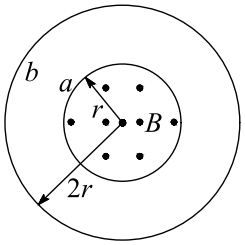
2017 年江苏

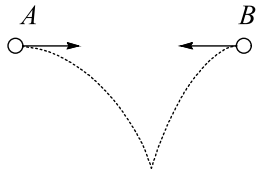
1. 如图所示，两个单匝线圈 a、b 的半径分别为 r 和 $2r$。圆形匀强磁场 B 的边缘恰好与 a 线圈重合，则穿过 a、b 两线圈的磁通量之比为 (A)



A. 1 : 1　　B. 1 : 2　　C. 1 : 4　　D. 4 : 1

> 由磁通量的定义式 $\Phi = BS$，其中 S 为垂直磁感线方向的有效面积，结合题图可知，穿过 a、b 两个线圈的磁通量均为 $\Phi = B \cdot \pi r^2$，因此穿过 a、b 两个线圈的磁通量比值为 1:1，故 A 正确。

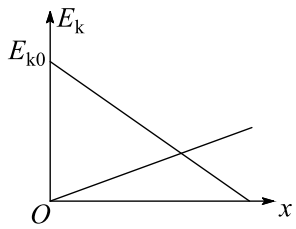
2. 如图所示，A、B 两小球从相同高度同时水平抛出，经过时间 t 在空中相遇，若两球的抛出速度都变为原来的 2 倍，则两球从抛出到相遇经过的时间为 (C)



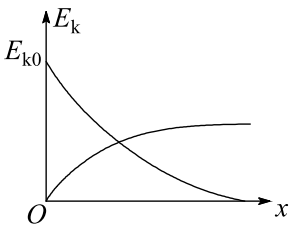
A. t　　B. $\frac{\sqrt{2}}{2}t$　　C. $\frac{t}{2}$　　D. $\frac{t}{4}$

> 设两球开始时水平距离为 L，两球第一次抛出的速度大小分别为 v_1、v_2，由于小球抛出后水平方向做匀速直线运动，则从抛出到两球相遇的时间为 $t = \frac{L}{v_1+v_2}$，若两个球的抛出速度都变为原来的 2 倍，则从抛出到相遇经过的时间为 $t' = \frac{L}{2(v_1+v_2)} = \frac{t}{2}$，故 C 正确。

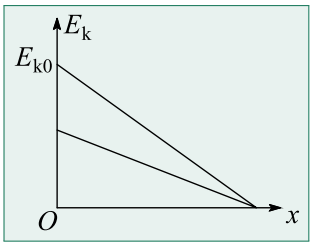
3. 一小物块沿斜面向上滑动，然后滑回到原处。物块初动能为 E_{k0}，与斜面间的动摩擦因数不变，则该过程中，物块的动能 E_k 与位移 x 关系的图线是 (C)



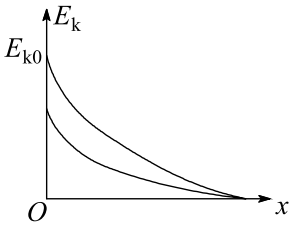
A.



B.



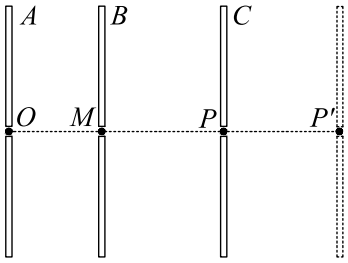
C.



D.

设物块与斜面间的动摩擦因数为 μ，物块的质量为 m，重力加速度为 g，斜面的倾角为 θ，则物块在上滑过程中，由动能定理得到动能 E_k 与位移 x 的关系为 $-(mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta)x=E_k-E_{k0}$，即 $E_k=E_{k0}-(mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta)x$，物块沿斜面下滑时，同样由动能定理得 $(mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta)(x_0-x)=E_k$，此过程动能 E_k 与位移 x 的关系为 $E_k=(mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta)(x_0-x)$，由此可以判断，故 C 正确。

4. 如图所示，三块平行放置的带电金属薄板 A、B、C 中央各有一小孔，小孔分别位于 O、M、P 点。由 O 点静止释放的电子恰好能运动到 P 点。现将 C 板向右平移到 P' 点，则由 O 点静止释放的电子 (A)



A. 运动到 P 点返回

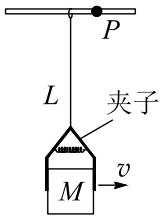
B. 运动到 P 和 P' 点之间返回

C. 运动到 P' 点返回

D. 穿过 P' 点

粒子经 A、B 板间的电场加速，在 B、C 板间的电场中减速，设 A、B 板间的电压为 U，B、C 板间的电场强度大小为 E，M、P 间的距离为 d，由动能定理得 $eU-eEd=0$；若将 C 板向右平移到 P' 点，由于 B、C 两板的带电量一定，由 $E=\frac{U}{d}=\frac{Q}{Cd}=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon S}$ 可知，C 板向右移动过程中 B、C 两板间的电场强度不变，C 板移到 P' 点后，电子仍由 O 点静止释放，设在 B、C 板间向右运动的最大距离为 d'，同样由动能定理有 $eU-eEd'=0$，求得 $d'=d$，由此可以判断，电子经 A、B 加速后在 B、C 间仍减速到 P 点时速度为零，然后返回，故 A 正确 BCD 错误。

5. 如图所示，一小物块被夹子夹紧，夹子通过轻绳悬挂在小环上，小环套在水平光滑细杆上，物块质量为 M，到小环的距离为 L，其两侧面与夹子间的最大静摩擦力均为 F。小环和物块以速度 v 向右匀速运动，小环碰到杆上的钉子 P 后立刻停止，物块向上摆动。整个过程中，物块在夹子中没有滑动。小环和夹子的质量均不计，重力加速度为 g。下列说法正确的是 (D)



A. 物块向右匀速运动时，绳中的张力等于 $2F$

B. 小环碰到钉子 P 时，绳中的张力大于 $2F$

C. 物块上升的最大高度为 $\frac{2v^2}{g}$

D. 速度 v 不能超过 $\sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$

由于不计夹子的质量，因此绳的张力大小始终等于夹子和物块间的摩擦力，物块向右匀速运动时，由物体的平衡知，绳中的张力等于物块的重力 Mg，由于物块向上摆动时做圆周运动，因此刚开始摆动时，夹子对物块的摩擦力仍为静摩擦力且大于 Mg，此时的摩擦力小于等于 $2F$，由此可以判断，匀速运动时绳中张力小于 $2F$，故 A 错误；当小环碰到钉子 P 时，夹子与物块间的摩擦力仍为静摩擦力，由静摩擦力与物块重力的合力提供向心力，此时夹子没有移动，则此时绳中的张力仍小于等于 $2F$，故 B 错误；如果物块上升的最大高度不超过细杆，由机械能守恒可知，$Mgh=\frac{1}{2}Mv^2$，即上升的最大高度 $h=\frac{v^2}{2g}$，当物块上摆的高度超过细杆时，若物块不能做完整的圆周运动，则过细杆后物块做斜抛运动，在最高点速度水平且不为 0，则上升高度小于 $\frac{v^2}{2g}$，故 C 错误；当物块向上摆动的一瞬间，如果物块与夹子间的静摩擦力刚好为 $2F$，这时的 v 是允许的最大速度，则 $2F-Mg=M\frac{v^2}{L}$，求得 $v=\sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$，故 D 正确。

6. “天舟一号”货运飞船于 2017 年 4 月 20 日在文昌航天发射中心成功发射升空，与“天宫二号”空间实验室对接前，“天舟一号”在距离地面约 380 km 的圆轨道上飞行，则其 (BCD)

A. 角速度小于地球自转角速度

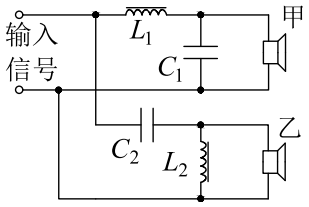
B. 线速度小于第一宇宙速度

C. 周期小于地球自转周期

D. 向心加速度小于地面的重力加速度

“天舟一号”在距地面约 380 km 的圆轨道上飞行时，“天舟一号”的轨道半径远小于同步卫星的轨道半径，由 $G\frac{Mm}{r^2}=mr\omega^2$ 可知，其角速度大于同步卫星的角速度，即大于地球自转的角速度，故 A 错误；由于第一宇宙速度是卫星最大的环绕速度，因此“天舟一号”在轨的线速度小于第一宇宙速度，故 B 正确；由 $T=\frac{2\pi}{\omega}$ 可知，“天舟一号”做圆周运动的周期小于地球自转的周期，故 C 正确；由 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$，$G\frac{Mm}{(R+h)^2}=ma$ 可知，向心加速度 a 小于地球表面的重力加速度 g，故 D 正确。

7. 某音响电路的简化电路图如图所示，输入信号既有高频成分，也有低频成分，则 (BD)

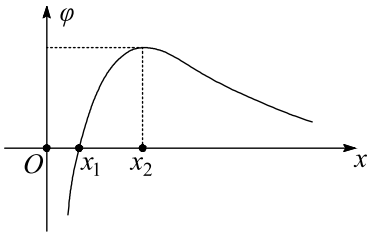


A. 电感 L_1 的作用是通高频　　B. 电容 C_2 的作用是通高频

C. 扬声器甲用于输出高频成分　　D. 扬声器乙用于输出高频成分

> 电感线圈有通低频、阻高频的作用，故 A 错误；电容器有通高频、阻低频的作用，故 B 正确；由此可以判断，L_1、L_2 通低频，阻高频，C_1、C_2 通高频，阻低频，因此扬声器甲用于输出低频成分，扬声器乙用于输出高频成分，故 C 错误 D 正确。

8. 在 x 轴上有两个点电荷 q_1、q_2，其静电场的电势 φ 在 x 轴上分布如图所示。下列说法正确有（AC）



A. q_1 和 q_2 带有异种电荷

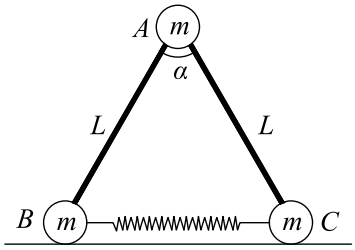
B. x_1 处的电场强度为零

C. 负电荷从 x_1 移到 x_2，电势能减小

D. 负电荷从 x_1 移到 x_2，受到的电场力增大

> 由图象可知，空间的电势分布有正有负，则两个点电荷必定为异种电荷，故 A 正确；由 $E=\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}$ 可知，图象的切线斜率为电场强度，因此 x_1 处的电场强度不为零，故 B 错误；负电荷从 x_1 移到 x_2 的过程中，电势升高，电场强度减小，由 $E_p=q\varphi$，$F=qE$ 可知，电势能减小，受到的电场力减小，故 C 正确 D 错误。

9. 如图所示，三个小球 A、B、C 的质量均为 m，A 与 B、C 间通过铰链用轻杆连接，杆长为 L，B、C 置于水平地面上，用一轻质弹簧连接，弹簧处于原长。现 A 由静止释放下降到最低点，两轻杆间夹角 α 由 60° 变为 120°，A、B、C 在同一竖直平面内运动，弹簧在弹性限度内，忽略一切摩擦，重力加速度为 g。则此下降过程中（AB）



A. A 的动能达到最大前，B 受到地面的支持力小于 $\frac{3}{2}mg$

B. A 的动能最大时，B 受到地面的支持力等于 $\frac{3}{2}mg$

C. 弹簧的弹性势能最大时，A 的加速度方向竖直向下

D. 弹簧的弹性势能最大值为 $\frac{\sqrt{3}}{2}mgL$

> 当 A 的动能达到最大前，A 向下加速运动，此时 A 处于失重状态，则整个系统对地面的压力小于 $3mg$，由对称性可知，B 对地面的压力小于 $\frac{3}{2}mg$，由牛顿第三定律可知，地面对 B 支持力小于 $\frac{3}{2}mg$，故 A 正确；当 A 的动能最大时，A 的加速度为零，这时系统既不失重，也不超重，系统对地面的压力等于 $3mg$，即 B 受到地面的支持力等于 $\frac{3}{2}mg$，故 B 正确；当弹簧的弹性势能最大时，A 减速运动到最低点，此时 A 的加速度方向竖直向上，故 C 错误；由机械能守恒定律可知，弹簧的弹性势能最大值等于 A 球的重力势能的减少量，即为 $mg(L\cos 30^\circ - L\cos 60^\circ) = \frac{\sqrt{3}-1}{2}mgL$，故 D 错误。

10. 利用图 1 所示的实验装置探究恒力做功与物体动能变化的关系。小车的质量为 $M = 200.0\,\mathrm{g}$，钩码的质量为 $m = 10.0\,\mathrm{g}$，打点计时器的电源为 $50\,\mathrm{Hz}$ 的交流电。

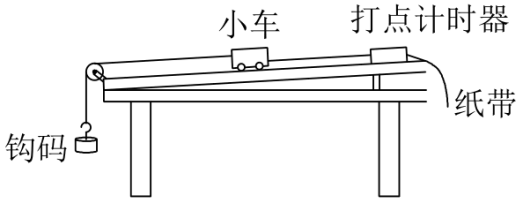


图 1

(1) 挂钩码前，为了消除摩擦力的影响，应调节木板右侧的高度，直至向左轻推小车观察到小车做匀速运动。

(2) 挂上钩码，按实验要求打出的一条纸带如图 2 所示。选择某一点为 O，依次每隔 4 个计时点取一个计数点。用刻度尺量出相邻计数点间的距离 Δx，记录在纸带上。计算打出各计数点时小车的速度 v，其中打出计数点“1”时小车的速度 $v_1 =$ [redacted] m/s。

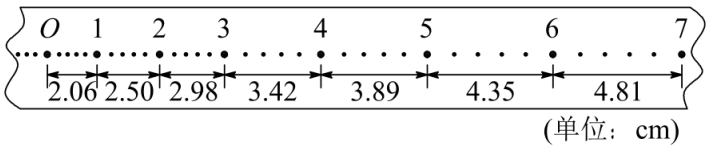
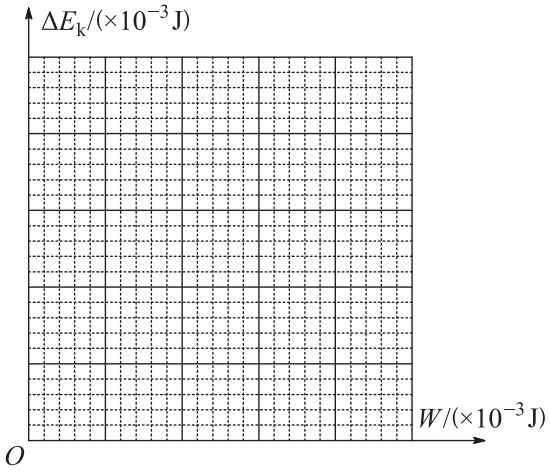


图 2

(3) 将钩码的重力视为小车受到的拉力，取 $g = 9.80\,\mathrm{m/s^2}$，利用 $W = mg\Delta x$ 算出拉力对小车做的功 W。利用 $E_k = \frac{1}{2}Mv^2$ 算出小车动能，并求出动能的变化量 ΔE_k。计算结果见下表。

$W/\times 10^{-3}\,\mathrm{J}$	2.45	2.92	3.35	3.81	4.26
$\Delta E_k/\times 10^{-3}\,\mathrm{J}$	2.31	2.73	3.12	3.61	4.00

请根据表中的数据，在答题卡的方格纸上作出 $\Delta E_k - W$ 图象。



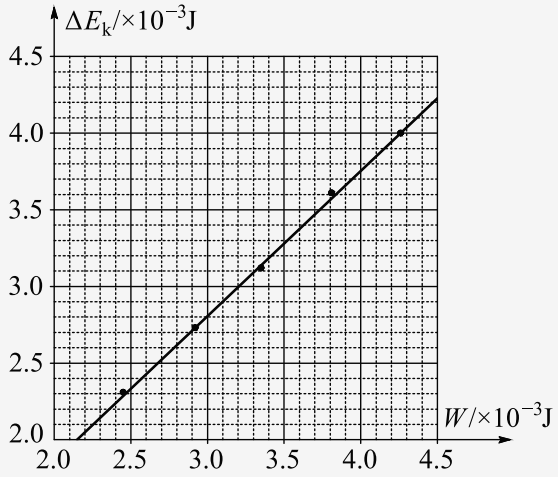
(4) 实验结果表明，ΔE_k 总是略小于 W。某同学猜想是由于小车所受拉力小于钩码重力造成的。用题中小车和钩码质量的数据可算出小车受到的实际拉力 $F =$ [redacted] N。

(1) 小车做匀速运动　(2) 0.228　(3) （作图见解析）　(4) 0.093

（1）挂钩码前，调节木板右侧的高度，直至向左轻推小车时，观察到小车做匀速直线运动（或观察纸带，打出的点间隔均匀），此时消除了摩擦力的影响。

（2）打计数点“1”时小车的速度 $v_1 = \frac{(2.06+2.50)\times 10^{-2}}{0.2}\,\mathrm{m/s} = 0.228\,\mathrm{m/s}$。

（3）由表格中的数据，描点作图如答图所示。



（4）由功的定义得 $W = mgx$，由动能定理得 $\Delta E_k = Fx$，则 $\Delta E_k = \frac{F}{mg}W$，结合图象有 $F = \frac{4.0-2.0}{4.26-2.15} \times 0.098\,\mathrm{N} = 0.093\,\mathrm{N}$。

11. 某同学通过实验制作一个简易的温控装置，实验原理电路图如图 1 所示，继电器与热敏电阻 R_t、滑动变阻器 R 串联接在电源 E 两端，当继电器的电流超过 15 mA 时，衔铁被吸合，加热器停止加热，实现温控。继电器的电阻约为 20 Ω，热敏电阻的阻值 R_t 与温度 t 的关系如下表所示：

$t/\,^{\circ}\mathrm{C}$	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
$R_t/\,\Omega$	199.5	145.4	108.1	81.8	62.9	49.1

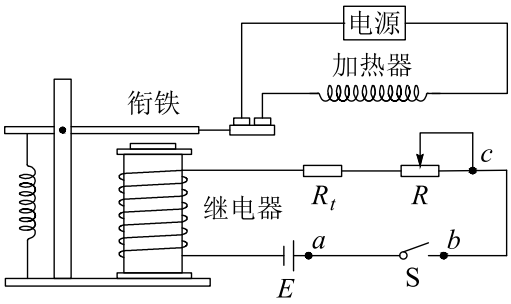


图 1

(1) 提供的实验器材有：电源 E_1（3 V，内阻不计）、电源 E_2（6 V，内阻不计）、滑动变阻器 R_1（$0\sim200\,\Omega$）、滑动变阻器 R_2（$0\sim500\,\Omega$）、热敏电阻 R_t，继电器、电阻箱（$0\sim999.9\,\Omega$）、开关 S、导线若干。

为使该装置实现对 $30\sim80\,^{\circ}\mathrm{C}$ 之间任一温度的控制，电源 E 应选用E_2（选填“E_1”或“E_2”），滑动变阻器 R 应选用R_2（选填“R_1”或“R_2”）。

(2) 实验发现电路不工作。某同学为排查电路故障，用多用电表测量各接点间的电压，则应将如图 2 所示的选择开关旋至 C（选填“A”、“B”、“C”或“D”）。

(3) 合上开关 S，用调节好的多用电表进行排查，在图 1 中，若只有 b、c 间断路，则应发现表笔接入 a、b 时指针不偏转（选填“偏转”或“不偏转”），接入 a、c 时指针偏转（选填“偏转”或“不偏转”）。

(4) 排除故障后，欲使衔铁在热敏电阻为 $50\,^{\circ}\mathrm{C}$ 时被吸合，下列操作步骤正确顺序是⑤④②③①。（填写各步骤前的序号）

① 将热敏电阻接入电路

② 观察到继电器的衔铁被吸合

③ 断开开关，将电阻箱从电路中移除

④ 合上开关，调节滑动变阻器的阻值

⑤ 断开开关，用电阻箱替换热敏电阻，将阻值调至 $108.1\,\Omega$

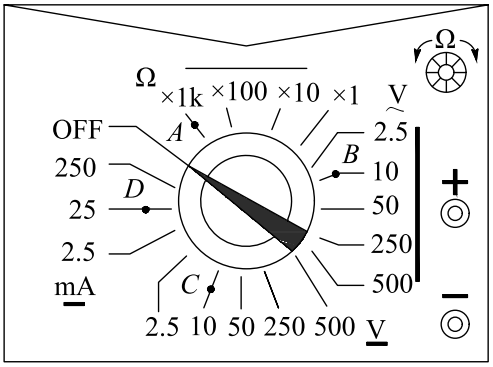


图 2

(1) E_2，R_2　(2) C　(3) 不偏转，偏转　(4) ⑤④②③①

（1）如果电源用 E_1，则在 $t=30\,^\circ\mathrm{C}$ 时电路中的最大电流 $I_m=\frac{3}{199.5+20}\,\mathrm{A}=13.67\,\mathrm{mA}<15\,\mathrm{mA}$，不能实现对此温度的控制，因此电源应用 E_2；为了实现在 $t=80\,^\circ\mathrm{C}$ 时对电路的控制，设滑动变阻器的最大值至少为 R，则 $\frac{6\,\mathrm{V}}{R+20\,\Omega+49.1\,\Omega}=0.015\,\mathrm{A}$，求得 $R=330.9\,\Omega$，因此滑动变阻器应选用 R_2。

（2）要用多用电表的直流电压挡探测故障，应将选择开关旋至面板直流电压挡 C 上。

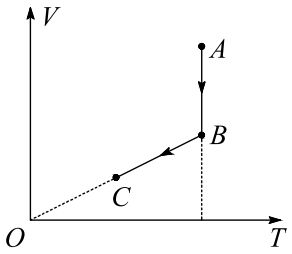
（3）如果只有 b、c 间断路，说明 b 点与电源的负极间不通，a、b 间的电压为零，表笔接在 a、b 间时，指针不偏转；c 点与电源的负极相通，a 与电源的正极相通，a、c 间有电压，因此两表笔接入 a、c 间时指针发生偏转。

（4）排除故障后，欲使衔铁在热敏电阻为 50 °C 时被吸合，应先断开开关，用电阻箱替换热敏电阻，并将阻值调至 108.1 Ω，合上开关，调节滑动变阻器的阻值，直至观察到继电器的衔铁被吸合，这时断开开关，将电阻箱从电路中移除，将热敏电阻再接入电路。因此操作步骤的正确顺序是⑤④②③①。

12.【选做题】本题包括 A、B、C 三小题，请选定其中两小题，并在相应的答题区域内作答。若多做，则按 A、B 两小题评分。

A.（选修 3-3）（12 分）

(1) 一定质量的理想气体从状态 A 经过状态 B 变化到状态 C，其 $V-T$ 图象如图所示。下列说法正确的有（BC）



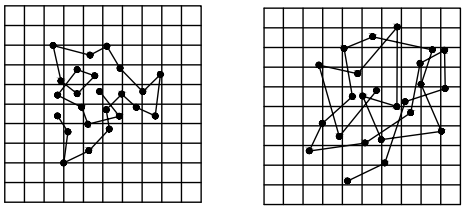
A. $A\to B$ 的过程中，气体对外界做功

B. $A\to B$ 的过程中，气体放出热量

C. $B\to C$ 的过程中，气体压强不变

D. $A\to B\to C$ 的过程中，气体内能增加

(2) 图 甲 和图 乙 中是某同学从资料中查到的两张记录水中炭粒运动位置连线的图片，记录炭粒位置的时间间隔均为 30 s，两方格纸每格表示的长度相同。比较两张图片可知：若水温相同，甲（选填“甲”或“乙”）中炭粒的颗粒较大；若炭粒大小相同，乙（选填“甲”或“乙”）中水分子的热运动较剧烈。


甲　　乙

(3) 科学家可以运用无规则运动的规律来研究生物蛋白分子。资料显示，某种蛋白的摩尔质量为 66 kg/mol，其分子可视为半径为 3×10^{-9} m 的球，已知阿伏伽德罗常数为 $6.0\times10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$。请估算该蛋白的密度。（计算结果保留一位有效数字）

B.（选修 3-4）（12 分）

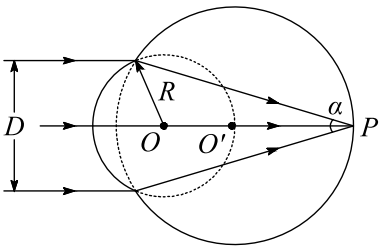
(1) 接近光速飞行的飞船和地球上各有一只相同的铯原子钟，飞船和地球上的人观测这两只钟的快慢，下列说法正确的有（AC）

A. 飞船上的人观测到飞船上的钟较快　　B. 飞船上的人观测到飞船上的钟较慢

C. 地球上的人观测到地球上的钟较快　　D. 地球上的人观测到地球上的钟较慢

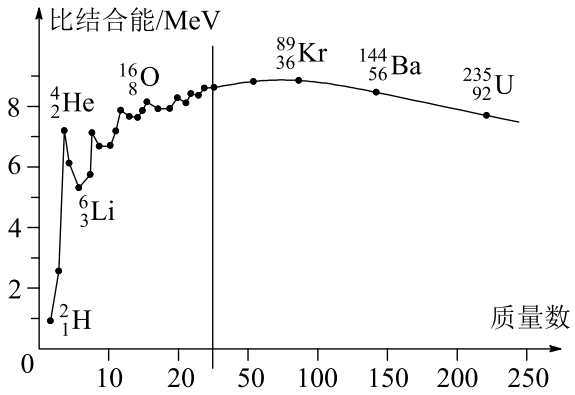
(2) 野生大象群也有自己的“语言”。研究人员录下象群“语言”交流时发出的声音，发现以 2 倍速度快速播放时，能听到比正常播放时更多的声音。播放速度变为原来的 2 倍时，播出声波的频率（选填“周期”或“频率”）也变为原来的 2 倍，声波的传播速度不变（选填“变大”、“变小”或“不变”）。

(3) 人的眼球可简化为如图所示的模型，折射率相同、半径不同的两个球体共轴，平行光束宽度为 D，对称地沿轴线方向射入半径为 R 的小球，会聚在轴线上的 P 点。取球体的折射率为 $\sqrt{2}$，且 $D=\sqrt{2}R$，求光线的会聚角 α。（示意图未按比例画出）



C.（选修 3-5）（12 分）

(1) 原子核的比结合能曲线如图所示，根据该曲线，下列判断中正确的有（BC）



A. $^{4}_{2}$He 核的结合能约为 14 MeV

B. $^{4}_{2}$He 核比 $^{6}_{3}$Li 核更稳定

C. 两个 $^{2}_{1}$H 核结合成 $^{4}_{2}$He 核时释放能量

D. $^{235}_{92}$U 核中核子的平均结合能比 $^{89}_{36}$Kr 核中的大

(2) 质子和 α 粒子被加速到相同动能时，质子的动量小于（选填“大于”、“小于”或“等于”）α 粒子的动量，质子和 α 粒子的德布罗意波波长之比为2 : 1。

(3) 甲、乙两运动员在做花样滑冰表演，沿同一直线相向运动，速度大小都是 1 m/s，甲、乙相遇时用力推对方，此后都沿各自原方向的反方向运动，速度大小分别为 1 m/s 和 2 m/s。求甲、乙两运动员的质量之比。

(1) A:(1)BC;(2)甲,乙;(3)$\rho = 1\times10^{3}\,\mathrm{kg/m^{3}}$（或 $\rho = 5\times10^{2}\,\mathrm{kg/m^{3}}$,$5\times10^{2}\sim1\times10^{3}$ 都算对）。 (2) B:（1）AC;（2）频率，不变;（3）$\alpha = 30°$。 (3) C:（1）BC;（2）小于，2 : 1;（3）$\frac{3}{2}$。

A.（1）由图可知，从状态 A 到状态 B 气体的体积减小，外界对气体做功，故 A 错误；从状态 A 到状态 B 过程气体的温度不变，内能不变，由热力学第一定律可知，气体放出热量，故 B 正确；由理想气体状态方程 $pV = nRT$，$V = \frac{nR}{p}T$ 可知，从状态 B 到状态 C 气体发生的是等压变化，气体的温度在降低，内能在减少，故 C 正确 D 错误。

（2）影响布朗运动快慢的因素有两个，悬浮颗粒的大小和温度，炭粒越小、温度越高布朗运动越明显，从图可以看出，乙图反映的布朗运动明显，因此温度相同时，甲图中的炭粒大；炭粒大小相同时，乙图中水的温度高。

（3）摩尔体积 $V = \frac{4}{3}\pi r^{3}N_{A}$（或 $V = (2r)^{3}N_{A}$），由密度公式知 $\rho = \frac{M}{V}$，联立解得 $\rho = \frac{3M}{4\pi r^{3}N_{A}}$（或 $\rho = \frac{M}{8r^{3}N_{A}}$），代入数据得 $\rho = 1\times10^{3}\,\mathrm{kg/m^{3}}$（或 $\rho = 5\times10^{2}\,\mathrm{kg/m^{3}}$，$5\times10^{2}\sim1\times10^{3}\,\mathrm{kg/m^{3}}$ 都算对）。

B.（1）相对论告诉我们，运动的钟会变慢，由于飞船上的人观测飞船上的钟是相对静止的，观测到地球上的钟是相对运动的，因此飞船上的人观察到飞船上的钟比地球

上的钟快，故 A 正确 B 错误；同样，地球上的人观测到飞船上的钟是相对运动的，观测到地球上的钟是相对静止的，因此他观测到地球上的钟比飞船上的钟快，故 C 正确 D 错误。

（2）播放速度变为原来的 2 倍，则播出声波的周期为原来的一半，频率为原来的 2 倍，但在同一介质中声波传播速度不变。

（3）由几何关系得 $\sin i = \frac{D}{2R}$，解得 $i = 45°$，由折射定律得 $n = \frac{\sin i}{\sin \gamma}$，解得 $\gamma = 30°$，且 $i = \gamma + \frac{\alpha}{2}$，解得 $\alpha = 30°$。

C.（1）由图可知，${}_2^4\mathrm{He}$ 的比结合能约为 7 MeV，因此 ${}_2^4\mathrm{He}$ 的结合能约为 $7\,\mathrm{MeV} \times 4 = 28\,\mathrm{MeV}$，故 A 错误；比结合能越大，原子核越牢固，结合图象可知，故 B 正确；两个比结合能小的 ${}_1^2\mathrm{H}$ 核结合成比结合能大的 ${}_2^4\mathrm{He}$，会释放能量，故 C 正确；由图象可知，${}_{92}^{235}\mathrm{U}$ 的比结合能（即平均结合能）比 ${}_{36}^{89}\mathrm{Kr}$ 的小，故 D 错误。

（2）由 $p = \sqrt{2mE_k}$ 可知，动能相同时，质子的质量比 α 粒子的质量小，因此动量小；由 $\lambda = \frac{h}{p}$ 可知，质子和 α 粒子的德布罗意波波长之比为 $\frac{\lambda_\mathrm{p}}{\lambda_\alpha} = \sqrt{\frac{m_\alpha}{m_\mathrm{p}}} = \sqrt{\frac{4}{1}} = \frac{2}{1}$。

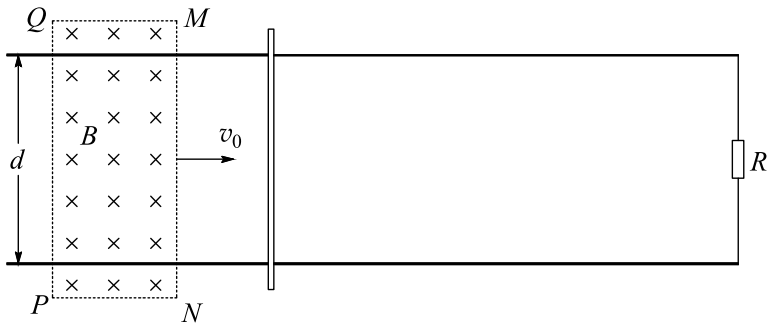
（3）由动量守恒得 $m_1v_1 - m_2v_2 = m_2v_2' - m_1v_1'$，解得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2 + v_2'}{v_1 + v_1'}$，代入数据得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{2}$。

13. 如图所示，两条相距 d 的平行金属导轨位于同一水平面内，其右端接一阻值为 R 的电阻。质量为 m 的金属杆静置在导轨上，其左侧的矩形匀强磁场区域 MNPQ 的磁感应强度大小为 B、方向竖直向下。当该磁场区域以速度 v_0 匀速地向右扫过金属杆后，金属杆的速度变为 v。导轨和金属杆的电阻不计，导轨光滑且足够长，杆在运动过程中始终与导轨垂直且两端与导轨保持良好接触。求：

(1) MN 刚扫过金属杆时，杆中感应电流的大小 I；

(2) MN 刚扫过金属杆时，杆的加速度大小 a；

(3) PQ 刚要离开金属杆时，感应电流的功率 P。



(1) $I = \frac{Bdv_0}{R}$　(2) $a = \frac{B^2d^2v_0}{mR}$　(3) $P = \frac{B^2d^2(v_0 - v)^2}{R}$

（1）由法拉第电磁感应定律知，感应电动势为 $E=Bdv_0$，感应电流为 $I=\frac{E}{R}$，联立解得 $I=\frac{Bdv_0}{R}$。

（2）金属杆受到的安培力大小为 $F=BId$，由牛顿第二定律得 $F=ma$，联立解得 $a=\frac{B^2d^2v_0}{mR}$。

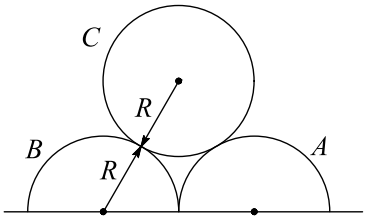
（3）金属杆切割磁感线的速度大小为 $v'=v_0-v$，感应电动势大小为 $E=Bd(v_0-v)$，电功率大小为 $P=\frac{E^2}{R}$，联立解得 $P=\frac{B^2d^2(v_0-v)^2}{R}$。

14. 如图所示，两个半圆柱 A、B 紧靠着静置于水平地面上，其上有一光滑圆柱 C，三者半径均为 R。C 的质量为 m，A、B 的质量都为 $\frac{m}{2}$，与地面的动摩擦因数均为 μ。现用水平向右的力拉 A，使 A 缓慢移动，直至 C 恰好降到地面。整个过程中 B 保持静止。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g。求：

(1) 未拉 A 时，C 受到 B 作用力的大小 F；

(2) 动摩擦因数的最小值 $\mu_{\min}$；

(3) A 移动的整个过程中，拉力做的功 W。



(1) $F=\frac{\sqrt{3}}{3}mg$ (2) $\mu_{\min}=\frac{\sqrt{3}}{2}$ (3) $W=(2\mu-1)(\sqrt{3}-1)mgR$

（1）由 C 受力平衡得 $2F\cos 30^\circ=mg$，解得 $F=\frac{\sqrt{3}}{3}mg$。

（2）当 C 恰好降到地面时，B 受 C 压力的水平分力最大，大小为 $F_{x\max}=\frac{\sqrt{3}}{2}mg$，B 受地面的摩擦力大小为 $f=\mu mg$，由题意知 $f_{\min}=F_{x\max}$，联立解得 $\mu_{\min}=\frac{\sqrt{3}}{2}$。

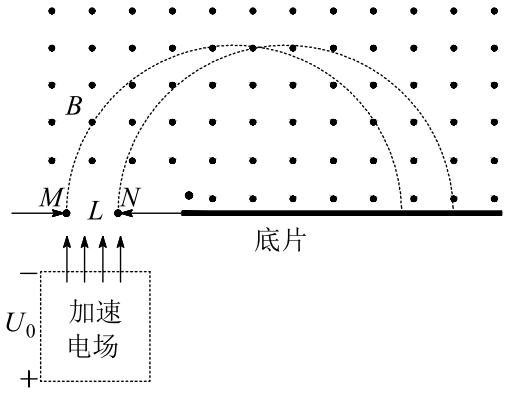
（3）A 移动时，C 下降的高度为 $h=(\sqrt{3}-1)R$，A 的位移大小为 $x=2(\sqrt{3}-1)R$，摩擦力做功的大小为 $W_f=fx=2(\sqrt{3}-1)\mu mgR$，由动能定理得 $W-W_f+mgh=0-0$，解得 $W=(2\mu-1)(\sqrt{3}-1)mgR$。

15. 一台质谱仪的工作原理如图所示。大量的甲、乙两种离子飘入电压为 U_0 的加速电场，其初速度几乎为 0，经过加速后，通过宽为 L 的狭缝 MN 沿着与磁场垂直的方向进入磁感应强度为 B 的匀强磁场中，最后打到照相底片上。已知甲、乙两种离子的电荷量均为 $+q$，质量分别为 $2m$ 和 m，图中虚线为经过狭缝左、右边界 M、N 的甲种离子的运动轨迹。不考虑离子间的相互作用。

(1) 求甲种离子打在底片上的位置到 N 点的最小距离 x；

(2) 在图中用斜线标出磁场中甲种离子经过的区域，并求该区域最窄处的宽度 d；

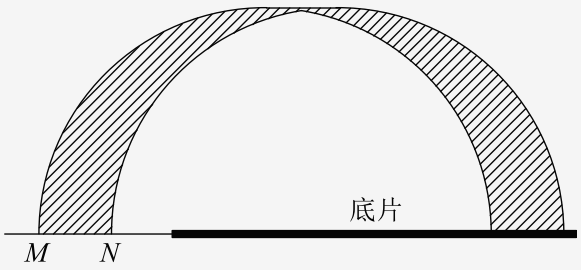
(3) 若考虑加速电压有波动，在 $(U_0-\Delta U)$ 到 $(U_0+\Delta U)$ 之间变化，要使甲、乙两种离子在底片上没有重叠，求狭缝宽度 L 满足的条件。



(1) $x=\frac{4}{B}\sqrt{\frac{mU_0}{q}}-L$ (2) $d=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mU_0}{q}}-\sqrt{\frac{4mU_0}{qB^2}-\frac{L^2}{4}}$ (3) $L<\frac{2}{B}\sqrt{\frac{m}{q}}\left[2\sqrt{U_0-\Delta U}-\sqrt{2(U_0+\Delta U)}\right]$

（1）设甲种离子在磁场中的运动半径为 r_1。电场加速时，由功能关系得 $qU_0=\frac{1}{2}\times 2mv^2$，由洛伦兹力提供向心力得 $qvB=2m\frac{v^2}{r_1}$，联立解得 $r_1=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mU_0}{q}}$，由几何关系得 $x=2r_1-L$，解得 $x=\frac{4}{B}\sqrt{\frac{mU_0}{q}}-L$。

（2）离子经过的区域见下图。最窄处位于两虚线交点的垂线上，由几何关系得 $d=r_1-\sqrt{r_1^2-\left(\frac{L}{2}\right)^2}$，解得 $d=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mU_0}{q}}-\sqrt{\frac{4mU_0}{qB^2}-\frac{L^2}{4}}$。



（3）设乙种离子在磁场中的运动半径为 r_2。r_1 的最小半径为 $r_{1\min}=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{m(U_0-\Delta U)}{q}}$，$r_2$ 的最大半径为 $r_{2\max}=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m(U_0+\Delta U)}{q}}$，由题意知 $2r_{1\min}-2r_{2\max}>L$，即 $\frac{4}{B}\sqrt{\frac{m(U_0-\Delta U)}{q}}-\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2m(U_0+\Delta U)}{q}}>L$，解得 $L<\frac{2}{B}\sqrt{\frac{m}{q}}\left[2\sqrt{U_0-\Delta U}-\sqrt{2(U_0+\Delta U)}\right]$。