

2018年普通高等学校招生全国统一考试（新课标I卷）物理

一、选择题：本题共8小题，每小题6分，共48分。在每小题给出的四个选项中，第1~5题只有一项符合题目要求，第6~8题有多项符合题目要求。全部选对的得6分，选对但不全的得3分，有选错的得0分。

1. (6分) 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()

- 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

解析：A、因列车做初速度为零的匀加速直线运动，则有： $v=at$ ，而动能表达式

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}ma^2t^2$ ，可知动能与所经历的时间平方成正比，故A错误；

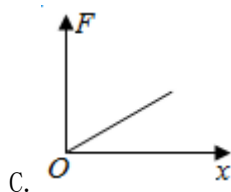
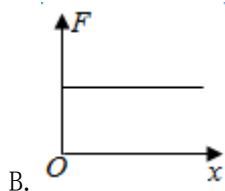
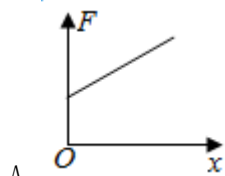
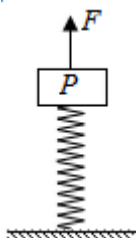
B、依据动能定理，则有： $F_{合}x = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ ，可知，动能与它的位移成正比，故B正确；

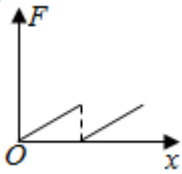
C、由动能表达式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ，可知，动能与它的速度平方成正比，故C错误；

D、依据动能与动量关系式， $E_k = \frac{p^2}{2m}$ ，可知，动能与它的动量平方成正比，故D错误。

答案：B

2. (6分) 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之间关系的图象可能正确的是()





D.

解析：设物块 P 的质量为 m ，加速度为 a ，静止时弹簧的压缩量为 x_0 ，弹簧的劲度系数为 k ，由力的平衡条件得， $mg=kx_0$ ，

以向上为正方向，木块的位移为 x 时弹簧对 P 的弹力： $F_1=k(x_0-x)$ ，

对物块 P，由牛顿第二定律得， $F+F_1-mg=ma$ ，

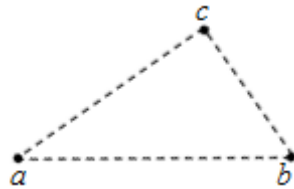
由以上式子联立可得， $F=kx+ma$

可见 F 与 x 是线性关系，且 F 随着 x 的增大而增大，

当 $x=0$ 时， $kx+ma>0$ ，故 A 正确，BCD 错误。

答案：A

3. (6分) 如图，三个固定的带电小球 a, b 和 c，相互间的距离分别为 $ab=5\text{cm}$ ， $bc=3\text{cm}$ ， $ca=4\text{cm}$ ，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()



A. a, b 的电荷同号， $k=\frac{16}{9}$

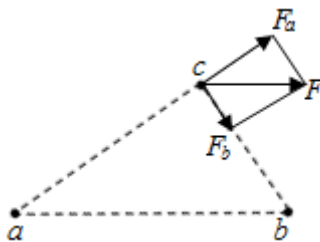
B. a, b 的电荷异号， $k=\frac{16}{9}$

C. a, b 的电荷同号， $k=\frac{64}{27}$

D. a, b 的电荷异号， $k=\frac{64}{27}$

解析：根据同种电荷相斥，异种电荷相吸，且小球 c 所受库仑力的合力的方向平行于 a, b 的连线，可知，a, b 的电荷异号，

对小球 C 受力分析，如下图所示：



因 $ab=5\text{cm}$ ， $bc=3\text{cm}$ ， $ca=4\text{cm}$ ，因此 $ac \perp bc$ ，那么两力的合成构成矩形，

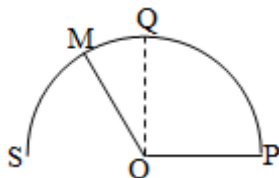
依据相似三角形之比，则有： $\frac{F_a}{F_b} = \frac{ac}{bc} = \frac{4}{3}$ ；

而根据库仑定律， $F_a=k\frac{Q_c q_a}{ac^2}$ ，而 $F_b=k\frac{Q_c q_b}{bc^2}$

综上所述， $\frac{q_a}{q_b} = \frac{4}{3} \times \frac{4^2}{3^2} = \frac{64}{27}$ ，故 ABC 错误，D 正确。

答案：D

4. (6分) 如图, 导体轨道 OPQS 固定, 其中 PQS 是半圆弧, Q 为半圆弧的中点, 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 OM 从 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()



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

解析: 设圆的半径为 R, 金属杆从 Q 到 S 的过程中: $\Delta\Phi = B\Delta S = \frac{1}{4}B\pi R^2$

根据法拉第电磁感应定律有: $E_1 = \frac{\Delta\phi}{\Delta t_1} = \frac{\frac{\pi}{4}BR^2}{\Delta t_1}$

设回路的总电阻为 r, 第一次通过线圈某一横截面的电荷量为: $q_1 = I_1\Delta t_1 = \frac{E_1}{r}\Delta t_1 = \frac{\pi BR^2}{4r} \dots$

①

磁感应强度的大小以一定的变化率从 B 增加到 B' 的过程中设时间为 Δt_2 , $\Delta\Phi' = \frac{\pi}{2}(B' - B)R^2$

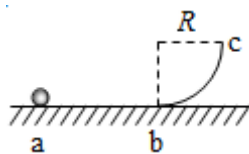
第二次通过线圈某一横截面的电荷量为: $q_2 = I_2\Delta t_2 = \frac{\Delta\phi'}{r} = \frac{\pi(B' - B)R^2}{2r} \dots$ ②

由题, $q_1 = q_2$ ③

联立①②③可得: $\frac{B'}{B} = \frac{3}{2}$ 。故 B 正确, ACD 错误。

答案: B

5. (6分) 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()



- A. 2mgR

- B. $4mgR$
- C. $5mgR$
- D. $6mgR$

解析：由题意知水平拉力为： $F=mg$ ；

设小球达到 c 点的速度为 v ，从 a 到 c 根据动能定理可得： $F \cdot 3R - mgR = \frac{1}{2}mv^2$

解得： $v = \sqrt{4gR}$ ；

小球离开 c 点后，竖直方向做竖直上抛运动，水平方向做初速度为零的匀加速直线运动，

设小球从 c 点达到最高点的时间为 t ，则有： $t = \frac{v}{g} = \sqrt{\frac{4R}{g}}$ ；

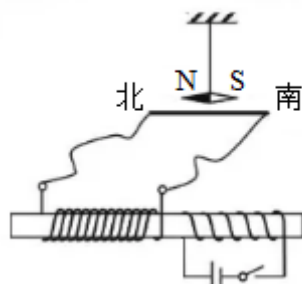
此段时间内水平方向的位移为： $x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times \frac{F}{m} \times (\sqrt{\frac{4R}{g}})^2 = 2R$ ，

所以小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点，小球在水平方向的位移为： $L = 3R + 2R = 5R$ ，
此过程中小球的机械能增量为： $\Delta E = FL = mg \times 5R = 5mgR$ 。

故 C 正确、ABD 错误。

答案：C

6. (6分) 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()



- 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

解析：A、干电池开关闭合后的瞬间，根据楞次定律，左边线圈中产生电流，电流的方向由南到北，根据安培定则，直导线上方的磁场方向垂直纸面向里，则小磁针 N 极向纸里偏转，故 A 正确。

BC、干电池开关闭合并保持一段时间后，根据安培定则，可知，左边线圈中有磁通量，却不变，因此左边线圈中不会产生感应电流，那么小磁针也不会偏转，故 BC 错误。

D、干电池开关闭合并保持一段时间再断开后的瞬间，由 A 选项分析，可知，根据楞次定律，左边线圈中产生电流，电流的方向由北到南，根据安培定则，直导线上方的磁场方向垂直纸面向外，则小磁针 N 极朝垂直纸面向外的方向转动，故 D 正确。

答案：AD

7. (6分) 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 100s 时，它们相距约 400km，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()

- A. 质量之积
- B. 质量之和

- C. 速率之和
D. 各自的自转角速度

解析：AB、设两颗星的质量分别为 m_1 、 m_2 ，轨道半径分别为 r_1 、 r_2 ，相距 $L=400\text{km}=4\times 10^5\text{m}$ ，根据万有引力提供向心力可知：

$$\frac{Cm_1m_2}{L^2} = m_1r_1\omega^2$$

$$\frac{Cm_1m_2}{L^2} = m_2r_2\omega^2,$$

整理可得： $\frac{G(m_1+m_2)}{L^2} = (r_1+r_2)\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{4\pi^2L}{T^2}$ ，解得质量之和 $(m_1+m_2) = \frac{4\pi^2L^3}{GT^2}$ ，其中周

期 $T = \frac{1}{12}$ s，故 A 错误、B 正确；

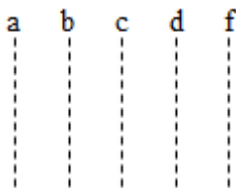
CD、由于 $T = \frac{1}{12}$ s，则角速度为： $\omega = \frac{2\pi}{T} = 24\pi$ rad/s，这是公转角速度，不是自转角速度

根据 $v=r\omega$ 可知： $v_1=r_1\omega$ ， $v_2=r_2\omega$

解得： $v_1+v_2 = (r_1+r_2)\omega = L\omega = 9.6\pi \times 10^6\text{m/s}$ ，故 C 正确，D 错误。

答案：BC

8. (6分) 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 2V，一电子经过 a 时的动能为 10eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6eV。下列说法正确的是()



- 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 4eV
D. 该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

解析：A、虚线 a、b、c、d、f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，一电子经过 a 时的动能为 10eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6eV，动能减小了 6eV，电势能增加了 6eV，因此等势面间的电势差为 2V，因平面 b 上的电势为 2V，由于电子的电势能增加，等势面由 a 到 f 是降低的，因此平面 c 上的电势为零，故 A 正确；

B、由上分析，可知，当电子由 a 向 f 方向运动，则电子到达平面 f 的动能为 2eV，由于题目中没有说明电子如何运动，因此也可能电子在匀强电场中做抛体运动，则可能不会到达平面 f，故 B 正确；

C、在平面 b 上电势为 2V，则电子的电势能为 -2eV，动能为 8eV，电势能与动能之和为 6eV，当电子经过平面 d 时，动能为 4eV，其电势能为 2eV，故 C 错误；

D、电子经过平面 b 时的动能是平面 d 的动能 2 倍，电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 $\sqrt{2}$ 倍，故 D 错误。

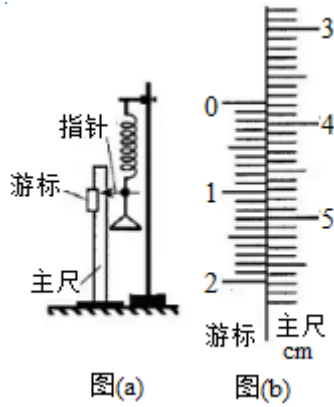
答案：AB

二、非选择题：共 174 分。第 9~12 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 13~16 题为选考题。考生根据要求作答。(一) 必考题：共 129 分。

9. (5分) 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 1.950cm；当托盘内放有质量为 0.100kg 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)示数，其读数为_____cm。当地的重力加速度大小为 9.80m/s^2 ，此弹簧的劲度系数为_____N/m（保留 3 位有效数字）。



解析：图(b)中主尺读数为 3.7cm，游标卡尺的读数为 $0.05\text{mm} \times 15 = 0.75\text{mm}$ ，故读数为 $3.7\text{cm} + 0.75\text{mm} = 3.775\text{cm}$ ；

由题意可得：托盘内放质量 $m = 0.100\text{kg}$ 的砝码，弹簧伸长量 $\Delta x = 3.775\text{cm} - 1.950\text{cm} = 1.825\text{cm}$ ；

根据受力分析可得： $mg = k\Delta x$ ，故弹簧的劲度系数 $k = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{0.100 \times 9.80}{1.825 \times 10^{-2}} \text{N/m} = 53.7 \text{N/m}$ 。

答案：3.775；53.7。

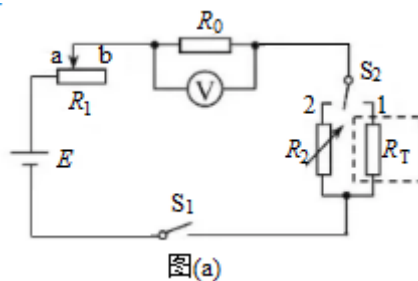
10.（10 分）某实验小组利用如图(a)所示的电路探究在 $25^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 范围内某热敏电阻的温度特性，所用器材有：置于温控室（图中虚线区域）中的热敏电阻 R_T ，其标称值（ 25°C 时的

阻值）为 900.0Ω ；电源 E （6V，内阻可忽略）；电压表 V （量程 150mV）；定值电阻 R_0 （阻值 20.0Ω ），滑动变阻器 R_1 （最大阻值为 1000Ω ）；电阻箱 R_2 （阻值范围 $0 \sim 999.9\Omega$ ）；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 $R_2 - t$ 数据见表。

$t/^\circ\text{C}$	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：



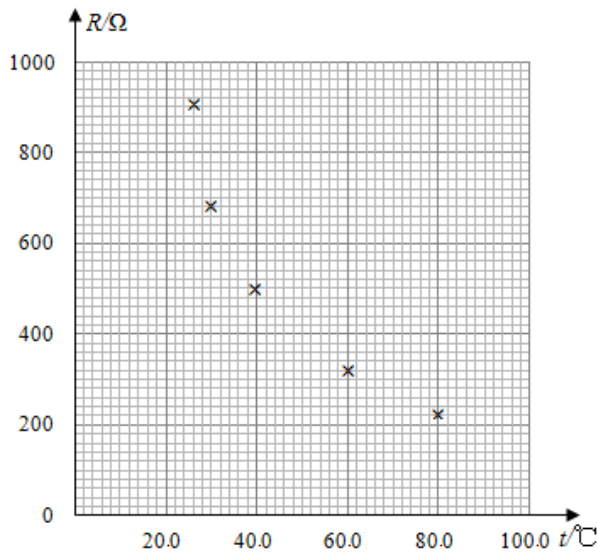


图 (b)

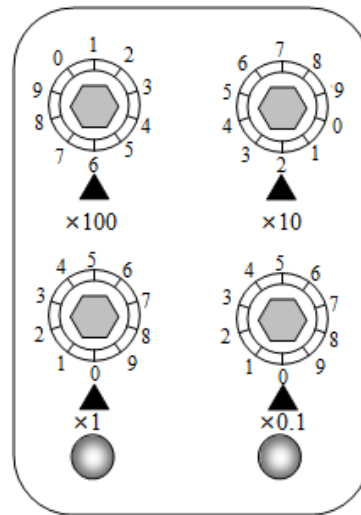


图 (c)

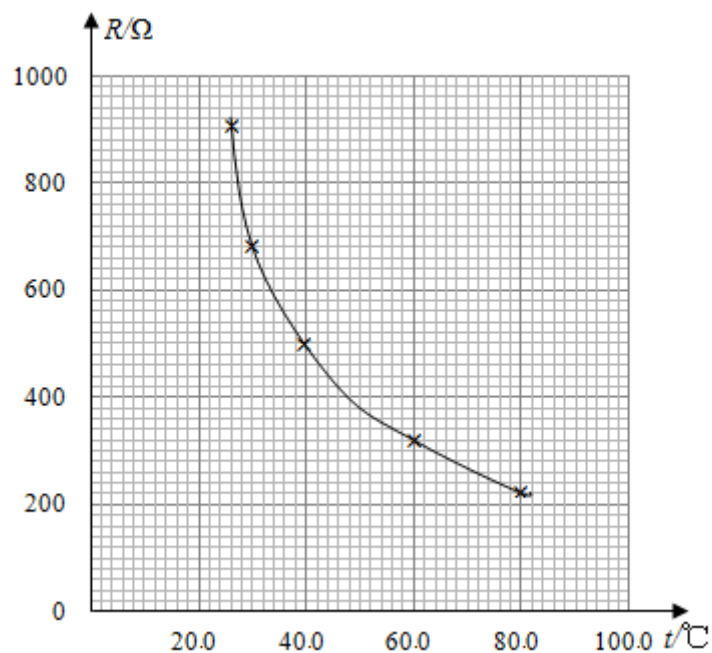
(1) 在闭合 S_1 前, 图(a)中 R_1 的滑片应移动到_____ (填“a”或“b”)端;

解析: 由图可知, 滑动变阻器采用限流接法, 实验开始时应让电路中电流最小, 所以滑动变阻器接入电阻应为最大, 故开始时滑片应移动到 b 端。

答案: b

(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;

解析: 根据描点法可得出对应的图象如图所示;



答案: 如图所示。

(3) 由图(b)可得到 R_1 在 $25^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 范围内的温度特性, 当 $t=44.0^\circ\text{C}$ 时, 可得 $R_1=$ _____ Ω ;

解析: 由图 b 可知, 当 $t=44.0^\circ\text{C}$ 时, 对应的坐标约为 450Ω ; 可得: $R_1=450\Omega$ 。

答案: 450.0 。

(4) 将 R_1 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_____ Ω , 则手心温度

为_____°C。

解析：根据电阻箱的读数方法可知，电阻箱的读数为： $6 \times 100 + 2 \times 10 = 620.0 \Omega$ ，由图可知对应的温度为 33.0°C 。

答案：620.0；33.0。

11. (12分) 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；

解析：设烟花弹的初速度为 v_0 。则有： $E = \frac{1}{2} m v_0^2$

$$\text{得： } v_0 = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

烟花弹从地面开始上升的过程中做竖直上抛运动，则有： $v_0 - gt = 0$

$$\text{得： } t = \frac{1}{g} \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

答案：烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间是 $\frac{1}{g} \sqrt{\frac{2E}{m}}$ 。

(2) 爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度。

解析：烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸上升的高度为： $h_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{E}{mg}$

对于爆炸过程，取竖直向上为正方向，由动量守恒定律得：

$$0 = \frac{1}{2} m v_1 - \frac{1}{2} m v_2$$

根据能量守恒定律得： $E = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$

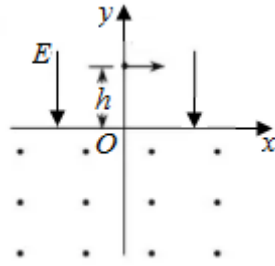
$$\text{联立解得： } v_1 = \sqrt{\frac{E}{2m}}$$

爆炸后烟花弹向上运动的部分能继续上升的最大高度为： $h_2 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{E}{2mg}$

所以爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度为： $h = h_1 + h_2 = \frac{3E}{2mg}$ 。

答案：爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度是 $\frac{3E}{2mg}$ 。

12. (20分) 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 ${}^1_1\text{H}$ 和一个氘核 ${}^2_1\text{H}$ 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 ${}^1_1\text{H}$ 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。 ${}^1_1\text{H}$ 的质量为 m ，电荷量为 q ，不计重力。求：



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

解析： ${}^1_1\text{H}$ 在电场中做类平抛运动，

水平方向： $x_1 = v_1 t_1$ ，

竖直方向： $h = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$ ，

粒子进入磁场时竖直分速度： $v_y = a_1 t_1 = v_1 \tan 60^\circ$ ，

解得： $x_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3} h$ 。

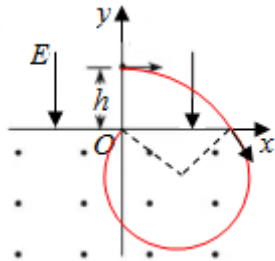
答案： ${}^1_1\text{H}$ 第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离为 $\frac{2\sqrt{3}}{3} h$ 。

(2) 磁场的磁感应强度大小；

解析： ${}^1_1\text{H}$ 在电场中的加速度： $a_1 = \frac{qE}{m}$ ，

${}^1_1\text{H}$ 进入磁场时的速度： $v = \sqrt{v_1^2 + (a_1 t_1)^2}$ ，

${}^1_1\text{H}$ 在磁场中做圆周运动，运动轨迹如图所示：



由几何知识得： $x_1 = 2r_1 \sin 60^\circ$ ，

${}^1_1\text{H}$ 在磁场中做匀速圆运动，洛伦兹力提供向心力，

由牛顿第二定律得： $qvB = m \frac{v^2}{r_1}$ ，

解得： $B = \sqrt{\frac{6mE}{qh}}$ 。

答案：磁场的磁感应强度大小为 $\sqrt{\frac{6mE}{qh}}$ 。

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

解析：由题意可知： ${}^1_1\text{H}$ 和 ${}^2_1\text{H}$ 的初动能相等，即： $\frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 2m v_2^2$ ，

由牛顿第二定律得： $qE=2ma_2$ ，

${}^2_1\text{H}$ 在电场中做类平抛运动，

水平方向： $x_2=v_2t_2$ ，

竖直方向： $h=\frac{1}{2}a_2t_2^2$ ，

${}^2_1\text{H}$ 进入磁场时的速度： $v'=\sqrt{v_2^2+(a_2t_2)^2}$ ，

$\sin\theta'=\frac{v_{y2}}{v_2}=\frac{a_2t_2}{v_2}$ ，

解得： $x_2=x_1$ ， $\theta'=\theta=60^\circ$ ， $v'=\frac{\sqrt{2}}{2}v$ ，

${}^2_1\text{H}$ 在磁场中做圆周运动，圆周运动的轨道半径： $r'=\frac{2mv'}{qB}=\sqrt{2}r$ ，

射出点在原点左侧， ${}^2_1\text{H}$ 进入磁场的入射点到第一次离开磁场的出射点间的距离：

$x_2'=2r'\sin\theta'$ ，

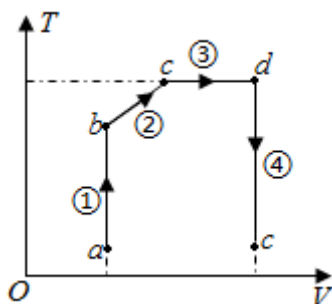
${}^2_1\text{H}$ 第一次离开磁场时的位置距离 O 点的距离为： $d=x_2'-x_2$ ，

解得： $d=\frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)h}{3}$ 。

答案： ${}^2_1\text{H}$ 第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离 $\frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)h}{3}$ 。

三、选考题：共 45 分。请考生从 2 道物理题、2 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答。如果多做，则每科按所做的第一题计分。[物理—选修 3-3]（15 分）

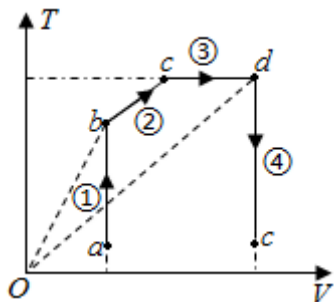
13.（5 分）如图，一定质量的理想气体从状态 a 开始，经历过程①、②、③、④到达状态 E. 对此气体，下列说法正确的是（ ）



- 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

解析：A、过程①中气体作等容变化，温度升高，根据查理定律 $\frac{p}{T}=c$ 知气体的压强逐渐增大，

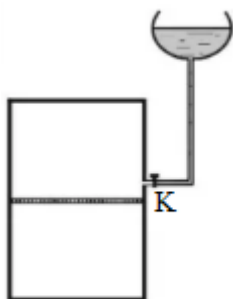
故 A 错误。



- B、过程②中气体的体积增大，气体对外界做正功，故 B 正确。
- C、过程④中气体作等容变化，气体不做功，温度降低，气体的内能减少，根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ 知气体向外界放出了热量，故 C 错误。
- D、状态 c、d 的温度相等，根据一定质量的理想气体的内能只跟温度有关，可知，状态 c、d 的内能相等。故 D 正确。
- E、连接 bO 和 dO，根据数学知识可知，状态 d 的 $\frac{V}{T}$ 值大于状态 b 的 $\frac{V}{T}$ 值，根据气态方程 $\frac{pV}{T}=c$ 知状态 d 的压强比状态 b 的压强小，故 E 正确。

答案：BDE

14. (10 分) 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，汽缸上都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。



解析：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、下两部分气体的温度均保持不变，作等温变化，由玻意耳定律得：

$$\text{对上部分气体有 } p_0 \frac{V}{2} = p_1 V_1$$

$$\text{对下部分气体有 } p_0 \frac{V}{2} = p_2 V_2$$

由已知条件得

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

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

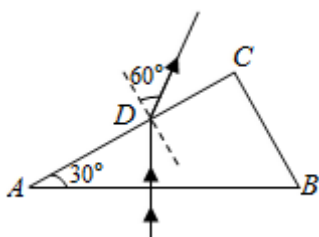
设活塞上方液体的质量为 m ，由力的平衡条件得 $p_2 S = p_1 S + mg$

联立以上各式得 $m = \frac{15p_0S}{26g}$

答案：流入汽缸内液体的质量是 $\frac{15p_0S}{26g}$ 。

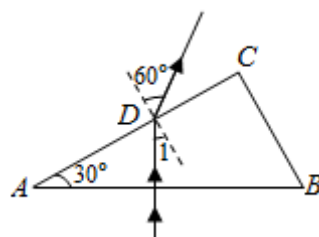
四、[物理—选修 3-4] (15 分)

15. (5 分) 如图, $\triangle ABC$ 为一玻璃三棱镜的横截面, $\angle A = 30^\circ$, 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_____。
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_____ (填“小于”“等于”或“大于”) 60° 。



解析：由下图可知, 当红光进入玻璃三棱镜后, 在 AB 界面上垂直进入, 到达 AC 界面发生了折射现象, 根据几何关系可得: 入射角的大小为 $\angle 1 = 30^\circ$, 又因为已知折射角的大小为 $\gamma = 60^\circ$,

利用折射定律可解得: 玻璃对红光的折射率 $n = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$ 。



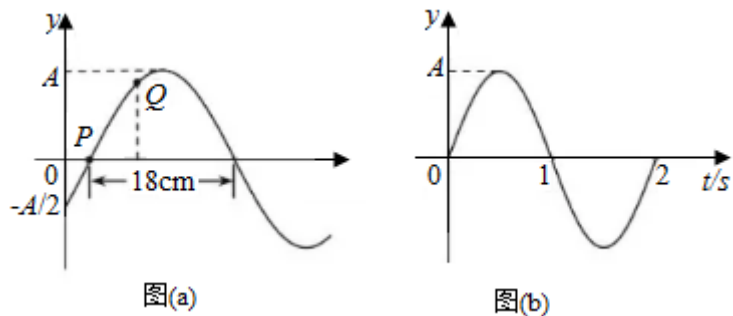
若改用蓝光沿同一路径入射, 在 AB 界面上仍是垂直进入, 由几何关系可知, 其入射角不变; 当到达 AC 界面发生折射现象, 由于蓝光的折射率比红光的折射率大, 再利用折射定律

$$n = \frac{\sin r'}{\sin i}$$

在 $\angle 1 = 30^\circ$ 不变的情况下, 由于折射率增加, 可得出其折射角将增加, 即: 光线在 D 点射出时的折射角大于 60°

答案: $\sqrt{3}$; 大于。

16. (10 分) 一列简谐横波在 $t = \frac{1}{3}$ s 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 的振动图象。求:



(1) 波速及波的传播方向;

解析: 由图(a)可以看出, 该波的波长为 $\lambda = 36\text{cm}$,

由图(b)可以看出周期 $T=2\text{s}$,

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

由(b)可知, 当 $t = \frac{1}{3}\text{s}$ 时, Q 向上振动, 结合图(a)可知, 该波沿 x 轴负方向传播。

答案: 波速为 18cm/s , 该波沿 x 轴负方向传播。

(2) 质点 Q 的平衡位置的 x 坐标。

解析: 设质点 P、Q 的平衡位置的 x 轴分别为 x_P 、 x_Q , 由图(a)可知, $x=0$ 处 $y = -\frac{A}{2} = A \sin(-30^\circ)$

因此 $x_P = \frac{30^\circ}{360^\circ} \lambda = 3\text{cm}$

由图(b)可知, 在 $t=0$ 时 Q 点处于平衡位置, 经过 $\Delta t = \frac{1}{3}\text{s}$, 其振动状态向 x 轴负方向传播

到 P 点处,

所以 $x_Q - x_P = v \Delta t = 6\text{cm}$,

解得质点 Q 的平衡位置的 x 坐标为 $x_Q = 9\text{cm}$ 。

答案: 质点 Q 的平衡位置的 x 坐标为 $x_Q = 9\text{cm}$ 。