面间的电压  $U$  与  $B$ 、 $v$ 、 $a$  成正比。

### 【活动达标】

1. D
2. AD 解析: 根据安培定则可以判断出螺线管内部磁场从螺线管左侧指向右侧, 且平行于螺线管轴线, CD 段导线圈由于受到安培力作用而使天平右臂向下倾斜, 则由左手定则可判断出电流方向为  $D \rightarrow C$ , 当电流天平两端平衡时, 由于力臂相等, 两端受力相等, 则有  $mg = nBIl$ , 解得螺线管内部的磁感应强度为  $B = \frac{mg}{nIl}$ , 故 A 正确; 螺线管内部的磁场方向平行于螺线管, 对同样平行于螺线管轴线的导线没有力的作用, 故 B 错误; 若螺线管内磁感应强度为  $B = kI_0$ , 要使电流天平平衡有  $mg = nkI_0 l$ , 解得  $I_0 = \frac{mg}{nkIl}$ , 故 C 错误; 若矩形导线框和螺线管分别通以大小仍为  $I$  和  $I_0$  的电流, 同时改变电流方向, 则安培力的大小和方向均没有发生变化, 所以要使天平恢复平衡则左端砝码的质量应保持不变, 故 D 正确。

3. 解析: 根据左手定则, 正离子所受的洛伦兹力方向向里, 则正离子向里偏转, N 端带正电, M 端带负, 则 M 端的电势比 N 端电势低; 最终离子在电场力和洛伦兹力作用下平衡, 有  $qvB = q \frac{U}{b}$ , 解得  $U = vBb$ , 电压表的示数  $U$  与

$b$  成正比, 与污水中的正、负离子数无关; 因  $v = \frac{U}{Bb}$ , 则流量  $Q = vbc = \frac{Uc}{B}$ , 因此  $U = \frac{BQ}{c}$ , 与污水流量成正比。

答案: N 端  $U = \frac{BQ}{c}$

## 第二章 电磁感应及其应用

### 1 楞次定律

#### 问题式预习

##### 知识点一

1. 磁感线 拇指 四指 2. 切割磁感线运动

##### 【科学思维】

$a$  到  $b$   $b$  到  $a$   $b$  到  $a$   $b$  到  $a$

##### 【判一判】

1.  $\checkmark$  2.  $\times$  3.  $\times$

##### 知识点二

1. 相反 相同 相斥 相吸 2. 磁通量的变化

##### 【做一做】

BD 解析: 线圈所在处的磁场垂直纸面向里, 当线圈向右平动或以  $ad$  边为轴转动时, 穿过线圈的磁通量减小, 感应电流产生的磁场与原磁场同向, 根据安培定则可知, 感应电流方向为  $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b$ , A、C 错误; 若线圈竖直向下平动, 穿过线圈的磁通量不变, 无感应电流产生, B 正确; 当线圈向导线靠近时, 穿过线圈的磁通量增大, 感应电流产生的磁场与原磁场反向, 垂直纸面向外, 感应电流方向为  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ , D 正确。

#### 任务型课堂

##### 任务一

##### 【探究活动】

提示: (1) 导体棒向右运动时, 根据右手定则可判断电流从 A 流向 B。

(2) 导体棒不动时, 磁场向右运动, 回路 ABCD 中的磁通量不变, 回路 ABFE 中的磁通量减小, 可知电流从 B 流向 A。

##### 【评价活动】

##### 1. C

2. D 解析: 若固定  $ab$ , 使  $cd$  向右滑动, 由右手定则知产生的电流方向为  $acdb$ , 故 A 错误; 若  $ab$ 、 $cd$  沿导轨同向运动且速度大小相等,  $ab$ 、 $cd$  与导轨所围的面积不变, 磁通量不变, 不产生感应电流, 故 B 错误; 若  $ab$  向左、 $cd$  向右同时运动, 则  $abdc$  回路中磁通量变化, 产生感应电流, 故 C 错误; 若  $ab$ 、 $cd$  都向右运动, 且  $v_{cd} > v_{ab}$ , 则  $ab$ 、 $cd$  与导轨所围的面积发生变化, 磁通量也发生变化, 由右手定则可判断出产生的电流方向为  $acdb$ , 故 D 正确。

3. A 解析: 题图 A 中,  $ab$  逆时针转动, 运用右手定则,  $ab$  上的感应电流方向为  $b \rightarrow a$ , A 正确; 题图 B 中,  $ab$  向纸内

运动,运用右手定则,导体  $ab$  上的感应电流方向为  $a \rightarrow b$ ,B 错误;题图 C 中,线框向左运动时,穿过线框的磁通量增加,由楞次定律可知,线框中感应电流方向为  $abcd$ ,则导体  $ab$  上的感应电流方向为  $a \rightarrow b$ ,C 错误;题图 D 中,导体  $ab$  沿导轨向上运动,由右手定则判断可知,导体  $ab$  上的感应电流方向为  $a \rightarrow b$ ,D 错误。

## 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)穿过铝环的磁通量增加。

(2)闭合开关瞬间,穿过铝环的磁通量增加,铝环中产生感应电流,铝环受到向上的安培力作用,所以向上跳起。

### 【评价活动】

1.CD

2.B 解析:线框从右侧开始由静止释放到最低点的过程中,穿过线框平面的磁通量逐渐减少,由楞次定律可得感应电流的方向为  $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a \rightarrow d$ ;过最低点所在的竖直线后继续向左摆动的过程中,穿过线框平面的磁通量逐渐增大,由楞次定律可得感应电流的方向仍为  $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a \rightarrow d$ ,故 B 选项正确。

3.D 解析:在磁体自由下落,N 极接近线圈上端的过程中,通过线圈的磁通量方向向下且在增大,根据楞次定律可判断出线圈中感应电流的磁场方向向上,利用安培定则可判知线圈中感应电流方向为逆时针(由上向下看),流过  $R$  的电流方向从  $b$  到  $a$ ,电容器下极板带正电。选项 D 正确。

4.A 解析:闭合开关 S 时,线圈  $P$  中电流从无到有,铁芯中产生向右的磁场,穿过  $Q$  的磁通量增加,根据楞次定律, $Q$  中产生图示方向的电流,A 正确;闭合开关 S 后, $R$  的滑片向右移时, $P$  中电流减小,穿过  $Q$  的磁通量减小,根据楞次定律, $Q$  中产生与图示方向相反的电流,B 错误;闭合开关 S 后,将铁芯抽出或  $Q$  远离  $P$  时,穿过  $Q$  的磁通量都减小,根据楞次定律, $Q$  中产生与图示方向相反的电流,C、D 错误。

5.A 解析:穿过线圈的磁通量包括磁体内全部和磁体外的一部分,合磁通量是向上的。当线圈突然缩小时合磁通量增加,原因是磁体外向下穿过线圈的磁通量减少。由楞次定律判断,感应电流的方向为顺时针方向,选项 A 正确。

## 专项提升(三)

### 任务一

#### 【任务驱动】

问题 1 提示: $0 \sim 1$  s,线圈中磁场的方向垂直线圈平面向里; $1 \sim 2$  s 线圈中磁场的方向垂直线圈平面向外。

问题 2 提示: $0 \sim 1$  s,穿过线圈的磁通量减小, $1 \sim 2$  s 穿过线圈的磁通量增大。

问题 3 提示:根据“增反减同”可知, $0 \sim 1$  s,线圈中感应磁场的方向垂直线圈平面向里; $1 \sim 2$  s 线圈中感应磁场的方向垂直线圈平面向里。

问题 4 提示:在  $0 \sim 2$  s,由于感应磁场的方向垂直于线圈平面向里,根据安培定则可知,感应电流的方向为顺时针。

### 【任务达标】

1.C

2.C 解析:条形磁体从左向右靠近闭合金属环的过程中,向右的磁通量一直增加,根据“增反减同”可知闭合金属环产生的感应磁场向左,再由安培定则可判断环中的感应电流(自左向右看)为逆时针方向,C 项正确。

### 任务二

#### 【任务驱动】

问题 1 提示:当条形磁体靠近闭合铜环时,穿过铜环的磁通量增加,铜环中会产生感应电流。

问题 2 提示:斥力。

问题 3 提示:条形磁体和闭合铜环之间产生的作用力为安培力。

### 【任务达标】

1.B

2.B 解析:磁体向左运动靠近两环,根据楞次定律的“来拒去留”,两环都受到向左的作用力,两环都向左运动。另外,两环产生的感应电流方向相同,依据安培定则和左手定则可以判断两个环之间是相互吸引的,所以选项 A、C、D 错误,B 正确。

3.D 解析:金属线框进入磁场时,线框切割磁感线的有效面积增大,磁通量增大,因此产生感应电流,根据楞次定律和安培定则判断电流的方向为  $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ ,故 A 错误;金属线框离开磁场时,线框切割磁感线的有效面积减小,磁通量减小,因此产生感应电流,根据楞次定律和安培定则判断电流的方向为  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ ,故 B 错误;根据能量守恒定律,线框每次经过磁场边界时都会有热量产生,机械能减少,可知金属线框  $dc$  边进入磁场与  $ab$  边离开磁场的速度大小不相等,故 C 错误;当线框不再穿出磁场时,就没有能量损失,故线框最终将在有界磁场中做往复运动,故 D 正确。

### 任务三

#### 【任务驱动】

问题 1 提示:穿过金属环的磁通量增大。

问题 2 提示:根据“增缩减扩”可知,金属环的面积缩小。

### 【任务达标】

1.D

2.B 解析:使胶木盘 A 由静止开始绕其轴线  $OO'$  按箭头所示方向加速转动,通过金属环 B 内的磁通量增大,根据“增缩减扩”,金属环 B 的面积有缩小的趋势,且 B 有向上方运动的趋势,丝线受到的拉力减小,B 正确。

3.B 解析:变阻器滑片  $P$  向左移动,电阻变小,电流变大,根据楞次定律,感应电流的磁场方向与原电流磁场方向相反,故相互排斥,则金属环 A 将向左运动,因磁通量增大,金属环 A 有收缩趋势,故 B 正确,A、C、D 错误。

## 2 法拉第电磁感应定律

### 问题式预习

#### 知识点一

1.(1)磁通量 无关 (2)导体

2.(1)变化率 (2) $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$   $n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  (3)韦伯(Wb) 伏特(V)

#### [科学思维]

(1)零 (2)定值 (3)先大后小

#### [判一判]

1.√ 2.× 3.× 4.√

#### 知识点二

1. $BLv$  2. $BLv\sin\theta$

#### [科学思维]

(1) $Blv$  (2) $Blv$  (3) $Blv\sin\theta$

#### [做一做]

A 解析:利用右手定则可判断感应电流是逆时针方向。

因为  $E=BLv$ , 所以电流  $I=\frac{E}{R}=\frac{BLv}{R}$ , A 正确。

### 任务型课堂

#### 任务一

#### 【探究活动】

提示:(1)磁通量变化相同,但磁通量变化快慢不同,快速插入时比缓慢插入时指针偏转角度更大。

(2)用两根磁体快速插入时磁通量变化量较大,磁通量变化率也较大,指针偏转角度更大。

#### 【评价活动】

1.B

2.D 解析:由题意可知,线圈中磁场的面积为  $a^2$ ,根据法拉第电磁感应定律可知,线圈中产生的感应电动势大小为  $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=na^2\frac{\Delta B}{\Delta t}$ ,故选项 D 正确。

3.BC 解析:由法拉第电磁感应定律知,  $E\propto\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ , 故  $t=0$  及  $t=2\times 10^{-2}$  s 时,  $E=0$ , 选项 A 错误, 选项 C 正确;  $t=1\times 10^{-2}$  s 时,  $E$  最大, 选项 B 正确;  $0\sim 2\times 10^{-2}$  s 时间段,  $\Delta\Phi\neq 0$ ,  $E\neq 0$ , 选项 D 错误。

4.解析:(1)根据法拉第电磁感应定律得,  $0\sim 4$  s, 回路中的感应电动势

$$E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=1\ 000\times\frac{(0.4-0.2)\times 2\times 10^{-2}}{4}\text{ V}=1\text{ V}.$$

(2) $t=5$  s 时,磁感应强度正在减弱,根据楞次定律,感应电流的磁场方向与原磁场方向相同,即感应电流产生的磁场方向垂直纸面向里,故  $a$  点的电势高。

(3)在  $t=5$  s 时,线圈的感应电动势

$$E'=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=1\ 000\times\frac{|0-0.4|\times 2\times 10^{-2}}{2}\text{ V}=4\text{ V}$$

根据闭合电路欧姆定律得,电路中的电流

$$I=\frac{E'}{R+r}=\frac{4}{4+1}\text{ A}=0.8\text{ A}$$

故电阻  $R$  两端的电压  $U=IR=0.8\times 4\text{ V}=3.2\text{ V}$ 。

答案:(1)1 V (2) $a$  点 (3)3.2 V

#### 任务二

1.B

2.B 解析:金属棒匀速运动,所以平均感应电动势的大小等于瞬时感应电动势的大小。题中金属棒的有效长度为  $\frac{\sqrt{3}L}{2}$ ,故  $E=Bv\frac{\sqrt{3}L}{2}$ 。根据闭合电路欧姆定律得  $I=\frac{\sqrt{3}BLv}{2R}$ ,故 B 正确。

3.A

4.C 解析:由题及几何关系可知  $Oa=R$ ,  $Ob=\sqrt{5}R$ ,  $Oc=\sqrt{5}R$ ,根据  $E=\frac{1}{2}Bl^2\omega$  可得  $E_{Oa}=\frac{1}{2}BR^2\omega$ ,  $E_{Ob}=\frac{1}{2}B\cdot 5R^2\omega=\frac{5}{2}BR^2\omega$ ,  $E_{Oc}=\frac{1}{2}B\cdot 5R^2\omega=\frac{5}{2}BR^2\omega$ ,又  $E_{Oa}=\varphi_O-\varphi_a$ ,  $E_{Ob}=\varphi_O-\varphi_b$ ,  $E_{Oc}=\varphi_O-\varphi_c$ ,故  $\varphi_O>\varphi_a>\varphi_b=\varphi_c$ , C 正确。

#### 任务三

#### 【探究活动】

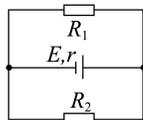
提示:(1)等效电路图如图所示。

(2)电源电动势  $E=Blv$ , 电路中总电阻

为  $R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+r$ , 由闭合电路欧姆定

律得  $I=\frac{E}{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+r}$ , 则  $R_1$  两端电压为

$$U=\frac{Blv}{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+r}\cdot\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}.$$



#### 【评价活动】

1.B 2.A 3.AC

4.解析:(1)金属棒 MN 右移时,切割磁感线,产生感应电动势,金属棒 MN 相当于一个电源,流过金属棒的电流即电源内的电流。当金属棒通过圆心 O 时,金属棒两端的电压即路端电压,由右手定则可判断出,金属棒上的电流方向为  $N\rightarrow M$ , 此时的等效电路如图所示。金属棒经过圆心时,金属棒中产生的感应电动势

$$E=B\cdot 2a\cdot v=2Bav$$

此时,圆环的左、右两部分构成并联电路,且  $R_{左}=R_{右}=\frac{R}{2}$ , 故并联部分的电阻  $R_{\#}=\frac{R}{2}$

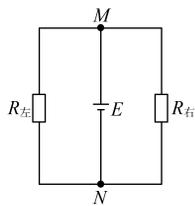
$$R, \text{ 故并联部分的电阻 } R_{\#}=\frac{R}{2}$$

由闭合电路欧姆定律得流过金属棒的电流

$$I=\frac{E}{R_{\#}+R}=\frac{2E}{3R}=\frac{4Bav}{3R}$$

金属棒两端的电压  $U_{MN}=IR_{\#}=I\cdot\frac{R}{2}=\frac{2}{3}Bav$ 。

(2)圆环和金属棒上消耗的总热功率等于电路中感应电流的电功率,即  $P=IE=\frac{8B^2a^2v^2}{3R}$ 。



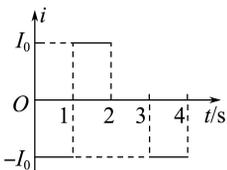
答案: (1)  $\frac{4Bav}{3R}$   $N \rightarrow M$   $\frac{2}{3} Bav$  (2)  $\frac{8B^2 a^2 v^2}{3R}$

## 专项提升(四)

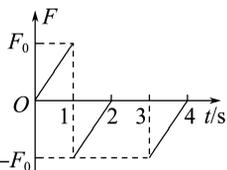
### 任务一

#### 【任务驱动】

**问题 1** 提示:由  $B-t$  图像可知,  $0 \sim 1$  s, 导线框中垂直纸面向里的磁通量增大, 由楞次定律可知, 电路中电流方向为逆时针, 即电流为负方向;  $1 \sim 2$  s, 导线框中垂直纸面向里的磁通量减小, 由楞次定律可知, 电路中电流方向为顺时针方向, 即电流为正方向;  $2 \sim 3$  s, 磁通量不变, 没有感应电流;  $3 \sim 4$  s, 导线框中垂直纸面向外的磁通量减小, 由楞次定律可知, 电路中电流方向为逆时针方向, 即电流为负方向。根据法拉第电磁感应定律  $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta BS}{\Delta t}$ , 由于磁感应强度发生变化时是均匀变化的, 且变化率  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  大小相等, 故产生的感应电流保持不变且大小相等, 导线框中的电流  $i$  随时间  $t$  的变化如图所示。



**问题 2** 提示:  $0 \sim 1$  s, 电路中电流方向为逆时针, 根据左手定则可知,  $ad$  边受到的安培力的方向水平向右, 为正值;  $1 \sim 2$  s, 电流方向为顺时针,  $ad$  边受到的安培力的方向水平向左, 为负值;  $2 \sim 3$  s, 没有感应电流,  $ad$  边不受安培力;  $3 \sim 4$  s, 电路中电流方向为逆时针, 根据左手定则可知,  $ad$  边受到的安培力的方向水平向左, 为负值。根据安培力的公式  $F = I\ell B$  可知, 安培力的大小与磁感应强度成正比,  $ad$  边所受的安培力  $F$  随时间  $t$  变化的图像如图所示。



#### 【任务达标】

1.D 2.B 3.D 4.D

### 任务二

#### 【任务驱动】

**问题 1** 提示:由右手定则和左手定则知, 安培力方向竖直向上, 安培力大小与重力大小关系有三种可能, 即  $F_{\text{安}} = G$ 、 $F_{\text{安}} < G$ 、 $F_{\text{安}} > G$ 。

**问题 2** 提示: (1) 若  $F_{\text{安}} = G$ , 金属杆在磁场中速度不发生变化, 始终做匀速运动。

(2) 若  $F_{\text{安}} < G$ , 金属杆最开始有向下的加速度, 随着杆速度的增大, 安培力也逐渐增大, 则  $F_{\text{合}} = G - F_{\text{安}}$  逐渐减小, 直到变为 0, 可知金属杆先做加速度逐渐减小的加速运动, 直到加速度为 0, 接着做匀速运动。

(3) 若  $F_{\text{安}} > G$ , 同  $F_{\text{安}} < G$  的情况分析类似, 金属杆先做加速

度逐渐减小的减速运动, 直到加速度为 0, 接着做匀速运动。

#### 【任务达标】

1.A

2.ABD 解析:由楞次定律结合左手定则可知, 安培力与  $MN$  的运动方向的夹角始终大于  $90^\circ$ , 则安培力始终做负功,  $MN$  最终一定静止在  $OO'$  位置, A、B 正确; 根据楞次定律可知, 从释放到第一次到达  $OO'$  位置过程中,  $MN$  中电流方向由  $M$  到  $N$ , D 正确; 从释放到第一次到达  $OO'$  位置过程中, 在即将到达  $OO'$  位置的时刻,  $MN$  所受安培力水平向左, 沿速度方向的分力一定大于  $MN$  所受重力沿速度方向的分力, 处于减速状态, C 错误。

3.解析: (1) 棒  $ab$  静止在倾斜导轨上, 根据平衡条件可得  $F_{\text{安}ab} = mg \sin 30^\circ$ ,  $F_{\text{安}ab} = BI_{ab}L$

$$\text{解得通过棒 } ab \text{ 的电流为 } I_{ab} = \frac{mg}{2BL}$$

设当棒  $ab$  下滑距离为  $x_0$  时速度为  $v_0$ , 棒  $cd$  开始运动时回路中的电流为  $I_1$ , 此时对棒  $cd$  有  $F_{\text{安}cd} = \mu mg$

$$\text{同时有 } F_{\text{安}cd} = BI_1 L, I_1 = \frac{BLv_0}{2R}$$

分析可知棒  $cd$  从解除锁定到开始运动过程中, 棒  $cd$  产生的焦耳热与棒  $ab$  产生的焦耳热相等, 整个过程根据能量守恒可得  $mgx_0 \sin 30^\circ - \frac{1}{2}mv_0^2 = 2Q_{cd}$

$$\text{联立解得棒 } cd \text{ 产生的焦耳热为 } Q_{cd} = \frac{1}{4}mgx_0 - \frac{g^2 R^2 m^3}{16B^4 L^4}$$

(2) 分析可知棒  $ab$  在下滑过程中产生的电动势与棒  $cd$  在向左运动的过程中产生的电动势方向相反, 故当电流达到稳定时, 两棒的速度差恒定, 故可知此时两棒的加速度相等, 由于两棒受到的安培力大小相等, 对两棒有  $mg \sin 30^\circ - F_{\text{安}} = ma$ ,  $F_{\text{安}} - \mu mg = ma$

$$\text{同时有 } F_{\text{安}} = BIL, I = \frac{BLv_1 - BLv_2}{2R} = \frac{BL\Delta v}{2R}$$

$$\text{联立解得此时 } ab、cd \text{ 两棒的速度大小之差为 } \Delta v = \frac{3mgR}{4B^2 L^2}$$

(3) 分析可知从开始到  $t_1$  时刻, 两棒整体所受的合力为零, 故该过程系统动量守恒, 设  $t_1$  时刻棒  $ab$  的速度为  $v'_1$ , 可知  $m\Delta v = mv'_1$

$$\text{解得 } v'_1 = \Delta v = \frac{3mgR}{4B^2 L^2}$$

设某时刻时, 棒  $ab$  速度为  $v''_1$ , 棒  $cd$  速度为  $v_{cd}$ , 棒  $cd$  的加速度为零, 可得  $F_{\text{安}cd2} = \mu mg$

$$\text{其中 } F_{\text{安}cd2} = BI_2 L$$

分析可知此时两导体棒产生的电动势方向相反, 可得

$$I_2 = \frac{BL(v''_1 - v_{cd})}{2R}$$

从  $t_1$  时刻到某时刻间, 对两棒分别根据动量定理有  $-(\mu mg + B\bar{I}L)\Delta t = mv''_1 - mv'_1$ ,  $(B\bar{I}L - \mu mg)\Delta t = mv_{cd}$  变式可得

$$\mu mg \Delta t + BLq = mv'_1 - mv''_1, BLq - \mu mg \Delta t = mv_{cd}$$

$$\text{两式相加得 } 2BLq = mv'_1 - m(v''_1 - v_{cd})$$

$$\text{同时有 } q = \bar{I} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{2R} \cdot \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{2R} = \frac{BL \Delta s}{2R}$$

联立解得从  $t_1$  到某时刻,  $ab$ 、 $cd$  两棒的路程之差为

$$\Delta s = \frac{g m^2 R^2}{4 B^4 L^4}$$

答案: (1)  $\frac{mg}{2BL} \quad \frac{1}{4} mg x_0 - \frac{g^2 R^2 m^3}{16 B^4 L^4}$

(2)  $\frac{3mgR}{4B^2L^2} \quad (3) \frac{gm^2R^2}{4B^4L^4}$

4. 解析: (1) 当  $OA$  棒切割磁感线的有效长度为  $l_1 = \sqrt{2}L$  时, 该棒产生的感应电动势最大, 有

$$E_{\max} = \frac{Bl_1^2 \omega}{2} = BL^2 \omega$$

此时  $CD$  棒所受的安培力最大, 结合  $I = \frac{E}{R}$  和安培力公

$$F_{\max} = I_{\max} BL = \frac{B^2 L^3 \omega}{R}$$

当  $OA$  棒切割磁感线的有效长度为  $l_2 = L$  时, 该棒产生的感应电动势最小, 有

$$E_{\min} = \frac{Bl_2^2 \omega}{2} = \frac{BL^2 \omega}{2}$$

此时  $CD$  棒所受的安培力最小, 有

$$F_{\min} = I_{\min} BL = \frac{B^2 L^3 \omega}{2R}$$

(2) 设  $CD$  棒的质量为  $m$ ,  $CD$  棒与平行导轨间的最大静摩擦力为  $f$

$OA$  棒在转动过程中,  $CD$  棒在所受安培力达到最大和最小时均恰好静止, 则有

$$F_{\max} = mg \sin \theta + f$$

$$F_{\min} + f = mg \sin \theta$$

结合(1)问分析有  $F_{\max} = \frac{4}{3} mg \sin \theta$

则撤去推力瞬间,  $CD$  棒的加速度方向沿平行导轨向上, 对  $CD$  棒由牛顿第二定律有

$$F_{\max} + \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$$

联立解得  $CD$  棒与导轨间的动摩擦因数为

$$\mu = \frac{3a - g \sin \theta}{3g \cos \theta}$$

答案: (1)  $\frac{B^2 L^3 \omega}{R} \quad \frac{B^2 L^3 \omega}{2R} \quad (2) \frac{3a - g \sin \theta}{3g \cos \theta}$

### 3 涡流 电磁阻尼 电磁驱动

#### 问题式预习

知识点一

1. 电磁感应 感应电流 闭合回路 2. 电阻 涡电流 焦耳热 3. 高频感应炉 电磁炉 4. (1) 交变电流 铁芯 (2) 薄硅钢片

#### [科学思维]

AB 解析: 增大线圈的匝数, 可以增大通过金属杯的磁通量及磁通量的变化率, 从而增大金属杯中产生感应电流的大小, 增大加热功率, 缩短加热时间, A 正确; 提高交流电的频率, 最大磁通量不变, 但电流交替变化加快, 这也能提高磁通量的变化率, 产生更大的感应电流, 达到缩短加热时间的目的, B 正确; 瓷杯是绝缘体, 不能产生感应电流, 不能被加热, C 错误; 取走铁芯, 金属杯中的磁通量变小, 磁通量的变化率也变小, 从而导致加热功率变小, 加热时间变长, D 错误。

#### [判一判]

1. × 2. √ 3. √

#### 知识点二

1. (1) 安培力 阻碍 (2) ①电磁阻尼 ②电磁制动

2. (1) 安培力

#### [科学思维]

AD 解析: 当电表的指针摆动时, 金属框 1 在蹄形磁体 2 中同时转动, 则 1 中产生感应电流——即涡流, 磁场对涡流产生安培力阻碍其指针的相对运动, 使指针很快稳定下来, 故 A、D 正确。

#### [判一判]

1. √ 2. ×

### 任务型课堂

#### 任务一

#### 【探究活动】

提示: 会产生感应电流, 其形状像水中的漩涡。

#### 【评价活动】

1. A

2. A 解析: 提高励磁线圈中电流变化的频率, 可以提高产生的交变磁场变化的频率, 从而提高穿过炊具底面磁通量的变化率, 进而增大涡流, 提高电磁炉的加热效果, 故 A 正确; 炊具中的涡流是由励磁线圈中交变电流的磁场产生的, 故 B 错误; 陶瓷是绝缘体, 无法形成涡流, 所以利用陶瓷材料制成的炊具无法在电磁炉上正常加热, 故 C 错误; 电磁炉工作时, 炊具底面将产生强大的涡流, 故 D 错误。

3. CD 解析: 由于封口机利用了电磁感应原理, 故封口材料必须是金属类材料, 而且电源必须是交流电源, A、B 错误; 减小内置线圈中所通电流的频率可降低封口过程中产生的热量, 即控制温度, C 正确; 封口材料应是金属类材料, 但对应被封口的容器不能是金属, 否则同样可能会被熔化或发热而对其内部产品产生影响, 所以只能是玻璃、塑料等材质, D 正确。

4. C 解析: 根据题意可知, 当金属薄片中心向 N 极正下方运动的过程中, 薄片右侧的磁通量在减小, 左侧磁通量在增大, 由于两极间的磁场竖直向下, 根据楞次定律可知此时薄片右侧的涡电流方向为顺时针, 薄片左侧的涡电流方向为逆时针。故 C 正确。

5. D 解析: 金属块在进入磁场和出磁场的过程中产生感应电流, 从而产生焦耳热, 由初状态到末状态(金属块在

磁场区域内做往复运动)能量守恒。初状态机械能  $E_1 = mgb + \frac{1}{2}mv^2$ , 末状态机械能  $E_2 = mga$ , 焦耳热  $Q = E_1 - E_2 = mg(b-a) + \frac{1}{2}mv^2$ 。

## 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)当电磁铁线圈未通电时,铜片在摆动过程中,所受阻力很小,要经过较长时间才会停下来。

(2)当电磁铁线圈通电后,穿过运动的铜片的磁通量发生变化,铜片内将产生感应电流。根据电磁阻尼的原理,铜片的摆动因受到较大阻力而迅速停止。

### 【评价活动】

1. BC

2. C 解析:线圈的框架选择铝质材料,不仅考虑铝的密度小、强度高,更主要的是因为铝框转动时产生涡流,阻碍线圈的转动,这样有利于指针很快地稳定在读数位置上,A 错误;塑料等绝缘体做骨架时,骨架转动时不能产生涡流,从而不能阻碍线圈的转动,不利于指针很快地稳定指到读数位置上,B 错误;在仪器运输时用导线将电流表的两个接线柱连在一起,电流表短路,指针摆动时产生感应电流,感应电流受安培力作用,从而可减缓指针的晃动,C 正确,D 错误。

3. D 解析:有线圈时,磁体受到电磁阻尼的作用,振动更快停止,故 A 错误;根据楞次定律,磁体靠近线圈时,线圈的磁通量增大,此时线圈有收缩的趋势,故 B 错误;磁体离线圈最近时,磁体与线圈的相对速度为零,感应电动势为零,感应电流为零,线圈受到的安培力为零,故 C 错误;分析可知,有无线圈时,根据平衡条件最后磁体静止后弹簧的伸长量相同,由于磁体和弹簧组成的系统损失的机械能为磁体减小的重力势能减去此时弹簧的弹性势能,因此有无线圈,系统损失的机械能相同,故 D 正确。

4. A 解析:施加磁场来快速衰减 STM 的微小振动,其原理是电磁阻尼,在振动时通过紫铜薄板的磁通量发生变化,紫铜薄板中产生感应电动势和感应电流,使其受到安培力作用,其受到的安培力将阻碍紫铜薄板振动,即使使其振动衰减。方案 A 中,无论紫铜薄板上下振动还是左右振动,通过它的磁通量都发生了变化。方案 B 中,当紫铜薄板上下振动时,通过它的磁通量可能不变;当紫铜薄板向右振动时,通过它的磁通量不变。方案 C 中,紫铜薄板上下振动、左右振动时,通过它的磁通量可能不变。方案 D 中,当紫铜薄板上下振动时,紫铜薄板中的磁通量可能不变。综上可知,对于紫铜薄板上下及左右振动的衰减最有效的是方案 A。

5. C 解析:由楞次定律的推广含义可知,线圈将与磁体同向转动,但转动的角速度一定小于磁体转动的角速度。如果两者的角速度相同,磁感线与线圈处于相对静止,线圈不切割磁感线,无感应电流产生,故 A、B 错误;当磁体逆时针转动时,相当于磁体不动而线圈顺时针旋转切割

磁感线,线圈中产生感应电流,故 C 正确;当线圈相对磁体转过  $90^\circ$  时电流方向不再是  $abcd$ , D 错误。

## 4 自感

### 问题式预习

#### 知识点一

1. 导体线圈 发生变化 2. 自感

#### 【科学思维】

(1)逐渐变亮 (2)立即熄灭 (3)先达到最亮,后慢慢变暗 (4)先闪亮一下,再慢慢熄灭

#### 【判一判】

1.  $\checkmark$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$

#### 知识点二

2. (1)自感 电感 亨利 (2)线圈本身 形状 直径 匝数 铁芯 3. (1)瞬时高电压 降压限流 (2)自感电动势 电弧 安全开关

#### 【判一判】

1.  $\times$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$  4.  $\times$  5.  $\times$

### 任务型课堂

#### 任务一

### 【探究活动】

提示:(1)这种现象叫自感。

(2)集电弓脱离电网线的瞬间电流减小,由于自感产生的自感电动势很大,在集电弓与电网线的空隙处产生电火花。

### 【评价活动】

1. B

2. D 解析:自感系数是线圈本身的固有属性,只取决于线圈长短、粗细、匝数、有无铁芯等因素,而与电流的变化快慢等外部因素无关。自感电动势的大小与线圈自感系数及电流变化率有关。A、B、C 错误,D 正确。

3. C 解析:由于采用了双线绕法,两股导线中的电流反向,它们产生的磁场方向相反,磁通量相互抵消,不论导线中的电流如何变化,线圈中的磁通量始终为 0,所以消除了自感现象的影响。故 C 正确。

4. C 解析:闭合 S,稳定后,线圈 L 相当于导线,则电容器被短路,则其电压为零,故 A 错误;此时电容器的电压为零,a 极板不带电,故 B 错误;断开 S 的瞬间,线圈 L 中电流减小,产生自感电动势,相当于电源,给电容器充电,根据线圈的电流方向不变,则电容器的 a 极板将带正电,故 C 正确,D 错误。

#### 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)开关断开后,感应电动势使线圈 L 中电流  $I_L$  减小得更慢些。

(2)开关断开后,感应电流将沿线圈 L 向右流动,经灯泡 A 后流到线圈的左端,即线圈 L 和灯泡 A 构成闭合回路,回路中电流沿逆时针方向。

## 【评价活动】

1. A  
 2. A 解析: S 接通的瞬间, 线圈  $L$  支路中电流从无到有发生变化, 线圈  $L$  中产生的自感电动势阻碍电流增加。由于有铁芯, 自感系数较大, 对电流的阻碍作用也就较强, 所以 S 接通的瞬间线圈  $L$  中的电流非常小, 即干路中的电流几乎全部流过  $L_1$ 、 $L_2$ , 所以  $L_1$ 、 $L_2$  会同时变亮。又由于线圈  $L$  中电流很快稳定, 感应电动势很快消失,  $L$  的阻值可忽略, 对  $L_1$  起到“短路”作用, 因此,  $L_1$  熄灭。这时电路的总电阻比刚接通时小, 由恒定电流知识可知,  $L_2$  会比以前更亮。稳定后再断开 S 的瞬间,  $L_2$  立即熄灭,  $L_1$  由于线圈产生感应电动势而亮一下再熄灭, 断开 S 前流过线圈  $L$  的电流和流过灯  $L_2$  的电流相同, 所以断开 S 时,  $L_1$  与  $L_2$  断开前的亮度一样, 故 A 正确, B、C、D 错误。

3. C 解析: 当开关 S 合上, 电路稳定后, 灯泡 a 短路, 不亮, b、c 两灯的电压为电源电压, 通过  $L$  的电流, 为  $E$  电压下灯泡工作电流的 2 倍。开关 S 断开后, a、b 灯串联后与 c 灯并联接到电路中, 由于自感电动势的作用, 断电瞬间, 通过  $L$  的电流成为通过 c 的电流, 即原电流的 2 倍, c 灯闪亮, 但是稳定后 c 两端的电压仍是  $E$ , 所以最终恢复到原亮度, 故 A、B、D 错误, C 正确。

4. C 解析: 题图 1 中, 稳定时通过  $A_1$  的电流记为  $I_1$ , 通过  $L_1$  的电流记为  $I_L$ 。S<sub>1</sub> 断开瞬间,  $A_1$  突然变亮, 可知  $I_L > I_1$ , 因此  $A_1$  和  $L_1$  电阻阻值不相等, A、B 错误。由于最终  $A_2$  与  $A_3$  亮度相同, 所以两支路电流  $I$  相同, 根据部分电路欧姆定律可知, 两支路电压  $U$  与电流  $I$  均相同, 所以两支路电阻相同。由于  $A_2$ 、 $A_3$  完全相同, 故滑动变阻器  $R$  与  $L_2$  的电阻阻值相同, C 正确。题图 2 中, 闭合 S<sub>2</sub> 时, 由于自感作用, 通过  $L_2$  与  $A_2$  的电流  $I_2$  会逐渐增大, 而通过  $R$  与  $A_3$  的电流  $I_3$  立即变大, 因此电流不相等, D 错误。

5. D 解析: 断开开关瞬间, 由于线圈的自感作用, 流过线圈的电流这一瞬间没变, 但流过灯泡的电流这一瞬间方向发生改变, 且大小变为  $i_1$ , 然后随电感线圈能量的减小, 电流再逐渐减小, 故 D 正确, A、B、C 错误。

6. D 解析: 题图甲中手机无线充电技术利用了互感现象, 只要线圈 A 中输入变化的电流, 线圈 B 中就会产生感应电动势, 根据产生感应电动势的条件, 只有处于变化的磁场中, 线圈 B 才能产生感应电动势, 若线圈 A 中输入电流恒定, 则线圈 B 就不会产生感应电动势, 故 A 错误。汽车经过通电线圈上方时, 汽车底盘的金属部件通过线圈所产生的磁场, 金属部件中的磁通量发生变化, 在金属部件中产生感应电流, 金属部件中的感应电流产生磁场, 此磁场随汽车的运动, 使穿过线圈的磁通量变化, 所以即使汽车匀速运动, 线圈中也会产生感应电流, 故 B 错误。如题图丙所示, 是一种延时继电器的示意图, 闭合开关时, 线圈 A 会产生磁场, 且通过了线圈 B, 使得线圈 B 会产生感应电流, 同时该电流会产生一个磁场反过来使得在弹片 K 附近的磁场的增强变慢, 达到延时的效果; 当

断开开关时, 线圈 A 产生的磁场使线圈 B 磁通量减少, 使得线圈 B 又会产生感应电流, 阻碍通过 B 的磁场减弱, 同时使得在弹片 K 附近的磁场的减弱变慢, 达到延时的效果, 故 C 错误。如题图丁所示, 由于采用双线绕法, 两根平行导线中的电流反向, 它们产生的磁通量互相抵消, 不论导线中的电流如何变化, 线圈中的磁通量始终为零, 所以消除了自感现象的影响, 故 D 正确。

## 单元活动 2

### 【任务引导】

#### 任务一

活动 提示: (1) 左侧线圈中产生的感生电动势  $E = N \frac{\Delta B_2}{\Delta t} S_0 = NkS_0$ , 闭合 S 瞬间, 回路中电流  $I = \frac{E}{R+r}$ , 故导体棒受到的安培力  $F = B_1 IL = B_1 \frac{NkS_0}{R+r} L$ 。

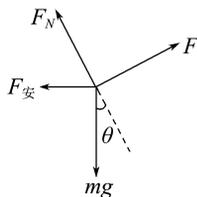
(2) 当导体棒受力平衡时, 速度最大, 即  $\mu mg = \frac{E - B_1 L v_m}{R+r} \cdot B_1 L$ , 故  $v_m = \frac{E}{B_1 L} - \frac{\mu mg (R+r)}{B_1^2 L^2}$ 。

#### 任务二

活动 提示: (1) 金属棒做匀速运动, 则  $F_{\text{安}} = 0, W_{\text{安}} = 0$ 。

(2) 该过程中,  $W_F = F \frac{h}{\sin \theta}$ 。

(3) 对金属棒受力分析, 如图所示, 外力  $F$  做功, 将其他形式的能一部分转化为金属棒的机械能, 一部分转化为电路的电功; 安培力做负功, 将系统的电能转化为  $R$  上产生的焦耳热。斜面支持力做功为 0, 由动能定理得



$W_F - W_G - W_{\text{安}} = 0$ , 所以  $W_{\text{安}} = F \frac{h}{\sin \theta} - mgh$ 。

#### 任务三

活动 提示: (1) 平行金属导轨与两导体棒组成闭合回路, 通过两导体棒的感应电流相等, 两导体棒所受安培力大小相等,  $ab$  棒受到水平向左的安培力,  $cd$  棒受到水平向右的安培力。

(2)  $ab$  棒向右运动过程中, 速度在减小,  $cd$  棒向右的速度在增大, 闭合回路总电动势  $E = Blv_{ab} - Blv_{cd}$  在减小, 直到  $v_{ab} = v_{cd}$ , 由于两棒组成的系统动量守恒, 则  $m v_0 = m v_{ab} + m v_{cd}$ , 联立可得  $v_{ab} = v_{cd} = \frac{v_0}{2}$ 。

(3) 若金属导轨不平行,  $ab$  棒与  $cd$  棒切割磁感线的有效长度不同, 则由  $F_{\text{安}} = I l B$  知, 两棒所受安培力不同, 系统所受合外力不为零, 不满足动量守恒的条件。

### 【活动达标】

1. C 2. ACD

3. CD 解析: 设金属杆经过  $BB_1$  的速度大小为  $v_1$ , 则对金属杆从  $AA_1$  运动到  $BB_1$  的过程, 由动量定理有  $\frac{B^2 L^2 \bar{v}_1}{2R} l_1 =$

$m(v_0 - v_1)$ , 又  $\bar{v}_1 t_1 = d$ , 则  $\frac{B^2 L^2 d}{2R} = m(v_0 - v_1)$ , 对金属

杆从  $BB_1$  运动到  $CC_1$  的过程, 由动量定理有  $\frac{B^2 L^2 \bar{v}_2}{2R} t_2 +$

$\mu mg t_2 = m v_1$ , 又  $\bar{v}_2 t_2 = d$ , 则  $\frac{B^2 L^2 d}{2R} + \mu mg t_2 = m v_1$ , 分

析可知  $v_0 - v_1 < v_1$ , 解得  $v_1 > \frac{v_0}{2}$ , 即金属杆经过  $BB_1$  的

速度大于  $\frac{v_0}{2}$ , A 错误; 整个过程中, 由能量守恒定律可得

$\frac{1}{2} m v_0^2 = Q_R + Q_{杆} + \mu mg d$ , 由于通过定值电阻  $R$  和金属

杆的电流时刻相等, 故由焦耳定律可知  $Q_R = Q_{杆}$ , 联立可得

得  $Q_R = \frac{1}{4} m v_0^2 - \frac{1}{2} \mu mg d$ , B 错误; 规定水平向左为正方

向, 则结合 A 项分析可知, 金属杆经过  $AA_1 B_1 B$  区域, 金

属杆所受安培力的冲量  $I_1 = \frac{B^2 L^2 \bar{v}_1}{2R} t_1 = \frac{B^2 L^2 d}{2R}$ , 金属杆

经过  $BB_1 C_1 C$  区域, 金属杆所受安培力的冲量  $I_2 =$

$\frac{B^2 L^2 \bar{v}_2}{2R} t_2 = \frac{B^2 L^2 d}{2R}$ , 可得  $I_1 = I_2$ , 即金属杆经过

$AA_1 B_1 B$  与  $BB_1 C_1 C$  区域, 金属杆所受安培力的冲量相

同, C 正确; 若将金属杆的初速度加倍, 则对金属杆从

$AA_1$  运动到  $BB_1$  的过程, 由动量定理有  $\frac{B^2 L^2 \bar{v}_3}{2R} t_3 =$

$\frac{B^2 L^2 d}{2R} = m(2v_0 - v_B)$ , 对金属杆从  $BB_1$  运动到  $CC_1$  的

过程, 由动量定理有  $\frac{B^2 L^2 \bar{v}_4}{2R} t_4 + \mu mg t_4 = m(v_B - v_C)$ , 即

$\frac{B^2 L^2 d}{2R} + \mu mg t_4 = m(v_B - v_C)$ , 又由运动学知识有  $t_4 <$

$t_2$ , 则结合 A 项分析, 联立可得金属杆经过  $CC_1$  的速度

$v_C > v_0$ , 对金属杆经过  $CC_1$  之后的运动过程, 由动量定

理有  $\frac{B^2 L^2 \bar{v}_5}{2R} t_5 = \frac{B^2 L^2 \Delta x}{2R} = m v_C > m v_0$ , 又由 A 项分析

有  $\frac{B^2 L^2 d}{2R} < m \cdot \frac{1}{2} v_0$ , 则  $\Delta x > 2d$ , 故金属杆在磁场中运

动的距离为  $x = 2d + \Delta x > 4d = 2 \times 2d$ , 即金属杆在磁场

中运动的距离大于原来的 2 倍, D 正确。

4. BD 解析: 金属棒  $a$  向右运动时, 受向左的安培力, 则金

属棒  $a$  向右做减速运动, 随速度的减小, 感应电流减小,

安培力减小,  $a$  的加速度减小, 则  $a$  做加速度减小的减速

直线运动, 同理可得  $b$  做加速度减小的加速直线运动, 最

终两棒达到共速的稳定状态, 故 A 错误; 当两金属棒共

速时, 由动量守恒定律可知  $m v_0 = 2m v$ , 解得  $v = \frac{v_0}{2}$ , 故 B

正确; 两金属棒产生的焦耳热为  $Q = \frac{1}{2} m v_0^2 - 2 \times \frac{1}{2} m v^2 =$

$\frac{1}{4} m v_0^2$ , 由于两金属棒的电阻相等, 故  $a$  上产生的焦耳热

为  $Q_1 = \frac{Q}{2} = \frac{1}{8} m v_0^2$ , 故 C 错误; 设从开始运动到两金属

棒最终达到稳定过程中, 磁通量的变化量为  $\Delta \Phi$ , 时间为

$\Delta t$ , 平均电流为  $\bar{I}$ , 有  $\bar{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = BL \frac{x}{\Delta t}$ ,  $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{2R}$ , 对金属棒

$b$  由动能定理有  $B \bar{I} L \cdot \Delta t = m v - 0$ , 联立方程可解得  $x =$

$\frac{m v_0 R}{B^2 L^2}$ , 故 D 正确。

5. CD 解析: 设左侧导体棒的阻值为  $R$ , 则右侧导体棒阻

值为  $3R$ , 右侧导体棒的速度为  $v_1$ , 左侧导体棒的速度为

$v_2$ , 根据法拉第电磁感应定律, 回路中的感应电流  $I =$

$\frac{3BLv_1}{R} - \frac{BLv_2}{R}$ , 对于两导体棒分别有  $3BIL = 3ma_1$ ,  $BIL$

$= ma_2$ , 可得两导体棒的加速度大小相等, 并且最终减小

到零, 故右侧导体棒做加速度减小的减速运动直到匀速

运动, 左侧导体棒将做加速度减小的加速运动直到匀速

运动。两导体棒最终做匀速运动时, 回路中没有感应电

流产生, 且此时  $v_2 = 3v_1$ , 故 A 项错误, C、D 项正确; 由于

两导体棒的加速度大小相等, 在两导体棒速度相等时, 速

度大小一定等于初始时刻右侧导体棒速度大小的一半,

故 B 项错误。

6. 解析: (1) 由题图乙可知  $t = t_1$  时刻金属棒  $ab$  中的电

流大小为  $I_1 = 0.5 \text{ A}$

则对金属棒  $ab$  应用牛顿第二定律, 可得

$mg \sin \theta - BI_1 L = ma_1$

解得金属棒  $ab$  加速度大小为  $a_1 = 5.5 \text{ m/s}^2$

对金属棒  $cd$  应用牛顿第二定律, 可得

$mg \sin \theta + BI_1 L - \mu mg \cos \theta = ma_2$

解得金属棒  $cd$  加速度大小为  $a_2 = 0.5 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 设  $t_1$  时刻金属棒  $ab$  的速度为  $v_1$ , 则此时有

$I_1 = \frac{BLv_1}{2R}$ , 解得  $v_1 = 1 \text{ m/s}$

在  $0 \sim t_1$  时间段, 设金属棒  $ab$  克服安培力做功为  $W_{克}$ , 应

用动能定理可得  $mgx_1 \sin \theta - W_{克} = \frac{1}{2} m v_1^2$

故在此过程中整个回路产生的焦耳热为  $Q_{总} = W_{克} = 2.5 \text{ J}$

所以这段时间内金属棒  $ab$  产生的焦耳热  $Q$  为

$Q = \frac{1}{2} Q_{总} = 1.25 \text{ J}$ 。

(3) 由题图乙可知  $t = t_2$  时刻之后电路中的电流保持不

变, 即两金属棒速度差保持不变, 此时两金属棒加速度相

等, 对金属棒  $ab$  应用牛顿第二定律可得

$mg \sin \theta - BI_2 L = ma$

对金属棒  $cd$  应用牛顿第二定律可得

$mg \sin \theta + BI_2 L - \mu mg \cos \theta = ma$

联立可得  $a = 3 \text{ m/s}^2$ ,  $I_2 = 3 \text{ A}$

设  $t = t_2$  时金属棒  $cd$  的速度为  $v_3$ , 则电路中的电流可表

示为  $I_2 = \frac{BL(v_2 - v_3)}{2R}$

联立可得  $v_3 = 3 \text{ m/s}$ , 故  $t = t_2 + 1 \text{ s}$  时, 金属棒  $cd$  的速度

为  $v = v_3 + a(t - t_2) = (3 + 3 \times 1) \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$ 。

答案: (1)  $5.5 \text{ m/s}^2$   $0.5 \text{ m/s}^2$  (2)  $1.25 \text{ J}$  (3)  $6 \text{ m/s}$

7.解析:(1) $a$ 棒沿弧形轨道下滑至 $C$ 处的过程中,根据机

$$\text{械能守恒有 } m_a g h = \frac{1}{2} m_a v^2$$

$a$ 棒进入磁场瞬间产生的感应电动势  $E = Blv$

由右手定则可知,电流方向为顺时针(从上往下看),根据

$$\text{闭合电路欧姆定律有 } I = \frac{E}{R_a + R_b}$$

对 $b$ 棒有  $F_{安} = I l B$

根据牛顿第二定律有  $F_{安} = m_b a$ ,联立解得  $a = 9 \text{ m/s}^2$

由左手定则可知, $b$ 棒加速度的方向向右。

(2) $a$ 棒进入磁场之后因受安培力作用逐渐减速, $b$ 棒逐渐加速,直至两棒速度相同。对 $a$ 、 $b$ 棒组成的系统,由动量守恒定律得  $m_a v = (m_a + m_b) v_{共}$ ,解得  $v_{共} = 4 \text{ m/s}$

对 $b$ 棒,应用动量定理,有  $\bar{I} l B t = m_b v_{共}$ ,即  $B l q = m_b v_{共}$

$$\text{解得 } q = \frac{4}{3} \text{ C.}$$

(3) $a$ 、 $b$ 棒在水平面内运动过程中,由能量守恒定律得

$$\frac{1}{2} m_a v^2 - \frac{1}{2} (m_a + m_b) v_{共}^2 = Q$$

根据焦耳定律有  $Q = I^2 (R_a + R_b) t$ ,  $Q_a = I^2 R_a t$

$$\text{得 } Q_a = \frac{R_a}{R_a + R_b} Q, \text{联立解得 } Q_a = 2 \text{ J.}$$

答案:(1)  $9 \text{ m/s}^2$ ,方向向右 (2)  $\frac{4}{3} \text{ C}$  (3)  $2 \text{ J}$

8.解析:金属棒 $a$ 开始向右做减速运动,金属棒 $b$ 开始向右做加速运动,当两金属棒产生的感应电动势大小相等时,回路感应电流为零,两金属棒不受安培力,两金属棒做匀速直线运动。

(1)设达到稳定状态,两金属棒做匀速直线运动时,金属棒 $a$ 与金属棒 $b$ 的速度大小分别为 $v_1$ 和 $v_2$ ,金属棒切割磁感线产生的感应电动势  $E = BLv$ ,  $B \times 2d v_1 = B d v_2$

解得  $v_2 = 2v_1$ ,即此时 $a$ 、 $b$ 两棒的速度之比为 $1:2$ 。

(2)由动量定理,对金属棒 $a$ 有  $-B I \cdot 2d \Delta t = 2m v_1 - 2m v_0$

对金属棒 $b$ 有  $B I d \Delta t = m v_2$ ,解得  $v_1 = \frac{1}{3} v_0$ ,  $v_2 = \frac{2}{3} v_0$

设回路产生的总焦耳热为 $Q$ , $a$ 产生的焦耳热为 $Q_a$ ,金属棒由能量守恒有

$$\frac{1}{2} \times 2m v_0^2 = \frac{1}{2} \times 2m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 + Q$$

$$\text{由 } \frac{Q_a}{Q} = \frac{2R}{2R+R} \text{解得 } Q_a = \frac{4}{9} m v_0^2.$$

答案:(1)  $1:2$  (2)  $\frac{4}{9} m v_0^2$

## 第三章 交流电

### 1 交变电流

#### 问题式预习

知识点一

1.大小 方向 2.大小 方向 周期

3.大小 方向 正弦函数

[科学思维]

(1)ABD (2)C

[判一判]

1.× 2.× 3.√

知识点二

1.匀强磁场 垂直 匀速 2.(1)最大  $BS$  零 零 改变 (2)0 最大 最大 不变 3.(2)  $\frac{\omega L_{AD}}{2}$  (3)  $v \sin \theta$

$$(4) \frac{BS\omega}{2} \sin \omega t \quad (5) BS\omega \sin \omega t \quad NBS\omega \sin \omega t$$

[做一做]

C 解析:当线圈在匀强磁场中转动产生交变电流时,线圈平面每经过中性面一次,感应电流与感应电动势方向均改变一次,转动一周,感应电流与感应电动势方向改变两次。故C正确。

知识点三

1.(1)电能 (2)火力 核能 (3)①机械能 ②光能

2.(1)电能

[科学思维]

提示:(1)相同点:两者构造相同,都由线圈、磁体组成。

(2)不同点:①发电机的工作原理是电磁感应现象,电动机的工作原理是通电导体在磁场中受力而运动。②发电机是把机械能转化为电能的装置,电动机是把电能转化为机械能的装置。

[判一判]

1.√ 2.×

### 任务型课堂

任务一

1.BD

2.BCD 解析:根据正弦式交变电流产生的条件可知,在匀强磁场中,线圈转轴垂直于磁场方向,转动时产生正弦式交变电流,B、C、D正确。

任务二

1.B

2.C 解析:在 $0 \sim \frac{T}{4}$ 时间段,磁感应强度 $B$ 增大,根据 $\Phi =$

$BS$ ,则磁通量 $\Phi$ 增大,但是图像的斜率减小,即磁感应强度 $B$ 的变化率逐渐减小,根据法拉第电磁感应定律可知

$E = \frac{\Delta B}{\Delta t} S$ ,感应电动势 $E$ 逐渐减小,选项A错误;当 $t =$

$\frac{T}{8}$ 和 $t = \frac{3T}{8}$ 时,因 $B-t$ 图像的斜率大小相等,符号相反,

可知感应电动势 $E$ 大小相等,方向相反,选项B错误;

$t = \frac{T}{4}$ 时, $B$ 最大,则磁通量 $\Phi$ 最大,但是 $B$ 的变化率为

零,则感应电动势 $E$ 为零,选项C正确; $t = \frac{T}{2}$ 时, $B$ 为

零,则磁通量 $\Phi$ 为零,但是 $B$ 的变化率最大,则感应电动势 $E$ 最大,选项D错误。

3.解析:(1)线圈转动产生的感应电动势的峰值为  $E_m =$

$$nBS\omega = nBL_1L_2\omega.$$

(2)线圈从垂直于中性面的位置开始转动,感应电动势的

表达式可写为  $e = E_m \cos \omega t$

通过电阻  $R$  的电流的瞬时值表达式为

$$i = \frac{e}{R} = \frac{nBL_1L_2\omega}{R} \cos \omega t.$$

答案:(1) $nBL_1L_2\omega$  (2) $\frac{nBL_1L_2\omega}{R} \cos \omega t$

## 2 正弦交变电流的描述

### 问题式预习

知识点一

1.(1)一次周期性变化 2.(2)赫兹 3.(2) $2\pi f$

[科学思维]

0.02 s 50 Hz

[判一判]

1.× 2.×

知识点二

1.(2)高于 2.(1)电阻 相等 (2)①有效值 ②有效值

正弦交流电 3.(1) $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$  (2) $\frac{U_m}{\sqrt{2}}$

[科学思维]

(1)10 (2) $5\sqrt{2}$  (3) $10\sin t$

[做一做]

C 解析:各种使用交流电的用电器铭牌上所标示的数值均为有效值,故 A 项错误;交流电表测得的数值为有效值,故 B 项错误;照明电路电压 220 V 指的是有效值,故 C 项正确;

$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ 、 $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ 、 $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$  是正弦式交变电流有效值和

最大值的的关系,故 D 项错误。

### 任务型课堂

任务一

#### 【探究活动】

提示:(1)产生的热量相同。

(2)恒定电流 3 A 能等效替代正弦交变电流计算热量,所以交变电流的有效值为 3 A,峰值是  $3\sqrt{2}$  A。

#### 【评价活动】

1.B

2.B 解析:由交变电流的有效值定义知  $\left(\frac{3}{\sqrt{2}} \text{ A}\right)^2 R \cdot \frac{T}{2} +$

$(2 \text{ A})^2 R \cdot \frac{T}{2} = I^2 RT$ ,则该交变电流的有效值  $I = \frac{\sqrt{17}}{2}$  A,

线圈的总电阻  $R_{\text{总}} = 100 \times 0.02 \Omega = 2 \Omega$ ,由  $Q = I^2 R_{\text{总}} t$  得  $Q = 85 \text{ J}$ ,选项 B 正确。

3.C 解析:由题图可知,当电流从 A 端经外电路流向 B 端时, $R_1$  被短路,则此时  $R_2$  两端电压的有效值为  $U_2 =$

$\frac{U_m}{\sqrt{2}} = 20 \text{ V}$ ,当电流从 B 端经外电路流向 A 端时, $R_1$ 、 $R_2$

串联,则此时  $R_2$  两端电压有效值为  $U'_2 = \frac{U_2}{2} = 10 \text{ V}$ ,在

一个周期内  $R_2$  两端的电压有效值为  $U$ ,则  $\frac{U'^2}{R_2} \times \frac{T}{2} +$

$\frac{U_2^2}{R_2} \times \frac{T}{2} = \frac{U^2}{R_2} \times T$ ,解得  $U = 5\sqrt{10} \text{ V}$ ,则有  $P_2 = \frac{U^2}{R_2} =$

$\frac{250}{10} \text{ W} = 25 \text{ W}$ ,故选 C。

4.B 解析:结合  $Q = \frac{U^2}{R} t$  可得  $Q_1 = \left(\frac{U_0}{\sqrt{3}}\right)^2 \frac{1}{R_1} \cdot \frac{T}{2} +$

$(U_0)^2 \frac{1}{R_1} \cdot \frac{T}{2} = \frac{2U_0^2 T}{3R_1}$ 、 $Q_2 = \left(\frac{U_0}{\sqrt{2}}\right)^2 \frac{1}{R_2} T = \frac{U_0^2 T}{2R_2}$ ,又

$R_1 = R_2$ ,所以  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{4}{3}$ ,B 正确。

任务二

#### 【探究活动】

提示:(1)小灯泡是否被烧坏,决定于加在灯泡两端电压的

有效值,该交变电流电压的有效值  $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 6 \text{ V}$ ,与小灯泡

额定电压相等,因此不会被烧坏。

(2)电容器是否被击穿,取决于加在电容器两端电压的最大值,显然该交变电压的峰值大于电容器的耐压值,因而该电容器会被击穿。

#### 【评价活动】

1.C

2.D 解析:因电压表示数为 9 V,所以电路中的电流  $I = \frac{9}{9} \text{ A} = 1 \text{ A}$ ,故电动势的有效值  $E = I(r + R) = 10 \text{ V}$ ,其

最大值  $E_m = \sqrt{2}E = 10\sqrt{2} \text{ V}$ ,故 A、B 错误;线圈通过中性

面时电动势的瞬时值为零,C 错误;从中性面转过  $90^\circ$  的

过程中的平均感应电动势,应用公式  $\bar{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  求解, $\bar{E} =$

$n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \frac{|\Phi_2 - \Phi_1|}{\Delta t} = n \frac{|0 - BS|}{\frac{\pi}{2\omega}} = \frac{2nBS\omega}{\pi}$ ,又  $nBS\omega =$

$10\sqrt{2} \text{ V}$ ,故  $\bar{E} = \frac{20\sqrt{2}}{\pi} \text{ V}$ ,D 正确。

3.D 解析:由题意可知导体棒通过磁场区域过程需要的时间,即周期为  $T = \frac{2L}{v}$ ,导体棒通过区域 I 时,产生的电

动势大小为  $E_1 = BLv$ ,经过的时间为  $t_1 = \frac{L}{v}$ ,导体棒通

过区域 II 时,产生的电动势大小为  $E_2 = B \times 0.5Lv$ ,经过

的时间为  $t_2 = \frac{L}{v}$ ,根据有效值的定义有  $\frac{E_1^2}{R} t_1 + \frac{E_2^2}{R} t_2 =$

$\frac{E_{\text{有效}}^2}{R} T$ ,代入数据可得  $E_{\text{有效}} = \frac{\sqrt{10}BLv}{4}$ ,故 D 正确。

4.解析:(1) $e = E_m \sin \omega t = NBS2\pi n \sin(2\pi nt) = 100 \times \frac{1}{\pi} \times$

$0.05 \times 2\pi \times \frac{300}{60} \sin\left(2\pi \times \frac{300}{60} t\right) \text{ V} = 50 \sin(10\pi t) \text{ V}$ 。

(2) 当  $t = \frac{1}{30}$  s 时,  $e = 50 \sin \left( 10\pi \times \frac{1}{30} \right)$  V  $\approx 43.3$  V.

(3) 电动势的有效值  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}}$  V  $\approx 35.4$  V

电流表示数  $I = \frac{E}{R+r} = \frac{35.4}{9+1}$  A = 3.54 A

电压表示数  $U = IR = 3.54 \times 9$  V = 31.86 V.

(4)  $\frac{1}{30}$  s 内线圈转过的角度  $\theta = \omega t = \frac{300}{60} \times 2\pi \times \frac{1}{30} = \frac{\pi}{3}$

该过程中,  $\Delta\Phi = BS - BS \cos \theta = \frac{1}{2} BS$

所以由  $\bar{I} = \frac{q}{\Delta t}$ , 且  $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$ ,  $\bar{E} = \frac{N\Delta\Phi}{\Delta t}$

联立得  $q = \frac{N\Delta\Phi}{R+r} = \frac{NBS}{2(R+r)} = \frac{100 \times \frac{1}{\pi} \times 0.05}{2 \times (9+1)}$  C =  $\frac{1}{4\pi}$  C.

答案: (1)  $e = 50 \sin(10\pi t)$  V (2) 43.3 V (3) 31.86 V

3.54 A (4)  $\frac{1}{4\pi}$  C

5. 解析: (1) 线圈中产生的感应电动势的最大值

$E_m = NBS\omega = 100 \times 0.5 \times (0.2)^2 \times 2\pi \times 50$  V  $\approx 628$  V

感应电动势的有效值  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 314\sqrt{2}$  V

外力驱动线圈转动的功率与线圈中交变电流的功率相等, 即  $P_{\text{外}} = \frac{E^2}{R} = \frac{(314\sqrt{2})^2}{10}$  W  $\approx 1.97 \times 10^4$  W.

(2) 当线圈转至线圈平面与中性面的夹角为  $30^\circ$  时, 线圈产生的感应电动势的瞬时值

$e = E_m \sin 30^\circ \approx 314$  V

感应电流的瞬时值  $i = \frac{e}{R} = \frac{314}{10}$  A = 31.4 A.

(3) 在线圈由中性面转过  $60^\circ$  的过程中, 线圈中的平均感应电动势  $\bar{E} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

平均感应电流  $\bar{I} = N \frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}$

故通过导线横截面的电荷量

$q = \bar{I}\Delta t = N \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{NBl^2(1 - \cos 60^\circ)}{R} = 0.1$  C.

答案: (1)  $1.97 \times 10^4$  W (2) 314 V 31.4 A (3) 0.1 C

### 3 变压器

#### 问题式预习

知识点一

1. 原线圈 副线圈 2. (1) 互感现象 (2) 感应电动势 磁场

[科学思维]

(1) 形成一个闭合磁路 (2) 不能 (3) 相同

[判一判]

1.  $\checkmark$  2.  $\checkmark$  3.  $\checkmark$  4.  $\times$

知识点二

1. (2) ① 能量 ② 漏磁 3. (1) 降压 (2) 升压

[做一做]

D 解析: 假设理想变压器原线圈的输入电压为  $U_1$ , 由变压器的工作原理可知  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ , 则变压器副线圈的输出电压  $U_2 = 10U_1$ ; 当输入电压增加 20 V 时, 即输入电压为  $U_1 + 20$  V 时, 变压器的输出电压  $U_2' = 10(U_1 + 20)$  V, 则输出电压的增加量  $\Delta U = U_2' - U_2 = 10U_1 + 200$  V -  $10U_1 = 200$  V. 故 A、B、C 错误, D 正确.

知识点三

1. (1) 降压 (2) 变压 (3) 副线圈

2. (1) 升压 (3) 副线圈 副线圈

[科学思维]

电压 电流

[做一做]

D 解析: 原线圈匝数较少, 电流互感器是一种升压变压器, A 选项错误; 电流互感器的工作原理是电磁感应中的互感现象, 只可以测量交变电流, B 选项错误; 电流互感器不会改变电流的频率, 只改变电流的大小, 故原、副线圈电流的频率相同, C 选项错误; 原线圈匝数较少, 根据  $I_1 n_1 = I_2 n_2$ , 电流互感器是一种降电流的变压器, 副线圈的电流小于原线圈的电流, D 正确.

#### 任务型课堂

任务一

【评价活动】

1. 解析: (1) 根据电阻定律, 导线越长, 电阻越大, 因为 B 线圈电阻约为 A 线圈电阻的 3 倍, 即 B 的电阻比 A 的大, 所以 B 线圈匝数多.

(2) 由实验步骤知④应为: 用多用电表的交流电压挡测量 A 线圈两端的电压  $U_1$ . 根据变压器原、副线圈电压比等于匝数比, 有  $\frac{U_1}{U_0 - U_1} = \frac{n_A}{n}$ ,  $\frac{U}{U_0} = \frac{n_B}{n_A + n}$ , 联立解得 A 线圈的匝数  $n_A = \frac{nU_1}{U_0 - U_1}$ , B 线圈的匝数  $n_B = \frac{nU}{U_0 - U_1}$ .

答案: (1) B (2) ④ 用多用电表的交流电压挡测量 A 线圈两端的电压  $U_1$   $\frac{nU_1}{U_0 - U_1}$   $\frac{nU}{U_0 - U_1}$

2. 解析: (1) 实验中需用交流电源, 不需干电池; 通过改变原、副线圈的匝数探究变压器两端的电压与匝数关系, 不需要滑动变阻器.

(2) 根据变压器两端的电压与匝数关系  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  和表格数据, 同时考虑到变压器有一定的能量损失, 所以  $N_2$  一定为原线圈.

答案: (1) AC (2) B

任务二

【探究活动】

提示: (1) 原、副线圈两端的电压跟它们的匝数成正比, 即

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ .

(2)副线圈,因为副线圈的电流大于原线圈的电流。

### 【评价活动】

1.D  
2.B 解析:由交变电压的表达式可知,原线圈两端所加的

电压最大值为  $220\sqrt{2}$  V,故有效值  $U_1 = 220$  V;由  $\frac{U_1}{U_2} =$

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{1}$  知,副线圈电压的有效值  $U_2 = 110$  V,故输出功率

$P_2 = \frac{U_2^2}{R} = 220$  W;再由输入功率等于输出功率知

$P_1 = P_2 = 220$  W,A项错误。根据欧姆定律知  $I_2 = \frac{U_2}{R} =$

2 A,由  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$  得  $I_1 = 1$  A,故电流表读数为 1 A,B项正

确。电压表的读数为有效值,即  $U_2 = 110$  V,C项错误。

由交变电压的表达式可知, $\omega = 100\pi$  rad/s,又  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ,解得  $T = 0.02$  s,D项错误。

3.D 解析:由题图可知原线圈两端电压的有效值  $U_1 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} =$

220 V,频率  $f = \frac{1}{T} = 50$  Hz,D正确;输出电压的有效值

$U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = 36$  V,故输出电压的最大值  $U_{2\max} = 36\sqrt{2}$  V,

A错误;由于  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{9}{55}$ ,B错误;理想变压器的输入功率与输出功率相等,C错误。

4.D 解析:灯泡正常发光,所以  $U_2 = 12$  V,根据  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ,

代入数据解得  $U_1 = 240$  V。两个灯泡均正常发光, $I_2 =$

$2 \frac{P}{U_2} = 1$  A,根据  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ,代入数据解得  $I_1 = 0.05$  A。故

D正确。

### 任务三

#### 【探究活动】

提示:(1)由  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  得  $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$ ,现在  $U_2$  减小,所以要使

$U_2$  保持 220 V 不变,需要减小原线圈匝数,故  $P$  向上移动。

(2)用户两端电压不变时,若输出电流变化,则输出功率变化,输入功率等于输出功率,则输入功率变化。

#### 【评价活动】

1.D  
2.AC 解析:保持  $T$  不动,则原、副线圈匝数比不变,又变

压器的输入电压不变,根据变压器的变压规律可知,变压器的输出电压不变,滑动变阻器的滑片向  $f$  端滑动时,其

接入电路的电阻减小,根据欧姆定律可知通过  $R_1$  的电流增大,根据  $P = I^2 R$  可知, $R_1$  的热功率增大,A正确;

仅将  $T$  向  $b$  端移动,则原、副线圈的匝数比增大,又变压器的输入电压不变,根据变压器的变压规律可知,变压器

的输出电压减小,则  $R_1$  两端的电压减小,根据  $P = \frac{U^2}{R}$  可

知, $R_1$  的热功率减小,B错误;同理,将  $T$  向  $a$  端移动,

$R_1$  的热功率增大,结合 A 项分析可知,再将滑动变阻器的滑片向  $f$  端滑动, $R_1$  的热功率进一步增大,C正确;

以上分析可知,将  $T$  向  $b$  端移动,滑动变阻器的滑片向  $e$  端滑动, $R_1$  的热功率减小,D错误。

3.BCD 解析:由于输入电压不变,当 S 闭合时,理想变压器副线圈 MN 两端输出电压不变,并联灯泡  $L_2$ ,总电阻

变小,由欧姆定律知,流过  $R$  的电流增大,等效电阻上的电压  $U_R = IR$  增大。副线圈输出电流增大,根据输入功率等于输出功率  $I_1 U_1 = I_2 U_2$ ,得原线圈输入电流  $I_1$  也增大。

$U_{MN}$  不变, $U_R$  变大,所以  $U_{L1}$  变小,流过灯泡  $L_1$  的电流减小。故 A 错误,B、C、D 正确。

4.A 解析:原、副线圈的匝数之比为 10 : 1,原线圈两端的电

压有效值  $U_1 = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} = 220 \text{ V}$ ,根据  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ,代入数据得

$U_2 = 22$  V,故电压表的示数为 22 V,A正确;当  $t = \frac{1}{600}$  s 时,

$c, d$  间电压的瞬时值  $u = 220\sqrt{2} \sin\left(100\pi \times \frac{1}{600}\right) \text{ V} =$

$110\sqrt{2} \text{ V}$ ,故 B 错误;当单刀双掷开关与  $a$  连接,滑动变阻器滑片  $P$  向上移动的过程中,滑动变阻器接入电路中的阻值变大,副线圈输出电压不变,电流减小,即电压表示数不变,电流表示数减小,故 C 错误;当单刀双掷开关

由  $a$  扳向  $b$  后,原线圈匝数减小,根据  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  知  $U_2$  变大,电压表和电流表的示数均变大,故 D 错误。

## 专项提升(五)

### 任务一

#### 【任务驱动】

问题 1 提示:题图中甲为环形自耦变压器示意图,副线圈是原线圈的一部分,如左边接电源,右边接负载;或者原线圈是副线圈的一部分,如右边接电源,左边接负载。

问题 2 提示:题图乙左则,因为  $n_1 > n_2$ ,所以  $U_1 > U_2$ ;题图乙右则,因为  $n_1 < n_2$ ,所以  $U_1 < U_2$ 。

问题 3 提示:将变压器原线圈的两端分别接两根输电线,通过变压器降压,副线圈接交流电压表测小电压,可根据变压器的匝数比算出线路电压。

问题 4 提示:将变压器的原线圈的两端接在同一根输电线上,通过变压器减小电流,副线圈接交流电流表测小电流,可根据变压器的匝数比算出线路电流。

#### 【任务达标】

1.BC  
2.A 解析:电流互感器把大电流变成小电流,测量时更安全,根据变压器原理, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ , $I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1$ ,所以要求线圈匝数  $n_2 > n_1$ ,原线圈要接在火线上,故选项 A 正确。

3.B 解析:根据原、副线圈的电压、电流与线圈匝数关系可

知  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k_1, \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{k_2}$ , 由此可知  $U_1 = k_1 U, I_1 =$

$\frac{I}{k_2}$ , 选项 B 正确。

## 任务二

### 【任务驱动】

问题 1 提示:电压表  $V_1$  测的是电阻  $R$  的电压, 而不是原线圈两端的电压。

问题 2 提示:电源电压减去电阻  $R$  上的电压等于原线圈两端的电压。

问题 3 提示:不是,理想电压表  $V_2$  测的是单匝线圈的电压。

### 【任务达标】

1.D

2.BC 解析:根据题图乙所示的副线圈电压图像,可知副线圈电压有效值为  $U_2 = 220 \text{ V}$ 。由变压器变压公式可知,原线圈输入电压  $U_1 = 4U_2 = 4 \times 220 \text{ V} = 880 \text{ V}$ , A 错误。

副线圈所接的每个灯泡中电流均为  $I = \frac{P}{U} = \frac{60}{220} \text{ A} = \frac{3}{11} \text{ A}$ , 电流表的示数为  $I_2 = 3I = 3 \times \frac{3}{11} \text{ A} \approx 0.82 \text{ A}$ , B 正确。

由  $U_1 I_1 = U_2 I_2$ , 解得原线圈中电流  $I_1 = \frac{I_2}{4} = \frac{9}{44} \text{ A}$ ,

灯泡电阻  $R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{60} \Omega = \frac{2420}{3} \Omega$ , 与原线圈串联的灯

泡两端电压为  $U_{L1} = I_1 R = \frac{9}{44} \times \frac{2420}{3} \text{ V} = 165 \text{ V}$ , 故  $a、b$

两点间的电压  $U_{ab} = U_{L1} + U_1 = 165 \text{ V} + 880 \text{ V} = 1045 \text{ V}$ , C 正确, D 错误。

3.B 解析:设原、副线圈的匝数比值为  $k$ , 根据变压器匝数比与电流大小成反比的关系, 则原线圈电流为  $I$  时, 副线圈电流为  $kI$ ; 原线圈电流为  $4I$  时, 副线圈电流为  $4kI$ 。根据变压器的输入功率等于输出功率得  $UI - I^2 R_1 = (kI)^2 \cdot (R_2 + R_3)$ ,  $4UI - (4I)^2 R_1 = (4kI)^2 R_2$ , 联立两式代入数据解得  $k = 3$ , 选项 B 正确。

4.B 解析:设变压器原、副线圈的电压分别为  $U_1、U_2$ , 灯泡 L 的阻值为  $R$ , 根据等效电阻的思想有灯泡的等效电阻

$R_{\text{等}} = \frac{U_1}{I_1}$ , 灯泡 L 的阻值  $R = \frac{U_2}{I_2}$ , 由理想变压器原理, 电

压关系  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{k}{1}$ , 电流关系  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{k}$ , 联立解得  $R_{\text{等}} = k^2 R$ 。

$k$  值恒定, 即等效负载恒定, 当 S 与  $c$  相连时, 原线圈所在电路的总电阻最小, 流过原线圈的电流最大, 根据变压器原副线圈电流关系可知副线圈电流最大, 根据  $P = I^2 R$  可知灯泡的电功率最大, 故 A 错误; S 与  $a$  相连, 变压器原线圈两端电压  $U_1 = \frac{U}{k^2 R + 3R} \cdot k^2 R$ , 灯泡两端的

电压为  $U_2 = \frac{U_1}{k} = \frac{kU}{k^2 + 3}$ , B 正确; S 与  $b$  相连, 变压器原

线圈电路接入两个电阻, 变压器原线圈的电流  $I_1 =$

$\frac{U}{k^2 R + 2R}$ , 流过灯泡的电流  $I_2 = kI_1 = \frac{kU}{(k^2 + 2)R}$ , C 错

误; S 与  $c$  相连, 变压器原线圈电路只接入一个电阻, 变压器原线圈的电流  $I_1' = \frac{U}{k^2 R + R}$ , 流过灯泡的电流  $I_2' =$

$kI_1' = \frac{kU}{(k^2 + 1)R}$ , 灯泡的电功率为  $P_L = I_2'^2 R_L =$

$\frac{k^2 U^2}{(k^2 + 1)^2 R}$ , D 错误。

## 任务三

### 【任务驱动】

问题 1 提示:  $\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2} = \frac{U_3}{n_3}$ 。

问题 2 提示:  $n_1 I_1 = n_2 I_2 + n_3 I_3$ 。

问题 3 提示:  $P_1 = P_2 + P_3$  或  $U_1 I_1 = U_2 I_2 + U_3 I_3$ 。

### 【任务达标】

1.C

2.解析:(1)根据原、副线圈间电压与匝数的关系,

由  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  得  $n_2 = \frac{U_2}{U_1} n_1 = \frac{6}{220} \times 1100 = 30$  匝

同理,  $n_3 = \frac{U_3}{U_1} n_1 = \frac{110}{220} \times 1100 = 550$  匝。

(2)设原线圈输入电流为  $I_1$ , 由  $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$  得

$U_1 I_1 = U_2 I_2 + U_3 I_3 = P_2 + P_3$

所以  $I_1 = \frac{P_2 + P_3}{U_1} = \frac{20 + 60}{220} \text{ A} = \frac{4}{11} \text{ A}$ 。

答案:(1)30 匝 550 匝 (2) $\frac{4}{11} \text{ A}$

## 4 电能的传输

### 问题式预习

知识点一

1.(1) $Ir$  (2) $I^2 r$  2.(1)小 横截面积 (2)输电电压

3.(1)高压输电

[判一判]

1.× 2.× 3.×

知识点二

1.变压器 2.220 1 000 1 150 3.电感 电容 同步

4.整流 逆变器

[判一判]

1.× 2.√ 3.×

### 任务型课堂

任务一

### 【探究活动】

提示:(1) $U' = U - \Delta U = U - Ir = U - \frac{P}{U} r$ 。

(2)不相等。由于输电线有电阻,有一部分电能转化为焦耳热损耗掉了。

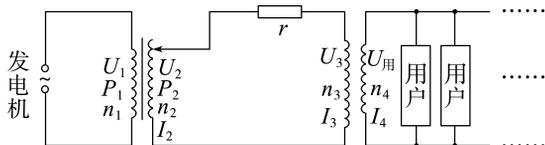
(3) $\Delta P = I^2 r = \frac{P^2}{U^2} r$ 。降低功率损失的两个途径:①减小输

电线的电阻  $r$ ; ②减小输电电流  $I$ , 即提高输电电压  $U$ 。

### 【评价活动】

1. B
2. BD 解析: 输电线电阻  $R = \rho \frac{L}{S}$ , 输电电流  $I = \frac{P}{U}$ , 故输电线上损失的功率  $P' = I^2 R = \left(\frac{P}{U}\right)^2 \rho \frac{L}{S} = \frac{P^2 \rho L}{U^2 S}$ , 用户得到的电功率  $P_{\text{用}} = P - P' = P \left(1 - \frac{P \rho L}{U^2 S}\right)$ 。故选项 B、D 正确。

3. AC 解析: 整个电路物理量标注如图所示:



设用户端总电阻为  $R_{\text{用}}$ , 降压器输入端等效为电阻  $R_x$ , 则有  $I_3^2 R_x = I_4^2 R_{\text{用}}$ , 因为  $I_3 n_3 = I_4 n_4$ , 其中  $I_2 = I_3$ , 则

$$I_2 = \frac{U_2}{r + R_x}, \text{ 联立整理可得 } I_2 = \frac{U_2}{r + \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 R_{\text{用}}}$$

大, 根据  $P_r = I_2^2 r$ , 可知  $r$  消耗的功率增大, 故 A 正确; 仅增加用户数,  $I_2$  增大, 根据  $U_3 = U_2 - I_2 r$ , 可知  $U_3$  减小,

根据用户端的电压  $U_4 = \frac{n_4}{n_3} U_3$ , 可知用户端的电压减小,

故 B 错误; 仅适当增加  $n_2$ , 根据  $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$ , 可知  $U_2$  增大,

根据  $I_2 = \frac{U_2}{r + \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 R_{\text{用}}}$ , 可知  $I_2$  增大, 根据  $U_3 = I_2 R_x$ , 可知  $U_3$  增大, 根据用户端的电压  $U_4 = \frac{n_4}{n_3} U_3$ , 可知

用户端的电压增大, 故 C 正确; 由 C 选项可知, 仅适当增加  $n_2$ , 由于  $U_2$ 、 $I_2$  均增大, 整个电路消耗的电功率  $P_1 = P_2 = U_2 I_2$ , 因此整个电路消耗的电功率变大, 故 D 错误。

任务二

### 【探究活动】

提示: (1) 输电线上的电流  $I_R = \frac{P}{U} = \frac{44\,000}{220} \text{ A} = 200 \text{ A}$

损失的电压  $U_R = I_R R = 2 \times 0.2 \times 200 \text{ V} = 80 \text{ V}$

损失的功率  $P_R = U_R I_R = 80 \times 200 \text{ W} = 16\,000 \text{ W} = 16 \text{ kW}$

故用户得到的电压  $U_{\text{用}} = U - U_R = 140 \text{ V}$

用户得到的功率  $P_{\text{用}} = P - P_R = 28 \text{ kW}$ 。

(2) 已知升压变压器的匝数之比  $n_1 : n_2 = 1 : 10$

输入电压  $U_1 = 220 \text{ V}$

因此, 升压变压器的输出电压  $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = 2\,200 \text{ V}$

输电线上的电流  $I'_R = \frac{P}{U_2} = \frac{44\,000}{2\,200} \text{ A} = 20 \text{ A}$

损失的电压  $U'_R = I'_R R = 2 \times 0.2 \times 20 \text{ V} = 8 \text{ V}$

损失的功率  $P'_R = U'_R I'_R = 8 \times 20 \text{ W} = 160 \text{ W}$

因此, 降压变压器的输入电压  $U_3 = U_2 - U'_R = 2\,192 \text{ V}$

已知降压变压器的匝数比  $n_3 : n_4 = 10 : 1$

所以用户得到的电压  $U_4 = \frac{n_4}{n_3} U_3 = 219.2 \text{ V}$

用户得到的功率  $P'_{\text{用}} = P - P'_R = 43.84 \text{ kW}$ 。

### 【评价活动】

1. D

2. 解析: (1) 矩形闭合导线框 ABCD 在匀强磁场中转动时, 产生的交变电压的最大值为

$$E_m = NBS\omega = 100 \times \frac{\sqrt{2}}{10\pi} \times 0.5 \times 100\pi = 500\sqrt{2} \text{ V}$$

电压表读数为

$$U = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{500\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} = 500 \text{ V}。$$

(2) 升压变压器原线圈的电流

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{5 \times 10^4}{500} \text{ A} = 100 \text{ A}$$

设输电线上的电流为  $I_2$ , 则有

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

输电线上损失的功率

$$P = I_2^2 R$$

解得  $P = 1\,000 \text{ W}$ 。

(3) 设升压变压器的副线圈电压为  $U_2$ , 则有

$$\frac{U}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

输电线上的电压损失

$$U' = I_2 R$$

则降压变压器的原线圈电压

$$U_3 = U_2 - U'$$

由题意知, 降压变压器的副线圈的电压  $U_4 = 220 \text{ V}$ , 则有

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{U_3}{U_4}$$

$$\text{联立解得 } \frac{n_3}{n_4} = \frac{245}{11}。$$

答案: (1) 500 V (2) 1 000 W (3) 245 : 11

## 单元活动 3

### 【任务引导】

任务一

活动 1 提示: 风轮机叶片面积  $S_{\text{风}} = \pi r^2$ , 单位时间内冲击风轮机叶片气流的体积  $V = S_{\text{风}} h = S_{\text{风}} v \cdot \Delta t = \pi r^2 v \cdot \Delta t$ , 气体

质量  $M = \rho V = \rho \pi r^2 v \cdot \Delta t$ , 动能  $E_k = \frac{1}{2} M v^2 = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3 \cdot \Delta t$ ; 变压器

原线圈两端电压最大值  $U_m = NBS\omega = 2\pi NBSmn$ , 有效

值  $U_1 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \pi NBSmn$ , 则变压器原、副线圈的匝数比为

$\sqrt{2} \pi NBSmn : U$ ; 发电机线圈转速为  $mn$ , 则  $\omega = 2\pi mn$ , 频

率  $f = \frac{\omega}{2\pi} = mn$ , 经升压变压器后, 输出交变电流的频率仍为  $mn$ 。

活动2 提示: 闭合线圈产生的电动势的最大值  $E_m =$

$NBS\omega = 50 \times \frac{\sqrt{2}}{10} \times 0.5 \times 200 \text{ V} = 500\sqrt{2} \text{ V}$ , 所以产生的交

变电压有效值  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 500 \text{ V}$ , 变压器原线圈的电压  $U_1 =$

$E = 500 \text{ V}$ , 副线圈的电压  $U_2 = 220 \text{ V}$ , 则变压器原、副线圈

匝数比为  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{500}{220} = \frac{25}{11}$ 。熔断器允许通过的最大电

流为  $10 \text{ A}$ , 即原线圈中最大电流为  $10 \text{ A}$ , 副线圈中最大电

流满足  $\frac{I_{1\max}}{I_{2\max}} = \frac{n_2}{n_1}$ , 即  $I_{2\max} = \frac{n_1}{n_2} \times I_{1\max} = \frac{250}{11} \text{ A}$ , 一只灯泡

的额定电流为  $I = \frac{P}{U} = \frac{60}{220} \text{ A} = \frac{3}{11} \text{ A}$ , 所以最多并联的灯

泡数  $N = \frac{I_{2\max}}{I} = \frac{250}{11} \times \frac{11}{3} \approx 83$  (只)。

## 任务二

活动1 提示: 升压变压器原线圈匝数小于副线圈匝数,

原、副线圈匝数的比值  $m < 1$ , 降压变压器原线圈匝数大于

副线圈匝数, 原、副线圈匝数的比值  $n > 1$ ; 根据变压器的规

律, 升压变压器副线圈两端的电压为  $U_2 = \frac{1}{m}U$ , 降压变

压器原线圈两端的电压  $U_3 = nU$ , 线路损失的电压为  $\Delta U =$

$U_2 - U_3$ , 所以损失的功率为  $\Delta P = \frac{(\Delta U)^2}{r}$ , 联立解得

$\Delta P = \frac{(1-mn)^2 U^2}{m^2 r}$ 。

活动2 提示: 电站的输出电压不变, 升压变压器的匝数比

不变, 所以升压变压器的输出电压不变, 电站的输出功率

突然增大, 则根据  $P = UI$ , 输电线上的电流增大, 根据

$U_{\text{损}} = I_{\text{线}} R, U_3 = U_2 - U_{\text{损}}$  可知降压变压器的输入电压  $U_3$

减小, 降压变压器的匝数比不变, 所以降压变压器的输出

电压减小; 输电线损耗比例为  $5\%$  时, 根据  $\Delta P = I_{\text{线}}^2 R$ ,

## 【活动达标】

1. D

2. A 解析: 输电电流为  $I = \frac{P}{U}$ , 电压损失和功率损失分别

可表示为  $\Delta U = IR = \frac{P}{U} \cdot R, \Delta P = I^2 R = \left(\frac{P}{U}\right)^2 R$ , 可得

$\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{10}, \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \frac{1}{100}$ , 故选 A。

3. BD 解析: 直流输电电流由公式  $I = \frac{P}{U}$  计算得  $I =$

$\frac{8.0 \times 10^9 \text{ W}}{1.6 \times 10^6 \text{ V}} = 5000 \text{ A}$ , 故 A 错误; 导线允许的最大损耗

功率为  $5\%$  的输送功率, 即  $P_{\text{损}} = 0.05 \times 8.0 \times 10^9 \text{ W} =$

$4 \times 10^8 \text{ W}$ , 由  $P_{\text{损}} = I^2 R$  得导线总阻值上限  $R = \frac{P_{\text{损}}}{I^2} =$

$\frac{4 \times 10^8}{(5000)^2} \Omega = 16 \Omega$ , 故 B 正确; 家用交流电表表达式为

$220\sqrt{2} \sin(100\pi t) \text{ V}$ , 其最大值为  $220\sqrt{2} \text{ V}$ , 频率为  $f =$

$\frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50 \text{ Hz}$ , 故 C 错误; 变压器原线圈电压  $U_1 =$

$1.0 \times 10^4 \text{ V}$ , 副线圈电压  $U_2 = 220 \text{ V}$ , 匝数比  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} =$

$\frac{10000}{220} = \frac{500}{11}$ , 由电流比与匝数比成反比可知  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} =$

$\frac{11}{500}$ , 故 D 正确。

4. 解析: (1) 设通过电动机的电流为  $I$ , 电动机内阻损耗的功率为  $P_{\text{损}}$ , 由题意得  $P_{\text{损}} = I^2 r, P_{\text{损}} = (1-\eta)P = (1-\eta)UI$  代入数据解得  $I = 5 \text{ A}, P = UI = 1100 \text{ W}$

可得  $P_{\text{机}} = \eta P = 880 \text{ W}$ 。

(2) 设降压变压器原线圈两端的电压为  $U_1$ , 通过输电线的电流为  $I_1$ , 由题意得  $\frac{I}{I_1} = \frac{25}{11}$ , 解得  $I_1 = 2.2 \text{ A}$

输电线上损耗的功率为  $\Delta P = I_1^2 R = 2.2^2 \times 25 \text{ W} = 121 \text{ W}$ 。

(3) 两变压器均为理想变压器, 则升压变压器的输入功率为  $P_1 = \Delta P + P = 1100 \text{ W} + 121 \text{ W} = 1221 \text{ W}$

由交变电动势的表达式可知, 发电机的输出电压峰值为  $222\sqrt{2} \text{ V}$ , 则升压变压器的输入电压为

$U_0 = \frac{222\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} = 222 \text{ V}$

电流表的读数  $I_A$  为升压变压器的输入电流, 可得

$I_A = \frac{P_1}{U_0} = \frac{1221 \text{ W}}{222 \text{ V}} = 5.5 \text{ A}$ 。

答案: (1) 880 W (2) 121 W (3) 5.5 A

## 第四章 电磁振荡与电磁波

### 1 电磁振荡

#### 问题式预习

知识点一

1. 周期性 2. 振荡电流 3. 线圈  $L$  电容器  $C$  4. 电场 磁场 5. (1) 电场 磁场 (2) 磁场 电场 6. (1) 能量 振幅 (2) 能量 振幅

[科学思维]

(1) 放电 (2) 充电 (3) 充电 (4) 放电 (5) 充电

[判一判]

1.  $\checkmark$  2.  $\times$  3.  $\checkmark$  4.  $\checkmark$

知识点二

1. 周期性变化 2. 周期性变化 3. 固有 固有

[做一做]

A 解析:  $LC$  振荡电路中产生的振荡电流的频率  $f =$

$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , 要想增大频率, 应该减小电容  $C$ , 或减小线圈的自

感系数  $L$ , 再根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知增大电容器两极板的间距, 电容减小, 所以 A 正确; 升高电容器的充电电压, 电容不变, B 错误; 增加线圈的匝数、在线圈中插入铁芯, 自感系数增大, 频率减小, 故 C、D 错误。

### 任务型课堂

#### 任务一

##### 【探究活动】

提示: (1) 电容器放电过程中, 线圈中的电流逐渐增大; 电容器的电场能转化为磁场能。

(2) 在电容器反向充电过程中, 线圈中的电流逐渐减小, 线圈中的磁场能转化为电容器的电场能。

(3) 线圈中电流变化时, 产生的自感电动势阻碍电流的变化。

##### 【评价活动】

1.D

2.D 解析: 电容器极板间的电压  $U = \frac{Q}{C}$ , 随电容器电荷量的增加而增大, 随电容器电荷量的减少而减少。从图乙可以看出, 在  $0 \sim \frac{T}{4}$  这段时间电容器充电, 且  $U_{AB} > 0$ , 即  $U_A > U_B$ , A 板应带正电, 只有顺时针方向的电流才能使 A 板被充电后带正电, 同时考虑到  $t = 0$  时刻电压为零, 电容器电荷量为零, 电流最大, 可知  $t = 0$  时刻, 电流为负向最大, 所以选项 D 正确。

3.AC 解析: 在电磁振荡的一个周期内, 磁场加强的过程, 必定是电容器放电过程, 振荡电流增大而电场能减小, 根据线圈中磁感线的方向, 用安培定则可确定线圈上振荡电流的方向, 从而得知回路中电流方向是  $a \rightarrow b$ , 注意到这是放电电流, 故电容器下极板带正电; 磁场正在减弱的过程, 必定是电容器充电过程, 振荡电流减小而电场能增大, 用安培定则判断此时电流方向仍是  $a \rightarrow b$ , 但这是充电电流, 故负电荷不断聚到下极板, 上极板则出现等量正电荷, 电容器两极板的电荷不断增加。由以上分析可知, A、C 正确, B、D 错误。

4.CD 解析: 由题图乙知  $0$  至  $0.5$  ms 时间段  $i$  在增大, 电容器正在放电, A 错误;  $0.5$  ms 至  $1$  ms, 电流在减小, 应为充电过程, 电流方向不变, 电容器上极板带负电, B 错误; 在  $1$  ms 至  $1.5$  ms, 为放电过程, 电流方向改变, Q 点比 P 点电势高, C 正确;  $1.5$  ms 至  $2$  ms 为充电过程, 磁场能减少, D 正确。

#### 任务二

##### 【探究活动】

提示: 当储罐内的液面高度降低时, 电容器两极板之间的电介质减少, 则电容器电容变小, 因为电感不变, 根据  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  可知周期  $T$  变小, 则频率增大。

##### 【评价活动】

1.BCD

2.B 解析: LC 振荡电路的周期  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , 其电容器上

的电荷量从最大值变化到零的最短时间  $t = \frac{T}{4}$ , 故  $t =$

$\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$ , B 正确。

3.D 解析: 线圈中插入铁芯, 增大了自感系数  $L$ , 由电磁振荡的周期  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , 可知周期变大, 故 A 错误; 线圈的匝数增多, 自感系数  $L$  变大, 由  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  可知周期变大, 故 B 错误; 电容器极板间插入电介质, 即增大  $\epsilon_r$ , 由  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知电容变大, 由  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  可知周期变大, 故 C 错误; 电容器极板间距  $d$  增大, 由  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知电容变小, 由  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  可知周期变小, 故 D 正确。

## 2 电磁波

### 3 电磁波谱

#### 问题式预习

##### 知识点一

1.(1)变化 (2)变化 2.(1)电场 磁场 电磁场  
(2)①不需要 真空 ②垂直 横 (3)不变 振荡  
真空 3.电磁波

##### 知识点二

1.红外线  $\gamma$  射线 波长 频率 电磁波谱  
2.广播 遥感 杀菌消毒 透视 治疗

##### 【科学思维】

提示: (1)紫外线 (2)X 射线 (3)红外线 (4)无线电波

##### 【判一判】

1.√ 2.× 3.×

### 任务型课堂

#### 任务一

1.D

2.BD 解析: 变化的电场产生磁场有两层含义, 即均匀变化的电场产生恒定的磁场, 非均匀变化的电场产生变化的磁场; 振荡的电场产生同频率的振荡磁场, 均匀变化的磁场产生恒定的电场, 故 B、D 正确, A、C 错误。

3.D 解析: 由麦克斯韦电磁场理论知, 当空间出现恒定的电场时(如 A 图), 由于其不激发磁场, 故无电磁波产生; 当出现均匀变化的电场时(如 B 图、C 图), 会激发出磁场, 但磁场恒定, 不会再在较远处激发起电场, 故也不会产生电磁波; 只有周期性变化的电场(如 D 图), 才会激发出周期性变化的磁场, 其又激发出周期性变化的电场……如此不断交替, 便会形成电磁波。

#### 任务二

##### 【探究活动】

提示: 该烤灯又称红外线烤灯, 主要用于促进局部血液循环, 它利用的是红外线的热效应, 使人体局部受热, 血液循环加快。X 光机是用来透视人体内的器官的, 因此需要具有较强穿透力的电磁波, 但又不能对人体造成太大的伤害, 所以采用了 X 射线。紫外线灯主要是用来杀菌的, 因此它应

用的是紫外线的杀菌作用而非荧光效应。

### 【评价活动】

1. AB
2. D 解析: X射线有很强的穿透本领, 常用于医学透视人体, 红外线没有, 选项 A 错误; 过强的紫外线照射对人的皮肤有害, 选项 B 错误; 电磁波中频率最大的为  $\gamma$  射线, 其波长最短, 最不容易发生衍射现象, 选项 C 错误。
3. C 解析: 移动电话经常使用 Wi-Fi 联网, 也会用蓝牙传输数据, 两种方式均是利用电磁波来传输信息的, 都属于电磁波中的微波, 故 A 错误; 根据辐射的特点可知, 所有物体都发射红外线, 热物体的红外辐射比冷物体的红外辐射强, 故 B 错误; 紫外线频率较高, 所以具有较高的能量, 可以破坏细胞中的物质, 通常用于杀菌, 故 C 正确; 在电磁波谱中, 常见的电磁波有无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 $\gamma$ 射线等, 它们的波长依次变短, 频率依次变高, 故 D 错误。

## 4 无线电波的发射、传播与接收

### 5 无线电波与移动互联网

#### 问题式预习

##### 知识点一

1. (1) 开放 (2) 足够高 2. (1) 调制 (2) ①振幅 ②频率
3. (1) 长波 (2) 反射 短波 (3) 直线 4. (1) 相等 感应电流 电谐振 (2) 电谐振

##### 【做一做】

C 解析: 使电磁波随各种信号而改变的技术叫作调制, 调制共有两种方式: 一种是调幅, 即通过改变高频电磁波的振幅来实现信号加载; 另一种是调频, 即通过改变高频电磁波的频率来实现信号加载。由题意可知, 是高频载波的振幅随电信号改变, 故为调幅, 选 C。

##### 知识点二

1. 存储 传递 2. 基站 3. NFC 4. 调频波

#### 任务型课堂

##### 任务一

### 【探究活动】

提示: (1) 是为了形成开放电路, 这样就可以有效地发射电磁波。(2) 地波、天波、直线传播。

### 【评价活动】

1. C
2. D 解析: 选台就是调谐过程, 使  $f_{\text{固}} = f_{\text{电磁波}}$ , 在接收电路中产生电谐振, 激起的感应电流最强, D 正确。
3. AD 解析: 调制是把低频信号加载到高频电磁波上增强发射能力, 频率变大, 辐射本领更强, A 正确; 电磁波在空气中以接近光速传播, 所以传播速度不变, B 错误; 由  $\lambda = \frac{v}{f}$  可知, 波长与波速和传播频率有关, C 错误, D 正确。
4. B 解析: 高频振荡器产生高频等幅振荡电流, 话筒里面有碳膜电阻, 它的阻值随压力变化而变化。当我们对着

话筒说话时, 空气对它的压力随着声音信号的变化而变化, 那么它的电阻也就随着声音信号的变化而变化, 振荡电流的振幅也就随着声音信号的变化而变化, 这就是调制。该过程不但影响了振荡电流的波峰, 也影响了振荡电流的波谷, 故选 B。

##### 任务二

1. ABD 2. D 3. 525 m/s

## 第五章 传感器

### 1 认识传感器

### 2 常见传感器的工作原理

#### 问题式预习

##### 知识点一

1. 非电信息 电信号 2. (1) 敏感 转换 (2) 力敏 热敏 (3) 电学 (4) 电信号 电学量 3. (1) 物理 (2) 化学反应 (3) 分子识别

##### 【判一判】

1.  $\checkmark$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$  4.  $\checkmark$

##### 知识点二

1. (2) ①测量 控制 ②感温 测温 流量 ③膨胀 膨胀 2. 电流 电压 光电 3. (2) 铝合金梁 电子秤

##### 【科学思维】

- (1) 乙 (2) 甲

##### 【判一判】

1.  $\checkmark$  2.  $\checkmark$  3.  $\times$  4.  $\checkmark$

#### 任务型课堂

##### 任务一

### 【探究活动】

提示: 眼睛  $\rightarrow$  光传感器; 耳朵  $\rightarrow$  声音传感器; 鼻子  $\rightarrow$  气味传感器; 舌头  $\rightarrow$  味觉传感器; 皮肤  $\rightarrow$  压力、温度、湿度传感器。

### 【评价活动】

1. B
2. C 解析: 电梯超载报警用到力传感器和红外报警装置, 是将光信号转化为电信号, 故 A 错误; 门窗防盗报警装置一般用干簧管磁性开关, 将磁信号转化为电信号, 故 B 错误; 电子自动称重装置是将压力信号转化为电信号, 故 C 正确; 湿手自动烘干装置是通过改变传感器的电容, 从而发送信号控制芯片启动电机和加热装置, 故 D 错误。
3. AD 解析: 传感器是能感受被测的非电信息, 并按照一定的规律转换成可用电信号的器件或装置, 一般由敏感元件和处理电路(转换元件与转换电路)组成, 选项 A 正确; 敏感元件的功能是把非电学量转换成电学量, 便于处理电路进行处理, 选项 B 错误; 半导体元件光敏电阻阻值随光照增强而减小, 正温度系数半导体元件热敏电阻阻值随温度升高而增大, 选项 C 错误; 干簧管属于磁敏元件, 是由磁场控制的自动开关, 选项 D 正确。
4. 解析: 由题图可知当油箱内液面高度变化时, R 的金属滑

片将会移动,从而引起  $R$  两端电压的变化,且当  $R' \gg R$  时,  $U_R = IR$  可视为  $U_R$  与  $R$  成正比,所以电压表应接在  $b$ 、 $c$  两点之间,当油量减少时,浮标下移,滑片上旋,右端接入滑动变阻器的阻值变大,电压表示数将增大。

答案: $b$ 、 $c$  增大

## 任务二

### 【探究活动】

提示:同一只光敏电阻,用多用电表测量其阻值,用手掌遮光时,电阻值较大;在室内自然光的照射下电阻值变小;改用阳光直接照射时,电阻值变得更小。

### 【评价活动】

1.AC

2.BC 解析: $R_1$ 是光敏电阻,当有人通过通道而遮住光线时, $R_1$ 的阻值变大,回路中的电流  $I$  减小, $A$ 、 $B$  间的电压  $U = IR_2$  减小,故  $A$  项错误, $B$  项正确;由闭合电路的欧姆定律得  $U = E - I(R_1 + r)$ ,当仅增大  $R_2$  的阻值时,电路中的电流减小,可得  $A$ 、 $B$  间的电压  $U$  增大,故  $C$  项正确;当减小  $R_2$  的阻值时,电路中的电流增大, $A$ 、 $B$  间的电压  $U$  减小,故  $D$  项错误。

3.AD 解析:光敏电阻的阻值与光照强度有关,光照强度越大,光敏电阻阻值越小。当传送带上没有物品挡住由  $A$  射向  $B$  的光信号时,光敏电阻阻值较小,电路中电流较大,电源内阻上的电压较大,路端电压较小,所以电压表读数较小,选项  $A$  正确;相反,当传送带上有物品挡住由  $A$  射向  $B$  的光信号时,光敏电阻的阻值较大,电路中电流较小,电源内阻上的电压较小,路端电压较大,所以电压表读数较大,选项  $D$  正确。

4.解析:(1)由闭合电路的欧姆定律可得电路中电流  $I =$

$$\frac{E}{R_0 + R_T}, \text{ 可得 } U_{\text{out}} = IR_T = \frac{R_T}{R_T + R_0} E。$$

(2)由题图(b)可知,图线乙在相同的  $R_1$  变化区间对应的  $U_{\text{out}}$  变化范围更大,即图线乙对应的  $R_0$  作为匹配电阻,可使  $U_{\text{out}}$  在更宽范围内对  $R_1$  变化的响应更灵敏。

(4)结合表格数据分析,可知测量的绝对误差最大和最小对应的测量温度分别为  $38.0^\circ\text{C}$  和  $70.2^\circ\text{C}$ 。

误差的主要来源除去涉及元器件的精度和稳定性之外,可能是匹配电阻  $R_0$  的阻值不太合适或选用二次多项式进行数据拟合不够精确。

答案:(1) $U_{\text{out}} = \frac{R_T}{R_T + R_0} E$  (2)乙 (4) $38.0$   $70.2$

匹配电阻  $R_0$  的阻值不太合适或选用二次多项式进行数据拟合不够精确

## 3 传感器的应用举例

### 4 自制简单的控制电路

#### 问题式预习

#### 知识点一

1.(2)双金属片 (3)升降螺丝 2.(1)手动开关 (2)感温铁氧体 (3)103 3.(2)散射 (3)受光元件

#### 【判一判】

1.√ 2.× 3.× 4.×

#### 知识点二

1.小 小 大 大 2.热敏

#### 【判一判】

1.× 2.√

### 任务型课堂

#### 任务一

#### 【探究活动】

提示:(1)平常温度低,双金属片膨胀几乎相同,上下触点接触在一起。电热丝通电加热,双金属片温度升高,当温度升高到一定值时,双金属片向下弯曲使触点断开,所以双金属片膨胀系数上层大、下层小。

(2)需要较高温度时,可调节调温旋钮,使升降螺丝下移并推动弹性铜片下移,使双金属片稍向下弯曲,这时要使触点断开,双金属片需向下弯曲的程度大一些,温度也要更高一些。

#### 【评价活动】

1.BC

2.ACD 解析:常温下感温铁氧体的磁性较强,当按下开关按钮,永磁体与感温铁氧体相互吸引而接通电路,而感温铁氧体的居里温度是  $103^\circ\text{C}$ ,常压下只要锅内有水,锅内温度就不可能达到  $103^\circ\text{C}$ ,开关就不会自动断开,饭熟后,水分被吸收,锅底温度就会达到  $103^\circ\text{C}$ ,感温铁氧体磁性消失,在弹簧的作用下开关自动跳起,故  $A$ 、 $C$ 、 $D$  正确, $B$  错误。

3.BD 解析:若苹果越重, $R_1$  电阻越小,此时  $R_1$  两端电压越小, $R_2$  两端电压越大,电磁铁吸力越强,大苹果会进入下端分拣口,故可知压力越大, $R_1$  电阻越小,故  $A$  错误, $B$  正确;调节  $R_2$  不同阻值即可调节  $R_2$  自身的电压,从而实现改变苹果的筛选标准,故  $C$  错误, $D$  正确。

#### 任务二

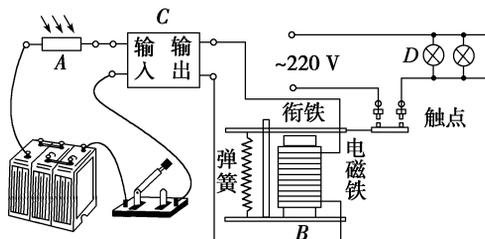
#### 【探究活动】

提示:白天,光照强度较大,光敏电阻  $R_L$  阻值较小,加在施密特触发器输入端  $A$  的电压较低,则输出端  $Y$  输出高电平,发光二极管  $LED$  不导通;当天暗到一定程度时, $R_L$  阻值增大到一定值,施密特触发器的输入端  $A$  的电压上升到  $1.6\text{V}$ ,输出端  $Y$  突然从高电平跳到低电平,则发光二极管  $LED$  导通发光(相当于路灯),这样就达到了使灯天亮时自动熄灭、天暗时自动开启的目的。

#### 【评价活动】

1.B

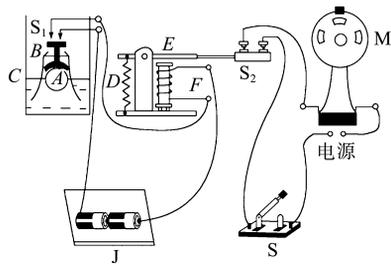
2.解析:如图所示。



原理:白天,光照强,光敏电阻  $A$  阻值小,控制电路中电流大,电磁铁磁力强,将衔铁吸合,两触点分离,路灯电路不通,灯不亮;日落后光照弱,光敏电阻  $A$  阻值大,控制电路中电流小,电磁铁磁力弱,衔铁受弹簧作用向上移动,使两触点接触,路灯电路接通,灯亮。

答案:见解析

3.(1)连接电路如图所示。



(2)按图连接好电路,合上开关  $S$ ,水泵工作,水位升高,当浮子上升使  $B$  接触到  $S_1$  时,左侧电路(控制电路)工作,电磁铁  $F$  产生磁力,拉下衔铁  $E$ ,使  $S_2$  断开,电动机  $M$  不工作,停止注水;当水位下降使  $B$  与  $S_1$  脱离,电路停止工作, $F$  无磁性, $D$  拉动  $E$ ,使  $S_2$  接通, $M$  工作。

4.解析:(1)根据要求,在常温下热敏电阻甲阻值较大,电磁铁磁性较弱,不能将衔铁吸下,此时绿灯所在电路接通,绿灯亮;温度升高,热敏电阻阻值较小,控制电路电流增大时,电磁铁磁性增大,将衔铁吸下。所以图中的甲还需要放入的元件是 NTC 热敏电阻(阻值随温度升高而减小),故选 C。

(2)电路正确连接之后,该同学调试过程中发现报警时的温度比预期偏低了一点,表示在热敏电阻的电阻值较大时右侧电路就被触发并报警。要求在温度更高一点时才开始报警,即热敏电阻的阻值较小时才报警,则需要使滑动变阻器的电阻阻值大一些,即将滑动头往左移动一点。

答案:(1)C (2)左

## 单元活动 4

### 【任务引导】

#### 任务一

活动 1 提示:天线是用来接收空中的电磁波的;通过调谐电路可以选出所需要的信号。

活动 2 提示:信号发射塔建在高空可以避开建筑物,避免来回衍射、反射使信号变弱,易使信号被直接接收。

#### 任务二

活动 1 提示:(1)热敏电阻是用半导体材料制成的,其阻值随温度的升高而减小;金属热电阻的电阻率随温度的升高而增大。

(2)题图甲所示的传感器是电容式传感器,当被测物体向右运动时,电容器极板间的电介质减小,根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$  可知,电容器的电容减小。

(3)题图乙所示的传感器是电感式传感器,当被测物体向右运动时,铁芯抽出,则自感系数减小。

活动 2 提示:(1)当不测量重物时,电阻箱  $R$  与金属杆串联,由闭合电路欧姆定律有  $E = I(R+r) + U_1$ ,得电路中的

电流  $I = 2.4 \text{ A}$ ,金属杆接入电路中的电阻  $R_{\text{全}} = \frac{U_1}{I} = 2.5 \Omega$ ,金属杆单位长度的电阻  $R_0 = \frac{R_{\text{全}}}{l} = 10 \Omega/\text{m}$ 。

(2)当托盘中放置重力为  $240 \text{ N}$  的重物时,根据胡克定律有  $G = k(l-l')$ ,由闭合电路欧姆定律得  $I' = \frac{E-U_2}{R+r}$ ,金属

杆接入电路中的电阻  $R'_{\text{全}} = \frac{U_2}{I'} = R_0 l'$ ,联立可得  $U_2 = 2.0 \text{ V}$ 。

(3)该电压传感器中一个电压和一个重力相对应,则传感器在电源内阻变化前后的分压应该相同,则有

$$\frac{E}{\left(l - \frac{G_{\text{重}}}{k}\right) \cdot R_0 + R + 2r} \cdot \left(l - \frac{G_{\text{重}}}{k}\right) \cdot R_0 = \frac{E}{\left(l - \frac{G_{\text{重}}}{k}\right) \cdot R_0 + R + r} \cdot \left(l - \frac{G_{\text{重}}}{k}\right) \cdot R_0$$

解得  $G_{\text{重}} = 120 \text{ N}$ 。

### 【活动达标】

1.C 2.ACD

3.C 解析:量子是现代物理的重要概念,即一个物理量如果存在最小的不可分割的基本单位,则这个物理量是量子化的,并把最小单位称为量子,选项 A 错误;任何物体都会向外辐射红外线,选项 B 错误;任何频率的电磁波在真空中的传播速度都等于光速  $c$ ,选项 C 正确;依据题意,量子雷达仍采用发射经典态的电磁波,不是目标物体发射的电磁波,选项 D 错误。

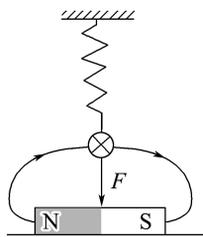
4.D 解析:电磁波在真空中的传播速度为  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,在介质中的传播速度小于  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,A 错误;由于电磁波可以在真空中传播,所以将手机放在真空塑料袋中,拨打该手机,手机能接收信号,B 错误;麦克斯韦预言了电磁波,赫兹首先用实验证实了电磁波的存在,C 错误;光是一种电磁波,D 正确。

5.AC 解析:温度升高,热敏电阻的阻值减小,干路总电流增大,内电压增大,根据闭合电路的规律可知,报警器两端电压减小,A 正确;温度降低,热敏电阻的阻值增大,根据闭合电路的规律可知,通过热敏电阻的电流减小,由  $P = I^2 R$ ,可知热敏电阻的热功率不一定增大,B 错误;若滑动变阻器接入电路的阻值大,则热敏电阻的阻值变化一定时,报警器两端的电压变化量小,不容易报警,C 正确,D 错误。

6.ABC 解析:光照减弱,光敏电阻的阻值增大,通过灯泡的电流减小,灯泡功率减小,灯泡变暗,故 A 正确;将  $r + R + R_1$  看成电源的内阻,当外电阻等于内阻时,电源输出功率最大,即  $R_L$  消耗的功率最大,光照强度为某一值时,  $R_L = r + R + R_1$ ,则光照强度减弱的过程中,  $R_L$  消耗的功率一直减小,故 B 正确;因为  $R = r$ ,所以光照强度减弱的过程中,外电阻增大,且一直大于电源内阻,则电源的输出功率一直减小,故 C 正确;灯泡与电阻  $R_1$  为定值电阻,两者总功率  $P = I^2 (R_1 + R)$ ,光照强度减弱的过程中,  $R_L$  一直增大,电流一直减小,灯泡与电阻  $R_1$  消耗的总功率一直变小,故 D 错误。

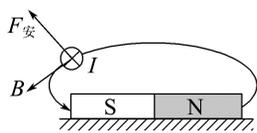
## 课后素养评价(一)

1. A 解析:根据左手定则可知,A选项正确,B选项电流不受安培力,C选项电流所受安培力向下,D选项电流所受安培力垂直纸面向外。故A正确。
2. BCD
3. AC 解析:由左手定则可知,直铜棒受到竖直向上的安培力,大小  $F=BIL$ ,则欲使悬线中拉力为零,可适当增强磁场或增大电流。故A、C正确。
4. A 解析:根据安培定则可知, $cd$ 导线上面磁场垂直纸面向外,下面磁场垂直纸面向里, $ab$ 上半部分处于向外的磁场中,根据左手定则可知其所受安培力水平向右,下半部分处于向里的磁场中,其所受安培力水平向左,故 $ab$ 会顺时针转动,当转过 $90^\circ$ 时两导线平行且电流方向相同,由推论“同向电流相互吸引、反向电流相互排斥”可知, $ab$ 会靠近导线 $cd$ ,故 $ab$ 导线会顺时针转动,同时靠近导线 $cd$ ,故A正确。
5. A 解析:如图所示,画出直导线附近的条形磁体的磁感线,由左手定则可知,直导线受向下的安培力,由于力的作用是相互的,因此条形磁体受向上的作用力,故A正确。



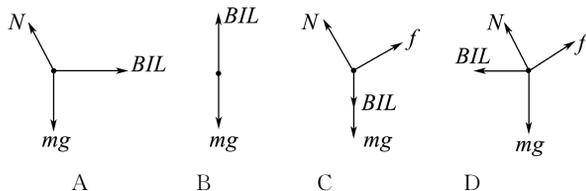
6. D 解析:由左手定则知安培力的方向既垂直于磁场又垂直于电流,即安培力垂直于磁场和电流决定的平面, $B$ 与 $I$ 不一定垂直。
7. C 解析:半径为 $a$ 的 $\frac{1}{4}$ 圆形金属导线 $PQ$ 在磁场中的有效长度 $L=\sqrt{2}a$ ,则导线受到的安培力大小为 $F=BIL=\sqrt{2}BIa$ 。根据左手定则可知安培力的方向与直线 $PQ$ 垂直。故A、B、D错误,C正确。
8. C 解析:据题图和几何关系求得A、E两点间的距离为 $L_{\text{等}}=(2+\sqrt{3})l$ 。据安培力公式得 $F=BIL_{\text{等}}=(2+\sqrt{3})BIl$ ,故A、B、D错误,C正确。
9. D 解析:因为通电直导线的磁感线是以 $O$ 为圆心的一组同心圆,磁感线与圆弧 $KN$ 、圆弧 $LM$ 平行,所以圆弧 $KN$ 、圆弧 $LM$ 均不受力。根据左手定则可得, $KL$ 边受到垂直纸面向外的力, $MN$ 边受到垂直纸面向里的力,故D正确。
10. AC 解析:根据条形磁体磁感线分布情况得到直线电流所在位置磁场方向,再根据左手定则判断安培力方向,如图所示,根据牛顿第三定律知,电流对磁体的作用力指向右下方,再结合平衡条件,可知通电后磁体对桌面的压力变大,静摩擦力方向向左,A正确,B错误;若将导线移至磁体中点的正上方,电流反向,导线受到的

安培力竖直向下,水平方向无作用力,根据牛顿第三定律可知,磁体受到向上的力,其对桌面的压力减小,C正确,D错误。



## 课后素养评价(二)

1. ACD 解析:直流电动机将电能转化为机械能,故A正确;直流电动机的电源是直流电,但线圈中电流的方向是改变的,故B错误;直流电动机中的换向器是由彼此绝缘的两个金属半圆环制成的,故C正确;线圈中电流的大小决定了线圈转动的快慢,所以直流电动机的优点是容易改变转动方向,可以连续调节转动速度,故D正确。
2. C 解析:线圈在水平位置时,穿过线圈的磁通量为零,选项A错误;根据左手定则可知,线圈位于水平位置时,其左侧边所受的安培力方向竖直向下,选项B错误;由于线圈匝数为 $n$ ,根据安培力公式可知,线圈左侧边所受的安培力大小为 $F=nBIL_1$ ,选项C正确;根据线速度与角速度的关系可知,线圈左侧边转动的线速度 $v=\frac{\omega L_2}{2}$ ,选项D错误。
3. C 解析:由题图可知,流过金属棒 $ab$ 的电流从 $a$ 到 $b$ ,则由左手定则可知金属棒所受安培力的方向垂直于磁场的方向斜向左上方,由平衡条件可知棒 $ab$ 所受摩擦力水平向右,故A错误;由欧姆定律可得流过棒 $ab$ 的电流为 $I=\frac{E}{R+r}=\frac{3}{1+1}\text{ A}=1.5\text{ A}$ ,故B错误;由安培力公式得棒 $ab$ 所受安培力大小为 $F=BIL=0.6\text{ N}$ ,故C正确;由平衡条件可知,摩擦力的大小等于安培力在水平方向的分力,故 $f=F\sin 60^\circ=\frac{3\sqrt{3}}{10}\text{ N}$ ,故D错误。
4. CD 解析:选项A中,通电细杆可能受重力、安培力、导轨的弹力作用而处于静止状态,如图所示,所以杆与导轨间的摩擦力可能为零;当安培力变大或变小时,细杆有上滑或下滑的趋势,于是有静摩擦力产生。选项B中,通电细杆可能受重力、安培力作用而处于静止状态,如图所示,所以杆与导轨间的摩擦力可能为零;当安培力减小时,细杆受到导轨的弹力和沿导轨向上的静摩擦力,也可能处于静止状态。选项C和D中,通电细杆受重力、安培力、导轨弹力作用而具有下滑趋势,故一定受到沿导轨向上的静摩擦力,如图所示,所以杆与导轨间的摩擦力一定不为零。故选CD。



5.D 解析:使船前进的力,是海水对超导线圈的作用力,A 错误;若海水的电流方向从 AB 板流向 CD 板,根据左手定则,海水所受的安培力向前,根据牛顿第三定律,海水对船的磁场力向后,使船后退,故 B 错误;同时改变超导线圈中电流的方向和电源的正负极,海水对超导线圈的磁场力方向不变,C 错误;根据  $F=BIL$ , 船所获得的推力,与通过海水的电流大小和超导线圈产生的磁感应强度有关,D 正确。

6.C 解析:当  $F_f = \mu BIL = \mu BLkt < mg$  时,棒沿导轨向下加速; $F_f = \mu BLkt > mg$  时,棒沿导轨向下减速;在棒停止运动前,棒所受摩擦力为滑动摩擦力,大小为  $F_f = \mu BLkt$ ;当棒停止运动时,摩擦力立即变为静摩擦力,大小为  $F_f = mg$ , 故选 C。

7.B 解析:根据左手定则,金属棒 MN 中电流的方向为从 N 流向 M, A 错误;金属棒从静止开始摆到最高位置的过程,速度先增大后减小,而细线拉力及重力在细线方向上的合力提供向心力,所以速度越大时,细线拉力越大。即细线的拉力先增大后减小, B 正确;根据动能定理得  $mgL(1 - \cos \theta) - BIL \sin \theta = 0$ , 解得  $I = \frac{(\sqrt{2}-1)mg}{BL}$ ,  $W = \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)mgL$ , C、D 错误。

8.AD 解析:在第 1 个  $\frac{1}{4}T$  内,由左手定则可判断出导线受到的安培力向右,导线向右做加速运动,因磁感应强度 B 减小,由  $F=BIL$  知安培力减小,导线的加速度减小,由于导线仍做加速运动,速度增大,在  $\frac{1}{4}T$  时刻,导线的速度最大;在第 2 个  $\frac{1}{4}T$  内,因 B 反向,由左手定则可判断出导线受到的安培力向左,导线向右做减速运动,因磁感应强度 B 增大,由  $F=BIL$  知安培力增大,导线的加速度增大,导线做加速度增大的减速运动,速度减小,在  $\frac{1}{2}T$  时刻,导线的速度减小到零;在第 3 个  $\frac{1}{4}T$  内,由左手定则可判断出导线受到的安培力向左,导线向左做加速运动,因磁感应强度 B 减小,由  $F=BIL$  知安培力减小,导线的加速度减小,但导线仍做加速运动,速度增大,在  $\frac{3}{4}T$  时刻,导线的速度最大;在第 4 个  $\frac{1}{4}T$  内,因 B 反向,由左手定则可判断出导线受到的安培力向右,导线向左做减速运动,因磁感应强度 B 增大,由  $F=BIL$  知安培力增大,导线的加速度增大,导线做加速度增大的减速运动,速度减小,在 T 时刻,导线的速度减小到零,导线回到初始位置。故 B、C 错误, A、D 正确。

9.BC 解析:当电源上正下负时,可知充电后电容器上极板带正电,下极板带负电,则电容器放电时,回路电流为顺时针方向,产生垂直纸面向里的磁场,根据左手定则可判断,弹射杆受到向右的安培力,使弹射杆向右弹出;当电

源上负下正时,可知充电后电容器下极板带正电,上极板带负电,则电容器放电时,回路电流为逆时针方向,产生垂直纸面向外的磁场,根据左手定则可判断,弹射杆受到向右的安培力,使弹射杆向右弹出,故要使题图中弹射杆向右弹射,对电源正负极的连接没要求,故 A 错误, B 正确;电容器放电过程中,回路电流逐渐减小,弹射杆受到的安培力逐渐减小,弹射杆将沿轨道做变加速运动,故 C 正确;若不计导轨摩擦,电容器储存的电能一部分将转化为导轨和弹射杆的内能,故电容器储存的电能不能全部转化为弹射杆的机械能,故 D 错误。

10.解析:(1)根据欧姆定律知流过 ab 的电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{6}{3} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

ab 棒所受安培力

$$F_{\text{安}} = BIL = 0.8 \times 2 \times 0.25 \text{ N} = 0.4 \text{ N}$$

由左手定则知,安培力沿金属框面向上, ab 棒的最大静摩擦力为

$$f_{\text{max}} = \mu mg \cos \theta = 0.5 \text{ N}$$

$$\text{由于 } mg \sin \theta - F_{\text{安}} = 0.6 \text{ N} > 0.5 \text{ N}$$

因此 ab 棒所受摩擦力为滑动摩擦力,大小为 0.5 N,沿金属框面向上。

(2)当滑动变阻器 R 取值较大时,电流 I 较小,安培力 F 较小,金属棒在重力的分力作用下有沿金属框面向下滑的趋势,金属棒所受静摩擦力沿金属框面向上,金属棒刚好不下滑时,满足平衡条件有

$$B \frac{E}{R_{\text{max}}} L + \mu mg \cos \theta = mg \sin \theta$$

代入数据解得

$$R_{\text{max}} = 2.4 \Omega$$

当安培力较大,静摩擦力沿斜面向下时

$$B \frac{E}{R_{\text{min}}} L = \mu mg \cos \theta + mg \sin \theta$$

$$\text{解得 } R_{\text{min}} = 0.8 \Omega$$

所以变阻器 R 的阻值范围为  $0.8 \Omega \leq R \leq 2.4 \Omega$ 。

答案:(1)0.5 N,沿金属框面向上

(2) $0.8 \Omega \leq R \leq 2.4 \Omega$

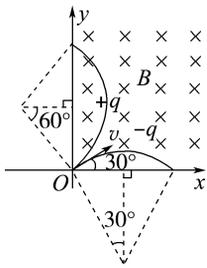
## 课后素养评价(三)

1.ACD 解析:根据左手定则,带正电的粒子左偏,不偏转说明不带电,带负电的粒子向右偏,因此 A、C、D 正确。

2.C 解析:由  $F = qvB \sin \theta$  可知,当  $B \parallel v$  时,  $F = 0$ , 当  $v = 0$  时,  $F = 0$ , 故 A、D 错误;由左手定则知, F 一定垂直于 B 且垂直于 v, 故 B 错误, C 正确。

3.C 解析:根据题意,带电粒子沿垂直于磁场方向射入匀强磁场,粒子的能量逐渐减小,速度减小,则由公式  $r = \frac{mv}{qB}$  可知,粒子的半径逐渐减小,由题图看出,粒子的运动方向是从 a 到 b, 在 a 处,粒子所受的洛伦兹力斜向左上方,由左手定则判断可知,该粒子带正电,故 C 正确。

4.B 解析:根据  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ,可知正负粒子做圆周运动的周期相等。正、负粒子在磁场中的运动轨迹如图所示,正粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹对应的圆心角为  $120^\circ$ ,负粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹对应的圆心角为  $60^\circ$ ,故时间之比为  $2:1$ 。故 B 正确。

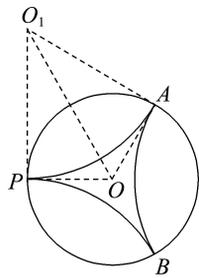


5.A 解析:由右手定则判定直线电流右侧磁场的方向垂直纸面向里,再根据左手定则判定电子所受洛伦兹力向右,由于洛伦兹力不做功,故电子动能不变。

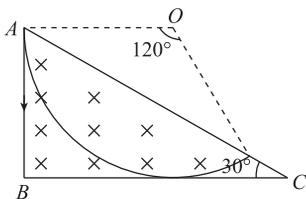
6.C 解析:将整个线圈分成左右两部分研究由安培定则可知,两部分线圈在纸面内中心点的磁场方向都向下,由左手定则可知电子将向右偏转,故 C 正确。

7.D 解析:为使小球对水平面无压力,则应使它受到的洛伦兹力刚好平衡重力,磁场不动而只增大  $B$ ,静止电荷在磁场里不受洛伦兹力,A 错误;磁场向上移动相当于电荷向下运动,所受洛伦兹力向右,不可能平衡重力,故 B 错误;磁场以速率  $v$  向右移动,等同于电荷以速率  $v$  向左运动,此时洛伦兹力向下,也不可能平衡重力,故 C 错误;磁场以速率  $v$  向左移动,等同于电荷以速率  $v$  向右运动,此时洛伦兹力向上,当  $qvB = mg$  时,带电体对绝缘水平面无压力,即  $v = \frac{mg}{qB}$ ,选项 D 正确。

8.BD 解析:带电粒子从  $P$  点沿圆筒的半径进入磁场区域,若以  $O_1$  为圆心做圆周运动,在  $A$  点与筒壁发生碰撞,则运动轨迹如图所示,由几何关系可知  $\angle OAO_1 = 90^\circ$ ,所以粒子一定会沿圆筒的半径方向离开磁场,与筒壁碰撞后依然沿圆筒的半径方向,所以粒子不可能通过圆心  $O$ ,且每次碰撞后瞬间,粒子的速度方向一定平行于碰撞点与圆心  $O$  的连线,故 A 错误,D 正确;由对称性可知,粒子至少需要碰撞 2 次才能从  $P$  点离开,如图所示,故 B 正确;设粒子在磁场中运动的轨迹半径为  $r$ ,圆筒的半径为  $R$ ,粒子在磁场中做圆周运动,有  $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ,设  $\angle POA = \alpha$ ,由几何关系有  $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{R} = \frac{mv}{qBR}$ ,若粒子恰好运动一周从  $P$  点离开,则粒子在磁场中运动的时间  $t = \frac{2\pi}{\alpha} \times \frac{\pi - \alpha}{2\pi} T = \left(\frac{\pi}{\alpha} - 1\right) \frac{2\pi m}{qB}$ ,则粒子的速度越大, $\alpha$  越大,粒子在磁场中运动的时间越短,若粒子运动一周不能从  $P$  点离开,则运动时间无法确定,故 C 错误。



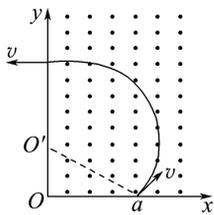
9.BD 【解析】根据洛伦兹力提供向心力有  $qvB = m \frac{v^2}{R}$ ,可得  $R = \frac{mv}{qB}$ ,可知粒子速度越大,粒子运动轨迹半径越大。如图所示:



当粒子运动半径较小时,能够从  $AC$  边射出,粒子在磁场中运动轨迹的圆心角为  $\frac{2\pi}{3}$ ,随速度增大,半径变大,只要粒子从  $AC$  边射出,圆心角不变,即运动时间不变,粒子在磁场中运动时间最长,为  $t = \frac{120^\circ}{360^\circ} T = \frac{2\pi m}{3qB}$ ,当粒子运动半径更大时,从  $BC$  边射出,粒子速度越大,轨迹对应的圆心角越小,在磁场中运动时间越短,A 项错误,B 项正确;粒子速度越大,粒子在磁场中运动的轨迹半径越大,当粒子运动轨迹与  $BC$  边相切时运动轨迹最长,粒子速度再增大,粒子运动轨迹变短,并不是速度越大,粒子运动路程越短,C 项错误;当粒子轨迹和  $BC$  边相切时路程最大,此时有  $R = AB = L$ ,粒子在磁场中运动的最长路程  $s = \alpha R = \frac{2\pi L}{3}$ ,D 项正确。

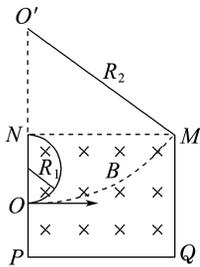
10.解析:粒子轨迹示意图如图所示,由射入、射出点的半径可找到圆心  $O'$ ,并由几何关系得出半径为  $r = \frac{2a}{\sqrt{3}} = \frac{mv}{Bq}$ ,

得  $B = \frac{\sqrt{3}mv}{2aq}$ ,  $y = r + \frac{r}{2} = \sqrt{3}a$ ,射出点坐标为  $(0, \sqrt{3}a)$ 。



答案:  $B = \frac{\sqrt{3}mv}{2aq}$  射出点坐标为  $(0, \sqrt{3}a)$

11.解析:如图所示,由于质子在  $O$  点的速度垂直于板  $NP$ ,所以粒子在磁场中做圆周运动的圆心  $O'$  一定位于  $NP$  所在的直线上。如果直径小于  $ON$ ,则轨迹将是圆心位于  $ON$  之间的一段半圆弧。



如果质子恰好从 N 点射出

$$R_1 = \frac{d}{4}, qv_0 B_1 = \frac{mv_0^2}{R_1}$$

$$\text{所以 } B_1 = \frac{4mv_0}{dq}.$$

如果质子恰好从 M 点射出

$$R_2^2 - d^2 = \left(R_2 - \frac{d}{2}\right)^2, qv_0 B_2 = m \frac{v_0^2}{R_2}, \text{得 } B_2 = \frac{4mv_0}{5dq}$$

$$\text{所以 } B \text{ 应满足 } \frac{4mv_0}{5dq} \leq B \leq \frac{4mv_0}{dq}.$$

$$\text{答案: } \frac{4mv_0}{5dq} \leq B \leq \frac{4mv_0}{dq}$$

## 课后素养评价(四)

1.C 解析:若让粒子沿中心线通过弯管,需满足  $qvB = m \frac{v^2}{R}$ ,即  $mv = qRB$ .故 C 项正确.

2.AC 解析:根据粒子的运动方向和洛伦兹力方向,由左手定则知粒子带正电,故 A 正确,B 错误;根据半径公式

$$r = \frac{mv}{qB} \text{ 知, } x = 2r = \frac{2mv}{qB}, \text{ 又 } qU = \frac{1}{2}mv^2, \text{ 联立解得 } x =$$

$$\sqrt{\frac{8mU}{qB^2}}, \text{ 可知 } x \text{ 越大,质量与电荷量的比值越大,故 C 正}$$

确,D 错误.

3.C 解析:带电粒子在回旋加速器中从电场中获得能量,带电粒子的运动周期是不变的,选项 A、B 错误;带电粒子由加速器的中心附近进入加速器,增大金属盒的半径,粒子射出时的最大动能增大,选项 C 正确,D 错误.

4.A 解析:血液中的正、负离子流动时,根据左手定则,正离子受到向上的洛伦兹力,负离子受到向下的洛伦兹力,所以正离子向上偏,负离子向下偏,则 a 带正电,b 带负电.最终血液中的离子所受的静电力和洛伦兹力等大反向,

$$\text{有 } q \frac{U}{d} = qvB, \text{ 所以 } v = \frac{U}{Bd} = \frac{160 \times 10^{-6}}{0.040 \times 3.0 \times 10^{-3}} \text{ m/s} =$$

1.3 m/s.故 A 正确,B、C、D 错误.

5.D 解析:设 M、N 间距离为  $d$ ,薄片的厚度为  $x$ ,当达到稳定状态,载流子受力平衡,满足  $q \frac{U_H}{d} = qvB$ ,又有电流

$$\text{的微观表达式 } I = nqvS = nqv \cdot dx, \text{ 联立可得 } U_H = \frac{BI}{nqx},$$

与  $B$ 、 $I$  均有关系,A、B 错误;由上述分析可知,在电流  $I$ 、磁场  $B$  一定时,薄片的厚度  $x$  越大,则  $U_H$  越小,C 错误,D 正确.

6.B 解析:题图甲中,根据  $qvB = \frac{mv^2}{r}$  可知,  $v = \frac{qBr}{m}$ ,粒子

$$\text{获得的最大动能为 } E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \left(\frac{qBr}{m}\right)^2 = \frac{q^2 B^2 r^2}{2m}, \text{ 所以要想粒子获得的最大动能增大,可增加 D}$$

形盒的半径  $r$  和增大磁感应强度  $B$ ,增大电压  $U$  不能增大最大动能,故 A 错误;题图乙中根据左手定则,正电荷向下偏转,所以 B 极板带正电,为发电机的正极,A 极板是发电机的负极,通过外电阻的电流方向从  $b$  到  $a$ ,故 B

正确;题图丙中,假如带正电的粒子从右向左运动通过复合场时,电场力竖直向下,根据左手定则,洛伦兹力方向也向下,所以不可能沿直线通过复合场,故 C 错误;题图丁中,

由  $qvB = m \frac{v^2}{R}$ ,可得  $\frac{q}{m} = \frac{v}{BR}$ ,粒子打在底片上的位置越靠近狭缝  $S_3$ ,则  $R$  越小,说明比荷越大,故 D 错误.

7.D

8.A 解析:根据动能定理  $qU = \frac{1}{2}mv^2$  得  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ .粒

子在磁场中偏转,洛伦兹力提供向心力  $qvB = m \frac{v^2}{R}$ ,则

$$R = \frac{mv}{qB}, \text{ 又 } x = 2R, \text{ 联立以上各式得 } x = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}, \text{ 知}$$

$x^2 \propto U$ ,故 A 正确,B、C、D 错误.

9.AC 解析:油滴做直线运动,受重力、静电力和洛伦兹力作用,因为重力和静电力均为恒力,可知油滴所受洛伦兹力不变,油滴必定做匀速直线运动,故 A 正确,B 错误.

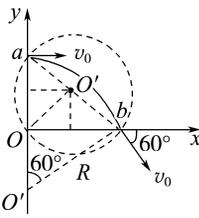
根据做匀速直线运动的条件和受力情况,由左手定则可知,油滴只有带正电时受力才能平衡,且油滴的速度方向为从 M 点到 N 点,故 C 正确,D 错误.

10.BC 解析:设电子的轨迹半径为  $R$ ,由几何知识,  $R \sin 30^\circ = R - L$ ,

$$\text{得 } R = 2L, \text{ 电子在磁场中运动时间}$$

$$t = \frac{T}{6}, \text{ 而 } T = \frac{2\pi R}{v_0}, \text{ 得 } t = \frac{2\pi L}{3v_0}, \text{ A}$$

错误,B 正确;设磁场区域的圆心



坐标为  $(x, y)$ ,其中  $x = \frac{1}{2}R \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}L, y = \frac{L}{2}$ ,所以

磁场圆心坐标为  $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}L, \frac{L}{2}\right)$ ,故 C 正确;因为  $R = 2L$ ,

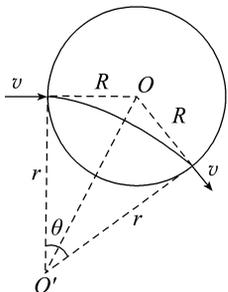
所以电子做圆周运动的圆心坐标为  $(0, -L)$ ,故 D 错误.

11.BD 解析:正离子在电场中加速,可以判断高压电源 A 端应接负极,同时根据左手定则知,磁场室的磁场方向应垂直纸面向外,A 错误,B 正确;设离子通过高压电源

后的速度为  $v$ ,由动能定理可得  $qU = \frac{1}{2}mv^2$ ,离子在磁

场中偏转,则  $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ,联立得出  $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ ,由此

可见,质量大的离子的运动轨迹半径大,则轨迹 II 的同位素质量较大,C 错误;离子在磁场中的偏转轨迹如图所示:



由几何关系可知  $r = \frac{R}{\tan \frac{\theta}{2}}$ , 可解得  $\frac{q}{m} = \frac{2U \tan^2 \frac{\theta}{2}}{B^2 R^2}$ , D

正确。

12. 解析: (1) 粒子做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力,

$$有 F_{\text{洛}} = qvB = m \frac{v^2}{R}$$

解得粒子做匀速圆周运动的半径  $R = \frac{mv}{qB}$

粒子做匀速圆周运动的周期

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}。$$

(2) 粒子受电场力  $F = qE$

洛伦兹力  $F_{\text{洛}} = qvB$

粒子做匀速直线运动, 由二力平衡可知

$$qE = qvB$$

解得电场强度的大小  $E = vB$ , 方向竖直向下。

答案: (1)  $\frac{mv}{qB}$   $\frac{2\pi m}{qB}$  (2)  $vB$

13. 解析: (1) 设  $\alpha$  粒子第一次被加速后进入  $D_2$  盒中时的速度大小为  $v_1$ , 根据动能定理有

$$qU = \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$解得 v_1 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}。$$

(2)  $\alpha$  粒子在 D 形盒内做圆周运动, 轨道半径达到最大时被引出, 具有最大动能。设此时的速度为  $v$ , 有

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$解得 v = \frac{qBR}{m}$$

设  $\alpha$  粒子的最大动能为  $E_k$ , 则  $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

$$解得 E_k = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}。$$

(3) 为保证粒子每次经过狭缝都被加速, 带电粒子在磁场中运动一周的时间应等于交变电压的周期(在狭缝的时间极短, 忽略不计), 则交变电压的周期  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{Bq}$ 。

(4) 离子经电场第 1 次加速后, 以速度  $v_1$  进入  $D_2$  盒, 设

$$轨道半径为  $r_1$ , 则  $r_1 = \frac{m v_1}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$$$

离子经电场第 2 次加速后, 以速度  $v_2$  进入  $D_1$  盒, 设轨道

$$半径为  $r_2$ , 则  $r_2 = \frac{m v_2}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2 \times 2mU}{q}}$$$

离子第  $n$  次进入  $D_2$  盒, 离子已经过电场  $2n-1$  次加速, 以速度  $v_{2n-1}$  进入  $D_2$  盒, 由动能定理得

$$(2n-1)Uq = \frac{1}{2} m v_{2n-1}^2$$

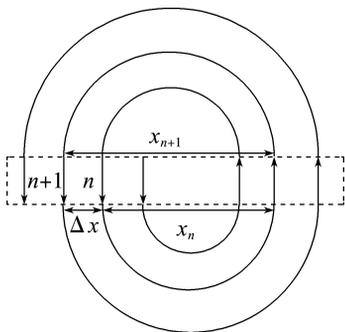
$$轨道半径  $r_{2n-1} = \frac{m v_{2n-1}}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{(2n-1) \times 2mU}{q}}$$$

离子第  $n+1$  次进入  $D_2$  盒, 离子已经过  $2n+1$  次电场加速, 以速度  $v_{2n+1}$  进入  $D_2$  盒, 但由图分析可知, 进入  $D_2$  盒前的轨迹半径只与前  $2n$  次加速有关, 所以由动能定理得

$$2nUq = \frac{1}{2} m v_{2n}^2$$

$$轨道半径  $r_{2n} = \frac{m v_{2n}}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2n \cdot 2mU}{q}}$$$

则  $\Delta x = 2(r_{2n} - r_{2n-1})$ , 如图所示:



$$解得 \Delta x = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}} (\sqrt{2n} - \sqrt{2n-1})。$$

$$答案: (1) \sqrt{\frac{2qU}{m}} \quad (2) \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} \quad (3) \frac{2\pi m}{Bq}$$

$$(4) \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}} (\sqrt{2n} - \sqrt{2n-1})$$

## 易错强化练(一)

1. B 2. C 3. B 4. D 5. D

6. D 解析: 从第一个磁场不偏转地进入另一个磁场的离子一定满足  $qE = qvB_1$ , 即  $v = \frac{E}{B_1}$ , 这些离子速度相同。

在另一个磁场中,  $r = \frac{mv}{qB_2}$ , 由于  $v, B_2$  相同, 而  $r$  不同, 所

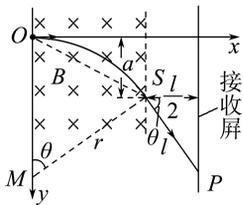
以  $\frac{q}{m}$  一定不同, 故 D 正确。

7. A 解析: 画出带电粒子仅在磁场中运动时的运动轨迹, 如图所示, 设带电粒子仅在磁场中运动的轨迹半径为  $r$ ,

运动轨迹对应的圆心角为  $\theta$ , 由几何知识得  $\cos \theta = \frac{l}{2r}$ 。

$r-a=r\cos\theta$ , 解得  $r=2a$ , 由洛伦兹力提供向心力有  $qvB=\frac{mv^2}{r}$ , 解得  $r=2a=\frac{mv}{qB}$ , 在匀强磁场区域加上匀强电场后带电粒子沿  $x$  轴运动, 则此时粒子受力平衡, 有

$$Eq=qvB, \text{ 联立解得 } \frac{q}{m}=\frac{E}{2aB^2}, \text{ A 正确.}$$



8. 解析: (1) 设粒子过  $N$  点时的速度为  $v$ , 有

$$\frac{v_0}{v}=\cos\theta$$

$$\text{解得 } v=2v_0$$

粒子从  $M$  点运动到  $N$  点的过程, 有

$$qU_{MN}=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$$

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

(2) 如图所示, 粒子在磁场中以  $O'$  为圆心做匀速圆周运动, 半径为  $O'N$ , 有

$$qvB=\frac{mv^2}{r}, \text{ 解得 } r=\frac{2mv_0}{qB}$$

(3) 由几何关系得  $|ON|=r\sin\theta$

设粒子在电场中运动的时间为  $t_1$ , 有

$$|ON|=v_0t_1, \text{ 解得 } t_1=\frac{\sqrt{3}m}{qB}$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期  $T=\frac{2\pi m}{qB}$

设粒子在磁场中运动的时间为  $t_2$ , 有  $t_2=\frac{\pi-\theta}{2\pi}T$

$$\text{解得 } t_2=\frac{2\pi m}{3qB}$$

$$\text{所以 } t=t_1+t_2=\frac{(3\sqrt{3}+2\pi)m}{3qB}$$

$$\text{答案: (1) } \frac{3mv_0^2}{2q} \quad (2) \frac{2mv_0}{qB} \quad (3) \frac{(3\sqrt{3}+2\pi)m}{3qB}$$

## 课后素养评价(五)

1.D 解析: A、C 两项中导体不切割磁感线, 故不产生感应电流, A、C 错误; 由右手定则可知 B 中的感应电流方向应向外, B 错误; 只有选项 D 正确。

2.BD 解析: 沿铜盘半径方向的“铜棒”切割磁感线, 由右手定则可判定选项 B、D 正确。

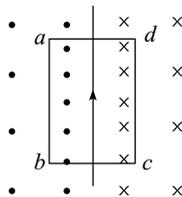
3.D 解析: 在线圈进入或离开磁场的过程中, 穿过线圈的磁通量发生变化, 有感应电流产生; 线圈完全在磁场中时, 穿过线圈的磁通量不变, 没有感应电流产生, 选项 A、B 错误。由楞次定律可知, 线圈进入磁场的过程中, 线圈

中感应电流的方向沿逆时针方向; 线圈离开磁场的过程中, 感应电流的方向沿顺时针方向, 选项 C 错误, D 正确。

4.C 解析: 条形磁体从左边进入螺线管的过程中, 在螺线管内产生的磁场方向向右, 穿过螺线管的磁通量不断增大, 根据楞次定律, 感应电流的方向是  $a \rightarrow G \rightarrow b$ 。条形磁体从螺线管中向右穿出的过程中, 在螺线管内产生的磁场方向仍向右, 穿过螺线管的磁通量不断减小, 根据楞次定律, 感应电流的方向是  $b \rightarrow G \rightarrow a$ 。故 C 正确。

5.B 解析: 左环没有闭合, 在磁体插入过程中, 不产生感应电流, 故横杆不发生转动。右环闭合, 在安培插入过程中, 产生感应电流, 在安培力的作用下横杆将发生转动, 故 B 正确。

6.D 解析: 线框在直导线左侧时, 随着线框向右运动, 穿过线框的磁通量增大, 根据楞次定律知, 线框中感应电流的方向为  $dcb a$ 。当线框的  $cd$  边跨过直导线后,  $ab$  边运动到直导线之前, 如图所示, 根据右手定则知  $ab$  边产生的感应电流方向为  $a \rightarrow b$ ,  $cd$  边产生的感应电流方向为  $c \rightarrow d$ 。线框全部跨过直导线后, 随着向右运动, 穿过线框的磁通量减小, 根据楞次定律知, 线框中感应电流的方向为  $dcb a$ 。故选项 D 正确。



7.AC 解析: 自行车从东往西行驶时, 辐条切割地磁场水平分量的磁感线, 根据右手定则判断可知, 题图所示位置中辐条 A 点电势比 B 点电势低, 故 A 正确, B 错误; 自行车车把切割地磁场竖直分量的磁感线, 由右手定则知, 左车把的电势比右车把的电势高, 故 C 正确; 自行车左拐后改为南北骑行, 自行车车把仍切割地磁场竖直分量的磁感线, 由右手定则可知左车把的电势仍然高于右车把的电势, 故 D 错误。

8.A 解析: 金属线框放在导线 MN 上, 导线中电流产生磁场, 根据安培定则判断可知, 导线左右两侧磁场方向相反, 导线左侧线框的磁通量大于右侧线框的磁通量。当导线中电流增大时, 穿过线框的磁通量增大, 线框产生感应电流, 根据楞次定律可知, 感应电流的磁场要阻碍原磁通量的变化, 则线框将向使磁通量减小的方向运动, 即向右移动, 线框整体受力向右, 故 A 正确, B、C、D 错误。

9.BD 解析: 不管将金属圆环从哪边拉出磁场, 穿过闭合圆环的磁通量都要减少, 根据楞次定律可知, 感应电流的磁场要阻碍原磁通量的减少, 感应电流的磁场方向与原磁场方向相同, 应用右手螺旋定则可以判断出感应电流的方向是顺时针方向的, 选项 B 正确, A、C 错误; 当圆环全部处在磁场中运动时, 穿过圆环的磁通量没有改变, 这种情况下无感应电流, D 正确。

10.C 解析:由题意知,埋在地下的线圈1、2通入顺时针(俯视)方向的电流,根据右手螺旋定则,可知线圈1、2产生的磁场方向竖直向下,A错误;汽车进入线圈1过程中,磁通量增大,根据楞次定律可知产生的感应电流方向为 $adcb$ (逆时针),B错误;汽车离开线圈1过程中,磁通量减小,根据楞次定律可知,产生的感应电流方向为 $abcd$ (顺时针),C正确;汽车进入线圈2过程中,磁通量增大,根据楞次定律可知,产生的感应电流方向为 $adcb$ (逆时针),再根据左手定则,可知汽车受到的安培力方向与速度方向相反,D错误。

11.B 解析:由于B环中的电流发生变化,A环中的磁通量发生变化,所以A环中有感应电流,选项A错误;根据楞次定律知,A环中整体的磁通量先垂直纸面向外减少,后垂直纸面向里增多,故根据安培定则可知A环中产生沿逆时针方向的感应电流,选项B正确,C、D错误。

12.AD

13.D 解析:强磁体穿过铜管,导致铜管中的磁通量发生变化,从而产生感应电流;感应电流产生的磁场阻碍原磁通量的变化,导致强磁体受到一定的阻力,强磁体对铜管有向下的作用力,则细线中的拉力 $F > Mg$ ,故A、C错误;强磁体在铜管中运动的过程中,虽不计空气阻力,但在此过程中,出现安培力做功产生内能,所以系统机械能不守恒,故B错误;因为铜管对强磁体有阻力,所以强磁体不能做自由落体运动,其下落的加速度小于 $g$ ,则其穿过铜管的时间 $t > \sqrt{\frac{2l}{g}}$ ,故D正确。

## 课后素养评价(六)

1.D

2.B 解析:根据法拉第电磁感应定律可知,线圈中产生的感应电动势 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S = n \cdot \frac{2B - B}{\Delta t} \cdot \frac{a^2}{2} = \frac{nBa^2}{2\Delta t}$ ,选项B正确。

3.BCD 4.AB

5.C 解析:由右手定则判断可得,电阻 $R$ 上的电流方向为 $a \rightarrow c$ ,由 $E = Blv$ 知 $E_1 = Blv$ , $E_2 = 2Blv$ ,则 $E_1 : E_2 = 1 : 2$ ,故选项C正确。

6.C 解析:由 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta BS}{\Delta t} = \frac{k\pi R^2}{2}$ ,可知选项C正确。

7.B 解析:由 $ab = 30$  cm, $bc = 40$  cm则 $ac = 50$  cm。当切割磁感线的有效长度 $l = ac = 50$  cm时,产生的感应电动势最大, $E_m = Blv = 0.4 \times 0.5 \times 5$  V = 1.0 V,故选项B正确。

8.B 解析:根据法拉第电磁感应定律 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ,设线框匝数为 $n$ ,面积为 $S_0$ ,初始时刻磁感应强度为 $B_0$ ,则第一种情况下的感应电动势为 $E_1 = n \frac{(2B_0 - B_0)S_0}{1 \text{ s}}$ ;第二种情

况下的感应电动势为 $E_2 = n \frac{2B_0(S_0 - \frac{S_0}{2})}{1 \text{ s}} = E_1$ 。所以两种情况下线框中的感应电动势相等,比值为1,故选项B正确。

9.D 解析:通过线圈的磁通量与线圈的匝数无关,若设 $\Phi_2 = B_2 S$ 为正,则线圈中磁通量的变化量 $\Delta\Phi = B_2 S - (-B_1 S)$ ,代入数据即 $\Delta\Phi = (0.1 + 0.4) \times 50 \times 10^{-4}$  Wb =  $2.5 \times 10^{-3}$  Wb,A错误;磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{0.1}$  Wb/s =  $2.5 \times 10^{-2}$  Wb/s,B错误;根据法拉第电磁感应定律可知,当 $a$ 、 $b$ 间断开时,其间电压等于线圈产生的感应电动势,感应电动势大小 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 2.5$  V,C错误;在 $a$ 、 $b$ 间接入一个理想电流表时相当于 $a$ 、 $b$ 间接通而形成回路,回路总电阻即为线圈的总电阻,故感应电流大小 $I = \frac{E}{r} = 0.25$  A,选项D正确。

10.ABD 解析:由于 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ , $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 为 $\Phi-t$ 图线切线的斜率的大小,故A、B正确,C错误;线圈中 $O$ 至 $D$ 时间段的平均感应电动势 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 1 \times \frac{2 \times 10^{-3} - 0}{0.005}$  V = 0.4 V,所以D正确。

11.BD 解析:根据产生感应电动势的条件可知,只有处于变化的磁场中,乙线圈才能产生感应电动势,A错误,B正确;根据法拉第电磁感应定律,感应电动势的大小取决于磁通量的变化率,所以C错误,D正确。

12.AC 解析:设金属杆从 $O$ 点开始运动到题图所示位置所经历时间为 $t$ , $\angle EOF = \theta$ ,则金属杆切割磁感线的有效长度 $l_{\perp} = \overline{OB} \cdot \tan \theta$ ,故有 $E = Bl_{\perp} v_{\perp} = Bvt \tan \theta \cdot v = Bv^2 t \tan \theta$ ,即电路中的感应电动势与时间成正比,B错误,C正确;电路中的感应电流 $I = \frac{E}{R} = \frac{Bv^2 t \tan \theta}{\frac{\rho l}{S}}$ ,而

$l$ 为 $\triangle OAB$ 的周长,即 $l = \overline{OB} + \overline{AB} + \overline{OA} = vt + vt \cdot \tan \theta + \frac{vt}{\cos \theta} = vt \left( 1 + \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} \right)$ ,所以 $I = \frac{BvS \tan \theta}{\rho \left( 1 + \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} \right)}$ ,即为恒量,A正确,D错误。

13.解析:(1) $ac$ 棒垂直切割磁感线,产生的感应电动势的大小为

$$E = BLv = 0.40 \times 0.50 \times 4.0 \text{ V} = 0.80 \text{ V}.$$

(2)回路中感应电流的大小为

$$I = \frac{E}{R} = \frac{0.80}{0.20} \text{ A} = 4.0 \text{ A}$$

(3)由右手定则知, $ac$ 棒中的感应电流由 $c$ 流向 $a$ , $ac$ 棒受到的安培力大小为

$$F_{\ast} = BIL = 0.40 \times 4.0 \times 0.50 \text{ N} = 0.80 \text{ N}$$

由左手定则知,安培力方向向左。由于导体棒匀速运动,水平方向受力平衡,则

$$F_{\text{外}} = F_{\text{安}} = 0.80 \text{ N}, \text{方向水平向右。}$$

答案:(1)0.80 V (2)4.0 A (3)0.80 N

## 易错强化练(二)

1.AD 2.BD 3.C 4.AC 5.D

6.AC 解析:线框在减速进入磁场的过程中,对线框受力

分析,根据牛顿第二定律有  $mg + \frac{B^2 L^2 v}{R} - T = ma$ ,对物

块受力分析,根据牛顿第二定律有  $T - Mg = Ma$ ,联立解

得  $a = \frac{B^2 L^2 v}{(M+m)R} - \frac{M-m}{M+m}g$ ,则随着速度的减小,加速度

不断减小,B错误;结合B项的分析可知,若匀强磁场区域高度与线框宽度相等且物块质量与线框质量相等,则线框在磁场中一直做加速度逐渐减小的减速运动,出磁场后匀速运动,则A选项的图像可能正确;若匀强磁场区域高度大于线框宽度且物块质量与线框质量相等,则线框进磁场和出磁场阶段均做加速度逐渐减小的减速运动,完全在磁场中运动时不受安培力,做匀速运动,完全出磁场后,也做匀速运动,则C选项的图像可能正确;D选项的图像中线框出磁场后匀加速运动,说明物块质量大于线框质量,但在此情况下,结合B项的分析可知,存在第二段匀速阶段时,不会存在第三段减速阶段,D错误。

7.解析:(1)在绝缘涂层上,导体棒受力平衡

$$\text{有 } mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$$

解得  $\mu = \tan \theta$ 。

(2)在光滑导轨上,有

$$\text{感应电动势 } E = Blv$$

$$\text{感应电流 } I = \frac{E}{R}$$

$$\text{安培力 } F_{\text{安}} = IlB$$

$$\text{根据受力平衡得 } F_{\text{安}} = mg \sin \theta$$

$$\text{解得 } v = \frac{mgR \sin \theta}{B^2 l^2}。$$

(3)摩擦生热

$$Q_{\text{摩}} = \mu mgd \cos \theta$$

由能量守恒定律得

$$3mgd \sin \theta = Q + Q_{\text{摩}} + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{解得 } Q = 2mgd \sin \theta - \frac{m^3 g^2 R^2 \sin^2 \theta}{2B^4 l^4}。$$

$$\text{答案:(1)} \tan \theta \quad (2) \frac{mgR \sin \theta}{B^2 l^2}$$

$$(3) 2mgd \sin \theta - \frac{m^3 g^2 R^2 \sin^2 \theta}{2B^4 l^4}$$

## 课后素养评价(七)

1.BD 解析:涡流的主要效应之一就是发热,而变压器的

铁芯发热,是我们不希望出现的,所以不采用整块硅钢,而采用相互绝缘的薄硅钢片叠压在一起,目的是减小涡流,减少铁芯的发热量,进而提高变压器的效率,故选项B、D正确。

2.C 解析:铜盘转动时,根据法拉第电磁感应定律及楞次定律可知,铜盘中有感应电动势,会产生感应电流,并且受到电磁阻尼作用,机械能很快转化为电能进而转化为焦耳热,所以铜盘将很快停下,故C正确,A、B、D错误。

3.A 解析:瞬间增强的磁场会在周围产生一个顺时针的涡旋电场,负电荷受到逆时针方向的电场力,带动圆盘逆时针转动,而负电荷的这种定向运动则形成了顺时针的环形电流。故A正确。

4.ABC 解析:真空冶炼炉是用涡流来熔化金属的装置,炉内放入被冶炼的金属,线圈内通入高频交变电流,这时被冶炼的金属中产生涡流,涡流的热效应使金属升温而被熔化,故A正确;电磁炉利用高频交变电流在电磁炉内部线圈中产生磁场,当铁制锅具放置在炉面上时,在锅具底部产生涡流实现加热,故B正确;金属阻尼摆摆动时产生的涡流总是阻碍其运动,当金属摆从磁场中穿过时,金属摆内感应产生的涡流会对金属摆的运动产生阻碍作用,故C正确;涡流要损耗能量,变压器的铁芯用相互绝缘的硅钢片叠成,是为了减小涡流,故D错误。

5.C 解析:磁体向下摆动时,根据楞次定律,线圈中产生逆时针方向感应电流(从上往下看),并且磁体受到感应电流对它的作用力为阻力,阻碍它靠近;磁体向上摆动时,根据楞次定律,线圈中产生顺时针方向感应电流(从上往下看),磁场受感应电流对它的作用力仍为阻力,阻碍它远离,所以磁体在左右摆动一个周期过程中,电流方向改变四次,感应电流对它的作用力始终是阻力。故C项正确。

6.A 解析:由于线框abcd旋转时会使线框ABCD中产生感应电流,根据楞次定律可知,线框ABCD中的感应电流将阻碍abcd的相对转动,因此线框ABCD也随abcd逆时针转动,只不过稍微慢了些,选项A正确。

7.D 解析:磁体穿过铜管下落的过程中,穿过铜管的磁通量发生变化,铜管产生感应电流,对于任何一段铜管,磁体靠近和远离时,磁通量变化情况相反,产生的电流方向也相反,根据楞次定律推论“来拒去留”,感应电流的磁场对磁体的作用力向上,从而导致磁体下落的时间变长,D正确,A、B、C错误。

8.AD 解析:根据题意,人用力蹬踏板带动飞轮旋转时,磁体会对飞轮产生阻碍作用,飞轮受到的阻力主要来源于磁体对它的安培力,选项A正确;飞轮转速一定时,磁体越靠近飞轮,飞轮受到的安培力越大,即阻力越大,选项B错误;磁体和飞轮间的距离一定时,飞轮转速越大,磁通量的变化率越大,则飞轮内部的涡流越强,产生的安培力越大,受到的阻力越大,选项C错误,D正确。

9.B 解析:锅体中的涡流是由变化的磁场产生的,所加的

电流是交流电,不是直流电,故 A 错误;根据电磁炉的工作原理可知,电磁炉通电线圈加交流电后,在锅底产生涡流,进而发热工作,故 B 正确;在锅和电磁炉中间放一纸板,磁场仍然存在,不会影响电磁炉的加热作用,故 C 错误;金属锅自身产生无数小涡流而直接加热,陶瓷锅或耐热玻璃锅属于绝缘材料,里面不会产生涡流,故 D 错误。

10. BC 解析:  $I_c$  沿顺时针方向而  $I_d = 0$ , 则  $c$  线圈受到向右的安培力, 镜头处于零加速度状态, 故手机的加速度方向向左, A 错误;  $I_d$  沿顺时针方向而  $I_c = 0$ , 则  $d$  线圈受到向上的安培力, 镜头处于零加速度状态, 则手机的加速度方向向下, B 正确; 若  $a$  的方向沿左偏上  $30^\circ$ , 说明手机框架给镜头向上以及向左的作用力, 要使得镜头处于零加速度状态, 线圈  $c$  需要受到向右的安培力  $F_c$ , 线圈  $d$  需要受到向下的安培力  $F_d$ , 且  $F_c > F_d$ , 故可知  $I_c$  沿顺时针方向,  $I_d$  沿逆时针方向, 由  $F = BIL$  可知  $I_c > I_d$ , C 正确; 若  $a$  的方向沿右偏上  $30^\circ$ , 说明手机框架给镜头向上以及向右的作用力, 且向右的分力大于向上的分力, 要使得镜头处于零加速度状态, 线圈  $c$  需要受到向左的安培力  $F_c$ , 线圈  $d$  需要受到向下的安培力  $F_d$ , 且  $F_c > F_d$ , 可知  $I_c$  沿逆时针方向,  $I_d$  沿逆时针方向, 且  $I_c > I_d$ , D 错误。

11. 解析: (1) 取金属圆环为研究对象, 从刚进入磁场至一半进入磁场的过程中, 由能量守恒定律可知, 环减少的动能全部转化为热能, 设此时的速度为  $v_1$ , 则有

$$Q = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_1^2, \text{ 又因为 } P = \frac{E^2}{R} = \frac{(B \cdot 2rv_1)^2}{R}$$

由以上两式联立, 代入数据解得  $P = 0.36 \text{ W}$ 。

(2) 由楞次定律可知环此时受到的安培力方向向左, 由

$$\text{牛顿第二定律得 } \frac{B^2(2r)^2v_1}{R} = ma$$

$$\text{即 } a = \frac{B^2(2r)^2v_1}{mR} = 6 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2, \text{ 方向向左。}$$

答案: (1)  $0.36 \text{ W}$  (2)  $6 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$ , 方向向左

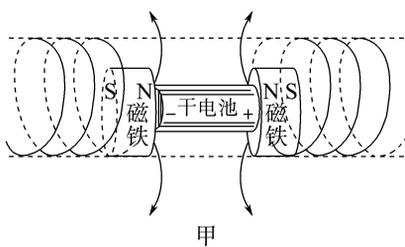
## 课后素养评价(八)

1. D 解析: 在自感现象中, 当电流增大时, 感应电流的方向与原来的电流方向相反, 当电流减小时, 感应电流的方向与原来的电流方向相同, 故选项 A 错误; 自感电动势的大小与电流变化的快慢有关, 与电流变化的大小无关, 故选项 B 错误, D 正确; 自感系数只取决于线圈本身的因素, 与电流变化情况无关, 故选项 C 错误。
2. D 解析: 当开关 S 闭合时, 通过线圈的电流增大, 在线圈中产生自感电动势, 自感电动势阻碍电流的增大, 但“阻碍”不是“阻止”, “阻碍”实质上是“延缓”, 电路中的电流不会立刻变为  $2I_0$ , 但最终仍会增大到  $2I_0$ 。选项 D 正确。
3. C 解析: 由自感规律可知, 在开关断开的瞬间造成灯泡

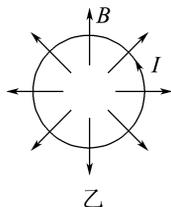
闪亮以及延时的原因是在线圈中产生了与原电流同向的自感电流且大于稳定时通过灯泡的原电流。由题图可知灯泡和线圈构成闭合的自感回路, 与电源无关, A 错误; 造成不闪亮的原因是自感电流不大于稳定时通过灯泡的原电流, 当线圈电阻小于灯泡电阻时才会出现闪亮现象, B 错误, C 正确; 自感系数越大, 产生的自感电动势越大, 但这只会延缓电流衰减的时间, 不会使原电流增大, D 错误。

4. C 解析: S 闭合瞬间, 由于自感线圈相当于断路, 所以两灯是串联, 电流相等, 故 A、B 错误; 闭合开关 S 待电路达到稳定时,  $D_1$  被短路,  $D_2$  比开关 S 刚闭合时更亮, 故 C 正确; S 闭合稳定后再断开开关,  $D_2$  立即熄灭, 但由于线圈的自感作用, L 相当于电源, 与  $D_1$  组成回路,  $D_1$  要闪亮一下再熄灭, 故 D 错误。
5. D 解析: 开关 S 断开前, 通过灯泡 D 的电流是稳定的, 其值为  $1 \text{ A}$ 。开关 S 断开瞬间, 自感线圈的支路由于自感现象会产生与线圈中原电流方向相同的自感电动势, 使线圈中的电流从原来的  $2 \text{ A}$  逐渐减小, 方向不变, 且同灯泡 D 构成回路, 通过灯泡 D 的电流和线圈 L 中的电流相同, 也应该是从  $2 \text{ A}$  逐渐减小到零, 但是方向与原来通过灯泡 D 的电流方向相反, 故选 D。
6. A 解析: 开关 S 闭合瞬间, 因线圈 L 的电流增大, 导致出现自感电动势, 阻碍电流的增大, 则 b、c 先亮, a 后亮, 故 A 正确; 合上开关一会儿后, 因线圈中电流恒定, 则线圈 L 相当于导线, 所以 a、b 一样亮, c 的电流是 a、b 的电流之和, 故 c 比 a、b 更亮, 故 B 错误; 断开开关 S 的瞬间, 由自感的特性可知线圈 L 和 a、b 组成的回路中有电流, 导致 a、b 一起缓慢熄灭, 而 c 没有电流通过, 则马上熄灭, a、b、c 为三个完全相同的灯泡, 因此 a 与 b 的电流是相等的, b 不能闪一下, 故 C、D 错误。
7. B 解析: 开关闭合时, 线圈由于自感对电流的阻碍作用, 此时可看作电阻, 线圈电阻逐渐减小, 并联电路电阻逐渐减小, 电压  $U_{AB}$  逐渐减小; 开关闭合后再断开时, 线圈的感应电流与原电流方向相同, 形成回路, 通过灯泡的电流与原电流方向相反, 并逐渐减小到 0。综上所述可知 B 选项正确。
8. C 解析: 闭合开关的瞬间, 电压直接加到灯泡两端, 所以灯泡立即亮, 故 A 错误; 由于线圈中自感电动势的阻碍, 流过线圈的电流逐渐增大, 闭合开关稳定后, 自感作用消失, 通过灯泡的电流比开始时略小, 但灯泡不会熄灭, 故 B 错误; 闭合开关, 待电路稳定后断开开关, 线圈产生的自感电动势维持自身的电流且逐渐减小, 线圈与灯泡构成自感回路, 电流的方向从右向左流过灯泡, 灯泡逐渐熄灭, 故 C 正确; 由于线圈的直流电阻大于灯泡电阻, 则电路中的电流稳定时灯泡中的电流大于线圈中的电流, 线圈产生的自感电动势维持自身的电流且逐渐减小, 所以灯泡逐渐熄灭, 不会闪亮一下, 故 D 错误。

9. AB 解析: 两磁极间的磁感线如图甲所示:



干电池与磁铁及部分线圈组成了闭合回路, 在两磁极间的线圈中产生电流, 左端磁极的左侧线圈和右端磁极的右侧线圈中没有电流, 中间线圈中电流方向的右视图如图乙所示:



由左手定则可知中间线圈所受的安培力向左, 根据牛顿第三定律有小车受向右的作用力, 但由题意可知, “小车”还受重力、摩擦力等其他力, 则把“小车”从右侧入口完全推入螺线管而处于平衡状态, 未向前运动, 肯定也不会向左运动。若仅将“小车”掉头后从右侧入口完全推入螺线管, 电流反向, 所受安培力反向, 则“小车”可能会向前运动, A 项正确; 若仅将“小车”两端磁铁都反向与电池固定后从右侧入口完全推入, 磁场反向, 安培力反向, “小车”可能会向前运动, B 项正确; 若仅将左端磁铁反向与电源粘连, 则磁感线不会向外发散, “小车”左右两部分受到方向相反的力, 合力为零, 不能运动, C 项错误; 若仅将“小车”放入包有绝缘层的铝制长螺线管中, 在螺线管中不会产生闭合电流, 则“小车”不会受到安培力的作用, 更不能运动, D 项错误。

## 课后素养评价(九)

1. C 解析: 方向随时间周期性变化是交变电流最重要的特征。A、B、D 三个选项中电流大小随时间周期性变化, 但其方向不变, 不是交变电流, 它们是直流电, 故 A、B、D 错误; C 选项中电流符合交变电流的特征, 故 C 正确。
2. BCD 解析: 将线圈水平向右匀速拉出磁场的过程中, 穿过线圈的磁通量均匀减小, 产生的感应电流大小和方向均不变, A 错误。线圈绕垂直于磁感线方向的轴匀速转动时, 穿过线圈的磁通量发生周期性变化, 产生交变电流, B、C 正确。如果磁感应强度按正弦规律发生周期性变化, 而线圈面积不变, 则穿过线圈的磁通量也按正弦规律发生周期性变化, 产生交变电流, D 正确。
3. A 解析: 由题图知, 只有 A、B 图中线圈在切割磁感线, 穿过线圈的磁通量在变化, 从而产生感应电流。但 B 图中线圈在  $t=0$  时产生的感应电动势最大, 不是按正弦规

律变化, 故只有 A 图中线圈产生正弦式交变电动势  $e = BS\omega \sin \omega t$ , A 正确。

4. B 解析: 由  $i-t$  图像可知, 电流的大小在变化, 但电流方向一直为正, 故电流方向不变, 根据交变电流、直流电的定义可知, 该电流是直流电, B 正确。
5. AD 解析: 根据题图位置可知, 线圈平面与磁场方向平行, 感应电流最大。因为  $\frac{\pi}{2\omega} = \frac{T}{4}$ , 在  $0 \sim \frac{\pi}{2\omega}$  时间内线圈转过四分之一周, 感应电流从最大减小为零, 穿过线圈的磁通量逐渐增大, 穿过线圈的磁通量的变化率一直在减小, 故 A、D 正确。
6. ACD 解析: 甲图中能产生交变电流, 乙图中的金属棒不切割磁感线, 不产生感应电动势, 丙图中的折线与矩形线圈的效果是相同的, 丁图中能产生按余弦规律变化的交变电流。
7. B 解析: 从题图乙可以看出,  $t_1$ 、 $t_3$  时刻通过线圈的磁通量最大, 线圈经过中性面位置时线圈中感应电流方向改变, A 错误, B 正确;  $t_2$ 、 $t_4$  时刻通过线圈的磁通量为零, 线圈处于与中性面垂直的位置, 此时感应电动势和感应电流均为最大, 故 C、D 错误。
8. AD 解析: 线圈中  $ab$  和  $cd$  部分的导线在线圈转至任意位置时, 导线与磁场方向均垂直, 若电流恒定, 则所受的安培力大小均相等, 故 A 正确; 线圈中  $ab$  和  $cd$  部分的导线在线圈转至不同位置切割磁感线时, 切割速度与磁场方向的夹角不相同, 则产生的感应电动势的大小不同, 故 B 错误; 汽车减速和制动时, 线圈转动产生的虽然是直流电, 但是电动势的大小是变化的, 故 C 错误; 汽车减速和制动时, 线圈转动产生感应电流, 磁场对线圈中感应电流的安培力将阻碍线圈转动, 从而对制动有辅助作用, 故 D 正确。
9. 解析: (1) 线圈中感应电动势的最大值

$$E_m = NBS\omega = 100 \times \frac{1}{\pi} \times 0.05 \times 100\pi \text{ V} = 500 \text{ V}$$

线圈中感应电动势瞬时值  $e = E_m \sin \omega t$

所以感应电动势瞬时值表达式为  $e = 500 \sin 100\pi t$  (V)。

$$(2) \text{ 交变电流的最大值 } I_m = \frac{E_m}{R+r} = \frac{500}{9+1} \text{ A} = 50 \text{ A}$$

所以交变电流的瞬时值表达式为  $i = 50 \sin 100\pi t$  (A)。

答案: (1)  $e = 500 \sin 100\pi t$  (V) (2)  $i = 50 \sin 100\pi t$  (A)

## 课后素养评价(十)

1. A 解析: 由表达式可知  $I_m = 311 \text{ A}$ , 所以当电流出现峰值时,  $\sin 314t = 1$ , 即从  $t=0$  到第一次电流出现峰值时,  $314t = \frac{\pi}{2}$ ,  $t = 0.005 \text{ s}$ , A 正确。
2. D 解析: 根据交变电流有效值的定义可得:  $I^2 RT = I_1^2 R t_1 + I_2^2 R t_2$ ,  $I^2 R \times 3 \times 10^{-2} = \left(\frac{4}{\sqrt{2}}\right)^2 R \times 10^{-2} + 4^2 R \times 2$

$\times 10^{-2}$ , 解得  $I = \frac{2\sqrt{30}}{3}$  A, D 正确。

3. 解析: (1)  $n = 600$  r/min = 10 r/s

$$\omega = 2\pi n = 20\pi \text{ rad/s}$$

$$E_m = NBS\omega = 100 \text{ V}$$

线圈从中性面开始计时, 故电动势的瞬时表达式为

$$e = 100\sin 20\pi t (\text{V}).$$

(2) 当  $t = \frac{1}{60}$  s 时,  $e = 100\sin\left(20\pi \times \frac{1}{60}\right) \text{ V} = 50\sqrt{3} \text{ V}.$

(3) 线圈在  $\frac{1}{60}$  s 内转过的角度  $\theta = \omega t = \frac{\pi}{3}$  rad

$$\Delta\Phi = BS(1 - \cos\theta) = \frac{2.5}{\pi} \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\bar{E} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 100 \times \frac{\frac{2.5}{\pi} \times 10^{-2}}{\frac{1}{60}} \text{ V} \approx 47.8 \text{ V}.$$

答案: (1)  $e = 100\sin 20\pi t (\text{V})$  (2)  $50\sqrt{3} \text{ V}$

(3) 47.8 V

4. B 解析: 线圈转速为正常工作时的一半, 根据  $\omega = 2\pi n$

知, 线圈转动的角速度变为正常工作时的一半, 根据  $T =$

$$\frac{2\pi}{\omega}, \text{ 得周期变为正常工作时的 2 倍, 又根据 } E_m = NBS\omega$$

知, 电动势最大值变为正常时的一半, 结合我国电网交流

电实际情况, 选项 B 正确。

5. D 解析: 由焦耳定律和有效值概念知, 一个周期内产生

$$\text{的热量 } Q_{\text{总}} = \frac{u_0^2}{R} \cdot \frac{T}{2} + \frac{u_0^2}{R} \cdot \frac{T}{2} = \frac{u_0^2}{R} T, Q_{\text{正}} = \frac{U_{\text{有效}}^2}{R} T =$$

$$\frac{\left(\frac{u_0}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} T = \frac{1}{2} \cdot \frac{u_0^2}{R} T, \text{ 故 } Q_{\text{总}} : Q_{\text{正}} = 2 : 1, \text{ 故 D 正确。}$$

6. B 解析: 由题图知, 甲的周期为 2 s, 乙的周期为 1 s, 所以

$f_{\text{甲}} : f_{\text{乙}} = 1 : 2$ , 选项 A 错误。甲的电动势峰值为

6 V, 乙的电动势峰值为 2 V, 由  $E_m = BS\omega$  可知  $S_{\text{甲}} : S_{\text{乙}} =$

6 : 1, 选项 B 正确。当线圈处于中性面时, 通过线圈的磁通

量最大, 而感应电动势为零; 当线圈处于中性面的垂面位置

时, 通过线圈的磁通量为零, 而感应电动势最大。  $t = 1$  s 和

$t = 2$  s 时, 两线圈均处于中性面位置, 选项 C、D 错误。

7. AC 解析: 感应电动势的峰值  $E_m = NBS\omega$ , 故 A 正确;

正弦式交变电流的有效值  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} NBS\omega$ , 故 B 错

误; 当线圈转到中性面位置时开始计时, 线圈中感应电动

势随时间变化的表达式为  $e = E_m \sin \omega t = NBS\omega \sin \omega t$ ,

当  $\omega t = \frac{\pi}{6}$  时,  $e = \frac{NBS\omega}{2}$ , 故 C 正确; 根据法拉第电磁感

应定律可知, 在线圈转过  $90^\circ$  的过程中, 线圈中感应电动

势的平均值  $\bar{E} = \frac{N\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{NBS}{\frac{\pi}{2\omega}} = \frac{2NBS\omega}{\pi}$ , 故 D 错误。

8. B 解析: 由题图甲可知, 周期  $T = 4 \times 10^{-2}$  s, 则角速度

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4 \times 10^{-2}} \text{ rad/s} = 50\pi \text{ rad/s}, \text{ 电动势最大值 } E_m =$$

$NBS\omega = 100 \text{ V}.$  当线圈转速增加为原来的 2 倍之后, 角速

度  $\omega' = 2\omega = 100\pi \text{ rad/s}$ , 周期变为  $T' = \frac{1}{2} T = 2 \times 10^{-2} \text{ s},$

电动势最大值变为  $E'_m = 2E_m = 200 \text{ V}.$  以线圈平面与磁

场平行时(如题图乙)为计时起点, 电动势瞬时值表达式

为  $e' = E'_m \cos \omega' t = 200 \cos 100\pi t (\text{V})$ , 故 B 正确, A、C、D

错误。

9. 解析: (1) 感应电动势的最大值为

$$E_m = nB\omega S = 100 \times 0.5 \times 2\pi \times (0.1)^2 \text{ V} \approx 3.14 \text{ V}.$$

(2) 转过  $60^\circ$  时的瞬时感应电动势为

$$e = E_m \cos 60^\circ = 3.14 \times 0.5 \text{ V} \approx 1.57 \text{ V}.$$

(3) 由题图所示位置转过  $60^\circ$  的过程中产生的平均感应电动势为

$$\bar{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \frac{BS \sin 60^\circ}{\frac{1}{6} T} = 100 \times \frac{0.5 \times 0.1 \times 0.1 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{6} \times \frac{2\pi}{2\pi}} \text{ V} \approx 2.6 \text{ V}.$$

(4) 电压表示数为外电路电压的有效值

$$U = \frac{E}{R+r} \cdot R = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{R}{R+r} = \frac{3.14}{\sqrt{2}} \times \frac{4}{4+1} \text{ V} \approx 1.78 \text{ V}.$$

答案: (1) 3.14 V (2) 1.57 V (3) 2.6 V (4) 1.78 V

## 课后素养评价(十一)

1. C 解析: 变压器只能对交变电流实现变压, 不能对直流

变压, 故选项 A、D 错误; 由于电压与变压器线圈匝数成

正比, 副线圈匝数多于原线圈匝数的变压器才能实现升

压, 故选项 B 错误, 选项 C 正确。

2. D 3. B

4. AB 解析: 由于电源电压  $U$  不变, 根据理想变压器工作

原理可知, 两电压表示数不变, C、D 错误; 当变阻器滑片  $P$

向上移动时, 变阻器连入电路的电阻减小, 副线圈电路中

电流增大, B 正确; 根据  $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$  可知,  $U_1 I_1 = U_2 I_2$ , 原

线圈中的输入功率增大, 所以电流也增大, A 正确。

5. C 解析: 理想变压器原、副线圈功率相等, 即  $U_1 I_1 = U_2 I_2$ ,

不可能同时使电压升高, 电流增大, A 错误; 原、副线圈匝

数不同, 感应电动势不同, B 错误; 理想变压器不考虑铁

线的“铜损”和铁芯的“热损”, 所以要求线圈无电阻和铁

芯不产生涡流, C 正确; 原、副线圈中匝数少的一边, 电流

大, 绕线粗, 但不一定作为原线圈使用, D 错误。

6. B 解析: 对理想变压器, 当  $c$ 、 $d$  间接上 110 V 电压时,

根据  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  可得  $U_{ab} = 220 \text{ V}$ ; 对滑动变阻器来说, 当  $g$ 、

$h$  间接上 110 V 电压时,  $e$ 、 $f$  间电压  $U_{ef} = 110 \text{ V}$ . 故选

项 B 正确。

7. AC 解析:  $P_{\text{入}} = U_1 I_1 = 220 \times 0.2 \text{ V} = 44 \text{ W}$ , 由  $P_{\text{入}} =$

$P_{出}$ 可知负载功率不能超过44 W, A正确;由 $n_1 I_1 = n_2 I_2$ ,得 $I_2 = 1$  A,故 $I_2$ 不能大于1 A,  $I_2$ 为有效值,故C正确, B、D错误。

8. BCD

9. C 解析:直流电产生的磁场,通过内置线圈的磁通量不变,线圈中不产生感应电动势,即无感应电流,选项A错误;由 $\frac{I_0}{I} = \frac{n}{1}$ 可知,载流导线中电流大小 $I_0 = nI$ ,选项B错误;若钳形部分铁芯没有完全闭合,则通过内置线圈中的磁通量变小,磁通量的变化率也变小,故产生的感应电流变小,测量出的电流将小于实际电流,选项C正确;由 $\frac{I}{I_0} = \frac{n_0}{n}$ 可知,钳形电流测量仪的示数将变大,选项D错误。

10. A 解析:设 $R_2$ 两端电压为 $U$ ,通过 $R_2$ 的电流为 $I$ ,则 $P = UI$ ,根据变压器原副线圈的电压比等于匝数比可知, $R_1$ 两端电压为 $2U$ ,根据 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知, $R_1$ 的电功率为 $4P$ ,该交流电源的输出功率为 $5P$ 。故选A。

11. D 解析:根据焦耳定律可知 $\frac{220^2}{R} \cdot \frac{T}{2} + 0 = \frac{U_1^2}{R} T$ ,可求得电压的有效值 $U_1 = 110\sqrt{2}$  V,由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 可得电压表示数 $U_2 = 11\sqrt{2}$  V, C错误, D正确;  $R$ 处出现火情时,  $R$ 阻值变小,副线圈电流增大,原线圈电流也随之增大,电表表示数增大,但电压表示数不变,故A、B均错误。

12. 解析:(1)原线圈电压的有效值为 $U_1 = \frac{311}{\sqrt{2}}$  V  $\approx 220$  V

由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 得副线圈两端的电压

$$U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = \frac{1}{2} \times 220 \text{ V} = 110 \text{ V}.$$

当 $R = 100 \Omega$ 时,副线圈中电流

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{110}{100} \text{ A} = 1.10 \text{ A}$$

由 $U_1 I_1 = U_2 I_2$ 得原线圈中的电流为

$$I_1 = \frac{U_2}{U_1} I_2 = \frac{110}{220} \times 1.10 \text{ A} = 0.55 \text{ A}$$

由于 $I_1 < I_0$ (熔断电流),故保险丝不会熔断。

(2)设电阻 $R$ 取某一值 $R_0$ 时,原线圈中的电流 $I_1'$ 刚好达到熔断电流 $I_0$ ,即 $I_1' = 1.0$  A,则副线圈中的电流为

$$I_2' = \frac{U_1}{U_2} I_1' = 2 \times 1.0 \text{ A} = 2.0 \text{ A}$$

电阻 $R$ 的阻值为: $R_0 = \frac{U_2}{I_2'} = \frac{110}{2.0} \Omega = 55 \Omega$

此时变压器的输出功率为

$$P_2 = I_2' U_2 = 2.0 \times 110 \text{ W} = 220 \text{ W}$$

可见,要使保险丝 $F$ 不被熔断,电阻 $R$ 的阻值不能小于 $55 \Omega$ ,变压器输出的电功率不能超过 $220 \text{ W}$ 。

答案:(1)不会熔断 (2)  $55 \Omega$   $220 \text{ W}$

## 课后素养评价(十二)

1. C 解析:为减少远距离输电的损耗,可以提高输电的电压,故C项正确;提高输送功率不能减少远距离输电的损耗,减小输电导线的长度的方法不可取,减小输电导线的横截面积反而会增大损耗,故A、B、D错误。

2. C

3. D 解析:输电线上输送的功率一定,根据 $P = UI$ 可知输电电压越高,输电电流越小,若输电电压提高到原来的2倍,则输电线上的电流减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ,根据 $P_{损} = I^2 R$ 可知,输电线上的电能损失为原来的 $\frac{1}{4}$ ,故D正确, A、B、C错误。

4. C 解析:根据电功率公式 $P = UI$ 知,发电机输出电流 $I_1 = \frac{P}{U_1} = 400$  A, A错误;输电线上损失的功率为 $5 \text{ kW}$ ,

由 $P_{线} = I_{线}^2 R_{线}$ ,可得 $I_{线} = \sqrt{\frac{P_{线}}{R_{线}}} = 25$  A, B错误;用户得到的功率为 $P_{用户} = P - P_{线} = 95 \text{ kW}$ ,用户得到的电流

$$I_4 = \frac{P_{用户}}{U_4} = \frac{95\,000 \text{ W}}{220 \text{ V}} = \frac{4\,750}{11} \text{ A},$$

根据理想变压器原、副线圈电流与线圈匝数成反比关系,可得 $\frac{n_3}{n_4} = \frac{I_4}{I_{线}}$

$$\frac{4\,750}{11} \text{ A} = \frac{190}{25} \text{ A} = \frac{190}{11}, \text{ C正确, D错误.}$$

5. C 解析:因为导线的总长度为 $2l$ ,所以损失电压 $U = IR = I \rho \frac{2l}{S}$ ,解得 $S = \frac{2\rho l I}{U}$ ,故选项C正确。

6. C 解析:输电线上损失的功率 $P_{损} = I^2 R_{线} = \frac{U_{损}^2}{R_{线}}$ ,  $U_{损}$ 指输电线上的分压,而不是输电电压,选项C正确。

7. ACD 解析:根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ,  $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ 以及 $n_1 : n_2 = n_4 : n_3$ ,

知 $U_1 : U_2 = U_4 : U_3$ ,故A正确。用户用电器总功率增大时,输送功率变大,输电线上的电流增大,根据 $P_{损} = I^2 r$ 知,输电线上损耗的功率增大,根据 $\Delta U = Ir$ 知,输电线上的电压损失变大;发电机的输出电压 $U_1$ 不变,则升压变压器的输出电压 $U_2$ 不变,降压变压器的输入电压 $U_3$ 变小,用户的电压 $U_4$ 减小,故B错误, C正确。 $\frac{P_{损}}{P} =$

$$\left(\frac{P}{U_2}\right)^2 r = \frac{P}{U_2^2} r, \text{ 输送电压 } U_2 \text{ 和线路电阻 } r \text{ 不变, 所以损耗功率占总功率比例增大, 故D正确.}$$

8. A 解析:设升压变压器原、副线圈匝数分别为 $n_1$ 、 $n_2$ ,降压变压器原、副线圈匝数分别为 $n_3$ 、 $n_4$ ,将降压变压器和用户端所接定值电阻 $R$ 等效为一个电阻 $R_{等效}$ ,则

$$R_{\text{等效}} = \frac{U_3}{I_3} = \frac{\left(\frac{n_3}{n_4}\right)U_4}{\left(\frac{n_4}{n_3}\right)I_4} = \frac{n_3^2}{n_4^2}R. \text{ 发电机转子以角速度 } \omega \text{ 匀}$$

速转动时,产生的电动势的最大值  $E_m = NBS\omega$ ,则升压变压器输入端的电压有效值  $U_1 = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}}$ ,转子角速度增

加一倍,则升压变压器输出端电压为  $U_2 = \frac{n_2}{n_1}U_1$  增加一

倍,根据闭合电路欧姆定律知定值电阻  $R_0$  中的电流变为原来的 2 倍,结合  $P = I_0^2 R_0$  可知,转子角速度增加一倍,

$R_0$  上消耗的功率变为  $4P$ ,选项 A 正确;结合  $P =$

$\left(\frac{U_2}{R_0 + R_{\text{等效}}}\right)^2 \cdot R_0$ ,若  $R_0$  增加一倍,则  $R_0$  上消耗的功

率为  $\left(\frac{U_2}{2R_0 + R_{\text{等效}}}\right)^2 \cdot 2R_0 \neq 4P$ ,选项 B 错误;若升压变

压器的副线圈增加一倍,根据理想变压器变压规律知,升压变压器副线圈两端的电压变为原来的 2 倍,由  $I_0 =$

$\frac{U_2}{R_0 + R_{\text{等效}}}$  可知,定值电阻  $R_0$  中的电流变为原来的 2 倍,

$R_0$  上消耗的功率变为  $4P$ ,选项 C 错误;若在用户端再并

联一个完全相同的电阻  $R$ ,降压变压器和用户端所接定

值电阻的等效电阻变为  $\frac{1}{2}R_{\text{等效}}$ , $R_0$  上消耗的功率变为

$\left(\frac{U_2}{R_0 + \frac{1}{2}R_{\text{等效}}}\right)^2 \cdot R_0 \neq 6P$ ,选项 D 错误。

9.AD 解析:  $\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}, \frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ , 因为  $U_1 = 200 \text{ V} < U_4 =$

$220 \text{ V}, U_2 > U_3 = U_2 - U_{\text{线}}$ , 故  $\frac{n_2}{n_1} > \frac{n_3}{n_4}$ , 选项 B、C 错误, A

正确;由于输电线路上的功率损耗,故升压变压器的输出功率大于降压变压器的输入功率,  $P_{\text{出}} - P_{\text{损}} = P_{\text{入}}$ , 故 D

正确。

10.解析:(1)由  $P = I^2 R$  得  $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$ , 式中  $P$  为线路损耗

功率,  $R$  为线路总电阻, 两条导线总电阻

$$R = \rho \frac{L'}{S} = \rho \frac{2L}{S}$$

$$\text{则 } R = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{4 \times 10^5 \times 2}{4.25 \times 10^{-4}} \Omega = 32 \Omega$$

$$\text{所以 } I = \sqrt{\frac{P}{R}} = 125 \text{ A}$$

因为  $P_{\text{输入}} = P_{\text{输出}}$ , 所以在升压变压器副线圈两端的电压为

$$U_2 = \frac{P_2}{I} = 3.2 \times 10^4 \text{ V}$$

$$\text{故 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{16}.$$

(2)设  $U'_2$  为降压变压器原线圈两端的电压, 则

$$U'_2 = U_2 - IR = 2.8 \times 10^4 \text{ V}.$$

答案:(1)1:16 (2) $2.8 \times 10^4 \text{ V}$

## 易错强化练(三)

1.0.066 2 A 350 V 2.CD 3.B 4.B 5.D 6.D 7.C

8.B 解析:输出功率  $P = 3 \times 10^6 \text{ kW}$ , 输电电压  $U = 500 \text{ kV}$ , 则输电线上输送的电流大小为  $I = \frac{P}{U} = 6 \times$

$10^3 \text{ A}$ , 所以 A 错误;输电线上由电阻造成的电压损失  $\Delta U = Ir = 15 \text{ kV}$ , 所以 B 正确;输电线上损失的功率

$\Delta P_{\text{损}} = \Delta U \cdot I = \frac{P^2}{U^2} r = \frac{(\Delta U)^2}{r}$ , 所以 D 错误;改用  $5 \text{ kV}$

电压输电, 若其损失的功率为  $9 \times 10^8 \text{ kW}$ , 则其损失的功率高于输出功率, 违反能量守恒定律, 所以 C 错误。

9.B 解析:高压输电线上的电流较大, 测量时需把电流变

小, 根据  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ,  $M$ 、 $N$  应接匝数较少的线圈, 故  $a$ 、 $b$  接

$M$ 、 $N$ ,  $c$ 、 $d$  接  $P$ 、 $Q$ , 且  $I_{ab} > I_{cd}$ , 选项 B 正确。

10.解析:(1)由  $P_{\text{出}} = I_{\text{线}} U_{\text{出}}$

$$\text{得 } I_{\text{线}} = \frac{P_{\text{出}}}{U_{\text{出}}} = \frac{10 \times 10^3}{2000} \text{ A} = 5 \text{ A}$$

则输电线上损失的功率  $P_{\text{损}} = I_{\text{线}}^2 R = 5^2 \times 20 \text{ W} = 500 \text{ W}$

损失的电压  $\Delta U = I_{\text{线}} R = 5 \times 20 \text{ V} = 100 \text{ V}$ 。

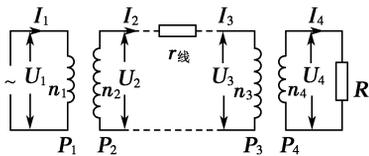
(2)用户得到的电压和功率分别为

$$U_{\text{用}} = U_{\text{出}} - \Delta U = 2000 \text{ V} - 100 \text{ V} = 1900 \text{ V}$$

$$P_{\text{用}} = P_{\text{出}} - P_{\text{损}} = 10 \times 10^3 \text{ W} - 500 \text{ W} = 9500 \text{ W}.$$

答案:(1)500 W 100 V (2)9500 W 1900 V

11.解析:输电线路原理图如图所示。



(1)升压变压器副线圈两端的电压

$$U_2 = \frac{n_2 U_1}{n_1} = 2500 \text{ V}.$$

(2)理想变压器的输出功率  $P_2 = 500 \text{ kW}$

$$\text{输电导线上的电流 } I_2 = \frac{P_2}{U_2} = 200 \text{ A}$$

输电导线上的功率损失为  $P_{\text{损}} = I_2^2 r_{\text{线}} = 60 \text{ kW}$ 。

(3)输电导线上损失的电压  $\Delta U = I_2 r_{\text{线}} = 300 \text{ V}$

降压变压器原线圈两端的电压

$$U_3 = U_2 - \Delta U = 2200 \text{ V}$$

降压变压器原、副线圈的匝数比为  $\frac{n_3}{n_4} = \frac{U_3}{U_4} = \frac{10}{1}$ 。

(4)用户得到的功率  $P_{\text{用}} = P_1 - P_{\text{损}} = 440 \text{ kW}$ 。

答案:(1)2500 V (2)60 kW (3)10:1

(4)440 kW

## 课后素养评价(十三)

1.D 解析:振荡电流最大时,处于电容器放电结束瞬间,

电场强度为零, A 错误; 振荡电流为零时,  $LC$  回路中的振荡电流方向改变, 这时的电流变化最快, 电流变化率最大, 线圈中自感电动势最大, B 错误; 振荡电流增大时, 电容器中的电场能转化为磁场能, C 错误; 振荡电流减小时, 线圈中的磁场能转化为电场能, D 正确。

2.D 解析: 若 A 板带正电, 通过图示电流方向可知电容器在充电, 则振荡电流正在减小, 电容器上的电荷量正在增大, 由  $U = \frac{Q}{C}$  可知 A、B 两板间的电压在增大, 即线圈两端的电压增大, 故 A、C 错误。若电容器在放电, 电流  $i$  应增大, 故 B 错误。根据  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  可知, 若只减小电容  $C$ , 则振荡电路的周期变小, 故 D 正确。

3.D 解析: 由  $LC$  振荡电路的频率公式  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  和平行板电容器电容公式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$  可知, 当增大电容器两极板的正对面积时,  $C$  增大,  $f$  减小。减少极板所带的电荷量, 不影响  $C$ , 即  $f$  不变。在线圈中放入软铁棒,  $L$  增大,  $f$  减小。减少线圈匝数,  $L$  减小,  $f$  增大。故 D 正确。

4.BC 解析: 电子钟变慢, 说明  $LC$  回路的振荡周期变大, 根据公式  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  可知, 振荡电路中电容器的电容变大或线圈的电感变大都会导致振荡电路的周期变大, 故 B、C 正确。

5.BCD 解析:  $LC$  振荡电路周期  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , 电容器电压最大时, 开始放电, 经  $\frac{1}{2}\pi\sqrt{LC}$  时间, 放电结束, 此时电容器电量为零, 电路中电流最大, 磁场最强, 磁场能最大。因为  $q = CU$ ,  $i = \frac{q}{t}$ , 所以  $i = \frac{CU}{\frac{1}{2}\pi\sqrt{LC}}$ , 得  $i = \frac{2U}{\pi}\sqrt{\frac{C}{L}}$ 。

6.C 解析: 从图中电容器两极板的带电情况和电流方向可知电容器正在充电, 故磁场能正在向电场能转化, C 正确。

7.ABC 解析: 在  $LC$  回路中, 电容器充电后向线圈放电发生电磁振荡时, 若将电容器两极板间距离增大, 则其电容减小, 由电磁振荡周期公式  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  得频率为  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , 振荡电流的频率变大, 电容器极板上所带的最大电量总是等于充电时的电量, 保持不变, 根据  $U = \frac{Q}{C}$  可知, 电容减小时, 两极板上的最大电压  $U_m$  变大。因为  $LC$  回路的振荡频率增大, 振荡周期变小, 而极板上所带最大电量不变, 所以在  $\frac{1}{4}T$  内振荡电流的平均值  $\bar{I} = \frac{Q_m}{\frac{1}{4}T} = \frac{4Q_m}{T}$  增大, 因为正弦式交变电流最大电流和平均电流有确定的对应关系, 所以振荡电流的最大值也变大, 故 A、B、C 选项正确, D 错误。故选 ABC。

8.B 解析: 由振荡频率公式  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  可知, 要使频率提高到原来的 2 倍, 则可以减小电容使之变为原来的  $\frac{1}{4}$ , 或减小电感使之变为原来的  $\frac{1}{4}$ , 故 B 正确, A、C、D 错误。

9.A 解析: 根据题意可知, 将开关由  $a$  拨到  $b$  时, 电容器和自感线圈组成回路, 此回路为振荡电路, 产生周期性迅速变化的振荡电流。电容器刚开始放电, 由于电容器上极板带正电, 故电流为逆时针, 电场能向磁场能转化, 电流越来越大, 当电容器的电量为 0 时, 电流最大, 其后磁场能向电场能转化, 电容器反向充电, 电流越来越小, 电流为 0 时, 充电完成, 此时, 电容器下极板带正电, 之后开始反向放电, 电流为顺时针, 电场能向磁场能转化, 电流越来越大, 当电容器的电量为 0 时, 电流最大, 其后磁场能向电场能转化, 电容器正向充电, 电流越来越小, 电流为 0 时, 充电完成。在电场能转化为磁场能以及磁场能又再次转化为电场能的周期性变化过程中, 电路不断向外辐射电磁波, 电路中的能量在耗散, 最大电流越来越小。综上所述, A 正确。

10.解析: 由  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , 得  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{1000} \text{ s} = 2\pi \times 10^{-3} \text{ s}$

又因  $T = 2\pi\sqrt{LC}$

得  $C = \frac{T^2}{4\pi^2 L} = \frac{(2\pi \times 10^{-3})^2}{4\pi^2 \times 50 \times 10^{-3}} \text{ F} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ F}$

因振荡电流最大值  $I_m = 0.14 \text{ A}$

所以有效值为  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{0.14}{1.4} \text{ A} = 0.10 \text{ A}$ 。

答案:  $2.0 \times 10^{-5} \text{ F}$   $0.10 \text{ A}$

11.解析:  $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{1 \times 10^{-3} \times 556 \times 10^{-12}} \text{ s} \approx 4.68 \times 10^{-6} \text{ s}$

$LC$  振荡电路周期即其发射的电磁波的周期, 电容器极板上所带电荷量由最大变为零, 经过的最短时间为  $\frac{T}{4}$ ,

则  $t = \frac{T}{4} = 1.17 \times 10^{-6} \text{ s}$ 。

答案:  $4.68 \times 10^{-6} \text{ s}$   $1.17 \times 10^{-6} \text{ s}$

## 课后素养评价(十四)

1.A 解析: 由于电容器始终跟电源相连, 两极板间电压不变, 根据  $E = \frac{U}{d}$  可知在  $d$  缓慢增大时,  $E$  是非均匀变化的, 因此在其周围会产生变化的磁场。故 A 正确。

2.C 解析: 由题图可知, 磁场均匀增强, 根据麦克斯韦电磁场理论, 均匀变化的磁场产生恒定的电场, 即电场强度  $E$  不变, 故 C 正确。

3.B 解析: 电磁波是横波, 机械波既有横波也有纵波; 电磁波可以在真空中传播, 而机械波的传播需要介质, 不

能在真空中传播;电磁波在真空中的速度是恒定的,在不同介质中的速度不同,机械波的波速受介质的影响,在不同介质中波速一般是不同的;电磁波与机械波都能传输能量。故选项 B 正确。

4.A 解析:电磁波是交替变化的电磁场由发生区域向远处的传播,在真空中的传播速度是  $3 \times 10^8$  m/s,在其他介质中的传播速度小于  $3 \times 10^8$  m/s,电磁波在传播的过程中,频率  $f$  不变,由  $v = \lambda f$  可知传播速度变小时,波长变短,故 A 正确,B、C、D 错误。

5.ACD 解析:电磁波可以传递信息,声波也能传递信息,A 错误;手机在通话时,涉及的波既有电磁波又有声波,B 正确;太阳光中的可见光的传播速度远大于医院“B超”中的超声波的传播速度,C 错误;遥控器发出的红外线波长大于医院“CT”中的 X 射线波长,故 D 错误。

6.B 解析:所有的物体都能发出红外线,高温物体的红外线辐射比低温物体的强,侦察卫星上装的遥感照相机,实际上是红外线探测器,它能在较冷的背景下探测出较热物体的红外线辐射,这是红外线摄影的基础。再者,红外线波长比其他电磁波(如可见光、紫外线、X 射线)的波长长,有较好的穿透云雾的能力,故 B 正确。其他选项中的电磁波不具备以上特点,故 A、C、D 错误。

7.C 解析:紫外线有显著的生理作用,杀菌能力较强,是由于紫外线频率较高,具有较高的能量,并不是因为热效应,在医疗上有其应用,但是过多地接受紫外线的照射,对人体来说也是有害的,A、D 错误;并不是所有的高温物体发出的光都含有紫外线,B 错误;紫外线有很强的荧光效应,可用来验伪,C 正确。

8.D 解析:紫外线有较强的荧光作用,能使荧光物质发出荧光,验钞机发出的是紫外线;红外线波长较长,容易发生衍射,能很方便地遥控家用电器。故 D 正确。

9.BD 解析:紫外线具有杀菌消毒的作用,X 射线穿透能力较强,因此医院里常用紫外线对病房和手术室进行消毒,用 X 射线透视人体;在人造地球卫星上对地球进行拍摄是利用红外线的衍射能力较强,容易透过云雾烟尘的特点,所以 B、D 正确。

10.ABC 解析:电磁波传播不需要介质,而声波属于机械波,声波传播离不开介质,A 正确;电磁波在空气中的速度接近光在真空中的速度,进入水中后速度变小,而声波进入水中后速度反而比在空气中大,B 正确;由  $v = \lambda f$ ,电磁波或声波由一种介质进入另一种介质时,频率不变,可见波速  $v$  与波长  $\lambda$  成正比,C 正确,D 错误。

11.CD 解析:因为玻璃圆环所在处有均匀变化的磁场,在周围产生稳定的涡旋电场,对带正电的小球做功。由楞次定律,判断电场方向为顺时针方向。在电场力的作用下,小球先沿逆时针方向做减速运动,后沿顺时针方向做加速运动。小球在水平面内沿轨迹半径方向受两个力作用:环的弹力  $F_N$  和磁场的洛伦兹力  $f = Bqv$ ,而且

两个力的矢量和时刻等于小球做圆周运动的向心力。考虑到小球速度大小的变化和方向的变化以及磁场强弱的变化,弹力  $F_N$  和洛伦兹力  $f$  不一定始终在增大。磁场力始终与圆周运动的线速度方向垂直,所以磁场力对小球不做功。故选项 C、D 正确。

12.BC 解析:A 图中的上图磁场是稳定的,由麦克斯韦的电磁场理论可知周围空间不会产生电场,A 图中的下图是错误的。B 图中的上图是均匀变化的电场,应该产生恒定的磁场,下图的磁场是恒定的,所以 B 图正确。C 图中的上图是振荡的磁场,它能产生同频率的振荡电场,且相位相差  $\frac{\pi}{2}$ ,C 图是正确的。D 图的上图是振荡的电场,在其周围空间产生振荡的磁场,但是下图中的图像与上图相比较,相位相差  $\pi$ ,故 D 图错误。所以只有 B、C 两图正确。

## 课后素养评价(十五)

1.B 解析:要增大无线电波向空间发射电磁波的能力,必须提高其振荡频率,即减小  $L$  或减小  $C$ ,要减小  $L$ ,可通过减小线圈匝数、向外抽铁芯的方法;要减小  $C$ ,可采用增大板间距、减小极板正对面积、减小介电常数的办法。故 B 正确。

2.B 解析:比较有效地发射电磁波的装置应该有调制电路、高频振荡电路和开放振荡电路。调制电路是把需要发射的信号加载在高频电磁波上才能发射出去,高频振荡电路能产生高频电磁波,开放振荡电路能把电磁波发送得更远。调谐电路是在接收端需要的电路。故 B 正确。

3.BD 解析:由  $c = \lambda f$  可判定,电磁波频率越高,波长越短,衍射性越差,不易沿地面传播,而跟光的传播相似,沿直线传播,故选项 B 正确,A 错误;电磁波在介质中传播时,频率不变,而传播速度改变,由  $v = \lambda f$ ,可判断波长改变,故选项 C 错误;由于同步卫星相对地面静止在赤道上空约 36 000 km 高的地方,用它作为微波中继站,只要有 3 颗互成  $120^\circ$  的同步卫星,就几乎可覆盖全球,故选项 D 正确。

4.解析:发生电谐振时两电路的固有频率相同。为使回路发生电谐振,可以改变可变电容器  $C_2$ ,使  $f_2 = f_1$ ,即

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

$$C_2 = \frac{L_1 C_1}{L_2} = \frac{40 \times 200}{160} \text{ pF} = 50 \text{ pF}$$

发生电谐振时的频率

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \approx 1.78 \times 10^6 \text{ Hz} = 1.78 \text{ MHz}$$

答案:改变可变电容器  $C_2$  的电容,使得  $C_2$  为 50 pF 1.78 MHz

5.A 解析:电磁波均为横波,A正确;电磁波的传播不需要介质,故电磁波可以在真空中传播,B错误;根据电磁波波谱可知无线电波波长比可见光的波长更长,C错误;折射、反射、干涉和衍射均为波的特性,D错误。

6.C 解析:电磁波的接收过程是调谐—解调—放大—显示,故C正确。

7.C 解析:调频与调幅都是用高频载波发送信号,但是原理不同,故A错误;解调是接收电磁波过程中的步骤,是将低频信号从高频载波信号中分离出来的过程,故B错误;用手机与其他用户通话时,要靠较大的固定的无线电台转送信号,故C正确;调谐是将接收电路的频率调至与电磁波的频率相同,故D错误。

8.AD 解析:调制是把低频信号加到高频电磁波上增强发射能力,频率变大,即辐射本领变强,A符合题意;电磁波在空气中的波速接近光速,传播速度不变,B不符合题意;根据 $v=\lambda f$ 可知,速度不变的情况下,频率改变,则波长必然改变,C不符合题意;要把电磁波有效地发射出去,必须有足够高的频率,经过调制之后的波具有较高频率,从而把我们告知对方的信息有效地传递出去,D符合题意。

9.CD 解析:当调谐电路的固有频率等于被接收电磁波的频率时,发生电谐振后才能较好地收到电台信号。题图调谐电路收不到信号的原因是调谐电路的固有频率低,由 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 知,在调节C无法满足的情况下,可减小L以提高f,故选项C、D正确。

10.A 解析:根据密绕匝数多的线圈电感大、疏绕匝数少的线圈电感小,B、D选项错误;根据 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 可知,电感越大,回路固有频率越小,C选项错误;根据 $\lambda=\frac{c}{f}$ 可知,频率越小,波长越长,A选项正确。

11.解析:由 $c=\lambda f$ 可得电磁波的振荡频率

$$f=\frac{c}{\lambda}=\frac{3\times 10^8}{20\times 10^{-2}}\text{ Hz}=1.5\times 10^9\text{ Hz}$$

电磁波在雷达发射相邻两个脉冲间隔时间内传播的距离

$$s=c\Delta t=c\left(\frac{1}{n}-t\right)=3\times 10^8\times\left(\frac{1}{5000}-0.02\times 10^{-6}\right)\text{ m}\approx$$

$$6\times 10^4\text{ m}$$

$$\text{所以雷达的最大侦察距离 }s'=\frac{s}{2}=3\times 10^4\text{ m}=30\text{ km}.$$

答案: $1.5\times 10^9\text{ Hz}$  30 km

## 课后素养评价(十六)

1.BC 解析:传感器是指能够感受诸如力、温度、光、声、化学成分等非电学量,并能把它们按照一定的规律转换为电压、电流等电学量的元件。发光二极管是将电能转化为光能的元件,不是传感器,选项A错误;热敏电阻的温度变化时,其电阻会发生变化,能把热学量转换成电学量,可作为传感器,

选项B正确;霍尔元件能够把磁感应强度这个非电学量转换成电压这个电学量,可作为传感器,选项C正确;干电池是一种电源,不是传感器,选项D错误。

2.AD 解析:传感器是能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置,一般由敏感元件和处理电路组成,选项A正确;敏感元件的功能是把非电学量转换成电学量,便于处理电路进行处理,选项B错误;半导体元件光敏电阻阻值随光照增强而变小,正温度系数半导体热敏电阻阻值随温度升高而增大,选项C错误;干簧管属于磁敏元件,是由磁场控制的自动开关,选项D正确。

3.ABC 解析:由题目中的实验现象可知,钨丝的电阻阻值随温度的升高而增大,随温度的降低而减小,利用该物理特性可以制成温度传感器,传感器能够把温度这个热学量转换为电阻这个电学量,故A、B、C正确,D错误。

4.D 解析: $0\sim t_1$ 时间段, $I$ 不变,说明压敏电阻所受压力不变或不受压力,小车做匀加速直线运动或匀速直线运动; $t_1\sim t_2$ 时间段, $I$ 线性增大,压敏电阻所受压力逐渐增大,小车做加速度逐渐增大的加速运动,至 $t_2$ 时刻加速度达到一定值; $t_2\sim t_3$ 时间段,电流大于前一阶段,且电流不变,说明此阶段压敏电阻所受压力更大,且压力不变,根据 $F=ma$ ,可知加速度不变,小车做匀加速直线运动。故D选项正确。

5.C 解析:检测三聚氰胺的方法为酶标法,所以其原理是利用了生物酶,应为生物传感器。故C正确。

6.C 解析:物理传感器利用的是物理效应,比如光电效应、磁电效应等,能将被测信号量的微小变化转换成电信号。本题中当弦振动时,线圈中产生感应电流,把声音这种非电学量转换为电流这种电学量,属于声音传感器;尼龙材料不是磁性物质,其振动无法让线圈产生感应电流。故C正确,A、B、D错误。

7.A 解析:当人将手机靠近耳朵附近接听电话时,改变了手机的位置,并且耳朵可能挡住了光线,所以可能用到的传感器为光传感器和位移传感器,故A正确;当人将手机靠近耳朵附近接听电话时,没有磁场的变化,也没有产生特别的压力,故B、C、D错误。

8.BD 解析:当温度升高时,电路中的热敏电阻的阻值减小,由闭合电路欧姆定律可知,电路中的电流增大,导致灯泡变亮。

9.C 解析:金属热电阻的阻值随温度的升高而增大,但灵敏度较差,而热敏电阻的阻值随温度的升高变化明显,灵敏度高,故选项C正确。

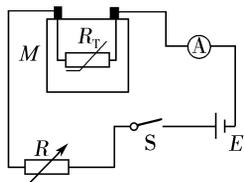
10.BD 解析:由题图甲可知,该传感器的电导与酒精蒸气的浓度成正比,则传感器的电阻与气体中酒精蒸气的浓度成反比,故A错误;因为酒精蒸气的浓度越大,传感器的电阻越小,电路中的电流越大,电流表指针偏转的角度越大,路端电压越小, $R_0$ 两端电压越大,故B正确,

C 错误;若电源用的时间长了,内阻变大,则所测酒精浓度相同时总电阻变大,电流变小,测量的浓度变小,故 D 正确。

11. 解析:(1)该实验中没有电压表,可以应用等效替代法测热敏电阻的阻值,改变电阻箱接入电路的阻值,保持电路中的电流不变,则电路中总电阻不变,因此应把电源、毫安表、热敏电阻、电阻箱、开关串联接入电路,电路图见答案图。

(2)当电路中电流不变时,电路中的总电阻保持不变,因而,热敏电阻和电阻箱的阻值之和不变,由电阻箱的读数即可求出不同温度下  $R_T$  的阻值。

答案:(1)如图所示:

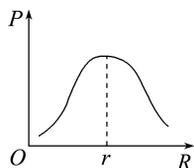


(2)④电阻箱的阻值  $R_0$  ⑤仍为  $I_0$  电阻箱的阻值  $R_1$   
⑥  $R_0 - R_1 + 150 \Omega$

## 课后素养评价(十七)

1.D 2.ABD 3.D 4.ACD

5.C 解析:题图中光敏电阻  $R_1$  与  $R_2$  串联后与  $R_3$  并联,最后与  $R_1$  串联。白天光照强,光敏电阻的阻值小,光敏电阻支路的电阻值小,电路中的总电阻也小,所以电路中的总电流较大,则流过电阻  $R_1$  的电流值也大,故 A 错误。该控制电路利用了电流的磁效应,故 B 错误。白天流过  $R_3$  的电流值小,则衔铁没有被吸引,照明电路断开;晚上流过  $R_3$  的电流值大,则衔铁被吸引,照明电路接通,所以该控制电路能实现灯泡晚上亮、白天不亮的功能,故 C 正确;电源的输出功率随外电阻的变化图像如下图所示,当内、外电阻相等时,电源输出功率最大,由于不知道内、外电阻的大小关系,所以不能判断输出功率的变化,故 D 错误。



6. 解析:开关 K 未按下前,S 为断开,有电流经过发光二极管,故发光二极管是发光的。当按下开关 K 后,延时开关 S 闭合,二极管和电阻 R 被短路,二极管不发光,由于延时开关 S 约 1 min 后断开,故电灯 L 能持续发光 1 min,由于 R 为限流电阻,且二极管只要有很小的电流通过

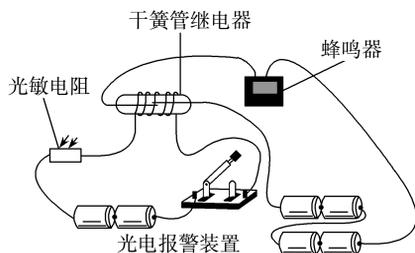
就能发光,故应满足  $R \gg R_L$ 。

答案:发光的 1 熄灭的  $\gg$

7. 解析:工作原理:当温度低于设计值时热敏电阻阻值大,通过电磁继电器的电流不能使它工作,电热丝被接通加热。当温度达到设计值,热敏电阻阻值减小到某一值时,通过电磁继电器的电流达到工作电流,电热丝被断开,停止加热。

答案:端点 P、Q 应接在触头 a、b 之间;端点 M、N 应接在触头 e、f 之间

8. 解析:电池、光敏电阻与开关及干簧管继电器开关外面线圈的两个接线头构成一个回路;而另一组电池、蜂鸣器与干簧管继电器开关里面的两个接线头构成另一个回路。当有光照时,光敏电阻变小,使得干簧管继电器开关存在磁场,导致开关接通,最终使得蜂鸣器发声,电路图如答案图所示。



答案:见解析图

9. 解析:(1)接上电源, $S_2$  自动闭合,同时手动闭合  $S_1$ ,这时黄灯短路,红灯亮,电饭煲处于加热状态。加热到  $80^\circ\text{C}$  时, $S_2$  自动断开, $S_1$  仍闭合;饭煮熟后,温度升高到  $103^\circ\text{C}$  时, $S_1$  自动断开,黄灯亮,电饭煲处于保温状态,由于散热,待温度降至  $70^\circ\text{C}$  时, $S_2$  自动闭合,电饭煲重新加热,温度达到  $80^\circ\text{C}$  时, $S_2$  又自动断开,再次处于保温状态,如此循环。

(2)加热时电饭煲消耗的电功率  $P_1 = \frac{U^2}{R_{\text{并}}}$ ,保温时电饭煲

消耗的电功率  $P_2 = \frac{U^2}{R_1 + R_{\text{并}}}$ ,两式中  $R_{\text{并}} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} =$

$$\frac{500 \times 50}{500 + 50} \Omega = \frac{500}{11} \Omega, \text{ 故 } \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1 + R_{\text{并}}}{P_{\text{并}}} = \frac{500 + \frac{500}{11}}{\frac{500}{11}} = \frac{12}{1}。$$

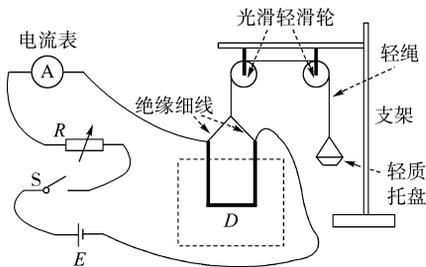
(3)如果不闭合  $S_1$ ,开始时  $S_2$  是闭合的, $R_1$  被短路,功率为  $P_1$ ;当温度上升到  $80^\circ\text{C}$  时, $S_2$  自动断开,功率降为  $P_2$ ;温度降低到  $70^\circ\text{C}$ , $S_2$  自动闭合……温度只能在  $70 \sim 80^\circ\text{C}$  之间变化,不能将饭煮熟。

答案:见解析

## 章末质量评估(一)

1.D 2.A 3.B 4.D 5.D 6.D 7.D 8.AC 9.AC  
10.BC

11.解析:(1)如图所示。



(2)本题考查安培力作用下物体的平衡问题,金属框平衡时测量才有意义,故应使D重新处于平衡状态;两次细沙的重力差与D的底边所受安培力大小相等,安培力与电流大小有关,故还需读出电流表的示数I。

(3)两次细沙的重力差与D的底边所受安培力大小相等,即

$$IlB = |m_2 - m_1|g$$

所以磁感应强度

$$B = \frac{|m_2 - m_1|g}{Il}$$

(4)磁感应强度方向垂直纸面向外时,根据左手定则和磁感应强度的方向可判断 $m_1$ 和 $m_2$ 的关系为 $m_2 > m_1$ 。

答案:(1)见解析图 (2)重新处于平衡状态 电流表的示数I (3) $\frac{|m_2 - m_1|g}{Il}$  (4) $m_2 > m_1$

12.解析:(1)在匀强磁场中,带电粒子做圆周运动。设在 $x \geq 0$ 区域,运动半径为 $R_1$ ;在 $x < 0$ 区域,运动半径为 $R_2$ 。由洛伦兹力公式及牛顿运动定律得

$$qB_0 v_0 = m \frac{v_0^2}{R_1}$$

$$q\lambda B_0 v_0 = m \frac{v_0^2}{R_2}$$

粒子速度方向转过 $180^\circ$ 时,所需时间 $t_1$ 为

$$t_1 = \frac{\pi R_1}{v_0}$$

粒子再转过 $180^\circ$ 时,所需时间 $t_2$ 为

$$t_2 = \frac{\pi R_2}{v_0}$$

联立各式得,所求时间为

$$t_0 = t_1 + t_2 = \frac{\pi m}{B_0 q} \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right)$$

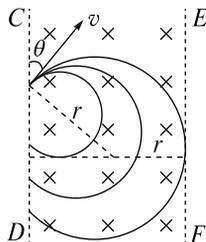
(2)由几何关系及以上各式得,所求距离为

$$d = 2(R_1 - R_2) = \frac{2mv_0}{B_0 q} \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)$$

答案:(1) $\frac{\pi m}{B_0 q} \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right)$  (2) $\frac{2mv_0}{B_0 q} \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)$

13.解析:电子速率不同,其轨迹半径也不同,随着速率增加,其轨迹构成如图所示的一簇动态圆,可知为使电子

从EF边界射出,轨迹半径至少大于与EF边界相切的圆的半径。



对于恰好相切的轨迹圆,由几何关系得 $r + r \cos \theta = l$

$$\text{又因为 } qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{所以 } v = \frac{Bqr}{m} = \frac{Bql}{m(1 + \cos \theta)}$$

为使电子从EF边界射出,其速率 $v > \frac{Bql}{m(1 + \cos \theta)}$ 。

答案: $v > \frac{Bql}{m(1 + \cos \theta)}$

14.解析:(1)粒子在平行金属板间做类平抛运动,有

$$t = \frac{l}{v}, Eq = ma$$

在沿电场方向上,有

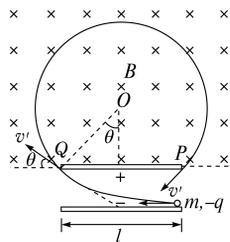
$$\frac{l}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2$$

$$\text{解得 } E = \frac{mv^2}{ql}$$

(2)粒子射出电场时沿电场方向的速度

$$v_y = \frac{qE}{m} t = v$$

则进入磁场时的速度 $v' = \sqrt{v^2 + v_y^2} = \sqrt{2}v$ ,速度与水平方向的夹角为 $\theta = 45^\circ$ ,粒子在磁场中的运动轨迹如图所示:



根据几何关系,得 $r = \frac{\sqrt{2}l}{2}$

$$\text{根据 } qv'B = m \frac{v'^2}{r} \text{ 得 } B = \frac{mv'}{qr}$$

$$\text{解得 } B = \frac{2mv}{ql}$$

答案:(1) $\frac{mv^2}{ql}$  (2) $\frac{2mv}{ql}$

15.解析:(1)粒子速度方向与磁场方向垂直,做匀速圆周运动,洛伦兹力提供向心力 $q_0 vB = m \frac{v^2}{R}$

$$\text{解得轨道半径 } R = \frac{mv}{q_0 B}$$

$$\text{圆周运动的周期 } T = \frac{2\pi R}{v}$$

将  $R$  代入得  $T = \frac{2\pi m}{q_0 B}$

则周期  $T$  与质量  $m$  的关系为  $T = \frac{2\pi}{q_0 B} \cdot m$ 。

(2) ①由题意知粒子 1 做匀速圆周运动, 线速度大小为

$$v_1 = \omega R = \frac{\theta}{t} R$$

粒子 2 做匀速直线运动, 速度大小为  $v_2 = \frac{d}{t}$

$$\text{所以速度大小之比 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{\theta R}{t}}{\frac{d}{t}} = \frac{\theta R}{d}$$

即  $v_1 : v_2 = \theta R : d$ 。

②对粒子 1, 由洛伦兹力提供向心力有  $qv_1 B = m \frac{v_1^2}{R}$

可得  $m = \frac{qBR}{v_1}$

粒子 2 的动量大小  $p_2 = mv_2$

结合前面的分析可得  $p_2 = \frac{qBR}{v_1} \cdot v_2 = \frac{qBR \cdot d}{\theta R} = \frac{qBd}{\theta}$ 。

答案: (1)  $\frac{2\pi}{q_0 B} \cdot m$

(2) ①  $\theta R : d$     ②  $\frac{qBd}{\theta}$

## 章末质量评估(二)

1.D 2.A 3.C 4.C 5.C 6.B 7.D 8.AC 9.AB

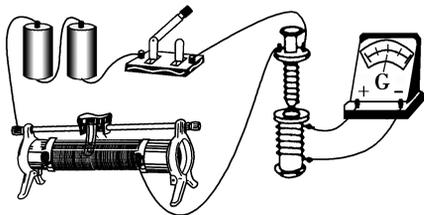
10. AD 解析: 在  $ef$  边进入磁场而  $gh$  边未进入磁场的过程中, 线框受到沿传送带平面向上的安培力  $Bil$  和沿传送带平面向下的重力分力  $mg \sin \theta$ 。若线框相对传送带滑动, 则滑动摩擦力为  $\mu mg \cos \theta$ , 而  $\mu = \tan \theta$ , 故  $\mu mg \cos \theta = mg \sin \theta$ , 已知线框受到的安培力  $Bil > 2mg \sin \theta$ , 即  $Bil > mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$ , 因此线框将相对传送带向上滑动, 滑动摩擦力方向沿传送带平面向下。线框在沿传送带平面的安培力、重力分力、摩擦力作用下做减速运动。在  $gh$  边进入磁场到  $ef$  边离开磁场的过程中, 因线框速度小于传送带速度, 故其所受滑动摩擦力方向沿传送带平面向下, 又因该过程线框不受安培力, 所以其在沿传送带平面的滑动摩擦力和重力分力作用下做匀加速直线运动, 设线框加速度为  $a$ , 根据牛顿第二定律有  $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma$ 。综上分析可知, 当  $gh$  边刚进入磁场时, 线框有最小速度  $v_{\min}$ ,  $ef$  边离开磁场时速度恰好为  $v_0$ , 则有  $v_0^2 - v_{\min}^2 = 2a(d-l)$ , 联立解得  $v_{\min} = \sqrt{v_0^2 - 4g(d-l) \sin \theta}$ , 故 A 正确; 在  $ef$  边进入磁场到  $gh$  边进入磁场的过程中, 由动能定理有  $mgl \sin \theta + \mu mgl \cos \theta + W_{\text{安}} = \frac{1}{2} mv_{\min}^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$ , 则该过程产生的焦耳热  $Q = -W_{\text{安}} = 2mgd \sin \theta$ , 在  $ef$  边离开磁场到  $gh$  边离开磁场的过程中, 线框产生的焦耳热也为  $Q$ , 因此, 线框穿过磁场区域产生的焦耳热为

$4mgd \sin \theta$ , 故 B 错误; 设  $ef$  边进入磁场到  $gh$  边进入磁场的的时间为  $t_1$ , 根据闭合电路欧姆定律得  $I = \frac{Blv}{R}$ , 根据动量定理有  $mg \sin \theta \cdot t_1 + \mu mg \cos \theta \cdot t_1 - \sum Bil \Delta t = mv_{\min} - mv_0$ , 其中  $\sum Bil \Delta t = \sum B \frac{Blv}{R} l \Delta t = \frac{B^2 l^2}{R} \sum v \Delta t = \frac{B^2 l^2}{R} \cdot l = \frac{B^2 l^3}{R}$ , 设  $gh$  边进入磁场到  $ef$  边离开磁场的的时间为  $t_2$ , 有  $v_0 - v_{\min} = at_2$ , 因为从  $ef$  边离开磁场到  $gh$  边离开磁场所用时间也为  $t_1$ , 所以线框穿过磁场区域的总时间  $t = 2t_1 + t_2$ , 联立解得  $t = \frac{2B^2 l^3 + mR [\sqrt{v_0^2 - 4g(d-l) \sin \theta} - v_0]}{2mgR \sin \theta}$ , 故 C 错误;  $ef$  边从进入到离开磁场区域的时间  $t' = t_1 + t_2$ , 该段时间内传送带移动的距离  $s = v_0 t' = \frac{B^2 l^3 v_0}{2mgR \sin \theta}$ , 故 D 正确。

11. 解析: (1) 将电源、开关、滑动变阻器、小螺线管串联成一个回路, 再将灵敏电流表与大螺线管串联成另一个回路, 如答图所示。

(2) 依照楞次定律及灵敏电流表的指针偏转方向与流过它的电流方向之间的关系来判定, ①中指针向右偏转一下, ②中指针向左偏转一下。

答案: (1) 如图所示:



(2) ①向右    ②向左

12. 解析: (1) 由题图乙可知,  $h_1 = 0.05 \text{ m}$  时杆刚要进入磁场, 所以杆刚进入磁场时的速度  $v = \sqrt{2gh_1} = 1 \text{ m/s}$  回路中的电动势  $E = Blv$

杆中的电流  $I = \frac{E}{R_{\#}}$

其中  $R_{\#} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

则安培力  $F = IlB = \frac{B^2 l^2 v}{R_{\#}}$

杆刚进入磁场时的加速度  $a = -g = -10 \text{ m/s}^2$

由牛顿第二定律得  $mg - F = ma$

联立解得  $B = \sqrt{\frac{2mgR_{\#}}{l^2 v}} = 2 \text{ T}$ 。

(2) 杆在磁场中运动产生的平均感应电动势

$$\bar{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t}$$

其中  $\Delta S = l(x - h_1)$ ,  $x = 0.2 \text{ m}$

杆中的平均电流  $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R_{\#}}$

通过杆的电荷量

$$q = \bar{I} \cdot \Delta t = \frac{\bar{E}}{R_{\#}} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R_{\#}} = \frac{B \cdot \Delta S}{R_{\#}} = 0.15 \text{ C}.$$

答案:(1)2 T (2)0.15 C

13.解析:(1)整个过程磁通量的变化量

$$\Delta \Phi = BS = \pi BR^2$$

$$\text{所用的时间 } \Delta t = \frac{2R}{v}$$

$$\text{根据法拉第电磁感应定律得 } \bar{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\pi BRv}{2}$$

$$\text{则平均电流 } \bar{I} = \frac{\bar{E}}{r} = \frac{\pi BRv}{2r}.$$

(2)通过  $r$  的电荷量

$$q = \bar{I} \Delta t = \frac{\pi BR^2}{r}.$$

(3)当  $MN$  通过圆形导轨中心时,切割磁感线的有效长度最大,  $l = 2R$ , 根据导体切割磁感线产生的电动势公式得  $E' = Blv = 2BRv$

此时通过  $r$  的电流

$$I' = \frac{E'}{r} = \frac{2BRv}{r}.$$

$$\text{答案:(1)} \frac{\pi BRv}{2r} \quad \text{(2)} \frac{\pi BR^2}{r} \quad \text{(3)} \frac{2BRv}{r}$$

14.解析:(1)金属棒  $OA$  切割磁感线产生感应电动势,相当于电源,根据右手定则可知,  $A$  端相当于电源正极,故与  $a$  点相接的是电压表的“正极”。

$$(2) \text{由电磁感应定律得 } U = E = \frac{1}{2} BR^2 \omega$$

$$v = \omega r = \frac{1}{3} \omega R$$

$$\text{所以 } v = \frac{2U}{3BR} = 2 \text{ m/s}.$$

(3)根据能量守恒定律可得,下落过程中铝块损失的机械能  $\Delta E = mgh - \frac{1}{2} mv^2$

$$\text{解得 } \Delta E = 0.5 \text{ J}.$$

答案:(1)正极 (2)2 m/s (3)0.5 J

15.解析:(1) $a$ 、 $b$  分离后,当导体棒  $a$  的速度大小为 10 m/s 时,根据法拉第电磁感应定律有  $E = BLv$

$$\text{通过 } a \text{ 的电流 } I_1 = \frac{E}{R}$$

解得  $I_1 = 500 \text{ A}$ 。

(2)规定水平向右为正方向,  $a$  从  $MM'$  运动至  $b$  位置过程中,由安培力提供加速度,则  $BIL = m_a a_1$

$$a、b \text{ 间初始距离 } x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

碰撞前  $a$  的速度  $v_1 = a_1 t_1$

解得  $a_1 = 250 \text{ m/s}^2, t_1 = 0.1 \text{ s}, v_1 = 25 \text{ m/s}$

$a$  与  $b$  碰撞过程中系统动量守恒,有  $m_a v_1 = (m_a + m_b) v_2$

$$\text{储存的弹性势能为 } E_p = \frac{1}{2} m_a v_1^2 - \frac{1}{2} (m_a + m_b) v_2^2$$

解得  $v_2 = 5 \text{ m/s}, E_p = 500 \text{ J}$

$a、b$  碰后一起运动至  $NN'$  过程中  $x_2 = 5 \text{ m} - 1.25 \text{ m} = 3.75 \text{ m}$

由安培力提供加速度有  $BIL = (m_a + m_b) a_2$

$$\text{位移为 } x_2 = v_2 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

分离前速度为  $v_3 = v_2 + a_2 t_2$

解得  $a_2 = 50 \text{ m/s}^2, t_2 = 0.3 \text{ s}, v_3 = 20 \text{ m/s}$

$a、b$  分离过程,由动量守恒定律有

$$(m_a + m_b) v_3 = m_a v_4 + m_b v_5$$

由能量守恒定律有

$$E_p = \frac{1}{2} m_a v_4^2 + \frac{1}{2} m_b v_5^2 - \frac{1}{2} (m_a + m_b) v_3^2$$

解得  $v_4 = 0, v_5 = 25 \text{ m/s}$

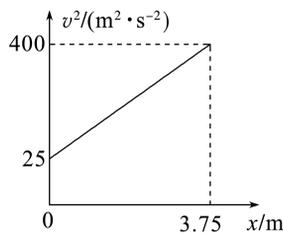
在整个过程中安培力大小恒定,安培力做功大小为一定值,若  $a、b$  分离时  $a$  的速度为零,则此时  $b$  能获得最大速度,最大速度为 25 m/s;

上述过程中通过导体棒  $a$  的电荷量  $q = I(t_1 + t_2) = 400 \text{ C}$

$$\text{电容器电压的减少量 } \Delta U = \frac{q}{C}$$

解得  $\Delta U = 40 \text{ V}$ 。

(3)规定水平向右为正方向,  $a、b$  碰后共同速度为  $v_2 = 5 \text{ m/s}$ ,若无空气阻力,到达  $NN'$  的速度为  $v_3 = 20 \text{ m/s}$ ,其  $v^2-x$  图像如图所示:



若考虑阻力  $f = kv^2$ ,则实际  $v^2-x$  图像应在图中所示图像的下方,可知克服阻力做的功为  $W < \frac{kv_2^2 + kv_3^2}{2} \cdot x_2$

$$\text{由动能定理有 } Fx_2 - W = \frac{1}{2} (m_a + m_b) (v_2'^2 - v_2^2)$$

$$\text{解得 } v_2'^2 > 396 \text{ m}^2/\text{s}^2 > 392.04 \text{ m}^2/\text{s}^2 = v_3^2 \cdot 0.99^2$$

可知  $a、b$  分离前的速度大小能达到(2)问中分离前速度的 99%。

答案:(1)500 A

(2)25 m/s 能 40 V

(3)能

## 章末质量评估(三)

1.D 2.A 3.C 4.C 5.C 6.A

7.C 解析:由题图乙可判断金属丝振动形成三节(如图乙

所示共有三个波谷),则波长为  $\lambda = \frac{2}{3} L = \frac{2}{3} \text{ m}$ ,又振动频率为  $f = 150 \text{ Hz}$ ,可得波速为  $v = \lambda f = 100 \text{ m/s}$ ,故 A 错误;

金属丝在中点附近的匀强磁场中振动,其振动最大速度为  $v_m = 2\pi f A$ ,其中  $A = 0.5 \text{ cm} = 0.005 \text{ m}, f = 150 \text{ Hz}$ ,

计算得  $v_m = 2\pi \times 150 \times 0.005 \text{ m/s} = 1.5\pi \text{ m/s}$ ,中点切割的有效长度为  $L = 0.01 \text{ m}$ ,则中点处感应电动势最大值为

$E_{\max} = BLv_m = \frac{3}{2}\pi \times 10^{-5} \text{ V}$ , 故 B 错误; 金属丝在中点附近的匀强磁场中振动, 产生的是正弦式交流电, 电动势的有效值为  $E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}$ , 若用最大感应电动势  $E_{\max} = \frac{3}{2}\pi \times$

$10^{-5} \text{ V}$  接外电阻, 金属丝本身内阻  $r = 0.5 \Omega$ , 内阻  $r$  和外电阻  $R$  串联, 可知当  $R = r = 0.5 \Omega$  时有最大输出功率

$P_{\max} = \frac{\left(\frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}\right)^2}{4r} = \frac{9}{16}\pi^2 \times 10^{-10} \text{ W}$ , 故 C 正确; 若改为沿金属丝方向的振动, 会形成纵波, 两端固定, 则端点处必为纵波的振动节(位移为零处), 其基频振型的中点恰为振幅最大处, 并非振幅为零, 故 D 错误。

8. ABC 9. BC 10. BC

11. (1) 0 0 (2) 44 0.44 19.36 100%

12. 220 : 9

13. 解析: 设输电线的电阻为  $R$ , 当发电厂直接向用电设备供电时, 输电线中的电流为  $I_1$ , 则有

$$P_1 = I_1 U, P_0 - P_1 = I_1^2 R$$

$$\text{解得 } I_1 = \frac{P_1}{U}, R = \frac{P_0 - P_1}{P_1^2} U^2$$

设降压变压器  $T_2$  的输入电流为  $I_2'$ , 输出电流为  $I_2$ , 则有  $P_2 = I_2 U, P_0 - P_2 = I_2'^2 R$

$$\text{由此得 } I_2 = \frac{P_2}{U}$$

$$I_2' = \sqrt{\frac{P_0 - P_2}{R}} = \frac{P_1}{U} \sqrt{\frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1}}$$

故降压变压器  $T_2$  原线圈与副线圈的匝数比

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{I_2}{I_2'} = \frac{P_2}{P_1} \sqrt{\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2}}$$

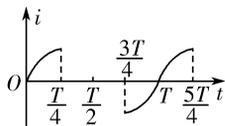
升压变压器  $T_1$  的原线圈与副线圈的匝数比

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2'}{I_1} = \sqrt{\frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1}}$$

$$\text{答案: } \sqrt{\frac{P_0 - P_2}{P_0 - P_1}} \quad \frac{P_2}{P_1} \sqrt{\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2}}$$

14. 解析: 线框绕轴匀速转动时, 在电路中产生如图所示的交变电流。此交变电动势的最大值为

$$E_m = BS\omega = B \cdot \frac{\pi r^2}{2} \cdot 2\pi n = \pi^2 Bnr^2.$$



(1) 在线框从题图所示位置转过  $\frac{1}{4}$  转的时间内, 电动势

$$\text{的有效值为 } E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}\pi^2 Bnr^2}{2}$$

电阻  $R$  上产生的热量

$$Q = \frac{E^2}{R} \cdot \frac{T}{4} = \frac{\pi^4 B^2 r^4 n}{8R}.$$

(2) 在线框从题图所示位置转过  $\frac{1}{4}$  转的时间内, 电动势

$$\text{的平均值 } \bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

通过  $R$  的电荷量

$$q = \bar{I} \cdot \Delta t = \frac{\bar{E}}{R} \cdot \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{\pi Br^2}{2R}.$$

(3) 设此交变电动势在一个周期内的有效值为  $E'$ , 由有

$$\text{效值的定义, 得 } \frac{\left(\frac{E_m}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} \cdot \frac{T}{2} = \frac{E'^2}{R} T$$

$$\text{解得 } E' = \frac{E_m}{2} = \frac{\pi^2 Bnr^2}{2}$$

$$\text{故电流表的示数为 } I = \frac{E'}{R} = \frac{\pi^2 r^2 nB}{2R}.$$

$$\text{答案: (1) } \frac{\pi^4 B^2 r^4 n}{8R} \quad (2) \frac{\pi Br^2}{2R} \quad (3) \frac{\pi^2 r^2 nB}{2R}$$

15. 解析: (1)  $0 \sim t_1$  时间段, 线圈中的感应电动势

$$E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{nl_1 l_2 (B_1 - B_0)}{t_1}$$

根据闭合电路欧姆定律可知, 通过电阻  $R$  的电流

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{nl_1 l_2 (B_1 - B_0)}{(R+r)t_1}.$$

(2) 线圈产生感应电动势的最大值  $E_m = nB_1 l_1 l_2 \omega$

$$\text{感应电动势的有效值 } E = \frac{\sqrt{2}}{2} nB_1 l_1 l_2 \omega$$

$$\text{通过电阻 } R \text{ 的电流的有效值 } I = \frac{\sqrt{2} nB_1 l_1 l_2 \omega}{2(R+r)}$$

$$\text{线圈转动一周所需的时间 } t = \frac{2\pi}{\omega}$$

转动一周的过程中, 电阻  $R$  产生的热量

$$Q = I^2 R t = \pi R \omega \left( \frac{nB_1 l_1 l_2}{R+r} \right)^2.$$

(3) 线圈从题图甲所示位置转过  $90^\circ$  的过程中,

$$\text{平均感应电动势 } \bar{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{nB_1 l_1 l_2}{\Delta t}$$

$$\text{平均感应电流 } \bar{I} = \frac{nB_1 l_1 l_2}{\Delta t(R+r)}$$

$$\text{通过电阻 } R \text{ 的电荷量 } q = \bar{I} \Delta t = \frac{nB_1 l_1 l_2}{R+r}.$$

$$\text{答案: (1) } \frac{nl_1 l_2 (B_1 - B_0)}{(R+r)t_1} \quad (2) \pi R \omega \left( \frac{nB_1 l_1 l_2}{R+r} \right)^2$$

$$(3) \frac{nB_1 l_1 l_2}{R+r}$$

## 章末质量评估(四)

1. A 2. C 3. B 4. D 5. D 6. D 7. D 8. BD

9. CD 10. AD

11. 解析: (1) 用欧姆表测量热敏电阻的阻值时应该让热敏电阻与电源断开, 即开关  $S$  应该断开。

(2) 由题意可知要串联的热敏电阻的阻值应该随温度的增加而快速增大, 从而抑制电路中电流的增加, 由题图

乙可知热敏电阻  $R_1$  在  $65^\circ\text{C}$  左右电阻异常增大,则为防止用电器发生故障引起电流异常增加,可串联一个与  $R_1$  具有相同温度特性的热敏电阻。

答案:(1)断开 (2) $R_1$

12.(1) $\frac{E}{U}R-R-r$  (2)增大 (3) $R_2$

13.解析:(1) $R_1$  应该远大于发热板的等效电阻。因为  $R_1$  和红灯只起指示作用,消耗的电功率远小于发热板的功率,两者又是并联接入电路的,电压相同,所以流过  $R_1$  和红灯的电流应远小于流过发热板的电流,因此  $R_1$  应该远大于发热板的等效电阻。

(2)不能。通常情况下水的沸点为  $100^\circ\text{C}$ ,因此当水烧开时水温不会达到  $103^\circ\text{C}$ ,所以自动断电功能不起作用。

答案:见解析

14.(1) $x = \frac{ml_0\omega^2}{k-m\omega^2}$  (2) $U = \frac{ml_0E\omega^2}{l(k-m\omega^2)}$

15.解析:(1)由热电偶式温度计的原理可知,热点  $J_1$  和冷点  $J_2$  两点放在不同温度处时,低温处的  $A$ 、 $B$  两点之间就会存在一定的电压,可知热电偶是因为温差导致了电压的产生,所以它的电能是由内能转化而来的。

(2)据题干所给信息“热电偶的电压与  $J_1$ 、 $J_2$  两点间的温度差成正比”,由本问题干部分所给数据,可得  $\frac{100^\circ\text{C}}{1.5\text{ mV}} = \frac{(T-20^\circ\text{C})}{12\text{ mV}}$ ,所以炉内温度  $t=820^\circ\text{C}$ 。

(3)分析题图甲,当开关位于 1 挡时,等效电路为 6 个电阻丝串联,当开关位于 2 挡时,等效电路为 8 个电阻丝串联,由电功率知识可知  $P = \frac{U^2}{R_{\text{总}}}$ ,故开关合在 1 挡时为高温挡,代入数据得  $P=2\ 017\text{ W}$ 。

答案:(1)内能 (2) $820^\circ\text{C}$  (3) $2\ 017\text{ W}$

## 综合质量评估(一)

1.C 2.C 3.A 4.B 5.C 6.A 7.C

8.CD 解析:由左手定则可知,电子沿棒运动时受到水平方向的洛伦兹力作用,A 错误;根据右手定则可知,棒向右运动时, $P$  端比  $Q$  端电势高,B 错误; $PQ$  两端电势差  $U=BLv$ ,可知棒中电场强度  $E = \frac{U}{L} = Bv$ ,则棒加速运动时,棒中电场强度变大,C 正确;棒保持匀速运动时, $PQ$  两端电势差保持恒定,电子将集聚在导体棒下端,最终相对棒静止,D 正确。

9.AC 10.AC

11.解析:(1)根据题图甲可知热敏电阻的阻值随温度的变化关系是非线性的。

(2)根据题图甲可知随温度升高,热敏电阻的阻值变小,根据欧姆定律可知流过电磁铁线圈的电流变大,衔铁与下固定触头  $b$  接触,此时加热电阻丝的电路断开连接,停止加热,所以题图乙中加热电阻丝的  $c$  端应该与触头  $a$  相连接。

(3)由题图丙可知电阻箱接入电路的阻值为  $100 \times 1 \Omega + 10 \times 3 \Omega = 130.0 \Omega$ 。

(4)根据(3)可知,当温度为  $50^\circ\text{C}$  时,热敏电阻的阻值为  $180 \Omega$ ,电阻箱接入的电阻为  $130 \Omega$ ,当温度为  $100^\circ\text{C}$  时,热敏电阻的阻值为  $100 \Omega$ ,要使得电流值  $I_0$  不变,则在电流为  $I_0$  时,控制电路的总电阻不变,则此时电阻箱的电阻为  $180 \Omega + 130.0 \Omega - 100 \Omega = 210.0 \Omega$ 。

答案:(1)非线性

(2) $a$

(3) $130.0$

(4) $210.0$

12.解析:(1)①电流通过线圈时会产生磁场,涉及了电流的磁效应。②磁场的大小和方向不断变化产生感应电流,涉及了电磁感应现象。③感应电流在锅底产生热量,涉及了电流的热效应。

(2)陶瓷、玻璃在一般情况下不导磁也不导电,在变化的磁场中不会产生感应电流。

(3)在锅和电磁炉中间放置一纸板,电磁炉还能起到加热作用,线圈产生的磁场能穿透纸板,锅底仍能产生感应电流,利用电流的热效应仍能起到加热作用。

答案:见解析

13.解析:(1)彩色小灯泡的额定电流为

$$I_L = \frac{P}{U} = \frac{0.25}{6} \text{ A} = \frac{1}{24} \text{ A}$$

副线圈中的总电流  $I_2 = 24I_L = 1 \text{ A}$

变压器输入功率  $P_{\text{入}} = I_1U_1 = I_2U_2 = 6 \text{ W}$

变压器原线圈电路中,利用欧姆定律可得

$$E = U_1 + I_1R = \frac{P_{\text{入}}}{I_1} + I_1R$$

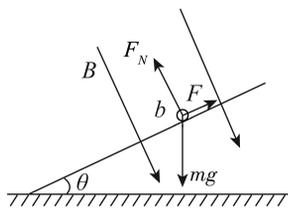
代入数据解得  $I_1 = \frac{1}{3} \text{ A}$ (根据题意可知,该变压器是降压变压器,应满足  $I_1 < I_2 = 1 \text{ A}$ , $I_1 = 3 \text{ A}$  应舍去)

$$\text{所以 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{3}{1}.$$

(2)发电机输出功率  $P = I_1E \approx 6.67 \text{ W}$ 。

答案:(1) $3:1$  (2) $6.67 \text{ W}$

14.解析:如图所示,对  $ab$  杆进行受力分析,其受重力  $mg$ ,方向竖直向下;支持力  $F_N$ ,方向垂直斜面向上;安培力  $F$ ,方向沿斜面向上。



当  $ab$  杆速度为  $v$  时,感应电动势  $E = Blv$ ,此时电路中

$$\text{电流 } I = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R}$$

$$ab \text{ 杆受到的安培力 } F = IlB = \frac{B^2 l^2 v}{R}$$

根据牛顿运动定律,有

$$ma = mg \sin \theta - \frac{B^2 l^2 v}{R}$$

$$a = g \sin \theta - \frac{B^2 l^2 v}{mR}$$

当  $\frac{B^2 l^2 v}{R} = mg \sin \theta$  时,  $ab$  杆达到最大速度

$$v_m = \frac{mgR \sin \theta}{B^2 l^2}$$

$$\text{答案: } \frac{Blv}{R} \quad g \sin \theta - \frac{B^2 l^2 v}{mR} \quad \frac{mgR \sin \theta}{B^2 l^2}$$

15. 解析: (1) 线框在没有进入磁场区域时, 根据牛顿第二定律有  $mg \sin \theta = ma$

根据运动学公式有  $v^2 = 2ax$

联立可得线框刚释放时  $cd$  边与 I 号区域上边缘的距离

$$x = \frac{v^2}{g}$$

(2) 因为  $cd$  边进入 I 号区域时速度为  $v$ , 且直到  $ab$  边离开 I 号区域时速度始终为  $v$ , 可知线框的边长与 I 号区域的长度相等, 根据平衡条件有  $mg \sin \theta = BIL_1$

$$\text{又 } E = BL_1 v, I = \frac{E}{R}$$

$$cd \text{ 边两端的电势差 } U = \frac{3}{4}E$$

$$\text{联立可得 } U = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{mgRv}{2}}$$

(3) 若  $L_2 = L_1$ , 则线框在通过 II 号区域过程中可能一直做减速运动, 也可能先减速后匀速, 完全离开 II 号区域时的速度不可能恢复为刚进入时的速度, 故该情况不符合题意;

若  $L_2 > L_1$ , 在线框进入 I 号区域过程中, 根据动量定理有

$$mg \sin \theta \cdot t_1 - BIL_1 t_1 = 0$$

$$\text{其中 } t_1 = \frac{L_1}{v}, q = It_1, I = \frac{BL_1 v}{R}$$

$$\text{联立可得 } q = \frac{mg}{2Bv}$$

线框在 II 号区域运动过程中, 根据动量定理有

$$mg \sin \theta \cdot t_2 - 2B\bar{I}L_1 t_2 = 0$$

$$\text{根据 } q = \frac{\bar{E}}{R} \cdot t = \frac{BL_1^2}{Rt} \cdot t = \frac{BL_1^2}{R}$$

可知线框两次进入磁场过程中电荷量都相等, 即

$$q = \bar{I}t_3 = \frac{mg}{2Bv}$$

$$\text{联立可得 } t_2 = \frac{2L_1}{v}$$

线框在 II 号区域运动过程, 根据能量守恒定律有

$$-W_{\text{安}} + mg \sin \theta (L_2 + L_1) = 0$$

$$\text{克服安培力做功的平均功率 } \bar{P} = \frac{W_{\text{安}}}{t_2}$$

$$\text{联立可得 } \bar{P} = \frac{mgv(L_1 + L_2)}{4L_1}$$

$$\text{若 } L_2 < L_1, \text{ 同理可得 } q' = \frac{BL_1 L_2}{R}$$

根据动量定理有  $mg \sin \theta \cdot t_4 - 2B\bar{I}'L_1 t_4 = 0$

其中  $q' = \bar{I}'t_4$

$$\text{结合 } q = \frac{mg}{2Bv}, q = \frac{BL_1^2}{R}$$

$$\text{联立可得 } t_4 = \frac{2L_2}{v}$$

根据能量守恒定律有  $-W_{\text{安}}' + mg \sin \theta (L_2 + L_1) = 0$

$$\text{克服安培力做功的平均功率 } \bar{P}' = \frac{W_{\text{安}}'}{t_4}$$

$$\text{联立可得 } \bar{P}' = \frac{mgv(L_1 + L_2)}{4L_2}$$

$$\text{答案: (1) } \frac{v^2}{g}$$

$$(2) \frac{3}{4} \sqrt{\frac{mgRv}{2}}$$

(3) 若  $L_2 > L_1$ , 则  $\bar{P} = \frac{mgv(L_1 + L_2)}{4L_1}$ ; 若  $L_2 < L_1$ , 则

$$\bar{P}' = \frac{mgv(L_1 + L_2)}{4L_2}$$

## 综合质量评估(二)

1.C 2.A 3.D 4.B 5.B 6.C 7.B 8.ABC 9.CD

10. AC 解析: 根据右手定则可知金属杆沿  $x$  轴正方向运动过程中, 金属杆中电流沿  $y$  轴负方向, 故 A 正确; 若金属杆可以在沿  $x$  轴正方向的恒力  $F$  作用下做匀速直线运动, 可知  $F = F_{\text{安}} = BIL, I = \frac{BLv_0}{R} = \frac{BLv_0}{Lr_0} = \frac{Bv_0}{r_0}$ ,

可得  $F = \frac{B^2 L v_0}{r_0}$ , 由于金属杆运动过程中接入导轨中的

长度  $L$  在变化, 因此  $F$  在变化, 故 B 错误; 取一微小时间  $\Delta t$  内, 设此时金属杆接入导轨中的长度为  $L'$ , 根据动量定理有  $-BI'L' \Delta t = -BL'q' = m \Delta v$ , 同时有  $q =$

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{L'r_0} = \frac{B \cdot \Delta S}{L'r_0}, \text{ 联立得 } -\frac{B^2 \Delta S}{r_0} = m \Delta v, \text{ 对}$$

从开始到金属杆停止运动时整个过程累积求和可得  $-\frac{B^2 S}{r_0} = 0 - mv_0$ , 解得此时金属杆与导轨围成的面积

为  $S = \frac{mv_0 r_0}{B^2}$ , 故 C 正确; 若金属杆的初速度减半, 根据

前面分析可知, 当金属杆停止运动时金属杆与导轨围成的面积为  $S' = \frac{1}{2}S$ , 根据抛物线的图像规律可知, 此时

金属杆停止运动时经过的距离大于原来的一半, 故 D 错误。

11. 解析: (1) 热敏电阻阻值较大, 左侧电路中的电流较小, 电磁铁磁性较弱, 吸不住衔铁, 小灯泡不亮, 用电吹风对热敏电阻加热, 使其阻值变小, 电路中电流增大, 电磁铁磁性增强吸住衔铁, 使上、下触点接触, 小灯泡发光。

(2) 用黑纸包住光敏电阻后, 光敏电阻的阻值增大, 左侧

电路中的电流减小,电磁铁磁性变弱,吸不住衔铁,使上、下触点断开,导致小灯泡熄灭。

答案:见解析

12.(1)向右偏转 (2)向左偏转 (3)逆时针 左 收缩

13.解析:(1)由题图乙知  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.01} \text{ rad/s} = 200\pi \text{ rad/s}$

电压瞬时值的表达式  $u_{ab} = 400\sin(200\pi t) \text{ V}$

原线圈电压有效值  $U_1 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 200\sqrt{2} \text{ V}$

由理想变压器可知  $P_1 = P_2$

原线圈中的电流  $I_1 = \frac{P_1}{U_1} \approx 0.28 \text{ A}$ 。

(2)设  $ab$  间匝数为  $n_1$ ,根据变压器规律有

$$\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_{ce}}{n_{ce}}, \frac{U_1}{n_1} = \frac{U_{de}}{n_{de}}$$

由题意,有  $\frac{U_{ce}^2}{R_{ce}} = \frac{U_{de}^2}{R_{de}}$

联立可得  $\frac{n_{ce}}{n_{de}} = \frac{4}{3}$ 。

答案:(1)0.28 A (2)4 : 3

14.解析:(1)输电线上损失的功率

$$P_{\text{损}} = 4\%P = 4\% \times 100 \text{ kW} = 4 \text{ kW}$$

$$\text{输电线电流 } I_2 = \sqrt{\frac{P_{\text{损}}}{R_{\text{线}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 10^3}{10}} \text{ A} = 20 \text{ A}$$

升压变压器输出电压

$$U_2 = \frac{P}{I_2} = \frac{100 \times 10^3}{20} \text{ V} = 5 \times 10^3 \text{ V}$$

升压变压器原、副线圈的匝数比

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{250}{5000} = \frac{1}{20}$$

电压损失  $U_{\text{损}} = I_2 R_{\text{线}} = 20 \times 10 \text{ V} = 200 \text{ V}$

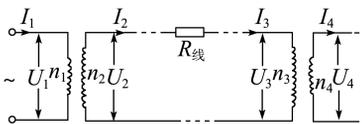
降压变压器原线圈两端电压

$$U_3 = U_2 - U_{\text{损}} = 4800 \text{ V}$$

降压变压器原、副线圈的匝数比

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{U_3}{U_4} = \frac{4800}{220} = \frac{240}{11}$$

(2)输电线路示意图如图所示。



(3)用户得到的电功率,即降压变压器的输出功率为

$$P_{\text{用}} = P - P_{\text{损}} = (1 - 4\%)P = 96\% \times 100 \text{ kW} = 96 \text{ kW}$$

答案:(1)1 : 20 240 : 11 (2)见解析图

(3)96 kW

15.解析:(1)金属框从开始进入到完全离开区域 I 的过程中,金属框只有一条边切割磁感线,根据楞次定律可得,

安培力水平向左,则

切割磁感线产生的电动势  $E = BLv \cos \alpha$

金属框中电流  $I = \frac{E}{R}$

金属框做匀速直线运动,则  $BIL \cos \alpha = mg \sin \alpha$

解得金属框从开始进入到完全离开区 I 的过程的速

$$\text{率 } v = \frac{mgR \tan \alpha}{B^2 L^2 \cos \alpha}$$

金属框开始释放到  $pq$  边进入磁场的过程中,只有重力

做功,由动能定理可得  $mg s \sin \alpha = \frac{1}{2} m v^2$

可得释放时  $pq$  边与区域 I 上边界的距离

$$s = \frac{v^2}{2g \sin \alpha} = \frac{m^2 g R^2 \sin \alpha}{2B^4 L^4 \cos^4 \alpha}$$

(2)当  $ef$  边刚进入区域 II 时开始计时( $t=0$ ),设金属框

$ef$  边到  $O$  点的距离为  $x$  时,金属框中产生的感应电动

$$\text{势 } E' = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} L^2 = k_1 L^2 + k_2 L^2 \frac{\Delta x}{\Delta t} =$$

$$(k_1 + k_2 v) L^2, \text{ 其中 } v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

此时金属框中的感应电流  $I' = \frac{E'}{R}$

金属框  $pq$  边受到沿轨道向上的安培力,大小为

$$F_{\text{安}1} = [k_1 t + k_2(x+L)] I' L$$

金属框  $ef$  边受到沿轨道向下的安培力,大小为

$$F_{\text{安}2} = (k_1 t + k_2 x) I' L$$

则金属框受到的安培力  $F_{\text{安}} = F_{\text{安}1} - F_{\text{安}2} = [k_1 t + k_2(x+L)] I' L - (k_1 t + k_2 x) I' L$

$$\text{代入 } k_1 = \frac{mgR \sin \alpha}{k_2 L^4}$$

$$\text{化简得 } F_{\text{安}} = mg \sin \alpha + \frac{k_2^2 L^4 v}{R}$$

当金属框平衡时  $F_{\text{安}} = mg \sin \alpha$ ,可知此时金属框速率为

0,则从开始计时到金属框达到平衡状态的过程中,根据

动量定理可得

$$mg \sin \alpha \cdot \Delta t - F_{\text{安}} \Delta t = m \Delta v$$

$$\text{即 } -\frac{k_2^2 L^4 v}{R} \Delta t = m \Delta v$$

$$\text{对时间累积求和可得 } -\frac{k_2^2 L^4 d}{R} = 0 - m v_0$$

$$\text{可得 } d = \frac{m R v_0}{k_2^2 L^4}$$

$$\text{答案:(1) } \frac{mgR \tan \alpha}{B^2 L^2 \cos \alpha} \quad \frac{m^2 g R^2 \sin \alpha}{2B^4 L^4 \cos^4 \alpha}$$

$$(2) \frac{m R v_0}{k_2^2 L^4}$$