2018 年全国理综 I

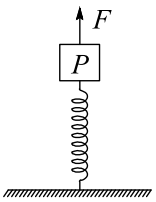
1. 高铁列车在启动阶段的运动可看作初速度为零的匀加速直线运动，在启动阶段列车的动能 (B)

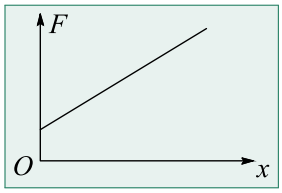
A. 与它所经历的时间成正比　　B. 与它的位移成正比

C. 与它的速度成正比　　D. 与它的动量成正比

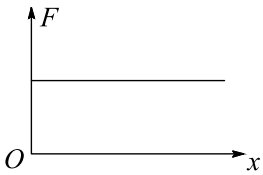
> 列车做匀加速直线运动，由 $v=at$ 可知列车的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}ma^2t^2\propto t^2$，故 A 错误；由 $v^2=2ax$ 可知列车的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=max\propto x$，故 B 正确；列车的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2\propto v^2$，故 C 错误；列车的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{p^2}{2m}\propto p^2$，故 D 错误。

2. 如图，轻弹簧的下端固定在水平桌面上，上端放有物块 P，系统处于静止状态，现用一竖直向上的力 F 作用在 P 上，使其向上做匀加速直线运动，以 x 表示 P 离开静止位置的位移，在弹簧恢复原长前，下列表示 F 和 x 之间关系的图像可能正确的是 (A)

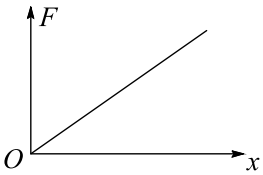




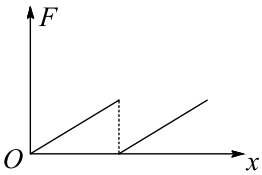
A.



B.



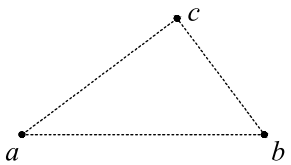
C.



D.

> 设物块静止时弹簧的形变量为 x_0，则有 $mg=kx_0$。物块做匀加速直线运动，由牛顿第二定律得 $F-mg+k(x_0-x)=ma$，解得 $F=ma+kx$，所以 $F-x$ 图线是不过原点的倾斜直线，故 A 正确，BCD 错误。

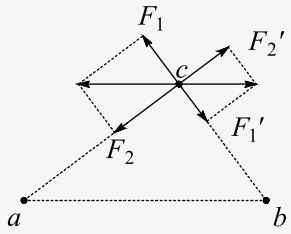
3. 如图，三个固定的带电小球 a、b 和 c，相互间的距离分别为 $ab=5\,\mathrm{cm}$，$bc=3\,\mathrm{cm}$，$ca=4\,\mathrm{cm}$。小球 c 所受库仑力的合力的方向平行于 a、b 的连线。设小球 a、b 所带电荷量的比值的绝对值为 k，则 (D)



A. a、b 的电荷同号，$k=\frac{16}{9}$　　B. a、b 的电荷异号，$k=\frac{16}{9}$

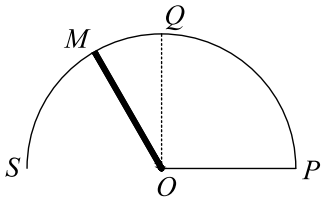
C. a、b 的电荷同号，$k=\frac{64}{27}$　　D. a、b 的电荷异号，$k=\frac{64}{27}$

由题意可知小球 c 受到的库仑力的合力可能水平向左，也可能水平向右，受力如图所示。



若合力水平向左，可知小球 a 对小球 c 吸引，小球 b 对小球 c 排斥，所以 a、b 带异种电荷；由平衡条件可知 $\tan 37^\circ = \frac{F_1}{F_2}$，由库仑力公式有 $F_1 = \frac{k'q_bq_c}{(bc)^2}$，$F_2 = \frac{k'q_aq_c}{(ac)^2}$，联立解得 $\frac{q_a}{q_b} = \frac{64}{27}$；同理，若库仑力的合力水平向右，可知小球 a 对小球 c 排斥，小球 b 对小球 c 吸引，所以 a、b 带异种电荷，同样有 $\tan 37^\circ = \frac{F_1'}{F_2'}$，仍可推得 $\frac{q_a}{q_b} = \frac{64}{27}$，故 D 正确，ABC 错误。

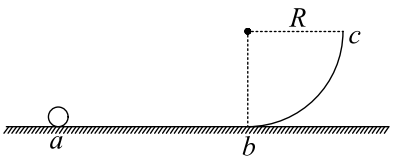
4. 如图，导体轨道 OPQS 固定，其中 PQS 是半圆弧，Q 为半圆弧的中心，O 为圆心。轨道的电阻忽略不计。OM 是有一定电阻、可绕 O 转动的金属杆。M 端位于 PQS 上，OM 与轨道接触良好。空间存在与半圆所在平面垂直的匀强磁场，磁感应强度的大小为 B，现使 OQ 位置以恒定的角速度逆时针转到 OS 位置并固定（过程 I）；再使磁感应强度的大小以一定的变化率从 B 增加到 B'（过程 II）。在过程 I、II 中，流过 OM 的电荷量相等，则 $\frac{B'}{B}$ 等于 (B)



A. $\frac{5}{4}$　　B. $\frac{3}{2}$　　C. $\frac{7}{4}$　　D. 2

OM 从 OQ 位置以恒定的角速度逆时针转动到 OS 位置，通过 OM 的电荷量 $q_1 = \overline{\frac{E}{R}}\Delta t = \frac{\frac{\Delta\phi}{\Delta t}}{R}\Delta t = \frac{\Delta\phi}{R} = \frac{B\cdot\frac{\pi r^2}{4}}{R}$；磁感应强度的大小以一定的变化率从 B 增加到 B' 的过程中，通过 OM 的电荷量 $q_2 = \frac{\Delta\phi}{R} = \frac{S\Delta B}{R} = \frac{\frac{\pi}{2}r^2(B'-B)}{R}$，并且 $q_1 = q_2$，联立解得 $\frac{B'}{B} = \frac{3}{2}$，故 B 正确。

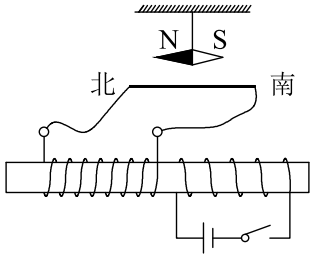
5. 如图，abc 是竖直面内的光滑固定轨道，ab 水平，长度为 $2R$，bc 是半径为 R 的四分之一的圆弧，与 ab 相切于 b 点。一质量为 m 的小球始终受到与重力大小相等的水平外力的作用，自 a 点处从静止开始向右运动，重力加速度大小为 g。小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点，机械能的增量为 (C)



A. $2mgR$　　B. $4mgR$　　C. $5mgR$　　D. $6mgR$

> 小球从 a 到 c 的过程，由动能定理得 $F\cdot 3R-mgR=\frac{1}{2}mv_c^2-0$，由题意知 F 的大小为 mg，解得 $v_c=2\sqrt{gR}$。小球离开 c 点后在竖直方向做竖直上抛运动，水平方向做匀加速直线运动，在竖直方向有 $v_c=gt$，在水平方向上有 $x=\frac{1}{2}at^2=\frac{Ft^2}{2m}$，联立解得 $x=2R$，可知小球机械能的增量为 $\Delta E=F(3R+x)=5mgR$，故 C 正确。

6. 如图，两个线圈绕在同一根铁芯上，其中一线圈通过开关与电源连接，另一线圈与远处沿南北方向水平放置在纸面内的直导线连接成回路。将一小磁针悬挂在直导线正上方，开关未闭合时小磁针处于静止状态。下列说法正确的是（AD）



A. 开关闭合后的瞬间，小磁针的 N 极朝垂直纸面向里的方向转动

B. 开关闭合并保持一段时间后，小磁针的 N 极指向垂直纸面向里的方向

C. 开关闭合并保持一段时间后，小磁针的 N 极指向垂直纸面向外的方向

D. 开关闭合并保持一段时间再断开后的瞬间，小磁针的 N 极朝垂直纸面向外的方向转动

> 开关闭合的瞬间，左侧的线圈中磁通量变化，产生感应电动势和感应电流，由楞次定律可判断出直导线中电流方向为由南向北，由安培定则可判断出小磁针处的磁场方向垂直纸面向里，小磁针的 N 极朝垂直纸面向里的方向转动，选项 A 正确；
>
> 开关闭合并保持一段时间后，左侧线圈中磁通量不变，线圈中感应电动势和感应电流为零，直导线中电流为零，小磁针恢复到原来状态，选项 BC 错误；
>
> 开关闭合并保持一段时间再断开后的瞬间，左侧的线圈中磁通量变化，产生感应电动势和感应电流，由楞次定律可判断出直导线中电流方向为由北向南，由安培定则可判断出小磁针处的磁场方向垂直纸面向外，小磁针的 N 极朝垂直纸面向外的方向转动，选项 D 正确。

7. 2017 年，人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波。根据科学家们复原的过程，在两颗中子星合并前约 100 s 时，它们相距约 400 km，绕二者连线上的某点每秒转

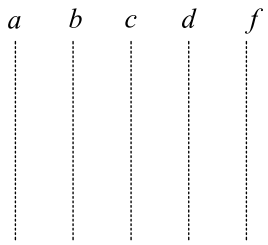
动 12 圈，将两颗中子星都看作是质量均匀分布的球体，由这些数据、万有引力常量并利用牛顿力学知识，可以估算出这一时刻两颗中子星 (BC)

A. 质量之积　　B. 质量之和

C. 速率之和　　D. 各自的自转角速度

> 由题意知两中子星的距离 L 和周期 T，由万有引力提供向心力得 $\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1\frac{4\pi^2}{T^2}r_1$，$\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_2\frac{4\pi^2}{T^2}r_2$，其中 $r_1+r_2=L$，联立解得 $\frac{G(m_1+m_2)}{L^2}=\frac{4\pi^2L}{T^2}$，可以求出它们的质量之和 $m_1+m_2=\frac{4\pi^2L^3}{GT^2}$，故 B 正确；由 $v_1=\frac{2\pi r_1}{T}$，$v_2=\frac{2\pi r_2}{T}$，可得它们的速率之和 $v_1+v_2=\frac{2\pi L}{T}$，故 C 正确；由于 r_1、r_2 的具体大小未知，无法求出它们的质量之积 $m_1m_2=\frac{16\pi^4L^4r_1r_2}{G^2T^4}$，故 A 错误；题中条件与中子星自转无关，无法求出自转角速度，故 D 错误。

8. 图中虚线 a、b、c、d、f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，已知平面 b 上的电势为 2 V。一电子经过 a 时的动能为 10 eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6 eV。下列说法正确的是 (AB)



A. 平面 c 上的电势为零

B. 该电子可能到达不了平面 f

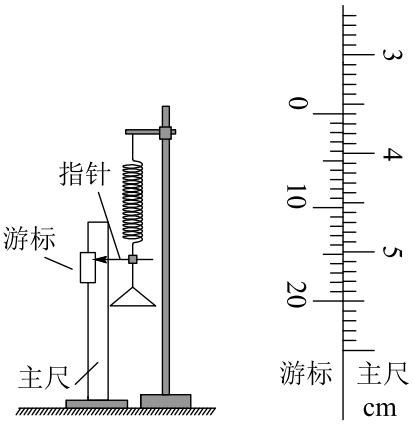
C. 该电子经过平面 d 时，其电势能为 4 eV

D. 该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

> 由题可知 $U_{ad}=\frac{W_{ad}}{q}=\frac{-6\,\mathrm{eV}}{-e}=6\,\mathrm{V}$，由图可知 $U_{ad}=3U_{ab}=3U_{bc}$，所以 $\varphi_a-\varphi_b=\varphi_b-\varphi_c=2\,\mathrm{V}$，故平面 c 上的电势 $\varphi_c=0$，故 A 正确；
>
> 电子进入电场的方向不确定，可能在到达平面 f 之前沿电场方向的速度减为零，垂直于电场方向的速度不为零，故 B 正确；
>
> 由以上分析可得平面 d 的电势 $\varphi_d=-2\,\mathrm{V}$，所以电子在平面 d 的电势能 $E_p=-e\varphi_d=2\,\mathrm{eV}$，故 C 错误；电子从 a 到 b 由动能定理可得 $W_{ab}=E_{kb}-E_{ka}$，解得 $E_{kb}=8\,\mathrm{eV}$；电子从 a 到 d 由动能定理可得 $W_{ad}=-U_{ad}e=E_{kd}-E_{ka}$，解得 $E_{kd}=4\,\mathrm{eV}$，则 $v_b=\sqrt{2}v_d$，故 D 错误。

9. 如图（a），一弹簧上端固定在支架顶端，下端悬挂一托盘；一标尺由游标和主尺构成，主尺竖直固定在弹簧左边；托盘上方固定有一能与游标刻度线准确对齐的装置，简化为

图中的指针。现要测量图（a）中弹簧的劲度系数，当托盘内没有砝码时，移动游标，使其零刻度线对准指针，此时标尺读数为 1.950 cm；当托盘内放有质量为 0.100 kg 的砝码时，移动游标，再次使其零刻度线对准指针，标尺示数如图（b）所示，其读数为3.775 cm。当地的重力加速度大小为 9.80 m/s^2，此弹簧的劲度系数为53.7 N/m（保留 3 位有效数字）。



图（a）　图（b）

主尺读数为 3.7 cm，游标上第 15 个刻度和主尺上某一刻度对齐，所以游标读数为 $15\times0.05\,\text{mm}=0.75\,\text{mm}=0.075\,\text{cm}$，所以最终读数为 $3.7\,\text{cm}+0.075\,\text{cm}=3.775\,\text{cm}$；由胡克定律得 $k=\frac{F}{\Delta x}=\frac{mg}{L_1-L_0}=\frac{0.100\times9.8}{(3.775-1.950)\times10^{-2}}\,\text{N/m}\approx53.7\,\text{N/m}$。

10. 某实验小组利用如图（a）所示的电路探究在 25 °C ～ 80 °C 范围内某热敏电阻的温度特性，所用器材有：置于温控室（图中虚线区域）中的热敏电阻 R_T，其标称值（25 °C 时的阻值）为 900.0 Ω；电源 E（6 V，内阻可忽略）；电压表 V（量程 150 mV）；定值电阻 R_0（阻值 20.0 Ω），滑动变阻器 R_1（最大阻值为 1000 Ω）；电阻箱 R_2（阻值范围 0 ～ 999.9 Ω）；单刀开关 S_1，单刀双掷开关 S_2。

实验时，先按图（a）连接好电路，再将温控室的温度 t 升至 80.0 °C，将 S_2 与 1 端接通，闭合 S_1，调节 R_1 的滑片位置，使电压表读数为某一值 U_0；保持 R_1 的滑片位置不变，将 R_2 置于最大值，将 S_2 与 2 端接通，调节 R_2，使电压表读数仍为 U_0；断开 S_1，记下此时 R_2 的读数，逐步降低温控室的温度 t，得到相应温度下 R_2 的阻值，直至温度降到 25.0 °C，实验得到的 R_2-t 数据见下表。

t/°C	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
R_2/Ω	900.0	680.0	500.0	390.0	320.0	270.0	240.0

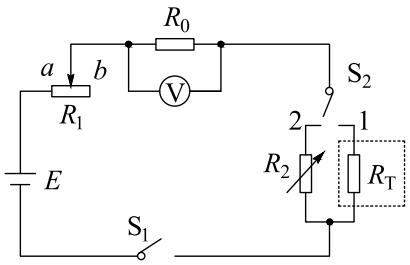
回答下列问题：

(1) 在闭合 S_1 前，图（a）中 R_1 的滑片应移动到 b（填“a”或“b”）端；

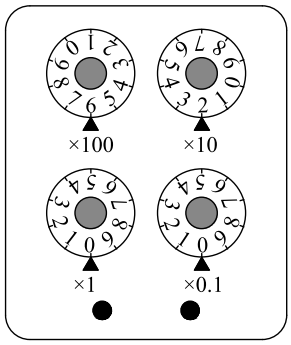
(2) 在图（b）的坐标纸上补齐数据表中所给数据点，并做出 R_2-t 曲线；

(3) 由图（b）可得到 R_T 在 25 °C ～ 80 °C 范围内的温度特性，当 $t = 44.0$ °C 时，可得 R_T =450 Ω；

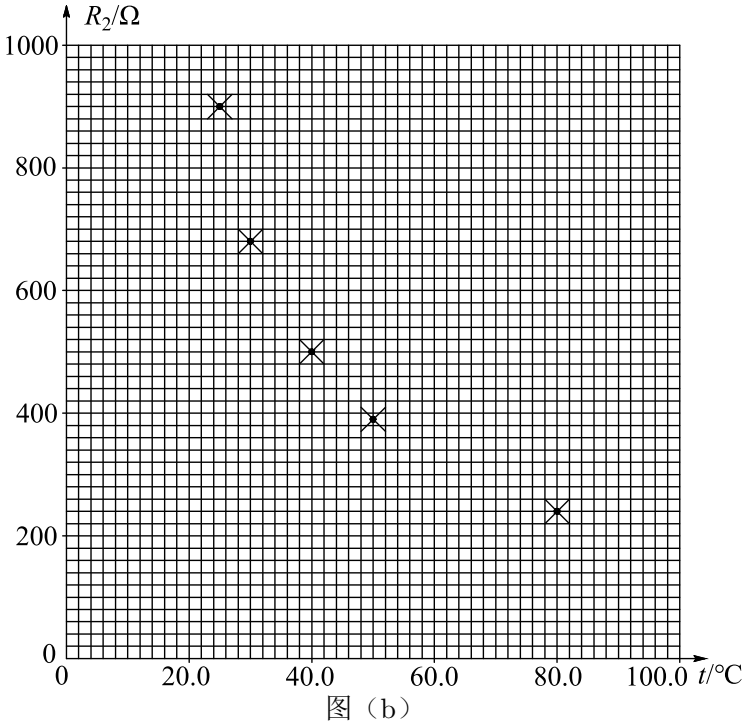
(4) 将 R_T 握于手心，手心温度下 R_2 的相应读数如图（c）所示，该读数为620.0 Ω，则手心温度为33.0 °C。



图（a）



图（c）

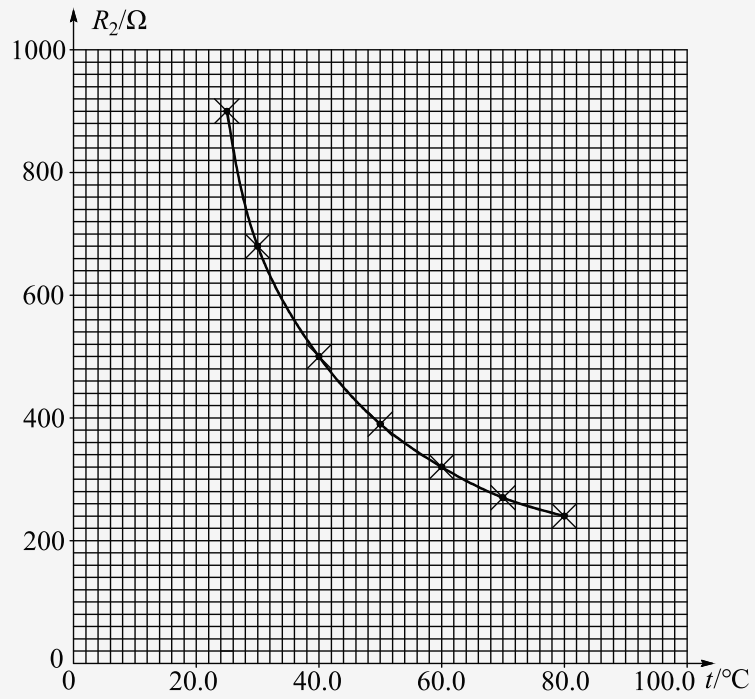


图（b）

(1) b (2) 如图所示 (3) 450 (4) 620.0，33.0

（1）滑动变阻器采用限流式接法，在闭合开关前，从保护电路的角度考虑，滑动变阻器接入电路的阻值应调到最大值，故 R_1 的滑片应移动到 b 端。

（2）先描点，之后在坐标纸上用平滑的曲线连接各点，如图所示。



（3）由图（b）可知，当 $t=44.0\,^{\circ}\mathrm{C}$ 时，$R_T=R_2=450\,\Omega$。

（4）由图（c）可知，电阻箱示数为 $R_T=6\times100\,\Omega+2\times10\,\Omega+0\times1\,\Omega+0\times0.1\,\Omega=620.0\,\Omega$，由图（b）可得当 $R_T=R_2=620.0\,\Omega$ 时，手心的温度 $t=33.0\,^{\circ}\mathrm{C}$。

11. 一质量为 m 的烟花弹获得动能 E 后，从地面竖直升空，当烟花弹上升的速度为零时，弹中火药爆炸将烟花弹炸为质量相等的两部分，两部分获得的动能之和也为 E，且均沿竖直方向运动。爆炸时间极短，重力加速度大小为 g，不计空气阻力和火药的质量，求：

(1) 烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间；

(2) 爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度。

(1) $t=\frac{1}{g}\sqrt{\frac{2E}{m}}$　(2) $h=\frac{2E}{mg}$

（1）设烟花弹上升的初速度为 v_0，由题给条件得

$E=\frac{1}{2}mv_0^2$ ①，

设烟花弹从地面开始上升到火药爆炸所用的时间为 t，由运动学公式得

$0-v_0=-gt$ ②，

联立①②式得 $t=\frac{1}{g}\sqrt{\frac{2E}{m}}$ ③。

（2）设爆炸时烟花弹距地面的高度为 h_1，由机械能守恒定律得

$E=mgh_1$ ④，

火药爆炸后，烟花弹上、下两部分均沿竖直方向运动，设爆炸后瞬间其速度分别为 v_1 和 v_2，由题给条件和动量守恒得

$\frac{1}{4}mv_1^2+\frac{1}{4}mv_2^2=E$ ⑤，

$\frac{1}{2}mv_1+\frac{1}{2}mv_2=0$ ⑥，

由⑥式知，烟花弹两部分的速度方向相反，向上运动部分做竖直上抛运动。设爆炸后烟花弹上部分继续上升的高度为 h_2，由机械能守恒定律得

$\frac{1}{4}mv_1^2=\frac{1}{2}mgh_2$ ⑦，

联立④⑤⑥⑦式得，烟花弹上部分距地面的最大高度为

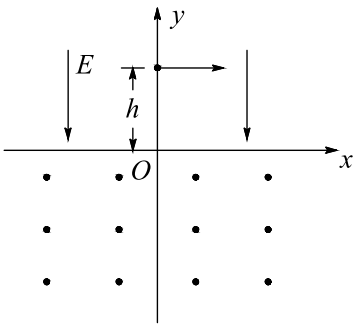
$h=h_1+h_2=\frac{2E}{mg}$ ⑧。

12. 如图，在 $y>0$ 的区域存在方向沿 y 轴负方向的匀强电场，场强大小为 E，在 $y<0$ 的区域存在方向垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场。一个氕核 ${}_1^1\mathrm{H}$ 和一个氘核 ${}_1^2\mathrm{H}$ 先后从 y 轴上 $y=h$ 点以相同的动能射出，速度方向沿 x 轴正方向。已知 ${}_1^1\mathrm{H}$ 进入磁场时，速度方向与 x 轴正方向的夹角为 60°，并从坐标原点 O 处第一次射出磁场。${}_1^1\mathrm{H}$ 的质量为 m，电荷量为 q，不计重力。求：

(1) ${}_1^1\mathrm{H}$ 第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离；

(2) 磁场的磁感应强度大小；

(3) ${}_1^2\mathrm{H}$ 第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离。

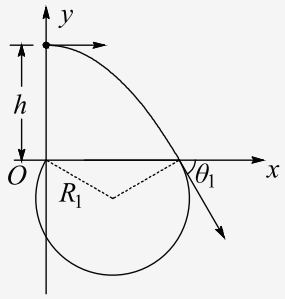


(1) $s_1=\frac{2\sqrt{3}}{3}h$ (2) $B=\sqrt{\frac{6mE}{qh}}$ (3) $s_2'-s_2=\frac{2\sqrt{3}}{3}(\sqrt{2}-1)h$

（1）${}_1^1\mathrm{H}$ 在电场中做类平抛运动，在磁场中做圆周运动，运动轨迹如图所示。设 ${}_1^1\mathrm{H}$ 在电场中的加速度大小为 a_1，初速度大小为 v_1，它在电场中的运动时间为 t_1，第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离为 s_1。由运动学公式得

$s_1=v_1t_1$ ①，

$h=\frac{1}{2}a_1t_1^2$ ②，



由题给条件，${}_1^1\mathrm{H}$ 进入磁场时速度的方向与 x 轴正方向夹角 $\theta_1 = 60°$，${}_1^1\mathrm{H}$ 进入磁场时速度的 y 分量的大小为

$a_1 t_1 = v_1 \tan\theta_1$ ③，

联立以上各式得 $s_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3} h$ ④。

（2）${}_1^1\mathrm{H}$ 在电场中运动时，由牛顿第二定律得

$qE = ma_1$ ⑤，

设 ${}_1^1\mathrm{H}$ 进入磁场时速度的大小为 v_1'，由速度合成法则得

$v_1' = \sqrt{v_1^2 + (a_1 t_1)^2}$ ⑥，

设磁感应强度大小为 B，${}_1^1\mathrm{H}$ 在磁场中运动的圆轨道半径为 R_1，由洛伦兹力公式和牛顿第二定律得

$qv_1' B = \frac{mv_1'^2}{R_1}$ ⑦，

由几何关系得

$s_1 = 2R_1 \sin\theta_1$ ⑧，

联立以上各式得 $B = \sqrt{\frac{6mE}{qh}}$ ⑨。

（3）设 ${}_1^2\mathrm{H}$ 在电场中沿 x 轴正方向射出的速度大小为 v_2，在电场中的加速度大小为 a_2，由题给条件得

$\frac{1}{2}(2m)v_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2$ ⑩，

由牛顿第二定律得

$qE = 2ma_2$ ⑪，

设 ${}_1^2\mathrm{H}$ 第一次射入磁场时的速度大小为 v_2'，速度的方向与 x 轴正方向夹角为 θ_2，入射点到原点的距离为 s_2，在电场中运动的时间为 t_2，由运动学公式得

$s_2 = v_2 t_2$ ⑫，

$h = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$ ⑬，

$v_2' = \sqrt{v_2^2 + (a_2 t_2)^2}$ ⑭，

$\sin\theta_2 = \frac{a_2 t_2}{v_2'}$⑮，

$s_2 = s_1$，$\theta_2 = \theta_1$，$v_2' = \frac{\sqrt{2}}{2} v_1'$⑯。

设 ${}_1^2\mathrm{H}$ 在磁场中做圆周运动的半径为 R_2，由⑦⑯式及粒子在匀强磁场中做圆周运动的半径公式得

$R_2 = \frac{(2m)v_2'}{qB} = \sqrt{2}R_1$⑰，

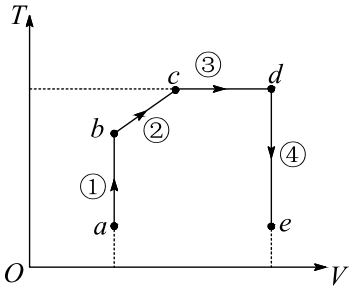
所以出射点在原点左侧。设 ${}_1^2\mathrm{H}$ 进入磁场的入射点到第一次离开磁场的出射点的距离为 s_2'，由几何关系得

$s_2' = 2R_2 \sin\theta_2$⑱，

联立④⑧⑯⑰⑱式得，${}_1^2\mathrm{H}$ 第一次离开磁场时的位置到原点 O 的距离为

$s_2' - s_2 = \frac{2\sqrt{3}}{3}(\sqrt{2}-1)h$。

13.（1）如图，一定质量的理想气体从状态 a 开始，经历过程①、②、③、④到达状态 e，对此气体，下列说法正确的是（BDE）（选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分，每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分）

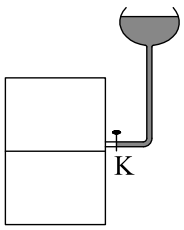


A. 过程①中气体的压强逐渐减小　　B. 过程②中气体对外界做正功

C. 过程④中气体从外界吸收了热量　　D. 状态 c、d 的内能相等

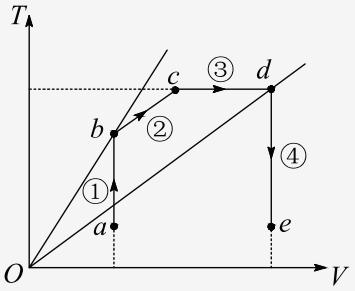
E. 状态 d 的压强比状态 b 的压强小

（2）如图，容积为 V 的汽缸由导热材料制成，面积为 S 的活塞将汽缸分成容积相等的上下两部分，汽缸上部通过细管与装有某种液体的容器相连，细管上有一阀门 K。开始时，K 关闭，汽缸内上下两部分气体的压强均为 p_0。现将 K 打开，容器内的液体缓慢地流入汽缸，当流入的液体体积为 $\frac{V}{8}$ 时，将 K 关闭，活塞平衡时其下方气体的体积减小了 $\frac{V}{6}$，不计活塞的质量和体积，外界温度保持不变，重力加速度大小为 g。求流入汽缸内液体的质量。



$m=\frac{15p_0S}{26g}$

（1）过程①气体发生等容变化，温度升高，由 $\frac{pV}{T}=C$ 可知气体压强增大，故 A 错误；过程②气体体积增大，气体对外做正功，故 B 正确；过程④气体发生等容变化，气体对外不做功，温度降低，内能减小，由 $\Delta U=Q+W$ 可知气体对外放热，故 C 错误；状态 c、d 的温度相同，气体内能相等，故 D 正确；由 $\frac{pV}{T}=C$ 可得 $T=\frac{p}{c}V$，在 $T-V$ 图像中，坐标点与坐标原点的连线的斜率 $k=\frac{p}{c}$，如图所示，所以状态 d 的压强比状态 b 的压强小，故 E 正确。



（2）设活塞再次平衡后，活塞上方气体的体积为 V_1，压强为 p_1；下方气体的体积为 V_2，压强为 p_2。在活塞下移的过程中，活塞上、下方气体的温度均保持不变，由玻意耳定律得

$p_0\frac{V}{2}=p_1V_1$ ①，

$p_0\frac{V}{2}=p_2V_2$ ②，

由已知条件得

$V_1=\frac{V}{2}+\frac{V}{6}-\frac{V}{8}=\frac{13}{24}V$ ③，

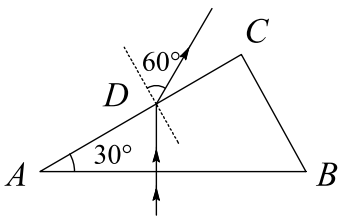
$V_2=\frac{V}{2}-\frac{V}{6}=\frac{V}{3}$ ④，

设活塞上方液体的质量为 m，由力的平衡条件得

$p_2S=p_1S+mg$ ⑤，

联立以上各式得 $m=\frac{15p_0S}{26g}$ ⑥。

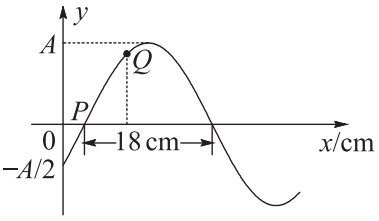
14.（1）如图，$\triangle ABC$ 为一玻璃三棱镜的横截面，$\angle A=30°$，一束红光垂直 AB 边射入，从 AC 边上的 D 点射出，其折射角为 60°，则玻璃对红光的折射率为$\sqrt{3}$。若改用蓝光沿同一路径入射，则光线在 D 点射出时的折射角大于（“小于”“等于”或“大于”）60°。



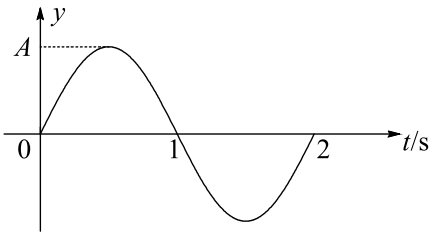
（2）一列简谐横波在 $t=\frac{1}{3}\,\mathrm{s}$ 时的波形图如图（a）所示，P、Q 是介质中的两个质点，图（b）是质点 Q 的振动图像。求：

(1) 波速及波的传播方向；

(2) 质点 Q 的平衡位置的 x 坐标。



图（a）



图（b）

(1) $v=18\,\mathrm{cm/s}$，波沿 x 轴负方向传播　(2) $x_Q=9\,\mathrm{cm}$

（1）由几何知识可得红光从玻璃射入空气中的入射角为 $i=30°$，折射角为 $r=60°$，由光的折射定律可得 $n=\frac{\sin r}{\sin i}=\sqrt{3}$。若改用蓝光入射，在玻璃中入射角不变，由于蓝光的频率比红光的频率大，所以玻璃对蓝光的折射率比对红光的折射率大，由光的折射定律可得光线在 D 点射出时的折射角大于 60°。

（2）（i）由图（a）可以看出，该波的波长为

$\lambda=36\,\mathrm{cm}$ ①，

由图（b）可以看出，周期为

$T=2\,\mathrm{s}$ ②，

波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=18\,\mathrm{cm/s}$ ③，

由图（b）知，当 $t=\frac{1}{3}\,\mathrm{s}$ 时，Q 点向上运动，结合图（a）可得，波沿 x 轴负方向传播。

（ii）设质点 P、Q 平衡位置的 x 坐标分别为 x_P、x_Q。由图（a）知，$x=0$ 处 $y=-\frac{A}{2}=A\sin(-30°)$，因此

$x_P=\frac{30°}{360°}\lambda=3\,\mathrm{cm}$ ④，

由图（b）知，在 $t=0$ 时 Q 点处于平衡位置，经 $\Delta t=\frac{1}{3}\,\mathrm{s}$，其振动状态向 x 轴负方向传播至 P 点处，由此及③式有

$x_Q-x_P=v\Delta t=6\,\mathrm{cm}$ ⑤，

由④⑤式得，质点 Q 的平衡位置的 x 坐标为

$x_Q=9\,\mathrm{cm}$ ⑥。