第一周物理寒假作业答案

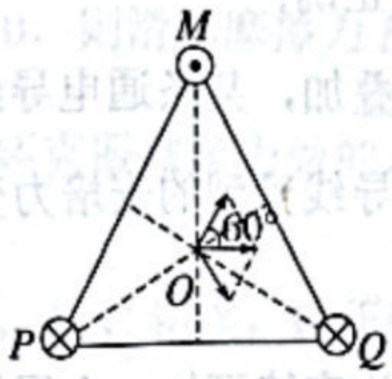
专题 1　磁场及其对电流的作用

1. 答案　C

解析　由题意可知，地理南、北极与地磁南、北极不重合，存在地磁偏角，故 A 正确；磁感线是闭合的，由题图可知地球内部也存在磁场，地磁的南极在地理北极附近，故 B 正确；只有赤道上方附近的地磁场方向才与地面平行，故 C 错误；根据安培定则可知，通电导线的磁场方向与导线中电流的方向垂直，可知因地磁场影响，在进行奥斯特实验时，通电导线南北放置时实验现象最明显，故 D 正确。

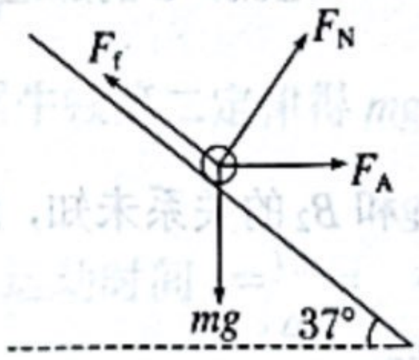
2. 答案　C

解析　根据右手螺旋定则，通电导线 P、M 和 Q 在 O 处的磁场方向如图所示，由题知，每根导线在三角形中心 O 处产生的磁感应强度大小为 B，则由平行四边形定则知通电导线 P 和 Q 在 O 点的合磁感应强度与通电导线 M 在 O 点的磁感应强度相同，则三角形中心 O 处磁感应强度的大小为 $2B$，故选 C。



3. 答案　D

解析　对金属棒受力分析，如图所示，根据左手定则可知其所受安培力水平向右，大小为 $F_A=BIL=1\ \mathrm{N}$，导轨对金属棒的支持力大小为 $F_N=mg\cos 37°-F_A\sin 37°=0.2\ \mathrm{N}$



若增大电流，则安培力增大，支持力减小，故 A、B 错误；根据平衡条件可得导轨对金属棒的摩擦力大小为 $F_f=mg\sin 37°+F_A\cos 37°=1.4\ \mathrm{N}<2.0\ \mathrm{N}$，若增大磁感应强度，则安培力增大，导轨对金属棒的摩擦力会变大，故 C 错误，D 正确。

4. 答案　D

解析　由左手定则可知，a、b 导线受到的安培力大小相等、方向相反，故 A 错误；

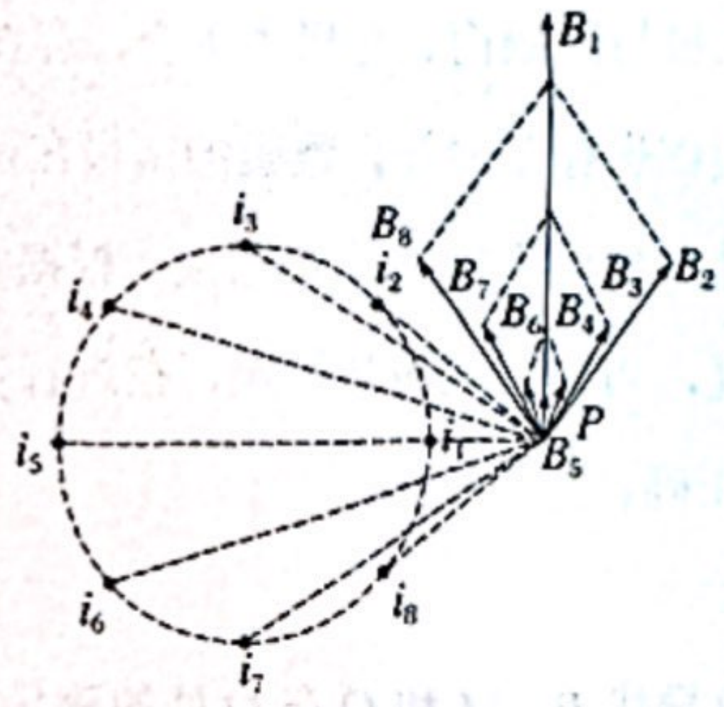
由左手定则可知，a 导线受到的安培力向上，b 导线受到的安培力向下，线圈沿顺时针方向(正视)转动，故 B 错误；

换磁性更强的磁铁或增加线圈匝数，会使得在相同电流情况下线圈所受安培力增大，电流表的量程减小，故 C 错误，D 正确。

5. 答案　C

解析　圆筒轴线处的磁场为 n 条通电导线激发磁场的矢量和，由安培定则和对称性可知，圆筒轴线处的磁场刚好抵消，磁感应强度为 0，故 A 错误；

各条通电导线在圆筒外部 P 处激发的磁场如图所示



由对称性可知，合磁感应强度方向在垂直轴线的平面内且与筒壁切线平行，故 B 错误；

某条通电导线受到的安培力是受除它之外的 $n-1$ 条通电导线激发的合磁场施加的，由对称性可知通电导线处合磁感应强度方向沿圆周切线方向，由左手定则判断，这条通电导线受到的安培力垂直筒壁方向指向轴线，故 C 正确；

若电流 I 变为原来的 2 倍，由磁场的叠加，某条通电导线所在处的磁感应强度变为原来的 2 倍，由安培力公式 $F=BIl$，可知通电导线受到的安培力变为原来的 4 倍，故 D 错误。

6. 答案　AD

解析　金属棒 b 沿导轨下滑时，由楞次定律可知，金属棒 a 中电流从近端流向远端，根据左手定则，可知金属棒 a 所受安培力水平向右，又因为金属棒 a 始终静止，所以其所受摩擦力向左，故 A 正确；

当金属棒 b 下滑速度最大时，回路有最大电流，b 的加速度为 0，对金属棒 b 分析，有 $mg\sin 30°=B_2I_mL$，对金属棒 a 分析，有

$F_{fm}=B_1I_mL$，可得 $F_{fm}=\dfrac{mgB_1}{2B_2}$。由于 B_1 和 B_2 的关系未知，所以金属棒 a 受到的最大摩擦力 F_{fm} 大小不确定，故 B 错误；

由闭合电路欧姆定律可知 $I_m=\dfrac{B_2Lv_m}{2R}$，解得 $v_m=\dfrac{mgR}{B_2^2L^2}$，故 C 错误；

由能量守恒定律可知，金属棒 b 减小的机械能等于金属棒 a 和金属棒 b 中产生的总焦耳热，故 D 正确。

专题 2　磁场对运动电荷(带电体)的作用

1. 答案　C

解析　质子以速度 $v=2\times10^5$ m/s 竖直向下运动穿过 P 处的地磁场，地磁场方向由南指向北，根据左手定则知质子受到的洛伦兹力方向向东，当速度与磁场方向垂直时，则由 $F=Bvq$，代入数据，解得：$F=3.5\times10^{-5}\times2\times10^5\times1.6\times10^{-19}\,\mathrm{N}=1.12\times10^{-18}\,\mathrm{N}$，故 C 正确，A、B、D 错误。

扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

2.答案　AC

解析　根据动量守恒得知，放出的粒子与新核的速度方向相反，由左手定则判断得知，放出的粒子应带负电，是β粒子，所以发生的是β衰变。根据电荷数守恒、质量数守恒知，衰变方程为 $^{24}_{11}Na \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e$，可知新核为 $^{24}_{12}Mg$，故 A 正确，B 错误；由题意，静止的钠核 $^{24}_{11}Na$ 发生衰变时动量守恒，释放出的粒子与新核的动量大小相等，两个粒子在匀强磁场中都做匀速圆周运动，因为新核的电荷量大于所释放出的粒子电荷量，由半径公式 $r=\frac{mv}{qB}$ 得知，新核的半径小于β粒子的半径，所以轨迹 2 是新核的轨迹，故 C 正确；根据洛伦兹力提供向心力，由左手定则判断得知，新核沿逆时针方向旋转，故 D 错误。

3. 答案　AD

解析　由题图乙分析可知，圆环先减速运动，当 $qv_0B=mg$ 时，做匀速直线运动，故可知初始时洛伦兹力大于重力，即 $qv_0B>mg$，得 $v_0>\frac{mg}{qB}$，故 A 正确，B 错误。根据牛顿第二定律 $F_f=ma$，联立可得：$a=\frac{\mu qvB-mg}{m}$；由于速度越来越小，则洛伦兹力越来越小，当洛伦兹力等于重力时，竖直方向上 $F_N=0$，则滑动摩擦力 $F_f=0$，圆环开始匀速运动，此时由 $mg=qv'B$，得 $v'=\frac{mg}{qB}$，设此过程中圆环克服摩擦力做的功为 W_f，根据动能定理 $-W_f=\frac{1}{2}mv'^2-\frac{1}{2}mv_0^2$，联立解得 $W_f=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{m^3g^2}{2q^2B^2}$，故 C 错误，D 正确。

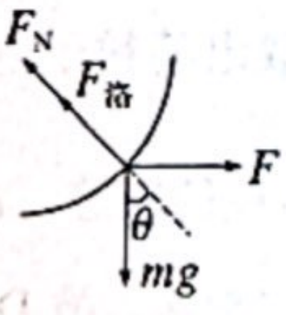
4. 答案　AC

解析　滑块沿斜面运动时，垂直斜面方向有 $F_N+qvB=mg\cos\theta$，可知当 v 越大时，F_N 越小，当 $F_N=0$，即当速度达到 $v_m=\frac{mg\cos\theta}{qB}$ 时，滑块就将飞离斜面，所以斜面倾角越小，飞离斜面瞬间的速度越大，故 A 正确；根据牛顿第二定律得 $mg\sin\theta=ma$，可知在斜面上滑块都是做匀加速运动，且加速度不变，所以运动时间 $t=\frac{v_m}{a}=\frac{\frac{mg\cos\theta}{qB}}{g\sin\theta}=\frac{m}{qB\tan\theta}$，所以斜面倾角越小，在斜面上运动的时间越长，故 B 错误；重力的平均功率 $P_G=mg\frac{v_1}{2}=\frac{mgv_m\sin\theta}{2}=\frac{m^2g^2\sin\theta\cos\theta}{2qB}=\frac{m^2g^2\sin 2\theta}{4qB}$，可知两滑块重力的平均功率相等，故 C 正确；在斜面上运动的位移为 $L=\frac{v_m^2}{2g\sin\theta}=\frac{m^2g\cos^2\theta}{2q^2B^2\sin\theta}$，可知甲的位移大于乙的位移，故 D 错误。

5. 答案　B

解析　小球从 A 到 C，洛伦兹力不做功，由动能定理得 $mgR=\frac{1}{2}mv_C^2$，则 $v_C=\sqrt{2gR}$，在 C 点，$F_{洛}=qv_CB=qB\sqrt{2gR}$，选项 A 错误；在 C 点，$F_C-mg+F_{洛}=\frac{mv_C^2}{R}$，解得 $F_C=3mg-qB\sqrt{2gR}$，

由牛顿第三定律知，选项 B 正确：小球从 C 到 D 的过程中，所受合力指向圆心，对小球进行受力分析如图所示，则 $mg\sin\theta=F\cos\theta$，$F=mg\tan\theta$，θ增大，则 F 增大，选项 C 错误：小球从 C 到 D 的过程中，动能不变，合力做功为零，洛伦兹力与支持力不做功，外力 F 做正功，重力做负功，外力的功率与重力的功率大小相等，运动过程中，小球的速度在竖直方向的分量增大，重力的功率增大，所以外力 F 的功率也增大，选项 D 错误。



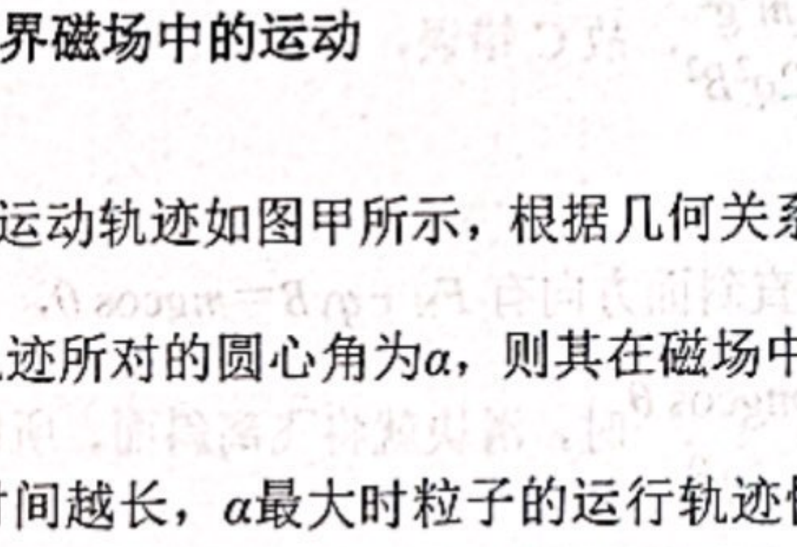
6. 答案　A

解析　粒子在磁场中只受洛伦兹力作用，洛伦兹力提供向心力，故有 $Bvq=\frac{mv^2}{r}$，可得 $r=\frac{mv}{qB}$，根据粒子偏转方向相反可得：I、II区域两个区域磁场的磁感应强度方向相反，因为 $\frac{l}{r}=\theta$，故弧 aP 与弧 Pb 对应的圆的半径之比 $\frac{r_1}{r_2}=\frac{l_1}{l_2}=2:1$，洛伦兹力不做功，所以粒子速率不变，由以上分析可得 $B_1:B_2=r_2:r_1=1:2$，故 A 正确，D 错误；由 $F=qvB$ 可知，$F_1:F_2=B_1:B_2=1:2$，故 B 错误；由 $t=\frac{l}{v}$，可知粒子通过 aP、Pb 两段弧的时间之比为 2∶1，故 C 错误。

专题 3　带电粒子在直线边界磁场中的运动

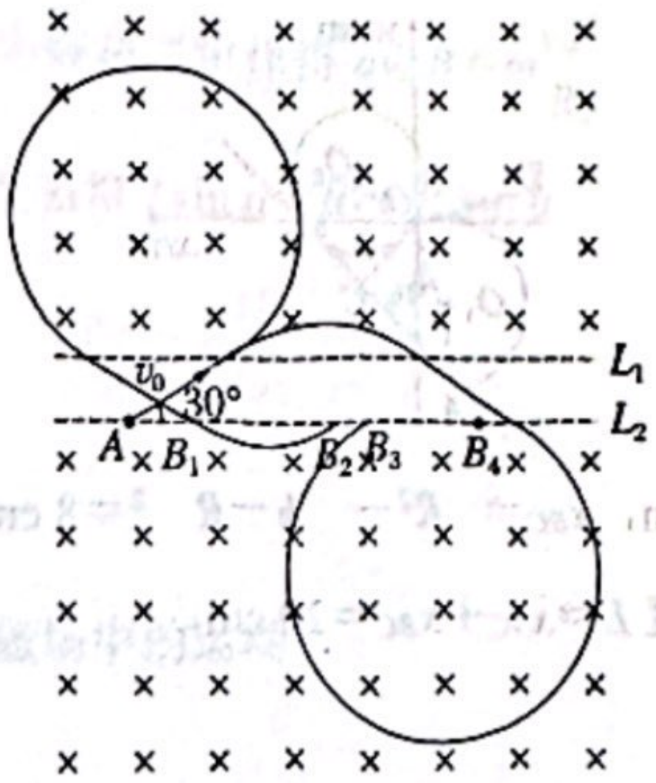
1. 答案　C

解析　当$\theta=60°$时，粒子的运动轨迹如图甲所示，根据几何关系有 $a=R\sin 30°$，解得 $R=2a$，设带电粒子在磁场中运动轨迹所对的圆心角为α，则其在磁场中运动的时间为 $t=\frac{\alpha}{2\pi}T$，即α越大，粒子在磁场中运动的时间越长，α最大时粒子的运行轨迹恰好与磁场的右边界相切，如图乙所示，因 $R=2a$，此时圆心角α_m为 120°，即最长运动时间为 $\frac{T}{3}$，因 $T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{4\pi a}{v}$，所以粒子在磁场中运动的最长时间为 $\frac{4\pi a}{3v}$。故选 C。



2. 答案　C

解析　作出粒子的运动轨迹的部分可能情况如图所示



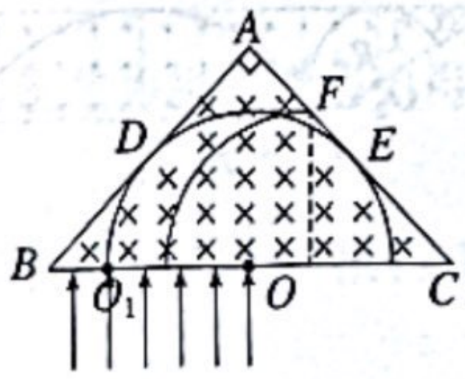
由此可知，粒子可能带正电也可能带负电，且粒子经过 B 点时的速度一定跟在 A 点时的速度大小相等，而速度方向可能相同，也可能不同，故 A、B 错误；

由轨迹图可知，若只稍微增大该粒子在 A 点的初速度，但速度方向不变，粒子仍可能经过 B 点，故 C 正确；

设 L_1 与 L_2 之间的距离为 d，初速度与 L_2 的夹角为θ，则 A 到 B_2 的距离为 $x=\dfrac{2d}{\tan\theta}$，假设θ为 30°时，经 n 个周期，粒子到 B 点，将带电粒子在 A 点时的初速度方向改为与 L_2 成 60°角斜向右上方，则经过 $3n$ 周期后仍有可能经过 B 点，故 D 错误。

3. 答案　ACD

解析　粒子在磁场中运动，洛伦兹力提供向心力，则$|q|vB_0=m\dfrac{v^2}{R}$，解得 $R=1$ m，当其中一个粒子从 O_1 点入射，如图所示，其轨迹与 AB 相切于 D 点，根据几何关系可知，轨迹的圆心在 O 点，轨迹同时与 AC 边相切于 E 点，此粒子在磁场中运动的时间最长，O_1 到 B 点的距离 $BO_1=BO-OO_1=(\sqrt{2}-1)$ m，D 正确；由几何关系可知粒子不能从 C 点射出，B 错误；当粒子从 BO_1 间入射，则粒子从 BD 间射出，由几何知识得 BD 的距离为 1 m，C 正确；当入射点从 O_1 点向 O 点移动时，则从 AC 边的射出点先向 A 点移动，当出射点 F 到 BC 边的距离为 1 m 时，出射点 F 离 A 点的距离最小，然后出射点向 E 点移动，所以在 AC 边界上的 EF 间有粒子射出，由几何关系可知 $CF=\sqrt{2}$ m，$CE=1$ m，解得 $EF=(\sqrt{2}-1)$m，A 正确。



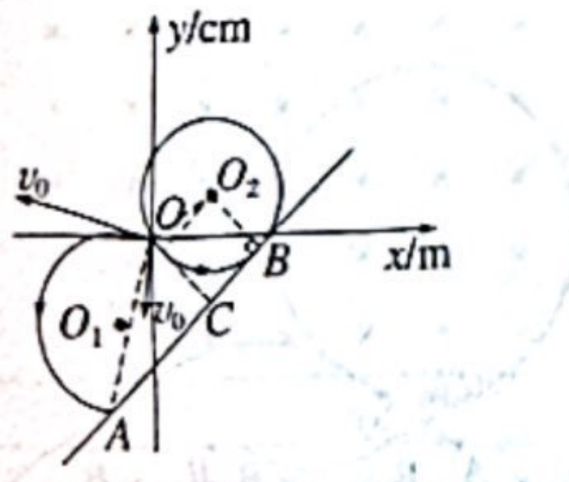
4.答案　C

解析　粒子源到挡板的距离 $h=16\sqrt{2}\sin 45°$ cm$=16$ cm

粒子在磁场中做匀速圆周运动，则有 $qv_0B=m\dfrac{v_0^2}{R}$

解得 $R=10$ cm$<h=16$ cm

作出粒子打在挡板上的动态轨迹如图所示



则有 $x_{AC}=\sqrt{(2R)^2-h^2}=12\ \text{cm}$，$x_{BC}=\sqrt{R^2-(h-R)^2}=8\ \text{cm}$

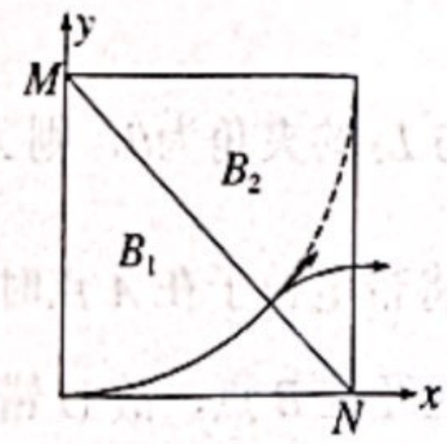
则挡板上被粒子打中的区域长度 $L=x_{AC}+x_{BC}=20\ \text{cm}$。

5. 答案　BD

解析　设粒子在左侧磁场区域做圆周运动的半径为 r_1，根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB_1=m\frac{v^2}{r_1}$

解得 $r_1=l$

同理可得粒子在右侧磁场区域做圆周运动的半径为 $r_2=(\sqrt{2}-1)l$



所以从上往下看粒子在磁场中运动轨迹如图所示：

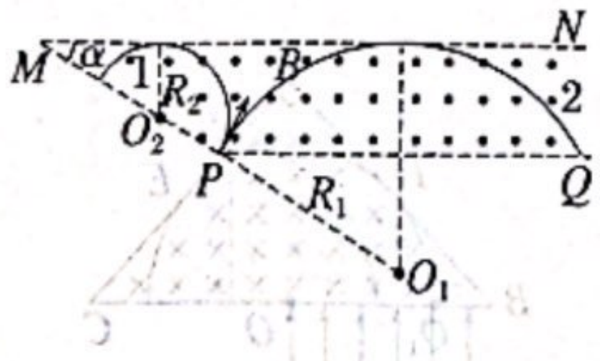
由公式 $T=\frac{2\pi r}{v}$ 可得，粒子在左、右磁场中运动的周期分别为 $T_1=\frac{2\pi l}{v}$，$T_2=\frac{2(\sqrt{2}-1)\pi l}{v}$

由轨迹图可知，粒子在磁场中运动的时间 $t=\frac{T_1}{8}+\frac{T_2}{8}=\frac{2\pi l}{4v}$

由几何关系可得，粒子在磁场中的位移 $x=\sqrt{l^2+(\sqrt{2}-1)^2l^2}=\sqrt{4-2\sqrt{2}}l$，故选 B、D。

6. 答案　(1)$\frac{3v_0}{kB}$　(2)$\frac{v_0}{3}$

解析　(1)设离子的质量为 m、电荷量为 q，从边界 PQ 射出的速度为 v_0 的离子，设其运动半径为 R_1，运动轨迹恰好与 MN 相切，运动轨迹如图中 2 所示



根据牛顿第二定律得 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{R_1}$

根据几何关系得 $x_m=2R_1\cos\alpha$

解得 $x_m=\frac{3v_0}{kB}$

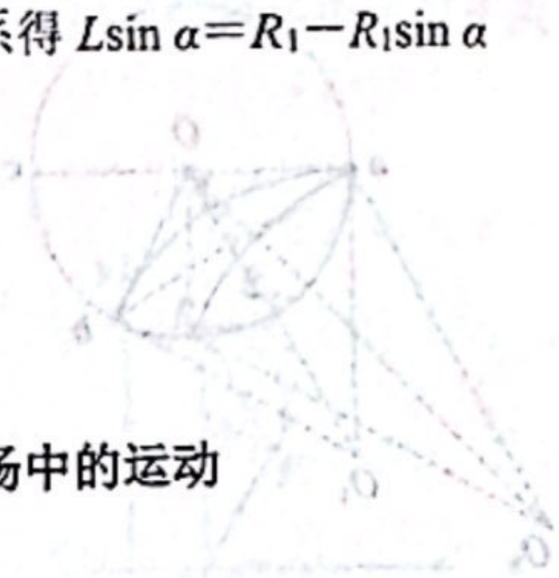
(2)从边界 MP 射出的离子，速度最大时离子运动轨迹恰好与 MN 相切，设其运动半径为 R_2，

运动轨迹如图中 1 所示，根据牛顿第二定律得 $qv_mB=m\frac{v_m^2}{R_2}$

设 MP 的长度为 L，根据几何关系得 $L\sin\alpha=R_1-R_1\sin\alpha$

$L=\frac{R_2}{\sin\alpha}+R_2$

解得 $v_m=\frac{v_0}{3}$。



专题 4　带电粒子在圆形边界磁场中的运动

1.答案　AC

解析　带电粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律得 $qvB=m\frac{v^2}{r}$ 解得 $r=\frac{mv}{qB}$。设质子的轨道半径为 r，已知各粒子从 P 射入速度相同，则反氚核($_1^3$H)的轨道半径应为 $r'=3r$。质子($_1^1$H)射入磁场区域后打在 a 点，它转过的圆心角$\theta_1=180°-60°=120°$，根据几何关系得 $\tan\frac{\theta_1}{2}=\tan 60°=\frac{R}{r}=\sqrt{3}$，同理对反氚核($_1^3$H)有 $\tan\frac{\theta_2}{2}=\frac{R}{r'}=\frac{\sqrt{3}}{3}$，则$\theta_2=60°$，又由左手定则可知，质子刚射入磁场时受到的洛伦兹力竖直向下，则反氚核应从 d 点射出磁场，故 A 正确，B 错误；

根据数学知识可知轨迹弧长为 $l=r\theta$，可知反氚核在磁场中运动的轨迹弧长为质子的$\frac{3}{2}$，故 C 正确；

根据带电粒子在磁场中运动的周期公式可知氚核的周期为 $T=\frac{2\pi m}{qB}$，质子在磁场中运动轨迹的圆心角为$\theta_1=120°$，反氚核在磁场中运动轨迹的圆心角为$\theta_2=60°$，根据 $t=\frac{\theta}{360°}T$，可知质子在磁场中运动的时间为反氚核在磁场中运动时间的$\frac{2}{3}$，故 D 错误。

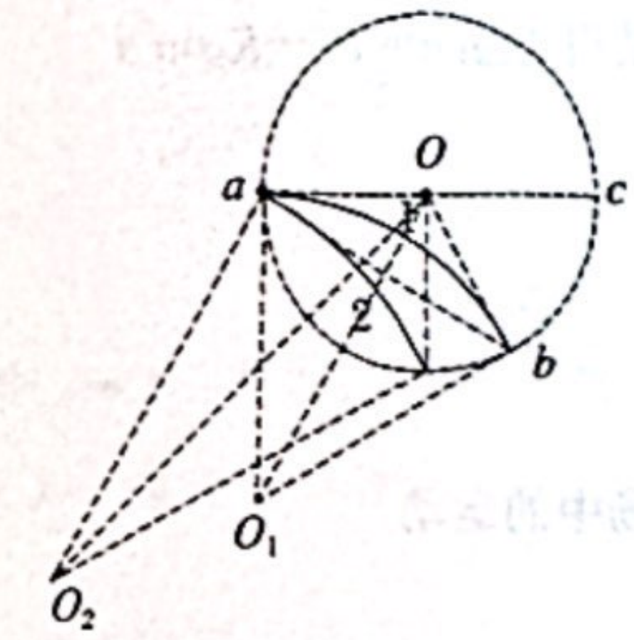
2. 答案　D

解析　由题意，某时刻发出的粒子都击中的点是 y 轴上同一点，由最高点射出的粒子只能击中$(0，R)$，则击中的同一点就是$(0，R)$，A 错误；从最低点射出的粒子也击中$(0，R)$，那么粒子做匀速圆周运动的半径为 R，由洛伦兹力提供向心力得 $qvB=m\frac{v^2}{R}$，则速度 $v=\frac{BqR}{m}$，B 错误；偏转角最大的时间最长，显然从最低点射出的粒子偏转 90°，时间最长，$t=\frac{1}{4}T=\frac{1}{4}\cdot\frac{2\pi m}{qB}=\frac{\pi m}{2qB}$，C 错误；从最高点直接射向$(0，R)$的粒子时间最短，则最大的时间差为$\Delta t=t-\frac{R}{v}=\frac{\pi m}{2qB}-\frac{m}{qB}$，D 正确。

3. 答案　BC

解析　沿 ac 方向射入的粒子在磁场中运动方向偏转 60°，其轨迹所对的圆心角为 60°，如图

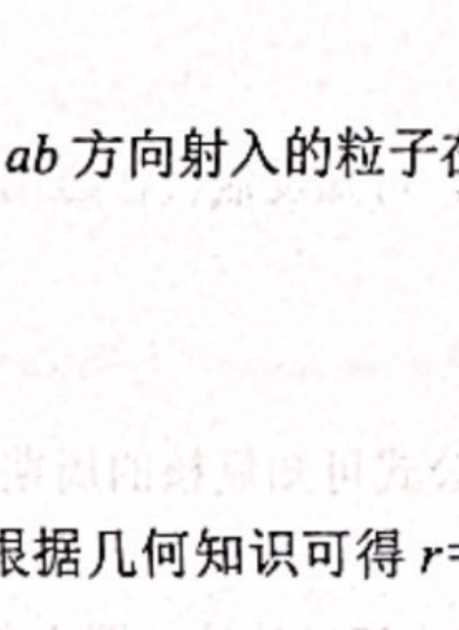
中轨迹 1 所示，由几何关系知其轨迹半径为 $r_1=\dfrac{R}{\tan 30°}=\sqrt{3}R$，故 A 错误；



沿 ab 方向射入磁场区域的粒子在磁场中运动轨迹如图中轨迹 2 所示，根据几何关系可知，该粒子的轨迹所对圆心角为 30°，则轨迹半径 r_2 满足 $\dfrac{r_2}{\sin 45°}=\dfrac{R}{\sin 15°}$，又 $\sin 15°=\sin(45°-30°)$，解得 $r_2=(\sqrt{3}+1)R$，故 B 正确；两粒子的质量和电荷量相同，根据 $T=\dfrac{2\pi m}{qB}$，可知在磁场中的运动周期相同，结合两粒子在磁场中的偏转角之比为 2∶1，可知沿 ac 方向射入的粒子与沿 ab 方向射入的粒子在磁场中运动的时间之比为 2∶1，故 C 正确；根据 $qvB=\dfrac{mv^2}{r}$，可得 $v=\dfrac{qBr}{m}$，则沿 ac 方向射入的粒子与沿 ab 方向射入的粒子在磁场中运动的速率的比值为 $\dfrac{3-\sqrt{3}}{2}$，故 D 错误。

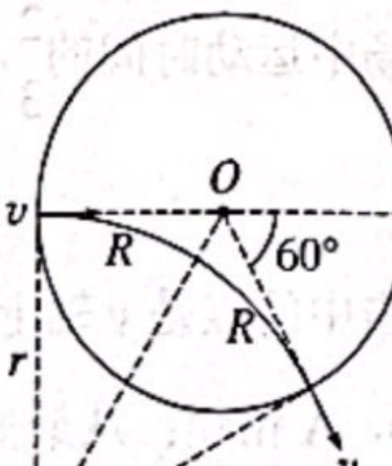
4. 答案　B

解析　粒子运动轨迹如图甲所示，根据几何知识可得 $r=\dfrac{R}{\tan 30°}$，当粒子的入射点和出射点的连线是磁场圆的直径时，粒子速度偏转的角度最大。



甲

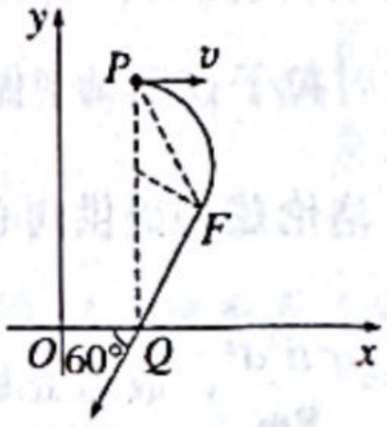
由图乙可知 $\sin\theta=\dfrac{R}{r}$，平移距离为 $d=R\sin\theta$，解得 $d=\dfrac{\sqrt{3}}{3}R$，故 B 正确，A、C、D 错误。



乙

5. 答案 (1)$\frac{mv}{qL}$ 方向垂直于纸面向外 (2)$\frac{3}{4}\pi L^2$

解析 (1)由于 PQ 平行于 y 轴，带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的圆心在 PQ 上，由几何关系可得 $r+\frac{r}{\cos 60°}=3L$



由牛顿第二定律可得 $qvB=m\frac{v^2}{r}$

联立解得 $B=\frac{mv}{qL}$

由左手定则可得，磁感应强度的方向垂直于纸面向外。

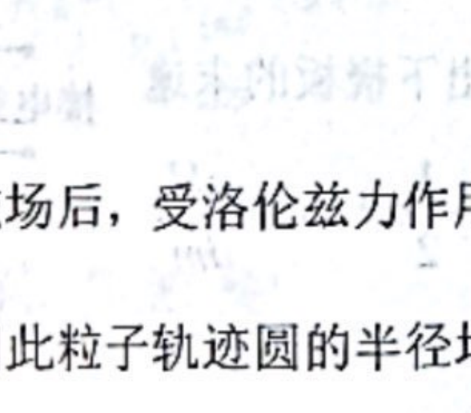
(2)设带电粒子从点 F 飞出磁场后经过 Q 点，则以 PF 为直径的圆形有界磁场的面积最小，设圆形磁场的最小半径为 R，由几何关系可得 $R=r\sin 60°=\frac{3}{2}L$

则最小面积为 $S=\pi R^2=\frac{3}{4}\pi L^2$。

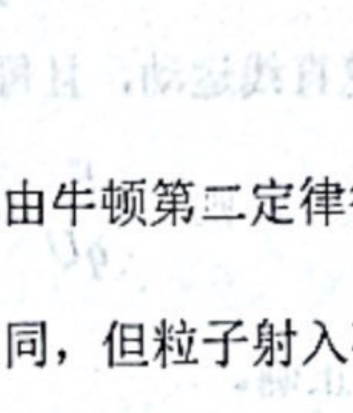
6. 答案 (1)$\frac{mv}{qB}$ (2)60°

解析 (1)带电粒子进入磁场后，受洛伦兹力作用，由牛顿第二定律得 $Bqv=m\frac{v^2}{r}$，则 $r=\frac{mv}{Bq}$。

(2)粒子的速率均相同，因此粒子轨迹圆的半径均相同，但粒子射入磁场的速度方向不确定，故可以保持圆的大小不变，只改变圆的位置，画出“动态圆”，如图甲所示，通过“动态圆”可以观察到粒子运动轨迹均为劣弧，对于劣弧而言，弧越长，弧所对应的圆心角越大，偏转角越大，则运动时间越长，如图乙所示，当粒子的轨迹圆的弦长等于磁场圆直径时，粒子通过磁场区域的偏转角最大，$\sin\frac{\varphi_{max}}{2}=\frac{R}{r}=\frac{1}{2}$，即 $\varphi_{max}=60°$。



甲



乙

专题5 洛伦兹力与现代科技

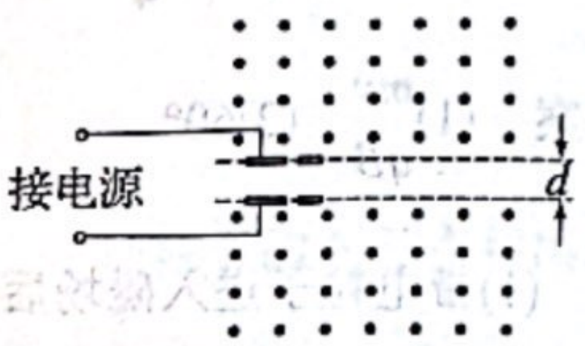
1. 答案 C

解析 粒子在磁场中运动，根据洛伦兹力提供向心力得 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，解得 $r=\frac{mv}{qB}$，由题意可知，

粒子在II中运动的速度大小与在I中运动的速度大小相等，则半径也相等，故A错误；粒子每次从P点被加速到再次回到P点所用的时间等于在两磁场中运动的时间与在电场中加速的时间之和，由$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$可知，粒子在两磁场中运动的时间相同，但在电场中加速的时间越来越短，所以粒子每次从P点被加速到再次回到P点所用的时间不同，故B错误；设粒子从出射口K射出时的速度大小为v_m，此时粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨道半径最大，为$r=\frac{d}{2}$，粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，有$qv_mB=m\frac{v_m^2}{r}$，粒子从出射口K射出时的动能$E_k=\frac{1}{2}mv_m^2$，解得$E_k=\frac{q^2B^2d^2}{8m}$，故C正确；由于粒子被引出时的动能为E_k，根据动能定理可得$NqEL=E_k$，解得$N=\frac{E_k}{qEL}=\frac{qB^2d^2}{8mEL}$，故D错误。

2．答案　BD

解析　由题意可知粒子每次都需要进入上极板小孔同一位置进行加速，在上下两侧的磁场中进行回旋，因而平行板电容器需要接直流电源，故A错误；由于粒子的回旋每次都需要回到上极板的小孔，因而上下两侧的磁场中的旋转半径需相同，即平行虚线两侧磁场的磁感应强度必须相同，故B正确；粒子转过的圈数比加速的次数少一次，即$n=\frac{E_k}{E_{k0}}-1$，$E_{k0}=qU$，解得$n=\frac{E_k}{qU}-1$，即粒子转过的圈数至少为$\frac{E_k}{qU}-1$，故C错误；



粒子在电容器中做匀加速直线运动，且每次出下极板的末速度都是下一次加速的初速度，则$s=\frac{E_k}{qU}\cdot d$，$s=\frac{1}{2}at^2$，$a=\frac{qU}{dm}$，解得$t=\frac{d}{qU}\sqrt{2mE_k}$，故D正确。

3．答案　AD 解析　由左手定则可知，打在P点的离子是负离子，打在Q点的离子是正离子，故A正确，B错误；离子在电场中加速，有$qU=\frac{1}{2}mv^2$，离子在磁场中做匀速圆周运动，有$r=\frac{mv}{Bq}$，解得$m=\frac{qr^2B^2}{2U}$，打在P点的离子，半径$r_1=\frac{d_1}{2}$，质量$m_1=\frac{qB^2d_1^2}{8U}$，打在Q点的离子，半径为r_2，由几何关系有$r_2^2=(r_2-d_2)^2+d^2$，解得$r_2=\frac{d_2^2+d^2}{2d_2}$，质量$m_2=\frac{qB^2}{8Ud_2^2}\left(d_2^2+d^2\right)^2$，故C错误，D正确。

4．答案　AC 解析　根据左手定则，正离子受向上的洛伦兹力，向上偏，负离子受向下的洛伦兹力，向下偏，故a极带正电，b极带负电，故a极电势高于b极电势，A正确；设液体流过测量管的速度大小为v，则流量$Q=Sv=\frac{1}{4}\pi D^2v$，所以$v=\frac{4Q}{\pi D^2}$，故B错误；随着a、b两极电荷量的增加，两极间的电场强度变大，离子受到的静电力变大，当静电力大小等于洛伦兹力时，离子不再偏转，两极间电压达到稳定，设稳定时两极间电压为U，离子电荷量为q，

则离子受到的静电力 $F=q\frac{U}{D}$，离子所受的洛伦兹力 $F_{洛}=qvB$，由静电力和洛伦兹力平衡得 $q\frac{U}{D}=qvB$，解得 $U=BDv$，将 $v=\frac{4Q}{\pi D^2}$ 代入得 $U=\frac{4BQ}{\pi D}$，故 C 正确；显示器显示的流量 $Q=\frac{1}{4}\pi D^2 v$，显示器上的示数与离子速度有关而与离子浓度无关，故 D 错误。

5. 答案　(1)Bdv　N 板　(2)$\frac{B^2d^2v}{R+\rho\frac{d}{ab}}$　方向向东　(3)$\frac{B^2d^2v^2t}{R+\frac{\rho d}{ab}}+kv^2t$

解析　(1)由左手定则可知正离子向下偏转，故 N 板电势高；两板间电压稳定时有 $qvB=q\frac{E}{d}$，解得 $E=Bdv$

(2)设管道内海水的电阻为 r，根据电阻定律可得 $r=\rho\frac{d}{ab}$，组成的闭合回路中电流为 $I=\frac{E}{R+r}$，磁场对管道内海水的作用力大小为 $F=BId$，联立解得 $F=\frac{B^2d^2v}{R+\rho\frac{d}{ab}}$，由左手定则判定 F 方向向东；

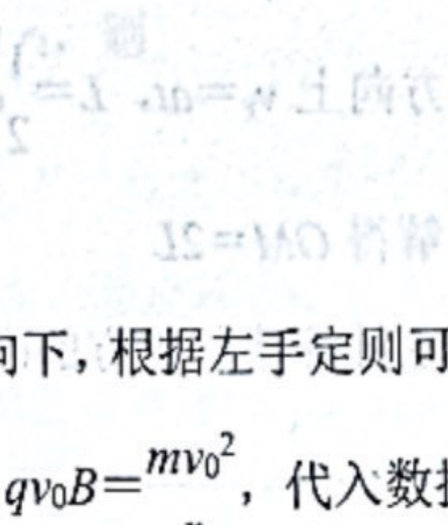
(3)闭合回路消耗的电能为 $W_1=I^2(R+r)t=\frac{B^2d^2v^2t}{R+\frac{\rho d}{ab}}$，克服阻力做功为 $W_2=Fx=kv\cdot vt=kv^2t$，故消耗的机械能为 $W=W_1+W_2=\frac{B^2d^2v^2t}{R+\frac{\rho d}{ab}}+kv^2t$。

第二周物理寒假作业答案

专题 6　带电粒子在组合场中的运动

1. 答案　BC

解析　根据题目的描述可知，粒子进入磁场时受到的洛伦兹力竖直向下，根据左手定则可知，带电粒子带负电，故 A 错误；粒子受到的洛伦兹力提供向心力，则 $qv_0B=\frac{mv_0^2}{r}$，代入数据解得 $r=2\ \text{m}$，根据几何关系可知，O 点为粒子做圆周运动的圆心，因此 OM 之间的距离也等于半径，即为 2 m，故 B 正确；将粒子进入电场后的速度分解为水平和竖直方向，将粒子的加速度也分解为水平和竖直方向，则在竖直方向上：$y=\frac{v_0\cos 30°}{2a\sin 30°}^2$



其中，$a=\frac{qE}{m}$，联立解得 $y\approx0.02\ \text{m}$，因此粒子第一次穿过虚线后与 x 轴间的最小距离约为 $r\sin 30°-y\approx0.98\ \text{m}$，无法击中 x 轴，故 C 正确，D 错误。

2. 答案　AB

解析　根据洛伦兹力提供向心力 $qvB=\frac{mv^2}{r}$

离子在 MN 上方运动的半径为 $r_1=\frac{mv}{qB}$

离子在 MN 下方运动的半径为 $r_2=\frac{mv}{2qB}$

若离子从 MN 上方通过 N 点有 $2nr_1\sin 30°+2(n-1)r_2\sin 30°=2R(n=1,2,3,\ldots)$

解得 $v=\frac{4RqB}{3n-1\ \ m}(n=1,2,3,\ldots)$

即 $v=\frac{2RqB}{m}$，$v=\frac{4RqB}{5m}$，$v=\frac{RqB}{2m}$，$v=\frac{4RqB}{11m}$，…

若离子从 MN 下方通过 N 点有 $2n(r_1+r_2)\sin 30°=2R(n=1,2,3,\ldots)$

解得 $v=\frac{4RqB}{3nm}(n=1.2,3,\ldots)$

即 $v=\frac{4RqB}{3m}$，$v=\frac{2RqB}{3m}$，$v=\frac{4RqB}{9m}$，$v=\frac{RqB}{3m}$，$v=\frac{4RqB}{15m}$，…，A、B 正确，C、D 错误。

3. 答案　(1)$2L$　(2)$(3+2\ \ 2)L$　(3)$(4+3\pi)\frac{L}{v_0}$

解析　(1)设粒子在 P 点的动能为 E_{k0}，则粒子在 M 点的动能为 $E_k=2E_{k0}$

则有 $\frac{1}{2}mv^2=2\times\frac{1}{2}mv_0^2$

解得粒子在 M 点的速度为 $v=\ \ 2v_0$

粒子在 M 点竖直方向上的速度 $v_y=\ \ v^2-v_0^2=v_0$

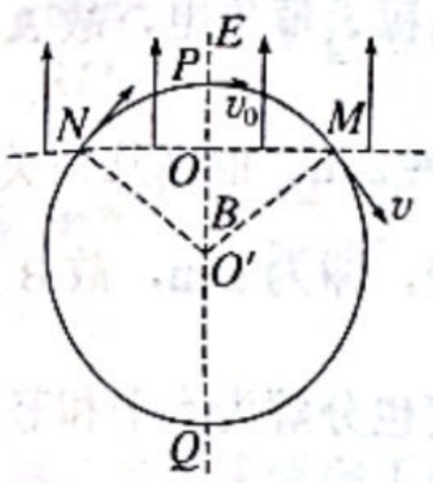
粒子在电场中做类平抛运动，水平方向上 $OM=v_0t$

竖直方向上 $v_y=at$，$L=\frac{1}{2}at^2$

联立解得 $OM=2L$

(2)撤去水平虚线上方的磁场前，粒子在水平虚线上方做匀速直线运动，由平衡条件得 $qE=qBv_0$

解得 $v_0=\frac{E}{B}$



由题意作出撤去上方磁场后粒子的轨迹，如图所示

粒子在电场中运动时，沿竖直方向有 $L=\frac{1}{2}at^2$，$qE=ma$

沿水平方向有 $2L=v_0t$

在水平虚线下方磁场中运动时，有 $qvB=m\frac{v^2}{r}$

联立解得 $r=2\ \ 2L$

粒子进入水平虚线下方磁场时的速度与水平虚线的夹角为 $\theta=45°$，又 $r=2\ \ 2L$，故轨迹圆的

圆心在竖直虚线上，则 $OO'=2L$

则粒子在磁场中运动时与 P 的最大距离为 $d=(3+2\ \ 2)L$

(3)粒子从 P 运动到 M 的时间 $t_0=\dfrac{2L}{v_0}$

根据对称性可知，粒子在电场中运动的总时间为 $t_1=2t_0=\dfrac{4L}{v_0}$

粒子在水平虚线下方磁场中运动的时间为 $t_2=\dfrac{3}{4}T$

又 $T=\dfrac{2\pi r}{v}=\dfrac{4\pi L}{v_0}$ 联立解得 $t_2=\dfrac{3\pi L}{v_0}$

故粒子从 P 点射入到返回 P 点的总时间为 $t=t_1+t_2=(4+3\pi)\dfrac{L}{v_0}$。

4. 答案　(1)$2v_0$　60°　(2) $\dfrac{3mv_0}{qd}$　(3)$\dfrac{3\pi d}{v_0}$

解析　(1)设粒子甲在区域I电场中的加速度为 a_1，运动时间为 t_1，离开区域I时速度大小为 v_1，与 x 轴正方向夹角为 θ，v_1 沿 y 轴负方向的大小为 v_y，则

根据牛顿第二定律，有 $qE=ma_1$

水平方向：$d=v_0t_1$

竖直方向：$v_y=a_1t_1$

由速度的合成与分解及几何关系，有 $v_y=v_0\tan\theta$，$v_1=\dfrac{v_0}{\cos\theta}$

解得 $v_1=2v_0$，$\theta=60°$

(2)粒子甲运动到 M 点时速度沿 x 轴正方向，由运动的对称性，粒子甲在匀强磁场 B_1 中做匀速圆周运动的轨迹关于区域II垂直于 x 轴的中线对称，设轨道半径为 r_1，则

由对称性和几何关系：$d=r_1\sin\theta$

洛伦兹力提供向心力：$qv_1B_1=\dfrac{mv_1^2}{r_1}$

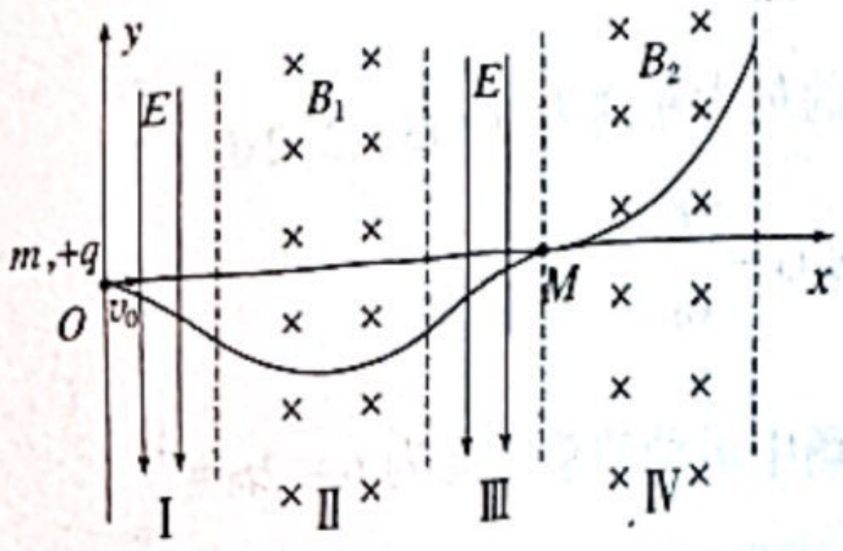
联立解得 $B_1=\dfrac{3mv_0}{qd}$

(3)设粒子甲在 M 点与粒子乙结合前速度大小为 v_2，粒子丙在 M 点速度大小为 v_3，则

由题意，知 $v_2=v_0$

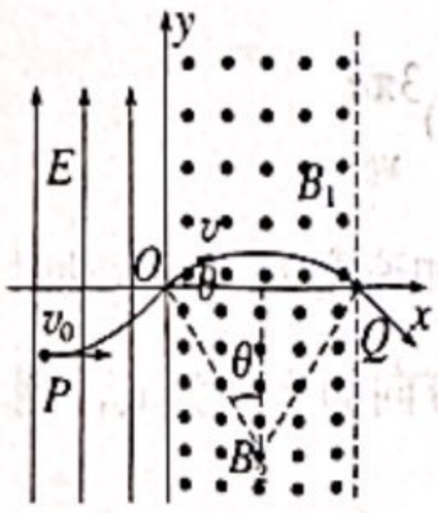
以 x 轴正方向为正方向，根据动量守恒定律，有 $mv_2=3mv_3$

粒子丙在磁场 B_2 中以速度 v_3 做匀速圆周运动，且从右边界上 Q 点离开，则当匀速圆周运动的半径 $r_2=2d$ 时，粒子丙在磁场 B_2 中运动时间最长，设为 t_4，则 $t_4=\dfrac{1}{4}\times\dfrac{2\pi r_2}{v_3}=\dfrac{3\pi d}{v_0}$。



5. 答案 (1) $\frac{3mv_0^2}{6qL}$ (2) $\frac{mv_0}{3qL}$ (3)$(2+5\pi)\frac{L}{v_0}$

解析 (1)粒子在匀强电场中做类平抛运动，将其分解为沿$+x$方向的匀速直线运动和沿$+y$方向的匀加速直线运动。设粒子经过O点时的速度大小为v，其沿y轴分速度大小为v_y，速度v与x轴正方向的夹角为θ，其运动轨迹如图所示，则有



$a=\frac{qE}{m}$，$2L=v_0t_1$，$\frac{3}{3}L=\frac{1}{2}at_1^2$，$v_y=at_1$

$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}$，$v=\frac{v_0}{\cos\theta}$

联立解得$E=\frac{3mv_0^2}{6qL}$，$\theta=30°$，$v=\frac{2\ 3}{3}v_0$，$t_1=\frac{2L}{v_0}$；

(2)粒子在磁场中做匀速圆周运动，由洛伦兹力提供向心力，有

$qvB_1=m\frac{v^2}{r}$

解得$B_1=\frac{mv}{qr}$

可见磁感应强度B_1最小时，粒子运动半径最大，由几何关系可知粒子在第一象限磁场中由O直接到Q点，其半径最大，则有$r_{max}=\frac{OQ}{\sin\theta}=\frac{2\ 3L}{2\times\frac{1}{2}}=2\ 3L$

解得磁感应强度B_1的最小值$B_{1min}=\frac{mv}{qr_{max}}=\frac{m\times\frac{2\ 3}{3}v_0}{q\times2\ 3L}=\frac{mv_0}{3qL}$；

(3)当$B_1=\frac{mv_0}{qL}$时，由洛伦兹力提供向心力有$qvB_1=m\frac{v^2}{r_1}$

解得粒子在第一象限中运动半径为 $r_1=\frac{mv}{qB_1}=\frac{2}{3}L$，

轨迹的弦长为 $d_1=2r_1\sin\theta=r_1=\frac{2}{3}L$

$t_2=\frac{2\theta}{360°}\cdot\frac{2\pi r_1}{v}=\frac{\pi L}{3v_0}$

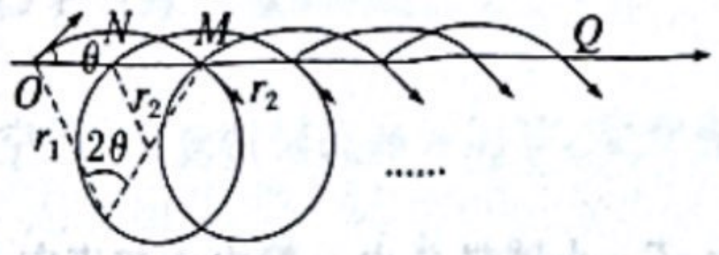
设粒子在第四象限中的运动半径为 r_2，同理可得 $r_2=\frac{mv}{qB_2}=\frac{mv}{2qB_1}=\frac{1}{2}r_1$

轨迹的弦长为 $d_2=2r_2\sin\theta=\frac{3}{3}L$

轨迹圆心角为 $360°-2\theta=360°-60°=300°$

$t_3=\frac{300°}{360°}\cdot\frac{2\pi r_2}{v}=\frac{5\pi L}{6v_0}$

粒子由 O 到 Q 的运动轨迹如图所示，粒子最终从第一象限经过 x 轴上的 Q 点，粒子先是重复 $O\rightarrow M\rightarrow N$ 的运动，设重复次数为 n，需满足关系：



$n(d_1-d_2)+d_1=OQ=2\ \ 3L$

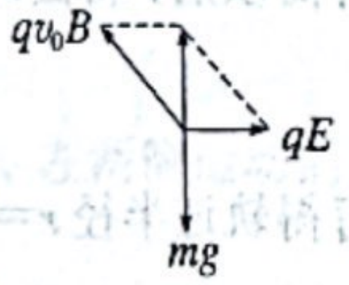
联立解得 $n=4$

则整个过程粒子运动的时间 $t=t_1+n(t_2+t_3)+t_2=\frac{2L}{v_0}+4(\frac{\pi L}{3v_0}+\frac{5\pi L}{6v_0})+\frac{\pi L}{3v_0}=(2+5\pi)\frac{L}{v_0}$。

专题 7　带电粒子在叠加场中的运动

1. 答案　BC

解析　假设小球做变速直线运动，小球所受重力与静电力不变，而洛伦兹力随速度的变化而变化，则小球将不可能沿直线运动，故假设不成立，所以小球一定受力平衡做匀速直线运动，故 B 正确；小球做匀速直线运动，根据平衡条件可得静电力水平向右，洛伦兹力垂直速度方向斜向左上方，如图所示，故小球一定带正电，故 A 错误；由平衡条件可知：$qE=mg=qv_0B\sin 45°$，解得 $B=\frac{2mg}{qv_0}$，故 C 正确；当电场方向改变后，重力与静电力恰好平衡，小球受到的洛伦兹力提供向心力，做匀速圆周运动，故 D 错误。



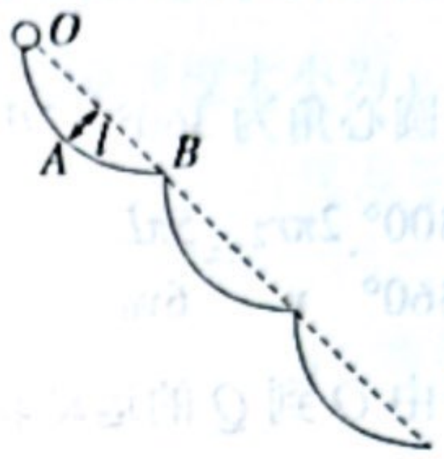
2. 答案　B

解析　带电体 a、b 受到的静电力都与其受到的重力平衡，碰撞前带电体 b 沿顺时针方向做匀速圆周运动，碰撞后整体受到的重力依然和静电力平衡，洛伦兹力提供向心力，沿顺时针方向做匀速圆周运动，故 A 错误；带电体 b 受到的洛伦兹力提供向心力，有 $q_2vB=m_2\frac{v^2}{r}$，解得：

$v=\frac{q_2Br}{m_2}$，a、b 碰撞过程，系统总动量守恒，有 $m_2v=(m_1+m_2)v'$，解得：$v'=\frac{q_2Br}{m_1+m_2}$，整体做匀速圆周运动，有 $(q_1+q_2)v'B=(m_1+m_2)\frac{v'^2}{r'}$，解得：$r'=\frac{q_2}{q_1+q_2}r$，故 B 正确，C、D 错误。

3.答案　BC

解析　由于静电力做功，故小球的机械能不守恒，故 A 错误；重力和静电力的合力大小为 2 N，方向与竖直方向的夹角为 45°斜向左下方，小球由 O 点到 A 点，重力和静电力的合力做的功最多，在 A 点时的动能最大，速度最大，故 B 正确；小球做周期性运动，小球从 O 点运动到 B 点的过程中，合力做功为零，故小球在 B 点时的速度也为 0，故 C 正确；对小球由 O 点到 A 点的过程，由动能定理得：$2mg\cdot l=\frac{1}{2}mv^2$，沿 OB 方向建立 x 轴，垂直 OB 方向建立 y 轴，在 x 方向上由动量定理得：$qv_yB_1\times\Delta t=m\Delta v$，累积求和，则有：$qB_1l=mv$，解得：$l=\frac{2}{5}$ m，故 D 错误。



4. 答案　BD

解析　小球的重力 $mg=\frac{qE}{g}g=qE$，小球带负电，静电力竖直向上，与重力等大反向，两力抵消，小球随着长筒水平向右做匀速直线运动，由左手定则可知洛伦兹力竖直向上，其大小为 $F_{洛}=qBv_0$，洛伦兹力大小和方向恒定，所以小球在竖直方向做初速度为零的匀加速直线运动，由牛顿第二定律可知加速度 $a=\frac{F_{洛}}{m}=\frac{qBv_0}{\frac{qE}{g}}=\frac{Bgv_0}{E}$，已知小球刚离开长筒时小球在竖直方向的分速度大小为 v_0，则小球在长筒中运动时间 $t=\frac{v_0}{a}=\frac{v_0}{\frac{Bgv_0}{E}}=\frac{E}{Bg}$，故 A 错误，B 正确；小球刚离开长筒时在竖直方向的分速度大小为 v_0，水平方向的速度为 v_0，则合速度 $v=\sqrt{2}v_0$，小球离开筒以后，将做匀速圆周运动，重力和静电力相等，由洛伦兹力提供向心力，则有 $qvB=\frac{mv^2}{r}$，可得轨道半径 $r=\frac{mv}{qB}=\frac{\frac{qE}{g}\sqrt{2}v_0}{qB}=\frac{\sqrt{2}Ev_0}{gB}$，故 C 错误，D 正确。

5. 答案　(1)$\frac{2mg}{q}$　(2)$\frac{3qBd}{3m}$　(3)$\frac{2qBd}{3mg}+\frac{\pi m}{3qB}$

解析　(1)粒子在区域Ⅰ沿水平虚线方向做直线运动，说明粒子在竖直方向上受力平衡，根据平衡条件有 $qE_1\sin 30°=mg$

解得 $E_1=\frac{2mg}{q}$

(2)粒子进入区域Ⅱ后，根据题意有 $E_2q=mg$

由此可知粒子在区域II中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，设粒子进入区域II的速度大小为 v，则有 $qvB=\frac{mv^2}{R}$

根据几何关系有 $R\sin 60°=d$

联立解得 $v=\frac{2}{3}\frac{3qBd}{m}$

(3)粒子在区域II中做匀速圆周运动，其运动周期为 $T=\frac{2\pi R}{v}$

则粒子在区域II中运动时间为 $t_2=\frac{60°}{360°}T=\frac{\pi m}{3qB}$

粒子在区域I沿水平虚线运动，根据动量定理有 $qE_1\cos 30°\cdot t_1=mv$

故粒子从 P 点运动到 O 点的时间为 $t=t_1+t_2$

联立解得 $t=\frac{2qBd}{3mg}+\frac{\pi m}{3qB}$。

6. 答案　(1)0.5 N/C　(2)0.125 T　(3)$\frac{14\pi}{15}$ s

解析　(1)微粒射入 y 轴右侧空间，恰能做匀速圆周运动，说明微粒受到的静电力与重力平衡，则有 $qE=mg$

解得匀强电场的电场强度大小为 $E=\frac{mg}{q}=0.5$ N/C

(2)微粒在 y 轴右侧磁场做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律得 $qvB=m\frac{v^2}{r_1}$

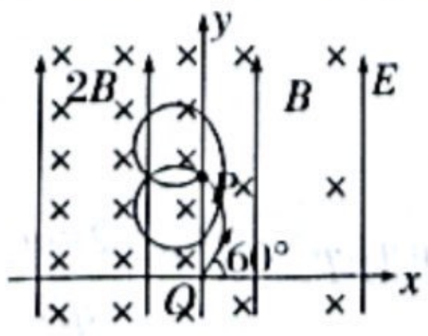
由几何关系知，微粒做圆周运动的轨道半径为 $r_1=\frac{\frac{L}{2}}{\sin 30°}=L$

联立解得 y 轴右侧磁场的磁感应强度大小为 $B=0.125$ T

(3)由题知微粒在 y 轴左侧有 $qv\cdot 2B=m\frac{v^2}{r_2}$

则 $r_2=\frac{L}{2}$

微粒从射入到第二次经过 P 点的运动轨迹如图，由 $T=\frac{2\pi r}{v}$ 知微粒在 y 轴右、左两侧运动的周期分别为 $T_1=\frac{2\pi m}{qB}$，$T_2=\frac{\pi m}{qB}$ 微粒从射入到第二次经过 P 点经历的时间为 $t=2\cdot\frac{T_1}{6}+2\cdot\frac{5T_2}{6}=\frac{14\pi}{15}$ s

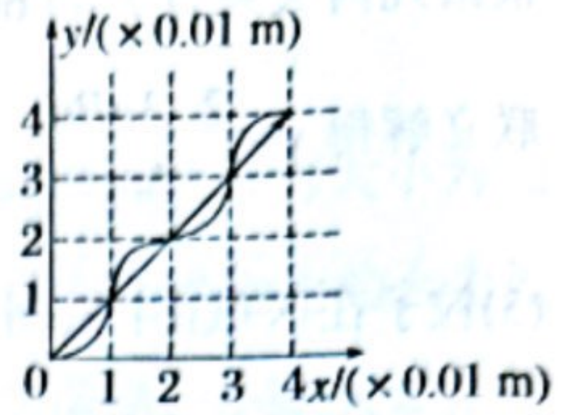


联立解得微粒第二次经过 P 点的时刻为 $t=\frac{14\pi}{15}$ s。

专题 8　带电粒子在交变电、磁场中的运动

1. 答案　C

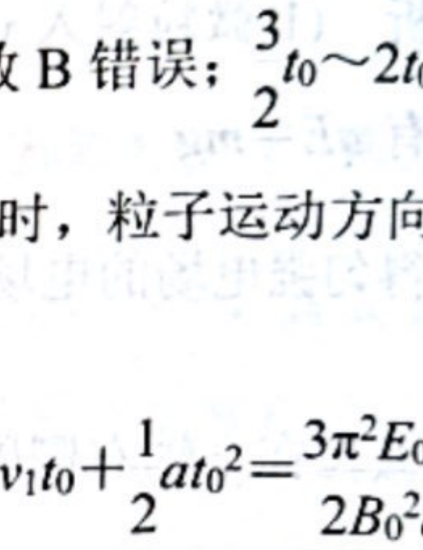
解析　带电粒子在磁场中的运动半径为 $r=\frac{mv_0}{Bq}=0.01\ \text{m}$，周期为 $T=\frac{2\pi m}{Bq}=0.02\ \text{s}=5\times10^{-3}\ \text{s}\times4$，作出粒子的轨迹示意图如图所示，磁场变化一个周期内，带电粒子的位移为 $2\sqrt{2}\times10^{-2}\ \text{m}$，所以在磁场变化 N 个(N 为整数)周期的时间内，带电粒子的平均速度的大小等于 $2\sqrt{2}$ m/s，故 C 选项正确。



2. 答案　ACD

解析　由题可知，0～t_0 时间内带电粒子做匀加速直线运动，有 $a=\frac{E_0q}{m}$，$x_1=\frac{1}{2}\cdot\frac{E_0q}{m}t_0^2=\frac{1E_0\pi^2m}{2\ B_0^2q}$，$v_1=at_0=\frac{\pi E_0}{B_0}$，故粒子在 t_0 时刻的动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{\pi^2mE_0^2}{2B_0^2}$，故 A 正确；$t_0\sim\frac{3}{2}t_0$ 时间段内，带电粒子只受洛伦兹力的作用做圆周运动，故 $r_1=\frac{mv_1}{B_0q}=\frac{\pi mE_0}{B_0^2q}$，$T=\frac{2\pi m}{B_0q}=2t_0$，$\frac{3}{2}t_0$ 时粒子的速度方向水平，故 $t_0\sim\frac{3}{2}t_0$ 时间内的速度变化量大小为 $\Delta v=\sqrt{2}v_1=\frac{2\pi E_0}{B_0}$，故 B 错误；$\frac{3}{2}t_0\sim2t_0$ 时间段内，磁场方向改变，带电粒子只受洛伦兹力的作用做圆周运动，$2t_0$ 时，粒子运动方向竖直向上。

根据带电粒子的受力可知，$2t_0\sim3t_0$ 带电粒子向上做匀加速直线运动。$x_2=v_1t_0+\frac{1}{2}at_0^2=\frac{3\pi^2E_0m}{2B_0^2q}$，$v_2=v_1+at_0=\frac{2\pi E_0}{B_0}$，故 C 正确；$3t_0\sim\frac{7}{2}t_0$、$\frac{7}{2}t_0\sim4t_0$ 带电粒子做圆周运动，$r_2=\frac{mv_2}{B_0q}=\frac{2\pi mE_0}{B_0^2q}$，两板间距为 $d=\frac{4\pi^2mE_0}{qB_0^2}$，故粒子在极板间的运动轨迹如图所示。由上分析可知，当粒子到达对面极板时的水平位移为 $x=2r_1+2r_2=\frac{6\pi mE_0}{B_0^2q}$，故粒子在极板间运动的最大位移大小为 $s=\sqrt{x^2+d^2}=\sqrt{\left(\frac{6\pi mE_0}{B_0^2q}\right)^2+\left(\frac{4\pi^2mE_0}{qB_0^2}\right)^2}=\frac{2\pi mE_0}{qB_0^2}\sqrt{4\pi^2+9}$，故选 D 正确。



3. 答案(1)0.4 m　(2)1.6 m　(3)3.2×10^2 V/m

解析　(1)粒子进入磁场后在磁场中做圆周运动，设轨迹半径为 R，由洛伦兹力提供向心力有 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{R}$ 解得 $R=\frac{mv_0}{qB}=0.4\ \text{m}$

(2)设粒子在磁场中做圆周运动的周期为 T，则 $T=\frac{2\pi m}{qB}=4\pi\times10^{-4}\ \text{s}$

$0\sim\frac{4}{3}\pi\times10^{-4}$ s 时间内，粒子运动的周期数为 $N_1=\frac{\frac{4\pi}{3}\times10^{-4}}{4\pi\times10^{-4}}=\frac{1}{3}$

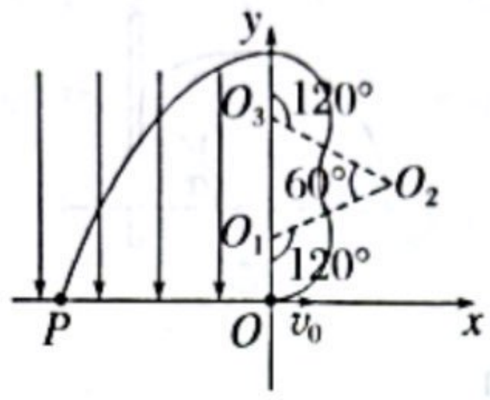
运动轨迹对应的圆心角为 120°；

$\frac{4}{3}\pi\times10^{-4}\sim2\pi\times10^{-4}$ s 内，粒子运动的周期数为 $N_2=\frac{\frac{2\pi}{3}\times10^{-4}}{4\pi\times10^{-4}}=\frac{1}{6}$

运动轨迹对应的圆心角为 60°；

$2\pi\times10^{-4}\sim\frac{10}{3}\pi\times10^{-4}$ s 内，粒子运动的周期数为 $N_3=\frac{\frac{4\pi}{3}\times10^{-4}}{4\pi\times10^{-4}}=\frac{1}{3}$

运动轨迹对应的圆心角为 120°，故粒子运动轨迹如图所示



粒子恰好在 $t=\frac{10}{3}\pi\times10^{-4}$ s 时到达 y 轴，由图知粒子到达 y 轴时与 O 点的距离 $s=4R=1.6$ m

(3)粒子进入电场后做类平抛运动，则竖直方向有 $s=\frac{1}{2}at^2=\frac{qE}{2m}t^2$

水平方向有 $x=v_0t$

解得 $E=3.2\times10^2$ V/m。

4. 答案　(1)见解析　(2)$\frac{337}{45}\pi\times10^{-5}$ s

解析　(1)当磁场垂直纸面向外时，设电荷运动的半径为 r_1，由 $B_1qv_0=\frac{mv_0^2}{r_1}$

可得 $r_1=\frac{mv_0}{qB_1}=5$ cm

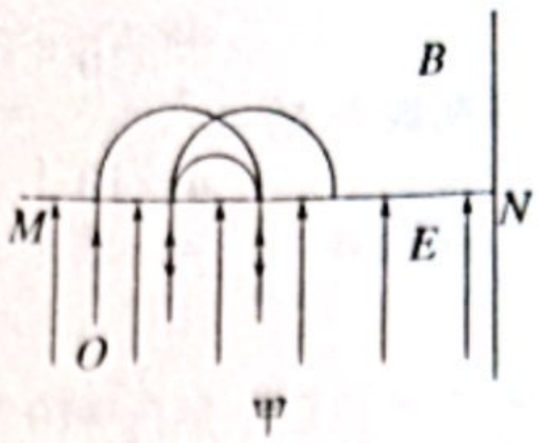
当磁场垂直纸面向里时，设电荷运动的半径为 r_2，同理可得 $r_2=\frac{mv_0}{qB_2}=3$ cm

由圆周运动规律得 $T=\frac{2\pi m}{qB}$

当磁场垂直纸面向外时，周期 $T_1=\frac{2\pi m}{qB_1}=\frac{2\pi}{3}\times10^{-5}$ s

磁场垂直纸面向里时，周期 $T_2=\frac{2\pi m}{qB_2}=\frac{2\pi}{5}\times10^{-5}$ s

(2)电荷从 $t=0$ 时刻开始做周期性运动，结合磁场的周期性可知运动轨迹如图甲所示



甲

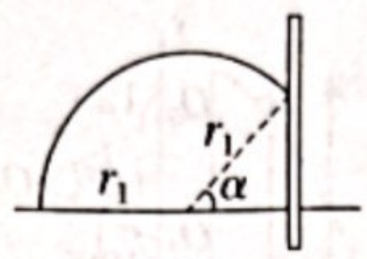
从电荷第一次通过 MN 开始，其运动的周期

$$T=4t_1+\frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{2}=\frac{4\pi}{5}\times10^{-5}\ \mathrm{s}$$

每个周期电荷沿 MN 向挡板移动距离为$\Delta d=2(r_1-r_2)=4\ \mathrm{cm}$

根据电荷的运动情况可知，电荷到达挡板前运动的完整周期数为 9 个，即 $s=9\Delta d=36\ \mathrm{cm}$

则最后$(43.5-36)\mathrm{cm}=7.5\ \mathrm{cm}$ 的距离的轨迹如图乙所示



乙

由几何关系可得 $r_1+r_1\cos\alpha=7.5\ \mathrm{cm}$

解得 $\cos\alpha=0.5$，即$\alpha=60°$

故电荷运动的总时间 $t_{总}=t_1+9T+\frac{1}{2}T_1-\frac{60°}{360°}T_1=\frac{337}{45}\pi\times10^{-5}\ \mathrm{s}$。

5．答案　(1)$\frac{mv_0^2}{2e}$　(2)$2v_0$，方向与 x 轴正方向的夹角为 60°斜向下　(3)$T=\frac{4}{9nv_0}\frac{3\pi L}{}(n=1,2,3\ldots)$

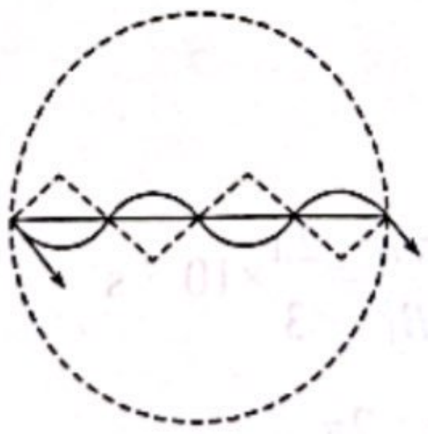
解析　(1)在加速电场中，从 P 点到 Q 点，由动能定理得 $eU=\frac{1}{2}mv_0^2$，可得 $U=\frac{mv_0^2}{2e}$

(2)电子从 Q 点到 M 点做类平抛运动，有 $\frac{3L}{2}=\frac{1}{2}at^2$，$L=v_0t$，电子运动至 M 点时 $v_M=$

$v_0^2+\quad at\quad ^2$，解得 $v_M=2v_0$

$\cos\theta=\frac{v_0}{v_M}=\frac{1}{2}$，解得$\theta=60°$，即速度方向与 x 轴正方向的夹角为 60°斜向下；

(3)电子在磁场中的运动具有周期性，轨迹如图所示



电子到达 N 点符合要求的空间条件为 $n(2R\sin 60°)=3L-L(n=1,2,3\ldots)$

电子在磁场中做圆周运动的轨道半径 $R=\frac{mv_M}{eB_0}$解得 $B_0=\frac{3nmv_0}{eL}(n=1,2,3\ldots)$

电子在磁场变化的半个周期内恰好转过$\frac{1}{3}$圆周，同时在 MN 间的运动时间是磁场变化周期的整

数倍时，可使粒子到达 N 点且速度满足题设要求，应满足的时间条件是 $\frac{1}{3}T_0=\frac{T}{2}$，$T_0=\frac{2\pi m}{eB_0}$

所以 T 应满足的条件为 $T=\frac{4}{9nv_0}\frac{3\pi L}{}(n=1,2,3\ldots)$。

专题 9　电磁感应现象　楞次定律

实验：探究影响感应电流方向的因素

1.答案　C

解析　当磁铁靠近闭合铝线圈时，穿过线圈的磁通量增大，根据楞次定律可知，线圈中感应电流的磁场方向与原磁场方向相反，根据右手螺旋定则可知，感应电流的方向为逆时针方向，故 A 错误；当磁铁速度最大时，磁铁的加速度为零，合力为零，磁铁在运动过程中受到重力，弹簧弹力和竖直向上的磁场力，即此三力合力为零，故 B 错误；磁铁运动到最低点时速度为零，线圈中的感应电流为零，磁铁对线圈没有作用力，线圈对地面的压力等于线圈的重力大小，故 C 正确；由于铜的电阻率比铝的小，所以相同的磁通量变化率时，铜线圈中感应电流更大，磁铁所受线圈的磁场力更大，克服该力做功更多，所以运动的最低点不相同，故 D 错误。

2. 答案　B

解析　长直导线中的电流均匀增大，则圆形闭合金属线框中的磁通量均匀增大，根据楞次定律和安培定则，线框中会产生顺时针方向的感应电流，结合左手定则可知，线框会受到向右的安培力。故选 B。

3. 答案　AB

解析　用楞次定律判断感应电流的方向时，需要先确定线圈的绕向，故 A 正确；实验中将条形磁体的磁极快速插入或快速拔出，磁通量的变化率更大，产生的感应电流大，指针的偏转幅度大，产生的现象将更加明显，故 B 正确，C 错误；将 N 极向下插入线圈或将 S 极向下插入线圈，磁通量都增大，但两种原磁场的方向相反，由楞次定律得出的感应电流方向相反，电流表的偏转方向相反，故 D 错误。

4.答案　AC

解析　湖北位于北半球，地磁场的竖直分量向下。若使线框向东平移，由右手定则判断可知，电源 ad 中 a 点电势比 d 点电势低，故 A 正确；若使线框向北平移，越靠近北极磁感应强度越大，则相当于是 dc 边切割磁感线产生感应电动势，由右手定则判断可知，电流从电源 dc 边流出，经过外电路的 a 点流向 b 点，则 a 点电势比 b 点电势高，故 B 错误；若以 ad 边为轴，将线框向上翻转 90°，地磁场分量向下，穿过线圈的磁通量减小，则根据楞次定律判断可知，翻转过程线框中电流方向始终为 $adcb$ 方向，故 C 正确；若以 ab 边为轴，将线框向上翻转 90°，穿过线圈的磁通量先增大后减小，根据楞次定律判断可知，翻转过程线框中电流先沿 $abcd$ 方向再沿 $adcb$ 方向，故 D 错误。

5. 答案　B

解析　根据楞次定律，金属环中产生顺时针方向(从左侧看)的感应电流，故A错误；根据楞次定律，线圈中磁通量增大，穿过金属环的磁通量增大，金属环有收缩面积阻止磁通量增大的趋势，故B正确；当电源正负极调换后，通过"增离减靠"的方法判断，金属环也可以向左弹射，故C错误；若将金属环放在线圈右侧，同理，环与线圈间也会产生排斥力，所以环将向右运动，故D错误。

6. 答案　D

解析　根据右手螺旋定则，通电螺线管的左端为N级，右端为S级，穿过a环、b环、c环的净磁感线均从右到左，当滑动变阻器滑片向右滑动时，接入电路电阻变大，电流变小，磁感应强度变小，根据楞次定律，a环将向右摆，感应电流产生的磁场为从右到左；b环扩张，感应电流方向产生的磁场为从右到左；c环收缩，产生的磁场为从右到左，A、B、C错误；由于a环、b环、c环的感应电流产生的磁场均从右到左，因此三个环中的感应电流方向相同，D正确。

专题10　法拉第电磁感应定律　自感和涡流

1. 答案　B

解析　甲方案中，铝板摆动时，在铝板中产生涡流，起电磁阻尼的作用，指针能很快停下来，故A错误，B正确；乙方案中，当指针偏转角度较小时，铝框中磁通量不变，不能产生感应电流，起不到电磁阻尼的作用，因此甲方案更合理，故C、D错误。

2. 答案　C

解析　由楞次定律可知，两过程线框中产生的感应电流的方向均沿*adcba*，故A正确，不满足题意要求；

该过程中线框中产生的平均感应电动势为$E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$，线框中的感应电流为$I=\frac{E}{R}$，流过线框某一横截面的电荷量为$q=I\cdot\Delta t$，整理得$q=\frac{\Delta\Phi}{R}$，则两过程流过线框某一横截面的电荷量相同，即两过程流过线框某一横截面的电荷量之比为1∶1，故B正确，不满足题意要求；设正方形线框的边长为L，第一种方式，线框匀速拉出，线框中产生感应电动势为$E_1=BLv$，线框中感应电流为$I_1=\frac{E_1}{R}$，线框出磁场的时间为$t_1=\frac{L}{2v}$，线框中产生的焦耳热为$Q_1=I_1^2Rt_1$，解得$Q_1=\frac{B^2L^3v}{2R}$；第二种方式，线框绕OO'轴转过90°，线框中产生的最大感应电动势为$E_m=BS\omega=B\frac{L^2}{2}\cdot\frac{v}{L}=BLv$，线框中感应电动势的有效值为$E_2=\frac{E_m}{2}$，则该过程线框中产生的焦耳热为$Q_2=\frac{E_2^2}{R}t_2$，又$t_2=\frac{\pi L}{4v}$，整理得$Q_2=\frac{\pi B^2L^3v}{8R}$，则$Q_1:Q_2=4:\pi$，故C错误，满足题意要求；

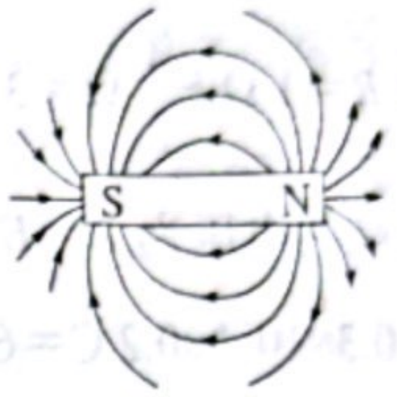
第一种方式，线框匀速拉出，线框中产生的平均感应电动势为$E_1=BLv$。第二种方式，线框

绕 OO' 轴转过 90°，线框中产生的平均感应电动势为 $E_2=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$，又 $\Delta\Phi=\frac{1}{2}BL^2$，$\Delta t=\frac{\pi L}{4v}$，整理得 $E_2=\frac{2BLv}{\pi}$，解得 $E_1:E_2=\pi:2$，故 D 正确，不满足题意要求。

3.答案　A

解析　根据法拉第电磁感应定律有 $E=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=NB\cos\theta\frac{S}{t}=\frac{NBS\cos\theta}{t}$，故选 A。

4.答案　D 解析　条形磁铁的磁感线分布如图所示，当磁铁在靠近线圈的过程中，穿过线圈的磁通量先增大后减小，根据楞次定律，感应电流的方向先逆时针，后顺时针；当条形磁铁落至线圈所在平面位置时，穿过线圈的磁通量为零，



根据法拉第电磁感应定律可得 $I=\frac{E}{R}=\frac{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{R}$。当磁通量为零时，磁通量的变化量最大，感应电流最大；同理当磁铁在远离线圈的过程中，穿过线圈的磁通量先增大后减小，根据楞次定律，感应电流的方向先顺时针，后逆时针。故选 D。

5. 答案　AD

解析　$0\sim t_0$ 时间内，圆环中左侧的磁感应强度向内减小，右侧磁感应强度不变，根据楞次定律和安培定则可知圆环中的电流方向为顺时针方向，故 A 正确；根据法拉第电磁感定律，圆环中产生的感应电动势 $E=\frac{\Delta B}{\Delta t}S$，$t=t_0$ 时刻磁通量变化率不为 0，则电动势不为 0，圆环中的电流不为 0，故 B 错误；上式中 $S=\frac{1}{2}\pi r^2$，$\frac{\Delta B}{\Delta t}=\frac{B_0}{t_0}$，根据欧姆定律有 $I=\frac{E}{R}$，根据电阻定律有 $R=\rho\frac{2\pi r}{S_0}$，圆环左右两半部分所处磁场不同，应单独分析，且圆环左右两半部分在所处磁场的有效长度都为 $2r$，在 $t=\frac{3}{2}t_0$ 时刻，圆环的电流方向为顺时针方向，根据左手定则可知，圆环左半部分受到的安培力垂直于 MN 向右，且大小为 $F_1=\frac{1}{2}B_0I\cdot 2r$，圆环右半部分受到的安培力垂直于 MN 向左，且大小为 $F_2=B_0I\cdot 2r$，所以圆环受到的安培力为 $F=F_2-F_1=\frac{B_0^2r^2S_0}{4\rho t_0}$，安培力的方向垂直于 MN 向左，故 C 错误；在 $0\sim t_0$ 时间内，通过圆环的电荷量 $q=\overline{I}t_0$，又 $\overline{I}=\frac{\overline{E}}{R}$，$\overline{E}=\frac{\Delta\Phi}{t_0}$，圆环磁通量的变化量 $\Delta\Phi=B_0\cdot\frac{1}{2}\pi r^2$，联立解得 $q=\frac{B_0rS_0}{4\rho}$，故 D 正确。

6. 答案　BC

解析　根据 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可知，弦振动的周期越大，磁通量的变化率越小，则线圈中感应电流的方向变化越慢，弦振动的周期越小，磁通量的变化率越大，线圈中感应电流的方向变化越快，

A 错误，B 正确；根据 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可知，增加线圈的匝数，则感应电动势增大，感应电流增大，则电吉他的音量增大，C 正确，D 错误。

第三周物理寒假作业答案

专题 11　电磁感应中的电路及图像问题

1.答案　C

解析　金属棒产生的感应电动势为 $E=BLv=0.2\times0.3\times5\ \text{V}=0.3\ \text{V}$，故 A 错误；电路的总电阻为 $R=1\ \Omega+\frac{4}{2}\ \Omega=3\ \Omega$，通过金属棒的感应电流为：$I=\frac{E}{R}=\frac{0.3}{3}\ \text{A}=0.1\ \text{A}$，故 B 错误；电容器两端的电压为 $U=E-Ir=0.3\ \text{V}-0.1\times1\ \text{V}=0.2\ \text{V}$，故 C 正确；电容器所带电荷量为 $Q=CU=0.3\times10^{-6}\times0.2\ \text{C}=6\times10^{-8}\ \text{C}$，故 D 错误。

2.答案　BC

解析　导体棒速度为 v 时，安培力 $F_{安}=ILB=\frac{BLv}{R+r}LB=\frac{B^2L^2v}{R+r}$，过程Ⅰ中由牛顿第二定律得 $\frac{B^2L^2v}{R+r}+mg\sin\theta=ma_1$，过程Ⅱ中由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta-\frac{B^2L^2v}{R+r}=ma_2$，过程Ⅰ中的平均加速度大于过程Ⅱ中平均加速度，过程Ⅰ中和过程Ⅱ中的位移大小相等，则过程Ⅰ导体棒运动的时间小于过程Ⅱ导体棒运动的时间，A 错误；过程Ⅰ的平均速度大于过程Ⅱ的平均速度，则过程Ⅰ中克服安培力做的功大于过程Ⅱ中克服安培力做的功，过程Ⅰ电阻 R 产生的热量大于过程Ⅱ电阻 R 产生的热量，B 正确；过程Ⅰ导体棒运动的时间小于过程Ⅱ导体棒运动的时间，过程Ⅰ重力做功的绝对值等于过程Ⅱ重力做功的绝对值，则过程Ⅰ重力的平均功率大于过程Ⅱ重力的平均功率，C 正确；设过程Ⅰ导体棒沿斜面上升最大位移为 x，由 $q=\overline{I}\cdot\Delta t$，又 $q=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\cdot\frac{1}{R+r}\cdot\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R+r}=\frac{BLx}{R+r}$，由于过程Ⅰ和过程Ⅱ的位移大小相等，过程Ⅰ通过电阻 R 的电荷量等于过程Ⅱ通过电阻 R 的电荷量，D 错误。

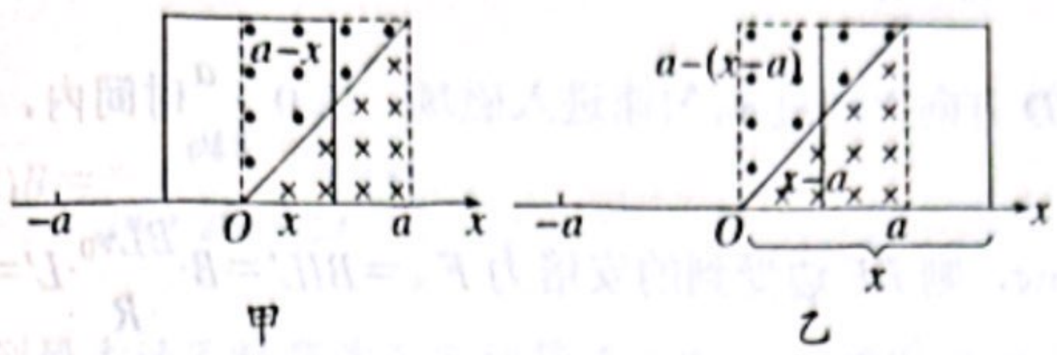
3. 答案　D

解析　由楞次定律可得，电容器上板带正电，下板带负电。对颗粒由平衡条件可知，颗粒带负电，故 A 错误；由法拉第电磁感应定律可得 $U=E=N\frac{B_2-B_1}{t_2-t_1}S_1$，由平衡可知 $mg=qE=q\frac{U}{d}$，联立解得 $m=\frac{qU}{gd}=\frac{qN}{gd}\frac{B_2-B_1}{t_2-t_1}S_1$，故 B 错误；$t_1\sim t_2$ 时间内，螺线管中产生恒定的电动势，则电路中无电流，则 a、b 两点电势相等，故 C 错误；电容器的电容为 $C=\frac{\varepsilon_r S_2}{4\pi kd}=\frac{S_2}{4\pi kd}$，两板间的电势差为 $U=E=N\frac{B_2-B_1}{t_2-t_1}S_1$，联立得电容器极板带电量大小为 $Q=CU=\frac{NS_1S_2}{4\pi kd}\frac{B_2-B_1}{t_2-t_1}$，

故 D 正确。

4.答案　BCD

解析　设两边分布的垂直纸面向外和垂直纸面向里的匀强磁场的磁感应强度大小均为 B，线框电阻的大小为 R，移动速度为 v，有效切割长度为 l，则感应电流大小为 $i=\frac{E}{R}=\frac{Blv}{R}$



位移在 0～a 范围时，线框右边框切割磁场，如图甲所示，上下两半产生的电动势方向相反，产生的感应电动势应该相减。在 $0\le x<\frac{a}{2}$ 内，有效切割长度为 $a-x-x=a-2x$，根据右手定则可知，产生顺时针的感应电流(正方向)，大小为 $i=\frac{B}{R}(a-2x)v$，在 $\frac{a}{2}\le x<a$ 内，有效切割长度为 $x-(a-x)=2x-a$，根据右手定则可知，产生逆时针的感应电流(负方向)，大小为 $i=\frac{B}{R}(2x-a)v$。位移在 a～$2a$ 范围内，线框左边框切割磁场，如图乙所示。在 $a\le x<\frac{3}{2}a$ 内，有效切割长度为 $a-(x-a)-(x-a)=3a-2x$，根据右手定则可知，产生逆时针的感应电流(负方向)，大小为 $i=\frac{B}{R}(3a-2x)v$。在 $\frac{3}{2}a\le x<2a$ 内，有效切割长度为 $(x-a)-[a-(x-a)]=2x-3a$，根据右手定则可知，产生顺时针的感应电流(正方向)，大小为 $i=\frac{B}{R}(2x-3a)v$，故 A 正确，不符合题意；由电动势 $E=iR$，结合选项 A 可知电动势 E 随位移 x 变化的图像与 $i-x$ 图像类似，故 B 错误，符合题意；安培力的大小为 $F=Bil=\frac{B^2v}{R}l^2$，其中 l 随着 x 变化，可知安培力随位移 x 变化的图像为曲线，故 C 错误，符合题意；线框产生的热功率为 $P=i^2R$，结合选项 A 可知线框产生的热功率 P 随位移 x 变化的图像为曲线，故 D 错误，符合题意。

5．答案　AC

解析　根据图乙、丙可知 a 点电势高，即金属杆上端电势高，根据右手定则可判断出磁场方向垂直纸面向里，A 正确；滑动变阻器接入阻值减小时，根据图乙、丙可知 U_{ab} 变大，根据串联电路分压特点，说明虚线框Ⅰ中的阻值分得的电压增大，则虚线框Ⅰ中为定值电阻，则滑动变阻器在虚线Ⅱ中，B 错误；金属杆和导轨的电阻不计，则有 $\varphi_a=E=\varphi_0$，滑动变阻器在两种情况下有 $\frac{\varphi_0}{R_0+R}R=1.2\ \text{V}$，$\frac{\varphi_0}{R_0+\frac{R_2}{2}}\frac{R}{2}=1.0\ \text{V}$，解得 $R_0=2.5\ \Omega$，$\varphi_0=1.5\ \text{V}$，C 正确；根据上述，金属杆切割磁感线，产生感应电动势 $E=BLv=\varphi_0=1.5\ \text{V}$，解得 $v=3\ \text{m/s}$，D 错误。

6.答案　C 解析　金属线框进入磁场的过程中，线框切割磁感线产生的感应电动势 $E=BLv$，

由闭合电路的欧姆定律可知，感应电流 $I=\frac{E}{R}$，A、C 间电势差 $U_{AC}=IR_{AC}$，联立可得：$U_{AC}=\frac{R_{AC}}{R}\cdot BLv$，线框沿 CD 方向以速度 v_0 匀速进入磁场，在 $0\sim\frac{a}{v_0}$ 时间内，有效切割长度 $L=a$，则 $U_{AC}=\frac{2a}{8a}Bav_0=\frac{1}{4}Bav_0$，在 $\frac{a}{v_0}\sim\frac{2a}{v_0}$ 时间内，有效切割长度 $L=2a$，则 $U_{AC}=\frac{2a}{8a}B\cdot 2av_0=\frac{1}{2}Bav_0$，故 A、B 错误；线框沿 CD 方向以速度 v_0 匀速进入磁场，在 $0\sim\frac{a}{v_0}$ 时间内，有效切割长度 $L=a$，EF 边有效长度为 $L'=v_0t$，则 EF 边受到的安培力 $F_{安}=BIL'=B\cdot\frac{BLv_0}{R}\cdot L'=B\cdot\frac{Bav_0}{R}\cdot v_0t=\frac{B^2av_0^2}{R}t$，在 $\frac{a}{v_0}\sim\frac{2a}{v_0}$ 时间内，有效切割长度 $L=2a$，EF 边的有效长度为 a，则 $F_{安}=BIL'=B\cdot\frac{BLv_0}{R}\cdot a=B\cdot\frac{B\cdot 2av_0}{R}\cdot a=2\frac{B^2a^2v_0}{R}$，故 C 正确，D 错误。

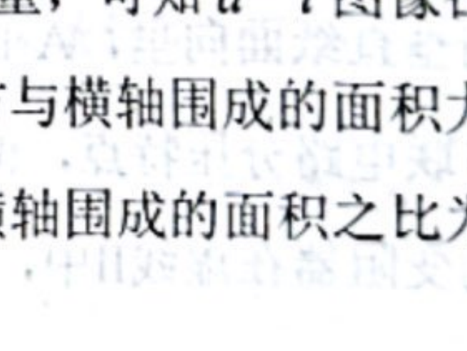
专题 12　电磁感应中的动力学问题

1. 答案　AB

解析　对杆受力分析，水平方向受 F 和安培力 $F_{安}$，$F_{安}=BId$，$I=\frac{E}{R}$，$E=Bdv$，则 $F_{安}=\frac{B^2d^2v}{R}$，由牛顿第二定律有 $F-F_{安}=kv-\frac{B^2d^2v}{R}=ma$，则 $a=(\frac{k}{m}-\frac{B^2d^2}{mR})v$，可得 a 与 v 成正比。当杆受到的合力为零时，杆做匀速直线运动，故 A 正确；杆受到的合力大于零时，杆做加速运动，v 变大，加速度 a 变大，$v-t$ 图像斜率绝对值表示加速度大小，故 B 正确；当杆受到的合力小于零时，杆的速度 v 减小，加速度 a 也减小，图线的斜率的绝对值减小，故 C、D 错误。

2. 答案　D 解析　根据右手定则可知，金属杆 PQ 进入磁场产生的感应电流方向由 P 指向 Q，则 Q 端的电势较高，故 A 错误；由题图乙可知，金属杆 PQ 刚进入磁场时的加速度大小 $a=10\ \mathrm{m/s^2}$、方向竖直向上，设金属杆 PQ 刚进入磁场时产生的感应电动势为 E，则有 $E=BLv_1$，$I=\frac{E}{R+r}$，$BIL-mg=ma$，联立解得 $v_1=2\ \mathrm{m/s}$ 所以金属杆 PQ 释放位置到 OO' 的距离为 $h=\frac{v_1^2}{2g}=0.2\ \mathrm{m}$，故 B 错误；设金属杆 PQ 在磁场中稳定时的速度大小为 v_2，则有 $\frac{B^2L^2v_2}{R+r}=mg$，解得 $v_2=1\ \mathrm{m/s}$，故 C 错误；根据 $a-t$ 图像与横轴围成的面积表示速度变化量，可知 $a-t$ 图像在横轴上方与横轴围成的面积大小为 $S_1=v_1=2\ \mathrm{m/s}$，$a-t$ 图像在横轴下方与横轴围成的面积大小为 $S_2=v_1-v_2=2\ \mathrm{m/s}-1\ \mathrm{m/s}=1\ \mathrm{m/s}$，则 $a-t$ 图像在横轴上、下方与横轴围成的面积之比为 2∶1，故 D 正确。

3. 答案　C 解析　沿斜面向上的力 F 作用在 cd 上使两金属棒静止，由平衡条件可得 $F=3mg\sin\theta$，轻绳烧断瞬间，金属棒 cd 受到沿导轨向上的力 F 和重力、支持力作用，由牛顿第二定律得 $F-mg\sin\theta=ma$，解得金属棒 cd 的加速度大小 $a=2g\sin\theta$，选项 A 错误；轻绳烧断后，金属棒 cd 切割磁感线产生感应电动势，回路中有感应电流，金属棒 cd 受到安培力作



用，所以金属棒 cd 做变加速运动，选项 B 错误；对两金属棒组成的系统，所受合外力为零，系统沿导轨方向动量守恒，由动量守恒定律可知，轻绳烧断后，任意时刻两金属棒运动的速度大小之比 $v_{ab}:v_{cd}=1:2$，选项 C 正确；当金属棒 ab 达到最大速度时，金属棒 ab 受力平衡，$2mg\sin\theta=BIL$，$I=\frac{E}{2R}$，$E=BLv_{abm}+BL\cdot 2v_{abm}=3BLv_{abm}$，联立解得 $v_{abm}=\frac{4mgR\sin\theta}{3B^2L^2}$，选项 D 错误。

4. 答案　(1)2 T　(2)$B=\frac{48}{24+20t+5t^2}$(T)

解析　(1)金属棒达到最大速度时产生的电动势 $E=B_1Lv_1$，回路中产生的感应电流 $I=\frac{E}{R+r}$，金属棒所受的安培力 $F=B_1IL$，下滑的速度达到最大时，cd 棒所受的合外力为零，由平衡条件得 $F=mg\sin\theta$，联立代入数据解得 $B_1=2$　T

(2)金属棒中不产生感应电流时，则不受安培力，做匀加速运动。设金属棒的加速度大小为 a，根据牛顿第二定律得 $mg\sin\theta=ma$，回路中磁通量应不变，则有 $B_1Lx=BL(x+v_1t+\frac{1}{2}at^2)$，可得 $B=\frac{B_1x}{x+v_1t+\frac{1}{2}gt^2\sin\theta}=\frac{48}{24+20t+5t^2}$(T)。

5. 答案　(1)由 b 指向 a　$\frac{B^2L^2v_0}{R}-Mg$(2)v_0+v_1

解析　(1)磁场向上运动，相当于 ab 杆向下切割磁感线，由右手定则可得电流方向是由 b 指向 a，感应电动势 $E=BLv_0$，$I=\frac{BLv_0}{R}$，且 $F_{安1}=BIL$ 时电梯轿厢刚好能离开地面，可得 $F_{安1}=Mg+F_f$，可得 $F_f=\frac{B^2L^2v_0}{R}-Mg$

(2)当磁场向上匀速运动的速度大小为 v_2 时，回路中感应电动势的大小 $E_1=BL(v_2-v_1)$

回路中的电流 $I_1=\frac{BL}{R}(v_2-v_1)$

电梯轿厢以 v_1 匀速上升时，根据平衡条件得 $F_{安2}=BI_1L=Mg+F_f$

可得 $v_2=v_0+v_1$。

专题 13　电磁感应中的能量问题

1. 答案　BCD

解析　金属环进入磁场与出磁场过程中，穿过环的磁通量发生变化，有感应电流，则进入磁场与出磁场过程均有一部分机械能转化为焦耳热，因此，金属环每次摆动的最高点位置不断降低，直到金属环与磁场圆内切时速度为 0 之后，在摆动过程中，穿过金属环的磁通量不再改变，环中不再产生感应电流，金属环之后在左右与磁场圆内切的位置往返摆动，可知金属环最终不可能静止在 O_1 点的正下方，A 错误；金

属环在进入磁场时，产生感应电流，受到安培力 $F=BIL$，金属圆环与磁场圆的两交点连线为两个圆的一条公共弦，该条弦的长度为金属环在进入磁场时所受安培力中的等效长度 L，根据左手定则可知，安培力垂直于该公共弦，根据楞次定律，该安培力为阻力，即金属环在进入磁场时所受安培力的方向沿 O_2O_1 连线方向，B 正确；

根据上述可知，金属环最终与磁场圆内切时速度为 0，作出示意图如图所示

根据几何关系，金属环与磁场圆内切点在 A、C 位置时，其圆心与 O、O_2 的距离均为 $L+r$，则此时金属环圆心到 O 的高度为 $h=\frac{1}{2}(L+2r)$，则有 $Q=mgh=\frac{1}{2}mg(L+2r)$，C 正确；金属环第一次进入磁场过程中磁通量的变化量为 $\Delta\Phi=B\pi r^2-0=B\pi r^2$，感应电动势的平均值 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$，感应电流的平均值 $I=\frac{E}{R}=\frac{q}{\Delta t}$，解得 $q=\frac{\pi Br^2}{R}$，D 正确。

2. 答案 (1)$\frac{2F_0}{B^2l^2}\left(\frac{R+r}{B^2l^2}\right)$ (2)$\frac{R}{R+r}\left[F_0(d+2d_0)-\frac{2mF_0^2}{B^4l^4}\left(\frac{R+r}{B^4l^4}\right)^2\right]$ (3)$\frac{2mF_0}{B^4l^4}\left(\frac{R+r}{B^4l^4}\right)^2$

解析 (1)设导体棒离开磁场右边界时的速度大小为 v，产生的感应电动势为 $E=Blv$

感应电流为 $I=\frac{E}{R+r}$

根据平衡条件得 $2F_0=BIl$ 联立解得 $v=\frac{2F_0}{B^2l^2}\left(\frac{R+r}{B^2l^2}\right)$

(2)全程根据动能定理得 $F_0d+2F_0d_0-W_{克安}=\frac{1}{2}mv^2-0$

根据功能关系得 $Q=W_{克安}$

又有 $Q_R=\frac{R}{R+r}Q$ 联立解得 $Q_R=\frac{R}{R+r}\left[F_0(d+2d_0)-\frac{2mF_0^2}{B^4l^4}\left(\frac{R+r}{B^4l^4}\right)^2\right]$

(3)若导体棒在磁场中一直做匀速运动，则其进入磁场时的速度大小为 v，根据动能定理得 $F_0d=\frac{1}{2}mv^2$ 解得 $d=\frac{2mF_0}{B^4l^4}\left(\frac{R+r}{B^4l^4}\right)^2$。

3.答案 (1)$\frac{mgR}{2B^2L^2}$ (2)$mg\left(\frac{2}{2}L+h\right)-\frac{m^3g^2R^2}{8B^4L^4}$ (3)$\frac{BL^2}{R}$

解析 (1)导线框一半面积进入磁场时，根据平衡条件有 $mg=2BIL$

根据法拉第电磁感应定律，感应电动势为 $E=2BLv$

根据闭合电路的欧姆定律有 $I=\frac{2BLv}{R}$

联立解得 $v=\frac{mgR}{2B^2L^2}$

(2)导线框从静止下落到一半面积进入磁场的过程中，根据能量守恒定律有

$mg\left(\frac{2}{2}L+h\right)=\frac{1}{2}mv^2+Q$

解得 $Q=mg(\frac{2}{2}L+h)-\frac{m^3g^2R^2}{8B^4L^4}$

(3)平均感应电动势 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

根据闭合电路欧姆定律有 $I=\frac{E}{R}$

通过导线框某一横截面的电荷量 $q=I\Delta t$

联立解得 $q=\frac{BL^2}{R}$。

4. 答案　(1)b 端电势高于 a 端电势　(2)0.1 T　(3)0.26 J

解析　(1)由右手定则可知，ab 中的感应电流由 a 流向 b，ab 相当于电源，则 b 端电势高于 a 端电势。

(2)由 $x-t$ 图像求得 $t=1.5$ s 时金属棒的速度 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{11.2-7.0}{2.1-1.5}$ m/s=7 m/s

金属棒匀速运动时所受的安培力大小为 $F=BIL$，$I=\frac{E}{R+r}$，$E=BLv$ 联立得 $F=\frac{B^2L^2v}{R+r}$

根据平衡条件得 $F=mg$ 则有 $mg=\frac{B^2L^2v}{R+r}$ 代入数据解得 $B=0.1$ T。

(3)金属棒 ab 在开始运动的 1.5 s 内，金属棒的重力势能减少量转化为金属棒的动能和电路的内能。设电路中产生的总焦耳热为 Q，根据能量守恒定律得 $mgx=\frac{1}{2}mv^2+Q$

代入数据解得 $Q=0.455$ J，故 R 产生的热量为 $Q_R=\frac{R}{R+r}Q=0.26$ J。

5. 答案　(1)5 m/s　(2)2.1 V　(3)0.48 J

解析　(1)b 棒穿过磁场做匀速运动，安培力等于重力，则有 $BI_1L=mg$

根据闭合电路欧姆定律有 $I_1=\frac{E_1}{R_a+R_b}=\frac{BLv_b}{R_a+R_b}$ 解得 $v_b=5$ m/s

(2)设 b 棒在磁场中匀速运动的时间为 t_1，则有 $d=v_bt_1$，解得 $t_1=0.2$ s

a、b 都在磁场外运动时，速度总是相同的，b 棒进入磁场后，a 棒继续加速 t_1 时间后进入磁场，a 棒进入磁场的速度大小为 $v_a=v_b+gt_1=7$ m/s

产生的感应电动势为 $E_2=BLv_a=3.5$ V

a 棒两端的电势差即为路端电压，则 $U=\frac{E_2R_b}{R_a+R_b}=2.1$ V

(3)a 棒进入磁场并将匀速穿过磁场，则有 $BI_2L=m_ag$ 根据闭合电路欧姆定律有 $I_2=\frac{E_2}{R_a+R_b}$

解得 $m_a=0.07$ kg

两棒穿过磁场过程中，根据能量守恒定律可知，两棒的重力势能减少量转化为电路中产生的

焦耳热，产生的总焦耳热为 $Q=(m+m_a)gd=1.2\ \mathrm{J}$，

a 棒产生的焦耳热 $Q_a=Q\dfrac{R_a}{R_a+R_b}=0.48\ \mathrm{J}$。

专题 14　动量观点在电磁感应中的应用

1. 答案　BD

解析　根据 $q=\dfrac{\Delta\Phi}{R}=\dfrac{BS}{R}$ 可知，线框进、出磁场的过程中通过线框某一横截面的电荷量 $q_1=2q_2$，故 A 错误，B 正确；线框从开始进入到位置Ⅱ，由动量定理得 $-B\overline{I}_1L\Delta t_1=mv-mv_0$，即 $-BLq_1=mv-mv_0$，同理线框从位置Ⅱ到位置Ⅲ，由动量定理得 $-B\overline{I}_2L\Delta t_2=0-mv$，即 $-BLq_2=0-mv$，联立解得 $v=\dfrac{1}{3}v_0=1.5\ \mathrm{m/s}$，故 C 错误，D 正确。

2.答案　BCD

解析　根据楞次定律及安倍定则可知感应电流方向为 $c\to b\to M\to N$，故 A 错误；以金属框和导体棒整体为研究对象，由于整体水平方向不受力，所以整体水平方向动量守恒，最后二者速度相同，取初速度方向为正，根据动量守恒定律可得 $mv_0=3mv$，可得 $v=\dfrac{1}{3}v_0$，故 B 正确；由能量守恒定律可知，导体棒产生的焦耳热 $Q=\dfrac{1}{2}mv_0^2-\dfrac{1}{2}\times3mv^2=\dfrac{1}{3}mv_0^2$，故 C 正确；对导体棒，根据动量定理可得 $B\overline{I}L\Delta t=2mv-0$，其中 $\overline{I}\Delta t=q$，可得通过导体棒的电荷量为 $q=\dfrac{2mv_0}{3BL}$，故 D 正确。

3. 答案　AC

解析　开关 K 置于 b 的瞬间，流过金属滑块的电流最大，此时 $I=\dfrac{E}{R}$ 对应的安培力最大，以金属滑块为研究对象，根据牛顿第二定律有 $F_m=BIL=ma_m$，解得 $a_m=\dfrac{BEL}{mR}$，故 A 正确；

金属滑块运动后，切割磁感线产生感应电动势，当电容器两极板间电压与滑块切割磁感线产生的感应电动势相等时，滑块速度不再变化，做匀速直线运动，此时速度达到最大，设金属滑块加速运动到最大速度时两端电压为 U，电容器放电过程中的电荷量变化为 Δq，放电时间为 Δt，流过金属滑块的平均电流为 I，在金属块滑动过程中，由动量定理得 $BIL\cdot\Delta t=mv-0$，由电流的定义式有 $\Delta q=I\Delta t$，由电容的定义式有 $C=\dfrac{\Delta q}{\Delta U}$，电容器放电过程的电荷量变化为 $\Delta q=C\Delta U$，$\Delta U=E-U$，所以 $BLC(E-U)=mv$，金属滑块速度最大时，根据法拉第电磁感应定律可得 $U=BLv$ 联立解得 $v=\dfrac{BLCE}{CB^2L^2+m}$，$\Delta q=\dfrac{CmE}{CB^2L^2+m}$，故 B 错误，C 正确；

金属滑块滑离导轨的整个过程中，电容器消耗的电能一部分转化为金属滑块的动能 $E_k=\dfrac{1}{2}mv^2$

$=\frac{mB^2L^2C^2E^2}{2(CB^2L^2+m)^2}$，另一部分转化为了金属滑块的内能(焦耳热)，故 D 错误。

4．答案　(1)b 端电势高　5 N　(2)1.47 J(3)0.85 m

解析　(1)由右手定则可知感应电流由 a 流向 b，b 相当于电源的正极，故 b 端电势高；

当金属棒匀速运动时，由平衡条件得 $F=mg\sin 37°+F_{安}$

其中 $F_{安}=BIL=\frac{B^2L^2v}{R+r}$ 由题图乙可知 $v=1.0$ m/s 联立解得 $F=5$ N

(2)从金属棒开始运动到达到稳定状态时，由动能定理得$(F-mg\sin 37°)x-W_{克安}=\frac{1}{2}mv^2$

由能量守恒定律可知克服安培力所做的功等于整个电路产生的焦耳热，代入数据解得 $Q=W_{克安}=7.35$ J

则金属棒上产生的焦耳热为 $Q_r=\frac{r}{R+r}Q=1.47$ J

(3)金属棒做加速度减小的加速运动，由动量定理有

$(F-mg\sin 37°)\Delta t-B\overline{I}L\Delta t=mv_1-0$

由题图乙可知 $v_1=0.6$ m/s　　$\overline{I}\Delta t=\frac{BL\Delta x}{R+r}$ 解得$\Delta x=0.85$ m。

5．答案　(1)8 5 J　(2)$\frac{10}{3}$ C　(3)$(2-\frac{10}{4})$ m

解析　(1)ab 棒在左侧导轨下滑过程有 $\frac{\frac{L}{2}}{\sin\theta}=\frac{1}{2}at_1^2$①

$mg\sin\theta=ma$②

解得 $t_1=\sqrt{\frac{2L}{g}}=\frac{\sqrt{5}}{5}$ s③

由题图乙可知 ab 在左侧导轨上运动过程中磁场均匀变化，则回路中的感应电动势为 $E=\frac{\Delta\Phi}{t_1}=\frac{2B_0L^2}{t_1}=4\sqrt{5}$ V④

此过程中 cd 棒产生的焦耳热为

$Q=\frac{1}{2}\times\frac{E^2}{2R}t_1$⑤

联立③④⑤解得 $Q=8\sqrt{5}$ J

(2)ab 棒到达底端的速度为 $v_0=at_1$

解得 $v_0=\sqrt{10}$ m/s⑥

ab、cd 两棒在水平导轨上运动过程中动量守恒且末速度相等，则有 $mv_0=3mv$⑦

对 cd 棒由静止至达到共同速度过程应用动量定理有 $B_0\overline{I}L\Delta t=2mv-0$⑧

由⑧式得 $q=\overline{I}\Delta t=\dfrac{2mv}{B_0L}$⑨

联立⑥⑦⑨式解得 $q=\dfrac{10}{3}$ C

(3)设Δx 为两棒在水平导轨上的相对位移，第(2)问中 $q=\overline{I}\Delta t=\dfrac{B_0L\Delta x}{2R}$

解得$\Delta x=\dfrac{10}{6}$ m

cd 棒抛出后做平抛运动落到右侧倾斜导轨上，有 $h=\dfrac{1}{2}gt_2^2$

$x_{cd}=vt_2$

且 $h=x_{cd}$

此过程中 *ab* 棒和 *cd* 棒的水平速度相等，则 $x_{ab}=x_{cd}$

联立解得 $x_{ab}=\dfrac{2}{9}$ m

则 $x_{ab}<2L-\Delta x$

故导体棒 *cd* 落在右侧倾斜导轨后导体棒 *ab* 仍在水平导轨上，再次构成闭合回路。设 *ab* 棒接下来在水平导轨上的位移为 x_{ab}'，速度减为零，对 *ab* 棒由动量定理有 $-\dfrac{B_0^2L^2\overline{v}}{2R}\Delta t_3=m\Delta v$

得 $-\dfrac{B_0^2L^2x_{ab}'}{2R}=0-mv$

解得 $x_{ab}'=\dfrac{10}{12}$ m

由此可知 $x_{ab}+x_{ab}'<2L-\Delta x$

故导体棒 *ab* 最终静止在水平导轨上，与 *cd* 水平间距为 $X=2L-\Delta x-x_{ab}'=(2-\dfrac{10}{4})$ m。

专题 15　交变电流的产生和描述

1. 答案　D

解析　题图所示位置线圈位于中性面，穿过线圈的磁通量最大，磁通量的变化率最小，电流最小，每经过一次题图所示位置的中性面，电流方向就改变一次，故 A、B、C 错误；从题图所示位置开始计时，线圈中电流 *i* 随时间 *t* 变化的关系式为 $i=I_{\mathrm{m}}\sin\dfrac{2\pi}{T}t$，故 D 正确。

2. 答案　CD

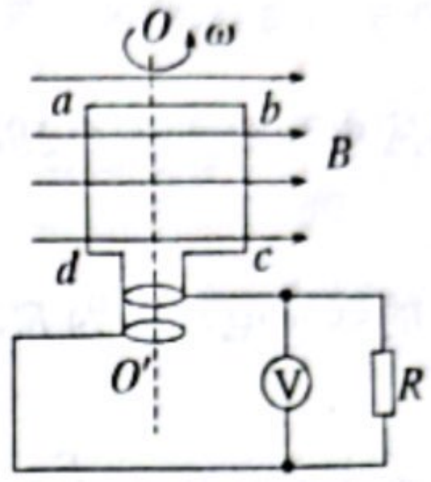
解析　线圈从题图甲所示位置转过 90°时，穿过线圈的磁通量最大，对应题图乙中的 0.1 s 这一时刻，故 A 错误；线圈每经过中性面一次，电流方向改变一次，而题图甲所示位置线圈与中性面垂直，电流方向不变，故 B 错误；由题图乙可知该交流电的周期为 $T=0.4$ s。根据法拉第电磁感应定律可得线圈产生感应电动势的最大值为 $E_{\mathrm{m}}=nBS\omega=n\Phi_{\mathrm{m}}\omega=n\Phi_{\mathrm{m}}\dfrac{2\pi}{T}=$

$20\times0.2\times\frac{2\pi}{0.4}\text{ V}=20\pi\text{ V}$，故 C 正确；根据法拉第电磁感应定律 $E_m=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=nBS\omega=n\Phi_m\omega$，可得磁通量变化率的最大值$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\Phi_m\omega$，所以，若增大线圈转动的角速度$\omega$，则磁通量变化率的最大值增大，故 D 正确。

3.答案　AC

解析　根据楞次定律可知，当线圈转至题图所示位置时，线圈内的电流方向为顺时针，故通过 R 的电流方向向下，故 A 正确；

当线圈转到题图所示位置时，感应电动势最大，根据闭合电路欧姆定律可得，电阻 R 上的电压最大值 $U=\frac{E_0R}{R+r}$，电压表的示数为有效值，故 B 错误；



线圈从题图所示位置转动一周，两次经过中性面，每经过一次中性面感应电流和感应电动势方向改变一次，故 C 正确；

线圈题图所示位置开始计时，感应电动势的瞬时值表达式为 $e=E_0\cos\omega t$，故 D 错误。

4.答案　D

解析　当 $t=\frac{2\pi}{\omega}$时，即$\omega t=2\pi$时，线圈回到题图所示位置，此时的感应电流最小，穿过线圈的磁通量最大，A 错误；

当 $t=\frac{\pi}{2\omega}$，即$\omega t=\frac{\pi}{2}$时，线圈转到与题图所示垂直的位置，此时穿过线圈的磁通量为零，则 0 到$\frac{\pi}{2\omega}$时间内产生的感应电动势的平均值为 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n\frac{B\cdot\frac{1}{2}S}{\frac{\pi}{2\omega}}=\frac{nBS\omega}{\pi}$，则 0 到$\frac{\pi}{2\omega}$时间内，通过线圈的电荷量为 $q=\frac{nBS\omega}{R\pi}\cdot\frac{\pi}{2\omega}=\frac{nBS}{2R}$，B 错误；

线圈中产生的交变电动势的最大值为 $E_m=nB\frac{S}{2}\omega=\frac{1}{2}nBS\omega$，C 错误；

线圈中产生的交变电动势的有效值为 $E=\frac{E_m}{2}=\frac{2}{4}nBS\omega$，D 正确。

5. 答案　BD

解析　根据题图乙可知，$t=0$ 时，产生的感应电动势为零，可知此时线圈位于中性面，穿过线圈的磁通量最大，A 错误；

a 表示的交流电动势最大值为 $U_{am}=10\text{ V}$，周期为 $T_a=0.4\text{ s}$，a 表示的瞬时值表达式为 $u=U_{am}\sin\omega t=10\sin\frac{2\pi}{0.4}t(\text{V})=10\sin5\pi t(\text{V})$，B 正确；

a 表示的交变电流的频率为 $f_a=\frac{1}{T_a}=2.5\text{ Hz}$，C 错误；

根据 a 表示的瞬时值表达式为 $u=10\sin 5\pi t(\mathrm{V})$，可得 $NBS\omega_a=NBS\frac{2\pi}{0.4\ \mathrm{s}}=10\ \mathrm{V}$，$b$ 图线表示的线圈产生的电动势周期为 0.6 s，所以 b 图线对应的电动势最大值为 $NBS\omega_b=NBS\frac{2\pi}{0.6\ \mathrm{s}}=\frac{20}{3}\ \mathrm{V}$，D 正确。

6. 答案　B

解析　根据 $E=BLv$，当线框在磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中转动时，产生的感应电动势为 $E=Bl\overline{v}=Bl\cdot\frac{\omega l}{2}=\frac{1}{2}\omega Bl^2$；当线框在磁感应强度大小为 $2B$ 的匀强磁场中转动时，产生的感应电动势为 $E'=2Bl\overline{v}=\omega Bl^2$，每个周期有 $\frac{1}{2}T$ 时间内产生的感应电动势为 E，$\frac{1}{2}T$ 时间内产生的感应电动势为 E'，根据有效值的定义可得 $\frac{E^2}{r}\times\frac{T}{2}+\frac{E'^2}{r}\times\frac{T}{2}=\frac{E_{有}^2}{r}T$，解得 $E_{有}=\frac{10Bl^2\omega}{4}$，故电流的有效值 $I=\frac{E_{有}}{r}=\frac{10Bl^2\omega}{4r}$，故 A、C、D 错误，B 正确。

第四周物理寒假作业答案

专题 16　变压器 远距离输电　实验：探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系

1. 答案　D

解析　开关 S 闭合，副线圈电路的总电阻减小，由于变压器的匝数比和输入的电压都不变，所以输出的电压也不变，即 V_1 示数不变，但因副线圈电路中总电阻减小，则总电流增大，可知干路中电阻 R 分压增大，所以电压表 V_2 示数变小，电流表 A_2 的示数减小，故 B、C 错误，D 正确；开关 S 闭合后，副线圈电路的总电流 I_2 变大，根据 $\frac{n_1}{n_2}=\frac{I_2}{I_{A1}}$，可知 I_{A1} 变大，电流表 A_1 示数变大，故 A 错误。

2. 答案　B

解析　由于 R_1 的分压，原线圈的电压小于 220 V，则副线圈的电压小于 $\frac{220}{9}\ \mathrm{V}$，故 A 错误；根据变压器原理可得 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{1}{9}$，根据 $P=I^2R$ 可得电阻 R_1 和 R_2 消耗的功率之比 $\frac{P_1}{P_2}=\frac{I_1^2R_1}{I_2^2R_2}$，代入数据解得 $\frac{R_1}{R_2}=\frac{18}{1}$，故 B 正确；若滑动变阻器滑片向上移动，$R_2$ 增大，电流 I_2 减小，由 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$ 知电流 I_1 减小，根据 $P=I^2R$ 知电阻 R_1 的功率减小，故 C 错误；根据功率关系可得 $UI_1=I_1^2R_1+I_2^2R_2$，其中 $\frac{n_1}{n_2}I_1=I_2$，若原、副线圈的匝数比变为 3∶1，相当于 $\frac{n_1}{n_2}$ 减小，则电流 I_1 增大，根据 $P=I^2R$ 知电阻 R_1 的功率增大，故 D 错误。

3. 答案　BD

解析　电源电压有效值为 $U=\frac{U_m}{2}=\frac{311}{2}$ V≈220 V，因为有电阻 R 分压，电压表示数即原线圈两端的电压小于 220 V，故 A 错误；保持 K 的位置不变，滑动变阻器滑片向下移，接入电路的电阻变小，副线圈的电流变大，则电流表的示数变大，原线圈中的电流变大，电阻 R 两端的电压也变大，R 消耗的功率变大，交流电源的电压不变，原线圈两端的电压变小，电压表的示数减小，故 B 正确；变压器不改变交变电流的频率，由电源电压瞬时值表达式可知交变电流的频率为 $f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{100\pi}{2\pi}$ Hz=50 Hz，故 C 错误；设原、副线圈的匝数分别为 n_1、n_2，电压和电流分别为 U_1、I_1，U_2、I_2，滑动变阻器接入电路的阻值为 R_P，若将电压表右侧的电路看成一个等效电阻 R'，则 $R'=\frac{U_1}{I_1}$，又因为 $\frac{U_1}{n_1}=\frac{U_2}{n_2}$，$I_1n_1=I_2n_2$，$R_P=\frac{U_2}{I_2}$，联立可得 $R'=(\frac{n_1}{n_2})^2R_P$，单刀双掷开关由 a 扳向 b，原线圈匝数变少，即 n_1 减小，等效电阻 R'减小，R 和 R'组成串联电路，电源电压不变，所以电压表的示数减小，故 D 正确。

4. 答案　D

解析　设电源输出电压的有效值为 U，原线圈电流为 I_1、副线圈电流为 I_2，原线圈匝数为 n_1，副线圈匝数为 n_2，根据变压器电压和电流规律有 $\frac{U-I_1R_1}{I_2R_2}=\frac{n_1}{n_2}=k$，$n_1I_1=n_2I_2$，又 $P_{出}=I_2^2R_2$，联立整理得

$$P_{出}=\left(\frac{R_1}{k}+R_2k\right)^2=\left(\frac{R_1}{k}-R_2k\right)^2+4R_1R_2=\frac{\left(\frac{R_1}{k}-R_2k\right)^2}{R_2}+4R_1,$$

可见，当 $\frac{R_1}{k}-R_2k=0$ 时 $\frac{R_1}{k}=R_2k$

此时 $P_{出}$最大，根据题图乙可知：此时的 $R_2=100\ \Omega$，解得 $k=\frac{1}{10}$，故选 D。

5. 答案　A

解析　理想变压器的输出电压是由输入电压和匝数比决定的，由于输入电压和匝数比不变，所以副线圈的输出电压也不变，电压表 V_1、V_2 的读数不变，故 C 错误；当负载增加时，副线圈电路中的总电阻减小，所以电流要变大，即 A_2 的示数变大，根据 $I_1:I_2=n_2:n_1$ 可知 A_1 的示数变大；由于副线圈的电流变大，电阻 R_0 消耗的电压变大，又因为 V_2 的示数不变，所以 V_3 的示数变小，故 A 正确，B 错误；电压表 V_2、V_3 的读数之差等于 R_0 两端电压，与电流表 A_2 的读数的比值等于定值电阻 R_0 的阻值，保持不变，故 D 错误。

6 答案　AD

解析　用户得到的电功率 $P_{用}=P-P_{损}=P\times(1-6\%)=141$ kW

解得风力发电机的输出功率为 $P=150$ kW，故 A 正确；

输电线损失的功率 $P_{损}=P\times6\%=9$ kW

通过输电线的电流 $I_2=\dfrac{P_{损}}{r}=10\ \mathrm{A}$，故 B 错误；

升压变压器的输出电压 $U_2=\dfrac{P}{I_2}=15\ 000\ \mathrm{V}$

可得升压变压器原、副线圈的匝数之比 $\dfrac{n_1}{n_2}=\dfrac{U_1}{U_2}=\dfrac{1}{6}$，故 C 错误；

输电线上的电压损失 $U_{损}=I_2r=900\ \mathrm{V}$

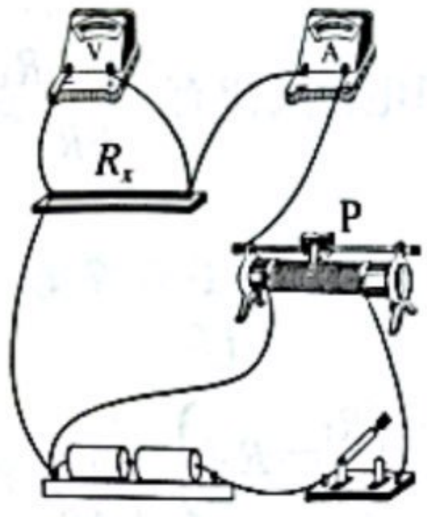
降压变压器原线圈两端的电压 $U_3=U_2-U_{损}=14\ 100\ \mathrm{V}$，可得降压变压器原、副线圈的匝数之比 $\dfrac{n_3}{n_4}=\dfrac{U_3}{U_4}=\dfrac{705}{11}$，降压变压器原线圈的匝数为 $n_3=\dfrac{705}{11}n_4=3\ 525$，故 D 正确。

专题 17　实验：导体电阻率的测量

1. 答案　(1)0.696(0.697、0.698 均可)　(3)见解析图(a)　(4)见解析图(b)　6　B

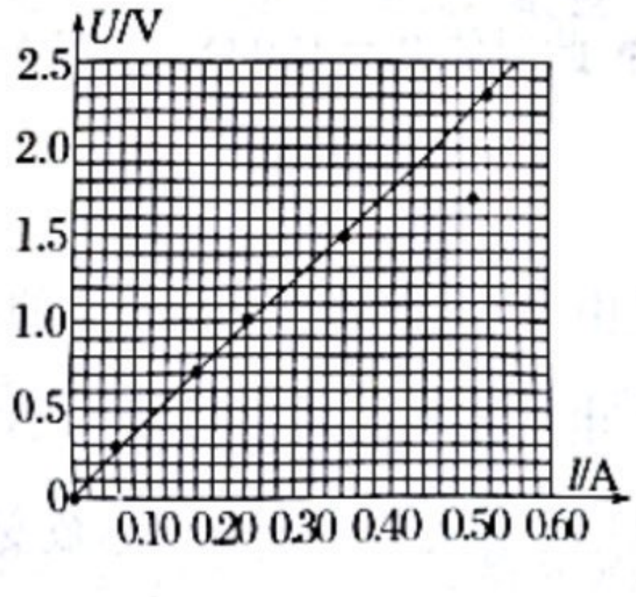
解析　(1)螺旋测微器固定刻度读数为 0.5 mm，可动刻度读数为 0.196 mm，则直径 $d=0.5\ \mathrm{mm}+0.196\ \mathrm{mm}=0.696\ \mathrm{mm}$；

(3)实物图如图(a)：



(a)

(4)标出第 2、4、6 次测量数据的坐标点，并作出 $U-I$ 图线，应使更多的点在图像上，不在图像的点分布在图像两侧，误差太大的点舍去，如图(b)



(b)

由图(b)可看出第 6 个点误差较大，应舍去；

根据图像斜率 $k=R=\dfrac{\Delta U}{\Delta I}=\dfrac{2.30-0.30}{0.52-0.06}\ \Omega\approx4.3\ \Omega$

结合电阻定律 $R=\rho\dfrac{L}{S}$，$S=(\dfrac{d}{2})^2\pi$

将 $L=50\ \mathrm{cm}=0.5\ \mathrm{m}$，$d=0.696\ \mathrm{mm}=0.696\times10^{-3}\ \mathrm{m}$，代入解得 $\rho\approx3.3\times10^{-6}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$，故 A、C、D 错误，B 正确。

2. 答案　(1)0.920　42.40　(2)B　(3)小于　电压表的分流　系统　(4)$\frac{\pi RD^2}{4L}$

解析　(1)由题图甲可知直径为 0.5 mm+42.0×0.01 mm=0.920 mm，由题图乙可知其长度为 42 mm+8×0.05 mm=42.40 mm。

(2)要求待测电阻两端的电压能从 0 开始连续可调，可知滑动变阻器应采用分压式接法，由于待测电阻远小于电压表内阻，为了减小误差，电流表应采用外接法，故选 B。

(3)电流表采用外接法，由于电压表的分流带来的误差，使得电流表读数 I 比通过待测电阻的实际电流 $I_{实}$ 大，则有

$$R_{测}=\frac{U}{I}<R_{真}=\frac{U}{I_{实}}$$

可知测出的电阻小于真实值，该误差的来源是电压表的分流，这种误差属于系统误差。

(4)根据电阻定律得 $R=\rho\frac{L}{S}$

又 $S=\pi(\frac{D}{2})^2$

解得$\rho=\frac{RS}{L}=\frac{\pi RD^2}{4L}$。

3. 答案　(1)13.7　(2)$\frac{R_1R_2}{R}$　(3)2.95

解析　(1)由题图乙所示游标卡尺可知，其精确度为 0.1 mm，读数为 d=13 mm+7×0.1=13.7 mm;

(2)设把 S 拨到 1 位置时，电压表 V_1 示数为 U，则此时电路电流为$\frac{U}{R_1}$，总电压 $U_{总}=\frac{UR_x}{R_1}+U$，当把 S 拨到 2 位置，调整电阻箱阻值，使电压表 V_2 示数与电压表 V_1 示数相同也为 U，则此时电路中的电流为$\frac{U}{R}$，

总电压 $U_{总}'=\frac{U}{R}R_2+U$，由于两次总电压相等，都等于电源电压 E，可得$\frac{R_x}{R_1}=\frac{R_2}{R}$

解得 $R_x=\frac{R_1R_2}{R}$;

(3)由题图丙可知，$R=2.0\times10^3\ \Omega$时，$\frac{1}{L}=5.0\ \mathrm{m}^{-1}$，

此时玻璃管内水柱的电阻 $R_x=\frac{R_1R_2}{R}=\frac{2\,000\times4\,000}{2\,000}\ \Omega=4\,000\ \Omega$

由电阻定律得 $R_x=\rho\frac{L}{S}=\rho\frac{L}{\pi(\frac{d}{2})^2}$，电阻率$\rho=\frac{\pi R_xd^2}{4L}$

代入数据解得$\rho\approx2.95\ \Omega\cdot\mathrm{m}$。

4. 答案　(1)3.200　(2)R_2　(3)$\frac{\pi RL_1d^2}{4LL_2}$　(4)等于

解析　(1)螺旋测微器的读数即电阻丝的直径为 $d=3\ \text{mm}+20.0\times0.01\ \text{mm}=3.200\ \text{mm}$

(2)滑动变阻器采用限流式接法，故滑动变阻器应选用阻值较大的 R_2。

(3)实验小组将滑动变阻器的滑片 P 调至最左端后，闭合开关 S，调节滑动变阻器使其滑片 P 处于合适位置，调节电阻箱，使其示数为 R，然后调节滑片 P，使表头的示数为零，说明 R_x 的分压与 L_1 的分压相同，有 $U_{Rx}=\dfrac{U\cdot R_x}{R_x+R}$，$U_{L1}=\dfrac{U\cdot R_{L1}}{R_{AB}}=\dfrac{U\cdot L_1}{L_{AB}}=\dfrac{U\cdot L_1}{L_1+L_2}$，且 $U_{Rx}=U_{L1}$ 即 $\dfrac{R_x}{R_x+R}=\dfrac{L_1}{L_1+L_2}$，解得 $R_x=\dfrac{RL_1}{L_2}$，根据电阻定律 $R_x=\rho\dfrac{L}{S}$

得待测电阻丝的电阻率 $\rho=\dfrac{R_xS}{L}=\dfrac{\pi RL_1d^2}{4LL_2}$

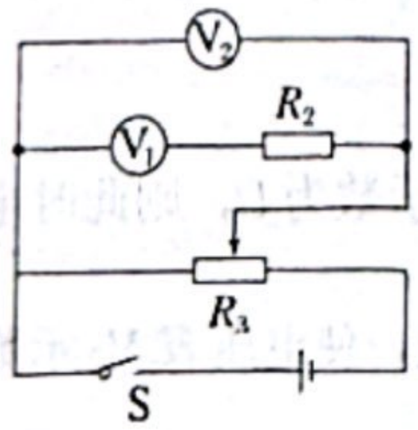
(4)重复(3)的操作，测出多组数据，分别取平均值，可减小偶然误差，此实验表头的内阻不影响实验原理，无系统误差，因此待测电阻丝电阻的理论测量值等于真实值。

专题 18　测电阻的几种常见方法

1．答案　(1)V_2　R_2　(2)见解析图　(3)$\dfrac{R_2U_1}{U_2-U_1}$　(4)等于

解析　(1)将定值电阻与待测电压表 V_1 串联，用另一块电压表测出总电压，待测电压表与定值电阻分得的电压之比就等于电阻之比，为了使电压表尽可能接近满偏，电压表选 V_2，定值电阻选 R_2。

(2)滑动变阻器采用分压式接法，如图所示

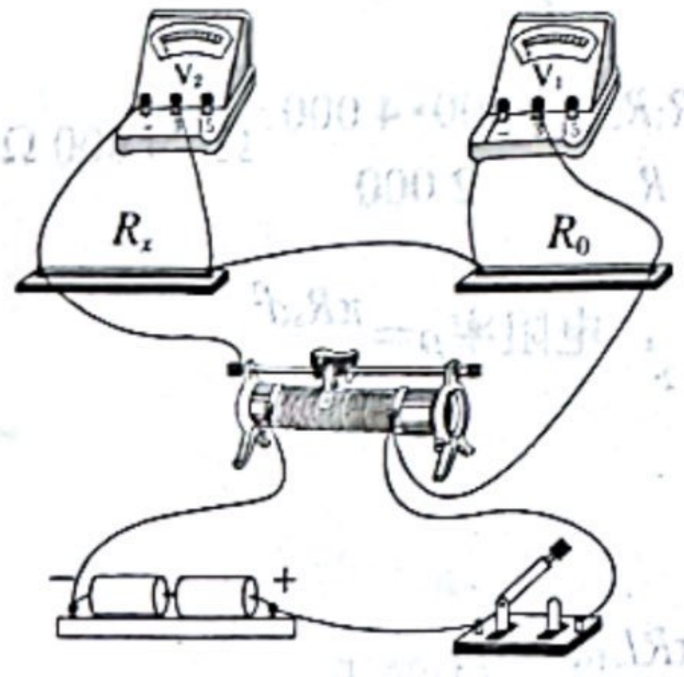


(3)由于电压表 V_1 与 R_2 串联，满足 $\dfrac{U_1}{U_2-U_1}=\dfrac{R_{V1}}{R_2}$，可得 $R_{V1}=\dfrac{R_2U_1}{U_2-U_1}$

(4)由于 V_1 两端的电压和 R_2 两端的电压测量准确，没有系统误差，因此测量值等于真实值。

2．答案　(1)见解析图　(2)最右端　$\dfrac{U_2}{U_1}R_0$　(3)$\dfrac{R_0}{R_x}$　18

解析　(1)实物图如图所示



(2)为了电路安全，防止电流过大，闭合开关前，将滑片置于最右端；由串联电路的电流相等，

再结合欧姆定律可得$\frac{U_1}{R_0}=\frac{U_2}{R_x}$，整理可得待测电阻 $R_x=\frac{U_2}{U_1}R_0$

(3)由 $R_x=\frac{U_2}{U_1}R_0$，可得 $U_1=\frac{R_0}{R_x}U_2$，则 U_1-U_2 图像的斜率 $k=\frac{R_0}{R_x}$，结合 $k=\frac{2.4}{2.7}$，$R_0=16\ \Omega$，综合可得 $R_x=18\ \Omega$。

3 答案　(1)596.0　(2)$\frac{1}{b}$　无　(3)偏小

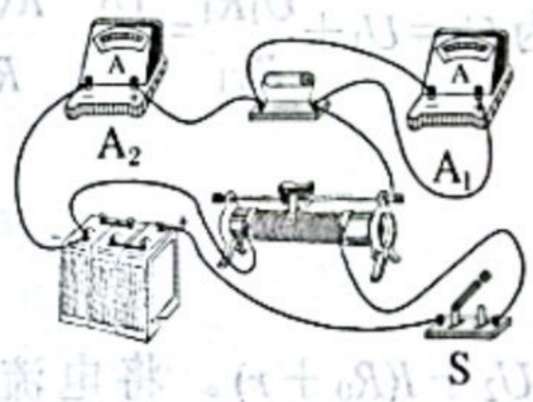
解析　(1)电阻箱的示数为 $5\times100\ \Omega+9\times10\ \Omega+6\times1\ \Omega+0\times0.1\ \Omega=596.0\ \Omega$。

(2)由题意可知，此方法是电桥法测电阻，当电流计示数为零时，R 与 R_x 串联，R 与 AK 并联；同时 R_x 与 BK 并联，所以有 $I_1R=I_2R_{AK}$，$I_1R_x=I_2R_{BK}$，化简可得$\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_{AK}}{R}$，$\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_{BK}}{R_x}$，可得被测电阻的阻值为 $R_x=\frac{RR_{BK}}{R_{AK}}=\frac{R(\pi-\theta)}{\theta}$，整理得$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_x\theta}\pi-\frac{1}{R_x}$，由此可得 $R_x=\frac{1}{b}$，则 R_x 与灵敏电流计的内阻无关，故若考虑电流计的内阻，R_x 测量值无系统误差。

(3) 若使灵敏电流计示数为零，则需减小θ(或增大电阻箱阻值 R)，由 $R_x=\frac{R}{\theta}\pi-\theta$ 知，此时测出 R_x 的值小于真实值。

4．答案　(1)见解析图　(2)F　(3)480　(4)0.16　(5)0.625

解析　(1)根据电路图，连接实物如图所示



(2)根据 $I_{m1}R_{A1}=(I_{m2}-I_{m1})R_0$，解得 $R_0=\frac{I_{m1}R_{A1}}{I_{m2}-I_{m1}}\approx\frac{200\times500}{300-200}\ \Omega=1\ \text{k}\Omega$，因此定值电阻 R_0 应选用 F。

(3)根据 $I_1R_{A1}=(I_2-I_1)R_0$，解得 $I_2=\frac{R_{A1}+R_0}{R_0}I_1$，结合题图丙有 $k=\frac{R_{A1}+R_0}{R_0}=\frac{296}{200}$，解得 $R_{A1}=480\ \Omega$

(4)根据 $0.200\ \text{mA}\times480\ \Omega=(600\ \text{mA}-0.200\ \text{mA})R_{并}$，解得 $R_{并}=0.16\ \Omega$

(5)根据 $0.160\ \text{mA}\cdot R_{A1}'=(500-0.160)\ \text{mA}\cdot R_{并}$，$0.200\ \text{mA}\cdot R_{A1}'=(I_0-0.200\ \text{mA})R_{并}$，解得 $I_0=625\ \text{mA}=0.625\ \text{A}$。

5．答案　(1)E　(2)4 000 Ω　450 Ω　(3)等于

解析　(1)由电路图知，电压表串联在电路中，由于电压表内阻较大，所以电位器应选择大阻值的，故选 E；

(2)当 K_1 断开时，微安表与电压表串联，微安表达到满偏，所以电压表内阻 $R_V=\frac{U}{I_A}=\frac{2.00}{500\times10^{-6}}$

$=4\,000\,\Omega$

闭合开关 K_1，微安表达到半偏，可求电压表的电流为 $I=\frac{U'}{R_V}=\frac{2.50}{4\,000}\ A=625\ \mu A$

根据并联电路的电流规律，可求电阻箱的电流为 $I_{R1}=I-I_A'=625\ \mu A-250\ \mu A=375\ \mu A$

电阻箱两端的电压 $U_{R1}=I_{R1}R_1$，所以微安表的内阻 $R_A=\frac{U_{R1}}{I_A'}=450\,\Omega$

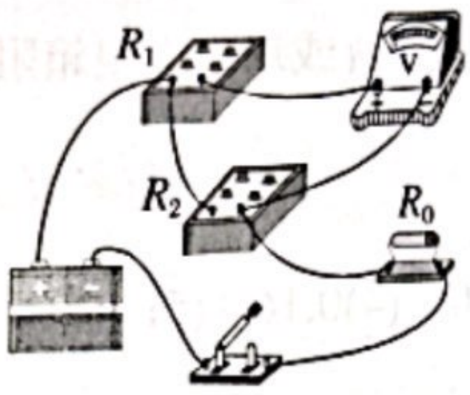
(3)由于分压电阻的误差，使得电压表示数比真实值偏大，但等比例变化并不改变两次测量电压表示数的比值，又 $R_A=(\frac{2U'}{U}-1)R_1$，故测量值等于真实值。

专题 19　实验：测量电源的电动势和内阻

1. 答案　(1)6　(2)见解析图　(3)10　2.5

解析　(1)根据电压表改装原理有 $10\ V=2.5\ V+\frac{2.5}{2\times10^3}R_1$，解得 $R_1=6\ k\Omega$

(2)实物图连接如图所示



(3)根据电路图可知 R_2 两端的电压为 $U_2=U_1+\frac{U_1R_1}{R_{V1}}=\frac{U_1}{R_{V1}}\frac{R_{V1}+R_1}{}$，则干路中的电流为 $I=\frac{U_2}{R_2}=\frac{U_1}{R_{V1}}\frac{R_{V1}+R_1}{R_2}$

根据闭合电路欧姆定律有 $E=U_2+I(R_0+r)$。将电流 I 代入得 $E=\frac{U_1}{R_{V1}}\frac{R_{V1}+R_1}{}+\frac{U_1}{R_{V1}R_2}\frac{R_{V1}+R_1}{}(R_0+r)$

变形得 $\frac{1}{U_1}=\frac{R_{V1}+R_1}{ER_{V1}}+\frac{R_{V1}+R_1}{ER_{V1}}\frac{R_0+r}{}\cdot\frac{1}{R_2}$，对比题图丙可得 $0.4\ V^{-1}=\frac{R_{V1}+R_1}{ER_{V1}}$，$\frac{0.4}{0.08}\ A^{-1}=\frac{R_{V1}+R_1}{ER_{V1}}\frac{R_0+r}{}$

联立解得 $E=10\ V$，$r=2.5\,\Omega$。

2. 答案　(1)12.5　1.0　(2)等于　大于

解析　(1)根据闭合电路欧姆定律 $E=I(R+R_0+r)$

整理得 $\frac{1}{I}=\frac{1}{E}R+\frac{R_0+r}{E}$

则 $\frac{1}{E}=\frac{1.20}{10-\ -5}\ V^{-1}$，$\frac{R_0+r}{E}=0.4\,\Omega/V$

解得 $E=12.5\ V$，$r=1.0\,\Omega$

(2)考虑到电流表内阻的影响，欧姆定律的表达式应为 $E=I(R+R_0+r+r_A)$

整理得 $\frac{1}{I}=\frac{1}{E}R+\frac{R_0+r+r_A}{E}$

图像的斜率不变，也就是电动势的测量值等于实际值，而内阻的测量值实际为电池内阻与电流表内阻之和，因此测量值偏大。

3．答案　(1)5.0　小于　(2)$\frac{3c}{b-a}$　$\frac{ac}{b-a}-\frac{5}{3}$ Ω

解析　(1)由题图甲可知，当闭合开关 S_1 时，电阻箱 R_1 与电流表并联，根据欧姆定律有 $I_AR_A=(90\ \text{mA}-I_A)R_1$

代入数据解得 $R_A=5.0\ \Omega$

由于闭合开关 S_1 之后，电路中的总电阻减小，根据闭合电路欧姆定律可知，电路中的总电流增大，则 R_1 分得的电流应大于 30 mA，而计算时认为 R_1 分得的电流等于 30 mA，则测得的电流表内阻小于真实值。

(2)根据题意可知，电阻箱 R_1 的电阻 R_0 和电流表并联后的电阻为 $R_3=\frac{R_AR_0}{R_A+R_0}=\frac{5}{3}\ \Omega$

根据欧姆定律可知，当流过电流表的电流为 I 时，流过电阻箱 R_1 的电流为 $2I$，则回路中的总电流为 $3I$，设电源的电动势为 E，内阻为 r，根据闭合电路欧姆定律有 $3I=\frac{E}{r+R_3+R}$

整理得 $\frac{1}{I}=\frac{3}{E}R+\frac{3(r+R_3)}{E}$

结合题图乙可得 $\frac{3}{E}=\frac{b-a}{c}$，$\frac{3(r+R_3)}{E}=a$

解得 $E=\frac{3c}{b-a}$，$r=\frac{ac}{b-a}-\frac{5}{3}\ \Omega$。

4．答案　(1)7.5　5.0　(2)1　E_A　$\frac{E_A}{I_B}$

解析　(1)电流表 G 和定值电阻串联，其可看成一个电压表，则有

$E=I_1(R_g+R_0)+(I_1+I_2)r$

整理可得 $I_1=-\frac{r}{R_g+R_0+r}I_2+\frac{E}{R_g+R_0+r}$

根据图像可知，图线与纵轴会相交于(0,7.5 mA)的位置，则有

$\frac{E}{R_g+R_0+r}=7.5\times10^{-3}\ \text{A}$ 可得 $E=7.5\ \text{V}$

且有 $-\frac{r}{R_g+R_0+r}=\frac{5-7}{0.5-0.1}\times10^{-3}$ 可得 $r=5.0\ \Omega$

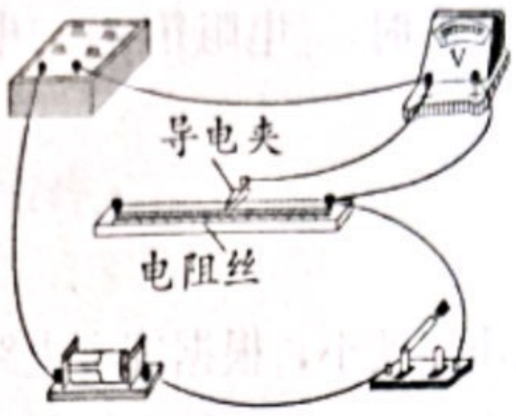
(2)若单刀双掷开关接 1，则电流表相对于电池组内接，则因电流表分压作用，会导致 $E_{真}=E_{测}$，$I_{短真}>I_{短测}$，若单刀双掷开关接 2，则电流表相对于电池组外接，因电压表分流作用，会导

致 $E_{真}>E_{测}$，$I_{短真}=I_{短测}$，结合所给图像，可以判断出 A 图线是利用单刀双掷开关 S_2 接 1，同样也可以判断出 $E=E_A$，$I_{短真}=I_B$，则内阻为 $r=\frac{E}{I_{短真}}=\frac{E_A}{I_B}$。

5．答案　(1)0.301　(2)见解析图　(5)$\left(1+\frac{\pi kD^2}{4\rho}\right)U$　b

解析　(1)螺旋测微器的读数为 0.01×30.1 mm=0.301 mm

(2)根据电路图，连接实物图如图所示



(5)根据闭合电路欧姆定律有 $U=E-I(R+r)$根据部分电路欧姆定律有 $I=\frac{U}{R_x}$。由于 $R_x=\rho\frac{x}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}$可得 $R=\frac{4\rho}{\pi UD^2}(E-U)x-r$，结合图线有$\frac{4\rho}{\pi UD^2}(E-U)=k$，$-r=-b$，解得 $E=(1+\frac{\pi kD^2}{4\rho})U$，$r=b$。

专题 20　实验：用多用电表测量电学中的物理量

1．答案　(1)1.45×10^3　×1 k　31.0　155　(3)6.2

2．答案　(1)×100　欧姆调零　1 200　(2)6　1 000

解析　(1)多用电表指针的偏转角度过小说明指针靠近无穷处，即电阻过大，所以要换更高的挡位，因此需选择“×100”倍率的欧姆挡，同时注意欧姆调零，多用电表的测量结果为

12 Ω×100=1 200 Ω

(2)①由题图乙可知电源的电动势 $E=U+IR$

由题意可知 $E=3\text{ V}+\frac{3\text{ V}}{R_V}\times3\times10^3\text{ V}$，$E=1.5\text{ V}+\frac{1.5\text{ V}}{R_V}\times12\times10^3\text{ V}$，解得 $E=4.5\text{ V}$，$R_V=6\,000\ \Omega$

$=6\text{ k}\Omega$

②若电压表的示数为 1 V，电路中的电流为 $I'=\frac{1}{R_{并}}=\frac{E-1\text{ V}}{R}$，其中 $R_{并}=\frac{R_VR_x}{R_V+R_x}$，解得 $R_x=1\,000\ \Omega$。

3．答案　(1)黑　(2)200　(3)$\frac{b}{a}$　无　(4)3.0

解析　(1)电流从欧姆表的红表笔流入，该多用电表的 B 表笔应为黑表笔。

(2)设欧姆表表头 G 的量程为 I_g，由题意可得 $\frac{1}{2}I_g=100\text{ mA}$，解得 $I_g=200\text{ mA}$

(3)设回路中除电阻箱之外的总电阻为 r，根据闭合电路欧姆定律有 $E=I(R+r)$，整理得 $R=\frac{E}{I}$

$-r$

电源的电动势为 $E=k=\frac{b}{a}$，由于表达式中 $E=I(R+r)$，r 为回路中除电阻箱之外的总电阻，包含了毫安表的内阻，可知该方法测得的电动势无系统误差。

(4)欧姆表指针恰好指在整个表盘的中央刻度处的数值为 15，电源的电动势为

$E=I\times 2R=0.1\times 2\times 15\ \text{V}=3.0\ \text{V}$。

4. 答案　(1)①a　②D　(2)①断开　②D

解析　(1)①测试时红表笔应接电势高的 a 点。②根据测试结果，a、b 间有示数，说明 $b\rightarrow$电源$\rightarrow a\rightarrow c$ 完好；c、b 间有示数，说明 $b\rightarrow$电源$\rightarrow a\rightarrow c$ 完好；c、d 间无示数，说明 $c\rightarrow$灯$\rightarrow d$ 间完好；d、f 间有示数，说明 $f\rightarrow b\rightarrow$电源和 $d\rightarrow c\rightarrow a\rightarrow$电源完好，故应是 d、f 段断路，另外，若灯 B 短路，则 d、f 间应无示数，故 D 正确。

(2)①用欧姆挡检查时，测试前应首先将开关 S 断开。

②根据表针偏转情况，接 c、d 时有示数，说明不是灯 A 断路；接 e、f 时有示数，说明也不是灯 B 断路；接 d、e 时有电阻无穷大，可以断定是 d、e 间导线断路，故 D 正确。

5. 答案　(1)b　(2)1　9　(3)136　300

解析　(1)把虚线框内的电路等效成一个电流表，当开关 S 合向 a 端时，满偏电流为 I_a，当开关 S 合向 b 端时，满偏电流为 I_b，根据串、并联电路的特点可知：$(I_a-I_g)R_a=I_g(R_g+R_b)$，$(I_b-I_g)(R_a+R_b)=I_gR_g$

可以看出 $I_a>I_b$，当开关 S 合向 b 时，欧姆表的倍率是“×10”倍率。

(2)当开关 S 合向 a 端时，中值电阻为 $R_{中a}=15\ \Omega$，则 $I_a=\frac{E}{R_{中a}}=\frac{1.5}{15}\ \text{A}=100\ \text{mA}$，

当开关 S 合向 b 端时，则中值电阻为 $R_{中b}=150\ \Omega$，则 $I_b=\frac{E}{R_{中b}}=\frac{1.5}{150}\ \text{A}=10\ \text{mA}$，将 $I_a=100$ mA，$I_b=10$ mA 代入(1)中的方程后，联立解得 $R_a=1\ \Omega$，$R_b=9\ \Omega$。

(3)将开关 S 合向 b，把虚线框内的电路等效成一个电流表，其内阻为 $R_{gb}=\frac{R_g(R_a+R_b)}{R_g+R_a+R_b}=\frac{90\times(1+9)}{90+1+9}\ \Omega=9\ \Omega$

根据闭合电路的欧姆定律得 $I_b=\frac{E}{R_{gb}+R_0+R_1}$，联立解得 $R_1=136\ \Omega$

在红、黑表笔间接入待测电阻 R_x，发现电流表指针指向 $\frac{I_g}{3}$ 的位置时，

根据闭合电路的欧姆定律得 $\frac{1}{3}I_b=\frac{E}{R_{gb}+R_0+R_1+R_x}$，联立解得 $R_x=300\ \Omega$。

6. 答案　(1)R_4　(2)16.2　162　(3)BC　(4)2.2×10^3

解析　(1)当为“×100”倍率挡位，且刻度盘正中央的刻度为 15，可知此时欧姆表的内阻为 1 500 Ω，根据题意，R_5 最大阻值为 1 000 Ω，不满足调节需求，可知滑动变阻器选 R_4。

(2)根据欧姆表的原理，可知将红、黑表笔短接，调节滑动变阻器 R_0 使电流表达到满偏有 $I_A=\frac{E}{R_0+R_g}=\frac{E}{R_{中}}$

因为欧姆表中间刻度值为 15，则针对“×1”“×10”和“×100”三个倍率挡，对应的改装后电流表量程分别为 100 mA、10 mA 和 1 mA；

则依题意，接 1 时有 $I_g(R_g+R_2+R_3)=(100\ \text{mA}-I_g)R_1$

接 2 时有 $I_g(R_g+R_3)=(10\ \text{mA}-I_g)(R_1+R_2)$

接 3 时有 $I_gR_g=(1\ \text{mA}-I_g)(R_1+R_2+R_3)$

联立可得 $R_2=16.2\ \Omega$，$R_3=162\ \Omega$

(3)开关 S 接 2，指针偏角小，说明被测电阻的阻值较大，为准确测量，应换用大量程，开关 S 应接 3，并重新进行欧姆调零，故选 B、C 项。

(4)欧姆表示数为 $22\times100\ \Omega=2\ 200\ \Omega=2.2\times10^3\ \Omega$。

第五周物理寒假作业答案

专题 21　机械振动

1. 答案　C 解析　简谐运动是加速度变化的变加速运动，回复力与偏离平衡位置的位移成正比，是变力，A、B 错误；弹簧振子每次经过平衡位置时，速度最大，动能最大，C 正确；单摆运动摆角小于 5°时可认为是简谐运动，D 错误。

2.答案　C 解析　从振子处于 B 点开始计时，向右为正方向，计时起点处，位移为正向最大，回复力为负向最大，加速度为负向最大，故 C 正确，A、B 错误；弹簧振子的机械能守恒，故 D 错误。

3. 答案　C解析　由题图乙可知，单摆的周期为 0.4π s，故 A 错误；由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，代入数据得 $l=0.4$ m，故 B 错误；设 OA 与 OB 的夹角为 θ，摆球的质量为 m，由题图乙和牛顿第二定律得在最高点 $mg\cos\theta=0.495$ N，在最低点 $0.510\ \text{N}-mg=m\frac{v^2}{l}$，摆球从 A 点到 B 点，由动能定理得 $mgl(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$，联立解得 $m=0.05$ kg，$v=0.2\ \ 2$ m/s，故 C 正确，D 错误。

4. 答案　A 解析　小球做简谐运动的平衡位置在 O 点，振幅为 A，取竖直向下为正方向，小球从正向位移最大处开始振动，初相位为 $\frac{\pi}{2}$，故小球运动的位移 x 随时间 t 变化的表达式为 $x=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\frac{\pi}{2}\right)$，故选 A。

5. 答案　BD 解析　由题图可知，两单摆的周期相同，同一地点重力加速度 g 相同，由单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得知，甲、乙两单摆的摆长相等，故 A 错误；甲摆的振幅为 5 cm，乙

摆的振幅为 3 cm，则甲摆的振幅比乙摆的大，故 B 正确；由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，解得甲摆的摆长 $l=\frac{T^2}{4\pi^2}g=1$ m，则甲摆的最大偏角 $\tan\theta_{max}\approx\frac{A}{l}=0.05$，则$\theta_{max}\approx2.9°$，故 C 错误；在 $t=0.5$ s 时，乙摆的位移为负的最大值，则乙摆具有正向最大加速度，故 D 正确。

6. 答案　A

解析　根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，可得 $T=\frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{2}=\frac{2+2}{2}\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，碰撞点在悬点的正下方，故 A 正确；由于碰撞是弹性碰撞，根据机械能守恒定律，左右两侧上升的高度相同，再根据几何关系可知在左右两侧走过的弧长不相等，摆角不是 2 倍关系，故 B、C、D 错误。

专题 22　实验：用单摆测量重力加速度

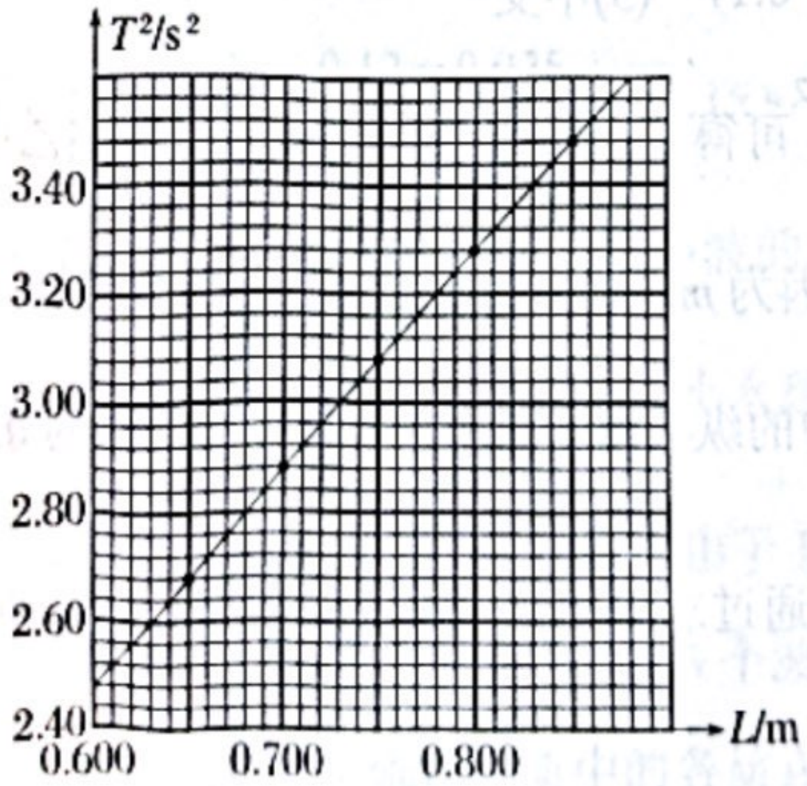
1. 答案　(1)a　(2)$\frac{4\pi^2(L_1-L_2)}{T_1^2-T_2^2}$　解析　(1)设标记以下的细线长度为 L_0，由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 及 $l=L+L_0$ 可得 $T=2\pi\sqrt{\frac{L+L_0}{g}}$，所以 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}L+\frac{4\pi^2}{g}L_0$，所以正确图像应为 a；

(2)由(1)可知 $T_1^2=\frac{4\pi^2}{g}(L_1+L_0)$，$T_2^2=\frac{4\pi^2}{g}(L_2+L_0)$，解得 $g=\frac{4\pi^2(L_1-L_2)}{T_1^2-T_2^2}$。

2. 答案　(1)BC　(2)见解析图　9.86　(3)B　(4)见解析

解析　(1)用公式 $g=\frac{4\pi^2L}{T^2}$ 计算时，应该将悬点到摆球重心之间的间距当作摆长，即应该将摆线长与摆球的半径之和当作摆长，A 错误；实验过程中，单摆的摆长不能发生变化，即摆线上端牢固地系于悬点，摆动中不能出现松动，B 正确；单摆的运动应该是同一竖直平面内的圆周运动，即实验时确保摆球在同一竖直平面内摆动，不能形成圆锥摆，C 正确，D 错误。

(2)将该坐标点标注在坐标系中，用一条倾斜的直线将描绘的点连接起来，不能落在直线上的点均匀分布在直线两侧，如图所示



根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 有 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}L$，结合图像有 $\frac{4\pi^2}{g}=\frac{3.48-2.48}{0.850-0.600}$ $s^2\cdot m^{-1}$，解得 $g\approx9.86$ m/s²。

(3)根据图线 c 可知，在 T^2 为 0 时，L 不为 0，表明选择的 L 的长度比实际的摆长大一些，即

有可能是将摆线的长与摆球的直径之和作为摆长 L，此时有 $T=2\pi\sqrt{\frac{L-\frac{d}{2}}{g}}$ 即有 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}L-\frac{2d\pi^2}{g}$，该图像与摆线的长度大小无关，A 错误；若将摆线长记作摆长 L，则有 $T=2\pi\sqrt{\frac{L+\frac{d}{2}}{g}}$ 即有 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}L+\frac{2d\pi^2}{g}$，该函数对应的图像是 a，即出现图线 a 的原因可能是误将摆线长记作摆长 L，B 正确；根据上述可知，三条图像的斜率均为 $k=\frac{4\pi^2}{g}$，解得 $g=\frac{4\pi^2}{k}$，可知三条图线求出的重力加速度相同，C 错误。

(4)不容易确定准确的摆长，但可以通过多次改变摆线的长度，测量对应的周期，获得较准确的重力加速度。具体做法：设摆线下端距重心 x，第一次测出摆线长 l_1，则摆长为 $L_1=l_1+x$，测出对应的周期 T_1。仅改变摆线长，第二次测出摆线长 l_2，则摆长为 $L_2=l_2+x$，测出对应的周期 T_2。根据 $T_1=2\pi\sqrt{\frac{l_1+x}{g}}$，$T_2=2\pi\sqrt{\frac{l_2+x}{g}}$，解得重力加速度 $g=\frac{4\pi^2(l_2-l_1)}{T_2^2-T_1^2}$。

3．答案　(1)1.12　能　0.31 m　(2)A

解析　(1)由题图丙可得，经 0.28 s 时间，摆球重力势能从零增大到最大，动能从最大减小为零，可知 $T=4\times0.28\ \text{s}=1.12\ \text{s}$，由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知，可以计算其摆长，代入数据得摆长为 $l=\frac{gT^2}{4\pi^2}=\frac{9.8\times1.12^2}{4\pi^2}\ \text{m}\approx0.31\ \text{m}$

(2)题图丙中的 C 点动能和势能相等，有 $mgH=\frac{1}{2}mv^2+mgh=2mgh$，即 $h=\frac{1}{2}H$

根据几何知识可知，该点在圆弧 AB 中点的左侧，故选 A。

4．答案　(1)T^2r　(2)kg·m²　0.17　(3)不变

解析　(1)由 $T=2\pi\sqrt{\frac{I_c+mr^2}{mgr}}$ 可得 $T^2r=\frac{4\pi^2I_c}{mg}+\frac{4\pi^2}{g}r^2$，所以题图乙中纵轴表示 T^2r。

(2)I_c 单位与 mr^2 单位一致，因为 mr^2 的国际单位为 kg·m²，所以 I_c 的国际单位为 kg·m²；结合 $T^2r=\frac{4\pi^2I_c}{mg}+\frac{4\pi^2}{g}r^2$ 和题图乙中的纵截距和斜率，解得 I_c 的值约为 0.17。

(3)重力加速度 g 的测量值是通过求斜率 $\frac{4\pi^2}{g}$ 得到的，与质量无关，所以若摆的质量测量值偏大，重力加速度 g 的测量值不变。

专题 23　机械波

1. 答案　A 解析　弹簧振子做简谐运动时，若某两个时刻位移相同，则这两个时刻的速度大小相等，方向可能相同也可能相反，故 A 错误；单摆在周期性外力作用下做受迫振动，其振动周期是由驱动力的周期决定的，与单摆的摆长无关，故 B 正确；火车鸣笛向我们驶来时，根据多普勒效应，我们听到的笛声频率将比声源发声的频率高，故 C 正确；当水波通过障碍物时，若障碍物的尺寸与波长差不多，或比波长小得多时，将发生明显的衍射现象，故 D 正确。

2. 答案　C 解析　由机械波产生的机理可知，右侧的质点重复左侧的质点的振动过程，选项 A 错误；波的传播速度由介质决定，则波速不变，选项 B 错误；由题图可知 S 点振动产生的机械波的波长逐渐减小，则根据 $f=\frac{v}{\lambda}$ 可知，振动的频率逐渐增大，选项 C 正确；由题图可知，波的传播方向与质点的振动方向垂直，选项 D 错误。

3. 答案　D 解析　根据干涉条件可知，要能最有效地降低此类噪声，则两列波在 b 处相遇时为减弱点，则有 $r_1-r_2=(2n-1)\frac{\lambda}{2}(n=1,2,3\ldots)$，由于 $0.25\ \text{m}<\frac{\lambda}{2}=0.85\ \text{m}$，该数据不满足要求，故 A 错误；由于 $0.50\ \text{m}<\frac{\lambda}{2}=0.85\ \text{m}$，该数据不满足要求，故 B 错误；由于 $0.75\ \text{m}<\frac{\lambda}{2}=0.85\ \text{m}$，该数据不满足要求，故 C 错误；由于 $0.85\ \text{m}=\frac{\lambda}{2}$，该数据满足要求，故 D 正确。

4. 答案　D 解析　由题图可知，该波的波长与周期分别为 $\lambda=0.12\ \text{m}$、$T=0.4\ \text{s}$，有 $v=\frac{\lambda}{T}=0.3\ \text{m/s}$，故 A 错误；由题图甲可知，该波的振幅 $A=10\ \text{cm}$，0～2 s 内，质点 M 运动的路程 $L=\frac{\Delta t_1}{T}\times 4A=\frac{2}{0.4}\times 4\times 0.1\ \text{m}=2\ \text{m}$，故 B 错误；由题图乙可知，在 $t=0.2\ \text{s}$ 时，质点 N 沿 y 轴正方向运动，因此该波沿 x 轴负方向传播，则 $\Delta t=\frac{\Delta x}{v}=\frac{0.12-0.075}{0.3}\ \text{s}=0.15\ \text{s}$，故 C 错误，D 正确。

5 答案　C 解析　由题图乙可知，超声波波长为 1 cm，而声波的传播速度为 340 m/s，所以超声波信号频率为 $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{340}{1\times 10^{-2}}\ \text{Hz}=34\,000\ \text{Hz}$，故 A 错误；小水珠悬浮时，受到的声波压力与小水珠的重力平衡，所以声波压力竖直向上，故 B 错误；由于 P、Q 为两个波源，可知波源振动步调相反，M 点与两个波源的波程差为 2.5 cm，即 2.5 个波长，为振动加强点，不是节点，小水珠不可以悬浮在此点附近，故 C 正确；介质中的各质点在平衡位置附近振动，而不会随波迁移，故 D 错误。

6. 答案　ABC 解析　由题图乙可知，波的周期为 $T=0.2\ \text{s}$，则频率为 $f=\frac{1}{T}=5\ \text{Hz}$，故 A 正确；由题图乙可知，波源 S_1 的起振方向沿 y 轴正方向，由题图丙可知，$t=0.25\ \text{s}$ 时波源振动

了$\frac{5}{4}$个周期而处于波峰，说明波源的起振方向沿 y 轴正方向，故 B 正确；根据题意可知，P 点到两波源的波程差为$\Delta x=PS_2-PS_1=2\ \text{m}$，由题图丙可知，波长为$\lambda=2\ \text{m}$，则 P 点到两波源的波程差为波长的整数倍，且两波源的起振方向相同，因此 P 点为振动加强点，则 P 点的振幅为 5 cm，故 C 正确；根据题意，由 $v=\frac{\lambda}{T}$可得，波速为 $v=10\ \text{m/s}$，则 S_1 和 S_2 振动传到 P 的时间分别为 $t_1=\frac{PS_1}{v}=0.7\ \text{s}$，$t_2=\frac{PS_2}{v}=0.9\ \text{s}$，由此可知，在 $t=1.25\ \text{s}$ 时，波源 S_1 在 $t=1.25\ \text{s}-t_1=0.55\ \text{s}$ 时的振动情况传到 P 点，此时波源 S_1 位于波谷；波源 S_2 在 $t=1.25\ \text{s}-t_2=0.35\ \text{s}$ 时的振动情况传到 P 点，此时波源 S_2 位于波谷，在 $t=1.25\ \text{s}$ 时 P 点为两列波的波谷叠加，P 点处于波谷，故 D 错误。

7．答案　AB 解析　波同时向两侧传播，根据对称性可知，此时 $P(-2\ \text{m},0)$、$Q(2\ \text{m},0)$两点运动方向相同，A 正确；由题图可知，N 到波的前沿的距离为 2 m，波传播到 N 的时间 $t_1=\frac{s}{v}=\frac{2}{5}\ \text{s}=0.4\ \text{s}$，由题图知波长$\lambda=2\ \text{m}$，周期为 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{2}{5}\ \text{s}=0.4\ \text{s}$，波传到 N 点所用时间为 T，波传到 N 点时，N 点向上运动，则经过 0.5 s 即 $\frac{5}{4}T$ 质点 N 刚好到达波峰位置，其坐标为(−5 m，20 cm)，B 正确；波长$\lambda=2\ \text{m}$，则障碍物的尺寸为 2 m 或比 2 m 更小，都能发生明显的衍射现象，C 错误；波的频率等于波源的振动频率，由波源的振动频率决定，D 错误。

8.答案　(1)10 m/s　(2)0.4 s　(3)20 cm

解析　(1)由波形图可知$\lambda=4\ \text{m}$，在 $t_1=0$ 时刻波刚好传到质点 P 处，质点 P 向 y 轴负方向振动，经过 $1\frac{3}{4}T$ 质点 P 刚好第二次出现波峰，则 $1\frac{3}{4}T=0.7\ \text{s}$，解得 $T=0.4\ \text{s}$

所以波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{4}{0.4}\ \text{m/s}=10\ \text{m/s}$

(2)波的传播过程也是波形的平移过程，在 $t_1=0$ 时刻 $x=3\ \text{m}$ 处是最右边的波谷，所以 $x=7\ \text{m}$ 处的质点 Q 第一次出现波谷的时刻为 $t_3=\frac{x_Q-3\ \text{m}}{v}=\frac{7-3}{10}\ \text{s}=0.4\ \text{s}$

(3)从 0 时刻到 t_3 时刻，经历了一个周期，故质点 P 经过的路程为 $s=4A=20\ \text{cm}$。

专题 24　机械波的多解问题

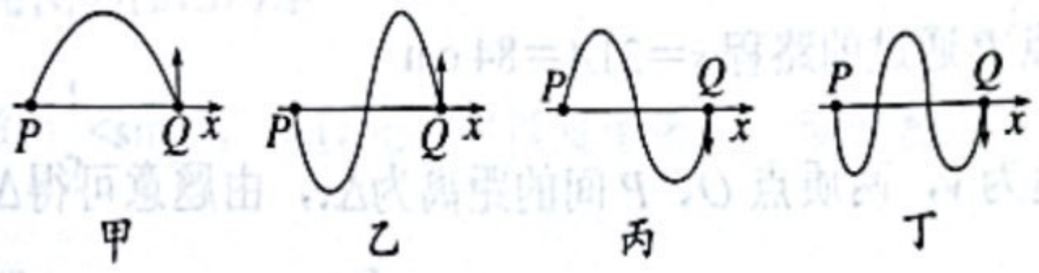
1．答案　AB 解析　$x=\lambda$处质点的振动方程为 $y=A\sin\frac{2\pi}{T}t$，则 $t=\frac{T}{2}$时刻，$y=A\sin\frac{2\pi}{T}\times\frac{T}{2}=A\sin\pi=0$，$x=\lambda$处质点偏离平衡位置的位移为零，A、B 正确，C、D 错误。

2．答案　BC 解析　该机械波沿 x 轴负方向传播，$t=0$ 时刻，质点 P 向 y 轴负方向运动，故 A 错误；由题图可知，该波的波长为 4 m，故 B 正确；时间间隔$\Delta t=(n+\frac{3}{4})T=0.6\ \text{s}(n=0,1,2,3,\ldots)$，$n=0$ 时 $T=0.8\ \text{s}$，$v=\frac{\lambda}{T}=5\ \text{m/s}$，故 C 正确；0～0.6 s 时间内，质点 P 运动的路程最小为$\frac{3}{4}\times4A$

$=0.6$ m，故 D 错误。

3．答案　BC 解析　由题图可知，波长$\lambda=8$ m，如果波向左传播，则有$\left(n+\frac{3}{4}\right)T=0.6$ s($n=0,1,2\ldots$)，只有当$n=0$时，$T_1=0.8$ s>0.6 s，此时波速为$v_1=\frac{\lambda}{T_1}=10$ m/s，如果波向右传播，则有$\left(n+\frac{1}{4}\right)T=0.6$ s($n=0,1,2\ldots$)，只有当$n=0$时$T_2=2.4$ s>0.6 s，此时波速为$v_2=\frac{\lambda}{T_2}=\frac{10}{3}$ m/s，故 A 错误，B 正确；如果波向左传播，则 2.7 s$=3\frac{3}{8}T_1$，可知$t=2.7$ s时Q点正好到达平衡位置，位移为零；如果波向右传播，则 2.7 s$=1\frac{1}{8}T_2$，可知$t=2.7$ s时Q点正好到达平衡位置，位移为零，故 C 正确。同理，$t=5.1$ s时，如果波向左传播，Q点正好到达平衡位置，位移为零；如果波向右传播，Q点正好到达平衡位置，位移为零，故 D 错误。

4.答案　ACD 解析　当质点Q此时正向上运动时，对应波形如图甲、乙所示；当质点Q此时正向下运动时，对应波形如图丙、丁所示。则图甲中，波长$\lambda=2a$，$T=\frac{\lambda}{v}$，所以$t=\frac{T}{4}=\frac{a}{2v}$；同理图乙中，$t=\frac{a}{4v}$；图丙中，$t=\frac{3a}{4v}$；图丁中，$t=\frac{a}{2v}$，所以 A、C、D 正确，B 错误。



5．答案　A 解析　若波沿x轴正向传播，则$nT+\frac{2}{3}T=0.3$ s($n=0,1,2,3$，…)，其中$n=0$时，$T=0.45$ s，$n=1$时，$T=0.18$ s且$t=0$时刻在$x=4$ m处的质点沿y轴正向振动，但是周期不可能为 0.36 s；若波沿x轴负向传播，则$nT+\frac{1}{3}T=0.3$ s($n=0,1,2$，3，…)，无论当n取何值，周期不可能等于 0.36 s 和 0.18 s，由以上分析可知，A 正确，B、C、D 错误。

6．答案　BD 解析　由题图可知，$x=0$处质点的位移为-3 cm，所以可得$\frac{1}{6}\lambda=2$ m，则$\lambda=12$ m，故 A 错误；由题图可知，若波向右传播，则$x=0$处质点先从-3 cm处向下振动到负向最大位移处，再向上振动到 1 cm 处，形成如题图虚线波形，则振动的时间最少为$\Delta t_1=\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{6}+\frac{1}{4}+\frac{1}{12}\right)T=\frac{5}{12}T$，则$\left(\frac{5}{12}+n\right)T=2$ s，解得$T=\frac{24}{5+12n}$(s)($n=0,1,2\ldots$)，当$n=0$时$T=4.8$ s。同理可得，若波向左传播，形成如题图虚线波形，则$x=0$处质点振动的时间最少为$\Delta t_2=\left(\frac{1}{6}+\frac{1}{4}+\frac{1}{6}\right)T=\frac{7}{12}T$，即$\left(\frac{7}{12}+n\right)T=2$ s，解得$T=\frac{24}{7+12n}$(s)($n=0,1,2$，…)，此时波速为$v'=\frac{\lambda}{T'}=\frac{7+12n}{2}$(m/s)($n=0,1,2$，…)，当$n=0$时，波速最小为$v'=3.5$ m/s，故 B、D 正确；由分析

知，由于波传播具有周期性，且传播具有方向性，所以 $x=0$ 的质点在 0～2 s 内的路程不能确定，故 C 错误。

7. 答案　(1)$\frac{200n+150}{3}$ m/s($n=0,1,2,3\ldots$)　(2)$y_a=5\sin\left(\frac{5\pi}{2}t+\frac{\pi}{6}\right)$ cm

解析　(1)根据同侧法可知，t 时刻 P 点沿 y 轴正方向振动，由于 $t+0.6$ s 时刻的波形图如题图虚线所示，则有 $nT+\frac{3}{4}T=0.6$ s($n=0,1,2,3\ldots$)，故周期为 $T=\frac{2.4}{4n+3}$ s($n=0,1,2,3,\ldots$)，又波的传播速度 $v=\frac{\lambda}{T}$，$\lambda=40$ m，解得 $v=\frac{200n+150}{3}$ m/s($n=0,1,2,3\ldots$)

(2)若质点振动的周期 $T>0.6$ s，根据上述有 $\frac{2.4}{4n+3}$ s>0.6 s，解得 $n<\frac{1}{4}$，即取 $n=0$，解得 $T=0.8$ s，则波传播速度为 $v=50$ m/s。由题图可知 $A=5$ cm，$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{5}{2}\pi$ rad/s，a 的初相位 $\varphi=\frac{\pi}{6}$，则从波传到 P 质点开始计时，a 质点的振动方程为 $y_a=5\sin\left(\frac{5\pi}{2}t+\frac{\pi}{6}\right)$ cm。

8. 答案　(1)84 cm　(2)60 m/s(3)$y=0.04\cos 10\pi t$ (m)

解析　(1)由于质点 P 从平衡位置开始振动，且 $\Delta t=1.05$ s$=5\frac{1}{4}T$

故在 $\Delta t=1.05$ s 内质点 P 通过的路程 $s=21A=84$ cm

(2)设该简谐波的波速为 v，两质点 O、P 间的距离为 Δx，由题意可得 $\Delta x=(n+\frac{3}{4})\lambda=9$ m($n=0,1,2,\ldots$)

所以 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{180}{4n+3}$ m/s($n=0,1,2,\ldots$)

当 $n=0$ 时，该简谐波的波速最大，最大波速为 $v_m=60$ m/s

(3)该简谐波从波源传到(12 m,0)处所用时间 $t_1=\frac{12}{12}$ s$=1$ s

再经 $t_2=t-t_1=0.05$ s

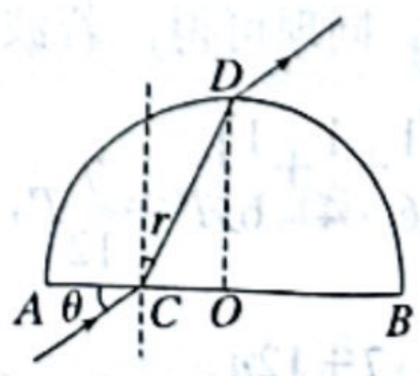
即再经过 $\frac{1}{4}T$，质点 Q 位于波峰位置，则以此时刻为计时起点，质点 Q 的振动方程为

$y=0.04\cos 10\pi t$ (m)。

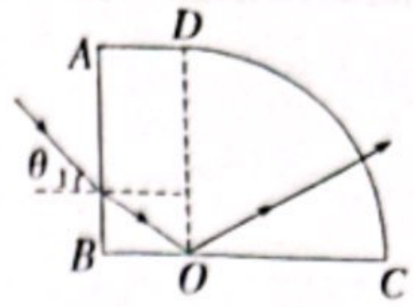
第六周物理寒假作业答案

专题 25　光的折射　全反射

1.答案　C 解析　光路图如图所示，设单色光从 C 点入射后的折射角为 r，由几何关系可知 $\sin r=\frac{\frac{R}{2}}{\sqrt{R^2+\frac{R^2}{4}}}=\frac{1}{5}$，根据折射定律可得 $n=\frac{\sin(90°-\theta)}{\sin r}=5\cos\theta$，故选 C。



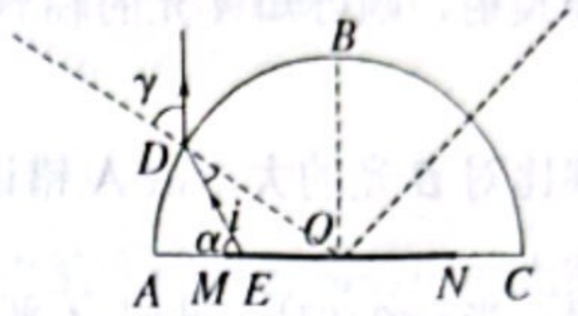
2.答案　A 解析　光线在 BC 面上恰好发生全反射，入射角等于临界角 C，有 $\sin C=\frac{1}{n}$，光线在 AB 界面上发生折射，由几何关系得折射角$\theta_2=90°-C$，由折射定律得 $n=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$，联立以上各式，代入数据解得 $n=\frac{6}{2}$，故选 A。



3. 答案　AC 解析　光路图如图甲所示

由几何关系可知光线入射到 D 点的入射角 $i=30°$，折射角 $\gamma=60°$

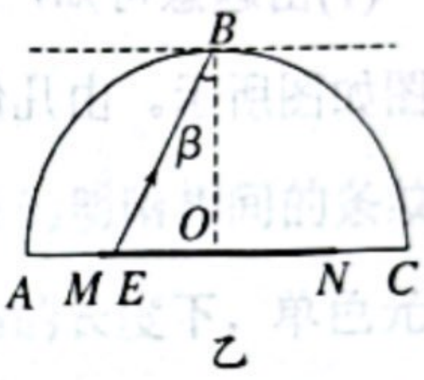
则折射率为 $n=\frac{\sin\gamma}{\sin i}=\sqrt{3}$，故 A 正确；



甲

设临界角为 C，则 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{\sqrt{3}}{3}$，从发光管上某点发出的光线与 MN 的夹角设为φ，射到球面上的入射角设为θ，该点到 O 点的距离设为 r，由正弦定理可知 $\frac{R}{\sin\varphi}=\frac{r}{\sin\theta}$，所以当$\varphi=90°$且 $r=\frac{1}{2}MN$ 时，θ最大。θ最大时有 $\sin\theta=\frac{r}{R}$，所有光线能射出时有 $\sin\theta<\sin C$，可得 MN 的半径 $r<\frac{\sqrt{3}}{3}R$，故 C 正确，D 错误；

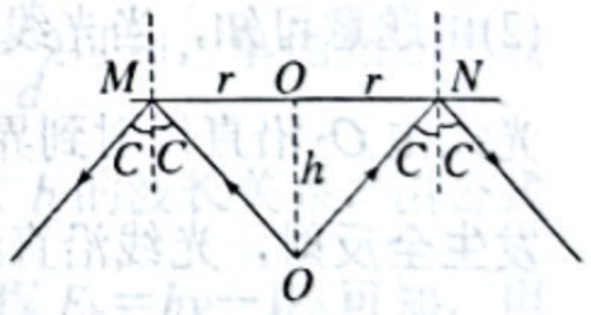
沿 EB 方向的光线光路图如图乙所示



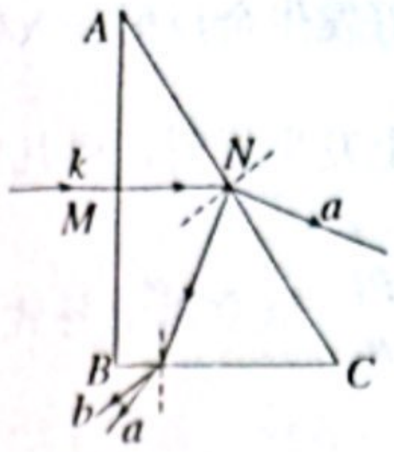
乙

由几何知识可得 $\sin\beta=\frac{1}{2}<\sin C$，所以光线可以发生折射，设折射角为$\beta'$，则有 $n=\frac{\sin\beta'}{\sin\beta}$，解得 $\sin\beta'=\frac{\sqrt{3}}{2}\neq\sin 45°$，故 B 错误。

4. 答案　C 解析　设点光源距水面的深度为 h，被光照亮的圆形区域的半径为 r，光路图如图所示：由几何关系有 $\sin C=\frac{r}{\sqrt{r^2+h^2}}$，又有 $\sin C=\frac{1}{n}$，$S=\pi r^2$，联立可得 $S=\frac{\pi h^2}{n^2-1}$，可知 $\frac{S_1}{S_2}=\frac{n_2^2-1}{n_1^2-1}$，故选 C。



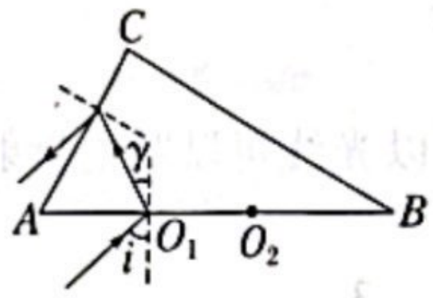
5.答案　BCD 解析　由题知 b 光在 AC 上发生了全反射，恰好发生全反射时 AC 右侧无 b 光射出，此时有 $n_0=\frac{1}{\sin i}$，由几何关系可知 $i=37°$，得出 $n_0=\frac{5}{3}$，故棱镜对 b 光的折射率大于或等于$\frac{5}{3}$，故 A 错误；k 光在 AC 上发生反射，如图，因 b 光发生全反射时 a 光没有发生全反射，所以 a 光的折射率小于 b 光，两光以相同的入射角射到界面 BC 上同一点，折射后 a 光在 b 光的右侧，故 B 正确；若 k 光经 M 点斜向下入射，当 a 光射到 AC 上入射角大于或等于其临界角时，将发生全反射，故 C 正确；由 $n=\frac{c}{v}$可知，在棱镜中 a 光的速度大于 b 光，故由 M 至 N 的过程中，a 光的传播时间小于 b 光，故 D 正确。



6.答案　D 解析　由题意可知，当$\theta=\alpha$时 A 光在 MN 发生全反射，当$\theta=\beta$时 B 光在 MN 发生全反射，则可知 A 光的临界角小于 B 光的临界角，根据 $\sin C=\frac{1}{n}$可知，玻璃砖对 A 光的折射率比对 B 光的大，故 A 错误；由 $n=\frac{c}{v}$可知，A 光在玻璃砖中传播速度比 B 光的小，故 B 错误；当$\alpha<\theta<\beta$时，此时 A 光已经发生全反射，故在 NP 区域有一个光斑，同时 B 光从 MN 下方折射出来，射到 NQ 上，则在光屏上应有 2 个光斑，故 C 错误；当$\beta<\theta<\frac{\pi}{2}$时，$A$、$B$ 两束光都发生全反射，故在光屏上只有 1 个光斑，故 D 正确。

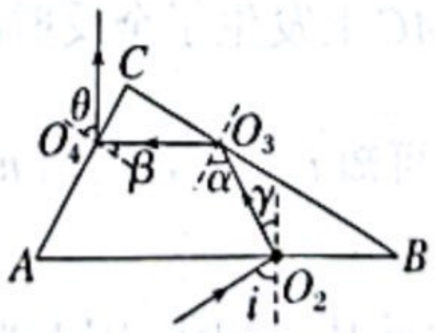
7. 答案　(1)$-\sqrt{3}$　(2)见解析图　4×10^{-10} s

解析　(1)由题意可知，当光束由 O_1 点以入射角 $i=60°$入射时，出射光线与入射光线平行，光路图如图所示。由几何关系可知



$\gamma=-30°$，由 $n=\frac{\sin i}{\sin\gamma}$可得，光学元件对该光束的折射率为 $n=\frac{\sin 60°}{\sin(-30°)}=-\sqrt{3}$

(2)由题意可知，当光线与在 AB 界面的 O_2 点以入射角 $i=60°$入射，由折射定律可得$\gamma=-30°$光线由 O_2 沿直线射到界面 BC 的 O_3 点，由几何关系可知$\alpha=60°$大于临界角，光线在 BC 界面发生全反射，光线沿直线传播至 AC 界面的 O_4 点。由几何关系及折射定律可知$\beta=30°$，$\theta=-60°$，所以光束的光路图如图所示。



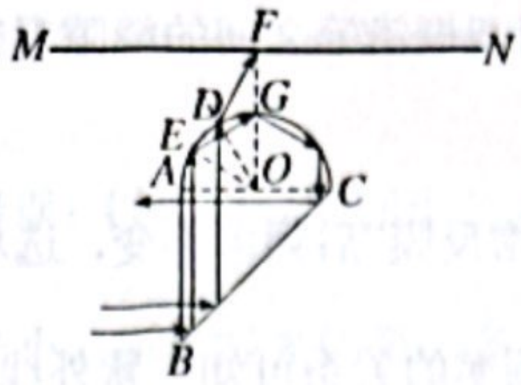
且由几何知识得 $O_2O_3=O_3O_4=\frac{1}{3}AB=\frac{2}{3}AC=2\sqrt{3}$ cm，所以光在元件中的传播时间为 $t=\frac{s}{v}=\frac{s\cdot|n|}{c}$

$=\frac{2\times2\sqrt{3}\times\sqrt{3}\times10^{-2}}{3\times10^{8}}$ s$=4\times10^{-10}$ s。

8. 答案　(1)$\sqrt{3}$　(2)$\frac{7\sqrt{3}R}{c}$

解析　(1)由于忽略非全反射光线的二次反射，因此能到达 D 点的光线只能是 BC 面上发生反

射的结果，三角形柱 ABC 为等腰直角三角形，则经反射后光线平行于 AB 边，光路图如图所示。



由几何关系得，DF 与法线 DO 夹角为 60°，经 BC 边反射后光线与 OD 夹角为 30°，由折射定律 $n=\frac{\sin 60°}{\sin 30°}$，解得 $n=\sqrt{3}$

(2)由于折射率 $n=\sqrt{3}$，可知到达 E 点的光线发生全反射。射到 E 点的光线在玻璃砖中的光路图如图所示。

由几何关系可知，其在 ABC 中的光程总长为 $4R$，而在半圆形部分的光程长为 $3R$。光在玻璃砖中的传播速度为

$v=\frac{c}{n}=\frac{c}{\sqrt{3}}$，因此在玻璃砖中的总传播时间为 $t=\frac{4R+3R}{v}=\frac{7R}{\frac{c}{\sqrt{3}}}=\frac{7\sqrt{3}R}{c}$。

专题 26　光的干涉、衍射和偏振现象

1. 答案　C 解析　该测量原理是光的干涉现象，出现了等间距且平行的明暗相间的条纹可以证明工件的表面平整，故 A 错误；由题图乙可知，在空气薄膜中相同的长度下，单色光 a、b 相邻亮条纹的关系满足 $6\Delta x_a=8\Delta x_b$，解得 $\Delta x_a:\Delta x_b=4:3$，相邻亮条纹之间空气薄膜的厚度差等于 $\frac{\lambda}{2}$，由几何关系知 $\Delta x\cdot\tan\theta=\frac{\lambda}{2}$，故单色光 a、b 的波长之比约为 4∶3；单色光 a、b 分别通过同一装置进行双缝干涉实验时，由双缝干涉条纹间距公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可知，单色光 a 形成的相邻亮条纹间距比单色光 b 大一些，故 B、D 错误；根据单色光 a、b 的波长关系，由公式 $c=\lambda f$ 可知，单色光 a 的频率小于单色光 b 的频率，根据光电效应方程 $E_k=h\nu-W_0$ 可知，用单色光 a、b 照射同种金属时，用单色光 a 照射不发生光电效应，换用单色光 b 照射可能会发生光电效应，故 C 正确。

2. 答案　D 解析　根据相邻两条亮条纹的间距计算公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，可知 $\lambda_a<\lambda_b$，故 A 错误；根据折射定律 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，a、b 光以相同的入射角由水斜射入空气，a 光的折射角比 b 光的大，则 $n_a>n_b$，根据光在介质中的传播速度与折射率的关系 $n=\frac{c}{v}$，可得在水中传播时，a 光的速度比 b 光的小，故 B 错误；在水中传播时，a 光的频率比 b 光的大，故 C 错误；根据临界角与折射率的关系 $n=\frac{1}{\sin C}$，可得在水中传播时，a 光的全反射临界角比 b 光的小，故 D 正确。

3. 答案　ACD 解析　题图甲，光导纤维利用全反射原理，所以内芯的折射率大于外套，故

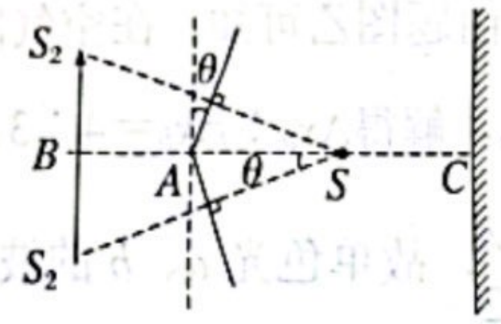
A 正确：题图乙，抽去一张纸片，即空气膜的夹角减小，根据薄膜干涉的原理可知，劈尖干涉的条纹间距变大，故 B 错误；题图丙，太阳的反射光中振动方向垂直纸面的光较强，故 C 正确；根据单缝衍射原理可知，用两根铅笔之间的缝隙观察衍射条纹，缝隙越窄，观察到的中央衍射条纹越宽，故 D 正确。

4. 答案　BD 解析　紫外线进入“增反膜”后频率不变，选项 A 错误；紫外线进入“增反膜”后的速度 $v=\frac{c}{n}$，结合波长、波速和频率的关系可知，紫外线进入“增反膜”后的波长 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{2c}{3f}$，选项 B 正确；为使从“增反膜”前后两个表面反射的光叠加后加强，两束反射光的光程差应等于紫外线在“增反膜”中波长的整数倍，选项 C 错误；两束反射光的光程差又等于“增反膜”厚度的两倍，同时为了节省材料，故“增反膜”的厚度最好为紫外线在“增反膜”中波长的 $\frac{1}{2}$，选项 D 正确。

5. 答案　B 解析　光线衍射是光线绕开障碍物的现象，而本题并非如此，A 错误；

该题图中两平面镜相当于两个完全相同的波源，反射后在光屏上发生干涉，其应满足公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$

增大频率，波长减小，则屏上条纹间距将减小，B 正确；过 S 点分别做两个两个平面镜的像，如图所示



可知 S_1S_2 相当于双缝干涉的双缝间距，设 $SA=x$，则有 $d=S_1S_2=2x\cos\theta\cdot\sin\theta\cdot2$，$l=BC=2x\cos^2\theta-x+AC$

由双缝干涉公式有 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda=\frac{2x\cos^2\theta-x+AC}{4x\cos\theta\cdot\sin\theta}=\frac{2\cos^2\theta-1}{4\cos\theta\sin\theta}+\frac{AC}{4x\cos\theta\sin\theta}$，光屏向右移动则 AC 变大，则屏上间距变大，光源向右移动则屏上间距减小，C、D 错误。

6. 答案　BC 解析　环状条纹是由凸透镜与平面玻璃所夹空气膜的上、下表面的反射光干涉形成的，故 A 错误；绿光波长比红光波长短，若仅将红光改用绿光来照射，则条纹间距将变窄，故 B 正确；若仅换用曲率半径更大的凸透镜，则空气膜从内到外厚度的变化变缓，条纹间距变宽，故 C 正确；白光是复色光，若仅用白光照射，看到的是彩色的环状条纹，故 D 错误。

7. 答案　A 解析　根据 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可知只增大两个狭缝间的距离 d，相邻亮条纹间距离 Δx 将减小，A 正确；由题图乙可知，上图的衍射现象比下图更明显，可知在狭缝宽度相同情况下，下图对应的光波长较短，B 错误；由题图丙可知，条纹向空气薄膜较厚处发生弯曲，说明弯曲处的光程差变短，空气薄膜间距变小，则被检测的平面在此处是凸起的，C 错误；只有横

波才能产生偏振现象，因此偏振现象表明光波是横波，D 错误。

8. 答案　C 解析　海市蜃楼是因为海面上层空气的折射率比下层空气的折射率要小，从而发生全反射形成的，故 A 错误；由题图乙可知 a 光的折射率较大，由 $v=\frac{c}{n}$ 可得在三棱镜中 a 光的波速比 b 光的波速小，故 B 错误；根据条纹的间距公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 知，绿光的波长比红光短，所以绿光的相邻亮条纹间距比红光小，所以绿光的第一条亮条纹到 O 点的距离变小，所以 P 点会下移，故 C 正确；自然光穿过偏振片 P 后，转动 P，光屏上亮度不变，故 D 错误。

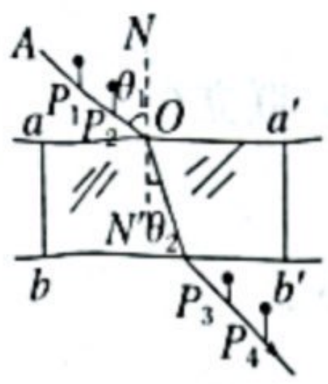
专题 26　实验：测量玻璃的折射率

1. 答案　B 解析　根据折射定律 $n=\frac{\sin\ 90°-\alpha}{\sin\ 90-\theta}=\frac{\cos\alpha}{\cos\theta}$，故 $\cos\theta=\frac{1}{n}\cdot\cos\alpha$，故图像中，可能正确的是 B 选项。

2. 答案　(1)C　(2)见解析图　(3)1.49　(4)偏小(5)C

解析　(1)确定 P_3 位置的方法正确的是：透过玻璃砖观察，使 P_3 挡住 P_1、P_2 的像，故选 C；

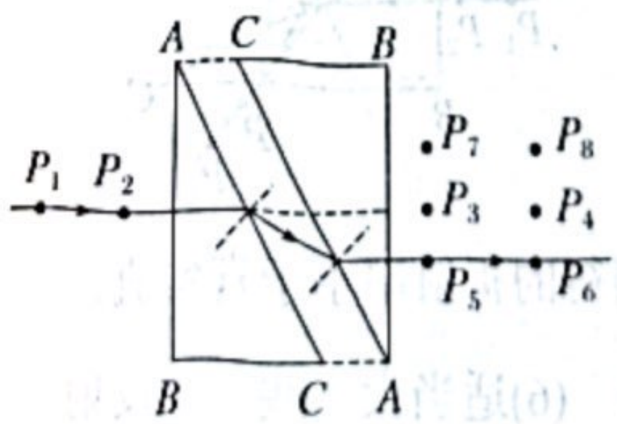
(2)光路图如图所示；



(3)根据 $n=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ 可知，$\sin\theta_1-\sin\theta_2$ 图像的斜率等于折射率，由图像可知玻璃砖的折射率为 $n\approx1.49$；

(4)若该同学在确定 P_4 位置时，被旁边同学碰了一下，不小心把 P_4 位置画的偏左了一些，则 P_4P_3 的连线与 bb' 的交点偏右，测得的折射角 θ_2 偏大，则根据 $n=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ 可知，测出来的折射率偏小；

(5)光路图如图所示



根据光路图可知，经过 P_1P_2 的光线经两块玻璃砖的分界处向下偏转，然后射入右侧玻璃砖后平行射出，所以在图中右边的大头针应该是 P_5、P_6；故选 C。

3. 答案　(1)AC　(2) 3　经过 P_1'、P_2' 的光线在界面 MN 处发生全反射

解析　(1)入射光线是通过隔着玻璃砖观察成一条直线确定的，大头针间的距离太小，引起的角度误差会较大，故 P_1、P_2 及 P_3、P_4 之间的距离适当大些，可以提高准确度，故 A 正确，B

错误；入射角θ尽量大些，折射角也会大些，折射现象较明显，角度的相对误差会减小，故C正确，D错误。

(2)由题图知，沿P_1、P_2的光线入射角为$\theta=30°$，折射角为$r=60°$，则该玻璃砖的折射率$n=\frac{\sin r}{\sin\theta}=\frac{\sin 60°}{\sin 30°}=\sqrt{3}$。把大头针插在$P_1'$、$P_2'$位置时，沿着$P_4$、$P_3$的方向看不到大头针的像，其原因是经过$P_1'$、$P_2'$的光线在界面$MN$处发生全反射。

4. 答案　(4)$\angle OAC$　$\angle OBC$或$\angle OB'C$(5)AC　BC或AB(6)$\sqrt{\frac{d^2+AC^2}{d^2+\left(AB-AC\right)^2}}$或$\sqrt{\frac{d^2+AC^2}{d^2+BC^2}}$

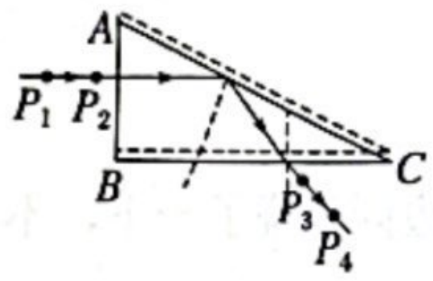
解析　(4)从A点发出的光线折射后进入眼睛，所以$\angle OAC$等于入射角，$\angle OBC$(或$\angle OB'C$)等于折射角。

(5)若水面恰与直尺C点相平，读出AC和BC(或BC)的长度。

(6)设从A点发出的光线射到水面时入射角为i，折射角为r，根据数学知识得$\sin i=\frac{d}{\sqrt{d^2+AC^2}}$，$\sin r=\frac{d}{\sqrt{d^2+BC^2}}$，则折射率为$n=\frac{\sin r}{\sin i}$，联立得$n=\sqrt{\frac{d^2+AC^2}{d^2+BC^2}}$(或$\sqrt{\frac{d^2+AC^2}{d^2+\left(AB-AC\right)^2}}$)。

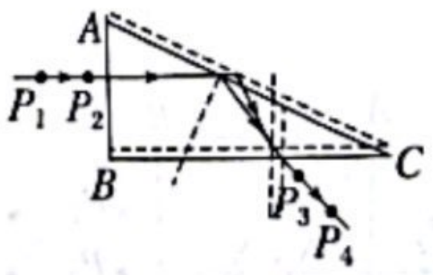
5. 答案　(1)见解析图　(2)$\frac{\cos\beta}{\cos\alpha}$　(3)小于

解析　(1)根据实验原理，由折射定律和反射定律，画出光路图，如图所示



(2)根据题意，由折射定律可得，折射率为$n=\frac{\cos\beta}{\cos\alpha}$

(3)若实验中三棱镜的位置发生了微小的平移，实际光路图如图所示



由图可知，测量的α角偏小，则测得的折射率小于真实值。

6. 答案　(4)30.0°　38.0°　(5)1.5　(6)适当大一些　全反射　太大

解析　(4)量角器的分度值为1°，需要估读到分度值的下一位，故示数分别为30.0°、38.0°。

(5)由光的折射定律可知，折射率$n=\frac{\sin r}{\sin i}=\frac{0.9}{0.6}=1.5$

(6)为了减小入射角和折射角测量的相对误差，实验中激光在O点入射时应尽量使入射角适当大一些，但考虑到入射光在半圆柱体的直线边界可能发生全反射现象，故入射角不能太大。

7. 答案　(2)③2.25　(3)$\frac{d_2}{d_1}$　1.51　(4)稍小一些

解析　(2)③刻度尺的最小分度为0.1 cm，由题图可知，d_1为2.25 cm；

(3)玻璃砖折射率的表达式

$$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\frac{fM}{PM}}{\frac{fM}{OM}}=\frac{OM}{PM}=\frac{d_2}{d_1}$$带入数据可知$n=\frac{3.40}{2.25}=1.51$

(4)相对误差的计算式为$\delta=\frac{\text{测量值}-\text{真实值}}{\text{真实值}}\times100\%$，为了减小$d_1$、$d_2$测量的相对误差，实验中$d_1$、$d_2$要尽量大一些，即激光在$M$点入射时应尽量使入射角稍小一些。

专题27　实验：用双缝干涉测量光的波长

1. 答案　D 解析　单缝的作用是产生线光源，双缝的作用是产生相干光源，单缝和双缝之间的方向关系是平行，故A、B错误；由题图c游标卡尺的示数为1.6 cm+7×0.1 mm=16.7 mm，故C错误；题图c游标卡尺的读数为11 mm+5×0.1 mm=11.5 mm，则相邻亮条纹间距为$\Delta x=\frac{16.7-11.5}{4}$ mm≈1.3 mm，由公式$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$可得，单色光波长为$\lambda=\frac{\Delta x\cdot d}{l}\approx6.5\times10^{-7}$ m，故D正确。

2. 答案　(1)B　(2)B

解析　(1)拨杆的作用是调整单缝的位置，使之与双缝平行，方法是手持拨杆的C端，左右拨动来调节Y形叉套住的单缝，故A、C错误，B正确。

(2) 若想增加从目镜中观察到的条纹个数，应减小干涉条纹间距，根据$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$可知，可增大双缝间距或减小双缝到屏的距离，故B正确，A、C、D错误。

3. 答案　(1)C　(2)4.943　(3)大于

解析　(1)光通过单缝后需形成线光源，因此h必须比较小；根据$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，双缝与屏的距离$l$越大，双缝间距$d$越小，干涉条纹间距越大，条纹越清晰。故选C。

(2)手轮上分度值为0.01 mm，故读数为4.5 mm+44.3×0.01 mm=4.943 mm

(3)条纹与分划板中心刻线不平行时，实际值$\Delta x_{实}=\Delta x_{测}\cos\theta$，$\theta$为条纹与分划板中心刻线间的夹角，故$\Delta x_{实}<\Delta x_{测}$，由$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$得波长的测量值大于实际值。

4. 答案　(1)A　(2)C　(3)D

解析　(1)为了便于测量，要使条纹亮度增加，即使得单位时间内的光子数目增多。增加光源的功率，则单位时间内的光子数目增多，故A正确；将毛玻璃换成透明玻璃，不会看到亮条纹，故B错误；调节测量头的位置，亮度不变，故C错误。

(2)干涉条纹的宽度是指一个亮条纹与一个暗条纹的宽度的和，为两个相邻的亮条纹(或暗条纹)的中心之间的距离，故C正确。

(3)由题图可知，第一次得到的条纹间距较小，根据$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$可知：单缝与双缝的间距对条纹间距无影响，选项 A 错误；光强度对条纹间距无影响，选项 B 错误；光源到双缝的距离对条纹间距无影响，选项 C 错误；双缝到光传感器的距离 l 较小，则条纹间距较小，选项 D 正确。

5. 答案　(1)D　E　B　(2)D　(3)螺旋测微器　(4)B

解析　(1)为了获取单色光的线光源，光源后面应放置滤光片、单缝，单缝形成的线光源经过双缝产生干涉现象，在光屏上可以观察到干涉条纹，因此由右至左，各光学元件排列顺序应为白光光源 C、滤光片 D、单缝 E、双缝 B、毛玻璃屏 A、故为 C、D、E、B、A；

(2)发现亮条纹与分划板中心刻线未对齐，若要使两者对齐，该同学应调节测量头，故选 D。

(3)螺旋测微器读数精确到 0.01 mm，用测量头得到某次读数为 $x=1.310$ mm，因此此读数，应该是使用的螺旋测微器得到的；

(4)依据双缝干涉条纹间距$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$可知，要使$\Delta x$ 增大，可以增大 l，减小 d，也可以增大λ，与单缝和双缝间距及光的强度无关，故选 B。

6.答案　(1)0.35　$\frac{dx}{5L}$　4.8×10^{-7}　(2)D

解析　(1)题图丙中游标卡尺的最小分度值为 0.05 mm，主尺示数为 0，游标尺的第 6 刻度线与主尺刻度线对齐，则示数为 $0+6\times0.05$ mm$=0.30$ mm，A、B 条纹间的距离为 5 倍相邻亮(暗)条纹间的距离，故$\Delta x=\frac{x}{5}$

根据$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，得$\lambda=\frac{dx}{5L}$，代入数据可得$\lambda=4.8\times10^{-7}$ m

(2)该同学对实验装置调节后，在像屏上仍能观察到清晰的条纹，且条纹数目有所增加，可知相邻亮(暗)条纹间的距离减小，由公式$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$可知，该调节可能是更换波长更短的光做实验，可将红色滤光片换成绿色滤光片，其他调节都达不到该实验效果，故选 D。

扫描全能王
3亿人都在用的扫描App