2018 年全国理综 III

1. 1934 年，约里奥-居里夫妇用 α 粒子轰击铝核 $^{27}_{13}\mathrm{Al}$，产生了第一个人工放射性核素 X：$^{4}_{2}\mathrm{He}+^{27}_{13}\mathrm{Al}\longrightarrow{}^{1}_{0}\mathrm{n}+\mathrm{X}$。X 的原子序数和质量数分别为 (B)

A. 15 和 28　　B. 15 和 30　　C. 16 和 30　　D. 17 和 31

> 核反应过程遵守质量数守恒和电荷数守恒，其中 α 粒子的质量数为 4、电荷数为 2，中子 n 的质量数为 1、电荷数为 0，故 X 的质量数为 $4+27-1=30$，原子序数即电荷数为 $2+13-0=15$，故 B 正确。

2. 为了探测引力波，“天琴计划”预计发射地球卫星 P，其轨道半径约为地球半径的 16 倍；另一地球卫星 Q 的轨道半径约为地球半径的 4 倍。P 与 Q 的周期之比约为 (C)

A. 2 : 1　　B. 4 : 1　　C. 8 : 1　　D. 16 : 1

> 地球对卫星的万有引力提供卫星做圆周运动的向心力，设地球和卫星的质量分别为 M、m，由牛顿第二定律有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$，可得卫星的周期为 $T=\sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$，即卫星 P 与 Q 的周期之比 $\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{\frac{r_1^3}{r_2^3}}=8$，故 C 正确。

3. 一电阻接到方波交流电源上，在一个周期内产生的热量为 $Q_{方}$；若该电阻接到正弦交变电源上，在一个周期内产生的热量为 $Q_{正}$。该电阻上电压的峰值均为 u_0，周期均为 T，如图所示。则 $Q_{方}:Q_{正}$ 等于 (D)

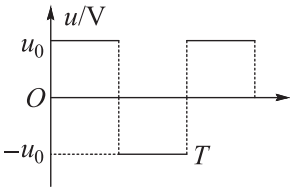


图 a

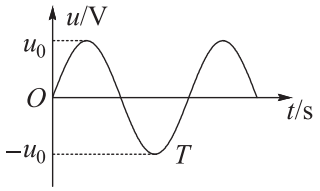


图 b

A. $1:\sqrt{2}$　　B. $\sqrt{2}:1$　　C. 1 : 2　　D. 2 : 1

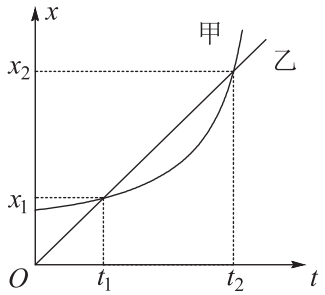
> 由题图可知，方波交流电电压的有效值为 u_0，正弦交流电电压的有效值为 $\frac{u_0}{\sqrt{2}}$。设该电阻的阻值为 R，则 $Q_{方}=\frac{u_0^2}{R}T$，$Q_{正}=\frac{\left(\frac{u_0}{\sqrt{2}}\right)^2}{R}T=\frac{u_0^2}{2R}T$，即 $Q_{方}:Q_{正}=2:1$，故 D 正确。

4. 在一斜面顶端，将甲乙两个小球分别以 v 和 $\frac{v}{2}$ 的速度沿同一方向水平抛出，两球都落在该斜面上。甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时速率的 (A)

A. 2 倍　　B. 4 倍　　C. 6 倍　　D. 8 倍

设斜面的倾角为 θ，甲球落在斜面上所用时间为 t，由平抛运动的规律有 $x = vt$、$y = \frac{1}{2}gt^2$，且 $\tan\theta = \frac{y}{x}$，联立以上各式可得甲球落在斜面上所用时间为 $t = \frac{2v\tan\theta}{g}$，竖直方向的分速度为 $v_y = gt = 2v\tan\theta$，甲球落在斜面上时速率 $v_1 = \sqrt{v^2 + v_y^2} = v\sqrt{1 + 4\tan^2\theta}$，同理可得乙球落在斜面上时速率为 $v_2 = \frac{v}{2}\sqrt{1 + 4\tan^2\theta}$，即甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时速率的 2 倍，故 A 正确。

5. 甲乙两车在同一平直公路上同向运动，甲做匀加速直线运动，乙做匀速直线运动。甲乙两车的位置 x 随时间 t 的变化如图所示。下列说法正确的是（CD）



A. 在 t_1 时刻两车速度相等

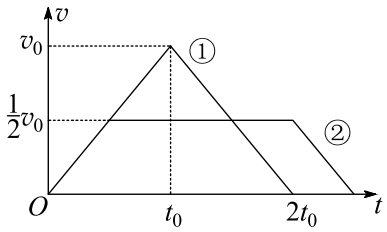
B. 从 0 到 t_1 时间内，两车走过的路程相等

C. 从 t_1 到 t_2 时间内，两车走过的路程相等

D. 从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两车速度相等

位移-时间图像的斜率表示物体运动的速度，由图可知，在 t_1 时刻两图像的斜率不相等，即 t_1 时刻两车的速度不相等，故 A 错误；在 0 时刻，乙车的位置坐标为 0，甲车在乙车的前方，t_1 时刻两车位置坐标相同，为 x_1，故从 0 到 t_1 时间内，甲车走过的路程小于乙车走过的路程，故 B 错误；t_2 时刻两车位置坐标相同，为 x_2，故从 t_1 到 t_2 时间内，两车走过的路程相等，故 C 正确；由图可知，在 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两图像的斜率相等，即两车的速度相等，故 D 正确。

6. 地下矿井中的矿石装在矿车中，用电机通过竖井运送至地面。某竖井中矿车提升的速度大小 v 随时间 t 的变化关系如图所示，其中图线①②分别描述两次不同的提升过程，它们变速阶段加速度的大小都相同；两次提升的高度相同，提升的质量相等。不考虑摩擦阻力和空气阻力。对于第①次和第②次提升过程，（AC）



A. 矿车上升所用的时间之比为 4 : 5　　B. 电机的最大牵引力之比为 2 : 1

C. 电机输出的最大功率之比为 2 : 1　　D. 电机所做的功之比为 4 : 5

速度-时间图像和时间轴围成的图形的面积表示位移，因两次提升的高度相同，则位移相等，有 $\frac{1}{2}v_0 \cdot 2t_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}v_0 \cdot (t_2 - t_0 + t_2)$，可得图线②表示的矿车上升的时间为 $t_2 = 2.5t_0$，故两次提升所用时间的比值为 $2t_0 : 2.5t_0 = 4 : 5$，故 A 正确；矿车加速上升时电机的牵引力最大，设矿车上升的加速度为 a，两次提升的质量相等，由牛顿第二定律有 $F - mg = ma$，则电机的最大牵引力相等，故 B 错误；电机的输出功率 $P = Fv$，最大牵引力相等，最大速度之比为 2 : 1，所以电机输出的最大功率之比为 2 : 1，故 C 正确；矿车的初、末速度为零，由动能定理有 $W_F - mgh = 0$，即电机做的功等于克服矿车及矿石的重力做功的大小，克服重力做功相等，即电机做的功相等，故 D 错误。

7. 如图 a，在同一平面内固定有一长直导线 PQ 和一导线框 R，R 在 PQ 的右侧。导线 PQ 中通有正弦交流电流 i，i 的变化如图 b 所示，规定从 Q 到 P 为电流的正方向。导线框 R 中的感应电动势（AC）

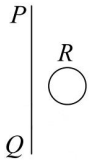


图 a

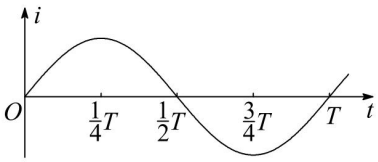


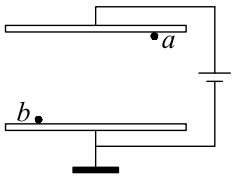
图 b

A. 在 $t = \frac{T}{4}$ 时为零　　B. 在 $t = \frac{T}{2}$ 时改变方向

C. 在 $t = \frac{T}{2}$ 时最大，且沿顺时针方向　　D. 在 $t = T$ 时最大，且沿顺时针方向

直导线中电流变化时，产生的磁场发生变化，则线框中产生感应电动势，由法拉第电磁感应定律，线框 R 中感应电动势的大小与直导线中电流变化率成正比，由图 b 可知，在 $t = \frac{T}{4}$ 时刻，图线切线的斜率为零，即电流的变化率为零，则线框中的感应电动势为零，故 A 正确；由安培定则和楞次定律可以判断，在 $t = \frac{T}{4}$ 时刻，线框 R 中的感应电动势改变方向，$t = \frac{T}{2}$ 时刻方向不变且沿顺时针方向，且图像的切线斜率最大，即感应电动势最大，故 B 错误 C 正确；在 $t = T$ 时刻，感应电动势的方向沿逆时针方向，故 D 错误。

8. 如图，一平行板电容器连接在直流电源上，电容器的极板水平，两微粒 a、b 所带电荷量大小相等、符号相反，使它们分别静止于电容器的上、下极板附近，与极板距离相等。现同时释放 a、b，它们由静止开始运动，在随后的某时刻 t，a、b 经过电容器两极板间下半区域的同一水平面，a、b 间的相互作用和重力可忽略。下列说法正确的是（BD）



A. a 的质量比 b 的大　　B. 在 t 时刻，a 的动能比 b 的大

C. 在 t 时刻，a 和 b 的电势能相等　　D. 在 t 时刻，a 和 b 的动量大小相等

两微粒同时经过电容器两极板间下半区域的同一水平面，即微粒 a 的位移大于微粒 b 的位移，由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 可知，微粒 a 的加速度较大，因 a、b 间的相互作用和重力可忽略，则 a、b 只受电场力的作用，由牛顿第二定律得 $qE=ma$，两微粒带电荷量大小相等，场强相同，则微粒 a 的质量较小，故 A 错误；

由动能定理知，微粒的动能等于电场力做的功，因微粒 a 的位移大，故电场力对微粒 a 做的功较多，即 a 的动能比 b 的大，故 B 正确；在 t 时刻，a、b 在同一水平面上，即同一等势面上，电势相等，由电势能的表达式 $E_p=q\varphi$，两微粒的电性相反，故电势能大小不相等，故 C 错误；在 $0\sim t$ 时间内，两微粒运动时间相同、受到的电场力大小相等，由动量定理有 $Ft=p-0$，故 a 和 b 的动量大小相等，故 D 正确。

9. 甲、乙两同学通过下面的实验测量人的反应时间。实验步骤如下：

① 甲用两个手指轻轻捏住量程为 L 的木尺上端，让木尺自然下垂。乙把手放在尺的下端（位置恰好处于 L 刻度处，但未碰到尺），准备用手指夹住下落的尺。

② 甲在不通知乙的情况下，突然松手，尺子下落；乙看到尺子下落后快速用手指夹住尺子。若夹住尺子的位置刻度为 L_1，重力加速度大小为 g，则乙的反应时间为 $\sqrt{\frac{2(L-L_1)}{g}}$（用 L、L_1 和 g 表示）。

③ 已知当地的重力加速度大小为 $g=9.80\,\mathrm{m/s^2}$，$L=30.0\,\mathrm{cm}$，$L_1=10.4\,\mathrm{cm}$，乙的反应时间为 0.20 s。（结果保留 2 位有效数字）

④ 写出一条提高测量结果准确程度的建议：多次测量取平均值；初始时乙的手指尽可能接近尺子。

（2）木尺下落做自由落体运动，下落时间即为反应时间，由 $h=\frac{1}{2}gt^2$，木尺下落的高度 $h=L-L_1$，可得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2(L-L_1)}{g}}$；

（3）将数据代入上式可得乙的反应时间为 0.20 s；

（4）为提高准确度，可以多次测量取平均值，或初始时乙的手指尽可能接近木尺等。

10. 一课外实验小组用如图所示的电路测量某待测电阻 R_x 的阻值，图中 R_0 为标准定值电阻（$R_0=20.0\,\Omega$）；V 可视为理想电压表。S_1 为单刀开关，S_2 为单刀双掷开关，E 为电源，R 为滑动变阻器。采用如下步骤完成实验：

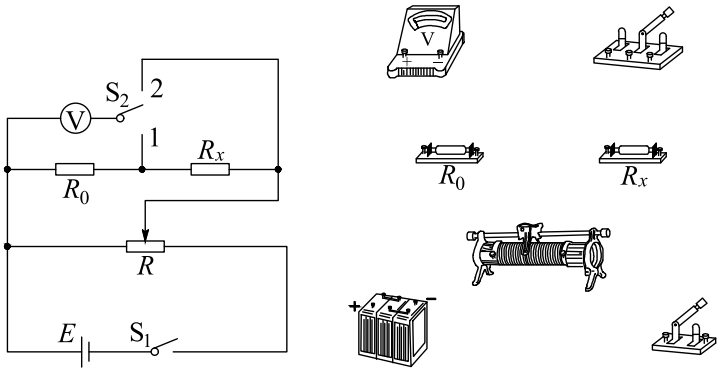


图 a　　图 b

① 按照实验原理线路图 a，将图 b 中实物连线；

② 将滑动变阻器滑动端置于适当位置，闭合 S_1；

③ 将开关 S_2 掷于 1 端，改变滑动变阻器滑动端的位置，记下此时电压表 V 的示数 U_1；然后将 S_2 掷于 2 端，记下此时电压表 V 的示数 U_2；

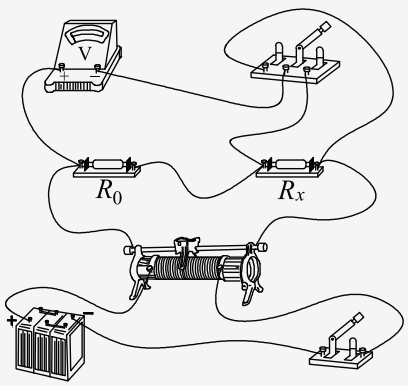
④ 待测电阻阻值的表达式 $R_x=\left(\frac{U_2}{U_1}-1\right)R_0$（用 R_0、U_1、U_2 表示）；

⑤ 重复步骤（3），得到如下数据：

	1	2	3	4	5
U_1/V	0.25	0.30	0.36	0.40	0.44
U_2/V	0.86	1.03	1.22	1.36	1.49
$\frac{U_2}{U_1}$	3.44	3.43	3.39	3.40	3.39

⑥ 利用上述 5 次测量所得 $\frac{U_2}{U_1}$ 的平均值，求得 $R_x=48.2\,\Omega$。（保留 1 位小数）

（1）连接实物图时，导线不能交叉，要注意滑动变阻器的分压式接法，实物连线如图所示。



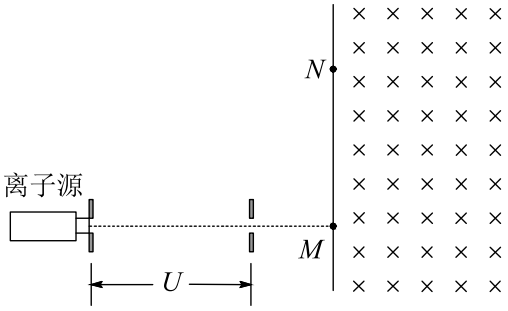
（4）由题意可得，当开关 S_2 掷于 1 端时，测得 R_0 两端电压为 U_1，当开关 S_2 掷于 2 端时，电路中 R_0、R_x 串联，测得 R_0、R_x 两端电压为 U_2，由欧姆定律得 $\frac{U_1}{R_0}=\frac{U_2-U_1}{R_x}$，解得 $R_x=\frac{(U_2-U_1)R_0}{U_1}=\left(\frac{U_2}{U_1}-1\right)R_0$。

（6）将数据代入上式可得 $R_x = 48.2\,\Omega$。

11. 如图，从离子源产生的甲、乙两种离子，由静止经加速电压 U 加速后在纸面内水平向右运动，自 M 点垂直于磁场边界射入匀强磁场，磁场方向垂直于纸面向里，磁场左边界竖直。已知甲种离子射入磁场的速度大小为 v_1，并在磁场边界的 N 点射出；乙种离子在 MN 的中点射出；MN 长为 l。不计重力影响和离子间的相互作用。求：

(1) 磁场的磁感应强度大小；

(2) 甲、乙两种离子的比荷之比。



(1) $B = \frac{4U}{lv_1}$ (2) $1:4$

（1）设甲种离子所带电荷量为 q_1、质量为 m_1，在磁场中做匀速圆周运动的半径为 R_1，磁场的磁感应强度大小为 B，由动能定理得 $q_1U = \frac{1}{2}m_1v_1^2$ ①，

由洛伦兹力公式和牛顿第二定律得 $q_1v_1B = m_1\frac{v_1^2}{R_1}$ ②，

由几何关系知 $2R_1 = l$ ③，

由①②③式得 $B = \frac{4U}{lv_1}$ ④。

（2）设乙种离子所带电荷量为 q_2、质量为 m_2，射入磁场的速度为 v_2，在磁场中做匀速圆周运动的半径为 R_2，同理有 $q_2U = \frac{1}{2}m_2v_2^2$ ⑤，

$q_2v_2B = m_2\frac{v_2^2}{R_2}$ ⑥，

由题给条件 $2R_2 = \frac{l}{2}$ ⑦，

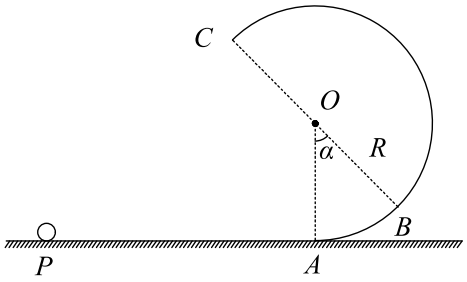
由①②③⑤⑥⑦式得，甲、乙两种离子的比荷之比为 $\frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = 1:4$ ⑧。

12. 如图，在竖直平面内，一半径为 R 的光滑圆弧轨道 ABC 和水平轨道 PA 在 A 点相切。BC 为圆弧轨道的直径。O 为圆心，OA 和 OB 之间的夹角为 α，$\sin\alpha = \frac{3}{5}$，一质量为 m 的小球沿水平轨道向右运动，经 A 点沿圆弧轨道通过 C 点，落至水平轨道；在整个过程中，除受到重力及轨道作用力外，小球还一直受到一水平恒力的作用，已知小球在 C 点所受合力的方向指向圆心，且此时小球对轨道的压力恰好为零。重力加速度大小为 g。求：

(1) 水平恒力的大小和小球到达 C 点时速度的大小；

(2) 小球到达 A 点时动量的大小；

(3) 小球从 C 点落至水平轨道所用的时间。



(1) $F_0=\frac{3}{4}mg$，$v=\frac{\sqrt{5gR}}{2}$　(2) $p=\frac{m\sqrt{23gR}}{2}$　(3) $t=\frac{3}{5}\sqrt{\frac{5R}{g}}$

（1）设水平恒力的大小为 F_0，小球到达 C 点时所受合力的大小为 F。由力的合成法则得 $\frac{F_0}{mg}=\tan\alpha$ ①，$F^2=(mg)^2+F_0^2$ ②，

设小球到达 C 点时的速度大小为 v，由牛顿第二定律得 $F=m\frac{v^2}{R}$ ③，

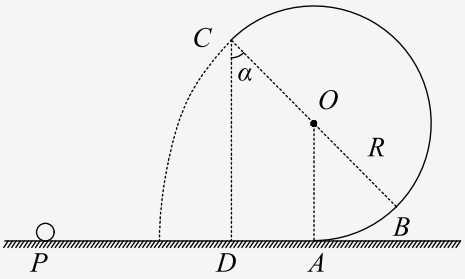
由①②③式和题给数据得 $F_0=\frac{3}{4}mg$ ④，$v=\frac{\sqrt{5gR}}{2}$ ⑤。

（2）设小球到达 A 点的速度大小为 v_1，作 $CD\perp PA$，交 PA 于 D 点，由几何关系得 $DA=R\sin\alpha$ ⑥，$CD=R(1+\cos\alpha)$ ⑦，

由动能定理得 $-mg\cdot CD-F_0\cdot DA=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_1^2$ ⑧，

由④⑤⑥⑦⑧式和题给数据得，小球在 A 点的动量大小为 $p=mv_1=\frac{m\sqrt{23gR}}{2}$ ⑨。

（3）小球离开 C 点后在竖直方向上作初速度不为零的匀加速运动，加速度大小为 g。设小球在竖直方向的初速度为 $v_\perp$，从 C 点落至水平轨道上所用时间为 t，由运动学公式得

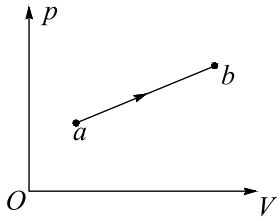


$v_\perp t+\frac{1}{2}gt^2=CD$ ⑩，$v_\perp=v\sin\alpha$ ⑪，

由⑤⑦⑩⑪式和题给数据得 $t=\frac{3}{5}\sqrt{\frac{5R}{g}}$ ⑫。

13.（1）如图，一定量的理想气体从状态 a 变化到状态 b，其过程如 $p-V$ 图中从 a 到 b 的直线所示。在此过程中（ BCD ）。（填正确答案标号。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. 气体温度一直降低

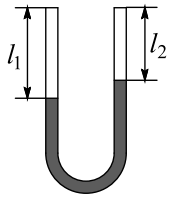
B. 气体内能一直增加

C. 气体一直对外做功

D. 气体一直从外界吸热

E. 气体吸收的热量一直全部用于对外做功

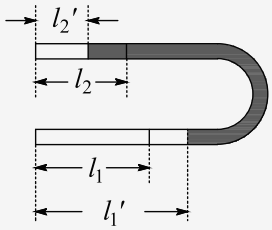
（2）在两端封闭、粗细均匀的 U 形细玻璃管内有一段水银柱，水银柱的两端各封闭有一段空气。当 U 形管两端竖直朝上时，左、右两边空气柱的长度分别为 $l_1 = 18.0\,\mathrm{cm}$ 和 $l_2 = 12.0\,\mathrm{cm}$，左边气体的压强为 $12.0\,\mathrm{cmHg}$。现将 U 形管缓慢平放在水平桌面上，没有气体从管的一边通过水银逸入另一边。求 U 形管平放时两边空气柱的长度。在整个过程中，气体温度不变。



$l_1' = 22.5\,\mathrm{cm}$，$l_2' = 7.5\,\mathrm{cm}$

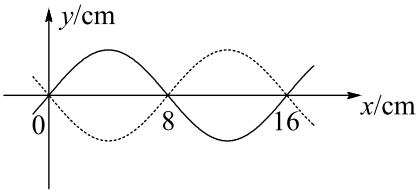
（1）由图可知，气体从状态 a 变化到状态 b 的过程中，气体压强一直增大、体积一直增大，由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$，可知气体的温度一直升高，内能一直增加，故 A 错误 B 正确；气体体积一直增大，则气体一直对外做功，故 C 正确；由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$，可知气体一直从外界吸热，吸收的热量一部分用于增加气体内能，一部分用于对外做功，故 D 正确 E 错误。

（2）设 U 形管两端竖直朝上时，左、右两边气体的压强分别为 p_1 和 p_2。U 形管水平放置时，两边气体的压强相等，设为 p，此时原左、右两边气柱的长度分别变为 l_1' 和 l_2'。由力的平衡条件得 $p_1 = p_2 + \rho g(l_1 - l_2)$ ①，式中 ρ 为水银的密度，g 为重力加速度大小。



由玻意耳定律得 $p_1 l_1 = p l_1'$ ②，$p_2 l_2 = p l_2'$ ③，两边气柱长度的变化量大小相等，即 $l_1' - l_1 = l_2 - l_2'$ ④，由①②③④式和题给条件得 $l_1' = 22.5\,\text{cm}$，$l_2' = 7.5\,\text{cm}$。

14.（1）一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，在 $t = 0$ 和 $t = 0.20\,\text{s}$ 时的波形分别如图中实线和虚线所示。已知该波的周期 $T > 0.20\,\text{s}$。下列说法正确的是 (ACE)。（填正确答案标号。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. 波速为 $0.40\,\text{m/s}$

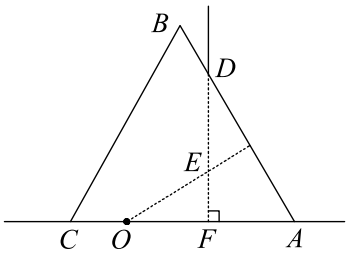
B. 波长为 $0.08\,\text{m}$

C. $x = 0.08\,\text{m}$ 的质点在 $t = 0.70\,\text{s}$ 时位于波谷

D. $x = 0.08\,\text{m}$ 的质点在 $t = 0.12\,\text{s}$ 时位于波谷

E. 若此波传入另一介质中其波速变为 $0.80\,\text{m/s}$，则它在该介质中的波长为 $0.32\,\text{m}$

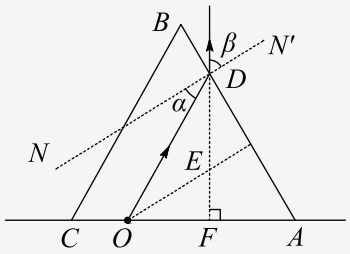
（2）如图，某同学在一张水平放置的白纸上画了一个小标记“·”（图中 O 点），然后用横截面为等边三角形 ABC 的三棱镜压在这个标记上，小标记位于 AC 边上。D 位于 AB 边上，过 D 点做 AC 边的垂线交 AC 于 F。该同学在 D 点正上方向下顺着直线 DF 的方向观察。恰好可以看到小标记的像；过 O 点做 AB 边的垂线交直线 DF 于 E；$DE = 2\,\text{cm}$，$EF = 1\,\text{cm}$。求三棱镜的折射率。（不考虑光线在三棱镜中的反射）



$n = \sqrt{3}$

（1）由图可知，波长为 $\lambda = 16\,\text{cm} = 0.16\,\text{m}$，由题意可知 $\left(n+\frac{1}{2}\right)T = 0.20\,\text{s}$，$n = 0, 1, 2, \cdots$，又因波的周期 $T > 0.20\,\text{s}$，则波的周期为 $T = 0.4\,\text{s}$，波速 $v = \frac{\lambda}{T} = 0.40\,\text{m/s}$，选项 A 正确，B 错误；由波的传播方向可以判断，$t = 0$ 时，$x = 0.08\,\text{m}$ 处的质点沿 y 轴正方向运动，时间 $t = 0.70\,\text{s} = T + \frac{3}{4}T$，故 $t = 0.70\,\text{s}$ 时刻，该质点位于波谷，故 C 正确；$\frac{1}{4}T < 0.12\,\text{s} < \frac{1}{2}T$，故 $t = 0.12\,\text{s}$ 时，$x = 0.08\,\text{m}$ 处的质点在平衡位置的上方，故 D 错误；波传入另一介质时周期不变，所以波长变为 $\lambda = vT = 0.32\,\text{m}$，故 E 正确。

（2）过 D 点作 AB 边的法线 NN'，连接 OD，则 $\angle ODN = \alpha$ 为 O 点发出的光线在 D 点的入射角；设该光线在 D 点的折射角为 β，如图所示。



由折射定律得 $n\sin\alpha = \sin\beta$ ①，其中 n 为三棱镜的折射率。由几何关系可知 $\beta = 60°$ ②，$\angle EOF = 30°$ ③，在 $\triangle OEF$ 中，有 $EF = OE\sin\angle EOF$ ④，由③④式和题给条件得 $OE = 2\,\text{cm}$ ⑤，由题给条件可知，$\triangle OED$ 为等腰三角形，有 $\alpha = 30°$ ⑥，由①②⑥式得 $n = \sqrt{3}$ ⑦。