A01

浙江省2024年6月普通高等学校招生选考科目考试

1. A 矢量,要求既有大小又有方向,且运算法则为平行四边形定则,位移是矢量,A正确;时间和热量均只有大小没有方向,均是标量,B、D错误;电流既有大小又有方向,但运算法则是算术运算法则,是标量,C错误.

2. D 蝴蝶在飞行过程中受到的力除了重力外,还有空气对它的作用力,A错误;蝴蝶转弯时做曲线运动,所受合力指向轨迹凹侧,B错误;小猫离开地面后由于惯性会继续运动,此时不受地面弹力的作用,C错误;小猫蹬地跃起的过程中,产生斜向上的加速度a,设加速度a的竖直分量为a_y,根据牛顿第二定律可得$N-mg=ma_y$,解得地面弹力$N=mg+ma_y>mg$,D正确.

知识拓展 设加速度a的水平分量为a_x,根据牛顿第二定律可得地面的静摩擦力$f=ma_x$,实际上地面的支持力、静摩擦力都是变力,求解小猫蹬地跃起的过程常用竖直方向动量定理和水平方向动量定理.严格地说,小猫蹬地跃起的过程是不能看成质点的,应该看成质点组.

3. B 光在介质中的速度为$v=\frac{c}{n}$,即激光在水中的传播速度小于在空气中的传播速度,A错误;水流导光的原理为光在水中发生了全反射,即光束射到水与空气分界面时入射角大于全反射临界角,B正确;水流做抛体运动,水在空中只受到重力作用,加速度恒定,做匀变速曲线运动,速度不断增大,C错误;水流做抛体运动,在水平方向做匀速直线运动,D错误.

4. A 根据质量数和电荷数守恒,可知X为${}^{12}_{6}\mathrm{C}$,Y为${}^{4}_{2}\mathrm{He}$,A正确,B错误;中子的质量数为1,C错误;核衰变的过程一定会发生质量亏损和释放能量,D错误.

5. C 设Δt时间内从喷头流出的水的质量为$m=\rho Sv\Delta t$,喷头喷水的功率等于Δt时间内喷出的水的动能增加量,即$P=\frac{W}{\Delta t}=\frac{\frac{1}{2}mv^2}{\Delta t}$,联立解得$P=100\ \mathrm{W}$,C正确.

一题多解 以Δt时间内喷出的水为研究对象,根据动量定理可得$F\Delta t=\Delta m\cdot v-0$,解得$F=\frac{\Delta m}{\Delta t}\cdot v=\frac{\rho Sv\Delta t}{\Delta t}\cdot v=\rho Sv^2$,该喷头喷水的功率$P=F\bar{v}=\rho Sv^2\cdot\frac{0+v}{2}=\frac{1}{2}\rho Sv^3=100\ \mathrm{W}$.

6. D 根据电容的决定式$C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$,可知当极板间距增大时电容减小,又由于电容器的电荷量不变,根据$Q=CU$,可知极板间即电势差增大,A、B错误;根据$E=\frac{U}{d}$、$U=\frac{Q}{C}$、$C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$,联立得$E=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon S}$,可知场强不变,C错误;移动极板的过程中要克服电场力做功,电势能增大,即电容器储存能量增大,D正确.

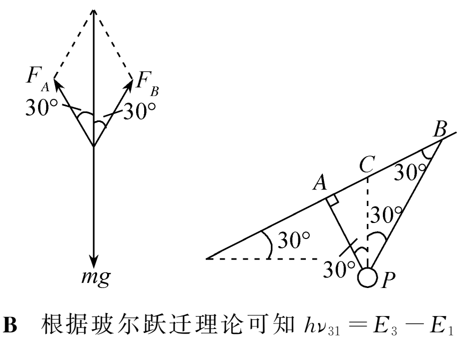
知识拓展 本题仪器为静电计也称电势差计,其指针张角增大,即说明极板间电势差增大.

另外,实际上,两板间距离增大,极板的带电荷量将发生微小变化;本题属于两个电容器并联,一个电容器是平行板电容器C_1,另一个是验电器电容器C_2,当两板间距离增大时C_1减小,并联的总电容$C=C_1+C_2$减小,并联电压$U=\frac{Q}{C}$增大,由并联关系可知$U_1=U_2=U$,由$Q_2=C_2U_2$可得,验电器带电荷量增大,由$Q_1=Q-Q_2$可得,平行板电容器带电荷量减小.

7. A 容抗$X_C=\frac{1}{2\pi fC}$,电容增大,容抗减小,则电容对交流电的阻碍作用减小,L_1灯泡变亮,A正确;感抗$X_L=2\pi fL$,频率f增大,感抗增大,则电感的阻碍作用增大,L_2灯泡变暗,B错误;光敏电阻上的光照增强,阻值减小,由于各支路电压不变,则流过L_3灯泡电流增大,变亮,C错误;S接到b时,根据$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$,可知$U_2=\frac{U_1n_2}{n_1}$,即$n_1$减小时,副线圈电压$U_2$增大,则三个灯泡均变亮,D错误.

8. D 根据开普勒第二定律,可知小行星甲在远日点的速度小于近日点的速度,A错误;因为小行星乙的公转轨道"内切"地球公转轨道,小行星乙在远日点到太阳的距离与地球到太阳的距离相等,根据$\frac{GMm}{R^2}=ma$可知,小行星乙在远日点的加速度等于地球公转加速度,B错误;小行星甲与乙的半长轴分别为$\frac{R_1+R}{2}$和$\frac{R_2+R}{2}$,根据开普勒第三定律,小行星甲与乙的运行周期之比$\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{\frac{\left(\frac{R_1+R}{2}\right)^3}{\left(\frac{R_2+R}{2}\right)^3}}=\sqrt{\frac{(R_1+R)^3}{(R_2+R)^3}}$,C错误;甲、乙两小行星从远日点到近日点的时间均为半个周期,则时间之比即为周期之比$\frac{t_1}{t_2}=\frac{\frac{T_1}{2}}{\frac{T_2}{2}}=\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{\frac{(R_1+R)^3}{(R_2+R)^3}}$,D正确.

9. B 根据单摆的周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$,可知周期与摆角无关,A错误;因为是用不可伸长的光滑细线穿过小铁球,则同一根绳中A端拉力等于B端拉力,平衡时对小球受力分析如图,可得$2F_A\cos 30^\circ=mg$,解得$F_A=F_B=\frac{mg}{2\cos 30^\circ}=\frac{\sqrt{3}}{3}$ N,C、D错误;根据几何知识可知$PC=\frac{BA\tan 30^\circ}{\cos 30^\circ}$,即摆长为$L=\frac{1.5\times\tan 30^\circ}{\cos 30^\circ}$ m$=1$ m,故周期为$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\approx 2$ s,B正确.



10. B 根据玻尔跃迁理论可知$h\nu_{31}=E_3-E_1$,则频率为ν_{31}的光其动量为$p=\frac{h}{\lambda}=\frac{h\nu_{31}}{c}=\frac{E_3-E_1}{c}$,A错误;频率为$\nu_{31}$和$\nu_{21}$的两种光分别射入同一光电效应装置,均产生光电子,其最大初动能分别为$E_{\mathrm{km1}}=h\nu_{31}-W_{逸出功}$,$E_{\mathrm{km2}}=h\nu_{21}-W_{逸出功}$,则最大初动能之差为$\Delta E_{\mathrm{km}}=h\nu_{31}-h\nu_{21}=h\nu_{32}$,B正确;频率为$\nu_{31}$和$\nu_{21}$的两种光分别射入双缝间距为$d$,双缝到屏的距离为$L$的干涉装置,根据条纹间距公式$\Delta x=\frac{L}{d}\lambda=\frac{Lc}{d\nu}$,则产生的干涉条纹间距之差为$\Delta s=\frac{Lc}{d\nu_{31}}-\frac{Lc}{d\nu_{21}}=\frac{Lc}{d}\left(\frac{1}{\nu_{31}}-\frac{1}{\nu_{21}}\right)\neq\frac{Lc}{d\nu_{32}}$,C错误;因为入射的是光子,所以跃迁时氢原子吸收的能量必为两能级的差值,若原

子从 $n=3$ 跃迁至 $n=4$ 能级，则 $E_4-E_3=h\nu'_{34}$，可得入射光的频率 $\nu'_{34}=\dfrac{E_4-E_3}{h}$，D 错误.

规律方法　两类能级跃迁

(1) 自发跃迁：由高能级跃迁到低能级，释放能量，发出光子. 光子的频率 $\nu=\dfrac{\Delta E}{h}=\dfrac{E_{高}-E_{低}}{h}$.

(2) 受激跃迁：由低能级跃迁到高能级，吸收能量.

①光照（吸收光子）：光子的能量必须恰好等于能级差，$h\nu=\Delta E$.

②碰撞、加热等：只要入射粒子能量大于或等于能级差即可，$E_{外}\geqslant\Delta E$.

③大于电离能的光子被吸收，将原子电离.

11. B　根据振动图像可知，$t=4$ s 时开始出现波形，说明两列波中有一列波传播到了 M 点，又 $t=7$ s 时波形开始改变，说明另一列波传播到 M 点，而且振幅变小，说明两列波发生干涉且 M 点为减弱点，C 错误. 由 $t=4.5$ s 和 $t=7.5$ s 时的位移知，第一列波的振幅为 3 cm，两波干涉后振幅为 1 cm，则第二列波的振幅为 $A_2=3\ \text{cm}-1\ \text{cm}=2\ \text{cm}$，D 错误. 根据图像可知，$t=4$ s 时 M 点开始向上振动，故第一列波起振方向向上，$t=7$ s 时第一列波使 M 点向下振动，之后振幅减小，振动减弱，可知第二列波使 M 点向上振动，即第二列起振方向也向上，两列波的起振方向均沿 x 正方向，B 正确. 因为 S_1、S_2 到 M 的距离之差为 6 m，由图可知两列波传到 M 点的时间差为 3 s，根据 $v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$，可得波速 $v=\dfrac{6}{3}$ m/s=2 m/s，则波长为 $\lambda=vT=4$ m，A 错误.

一题多解　本题波长的分析，还可以如下思考：

由图可知，两列波传到 M 点的时间间隔为 $\Delta t=\dfrac{3}{2}T$，可得 $\dfrac{3}{2}\lambda=6\ \text{m}$，$\lambda=4$ m.

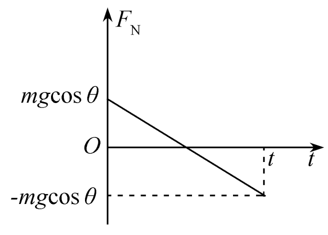
12. C　根据等量异种点电荷的电场线特点可知，圆环所在平面为等势面，匀强电场方向竖直向上，A 点电势低于 C 点电势，则小球从 A 到 C 的过程电势增加，电势能增加，A 错误；若场强满足 $Eq=mg$，小球运动时受到的合力来自 M、N 点固定的两个等量异种点电荷，即向心力大小不变，可沿圆环做匀速圆周运动，B 错误；小球运动到 B 点时的加速度分为切向和法向两个相互垂直的分加速度，根据牛顿第二定律有 $mg-Eq=ma_2$，可得小球的切向加速度 a_2，再根据动能定理有 $(mg-Eq)R=\dfrac{1}{2}mv_B^2-\dfrac{1}{2}mv_0^2$ 可求出小球到 B 点时的速度 v_B，又 $a_1=\dfrac{v_B^2}{R}$ 可得小球的向心加速度，矢量合成可得 B 点的加速度为 $a=\sqrt{a_1^2+a_2^2}$，C 正确；小球在 D 点受到竖直向下的重力 mg、竖直向上的电场力 Eq，两个等量异种点电荷电场力的水平合力 F_1、圆环的作用力 F_2，小球在 D 点时受到圆环的作用力 F_2 有两个分力，一个是指向圆心的向心力，另一个是与两点电荷施加的水平合力 F_1 等值反向的弹力，这两个分力互相垂直，D 错误.

13. C　线框不动，磁感应强度均匀增大时，产生的感应电动势为 $E=\dfrac{\Delta B}{\Delta t}S=0.1$ V，线框发热功率 $P=\dfrac{E^2}{R}=0.25$ W；若磁感应强度恒为 0.2 T，线圈以角速度 ω 绕其中心轴 OO' 匀速转动时，产生正弦式交变电流，电动势的最大值为 $E_m=BS\omega=0.2\omega$ (V)，线框发热功率 $2P=\dfrac{\left(\dfrac{E_m}{\sqrt{2}}\right)^2}{R}=0.5$ W，联立解得 $\omega=1$ rad/s，又当线框平面与磁场方向平行时感应电流最大 $I_m=\dfrac{BS\omega}{R}=5$ A，此时 ab 边所受安培力最大 $F_{m安}=BI_mL=1$ N，C 正确.

一题多解　由 $2P=\left(\dfrac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2R$ 解得交变电流的有效值 $I_m=5$ A，则 ab 边所受安培力最大 $F_{m安}=BI_mL=1$ N.

14. AB　中子呈电中性，而且中子结合成整体靠弱相互作用，即内部有复杂结构，A 正确；根据爱因斯坦相对论的光速不变原理可知，真空中的光速在不同的惯性参考系中大小都相同，B 正确；根据 $f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 可知，增加接收电路的线圈匝数，可减小振荡电路的固有频率，接收信号时发生电谐振，即电路可接收较低频率的电台信号，C 错误；分子间作用力从斥力变为引力的过程中，即分子距离从小于 r_0 到大于 r_0 的过程，分子力先做正功后做负功，则分子势能先减小后增大，D 错误.

15. CD　小球沿细杆向上运动的过程中，受重力、弹力、洛伦兹力，在垂直细杆的方向合力为零，沿杆方向只有重力沿杆向下的分力，因此小球沿杆做匀减速运动. 根据动量定理有 $I=0-mv_0=-mv_0$，即合力冲量大小为 mv_0，A 错误；小球上滑的时间为 $t=\dfrac{v_0}{g\sin\theta}$，则重力的冲量大小为 $I_0=mgt=\dfrac{mv_0}{\sin\theta}$，B 错误；小球所受洛伦兹力为 $Bqv=Bq(v_0-at)=-Bqat+Bqv_0$，其中 $a=\sin\theta$，洛伦兹力随时间线性变化，故洛伦兹力冲量大小为 $I_{洛}=q\cdot\dfrac{v_0}{2}\cdot Bt=q\cdot\dfrac{v_0}{2}\cdot B\cdot\dfrac{v_0}{g\sin\theta}=\dfrac{qBv_0^2}{2g\sin\theta}$，C 正确；若 $v_0=\dfrac{2mg\cos\theta}{qB}$，$t=0$ 时刻小球所受洛伦兹力为 $Bqv_0=2mg\cos\theta$，小球在垂直细杆方向所受合力为零，可得 $Bqv=mg\cos\theta+F_N$，即 $F_N=Bqv-mg\cos\theta=Bq(v_0-at)-mg\cos\theta=mg\cos\theta-Bqtg\sin\theta$，$t=\dfrac{v_0}{g\sin\theta}$ 时，$F_N=mg\cos\theta-Bq(g\sin\theta)t=mg\cos\theta-Bq(g\sin\theta)\dfrac{v_0}{g\sin\theta}=mg\cos\theta-Bqv_0=mg\cos\theta-\dfrac{Bq2mg\cos\theta}{qB}=-mg\cos\theta$，则小球在整个减速过程的 F_N-t 图像如图所示，图线与横轴围成的面积表示冲量，可得弹力的冲量为零，D 正确.



16-Ⅰ.（每空 1 分）(1)B　(2)3.34　(3)不能　B

解析：(1)“验证机械能守恒定律”实验中，为减小阻力对实验的影响，且获得更多的数据，应手捏纸带上端将纸带拉直处于竖直方向，重物从靠近打点计时器处释放，只有图 B 正确.

(2) 相邻两点的时间间隔 $T=\dfrac{1}{f}=0.02$ s，根据匀变速直线运动推论：中间时刻的瞬时速度等于该过程平均速度，可得打点“13”时重锤下落的瞬时速度等于“点 12～点 14”段的平均速度，即 $v_{13}=\dfrac{0.6069-0.4733}{2\times0.02}$ m/s=3.34 m/s.

(3) 计算重力势能时应用当地的重力加速度计算，用纸带的

数据求出的重力加速度实际上是用逐差法求出的纸带运动的加速度 a，说明已将纸带的运动视为匀变速直线运动，则肯定满足 $v_{13}^2-v_1^2=2a(x_{13}-x_1)$，由此得出的变形式 $\frac{1}{2}m(v_{13}^2-v_1^2)=ma(x_{13}-x_1)$ 无需验证，即不能验证机械能守恒定律，A 错误，B 正确. 正确的方法是计算重力势能的减少量时要用当地的重力加速度，这是由于阻力的作用，利用纸带求得的加速度小于当地的重力加速度.

16-Ⅱ.（每空 1 分）(1) ×1 k　负极　(2) a　d　45.0

(3) 非线性　1.9～2.5

解析：(1) 指针未偏转，说明可能电阻过大或断路，应换用"×1 k"档继续实验；更换二极管极性后，发现指针偏转，根据"红进黑出"原则(欧姆表黑表笔对应内部电源正极)及二极管的单向导电性，可知此时红表笔接二极管的负极.

(2) 实现电压可从零开始调节，滑动变阻器采用分压式接法，P 应连接 a；根据图甲可知，电压表选取 0～3 V 量程，故 Q 接 d；多用电表量程为 50 mA，分度值为 1 mA，需要估读到 0.1 mA，故电表的读数为 4×10 mA+5×1 mA+0×0.1 mA=45.0 mA.

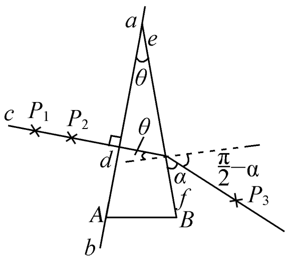
(3) 根据图丙可知 I 随 U 非线性变化，故说明该二极管是非线性元件，根据图像可知正常发光时，即有电流通过时电压在 1.9～2.5 V 范围.

16-Ⅲ.（每空 1 分）③P_1 和 P_2　④不需要　⑤$\frac{\cos\alpha}{\sin\theta}$

解析：③要求 P_1 和 P_2 在一条光线上，该光线透过玻璃砖后过 P_3，故 P_3 要能挡住 P_1 和 P_2 的虚像；

④如图所示，cd 与 ab 垂直，则过 P_1 和 P_2 的光线与 ab 垂直，光垂直入射时传播方向不变，可确定 ef 边上的出射点，此时只需要找到折射光线上的一点即可确定出射光线，不需要插第四枚大头针；

⑤如图所示，根据几何关系可知，入射角为 θ，折射角为 $\frac{\pi}{2}-\alpha$，故由折射定律有 $n=\frac{\sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)}{\sin\theta}=\frac{\cos\alpha}{\sin\theta}$.



17. (1) 温度升高后，活塞缓慢上升，受力不变，被封闭气体压强始终满足 $p=p_0+\frac{mg}{S}$，做等压膨胀，即在此过程中器壁单位面积所受气体分子的平均作用力不变，由于气体体积变大，所以气体分子的数密度变小.　（2 分）

(2) 气体发生等压变化，根据盖-吕萨克定律有

$\frac{V_0-V+l_1S}{T_1}=\frac{V_0-V+l_2S}{T_2}$，　（2 分）

解得 $V=4\times10^{-5}\ \text{m}^3$.　（1 分）

(3) 整个过程中外界对气体做的功为

$W=-p_1S(l_2-l_1)$，　（1 分）

对活塞受力分析，由平衡条件有 $p_1S=mg+p_0S$，

解得 $W=-4.1$ J.

根据热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$，其中 $\Delta U=10.3$ J，（1 分）

解得 $Q=14.4$ J，　（1 分）

故气体吸收的热量为 14.4 J.

18. (1) 滑块恰好能通过圆形轨道最高点 C 时有

$mg=\frac{mv_C^2}{R}$，　（1 分）

从滑块离开弹簧到 C 过程，根据动能定理有

$-2mgR=\frac{1}{2}mv_C^2-\frac{1}{2}mv_0^2$，　（1 分）

解得 $v_0=5$ m/s.　（1 分）

(2) 平板加速至与滑块共速过程，根据动量守恒定律有

$mv_0=(m+M)v$，　（1 分）

由能量守恒定律有

$\Delta E=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(m+M)v^2$，　（1 分）

解得 $\Delta E=\frac{5}{8}$ J.　（1 分）

(3) 滑块滑上平板，运动到平板最右端恰好不滑下，之后与平板一起匀减速运动到 H 点时，滑块离开弹簧时的速度最大，滑块滑上平板后做匀减速运动，设滑块的加速度大小为 a，根据牛顿第二定律可得

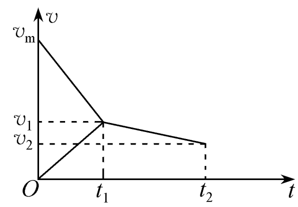
$\mu_1mg=ma_1$，解得 $a_1=\mu_1g=6\ \text{m/s}^2$.　（1 分）

平板做匀加速运动，设平板的加速度大小为 a_2，根据牛顿第二定律可得

$\mu_1mg-\mu_2(m+M)g=Ma_2$，　（1 分）

解得 $a_2=4\ \text{m/s}^2$，

滑块与平板共速后一起做匀减速运动，滑块与平板运动的 $v-t$ 图像如图所示.



由 $v-t$ 图像可知 $a_2t_1=v_m-a_1t_1$，解得 $t_1=\frac{v_m}{a_1+a_2}$.

共速时，滑块恰好运动到平板的最右端对应滑块的最大速度，$v-t$ 图像中的三角形面积为滑块相对平板的位移，由图可得

$\frac{1}{2}v_mt_1=L$，把 t_1 代入得 $\frac{1}{2}v_m\frac{v_m}{a_1+a_2}=L$，

解得 $v_m=\sqrt{2(a_1+a_2)L}=6$ m/s，　（1 分）

验证 $t_1=\frac{v_m}{a_1+a_2}=0.6$ s，$v_共=a_2t_1=2.4$ m/s，

从滑块滑上平板到两者共速，滑块的位移

$s_1=\frac{v_m+v_共}{2}t_1=\frac{6+2.4}{2}\times0.6\ \text{m}=2.52$ m.

此时滑块离 HG 的距离为 $s'=4.4\ \text{m}-2.52\ \text{m}=1.88$ m.

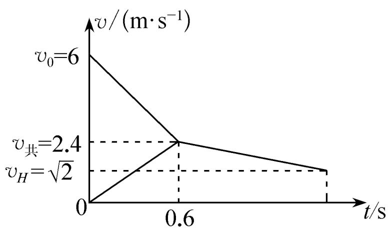
此后两者一起做匀减速运动，根据运动学公式可得

$v_H^2-v_共^2=-2\mu_2gs'$，解得 $v_H=\sqrt{2}$ m/s，　（1 分）

即滑块能运动到 HG，共同减速的时间

$\Delta t=\frac{v_共-v_H}{\mu_2g}=\frac{2.4-\sqrt{2}}{0.1\times10}\ \text{s}=(2.4-\sqrt{2})\ \text{s}$，　（1 分）

$v-t$ 图像如图所示.



一题多解 第(3)也可以假设法求解：

若 $\mu_2=0.1$，平板与滑块相互作用过程中，加速度分别为

$a_1=\mu_1 g=6\ \text{m/s}^2$，$a_2=\dfrac{\mu_1 mg-\mu_2(M+m)g}{M}=4\ \text{m/s}^2$，

共速后，共同加速度大小为 $a_3=\mu_2 g=1\ \text{m/s}^2$，考虑滑块可能一直减速直到 H，也可能先与木板共速然后共同减速.

假设先与木板共速然后共同减速，则共速过程

$v=v_E-a_1t_1=a_2t_1$，

共速过程，滑块、木板位移分别为

$x_1=\dfrac{v+v_E}{2}t_1$，$x_2=\dfrac{v}{2}t_1$，

共速时，相对位移应为 $\Delta x=L=x_1-x_2$，

解得 $v_E=6\ \text{m/s}$，$v=2.4\ \text{m/s}$，

随后共同减速 $x_3=d-x_1=1.88\ \text{m}$，

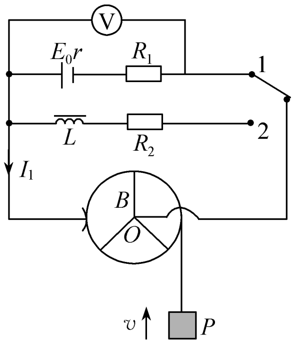
到达 H 速度 $v_H=\sqrt{v^2-2a_3x_3}=\sqrt{2}\ \text{m/s}$，

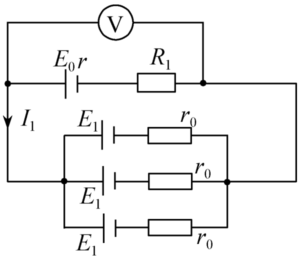
说明可以到达 H，因此假设成立，若滑块初速度再增大，则会从木板右侧掉落.

19. [分析：(1)①开关 S 掷向 1 时，电流从飞轮边缘流向中心，飞轮在安培力作用下逆时针转动，根据左手定则可知磁场方向垂直环面向外，再根据闭合电路欧姆定律，即可得到流过 R 的电流；②此时飞轮相当于“电动机”，其电功率等于热功率与输出的机械功率之和.(2)①开关 S 掷向 2，物块匀速下降时速度仍为 $v=5\ \text{m/s}$，两次重力做功的功率量值相等，可得两次安培力做功的功率量值相等，因此两次流过辐条的电流量值相同，即物块以 $v=5\ \text{m/s}$ 匀速下降时，流过三根辐条的总电流和各分电流均不变，再根据重力做功的功率与回路产热功率的等值关系即可得到可调电阻 R_2 的阻值；②开关 S 分别掷向 1 或 2 时，两次切割形成的感应电动势相等，$E_2=\dfrac{1}{2}B\omega a^2=\dfrac{1}{2}Ba\omega a=\dfrac{1}{2}Bav_2$ 即可得解.]

(1) ①物块上升，则金属圆环沿逆时针方向转动，辐条受到的安培力指向逆时针方向，辐条中电流方向从圆周指向 O 点，由左手定则可知，磁场方向垂直环面向外；由闭合电路的欧姆定律可知 $E_0-U=I_1(R_1+r)$， (1分)

则 $I_1=\dfrac{E_0-U}{R_1+r}=\dfrac{12-8}{0.3+0.1}\ \text{A}=10\ \text{A}$. (1分)





②因 $U=8\ \text{V}$，$I_1=10\ \text{A}$，根据 $P_{出}=UI_1-I_1^2R$，其中 R 由三根相同的辐条电阻并联构成，即为 $\dfrac{r_0}{3}$， (1分)

同时 $P_{出}=mgv$，联立解得 $UI_1=I_1^2\dfrac{r_0}{3}+mgv$， (1分)

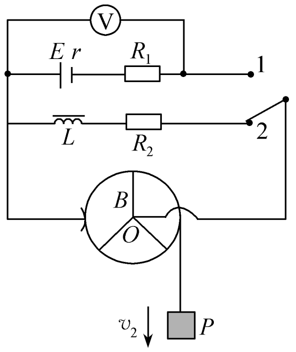
解得 $v=5\ \text{m/s}$. (1分)

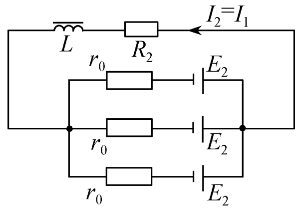
(2) ①物块匀速下落时，由受力分析可知，辐条受到的安培力与第(1)问相同，流过 R_2 的电流 $I_2=I_1=10\ \text{A}$， (1分)

由题意可知 $v_2=v=5\ \text{m/s}$， (1分)

又由能量关系可知 $mgv_2=I_2^2\left(R_2+\dfrac{r_0}{3}\right)$， (1分)

解得 $R_2=0.2\ \Omega$. (1分)





②根据 $E_2=\dfrac{1}{2}B\omega a^2=\dfrac{1}{2}Ba\omega a=\dfrac{1}{2}Bav_2$， (1分)

而 $E_2=5\ \text{V}=E_1-U-I_1\dfrac{r_0}{3}$，解得 $B=2.5\ \text{T}$. (1分)

一题多解 第(1)的②也可以从反电动势角度思考，具体如下：

辐条切割磁感线产生的电动势与电源电动势相反，设每根辐条产生的电动势为 E_1，则 $U-E_1=I_1\dfrac{r_0}{3}$，解得 $E_1=5\ \text{V}$，

第(2)的①也可以从两次感应电动势相等并结合闭合电路欧姆定律进行思考，具体如下：

此时金属圆环可视为电动机 $P_{出}=E_1I_1$，当物块 P 匀速上升时 $P_{出}=mgv_1$，解得 $v_1=5\ \text{m/s}$，

每根辐条切割磁感线产生的感应电动势为

$E_2=E_1=5\ \text{V}$，$R_{总}=\dfrac{E_2}{I_2}=\dfrac{5\ \text{V}}{10\ \text{A}}=0.5\ \Omega$，$R_{总}=R_2+\dfrac{r_0}{3}$，

解得 $R_2=0.2\ \Omega$.

②也可以根据力矩平衡可得

$mga=3\left(B\dfrac{I}{3}a\right)\dfrac{a}{2}$，

解得 $B=2.5\ \text{T}$.

另外，第(2)的①、②还可以从圆环克服安培力做功角度进行求解：

设圆环转动的角速度为 ω，可得 $v=\omega a$，根据能量守恒定律，重力做功的功率与圆环克服安培力做功的功率相等，可得

$mgv=3\left(B\dfrac{I}{3}a\right)\dfrac{a}{2}\omega=BIa\dfrac{v}{2}$，

解得 $B=2.5\ \text{T}$，

根据法拉第电磁感应定律可得旋转切割磁感线产生的电动势为

$E=Ba\dfrac{v}{2}=5\ \text{V}$，

稳定时电路中的电流是不变的，理想线圈没有阻碍作用，根据闭合电路欧姆定律可得 $I=\dfrac{E}{R_2+\dfrac{r_0}{3}}$，

解得 $R_2=0.2\ \Omega$.

20. (1)对 a 离子，根据动能定理得

$qU=\dfrac{1}{2}mv^2$， (1分)

a 离子在匀强磁场中做匀速圆周运动

$Bqv=m\dfrac{v^2}{R}$， (1分)

a 离子经磁场偏转后，到达 x 轴上的位置 $x_0=2R$，

联立解得 $x_0=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$，其中 $U=U_0=\frac{B^2qL^2}{8m}$，

代入解得 $x_0=L$.（1 分）

(2) ①要使 a 离子能落到喷镀板 P 上表面任意位置，只能经电压为 U 的电场加速后再经第一象限匀强磁场偏转一次打在 P 板上方任意处，则 $L\leqslant x_0'\leqslant 2L$，

结合(1)中分析得 $L\leqslant\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}\leqslant 2L$，（1 分）

即 $\frac{qB^2L^2}{8m}\leqslant U\leqslant\frac{qB^2L^2}{2m}$，

即 $U_0\leqslant U\leqslant 4U_0$.（1 分）

②b 离子经过电压为 U 的电场加速后在磁场中第一次偏转打在 x 轴上的位置坐标为

$x_b=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2m_bU}{q_b}}=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{8mU}{q}}$，

代入 $U_0\leqslant U\leqslant 4U_0$，

得 $2L\leqslant x_b\leqslant 4L$，

故可知 b 离子能从栅极板 $\left(坐标范围为\frac{5}{2}L\sim\frac{7}{2}L\right)$ 任意位置经电压为 U_{NM} 电场减速射入虚线下方的磁场，此时

$\frac{25U_0}{16}\leqslant U\leqslant\frac{49U_0}{16}$，（1 分）

b 离子先经过电压为 U 的电场加速，再在第一象限磁场中做匀速圆周运动后，再经过电压为 $U_{NM}=\frac{3}{4}U$ 的电场减速，根据动能定理得

$q_bU-\frac{3}{4}q_bU=\frac{1}{2}m_bv'^2$，（1 分）

同时有 $Bq_bv'=m_b\frac{v'^2}{R'}$，$\Delta x_b=2R'$，

当 $U=\frac{25}{16}U_0$ 时，b 离子从栅极板左端经虚线下方磁场偏转打在 P 上，此时离栅极板左端的距离为 $\Delta x_b'=\frac{5}{4}L$，

当 $U=\frac{49}{16}U_0$ 时，b 离子从栅极板右端经虚线下方磁场偏转打在 P 上，此时离栅极板右端的距离为 $\Delta x_b''=\frac{7}{4}L$，

故 b 离子落在喷镀板 P 下表面的区域长度为

$\Delta x=\Delta x_b'+L-\Delta x_b''=\frac{1}{2}L$.（1 分）

(3) 要求 a 离子落在喷镀板中点 Q，由(1)可知 $x_0''=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}=\frac{3}{2}L$，

故可得 $U=\frac{9}{4}U_0=\frac{9B^2qL^2}{32m}$.

则 b 离子从 $x_b'=3L$ 处经过栅极板，若 b 离子减速一次恰好打在 P 板下方中央处，设 $U_{NM}=k'U$，则同理可知

$(1-k')Uq_b=\frac{1}{2}m_bv''^2$，$Bq_bv''=m_b\frac{v''^2}{R''}$，$\Delta x_b'''=2R''=\frac{3}{2}L$，

联立解得 $k'=\frac{3}{4}$，

则可得 $U_{NM}=\frac{3}{4}U=\frac{27}{16}U_0=\frac{27B^2qL^2}{128m}$；（1 分）

当减速 n 次，$Uq_b-nU_{NM}q_b=\frac{1}{2}m_bv_b'^2$，$r_n=\frac{m_bv_b'}{Bq_b}$，

联立解得 $r_n^2=\frac{9L^2}{4}-\frac{8nm}{B^2q}U_{NM}$.（1 分）

当减速 n 次恰好打在 P 板下方中央处，可得

$2r_{n-1}>2L$，$2r_n=\frac{3}{2}L$，

即 $\frac{9L^2}{4}-\frac{8(n-1)m}{B^2q}U_{NM}>L^2$，

$\frac{9L^2}{4}-\frac{8nm}{B^2q}U_{NM}=\frac{9}{16}L^2$，

解得 $\frac{27B^2qL^2}{128nm}<\frac{5B^2qL^2}{32(n-1)m}$，

即 $n<\frac{27}{7}$，n 取整数，故可得 $n=1,2,3$，

故可得 $U_{NM}=\frac{27B^2qL^2}{128m}$ 或 $\frac{27B^2qL^2}{256m}$ 或 $\frac{9B^2qL^2}{128m}$.（1 分）

一题多解 本题第(3)问也可以不得出 r_n 与 U_{NM} 的通式关系，而作如下解答：

当离子 b 通过 MN 之间的电场减速 n 次后，恰好落在喷镀板 P 下表面的中点，可得

$2r_{n-1}>2L$，$2r_n=\frac{3}{2}L$，即 $r_{n-1}>L$，$r_n>\frac{3}{4}L$，

可得 $\frac{m_bv_{n-1}}{Bq_b}>L$，$\frac{m_bv_n}{Bq_b}=\frac{3}{4}L$，

解得 $v_{n-1}>\frac{BLq_b}{m_b}$，$v_n=\frac{3BLq_b}{4m_b}$.

当离子 b 通过 MN 之间的电场减速 n 次，根据动能定理可得

$Uq_b-nU_{NM}q_b=\frac{9}{4}U_0q_b-nU_{NM}q_b=\frac{1}{2}m_bv_n^2-0$，

解得 $U_{NM}=\frac{27B^2L^2q}{128nm}$.

当离子 b 通过 MN 之间的电场减速 $n-1$ 次，根据动能定理可得

$Uq_b-nU_{NM}q_b=\frac{9}{4}U_0q_b-(n-1)U_{NM}q_b=\frac{1}{2}m_bv_{n-1}^2-0$，

解得 $U_{NM}<\frac{5B^2L^2q}{32(n-1)m}$.

即 $\frac{27B^2L^2q}{128nm}<\frac{5B^2L^2q}{32(n-1)m}$，$n<\frac{27}{7}$，$n$ 取整数，

故可得 $n=1,2,3$，

故可得 $U_{NM}=\frac{27B^2qL^2}{128m}$ 或 $\frac{27B^2qL^2}{256m}$ 或 $\frac{9B^2qL^2}{128m}$.

A01