

2019 全国卷一高考理综物理试卷解析（太原新东方）

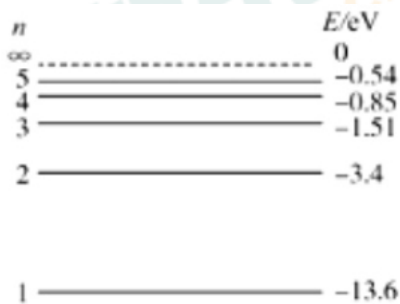
太原新东方优能一对一

注意事项：

- 1.本试卷分第 I 卷（选择题）和第 II 卷（非选择题）两部分。
- 2.回答第 I 卷前，考生务必将自己的姓名、学校、年级和联系方式涂写在答题卡上。
- 3.回答第 I 卷时，选出每小题答案后，用 2B 铅笔把对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。写在本试卷上无效。
- 4.回答第 II 卷时，将答案写在答题卡相应位置上。写在本试卷上无效。
- 5.考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

二、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 14~18 题只有一项符合题目要求，第 19~21 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。

14. 氢原子能级示意图如图所示。光子能量在 $1.63\text{eV} \sim 3.10\text{eV}$ 的光为可见光。要使处于基态($n=1$) 的氢原子被激发后可辐射出可见光光子，最少应给氢原子提供的能量为



使处于基态($n=1$) 的氢原子被激发后可辐射出可见光光子，最少应给氢原子提供的能量为

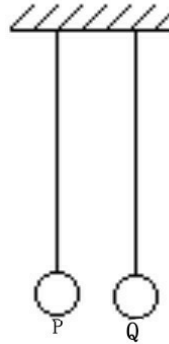
考点：能级跃迁

解析：基态氢原子吸收能量后，跃迁到激发态，如果跃迁到 $n=3$ 的激发态，需

要的能量是 10.20eV ，但辐射出的光子，能量只有 $-3.4 - (-13.6) = 10.20\text{eV}$ 一种，不属于可见光。同理，跃迁到 $n=3$ 需要的能量为 12.09eV ，辐射出的光子能量有： $-1.51 - (-3.4) = 1.89\text{eV}$ ， $-1.51 - (-13.6) = 12.09\text{eV}$ ， $-3.4 - (-13.6) = 10.20\text{eV}$ 三种，其中 1.89eV 属于可见光。故选 A。

答案：A

15.如图，空间存在一方向水平向右的匀强电场，两个带电小球 P 和 Q 用相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下，两细绳都恰好与天花板垂直，则



- A.P 和 Q 都带正电荷
- B.P 和 Q 都带负电荷
- C.P 带正电荷，Q 带负电荷
- D.P 带负电荷，Q 带正电荷

考点：库伦定律，受力分析

解析：匀强电场方向向右，则正电荷收到向右的电场力，负电荷受到向左的电场力，如果 P 带正电，则 Q 给它一个相左的排斥力才能平衡，Q 必须带正电，Q 带正电，则受到两个向右的力，不能保持垂直。如果 P 带负电，则受到向左的电场力，Q 给它向右的吸引力，Q 带正电，Q 带正电，受到向右的电场力和 P 给的向左的吸引力，P，Q 都可以垂直。故选 D

答案：D

16. 最近，我国为“长征九号”研制的大推力新型火箭发动机联试成功，这标志着我国重型运载火箭的研发取得突破性进展。若某次实验中该发动机向后喷射的气体速度约为 3km/s ，产生的推力约为 $4.8 \times 10^6\text{N}$ ，则它在 1s 时间内喷射的气体质量约为

- A. $1.6 \times 10^2\text{kg}$ B. $1.6 \times 10^3\text{kg}$ C. $1.6 \times 10^5\text{kg}$ D. $1.6 \times 10^6\text{kg}$

考点：动量定理

解析：由动量定理 $Ft = mv$ 可知： $m = \frac{Ft}{v}$ ，带入数据可得 $m = 1.6 \times 10^3\text{kg}$ ，故选项 B 正确。

答案：B

17. 如图，等边三角形线框 LMN 由三根相同的导体棒；连接而成，固定于匀强磁场中，线框平面与磁感应强度方向垂直，线框顶顶点 M、N 与直流电源两端相接。已知导体棒 MN 受到的安培力大小为 F，则线框 LMN 受到的安培力大小为



M、N 与直流电源两端相接。已知导体棒 MN 受到的安培力大小为 F，则线框 LMN 受到的安培力大小为

- A. $2F$ B. $1.5F$ C. $0.5F$ D. 0

考点：安培力

解析：设电源电动势为 E ，导体棒的长度均为 L ，电阻均为 R ，由此可得流经导体棒 MN 的电流为 $I_1 = \frac{E}{R}$ ，流经导体棒 ML、LN 的电流为 $I_2 = \frac{E}{2R}$ ，所以 MN 受到的安培力 $F = BI_1L$ ，方向垂直于 MN 向上；ML 受到的安培力 $F_1 = BI_2L = \frac{F}{2}$ ，方向垂直于 ML 向上；LN 受到的安培力 $F_2 = BI_2L = \frac{F}{2}$ ，方向垂直于 LN 向上，因此线框受到的安培力 $f = F + 2 \times \frac{F}{2} \cos 60^\circ = 1.5F$ ，故选项 B 正确。

答案：B

18、篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮，离地后重心上升的最大高度为 H 。上升第一个 $\frac{H}{4}$ 所用时间为 t_1 ，第四个 $\frac{H}{4}$ 所用时间为 t_2 。不计空气阻力，则 $\frac{t_2}{t_1}$ 满足

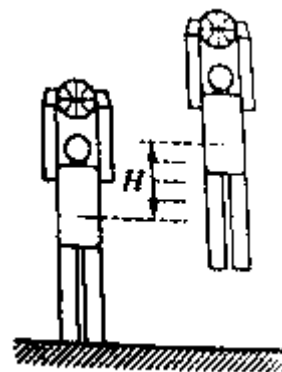
()

A. $1 < \frac{t_2}{t_1} < 2$

B. $2 < \frac{t_2}{t_1} < 3$

C. $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$

D. $4 < \frac{t_2}{t_1} < 5$



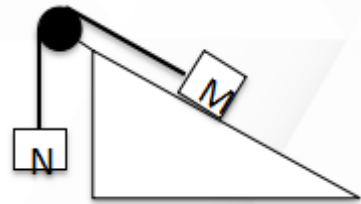
考点：运动学公式，比例式

解析：运动员离地后做末速度为零的匀减速直线运动，可反向视为初速度为零的匀加速直线运动，由比例式可知，初速度为零的匀加速直线运动通过连续相等的 $\frac{H}{4}$ 所需时间为 $1:\sqrt{2}-1:\sqrt{3}-\sqrt{2}:2-\sqrt{3}$ ，故 $\frac{t_2}{t_1} = \frac{1}{2-\sqrt{3}}$ ，故 C 选项正确。

答案：C

19. 如图，一粗糙斜面固定在地面上，斜面顶端装有一光滑定滑轮。一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块 N，另一端与斜面上物块 M 相连，系统处于静止状态，现用水平向左的拉力缓慢拉动 N，直至悬挂 N 的细绳与竖直方向成 45° ，已知 M 始终保持静止，则在此过程中（ ）

- A. 水平拉力的大小可能保持不变
- B. M 所受细绳的拉力大小一定一直增加
- C. M 所受斜面摩擦力大小一定一直增加
- D. M 所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加



考点：受力分析

解析：对 N 进行受力分析，设细绳与竖直方向之间的夹角为 θ ，则 $T = \frac{m_N g}{\cos \theta}$ ，故 B 选项正确。设斜面倾角为 α 对 M 进行受力分析，当拉力小于 $m_M g \sin \alpha$ 时，摩擦力方向沿斜面向上且随着拉力的增大而减小；当拉力大于 $m_M g \sin \alpha$ 时，摩擦力方向向下且随着拉力的增大而增大。

答案：BD

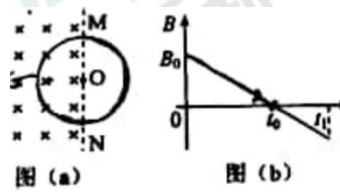
20. 空间存在一方向与纸面垂直、大小随时间变化的匀强磁场，其边界如图 (a)

中虚线 MN 所受，一硬质细导线的电阻率为 ρ 、横截面积为 S ，将该导线做出半径是 r 的圆环固定在纸面内，圆心 O 在 MN 上。 $t=0$ 时磁感应强度的方向如图 (a) 所示；磁感应强度 B 随时间 t 变化关系如图 (b) 所示，则在 $t=0$ 到 $t=t_1$ 的时间间隔内

- A. 圆环所受安培力的方向始终不变
- B. 圆环中的感应电流始终沿着顺时针方向

C. 圆环中的感应电流大小为 $\frac{B_0 r S}{4 t_0 \rho}$

D. 圆环中感应电动势大小为 $\frac{B_0 \pi r^2}{4 t_0}$



考点：电磁感应

解析： 根据楞次定律及右手定则， $0-t_0$ 与 t_0-t_1 时间内，感应电流方向均沿顺时针方向，B 正确。

又由图像得磁场方向先正后负，结合电流方向始终沿顺时针，由左手定则可知，安培力方向先左后右，A 错。

根据法拉第电磁感应定律 $E = n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$

$$\Delta \phi = \Delta B \cdot S$$

$$S = \frac{1}{2} \pi r^2$$

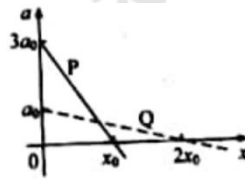
联立得 $E = \frac{B_0 \pi r^2}{2 t_0}$ ，D 错

$$\text{又 } I = \frac{E}{R}$$

$$R = \rho \frac{2\pi r}{S} \text{ 联立得 } I = \frac{B_0 r S}{4t_0 \rho}, \text{ C 正确}$$

答案：BC

21. 在星球 M 上将一轻质弹簧竖直固定在水平桌面上，把物体 P 轻放在弹簧上端，P 由静止向下运动，物体的加速度 a 与弹簧的压缩量 x 间的关系如图中实线所示，在另一星球 N 上，改用物体 Q 完成同样的过程，其 $a-x$ 关系如图中虚线所示。假设两星球均为质量均匀分布的球体，已知星球 M 的半径是星球 N 的 3 倍，则



- A. M 与 N 的密度相等
- B. Q 的质量是 P 的 3 倍
- C. Q 下落过程中的最大动能是 P 的 4 倍
- D. Q 下落过程中弹簧的最大压缩量是 P 的 4 倍

考点：牛顿第二定律，星球密度计算，动能定理

解析：解析：设 P 质量为 m_1 , Q 质量为 m_2 ；M 质量为 M_1 , 半径 R_1 , 其表面重力加速度为 g_1 ；N 质量为 M_2 , 半径 R_2 , 其表面重力加速度为 g_2 ，弹簧劲度系数为 k 。

星球 M 上，对 P 受力分析又牛顿第二定律有： $m_1 g - kx = m_1 a_1$ ，进而 $a_1 = -\frac{k}{m_1} x + g_1$

结合图像可得： $g_1 = 3a_0$ ①， $\frac{k}{m_1} = \frac{3a_0}{x_0}$ ②

同理： $g_2 = a_0$ ③， $\frac{k}{m_2} = \frac{a_0}{2x_0}$ ④

A. 由星球表面忽略自转，由 $GM_1 = g_1 R_1^2$

$$M_1 = \rho_1 V$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R_1^3$$

得 $\rho_1 = \frac{3g_1}{4G\pi R_1}$ ，同理 $\rho_2 = \frac{3g_2}{4G\pi R_2}$ ，A 正确

B. 由②④得， $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{6}$ ，B 错

C. $a=0$ 时，速度最大，动能最大。由 $E_K = \frac{1}{2}mv^2$ ， $v^2 = 2ax$ 得 $E_K = ma \cdot x$

可得 $\frac{E_{K1}}{E_{K2}} = \frac{1}{4}$ ，C 正确

下降过程机械能守恒，最低点时，重力势能全部转化为弹性势能因此 $mgx_1 = \frac{1}{2}kx_1^2$ 所以最大压缩量之比 $\frac{x_Q}{x_P} = 2$ ，所以 D 不正确。

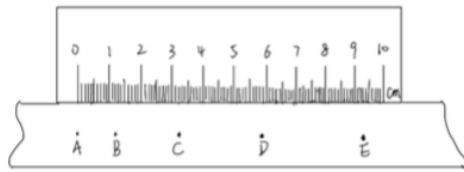
答案：AC

三、非选择题：共 174 分。第 22~32 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 33~38 题为选考题，考生根据要求作答。

(一) 必考题：共 129 分。

22. (5 分) 某小组利用打点计时器对物块沿倾斜的长木板加速下滑时的运动进行探究。物块拖动纸带下滑，打出的纸带一部分如图所示，已知打点计时器所用交流电的频率为 50Hz，纸带上标出的每两个相邻点之间有 4 个打出的未画出。在 A、B、C、D、E 五个点中，打点计时器最先打出的是_____点。在打出 C 点时物块的速度大小为_____m/s (保留 3 位有效数字)；物块

下滑的加速度大小为 _____ m/s (保留 2 位有效数字)。



考点：打点计时器

解析：由于小车带着纸带做的是匀加速运动，纸带从左到右点逐渐变稀疏所以最先打出的是 A 点；C 点的加速度的大小等于 BD 段的平均速度 $v_C = \frac{x_{BD}}{2T} =$

$$\frac{(5.85-1.20) \times 10^{-2} m}{2 \times 0.1 s} \approx 0.233 m/s; \text{加速度}$$

$$a = \frac{(x_4 + x_3) - (x_2 + x_1)}{4T^2}$$

$$= \frac{(9.30 - 3.15) \times 10^{-2} m - 3.15 \times 10^{-2} m}{4 \times (0.1 s)^2}$$

$$= 0.75 m / s^2$$

答案：A;0.233;0.75.

23. (10 分)

某同学要将一量程为 $250\mu A$ 的微安表改装为量程为 $20mA$ 的电流表。该同学测得微安表的内阻为 1200Ω 。经计算后将一阻值为 R 的电阻与该微安表连接，进行改装。然后利用一标准毫安表，根据图(a)所示电路对改装后的电表进行检测（虚线框内是改装后的电表）。

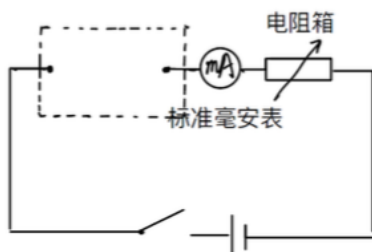


图 (a)



图 (b)

(1) 根据图 (a) 和题给条件，将图 (b) 中的实物连线。

(2) 当标准毫安表的示数为 16.0mA 时，微安表的指针位置如图 (c) 所示。由此可以推测出所改装的电表量程不是预期值，而是_____。(填正确答案标号)

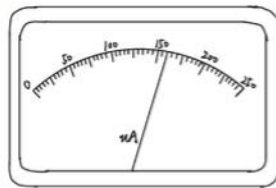


图 (c)

- A. 18mA B. 21mA C. 25mA D. 28mA

(3) 产生上述问题的原因可能是_____。(填正确答案标号)

- A. 微安表内阻测量错误，实际内阻大于 $1200\ \Omega$ ；
 B. 微安表内阻测量错误，实际内阻小于 $1200\ \Omega$ ；
 C. R 值计算错误，接入的电阻偏小；
 D. R 值计算错误，接入的电阻偏大。

(4) 要达到预期目的，无论测得的内阻值是否正确，都不必重新测量，只需要将阻值为 R 的电阻换为一个阻值为 kR 的电阻即可。其中 $k=_____$ 。

考点：电表的改装

解析：（1）需要注意电流表扩量程应该是电表并联一定值电阻。

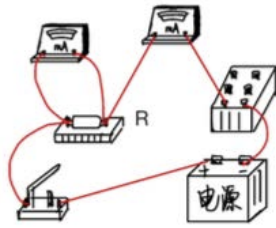


图 (b)

（2）由图读数可得，电表读数为 $160\mu\text{A}$ ，但总量程是 $250\mu\text{A}$ ，所占比例为 $\frac{16}{25}$ ，而在正常情况下，改装后的电流表的等效示数应为 16mA ，又因为所占比例为表盘 $\frac{16}{25}$ ，故真实量程应为 25mA 。

（3）原计划改装量程为 20mA ，现实际量程为 25mA ，根据电流改装公式： $n = 1 + \frac{R_A}{R}$ 可得，扩大倍数 n 偏大，说明实际量程改装时所并联的电阻过小，或电表内阻实际情况大于 1200Ω 。

（4）根据电流改装公式，本次改装扩大倍数为 $1 + \frac{R_A}{R} = n = \frac{25\text{mA}}{250\mu\text{A}} = 100$ ，目标改装倍数为 $1 + \frac{R_A}{R'} = n = \frac{20\text{mA}}{250\mu\text{A}} = 80$ ，经过计算得 $99R = 79R'$ 。所以需改成

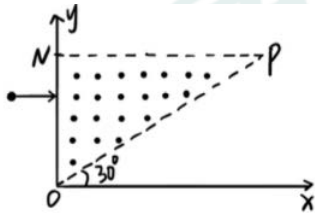
$$R' = \frac{99}{79}R, \text{ 所以 } k = \frac{99}{79}$$

答案：（1）见上图（2）C（3）AC（4） $\frac{99}{79}$

24. (12分)

如图，在直角三角形 OPN 区域内存在匀强磁场，磁感应强度为 B 、方向垂直于纸面向外，一带正电的粒子从静止开始经电压 U 加速后，沿平行于 x 轴的方向射入磁场；一段时间后，该粒子在 OP 边上某点以垂直于 x 轴的方向射出。已知 O 为坐标原点， N 点在 y 轴上， OP 与 x 轴的夹角为 30° ，粒子进入磁场的入射点与离开磁场的出射点之间的距离为 d ，不计重力。求

- (1) 带电粒子的比荷；
- (2) 带电粒子从射入磁场到运动至 x 轴的时间。



考点：带电粒子在磁场中的运动

解析：

(1) 由几何关系可知： $r = \frac{\sqrt{2}}{2}d$ ----- (1)

设经过加速场之后速度变为 v ，则由动能定理： $qU = \frac{1}{2}mv^2$ -----

(2)

$qvB = m\frac{v^2}{r}$ ----- (3)

联立上述方程可得：

$\frac{q}{m} = \frac{4U}{B^2d^2}$

(2) $qvB = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ ----- (4)

由几何关系可知粒子在磁场转过的圆心角为 90° ,即在磁场中运动的时间为 $t_1 = \frac{T}{4}$
 ----- (5)

由几何关系可知粒子从 OP 边上运动到 x 轴的位移为 $x = \frac{\sqrt{3}}{3}r$ ----- (6)

运动的时间 $t_2 = \frac{x}{v}$ ----- (7)

所以运动的总时间为 : $t = t_1 + t_2$ ----- (8)

联立上述方程解的 $t = \frac{(3\pi + 2\sqrt{3})Bd^2}{24U}$

25. (20 分)

竖直面内一倾斜轨道与足够长的水平轨道通过一小段光滑圆弧平滑连接，小物块 B 静止于水平轨道最左端，如图 (a) 所示。t=0 时刻，小物块 A 在倾斜轨道上从静止开始下滑，一段时间后与 B 发生弹性碰撞 (碰撞时间极短) ; 当 A 返回到倾斜轨道上的 P 点 (图中未标出) 时，速度减为 0，此时对其施加一外力，使其在倾斜轨道上保持静止。物块 A 运动的 v - t 图像如图 (b) 所示，图中的 v_1 和 t_1 均为未知量。

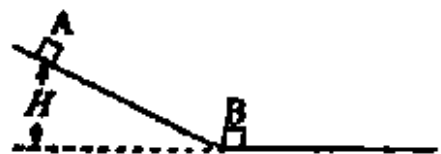


图 (a)

已知 A 的质量为 m，初始时 A 与 B 的高度差为 H，重力加速度大小为 g，不计空气阻力。

- (1) 求物块 B 的质量 ;
- (2) 在图 (b) 所描述的整个运动过程中，求物块 A 克服摩擦力所做的功 ;
- (3) 已知两物块与轨道间的动摩擦因数均相等，在物块 B 停止运动后，改变物块与轨道间

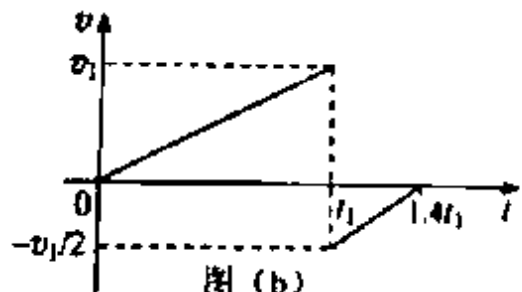


图 (b)

的动摩擦因数，然后将 A 从 P 点释放，一段时间后 A 刚好能与 B 再次碰上，求改变前后动摩擦因数的比值。

考点： 动量守恒；机械能守恒。

解析：

规定向右为正方向，A 与 B 发生弹性碰撞，由动量守恒得：

$$mv_1 = mv_1' + m_B v_2 \quad (1)$$

由机械能守恒得：

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}m_B v_2^2 \quad (2)$$

由①②得： $v_1' = \frac{m - m_B}{m + m_B}v_1$ ，其中 $v_1' = -\frac{1}{2}v_1$ ，故： $m_B = 3m$

(2) 设 A 下滑和上滑时克服摩擦力做功分别为 W_{f1} 和 W_{f2} ，

由动能定理得有：

$$mgH - W_{f1} = \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (3)$$

$$-mgh - W_{f2} = -\frac{1}{2}m\left(\frac{-v_1}{2}\right)^2 \quad (4)$$

下滑时位移为 $x_1 = \frac{v_1 t}{2}$ ，上滑时位移为 $x_2 = \frac{v_2}{2} \cdot \frac{2t_1}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{x_1}{5}$ ，

则 $h = \frac{H}{5}$ ， $W_{f2} = \frac{W_{f1}}{5}$

代入③④得： $W_{f1} + W_{f2} = \frac{2}{15}mgH$

(3) 由(1)得： $v_2 = \frac{1}{2}v_1$ ，

由(2)得： $W_{f1} = \frac{1}{9}mgH = \mu mg \cos \theta \cdot x_1 \quad (5)$

且 $H = x_1 \sin \theta$ 联立得： $\mu = \frac{\tan \theta}{9}$

由③④⑤得： $v_1 = \frac{2}{3}\sqrt{2gH}$

设 B 运动停止后经过的位移为 x_3 ，则：

由 $v_2^2 = 2\mu gx_3$ 得： $x_3 = \frac{H}{9\mu}$

设改变后的动摩擦因数为 μ' ，则 A 从 h 处下滑刚好到达 B 停止的位置与 B 发生碰撞，则对 A 由动能定理得：

$$mgh - \mu' mg \cos \theta x_2 - \mu' mg x_3 = 0$$

代入 μ 的数据得： $\frac{\mu}{\mu'} = \frac{11}{9}$

(二) 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。

33.[物理——选修 3-3] (15 分)

(1) (5 分) 某容器中的空气被光滑活塞封住，容器和活塞绝热性能良好，空气可视为理想气体。初始时容器中空气的温度与外界相同，压强大于外界。现使活塞缓慢移动，直至容器中的空气压强与外界相同。此时，容器中空气的温度 (填“高于”“低于”或“等于”) 外界温度，容器中空气的密度_____ (填“大于”“小于”或“等于”) 外界空气的密度。

考点：热力学第一定律；理想气体状态方程。

解析：根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，因为容器和活塞绝热，所以 $Q = 0$ ，封闭气体的压强减小，则体积增大气体对外界做功 $W < 0$ ， $\Delta U < 0$ ，所以温度减小，低于外界温度；根据理想气体状态方程 $PV = nRT$ 以及 $n = \frac{m}{M}$ ，得 $\rho = \frac{PM}{RT}$ ，温度越小压强越大。

答案：低于；大于

(2) (10分) 热等静压设备广泛应用于材料加工中，该设备工作时，先在室温下把惰性气体用压缩机压入到一个预抽真空的炉腔中，然后炉腔升温，利用高温高压环境对放入炉腔中的材料加工处理，改善其性能。一台热等静压设备的炉腔中某次放入固体材料后剩余的容积为 $0.13m^3$ ，炉腔抽真空后，在室温下用压缩机将10瓶氩气压入到炉腔中。已知每瓶氩气的容积为 $3.2 \times 10^{-2}m^3$ ，使用前瓶中气体压强为 $1.5 \times 10^7 Pa$ ，使用后瓶中剩余气体的压强为 $2.0 \times 10^6 Pa$ ，室温温度为 $27^\circ C$ 。氩气可视为理想气体。

(i) 求压入氩气后炉腔中气体在室温下的压强；

(ii) 将压入氩气后的炉腔加热到 $1227^\circ C$ ，求此时炉腔中气体的压强。

考点：理想气体等温变化、查理定律。

解析：(i) 此过程是等温过程，以充入炉腔中的气体作为研究对象有：

$$n(P_1V_1 - P_0V_1) = P_2V_2$$

其中 $n = 10$ ， $P_1 = 1.5 \times 10^7 Pa$ ， $V_1 = 3.2 \times 10^{-2}m^3$ ， $P_0 = 2.0 \times 10^5 Pa$ ， $V_2 = 0.13m^3$ 。

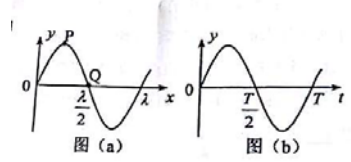
代入数据，解得： $P_2 = 3.2 \times 10^7 Pa$

(ii) 根据查理定律 $\frac{P_2}{T_1} = \frac{P_3}{T_2}$ ，将 $T_1 = 300K$ ， $T_2 = 1500K$ ，解得： $P_3 = 1.6 \times 10^8 Pa$ 。

34. [物理——选修 3-4] (15分)

(1) 一简谐波沿 x 轴正方向传播，在 $t = \frac{T}{2}$ 时刻，该波的波形图如图 (a) 所示，P、Q 是介质中的两个质点，图 (b) 表示介质中某质点的振动图像，下列说法正确的是()

- A. 质点 Q 的振动图像与图 b 相同
- B. 在 $t=0$ 时刻，质点 P 的速率比质点 Q 的大
- C. 在 $t=0$ 时刻，质点 P 的加速度大小比质点 Q 的大
- D. 平衡位置在坐标原点的质点的振动图像如图 (b) 所示
- E. 在 $t=0$ 时刻质点 P 与其平行平衡位置的距离比质点 Q 的大



考点：振动图像以及图像规律。

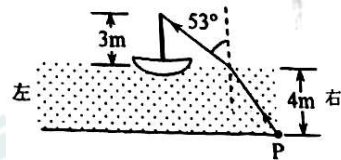
解析：A 选项，图 b 的点，从平衡位置下一刻往 x 轴负方向运动，P 点在最上方，故振动方向不同。A 错。B、C 选项， $t=0$ 时刻 P 点在最下方，Q 点在平衡位置，所以 P 点加速度更大，Q 点速度更大，故 B 错，C 正确，E 正确。D 选项，平衡位置在坐标原点的点， $t=0$ 时在平衡位置，且向上振动，所以 D 正确。

答案：CDE

(2) 如图，一艘帆船静止在水面上，帆船的竖直桅杆高出水面 3 米，距离水面四米的，湖底 P 点发出的激光束，从水面射出后恰好照射到桅杆顶端，该光束与竖直方向的夹角为 53° (取 $\sin 53^\circ = 0.8$)，已知水的折射率为 $\frac{4}{3}$

(i) 求桅杆到 P 点的水平距离；

(ii) 船向左行驶一段距离后停止，调整 P 点发出的激光束方向，当其与竖直方向夹角为 45° 时，从后仍照射在船的桅杆顶端，求船行驶的距离



发出的激光束从水面射出

考点：折射定律。

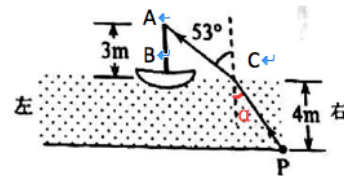
(i) 解：由题得，折射率 $n = \frac{\sin 53^\circ}{\sin \alpha}$

则 $\sin \alpha = 0.6$

且 $BC = AB \times \tan 53^\circ$

$EP = CE \times \tan \alpha$

解得 P 到桅杆的水平距离为 7m。



(ii) 解：如图： $\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} = n$ 故 $\sin \gamma = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

则 $GP = 4m$

$NQ = MN \times \tan \gamma = 6\sqrt{2}m$

所以此时的桅杆距离 P 点水平距离是 $(6\sqrt{2} + 4)m$

易得之，移动距离是 $(6\sqrt{2} - 3)m$

