2025 年广东

1. 关于受迫振动和多普勒效应，下列说法正确的是（C）

A. 系统的固有频率与驱动力频率有关

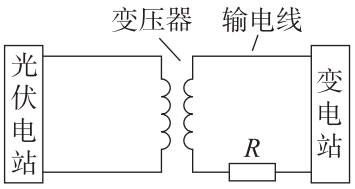
B. 只要驱动力足够大，共振就能发生

C. 应用多普勒效应可以测量车辆的速度

D. 观察者与波源相互远离时，接收到的波的频率比波源的频率大

> A．系统的固有频率只与系统本身有关，与驱动力频率无关，A 错误；
>
> B．只有驱动力频率与系统固有频率相同时，共振才能发生，B 错误；
>
> CD．根据多普勒效应可知观察者与波源相互远离时，接收到的波的频率比波源的频率小，观察者与波源相互靠近时，接收到的波的频率比波源的频率大，所以应用多普勒效应可以测量车辆的速度，C 正确，D 错误。
>
> 故选 C。

2. 如图所示。某光伏电站输出功率 1000 kW、电压 400 V 的交流电，经理想变压器升压至 10 kV 后，通过输电线输送到变电站，输电线的等效电阻 R 为 5 Ω。下列说法正确的是（B）



A. 变压器原、副线圈匝数比为 1 : 100

B. 输电线上由 R 造成的电压损失为 500 V

C. 变压器原线圈中的电流为 100 A

D. 变压器原、副线圈中电流的频率不同

> A．根据理想变压器原副线圈电压比等于匝数比可得 $\frac{n_1}{n_2}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{400}{10000}=\frac{1}{25}$，A 错误；
>
> B．原副线圈两端的功率相等，流过副线圈的电流 $I_2=\frac{P}{U_2}=\frac{1000000}{10000}\,\mathrm{A}=100\,\mathrm{A}$
>
> 输电线上由 R 造成的电压损失为 $\Delta U=I_2R=100\times5\,\mathrm{V}=500\,\mathrm{V}$，B 正确；
>
> C．变压器原线圈中的电流为 $I_1=\frac{P}{U_1}=\frac{1000000}{400}\,\mathrm{A}=2500\,\mathrm{A}$，C 错误；
>
> D．变压器不改变交变电流的频率，变压器原、副线圈中电流的频率相同，D 错误。
>
> 故选 B。

3. 有甲、乙两种金属，甲的逸出功小于乙的逸出功。使用某频率的光分别照射这两种金属，只有甲发射光电子，其最大初动能为 E_k，下列说法正确的是 (B)

A. 使用频率更小的光，可能使乙也发射光电子

B. 使用频率更小的光，若仍能使甲发射光电子，则其最大初动能小于 E_k

C. 频率不变，减弱光强，可能使乙也发射光电子

D. 频率不变，减弱光强，若仍能使甲发射光电子，则其最大初动能小于 E_k

A．某频率的光不能使乙金属发生光电效应，说明此光的频率小于乙金属的截止频率，则换用频率更小的光不能发生光电效应，A 错误；

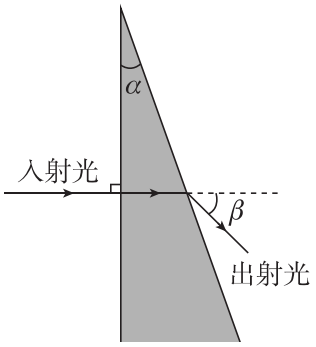
B．由光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可知频率越大最大初动能越大，换用频率更小的光最大初动能小于 E_k，B 正确；

C．频率不变则小于乙金属的截止频率，不会发生光电效应，C 错误；

D．由 $E_k = h\nu - W_0$ 可知频率不变最大初动能不变，D 错误。

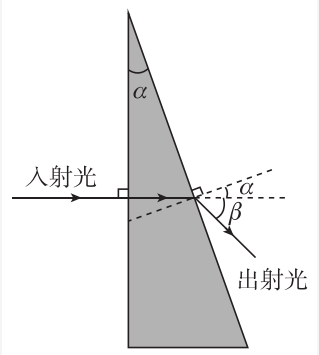
故选 B。

4. 如图为测量某种玻璃折射率的光路图。某单色光从空气垂直射入顶角为 α 的玻璃棱镜，出射光相对于入射光的偏转角为 β，该折射率为 (A)



A. $\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}$　　B. $\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\beta}$　　C. $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$　　D. $\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$

光路图如图所示。



> 则有折射定律可得 $n=\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}$
>
> 故选 A。

5. 一颗绕太阳运行的小行星，其轨道近日点和远日点到太阳的距离分别约为地球到太阳距离的 5 倍和 7 倍。关于该小行星，下列说法正确的是 (D)

A. 公转周期约为 6 年

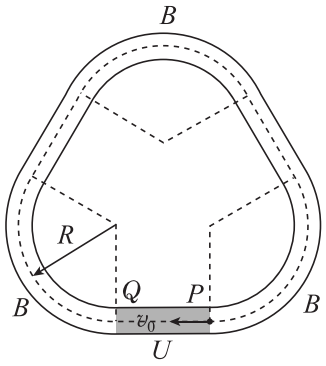
B. 从远日点到近日点所受太阳引力大小逐渐减小

C. 从远日点到近日点线速度大小逐渐减小

D. 在近日点加速度大小约为地球公转加速度的 $\frac{1}{25}$

> A. 根据题意，设地球与太阳间距离为 R，则小行星公转轨道的半长轴为 $a=\frac{5R+7R}{2}=6R$
>
> 由开普勒第三定律有 $\frac{(6R)^3}{T_2^2}=\frac{R^3}{T_{地}^2}$
>
> 解得 $T=\sqrt{6^3T_{地}^2}=6\sqrt{6}$ 年
>
> 故 A 错误；
>
> B. 从远日点到近日点，小行星与太阳间距离减小，由万有引力定律 $F=\frac{Gm_1m_2}{r^2}$ 可知，小行星受太阳引力增大，故 B 错误；
>
> C. 由开普勒第二定律可知，从远日点到近日点，小行星线速度逐渐增大，故 C 错误。
>
> D. 由牛顿第二定律有 $\frac{GMm}{r^2}=ma$
>
> 解得 $a=\frac{GM}{r^2}$
>
> 可知 $\frac{a_{行}}{a_{地}}=\frac{R^2}{(5R)^2}=\frac{1}{25}$
>
> 即小行星在近日点的加速度是地球公转加速度的 $\frac{1}{25}$，故 D 正确；
>
> 故选 D。

6. 某同步加速器简化模型如图所示，其中仅直通道 PQ 内有加速电场，三段圆弧内均有可调的匀强偏转磁场 B。带电荷量为 $+q$、质量为 m 的离子以初速度 v_0 从 P 处进入加速电场后，沿顺时针方向在加速器内循环加速。已知加速电压为 U，磁场区域中离子的偏转半径均为 R。忽略离子重力和相对论效应，下列说法正确的是 (D)



A. 偏转磁场的方向垂直纸面向里

B. 第 1 次加速后，离子的动能增加了 $2qU$

C. 第 k 次加速后，离子的速度大小变为 $\frac{\sqrt{m^2v_0^2+kqUm}}{m}$

D. 第 k 次加速后，偏转磁场的磁感应强度大小应为 $\frac{\sqrt{m^2v_0^2+2kqUm}}{qR}$

A．直线通道 PQ 有电势差为 U 的加速电场，粒子带正电，粒子沿顺时针方向运动，由左手定则可知，偏转磁场的磁感应强度方向垂直纸面向外，故 A 错误；

BC．根据题意，由动能定理可知，加速一次后，带电粒子的动能增量为 qU，由于洛伦兹力不做功，则加速 k 次后，带电粒子的动能增量为 kqU，加速 k 次后，由动能定理有

$kqU=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$

解得 $v=\sqrt{v_0^2+\frac{2kqU}{m}}=\frac{\sqrt{m^2v_0^2+2kqUm}}{m}$

故 BC 错误；

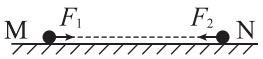
D．粒子在偏转磁场中运动的半径为 R，则有 $qvB=m\frac{v^2}{R}$

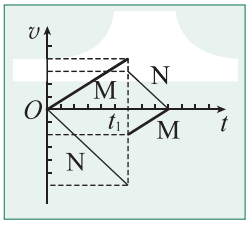
联立解得 $B=\frac{mv}{qR}=\frac{m}{qR}\sqrt{v_0^2+\frac{2kqU}{m}}=\frac{\sqrt{m^2v_0^2+2kmqU}}{qR}$

故 D 正确。

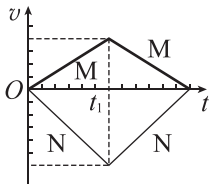
故选 D。

7. 如图所示，光滑水平面上，小球 M、N 分别在水平恒力 F_1 和 F_2 作用下，由静止开始沿同一直线相向运动，在 t_1 时刻发生正碰后各自反向运动。已知 F_1 和 F_2 始终大小相等，方向相反。从开始运动到碰撞后第 1 次速度减为 0 的过程中，两小球速度 v 随时间 t 变化的图像，可能正确的是（A）

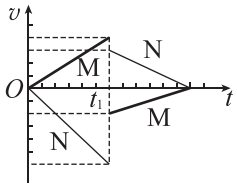




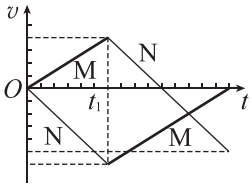
A.



B.



C.



D.

根据牛顿第二定律 $a=\frac{F}{m}$，两物体受外力 F 大小相等，由图像的斜率等于加速度可知 M、N 的加速度大小之比为 $4:6=2:3$，可知 M、N 的质量之比为 $6:4=3:2$；设分别为 $3m$ 和 $2m$；由图像可设 MN 碰前的速度分别为 $4v$ 和 $6v$，则因 MN 系统受合外力为零，向右为正方向，则系统动量守恒，则由动量守恒定律

$$3m\cdot 4v-2m\cdot 6v=3mv_1+2mv_2$$

若系统为弹性碰撞，则能量关系可知

$$\frac{1}{2}\cdot 3m(4v)^2+\frac{1}{2}\cdot 2m(6v)^2=\frac{1}{2}\cdot 3mv_1^2+\frac{1}{2}\cdot 2mv_2^2$$

解得 $v_1=-4v$、$v_2=6v$

因 M、N 的加速度大小之比仍为 $2:3$，则停止运动的时间之比为 $1:1$，即两物体一起停止，则 BD 是错误的；

若不是弹性碰撞，则 $3m\cdot 4v-2m\cdot 6v=3mv_1+2mv_2$

可知碰后速度大小之比为 $v_1:v_2=2:3$

若假设 $v_1=2v$，则 $v_2=3v$，此时满足

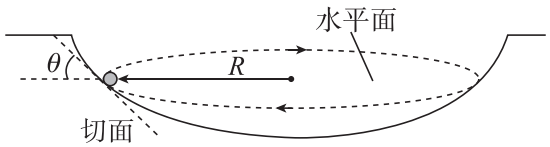
$$\frac{1}{2}\cdot 3m(4v)^2+\frac{1}{2}\cdot 2m(6v)^2>\frac{1}{2}\cdot 3mv_1^2+\frac{1}{2}\cdot 2mv_2^2$$

则假设成立，因 M、N 的加速度大小之比仍为 $2:3$，则停止运动的时间之比为 $1:1$，对 M 来说碰撞前后的速度之比为 $4v:2v=2:1$

可知碰撞前后运动时间之比为 $2:1$，可知 A 正确，C 错误。

故选 A。

8. 将可视为质点的小球沿光滑冰坑内壁推出，使小球在水平面内做匀速圆周运动，如图所示。已知圆周运动半径 R 为 0.4 m，小球所在位置处的切面与水平面夹角 θ 为 45°，小球质量为 0.1 kg，重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。关于该小球，下列说法正确的有（AC）



A. 角速度为 5 rad/s

B. 线速度大小为 4 m/s

C. 向心加速度大小为 $10\,\mathrm{m/s^2}$　　D. 所受支持力大小为 $1\,\mathrm{N}$

A．对小球受力分析可知 $F_{向}=mg\tan 45^\circ=m\omega^2R$

解得 $\omega=5\,\mathrm{rad/s}$

故 A 正确；

B．线速度大小为 $v=\omega R=2\,\mathrm{m/s}$

故 B 错误；

C．向心加速度大小为 $a_n=\omega^2R=10\,\mathrm{m/s^2}$

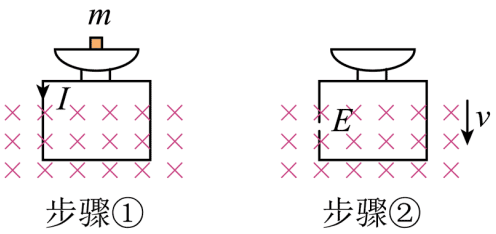
故 C 正确；

D．所受支持力大小为 $N=\frac{mg}{\cos 45^\circ}=\sqrt{2}\,\mathrm{N}$

故 D 错误。

故选 AC。

9. 如图是一种精确测量质量的装置原理示意图，竖直平面内，质量恒为 M 的称重框架由托盘和矩形线圈组成。线圈的一边始终处于垂直线圈平面的匀强磁场中，磁感应强度不变。测量分两个步骤，步骤①：托盘内放置待测物块，其质量用 m 表示，线圈中通大小为 I 的电流，使称重框架受力平衡；步骤②：线圈处于断开状态，取下物块，保持线圈不动，磁场以速率 v 匀速向下运动，测得线圈中感应电动势为 E。利用上述测量结果可得出 m 的值，重力加速度为 g。下列说法正确的有（BD）



A. 线圈电阻为 $\frac{E}{I}$　　B. I 越大，表明 m 越大

C. v 越大，则 E 越小　　D. $m=\frac{EI}{vg}-M$

A．根据题意电动势 E 是线圈断开时切割磁感线产生的感应电动势，I 为线圈闭合时通入的电流，故 $\frac{E}{I}$ 不是线圈的电阻；

故 A 错误；

B．根据平衡条件有 $(M+m)g=BIL$ ①

故可知 I 越大，m 越大；

故 B 正确；

C．根据公式有 $E=BLv$ ②

故可知 v 越大，E 越大；

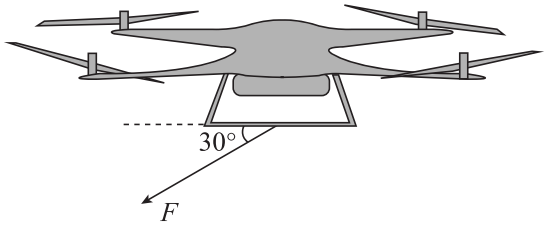
故 C 错误；

D．联立①②可得 $m=\frac{EI}{vg}-M$

故 D 正确。

故选 BD。

10. 如图所示，无人机在空中作业时，受到一个方向不变、大小随时间变化的拉力。无人机经飞控系统实时调控，在拉力、空气作用力和重力作用下沿水平方向做匀速直线运动。已知拉力与水平面成 30° 角，其大小 F 随时间 t 的变化关系为 $F=F_0-kt$（$F\neq 0$，F_0、k 均为大于 0 的常量），无人机的质量为 m，重力加速度为 g。关于该无人机在 0 到 T 时间段内（T 是满足 $F>0$ 的任一时刻），下列说法正确的有（ABD）



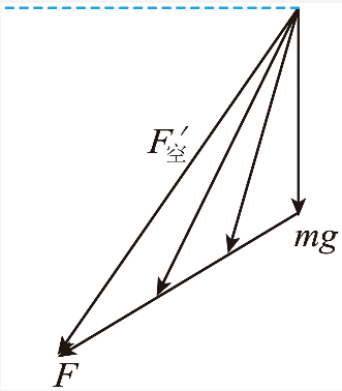
A. 受到空气作用力的方向会变化

B. 受到拉力的冲量大小为（$F_0-\frac{1}{2}kT$）T

C. 受到重力和拉力的合力的冲量大小为 $mgT+$（$F_0-\frac{1}{2}kT$）T

D. T 时刻受到空气作用力的大小为 $\sqrt{\frac{3}{4}(F_0-kT)^2+(mg+\frac{F_0-kT}{2})^2}$

AD．无人机经飞控系统实时调控，在拉力、空气作用力和重力作用下沿水平方向做匀速直线运动，则无人机受到空气作用力与重力和拉力的合力等大反向，随着 F 的减小重力和拉力的合力如图。



可知无人机受到空气作用力的大小和方向均会改变，在 T 时刻有

$\cos 120^\circ = \frac{(mg)^2+F^2-F_{空}^2}{2mgF}$，$F = F_0 - kT$

解得 $F_{空} = \sqrt{(F_0-kT)^2+(mg)^2+mg(F_0-kT)}$

故 A、D 正确；

B．由于拉力 F 随时间 t 均匀变化，则无人机在 0 到 T 时间段内受到拉力的冲量大小为 $F-t$ 图像与坐标轴围成的面积为（$F_0-\frac{1}{2}kT$）T，故 B 正确；

C．将拉力分解为水平和竖直方向，则无人机受重力和拉力的合力在水平方向有

$F_x = \frac{\sqrt{3}}{2}(F_0-kt)$

无人机受重力和拉力的合力在竖直方向有 $F_y = \frac{1}{2}(F_0-kt)+mg$

0 到 T 时间段内无人机受重力和拉力的合力在水平方向的冲量为 $I_x = \frac{\sqrt{3}}{2}(F_0T-\frac{1}{2}kT^2)$

0 到 T 时间段内无人机受重力和拉力的合力在竖直方向的冲量为 $I_y = \frac{1}{2}F_0T-\frac{1}{4}kT^2+mgT$

则 0 到 T 时间段内无人机受到重力和拉力的合力的冲量大小为

$I = \sqrt{I_x^2+I_y^2} = \sqrt{(F_0T-\frac{1}{2}kT^2+\frac{1}{2}mgT)^2+\frac{3}{4}m^2g^2T^2}$

故 C 错误。

故选 ABD。

11. 请完成下列实验操作和计算。

(1) 在“长度的测量及其测量工具的选用”实验中，用螺旋测微器测量小球的直径，示数如图 a 所示，读数 8.260 mm。

(2) 实验小组利用小车碰撞实验测量吸能材料的性能，装置如图 b 所示，图中轨道由轨道甲和乙平滑拼接而成，且轨道乙倾角较大。

① 选取相同的两辆小车，分别安装宽度为 1.00 cm 的遮光条。

② 轨道调节。调节螺母使轨道甲、乙连接处适当升高。将小车在轨道乙上释放，若测得小车通过光电门 A 和 B 的时间相等。证明已平衡小车在轨道甲上所受摩擦力及其他阻力。

③ 碰撞测试。先将小车 1 静置于光电门 A 和 B 中间，再将小车 2 在 M 点由静止释放，测得小车 2 通过光电门 A 的时间为 t_2，碰撞后小车 1 通过光电门 B 的时间为 t_1。若 $t_2 = t_1$，可将两小车的碰撞视为弹性碰撞。

④ 吸能材料性能测试。将吸能材料紧贴于小车 2 的前端。重复步骤③。测得小车 2 通过光电门 A 的时间为 10.00 ms，两车碰撞后，依次测得小车 1 和 2 通过光电门 B 的时间分别为 15.00 ms、30.00 ms，不计吸能材料的质量，计算可

得碰撞后两小车总动能与碰撞前小车 2 动能的比值为 0.56（结果保留 2 位有效数字）。

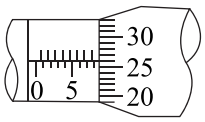


图 a

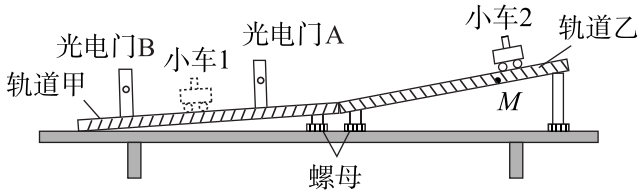


图 b

(1) 8.260　(2) ②时间相等；③ =；④ 0.56

（1）根据题意，由图可知，小球的直径为 $d = 8\,\mathrm{mm} + 26.0 \times 0.01\,\mathrm{mm} = 8.260\,\mathrm{mm}$

（2）②若已平衡小车在轨道甲上所受摩擦力及其他阻力，小车将在轨道甲上做匀速直线运动，通过两个光电门的速度相等，即通过光电门 A 和 B 的时间相等。

③若两个小车发生弹性碰撞，由于两个小车的质量相等，则碰撞后两个小车的速度互换，即碰撞后小车 1 的速度等于碰撞前小车 2 的速度，则有 $t_2 = t_1$

④根据题意可知，碰撞前小车 2 的速度为

$v_0 = \frac{d}{\Delta t_1} = \frac{1\times10^{-2}}{10\times10^{-3}}\,\mathrm{m/s} = 1\,\mathrm{m/s}$

碰撞后，小车 1 和小车 2 的速度分别为

$v_1 = \frac{d}{\Delta t_2} = \frac{2}{3}\,\mathrm{m/s}$，$v_2 = \frac{d}{\Delta t_3} = \frac{1}{3}\,\mathrm{m/s}$

则碰撞后两小车总动能与碰撞前小车 2 动能的比值为

$\frac{E_\mathrm{k}'}{E_\mathrm{k}} = \frac{\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_0^2} = \frac{5}{9} \approx 0.56$

12. 科技小组制作的涡流制动演示装置由电磁铁和圆盘控制部分组成。

图 a 是电磁铁磁感应强度的测量电路。所用器材有：电源 E（电动势 15 V，内阻不计）；电流表 A（量程有 0.6 A 和 3 A，内阻不计）；滑动变阻器 R_P（最大阻值 100 Ω）；定值电阻 R_0（阻值 10 Ω）；开关 S；磁传感器和测试仪；电磁铁（线圈电阻 16 Ω）；导线若干。图 b 是实物图，图中电机和底座相固定，圆形铝盘和电机转轴相固定。

请完成下列实验操作和计算。

(1) 量程选择和电路连接。

① 由器材参数可得电路中的最大电流为 0.58 A（结果保留 2 位有效数字），为减小测量误差，电流表的量程选择 0.6 A 挡。

② 图 b 中已正确连接了部分电路，请在虚线框中完成 R_P、R_0 和 A 间的实物图连线。

(2) 磁感应强度 B 和电流 I 关系测量。

① 将图 a 中的磁传感器置于电磁铁中心，滑动变阻器 R_P 的滑片 P 置于 b 端。置于 b 端目的是使电路中的电流最小，保护电路安全。

② 将滑片 P 缓慢滑到某一位置，闭合 S。此时 A 的示数如图 c 所示，读数为 0.48 A。分别记录测试仪示数 B 和 I，断开 S。

③ 保持磁传感器位置不变，重复步骤②。

④ 如图 d 是根据部分实验数据描绘的 $B-I$ 图线，其斜率为 30 mT/A（结果保留 2 位有效数字）。

(3) 制动时间 t 测量。

利用图 b 所示装置测量了 t，结果表明 B 越大，t 越小。

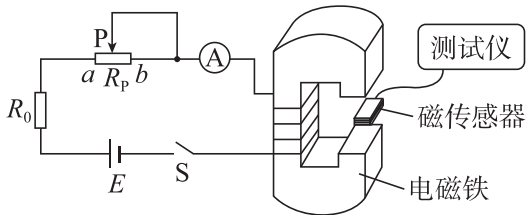


图 a

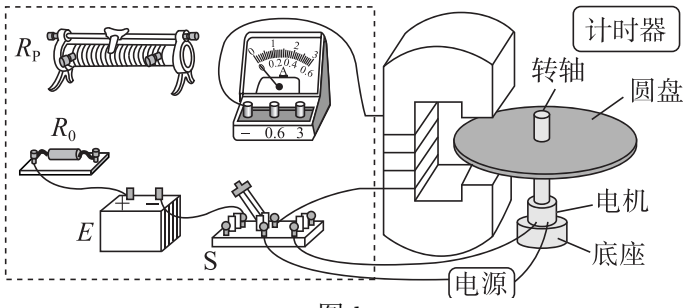


图 b

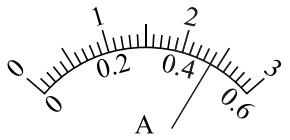


图 c

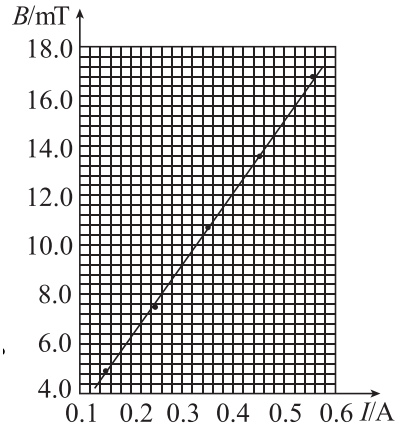
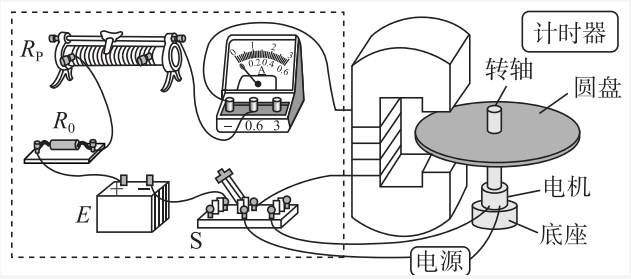


图 d

(1) ① 0.58；②连线如图所示　(2) ①最小；② 0.48；③ 30　(3) —

（1）①由题知，电源内阻不计、电流表内阻不计，则当滑动变阻器的阻值为零时，电路中有最大电流 $I=\frac{E}{R_0+R_{线}}=0.58\,\mathrm{A}$。

②由于电路中最大电流为 0.58 A，则电流表应选择 $0\sim0.6\,\mathrm{A}$ 量程，根据电路图实物图连线如下：



（2）①滑动变阻器 R_P 的滑片 P 置于 b 端时滑动变阻器的电阻最大，电路中的电流最小，保护电路安全。

②电流表读数为 0.48 A。

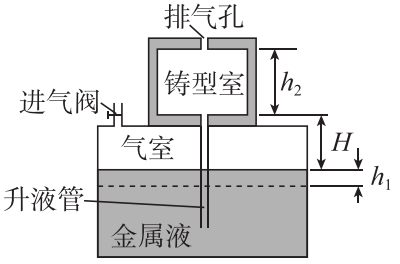
③根据题图中数据可知 $B-I$ 图线斜率为 $k=\frac{15.2-5.6}{0.5-0.18}\,\mathrm{mT/A}=30\,\mathrm{mT/A}$。

（3）利用图（b）所示装置测量了 t，结果表明 B 越大，t 越小。

13. 如图是某铸造原理示意图，往气室注入空气增加压强，使金属液沿升液管进入已预热的铸型室，待铸型室内金属液冷却凝固后获得铸件。柱状铸型室通过排气孔与大气相通，大气压强 $p_0=1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$，铸型室底面积 $S_1=0.2\,\mathrm{m}^2$，高度 $h_1=0.2\,\mathrm{m}$，底面与注气前气室内金属液面高度差 $H=0.15\,\mathrm{m}$，柱状气室底面积 $S_2=0.8\,\mathrm{m}^2$，注气前气室内气体压强为 p_0，金属液的密度 $\rho=5.0\times10^3\,\mathrm{kg/m}^3$，重力加速度取 $g=10\,\mathrm{m/s}^2$，空气可视为理想气体，不计升液管的体积。

(1) 求金属液刚好充满铸型室时，气室内金属液面下降的高度 h_2 和气室内气体压强 p_1。

(2) 若在注气前关闭排气孔使铸型室密封，且注气过程中铸型室内温度不变，求注气后铸型室内的金属液高度为 $h_3=0.04\,\mathrm{m}$ 时，气室内气体压强 p_2。



(1) $h_2 = 0.05\,\mathrm{m}$，$p_1 = 1.2 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ (2) $p_2 = 1.35 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

（1）根据体积关系 $S_1h_1 = S_2h_2$

可得下方液面下降高度 $h_2 = 0.05\,\mathrm{m}$

此时下方气体的压强 $p_1 = p_0 + \rho g(h_1 + H + h_2)$

代入数据可得 $p_1 = 1.2 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

（2）初始时，上方铸型室气体的压强为 p_0，体积 $V = S_1h_1$

当上方铸型室液面高为 $h_3 = 0.04\,\mathrm{m}$ 时体积为 $V' = S_1(h_1 - h_3)$

根据玻意耳定律 $p_0V = p'V'$

可得此时上方铸型室液面高为 $h_3 = 0.04\,\mathrm{m}$ 时气体的压强为 $p' = 1.25 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

同理根据体积关系 $S_1h_3 = S_2h_4$

可得 $h_4 = 0.01\,\mathrm{m}$

此时下方气室内气体压强 $p_2 = p' + \rho g(H + h_3 + h_4)$

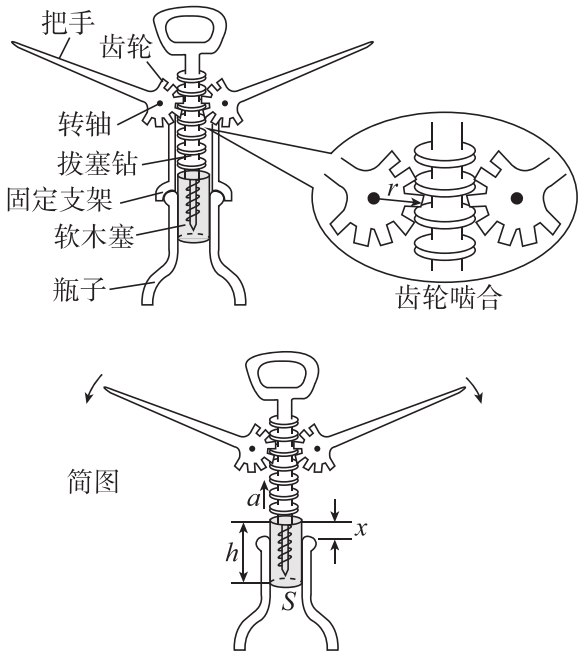
代入数据可得 $p_2 = 1.35 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

14. 如图所示，用开瓶器取出紧塞在瓶口的软木塞时，先将拔塞钻旋入木塞内，随后下压把手，使齿轮绕固定支架上的转轴转动，通过齿轮啮合，带动与木塞相固定的拔塞钻向上运动。从 0 时刻开始，顶部与瓶口齐平的木塞从静止开始向上做匀加速直线运动，木塞所受摩擦力 f 随位移大小 x 的变化关系为 $f = f_0(1 - \frac{x}{h})$，其中 f_0 为常量，h 为圆柱形木塞的高，木塞质量为 m，底面积为 S，加速度为 a，齿轮半径为 r，重力加速度为 g，瓶外气压减瓶内气压为 Δp 且近似不变，瓶子始终静止在桌面上。（提示：可用 $f - x$ 图线下的“面积”表示 f 所做的功）求：

(1) 木塞离开瓶口的瞬间，齿轮的角速度 ω。

(2) 拔塞的全过程，拔塞钻对木塞做的功 W。

(3) 拔塞过程中，拔塞钻对木塞作用力的瞬时功率 P 随时间 t 变化的表达式。



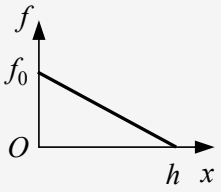
(1) $\omega=\frac{\sqrt{2ah}}{r}$ (2) $W=mah+mgh+\frac{1}{2}f_0h+\Delta pSh$ (3) $P=magt+ma^2t+\Delta pSat+f_0at-\frac{f_0a^3t^3}{2h}$

（1）木塞的末速度等于齿轮线速度，对木塞，根据运动学公式 $v^2=2ah$

根据角速度和线速度的关系 $v=\omega r$

联立可得 $\omega=\frac{\sqrt{2ah}}{r}$

（2）根据题意画出木塞摩擦力与运动距离的关系图如图所示。



可得摩擦力对木塞所做的功为 $W_f=-\frac{1}{2}f_0h$

对木塞，根据动能定理

$W+W_f-mgh-\Delta pSh=\frac{1}{2}mv^2-0$

解得 $W=mah+mgh+\frac{1}{2}f_0h+\Delta pSh$

（3）设开瓶器对木塞的作用力为 F，对木塞，根据牛顿第二定律 $F-mg-f-\Delta pS=ma$

速度 $v=at$

位移 $x=\frac{1}{2}at^2$

开瓶器的功率 $P=Fv$

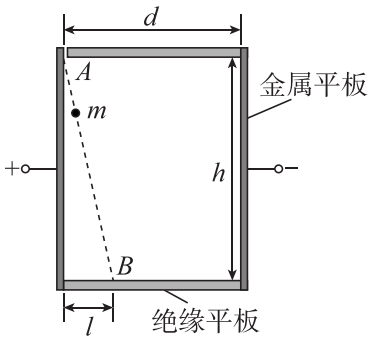
联立可得 $P=magt+ma^2t+\Delta pSat+f_0at-\frac{f_0a^3t^3}{2h}$

15. 如图是研究颗粒碰撞荷电特性装置的简化图。两块水平绝缘平板与两块竖直的平行金属平板相接。金属平板之间接高压电源产生匀强电场。一带电颗粒从上方绝缘平板左端 A 点处，由静止开始向右下方运动，与下方绝缘平板在 B 点处碰撞，碰撞时电荷量改变，反弹后离开下方绝缘平板瞬间，颗粒的速度与所受合力垂直，其水平分速度与碰前瞬间相同，竖直分速度大小变为碰前瞬间的 k 倍（$k<1$）。已知颗粒质量为 m，两绝缘平板间的距离为 h，两金属平板间的距离为 d，B 点与左平板的距离为 l，电源电压为 U，重力加速度为 g。忽略空气阻力和电场的边缘效应。求：

(1) 颗粒碰撞前的电荷量 q。

(2) 颗粒在 B 点碰撞后的电荷量 Q。

(3) 颗粒从 A 点开始运动到第二次碰撞过程中，电场力对它做的功 W。



(1) $q=\frac{mgdl}{Uh}$ (2) $Q=\frac{kmgdh}{Ul}$ (3) 若 $(4k+1)l+\frac{4k^3h^2}{l}\le d$，$W=\frac{mgl^2}{h}+4k^2mgh+\frac{4k^4mgh^3}{l^2}$；若 $(4k+1)l+\frac{4k^3h^2}{l}>d$，$W=\frac{mgl^2}{h}+\frac{kmgh(d-l)}{l}$

（1）根据题意可知，颗粒在竖直方向上做自由落体，则有 $h=\frac{1}{2}gt^2$

水平方向上做匀加速直线运动，则有 $\frac{qU}{d}=ma$，$l=\frac{1}{2}at^2$

解得 $q=\frac{mgdl}{Uh}$

（2）根据题意可知，颗粒与绝缘板第一次碰撞时，竖直分速度为 $v_{y1}=\sqrt{2gh}$

水平分速度为 $v_{x1}=\sqrt{2al}=\sqrt{\frac{2gl^2}{h}}$

则第一次碰撞后竖直分速度为 $v_{y2}=kv_{y1}=k\sqrt{2gh}$

设第一次碰撞后颗粒速度方向与水平方向夹角为 θ，则有

$\tan\theta=\frac{v_{y2}}{v_{x1}}=\frac{kh}{l}$

由于第一次碰撞后瞬间颗粒所受合力与速度方向垂直，则有

$\tan\theta=\frac{\frac{UQ}{d}}{mg}=\frac{UQ}{mgd}$

联立解得 $Q=\frac{kmgdh}{Ul}$

（3）根据题意可知，由于 $k<1$，则第一次碰撞后颗粒不能返回上绝缘板，若颗粒第二次碰撞是和下绝缘板碰撞，设从第一次碰撞后到第二次碰撞前的运动时间为 t'，则有

$t'=\frac{2k\sqrt{2gh}}{g}=2k\sqrt{\frac{2h}{g}}$

水平方向上做匀加速直线运动，加速度为 $a'=\frac{UQ}{md}=\frac{kgh}{l}$

水平方向运动的距离为 $l'=v_{x1}t'+\frac{1}{2}a't'^2=4kl+\frac{4k^3h^2}{l}$

则电场对颗粒做的功为 $W=\frac{qUl}{d}+\frac{QUl'}{d}=\frac{mgl^2}{h}+4k^2mgh+\frac{4k^4mgh^3}{l^2}$

若 $l+l'>d$，则颗粒第二次碰撞是和右侧金属板碰撞，则颗粒从第一次碰撞到第二次碰撞过程中水平方向位移为 $d-l$，颗粒从 A 点开始运动到第二次碰撞过程中，电场对颗粒做的功为 $W=\frac{qUl}{d}+\frac{QU(d-l)}{d}=\frac{mgl^2}{h}+\frac{kmgh(d-l)}{l}$