

## 周末练习 14

### 一、单选题 (44 分)

1. 以下关于物理学史说法正确的是 ( )

- A. 麦克斯韦建立了电磁场理论, 预言并通过实验证实了电磁波的存在
- B. 伦琴发现了 X 射线
- C. 法拉第在对理论和实验资料进行严格分析后, 得出了法拉第电磁感应定律
- D. 安培发现了电流的磁效应, 首次揭示了电现象和磁现象之间的联系

2. 我科学家利用脑机接口技术帮助截瘫患者实现意念控制体外仪器, 植入患者颅骨内的微处理器, 将意念对应的低频神经信号, 通过高频载波无线传输给体外仪器. 则

- A. 高频载波属于纵波
- B. 使高频载波随低频神经信号改变的过程属于调制
- C. 体外接收电路的固有频率与低频神经信号的频率相等
- D. 体外接收电路中的信号经过调谐还原出低频神经信号

3. 生活中常用乙醇喷雾消毒液给房间消毒, 其主要成分是酒精, 则下列说法正确的是 ( )

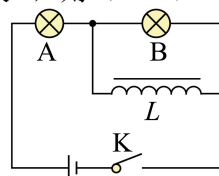
- A. 喷洒消毒液后, 会闻到淡淡的酒精味, 这是酒精分子做布朗运动的结果
- B. 酒精由液态挥发成同温度的气态的过程中, 其分子的平均动能不变
- C. 酒精由液态挥发成同温度的气态的过程中, 内能不变
- D. 酒精由液态挥发成同温度的气态的过程中, 热运动速率大的分子数占总分子数百分比减小

4. 在“用油膜法估测油酸分子大小”的实验中, 将  $1\text{mL}$  的纯油酸配制成  $5000\text{mL}$  的油酸酒精溶液, 用注射器测得  $1\text{mL}$  溶液为 80 滴, 再滴入 1 滴这样的溶液到准备好的浅盘中, 描出油膜轮廓, 数出油膜共占 140 个小方格, 每格边长是  $0.5\text{cm}$ , 由此估算出油酸分子直径为 ( )

- A.  $7 \times 10^{-9}\text{m}$
- B.  $3 \times 10^{-9}\text{m}$
- C.  $7 \times 10^{-10}\text{m}$
- D.  $3 \times 10^{-10}\text{m}$

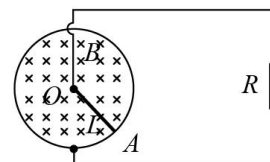
5. 在空间站进行实验可以克服来自地球磁场及电场的干扰, 使得物理现象更为准确和明显. 为了研究电感现象, 宇航员在空间站进行如图所示的研究. 在图中,  $L$  为自感系数足够大的电感线圈, 且电阻不计,  $A$ 、 $B$  为两个完全相同的灯泡. 若将开关  $K$  闭合, 等灯泡亮度稳定后, 再断开开关  $K$ , 则 ( )

- A. 合上  $K$  的瞬间,  $A$  先亮,  $B$  后亮
- B. 合上  $K$  的瞬间,  $B$  先亮,  $A$  后亮
- C. 断开  $K$  以后,  $A$  熄灭,  $B$  重新亮后再熄灭
- D. 断开  $K$  以后,  $B$  变得更亮,  $A$  缓慢熄灭



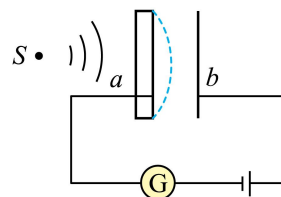
6. 如图, 半径为  $L$  的金属圆环固定, 圆环内存在垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B$ , 长为  $L$ 、电阻为  $r$  的导体棒  $OA$ , 一端固定在通过圆环中心的  $O$  点, 另一端与圆环接触良好. 在圆环和  $O$  点之间接有阻值为  $R$  的电阻, 不计金属圆环电阻. 当导体棒以角速度  $\omega$  绕  $O$  点逆时针匀速转动时, 下列说法正确的是 ( )

- A.  $O$  点的电势低于  $A$  点的电势
- B. 导体棒切割磁感线产生的感应电动势大小为  $BL^2\omega$
- C.  $OA$  两点间电势差大小为  $\frac{BL^2\omega}{2}$
- D. 增大导体棒转动的角速度, 电路中的电流增大

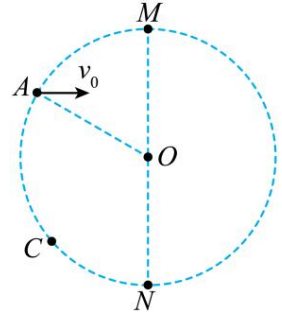


7. 传感器是把非电学物理量 (如位移、压力、流量、声强等) 转换成电学量的一种元件. 如图所示为一种电容传感器, 电路可将声音信号转化为电信号. 电路中  $a$ 、 $b$  构成一个电容器,  $b$  是固定不动的金属板,  $a$  是能在声波驱动下沿水平方向振动的镀有金属层的振动膜. 若声源  $S$  发出频率恒定的声波使  $a$  振动, 则  $a$  在振动过程中 ( )

- A.  $a$ 、 $b$  板之间的电场强度不变
- B.  $a$ 、 $b$  板所带的电荷量不变
- C. 向右位移最大时, 电容器的电容量最大
- D. 电路中始终有方向不变的电流

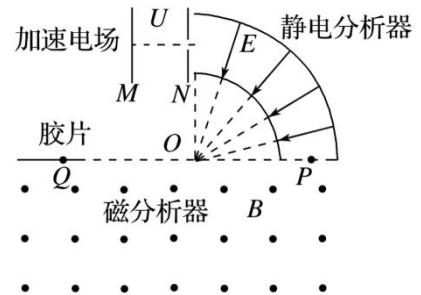


8.如图,半径为  $R = 2\text{cm}$  的圆形区域中有垂直纸面向外的匀强磁场(图中未画出),磁感应强度大小  $B = 2\text{T}$ ,圆形磁场边界上有  $A$ 、 $C$ 、 $N$  三点,一个比荷为  $2 \times 10^6 \text{C/kg}$ 、带正电的粒子(粒子重力可忽略不计),从  $A$  点以  $v_0 = 8 \times 10^4 \text{m/s}$  的速度垂直于直径  $MN$  射入磁场,恰好从  $N$  点射出,且  $\angle AON = 120^\circ$ , 则 ( )



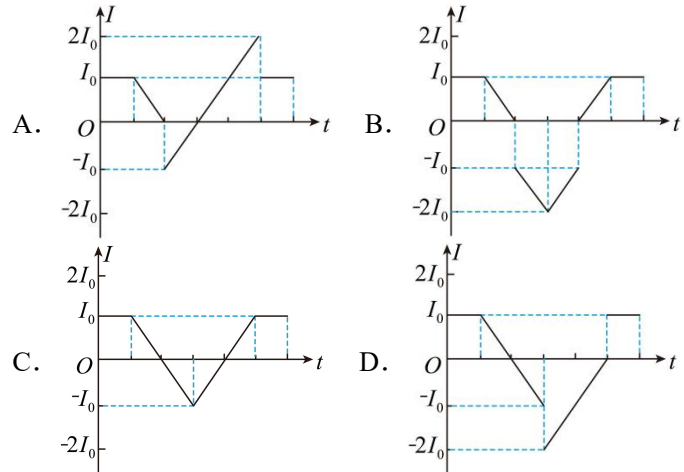
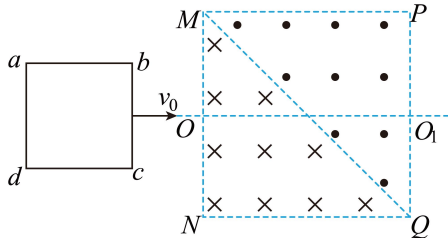
- A. 带电粒子在磁场中运动的轨迹半径为  $1\text{cm}$
- B. 带电粒子在磁场中运动的轨迹圆心一定不在圆形磁场的边界上
- C. 若带电粒子改为在圆形磁场边界上的  $C$  点以相同的速度入射,则粒子可能不从  $N$  点射出
- D. 若要实现带电粒子从  $A$  点以原速度  $v_0$  入射、从  $N$  点射出,则该圆形磁场的最小面积为  $3\pi \times 10^{-4} \text{m}^2$

9.如图所示为一种质谱仪的示意图,由加速电场、静电分析器和磁分析器组成.若静电分析器通道中心线的半径为  $R$ ,通道内均匀辐射电场,在中心线处的电场强度大小为  $E$ ,磁分析器有范围足够大的有界匀强磁场,磁感应强度大小为  $B$ 、方向垂直于纸面向外.一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的粒子从静止开始经加速电场加速后沿中心线通过静电分析器,由  $P$  点垂直边界进入磁分析器,最终打到胶片上的  $Q$  点.不计粒子重力.下列说法不正确的是 ( )

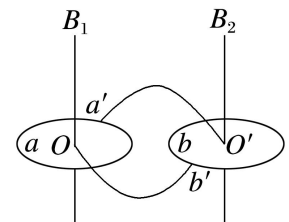


- A. 粒子一定带正电
- B. 加速电场的电压  $U = \frac{1}{2} ER$
- C. 直径  $PQ = \frac{2}{B} \sqrt{qmER}$
- D. 若一群离子从静止开始经过上述过程都落在胶片上同一点,则该群离子具有相同的比荷

10.如图,水平面内边长为  $2l$  的正方形  $MNPQ$  区域内有磁感强度大小均为  $B$ ,方向相反的匀强磁场,  $O$ 、 $O_1$  分别为  $MN$  和  $PQ$  的中点.一边长为  $l$ ,总电阻为  $R$  的正方形线框  $abcd$ ,沿直线  $OO_1$  匀速穿过图示的有界匀强磁场,运动过程中  $bc$  边始终与  $MN$  边平行,线框平面始终与磁场垂直,正方形线框关于  $OO_1$  直线上下对称.规定电流沿逆时针方向为正,则线框穿过磁场过程中电流  $I$  随时间  $t$  变化关系正确的是 ( )



11.如图,在竖直方向上的两个匀强磁场  $B_1$  和  $B_2$  中,各放入一个完全一样的水平金属圆盘  $a$  和  $b$ ,它们可绕竖直轴自由转动.用导线将  $a$  盘中心与  $b$  盘边缘相连,  $b$  盘中心与  $a$  盘边缘相连.从上向下看,当  $a$  盘顺时针转动时 ( )



- A.  $b$  盘总是逆时针转动
- B. 若  $B_1$ 、 $B_2$  同向,  $b$  盘顺时针转动
- C. 若  $B_1$ 、 $B_2$  反向,  $b$  盘顺时针转动
- D.  $b$  盘总是顺时针转动

## 二、实验题

12. (9分)在“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验中。

(1)某同学操作步骤如下：

①用 0.5mL 的油酸配制成 1000mL 的油酸酒精混合溶液；

②用注射器和量筒测得 50 滴油酸酒精溶液体积为 1mL；

③在浅盘内盛适量的水，将痱子粉均匀地撒在水面上，形成痱子粉薄层，稳定后，滴入一滴油酸酒精溶液，待其散开、形状稳定；

④在浅盘上覆盖透明玻璃，描出油膜形状，用方格纸测量油膜的面积为  $160\text{cm}^2$ ，可得油酸分子直径大小  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  m (结果保留一位有效数字)；

(2)该同学在计算注射器滴出的一滴油酸酒精溶液内纯油酸的体积后，不小心拿错了另一个装有同样混合溶液的注射器进行步骤③、④，拿错的注射器的针管比原来的粗，这会导致实验测得的油酸分子直径  $\underline{\hspace{2cm}}$  (填“偏大”、“偏小”或“不变”)；

(3)若阿伏加德罗常数为  $N_A$ ，油酸的摩尔质量为  $M$ 。油酸的密度为  $\rho$ 。则下列说法正确的是  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

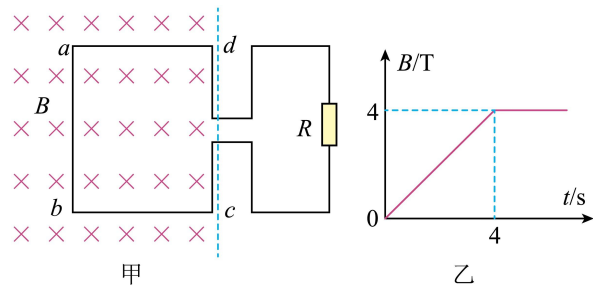
- A. 1kg 油酸所含有分子数为  $\rho N_A$       B.  $1\text{m}^3$  油酸所含分子数为  $\frac{\rho N_A}{M}$
- C. 1 个油酸分子的质量为  $\frac{N_A}{M}$       D. 油酸分子的直径约为  $\frac{\sqrt[3]{6M}}{\rho N_A}$

## 三、解答题

13. (8分)如图甲所示，边长  $l = 1.0\text{m}$  的单匝正方形线框  $abcd$  垂直放置在有界匀强磁场中，线框连接阻值  $R = 5.0\Omega$  的电阻，磁感应强度  $B$  按图乙所示的规律变化，线框电阻不计，求：

(1)  $t = 2\text{s}$  时，线框  $ab$  边受到的安培力大小  $F$ ；

(2)  $0 \sim 5\text{s}$  内电阻  $R$  中产生的焦耳热  $Q$ 。

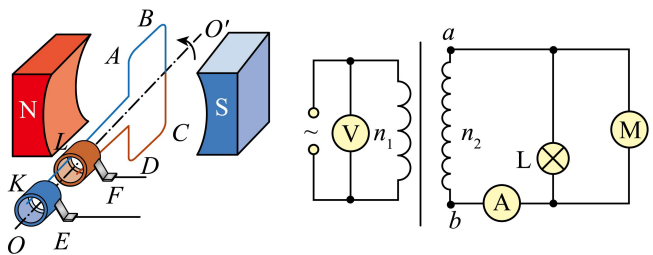


14. (9分)如图，矩形线框切割磁感线产生交流电压  $e = 25\sqrt{2} \sin 100\pi t (\text{V})$ ，它的匝数  $N = 5$ 、电阻  $r = 1\Omega$ ，将其接在理想变压器的原线圈上。“220V 22W”的灯泡 L 正常发光，内阻为  $10\Omega$  的电风扇 M 正常工作，电流表 A 的示数为  $0.3\text{A}$ 。导线电阻不计，电压表和电流表均为理想电表，不计灯泡电阻的变化。求：

(1) 矩形线框转动过程中磁通量的最大值；

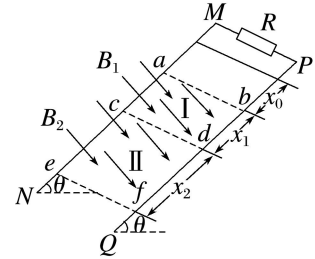
(2) 电风扇输出的机械效率；

(3) 原、副线圈的匝数比。



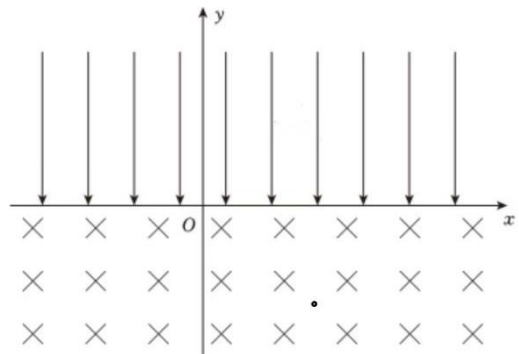
15.(14分)如图所示,两平行且无限长金属导轨  $MN$ 、 $PQ$  与水平面的夹角为  $\theta=30^\circ$ , 两导轨之间的距离为  $L=1\text{ m}$ , 两导轨  $M$ 、 $P$  之间接入阻值  $R=0.2\ \Omega$  的定值电阻, 导轨电阻不计, 在  $abcd$  区域内有方向垂直于两导轨平面向下的磁场 I, 磁感应强度  $B_1=1\text{ T}$ , 磁场的宽度  $x_1=1\text{ m}$ ; 在  $cd$  连线以下区域有方向也垂直于导轨平面向下的磁场 II, 磁感应强度  $B_2=0.5\text{ T}$ . 一个质量为  $m=2\text{ kg}$  的金属棒垂直放在金属导轨上, 与导轨接触良好, 与导轨间的动摩擦因数  $\mu=\frac{\sqrt{3}}{6}$ , 金属棒的电阻  $r=0.2\ \Omega$ , 若金属棒在离  $ab$  连线上端  $x_0$  处由静止释放, 则金属棒进入磁场 I 恰好做匀速运动. 金属棒进入磁场 II 后, 经过  $ef$  时又达到平衡状态,  $cd$  与  $ef$  之间的距离  $x_2=16\text{ m}$ . 求( $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ )

- (1)金属棒在磁场 I 运动的速度大小;
- (2)金属棒从开始运动到滑到  $ef$  位置这个过程回路产生的电热;
- (3)金属棒从开始运动到滑到  $ef$  位置这个过程所用的时间.



16.(16分)如图,在  $xoy$  平面  $y>0$  的区域内有沿  $y$  轴负方向、电场强度大小为  $E$  的匀强电场, 在  $y<0$  的区域内有垂直于  $xoy$  平面向里的匀强磁场. 一质量  $M=3m$ 、电荷量为  $+q$  的带电粒子甲从坐标为  $(0, l)$  的  $P$  点由静止释放, 进入磁场后与静止在  $Q$  点的不带电粒子乙发生弹性碰撞,  $Q$  点的坐标为  $(l, -l)$ , 乙的质量为  $m$ , 碰后两粒子电荷量均为  $+\frac{q}{2}$ . 不计粒子的重力碰后粒子间的相互作用.

- (1)求磁感应强度大小  $B$ ;
- (2)求碰撞后粒子甲、乙在电场中运动到离  $x$  轴的最大距离之比  $\frac{y_{甲}}{y_{乙}}$ ;
- (3)从纵坐标  $y=4l$  的某些位置由静止释放粒子甲, 仍能使两粒子发生碰撞, 求粒子甲释放点的横坐标  $x$ .



### 周末练习 14 参考答案:

1. B

2. B

【详解】A. 高频载波是电磁波, 属于横波, 故 A 错误;

B. 使高频载波随低频神经信号改变的过程属于调制, 故 B 正确;

C. 体外接收电路的固有频率与高频载波的频率相等, 故 C 错误;

D. 体外接收电路中的信号经过检波还原出低频神经信号, 故 D 错误。

3. B

【详解】A. 喷洒乙醇消毒液后, 会闻到淡淡的酒味, 这是扩散现象, 是酒精分子做无规则运动的结果, 而布朗运动悬浮颗粒的无规则运动, 故 A 错误;

B. 温度是分子平均动能的标志, 则酒精由液态挥发成同温度的气态的过程中, 其分子的平均动能不变, 故 B 正确;

C. 酒精由液态挥发成同温度的气态的过程中, 分子平均动能不变, 但是分子势能变大, 则内能发生变化, 故 C 错误;

D. 酒精由液态挥发成同温度的气态的过程中, 温度不变, 则热运动速率大的分子数占总分子数比例不会减小, 故 D 错误。

4. C

【详解】根据题意 1 滴油酸酒精溶液中含有的纯油酸体积为  $V = \frac{1}{5000} \text{mL} \times \frac{1}{80}$  油膜轮廓的面积为

$$S = 0.5 \times 0.5 \times 10^{-4} \text{m}^2 \times 140 = 3.5 \times 10^{-3} \text{m}^2 \text{ 故油酸分子直径为 } d = \frac{V}{S} = 7 \times 10^{-10} \text{m 故选 C.}$$

5. C

【详解】AB. 合上 K 的瞬间, 由于电感在线圈中电流发生变化时会产生一种阻碍作用, 则电源的电压同时加到两灯上, A、B 同时亮, 故 AB 错误;

CD. 将开关 K 闭合, 等灯泡亮度稳定后, 由于电感线圈电阻不计, 则 B 灯被短路熄灭, 断开 K, A 灯立即熄灭, 由于线圈 L 中电流逐渐减小, 产生一个与电流同向的自感电动势, 与 B 灯组成一个新的回路, 感应电流流过 B 灯, B 重新亮后再熄灭, 故 C 正确, D 错误。

6. D

【详解】A. 由右手定则可知, OA 产生的感应电流由 A 指向 O, 电源内部电流由负极指向正极, 故 A 端相当于电源负极, O 点的电势高于 A 点的电势, A 错误;

B. 导体棒转动切割磁感线产生的感应电动势大小为  $E = BL\bar{v} = BL \frac{0+L\omega}{2} = \frac{1}{2} BL^2 \omega$ , B 错误;

C. OA 两点间电势差大小即路端电压为  $U = IR = \frac{E}{R+r} R = \frac{BL^2 \omega R}{2(R+r)}$ , C 错误;

D. 增大导体棒转动的角速度, 电动势增大, 电路中的电流增大, D 正确。

7. C

【详解】A. 电容器与电源相连, 则电容的电压不变。当振动膜片 a 向右振动时电容器两极板的距离周期性变化, 由  $E = \frac{U}{d}$  知, U 不变的情况下, a、b 板间场强周期性变化, A 错误;

B. 由  $C = \frac{Q}{U}$  知, U 不变, C 在变化, 则电容器所带电量也在变化, 选项 B 错误;

C. 电容器的电容  $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ , 当向右位移最大时, 板间距离最小, 则电容器的电容量最大, C 正确;

D. 当振动膜片 a 向右振动时电容器两极板的距离周期性变化, 根据  $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$  及  $C = \frac{Q}{U}$  可知电容器的电量不断变化, 充电和放电交替产生, 所以电路中电流方向时刻在变化, 选项 D 错误。

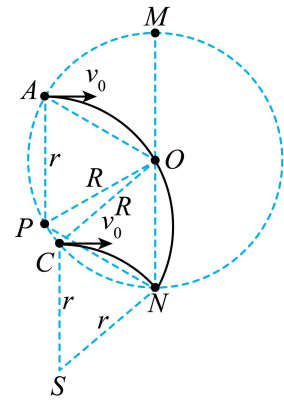
8. D

【详解】A. 根据洛伦兹力提供向心力有  $qvB = m\frac{v^2}{r}$  可得  $r = \frac{mv}{qB}$  代入数据解得  $r = 2\text{cm}$ , A 错;

B. 粒子运动轨迹如图, 因为  $R = r$  四边形  $AONP$  为菱形, 根据几何知识可得圆心  $P$  一定在圆形磁场的边界上;

C. 从圆形磁场边界上的  $C$  点以相同的速度入射, 轨迹如图所示, 因为  $R = r$  所以四边形  $SCON$  为菱形, 由几何知识可知粒子一定从  $N$  点射出;

D. 当带电粒子在  $A$  点入射, 从  $N$  点出射, 则磁场圆以  $AN$  为直径时面积最小, 最小面积  $S = \pi\left(\frac{AN}{2}\right)^2 = \pi(R\cos 30^\circ)^2 = 3\pi \times 10^{-4}\text{m}^2$



9. C

【详解】A. 粒子由  $P$  点垂直边界进入磁分析器, 最终打到胶片上的  $Q$  点, 根据左手定则可得, 粒子带正电, 选项 A 正确;

B. 粒子在加速电场中做匀加速运动, 则有  $qU = \frac{1}{2}mv^2$  又粒子在静电分析器做匀速圆周运动, 由电场力提供向心力, 有  $qE = \frac{mv^2}{R}$  解得  $U = \frac{ER}{2}$  选项 B 正确;

C. 粒子在磁分析器中做匀速圆周运动, 根据洛伦兹力提供向心力, 有  $qvB = \frac{mv^2}{r}$  解得  $r = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{mER}{q}}$  粒子由  $P$  点垂直边界进入磁分析器, 最终打在胶片上的  $Q$  点, 可得  $PQ = 2r = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{mER}{q}}$  选项 C 错误;

D. 若一群离子从静止开始经过上述过程都落在胶片上同一点, 说明运动的轨迹半径  $r = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{mER}{q}}$  相同, 由于加速电场、静电分析器与磁分析器都相同, 则该群离子具有相同的比荷, 选项 D 正确。

10. B

【详解】当  $b$  点接触  $MQ$  前,  $bc$  切割磁感线, 电动势  $E = Blv$ ,  $I_0 = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R}$

根据楞次定律, 电流方向为逆时针, 正方形线框继续向右运动, 在  $ad$  边进入磁场前的时间内,  $bc$  边上下两部分在方向不同的磁场中运动, 在垂直纸面向里的磁场中运动的部分长度越来越短, 在垂直纸面向外的磁场中运动的部分长度越来越长, 但在垂直纸面向里的磁场中运动部分的长度一直大于在垂直纸面向外的磁场中运动部分的长度, 所以这段时间内电流方向为逆时针, 且电流逐渐减小, 当  $ad$  边运动至与  $MN$  重合时, 电流为 0,  $ad$  边刚进入时, 根据楞次定律, 电流方向为顺时针,  $bc$  边上下两部分切割磁感线长度相等, 感应电动势方向相反, 所以此时电流大小为  $I_0 = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R}$

此后电流一直增大, 到  $bc$  边运动至整条边都在向外的磁场时, 电流最大, 最大电流为  $2I_0 = \frac{2Blv}{R}$ ,  $bc$

边运动  $PQ$  重合时, 电流为  $I_0 = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R}$ , 此后根据楞次定律, 电流逆时针方向, 且电流一直增大, 当

$ad$  边在磁场中运动时, 电流为  $I_0 = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R}$ 。故选 B。

11 答案 C

【详解】若  $B_1$ 、 $B_2$  都竖直向上, 从上向下看, 当  $a$  盘顺时针转动时, 其半径切割磁感线, 感应电流方向为  $a' \rightarrow O \rightarrow b' \rightarrow O' \rightarrow a'$ ,  $b$  盘电流为  $b' \rightarrow O'$ , 根据左手定则,  $b$  盘受到安培力沿逆时针方向(俯视)转动; 若  $B_1$ 、 $B_2$  都竖直向下, 从上向下看, 当  $a$  盘顺时针转动时, 其半径切割磁感线, 感应电流方向为  $O \rightarrow a' \rightarrow O' \rightarrow b' \rightarrow O$ ,  $b$  盘电流为  $O' \rightarrow b'$ , 根据左手定则,  $b$  盘受到安培力沿逆时针方向(俯视)转动; 若  $B_1$  向上,  $B_2$  向下, 从上向下看, 当  $a$  盘顺时针转动时, 其半径切割磁感线, 感应电流方向为  $a' \rightarrow O \rightarrow b' \rightarrow O' \rightarrow a'$ ,  $b$  盘电流为  $b' \rightarrow O'$ , 根据左手定则,  $b$  盘受到安培力沿顺时针方向(俯视)转动; 若  $B_1$  向下,  $B_2$  向上, 从上向下看, 当  $a$  盘顺时针转动时, 其半径切割磁感线, 感应电流方向为  $O \rightarrow a' \rightarrow O' \rightarrow b' \rightarrow O$ ,  $b$  盘电流为  $O' \rightarrow b'$ , 根据左手定则,  $b$  盘受到安培力沿顺时针方向(俯视)转动, A、B、D 错误, C 正确。

12.  $6 \times 10^{-10}$  偏小 B

【详解】(1) 根据题意可知, 一滴油酸酒精溶液含有油酸的体积为  $V = \frac{1}{50} \times \frac{0.5}{1000} \text{ mL} = 1 \times 10^{-5} \text{ mL}$

油酸分子直径大小  $d = \frac{V}{S} = \frac{1 \times 10^{-5} \times 10^{-6}}{160 \times 10^{-4}} \text{ m} \approx 6 \times 10^{-10} \text{ m}$

(2) 因为拿错的注射器的针管比原来的粗, 则每滴油酸酒精溶液的体积较大, 含油酸较多, 则一滴油酸酒精溶液含有油酸的体积计算值偏小, 根据  $d = \frac{V}{S}$  可知, 这会导致实验测得的油酸分子直径偏小。

(3) A.  $1 \text{ kg}$  油酸所含有分子数为  $N = \frac{1}{M} \cdot N_A = \frac{N_A}{M}$  故 A 错误;

B.  $1 \text{ m}^3$  油酸所含分子数为  $N_1 = \frac{1}{\rho} \cdot N_A = \frac{\rho N_A}{M}$  故 B 正确;

C. 1 个油酸分子的质量为  $m_0 = \frac{M}{N_A}$  故 C 错误;

D. 设油酸分子的直径为  $d$ , 则有  $\frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{M}{\rho N_A}$  解得  $d = \sqrt[3]{\frac{6M}{\pi \rho N_A}}$  故 D 错误。

13. (1)  $F = 0.4 \text{ N}$ ; (2)  $Q = 0.8 \text{ J}$

【详解】(1) 线框电动势为  $E = \frac{\Delta B}{\Delta t} S = 1 \text{ V}$  根据闭合电路欧姆定律可得  $I = \frac{E}{R} = 0.2 \text{ A}$  由图可知  $t = 2 \text{ s}$  时,

$B = 2 \text{ T}$ , 则根据安培力为  $F = BIl = 2 \times 0.2 \times 1 \text{ N} = 0.4 \text{ N}$

(2)  $0 \sim 5 \text{ s}$  内电阻  $R$  中产生的焦耳热  $Q = I^2 R t = 0.2^2 \times 5 \times 4 \text{ J} = 0.8 \text{ J}$

14. 【详解】(1). 根据法拉第电磁感应定律, 有  $E_m = N \left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right)_m$  解得  $\left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right)_m = \frac{E_m}{N} = \frac{25\sqrt{2}}{5} \text{ V} = 5\sqrt{2} \text{ V}$

(2). 副线圈电路中, 灯泡与电风扇并联, 灯泡 L 正常发光, 则电风扇 M 的电压为  $U_M = 220 \text{ V}$   
电风扇所在之路电流为  $I_M = I_2 - \frac{P_L}{U_L} = 0.2 \text{ A}$  电风扇输出的机械效率约为  $\eta = \frac{U_M I_M - I_M^2 r_M}{U_M I_M} \approx 99.1\%$  故 B 正确, 与题意不符;

(3). 原、副线圈的匝数比为  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$ ,  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$  又  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 25 \text{ V}$  由闭合电路欧姆定律, 可得  $U_1 = E - I_1 r$

联立, 解得  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{10}$  故 C 正确, 与题意不符;

15. (1)  $2 \text{ m/s}$  (2)  $25 \text{ J}$  (3)  $5.7 \text{ s}$

解析 (1) 设棒在  $ab$  处的速度为  $v_1$ , 金属棒切割磁感线产生的感应电动势为  $E = B_1 L v_1$  电路中的感应电流为  $I_1 = \frac{E}{R+r}$  金属棒做匀速直线运动, 由平衡条件得  $m g \sin \theta - \mu m g \cos \theta = B_1 I_1 L$ , 联立解得  $v_1 = 2 \text{ m/s}$

(2) 经过  $ef$  时又达到平衡状态, 由平衡条件得  $m g \sin \theta - \mu m g \cos \theta = B_2 I_2 L$

感应电流  $I_2 = \frac{B_2 L v_2}{R+r}$ , 联立解得  $v_2 = 8 \text{ m/s}$

金属棒从开始运动到滑到  $ab$  的过程中, 由动能定理有  $(m g \sin \theta - \mu m g \cos \theta) x_0 = \frac{1}{2} m v_1^2$  解得  $x_0 = 0.8 \text{ m}$

从开始运动到滑到  $ef$  的过程中由动能定理得  $(m g \sin \theta - \mu m g \cos \theta) (x_0 + x_1 + x_2) - Q = \frac{m v_2^2}{2}$  解得  $Q = 25 \text{ J}$

(3) 全过程由动量定理得  $(m g \sin \theta - \mu m g \cos \theta) t - B_1 L q_1 - B_2 L q_2 = m v_2$  且  $q_1 = \frac{B_1 L x_1}{R+r}$ ,  $q_2 = \frac{B_2 L x_2}{R+r}$  解得  $t = 5.7 \text{ s}$ .

16. (1)  $B = \sqrt{\frac{2mE}{ql}}$ ; (2)  $\frac{y_{\text{甲}}}{y_{\text{乙}}} = \frac{1}{3}$ ; (3) 见解析

【详解】(1) 设甲粒子由 P 点进入磁场时速度为  $v_0$ ，由动能定理可得  $qEl = \frac{1}{2}Mv_0^2 - 0$

甲粒子进入磁场做圆周运动，半径为  $r_0$ ，由几何关系可知  $r_0 = l$  由  $qv_0B = M\frac{v_0^2}{r_0}$  解得  $B = \sqrt{\frac{2mE}{ql}}$

(2) 设甲、乙粒子在 Q 点碰撞后的速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ ，由动量守恒得  $Mv_0 = Mv_1 + mv_2$

由能量守恒得  $\frac{1}{2}Mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$  解得  $v_1 = \frac{v_0}{2}$   $v_2 = \frac{3}{2}v_0$  甲、乙粒子碰撞后在磁场中做圆周运动，半径

为  $r_1$ 、 $r_2$ ，甲粒子  $\frac{1}{2}qv_1B = M\frac{v_1^2}{r_1}$  乙粒子  $\frac{1}{2}qv_2B = m\frac{v_2^2}{r_2}$  解得  $r_1 = l$ ， $r_2 = l$  甲、乙粒子均垂直进入电场，由

动能定理可得，甲粒子  $-\frac{q}{2}Ey_{\text{甲}} = 0 - \frac{1}{2}Mv_1^2$  乙粒子  $-\frac{q}{2}Ey_{\text{乙}} = 0 - \frac{1}{2}mv_2^2$  解得  $\frac{y_{\text{甲}}}{y_{\text{乙}}} = \frac{1}{3}$

(3) 从纵坐标  $y = 4l$  的某些位置由静止释放粒子甲，进入磁场速度为  $v_3$ ，由动能定理可得

$qE \cdot 4l = \frac{1}{2}Mv_3^2 - 0$  甲粒子在磁场中以  $v_3$  做圆周运动的半径

为  $r_3$ ，由  $qv_3B = M\frac{v_3^2}{r_3}$  解得  $r_3 = 2l$  如图所示

若甲粒子从  $O_1$  点进入磁场与乙粒子相碰， $O_1$  点距 O 点距离为  $x_{O_1}$ ，由几何关系可知  $x_{O_1} = l - (2l - 2l \cos 30^\circ) = (\sqrt{3} - 1)l$

甲粒子释放点的横坐标为  $x = (\sqrt{3} - 1)l - 4nl (n = 0, 1, 2, \dots)$

若甲粒子从  $O_2$  点进入磁场与乙粒子相碰， $O_2$  点距 O 点距离为  $x_{O_2}$ ，由几何关系可知

$x_{O_2} = (2l + 2l \cos 30^\circ) - l = (\sqrt{3} + 1)l$  甲粒子释放点的横坐标为  $x = (\sqrt{3} + 1)l - 4nl (n = 0, 1, 2, \dots)$

