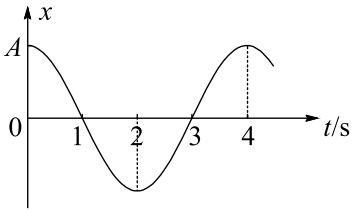
1982 年全国

1. 一质点作简谐振动，其位移 x 与时间 t 的关系曲线如图所示。由图可知，在 $t=4\,\mathrm{s}$ 时，质点的 (D)

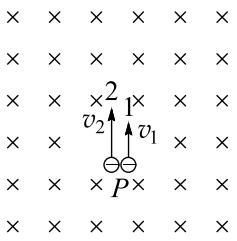


A. 速度为正的最大值，加速度为零　　B. 速度为负的最大值，加速度为零

C. 速度为零，加速度为正的最大值　　D. 速度为零，加速度为负的最大值

> 在 $t=4\,\mathrm{s}$ 时，质点的位移为正向最大，质点的速度为零，由 $a=-\frac{kx}{m}$ 知，质点的加速度方向总是与位移方向相反，大小与位移大小成正比，即此时加速度为负向最大，故 D 正确。

2. 如图所示，在垂直于纸面向内的匀强磁场中，从 P 处垂直于磁场方向发射出两个电子 1 和 2，其速度分别为 v_1 和 v_2。如果 $v_2=2v_1$，则 1 和 2 的轨道半径之比 $r_1:r_2$ 及周期之比 $T_1:T_2$ 分别为 (B)

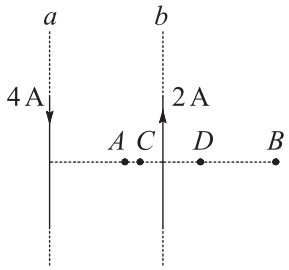


A. $r_1:r_2=1:2$，$T_1:T_2=1:2$　　B. $r_1:r_2=1:2$，$T_1:T_2=1:1$

C. $r_1:r_2=2:1$，$T_1:T_2=1:1$　　D. $r_1:r_2=1:1$，$T_1:T_2=2:1$

> 对于任一电子，由牛顿第二定律得 $evB=m\frac{v^2}{R}$，解得轨道半径为 $R=\frac{mv}{eB}$ ①，周期为 $T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{2\pi m}{eB}$ ②。由①知 $R\propto v$，所以 $R_1:R_2=1:2$；由②知 T 与 v 无关，仅与荷质比有关，所以 $T_1:T_2=1:1$，故 B 正确。

3. 有两根相互平行的无限长直导线 a 和 b，相距 15 厘米，通过两导线的电流大小和方向如下图所示。在两导线所在的平面内、两电流产生的磁场中，磁感应强度为零的点到导线 a 和 b 的距离分别为（已知直流导线周围磁感应强度大小 $B=k\frac{I}{r}$，I 为电流大小，r 为距导线的距离）(B)

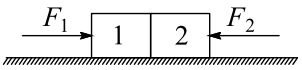


A. 10 厘米和 5 厘米，如 A 点　　B. 30 厘米和 15 厘米，如 B 点

C. 12 厘米和 3 厘米，如 C 点　　D. 20 厘米和 5 厘米，如 D 点

> 由右手螺旋定则知，a、b 导线在 A、C 两点产生的磁场方向相同，均垂直纸面向外，故叠加后两点的磁感应强度必不为零，故 AC 错误；a 导线在 B、D 两点产生的磁场方向垂直纸面向外，b 导线在 B、D 两点产生的磁场方向垂直纸面向里，故 B、D 两点磁感应强度可能为零，由题意知 $k\frac{I_a}{r_a}-k\frac{I_b}{r_b}=0$，得 $r_a:r_b=2:1$，B 选项的数据满足要求，D 选项的数据不满足，故 B 正确 D 错误。

4. 两个质量相同的物体 1 和 2 紧靠在一起放在光滑水平桌面上，如下图所示。如果它们分别受到水平推力 F_1 和 F_2，且 $F_1>F_2$，则 1 施于 2 的作用力的大小为 (C)



A. F_1　　B. F_2　　C. $\frac{1}{2}(F_1+F_2)$　　D. $\frac{1}{2}(F_1-F_2)$

> 因两个物体具有向右的加速度，所以可看作一个整体，整体在水平方向受到外力 F_1 和 F_2 的作用，对整体由牛顿第二定律得 $F_1-F_2=(m+m)a$，解得 $a=\frac{F_1-F_2}{2m}$；隔离物体 2，由牛顿第二定律得 $F_N-F_2=ma$，解得 $F_N=\frac{1}{2}(F_1+F_2)$，故 C 正确。

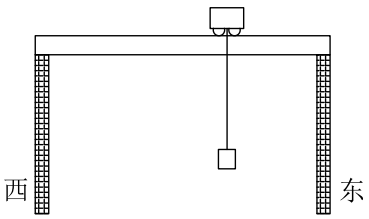
5. 设行星 A 和行星 B 是两个均匀球体。A 与 B 的质量之比 $m_A:m_B=2:1$；A 与 B 的半径之比 $R_A:R_B=1:2$。行星 A 的卫星 a 沿圆轨道运行的周期为 T_a，行星 B 的卫星 b 沿圆轨道运行的周期为 T_b，两卫星的圆轨道都非常接近各自的行星表面，则它们运行的周期之比为 (A)

A. $T_a:T_b=1:4$　　B. $T_a:T_b=1:2$　　C. $T_a:T_b=2:1$　　D. $T_a:T_b=4:1$

> 由万有引力提供向心力得 $\frac{GMm}{R^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}R$，解得 $T=2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$，故 $\frac{T_A}{T_B}=\left(\frac{R_A}{R_B}\right)^{\frac{3}{2}}\times\left(\frac{m_B}{m_A}\right)^{\frac{1}{2}}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}}\times\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}=\frac{1}{4}$，即 $T_a:T_b=1:4$，故 A 正确。

6. 质量为 2000 kg 的均匀横梁，架在相距 8 m 的东、西墙上。一质量为 3200 kg 的天车停在横梁上距东墙 3 m 处。当天车下端未悬吊重物时，东墙承受的压力为 2.94×10^4 N；当

天车吊着一质量为 1600 kg 的重物使它以 4.9 m/s² 的加速度上升时，东墙承受的压力比原来增大 $1.47 \times 10^4\,\mathrm{N}$。



$2.94 \times 10^4\,\mathrm{N}$；$1.47 \times 10^4\,\mathrm{N}$

设两墙间距为 L，横梁质量 $m_{梁} = 2000\,\mathrm{kg}$，天车质量 $m_{车} = 3200\,\mathrm{kg}$。天车距东墙 3 m，故距西墙 5 m；横梁重力作用在中点，距西墙 4 m 处。

以西墙支撑点为支点，东墙支撑点给横梁的支持力为 $F_{东}$，由力矩平衡得 $F_{东} \cdot L = m_{车}g \cdot 5\,\mathrm{m} + m_{梁}g \cdot 4\,\mathrm{m}$，解得 $F_{东} = 2.94 \times 10^4\,\mathrm{N}$。由牛顿第三定律知东墙受到的压力为 $2.94 \times 10^4\,\mathrm{N}$。

当天车吊着一质量为 1600 kg 的重物使它以 4.9 m/s² 的加速度上升时，对重物由牛顿第二定律得 $F - mg = ma$，解得 $F = 1600 \times (9.8 + 4.9)\,\mathrm{N} = 2.35 \times 10^4\,\mathrm{N}$，由牛顿第三定律知重物对车的拉力也为 $2.35 \times 10^4\,\mathrm{N}$，故车对梁的作用力为 $F_{车} = m_{车}g + F = 5.49 \times 10^4\,\mathrm{N}$。仍以西墙支撑点为支点，由力矩平衡得 $F'_{东}L = F_{车} \cdot 5\,\mathrm{m} + m_{梁}g \cdot 4\,\mathrm{m}$，解得 $F'_{东} = 4.41 \times 10^4\,\mathrm{N}$，由牛顿第三定律知东墙受到的压力为 $4.41 \times 10^4\,\mathrm{N}$，故东墙承受的压力比原来增大 $1.47 \times 10^4\,\mathrm{N}$。

7. 一定质量的理想气体，当体积保持不变时，其压强随温度升高而增大。用分子运动论来解释，当气体的温度升高时，其分子的热运动加剧，因此：1. 分子每次碰壁时给器壁的冲量增大。2. 分子在单位时间内对单位面积器壁的碰撞次数增多，从而导致压强增大。

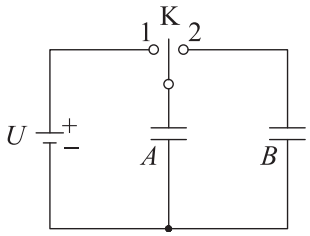
按照气体分子热运动的理论，气体的体积保持不变时，分子的疏密程度也不改变，温度升高时，分子的热运动变得剧烈，分子的平均动能增大，撞击器壁时对器壁的作用力变大，所以气体的压强增大。这就是气体温度升高、压强增大的微观解释。

8. 在右图所示的电路中，直流电源的电压为 $U = 18\,\mathrm{V}$，电容器 A 和 B 的电容分别为 $C_A = 20\,\mu\mathrm{F}$ 和 $C_B = 10\,\mu\mathrm{F}$。开始时，单刀双掷开关 K 是断开的，A 和 B 都不带电。

(1) 把 K 扳到位置 1，A 的带电量 $Q_A = 3.6 \times 10^{-4}\,\mathrm{C}$；

(2) 然后把 K 从位置 1 换接到位置 2，则 B 的带电量 $Q_B = 1.2 \times 10^{-4}\,\mathrm{C}$；

(3) 再把 K 扳到位置 1，使 A 充电，然后把 K 换接到位置 2，则 B 的带电量变为 $Q_B = 1.6 \times 10^{-4}\,\mathrm{C}$。



(1) $3.6\times10^{-4}\,\mathrm{C}$ (2) $1.2\times10^{-4}\,\mathrm{C}$ (3) $1.6\times10^{-4}\,\mathrm{C}$

将 K 接到位置 1 时，电容器 A 两端的电压为 U，又 $Q_A=C_AU$，代入解得 $Q_A=3.6\times10^{-4}\,\mathrm{C}$；然后将 K 接到位置 2 时，电容器 A 给电容器 B 充电，当两电容器两端电压相等时，电容器 A 停止给电容器 B 充电，电容器 A 上电量的减少量等于电容器 B 上电量的增加量，则有 $\frac{Q_A-Q_B}{C_A}=\frac{Q_B}{C_B}$，解得 $Q_B=\frac{1}{3}Q_A=1.2\times10^{-4}\,\mathrm{C}$；电容器 A 再次充满电后，再给电容器 B 充电，设电容器 A 转移的电量为 ΔQ，则有 $\frac{Q_A-\Delta Q}{C_A}=\frac{Q_B+\Delta Q}{C_B}$，解得 $\Delta Q=\frac{1}{3}Q_B=0.4\times10^{-4}\,\mathrm{C}$，最终电容器 B 的带电量为 $Q_B+\Delta Q=1.6\times10^{-4}\,\mathrm{C}$。

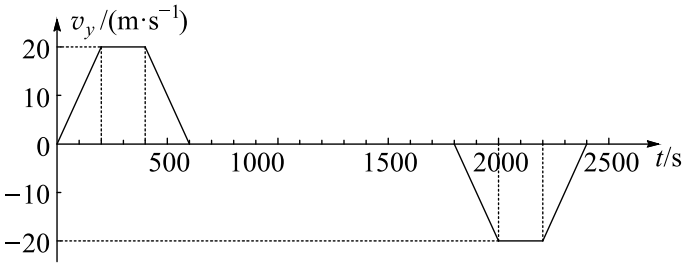
9. 两个相同的声源 S_1 和 S_2 相距 10 m，频率为 1700 Hz，振动位相相同。已知空气中的声速是 340 m/s，所以由 S_1 和 S_2 发出的声波在空气中的波长是 0.20 m。图中 Q 是 S_1S_2 的中点，OQ 是 S_1S_2 的中垂线，长度 $OQ=400\,\mathrm{m}$，OP 平行于 S_1S_2，长度 $OP=16\,\mathrm{m}$。由于两列声波干涉的结果，在 O 点声振动将 加强，并且在 O、P 之间的线段上会出现 2 个振动最弱的位置。



0.20 m；加强；2

由题意知 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{340}{1700}\,\mathrm{m}=0.20\,\mathrm{m}$。由于 O 点到 S_1、S_2 的距离相等，S_1、S_2 相位相同，则对 O 点引起的振动也是同步振动，所以 O 点是振动加强点。由干涉条纹间距公式得 $\Delta x=\frac{OQ}{d}\lambda=\frac{400}{10}\times0.2\,\mathrm{m}=8\,\mathrm{m}$，相邻振动加强点的间距与相邻振动减弱点的间距相等，因 O 点为振动加强点，故当 $OP_1=4\,\mathrm{m}$ 时 P_1 为振动减弱点；当 $OP_2=12\,\mathrm{m}$ 时 P_2 为振动减弱点；当 $OP_3=20\,\mathrm{m}$ 时 P_3 为振动减弱点，又 $OP_3>OP$，故在 OP 之间声振动减弱的位置只有 2 个。

10. 飞机从一地起飞，到另一地降落。如果飞机在竖直方向的分速度 v_y 与时间 t 的关系曲线如图所示（作图时规定飞机向上运动时 v_y 为正），则在飞行过程中，飞机上升的最大高度是 8000 m；在 $t=2200\,\mathrm{s}$ 到 $t=2400\,\mathrm{s}$ 一段时间内，它在竖直方向的分加速度 a_y 为 $0.10\,\mathrm{m/s^2}$。



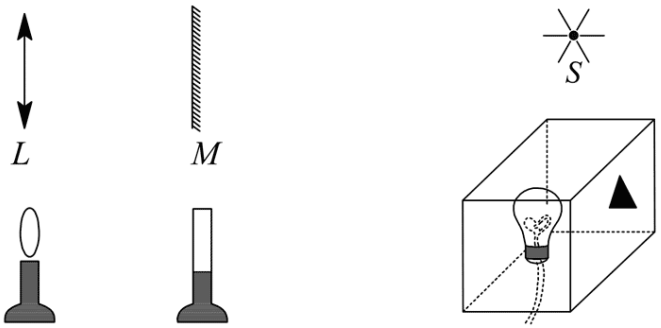
$8000\,\mathrm{m}$；$0.10\,\mathrm{m/s^2}$

飞机在 $0\sim600\,\mathrm{s}$ 内竖直方向的位移方向向上，在 $1800\,\mathrm{s}\sim2200\,\mathrm{s}$ 内竖直方向的位移方向向下，图象与横轴围成的面积等于位移，可知在 $600\,\mathrm{s}$ 末飞机的高度最高，则 $h=\frac{1}{2}\times20\times(600+200)\,\mathrm{m}=8000\,\mathrm{m}$；又图象的斜率等于加速度，在 $2200\,\mathrm{s}\sim2400\,\mathrm{s}$ 内，飞机在竖直方向的加速度为 $a_y=\frac{\Delta v_y}{\Delta t}=\frac{0-(-20)}{200}\,\mathrm{m/s^2}=0.10\,\mathrm{m/s^2}$。

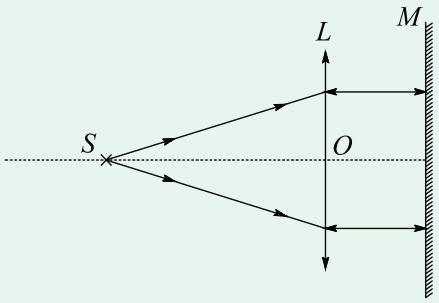
11. 如图所示，S 是侧壁上开有一个三角形小孔的光源箱，M 是平面镜，L 是凸透镜。图中上方所画的是各个器件在光路图中采用的符号。现在要用这些器件和光具座用平面镜补助法测定凸透镜 L 的焦距。

(1) 画出反映测量原理的光路图。

(2) 扼要说明实验步骤。



(1) 光路图如图。



(2) 实验步骤如下：

① 把光源箱、凸透镜和平面镜放在光具座上，凸透镜放在光源箱和平面镜之间。调整三者的高度，使光源箱的小孔、透镜的光心 O 和平面镜的中心在一条直线上。

② 调节透镜和光源箱之间的距离，直到从三角形小孔射出的光线经透镜折射与平面镜反射后，在光源箱开孔壁上形成小孔的清晰的倒像。

③ 量出小孔与透镜之间的距离，它就等于透镜的焦距。

评分说明：本小题共 6 分，其中光路图占 3 分，实验步骤占 3 分。

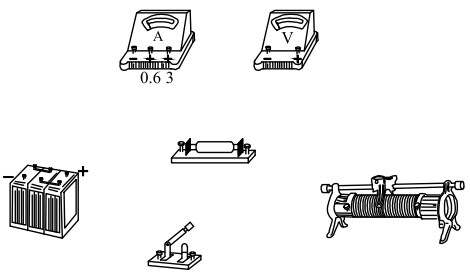
正确画出光路图的，给 3 分；光路图中未标明光线进行方向或未标全的，扣 1 分。

步骤①中答出使三者在一条直线上或共轴的，给 1 分；步骤②中答出在光源箱壁上得到小孔的清晰的像的，给 1 分；步骤③中答出测量小孔与透镜距离的，给 1 分。

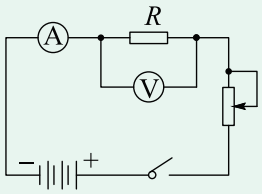
12. 有一个量程为 0 ～ 0.6 ～ 3 A 的安培表（0 ～ 0.6 A 挡的内阻为 0.125 Ω，0 ～ 3 A 挡的内阻为 0.025 Ω），一个量程为 0 ～ 15 V 的伏特表（内阻为 1.5×10^4 Ω），一个滑动变阻器（电阻为 0 ～ 200 Ω），一个电压为 12 V 的蓄电池组，一个电键和一些导线。要使用这些器件用伏安法测量一个阻值约为几十欧姆的线圈的电阻。

(1) 画出实验应采用的电路图。

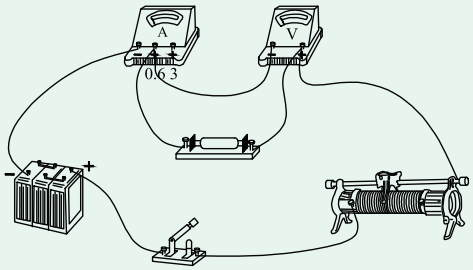
(2) 在上图中画线把所示的器件联接成电路（只要求完成以上两项）。



(1) 应采用的电路图如图：



(2) 按照电路图画线把实物连接成的实验电路如图：



使用限流接法时，电路中的最小电流约为 $I=\frac{12}{200}\,\mathrm{A}=0.06\,\mathrm{A}$，电流较小接近 0，故采用限流接法是可以的，采用分压接法也行。又 $R_x<\sqrt{R_AR_V}\approx 400\,\Omega$，故电流表应采用外接法。

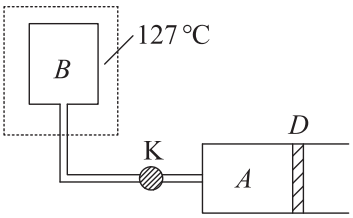
评分说明：本小题共 6 分，其中电路图占 2 分，画线连接电路占 4 分。

1 中，正确画出电路图的给 2 分；把安培表画作并联或把伏特表画作串联的，给 0 分；未画出滑动变阻器的，只给 1 分。如果在电路图上标出安培表或伏特表的正负端而又标错了的，此处不扣分。

2 中，电路连接正确的，给 4 分，把安培表并联进电路或把伏特表串联进电路的，给 0 分。安培表量程选择错误的，扣 1 分；安培表和伏特表正负端连接错误的，各扣 1 分；滑动变阻器连接成固定电阻、接成短路或未接入电路的，扣 1 分。

无论在 1 或 2 中，安培表内接的不扣分；把滑动变阻器接作分压用的不扣分。

13. 如右图，汽缸 A 和容器 B 由一细管经阀门 K 相联。A 和 B 的壁都是透热的，A 放置在 27 °C、1.00 atm 的空气中，B 浸在 127 °C 的恒温槽内。开始时，K 是关断的，B 内为真空，容积 $V_B=2.40\,\mathrm{L}$；A 内装有理想气体，体积为 $V_A=4.80\,\mathrm{L}$。假设汽缸壁与活塞 D 之间无摩擦，细管的容积可忽略不计。打开 K，使气体由 A 流入 B。等到活塞 D 停止移动时，A 内气体的体积将是多少？



3.00 L

打开 K 前，气体的状态方程为 $p_0V_A = nRT_A$ (a)

打开 K 后 A 和 B 内的气体状态方程分别为 $p_AV'_A = n_ART_A$，其中 $T_A = 300\,\mathrm{K}$ (b)
$p_BV_B = n_BRT_B$，其中 $T_B = 400\,\mathrm{K}$ (c)

活塞停止移动时 A 和 B 内气体的压强均应等于 p_0，即 $p_A = p_B = p_0$ (d)

K 打开前后气体的总摩尔数不变，即 $n = n_A + n_B$ (e)

联立解得 $V'_A = V_A - \frac{T_A}{T_B}V_B = 3.00\,\mathrm{L}$。(f)

评分说明：全题 10 分。

正确写出三个状态方程（a）、（b）、（c）的，各给 1 分；写出式（d）的，再给 2 分；写出式（e）或总质量不变方程的，再给 2 分。解方程并算出最后结果（f）的，给 3 分，其中数值计算和单位各占 1 分。

14. 已知氢原子基态的电子轨道半径为 $r_1 = 0.528 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$，量子数为 n 的能级值为 $E_n = -\frac{13.6}{n^2}\,\mathrm{eV}$。

(1) 求电子在基态轨道上运动时的动能。

(2) 有一群氢原子处于量子数 $n = 3$ 的激发态。画一能级图，在图上用箭头标明这些氢原子能发出哪几条光谱线。

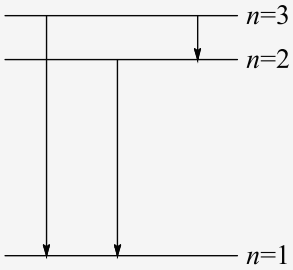
(3) 计算这几条光谱线中波长最短的一条的波长。

（静电力恒量 $k = 9.0 \times 10^9\,\mathrm{N \cdot m^2/C^2}$，电子电量 $e = 1.60 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$，普朗克恒量 $h = 6.63 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$，真空中光速 $c = 3.00 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$。）

(1) 13.6 eV (2) 三条光谱线，如能级图所示。 (3) $1.03 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$

（1）设电子的质量为 m，电子在基态轨道上的速率为 v_1，由牛顿第二定律和库仑定律得 $\frac{ke^2}{r_1^2} = m\frac{v_1^2}{r_1}$ (a)，由上式可得电子动能为 $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{ke^2}{2r_1}$ (b)，代入数据得电子动能为 $2.18 \times 10^{-18}\,\mathrm{J} = 13.6\,\mathrm{eV}$ (c)。

（2）当氢原子从量子数 $n = 3$ 的能级跃迁到较低能级时，可以得到三条光谱线，如图所示。



（3）$n=3$ 的能级值为 $E_3=-\frac{13.6}{3^2}\,\mathrm{eV}=-1.51\,\mathrm{eV}$，与波长最短的一条光谱线对应的能级差为 $E_3-E_1=12.09\,\mathrm{eV}$ (d)，由玻尔理论知 $h\nu=E_3-E_1$ (e)，又 $\lambda=\frac{c}{\nu}$ (f)，解得 $\lambda=\frac{hc}{E_3-E_1}\approx 1.03\times10^{-7}\,\mathrm{m}$ (g)。

评分说明：全题 10 分。（1）3 分，（2）3 分，（3）4 分。

（1）中，列出式（a）的，给 1 分；进一步得出电子动能表达式（b）的，再给 1 分；算出动能值（c）的，再给 1 分。答案（c）中，对能量单位不作限制，但数值和单位必须一致方能得分。

（2）中，正确画出能级图并且标明三个量子数 $n=1$、2、3 和三条光谱线的，给 3 分。每缺一条谱线扣 1 分，缺量子数或量子数不全的扣 1 分，总共最多扣 3 分。

（3）中，算出能级差（d）的，给 1 分；写出频率表达式（e）和波长表达式（f）的，各给 1 分；算出波长（g）的，给 1 分。有效数字只要求三位。

15. 如图 1，闭合的单匝线圈在匀强磁场中以角速度 ω 绕中心轴 OO' 逆时针匀速转动。已知：线圈的边长 $ab=cd=l_1=0.20\,\mathrm{m}$，$bc=da=l_2=0.10\,\mathrm{m}$，线圈的电阻值 $R=0.050\,\Omega$，角速度 $\omega=300\,\mathrm{rad/s}$；匀强磁场磁感应强度的大小 $B=0.50\,\mathrm{T}$，方向与转轴 OO' 垂直。规定当线圈平面与 B 垂直，并且 ab 边在纸面（即过 OO' 轴平行于 B 的平面）前时开始计算线圈的转角 θ。

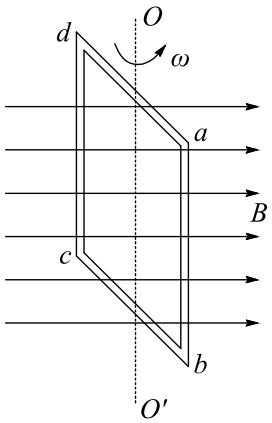


图 1

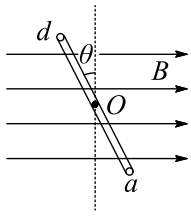


图 2

(1) 当 $\theta=\omega t=30°$ 时，线圈中感生电动势的大小、方向如何？线圈所受电磁力矩 $M_{磁}$ 的大小、方向如何？

(2) 这时，作用在线圈上电磁力的即时功率等于多少？

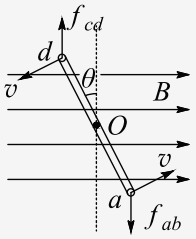
(3) 要维持线圈作匀角速转动，除电磁力矩 $M_{磁}$ 外，还必须另有外力矩 $M_{外}$ 作用在线圈上。写出 $M_{外}$ 随时间 t 变化的关系式，并以 t 为横坐标、$M_{外}$ 为纵坐标画出 $M_{外}$ 随 t 变化的图线。

(1) $E=1.5\,\mathrm{V}$，方向沿 abcd；电磁力矩方向是顺时针的，$M_{磁}=0.15\,\mathrm{N\cdot m}$。 (2) 电磁力的即时功率大小为 $45\,\mathrm{W}$。 (3) $M_{外}=0.60\sin^2 300t$，图线如图所示。

（1）ab 段和 cd 段切割磁感线的速率为 $v=\omega\frac{l_2}{2}=300\times\frac{0.10}{2}\,\mathrm{m/s}=15\,\mathrm{m/s}$ (a)

线圈内的感生电动势 e 等于 ab 段和 cd 段切割磁感线产生的感生电动势之和，即 $E=2Bl_1v\sin\theta=Bl_1l_2\omega\sin\theta$，当 $\theta=30^\circ$ 时，$E=0.50\times0.20\times0.10\times300\times0.5\,\mathrm{V}=1.5\,\mathrm{V}$ (b) 方向沿 abcd，

线圈内的电流大小为 $I=\frac{E}{R}=\frac{1.5}{0.050}\,\mathrm{A}=30\,\mathrm{A}$ (c)

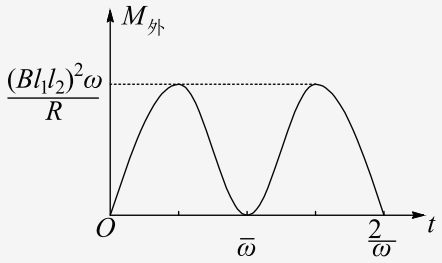


ab 段所受安培力 F_{ab} 的方向如图所示，大小为 $F_{ab}=BIl_1=30\times0.20\times0.50\,\mathrm{N}=3\,\mathrm{N}$ (d)

安培力 F_{ab} 对于 OO' 轴的力矩方向，在俯视图中是顺时针的，大小为 $M_{ab}=F_{ab}\frac{l_2}{2}\sin\theta$。cd 段所受电磁力矩 M_{cd} 的方向和大小与 ab 段相同。因此总磁力矩方向是顺时针的，大小为 $M_{磁}=M_{ab}+M_{cd}=F_{ab}l_2\sin\theta=0.15\,\mathrm{N\cdot m}$ (e)

（2）ab 段上电磁力的方向与速度方向间的夹角是 $90^\circ+\theta$，垂直于速度方向的分力不做功；平行于速度方向的分力为 $F_{ab}\cos\theta$，方向总是与速度相反，所以安培力 F_{ab} 的即时功率大小为 $P_{ab}=|-(F_{ab}\sin\theta)v|$，故作用在线圈上的电磁力的即时功率为 $P=2P_{ab}=|-2F_{ab}v\sin\theta|=45\,\mathrm{W}$。(f)

（3）当线圈绕 OO' 轴匀速转动时，线圈所受力矩的代数和等于零，因此，外力矩 $M_{外}$ 的大小与电磁力矩 $M_{磁}$ 相等，方向相反，是逆时针的，所以利用（a）中已经得到的各公式及 $\theta=\omega t$ 可得 $M_{外}=F_{ab}l_2\sin\theta=\frac{B^2l_1^2l_2^2\omega}{R}\sin^2\omega t$ (g) 代入数据得 $M_{外}=0.60\sin^2300t$ (h) 以 t 为横坐标和 $M_{外}$ 为纵坐标的 $M_{外}-t$ 图线如图所示。



评分说明：全题 16 分。（1）9 分，（2）3 分，（3）4 分。

（1）中，算出速率（a）的，给 1 分；算出电动势（b）的，再给 2 分，得出电动势方向的，再给 1 分。算出电流（c）的，给 1 分；算出 ab 段或 cd 段上电磁力大小（d）的，再给 1 分；得出电磁力方向的，再给 1 分；算出总电磁力矩大小（e）的，再给 1 分；得出总电磁力矩方向的，再给 1 分。在求 e 和 $M_{磁}$ 时，未分步计算，直接写

出 $e=2Bl_1v\sin\theta$ 和 $M_{磁}=Il_1l_2B\sin\theta$ 的，不扣分。

（2）中，算出电磁力即时功率（f）的，给 3 分。符号错误的，扣 1 分。按其他方法计算，例如按 $P=IE$ 或 $P=I^2R$ 计算的，同样给分。

（3）中，得出 $M_{外}$ 表达式（g）或（h）的，给 2 分；作出 $M_{外}-t$ 曲线的，再给 2 分。在图上，将 $2\pi/\omega$ 标作 $\pi/150$ 以及将 $(Bl_1l_2)^2\omega/R$ 标作 0.6 的，同样给分。曲线上只要 $t=0$、$\pi/2\omega$、π/ω、$3\pi/2\omega$、$2\pi/\omega$ 各时刻的 $M_{外}$ 值正确，形状虽与正弦平方曲线稍有出入，不扣分。所得 $M_{外}$ 表达式与（g）式或（h）式差一负号，并且曲线全在横轴下方的，不扣分。

16. 在一原子反应堆中，用石墨（碳）作减速剂使快中子减速。已知碳核的质量是中子的 12 倍。假设把中子与碳核的每次碰撞都看作是弹性正碰，而且认为碰撞前碳核都是静止的。

(1) 设碰撞前中子的动能是 E_0，问经过一次碰撞中子损失的能量是多少？

(2) 至少经过多少次碰撞，中子的动能才能小于 $10^{-6}E_0$？（$\lg 13=1.114$，$\lg 11=1.041$。）

(1) $\Delta E=\frac{48}{169}E_0$　(2) 42 次

（1）设中子和碳核的质量分别为 m 和 M，碰撞前中子的速度为 v_0，碰撞后中子和碳核的速度分别为 v 和 V，由动量守恒得 $mv_0=mv+MV$ (a)，由能量守恒得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}MV^2$ (b)，由 (a)(b) 两式可解出 $v_0+v=V$ (c)。将上式代入 (a) 中，得 $v=\frac{m-M}{m+M}v_0$。已知 $M=12m$，代入 (c) 中可得 $v=-\frac{11}{13}v_0$ (d)。因此在碰撞过程中中子损失的能量为 $\Delta E=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv^2$ (e) $=E_0\left(1-\frac{121}{169}\right)=\frac{48}{169}E_0$ (f)。

（2）设 $E_1,E_2,\ldots,E_n$ 分别表示中子在第 1 次、第 2 次……第 n 次碰撞后的动能。由 (d) 可得 $E_1=\left(\frac{11}{13}\right)^2E_0$ (g)。同理可得 $E_2=\left(\frac{11}{13}\right)^2E_1=\left(\frac{11}{13}\right)^4E_0$，$\cdots$ $E_n=\left(\frac{11}{13}\right)^{2n}E_0$ (h)，已知 $E_n=10^{-6}E_0$，代入上式可得 $10^{-6}E_0=\left(\frac{11}{13}\right)^{2n}E_0$，即 $\left(\frac{11}{13}\right)^{2n}=10^{-6}$ (i)，取对数可得 $2n(\lg 13-\lg 11)=6$。将 $\lg 13=1.114$，$\lg 11=1.041$ 代入上式，即得 $n=\frac{3}{0.073}=41.1$，因此，至少需经过 42 次碰撞，中子的动能才能小于 $10^{-6}E_0$。

评分说明：全题 12 分。（1）6 分，（2）6 分。

（1）中，列出（a）和（b）的，各给 1 分；从（a）、（b）解出（c）的，再给 2 分。不写出（a）和（b）直接写出（c）的，只给 1 分。得出（e）的，再给 1 分；求出结果（f）的，再给 1 分。

（2）中，列出（h）的，给 4 分；只写出（g）的，给 1 分。将 $E_n=10^{-6}E_0$ 代入（h），并得出（i）的，再给 1 分。由（i）算出最后结果的，再给 1 分。