

华中科技大学物理学院 2014 ~ 2015 学年第 1 学期

《大学物理（二）》课程考试试卷（A 卷）

（闭卷）

考试日期：2015.01.26.

考试时间：150 分钟

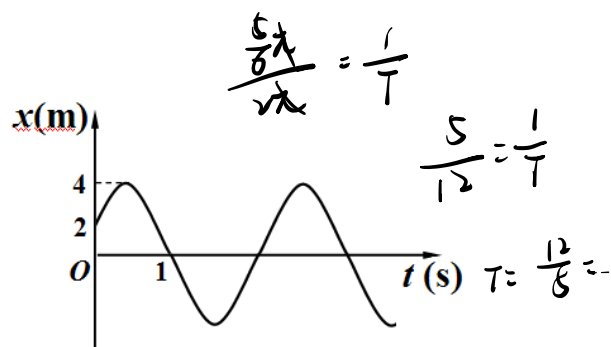
题号	一	二	三				总分	统分 签名	教师 签名
			1	2	3	4			
得分									

得 分	
评卷人	

一、选择题（每小题 3 分，共 30 分。以下每题只有一个正确答案，将正确答案的序号填入题号前括号中）

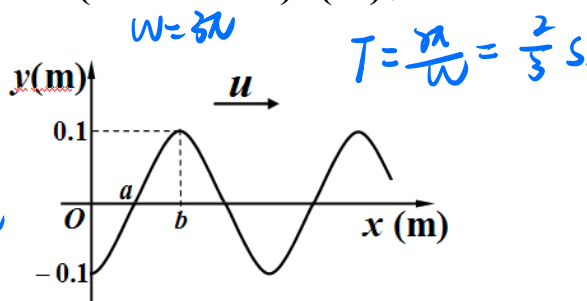
[B] 1、一简谐振动曲线如图所示。
则其振动周期是：

- (A) 2.62 s (B) 2.40 s
(C) 2.20 s (D) 2.00 s



[B] 2、一平面简谐波的波函数为 $y = 0.1 \cos(3\pi t - \pi x + \pi)$ (SI), $t = 0$ 时的波形曲线如图所示，则：

- (A) ~~O~~ 点的振幅为 -0.1 m;
(B) 波长为 2 m ;
(C) ~~a~~、~~b~~ 两点间的位相差为 $\frac{2\pi}{3}$; $\frac{\pi}{2}$
(D) ~~波速~~ 为 9 m/s 。



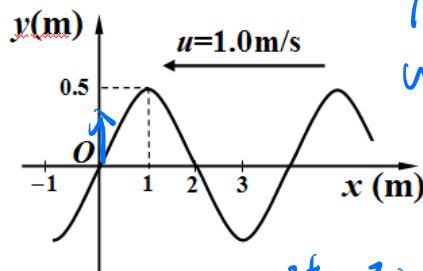
[C] 3、一沿 x 轴负方向传播的平面简谐波在 $t = 2\text{s}$ 时的波形曲线如图所示，则原点 O 的振动方程为：

(A) $y = 0.5 \cos[\pi + \frac{\pi}{2}]$ (SI)

(B) $y = 0.5 \cos[(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2})]$ (SI) $\checkmark < 0$

(C) $y = 0.5 \cos[(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2})]$ (SI) $\checkmark > 0$

(D) $y = 0.5 \cos[(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{2})]$ (SI)



[A] 4、把杨氏双缝干涉实验装置放在折射率为 n 的水中，两缝间距为 d ，双缝到屏的距离为 D ($D \gg d$)，所用单色光在真空中的波长为 λ ，则屏上干涉条纹中相邻的明纹之间的距离是：

(A) $\frac{\lambda D}{nd}$

(B) $\frac{n\lambda D}{d}$

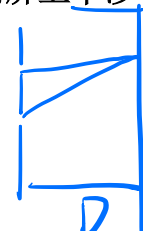
(C) $\frac{\lambda d}{nD}$

(D) $\frac{\lambda D}{2nd}$

$nd \sin \theta = k\lambda$ $\eta = \frac{k\lambda D}{nd}$

$\Delta \eta = \frac{\lambda D}{nd}$

$nd \cdot \frac{\Delta \theta}{\theta} = k\lambda$



[A] 5、如图所示，平板玻璃和平凸透镜构成牛顿环装置，全部浸入折射率为 1.60 的液体中，平凸透镜的折射率是 1.68，平板玻璃的折射率是 1.58，平凸透镜可沿轴线 OO' 上下移动，用波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 的单色光垂直入射。从上向下观察，看到中心是一个暗斑。此时凸透镜顶点距平板玻璃的距离可能是：

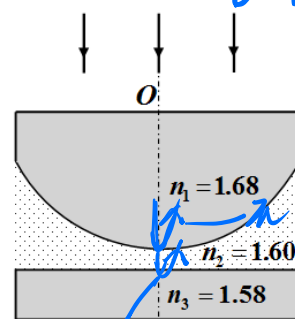
(A) 78.1 nm

(B) 117.2 nm

(C) 156.3 nm

(D) 125 nm

(E) 0



$2d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$

$d = \frac{(2k+1)\lambda}{4}$

[B] 6、在单缝衍射的课堂演示实验中，若减小缝宽，其他条件不变，则中央明条纹

(A) 宽度变小；

(B) 宽度变大；

(C) 宽度不变，且中心强度也不变；

(D) 宽度不变，但中心强度变小

$a \sin \theta = k\lambda$ 暗

$(2k+1) \frac{\lambda}{2}$ 明

$I = I_0 (\frac{\sin \alpha}{\alpha})^2$

$\alpha = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$

[B] 7、一束光强为 I_0 的自然光，相继垂直通过两个偏振片 P_1 、 P_2 后，出射光的光强为 $I = I_0/4$ (不计偏振片的反射和吸收)。则 P_1 、 P_2 的偏振化方向的



$$\frac{L_0}{2} \cos \alpha = \frac{L_0}{4}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

夹角为:

- (A) 30° (B) 45° (C) 60° (D) 90°

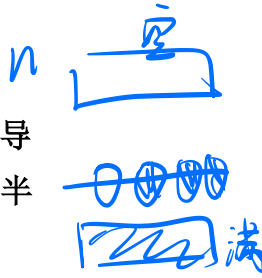
$$L = \frac{\Delta x}{\Delta \lambda}$$

[C] 8、光子的波长为 $\lambda = 300 \text{ nm}$ ，如果确定此波波长的精确度 $\Delta \lambda / \lambda = 10^{-8}$ ，则同时确定此光子位置的不确定量大约是:

- (A) $3 \times 10^8 \text{ m}$ (B) $3 \times 10^5 \text{ m}$ (C) 30 m (D) $3 \times 10^{-3} \text{ m}$

[C] 9、下述说法中，正确的是:

- (A) 本征半导体是电子与空穴两种载流子同时参与导电，而杂质半导体(n 或 p 型)只有一种载流子(电子或空穴)参与导电，所以，本征半导体导电性能比杂质半导体好;
- (B) n 型半导体的导电性能优于 p 型半导体，因为 n 型半导体是电子导电，p 型半导体是正离子导电;
- (C) n 型半导体中杂质原子所形成的局部能级靠近导带的底部，使局部能级中多余的电子容易被激发跃迁到导带中去，大大提高了半导体导电性能;
- (D) p 型半导体的导电性完全决定于满带中空穴的运动。



[D] 10、有两种放射性核素 A、B，它们的半衰期分别为 2 小时和 6 小时，若开始时 A 的放射强度是 B 的放射强度的 16 倍，则经过多少时间后它们的放射强度相等?

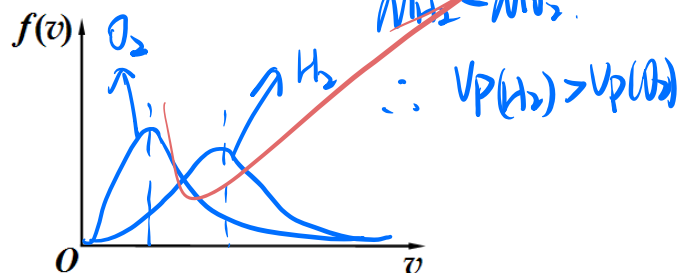
- (A) 4 小时 (B) 8 小时 (C) 10 小时 (D) 12 小时

得 分	
评卷人	

二、填空题 (每题 3 分，共 30 分)

$$V_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

1、理想气体分子的速率分布跟气体的种类有关，请在右图中分别定性画出同一温度下的氢气和氧气的速率分布，并在图上标明哪一个是氢气的速率分布，哪一个是氧气的速率分布。



2、在容积为 10^{-2} m^3 的容器中，装有质量 100 g 的气体，若气体分子的方均根速率为 $200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，则气体的压强为 $1.33 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

第 3 页，共 8 页

$$\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{1}{V} \times m \times \frac{RT}{M}$$

$$200 = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$\frac{RT}{M} = \frac{200^2}{3}$$

$$= \frac{1}{10^{-2}} \times 100 \times 10^{-3} \times \frac{200^2}{3}$$

$E_{H_2}/E_{He} = \frac{\frac{5}{2} \frac{m}{M(H_2)} RT}{\frac{5}{2} \frac{m}{M(He)} RT} = \frac{5}{3} \times \frac{M(H_2)}{M(He)} = \frac{5}{3} \times \frac{4}{2} = \frac{10}{3} = 3.33$

$E = \frac{i}{2} \nu RT$

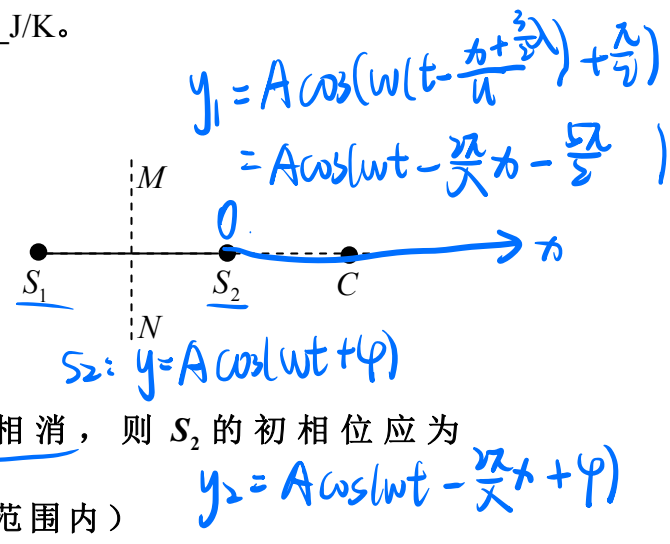
$E_{H_2} = \frac{5}{2} \frac{m}{M(H_2)} RT$

$E_{He} = \frac{3}{2} \frac{m}{M(He)} RT$

3、2 g 氢气与 2 g 氦气分别装在两个容积相同的封闭容器内，温度也相同（氢气分子视为刚性双原子分子）。氢气与氦气内能之比 $E_{H_2}/E_{He} = \underline{\frac{10}{3} = 3.33}$ 。

4、有 2 mol 的双原子理想气体，经过可逆的等压过程，体积从 V_0 膨胀到 $3V_0$ ，则在该过程中的熵变为 63.94 J/K。

5、 S_1 、 S_2 为振动频率、振动方向均相同的两个点波源，振动方向垂直于纸面，两者相距 $\frac{3}{2}\lambda$ （ λ 为波长）如图所示。已知 S_1 的初相位为 $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$ ，若使射线



S_2C 上各点由两列波引起的振动干涉相消，则 S_2 的初相位应为 $\varphi_2 = \underline{\frac{\pi}{2}}$ 。（ φ_2 的值取在 $0 \sim 2\pi$ 范围内）

6、一个观测者在铁路边，看到一列火车从远处开来，此时他测得远处传来的火车汽笛声的频率为 650 Hz，当列车从身旁驶过而远离他时，他测得汽笛声频率降低为 540 Hz，已知空气中的声速为 330 m/s，则火车行驶的速度是 30.5 m/s。

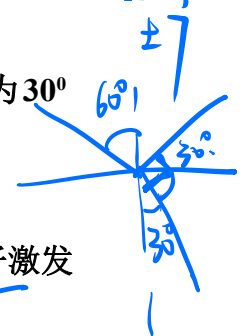
$d \sin \theta = k \lambda$
 $\sin \theta = \frac{k \lambda}{d} < 1$
 $k < \frac{d}{\lambda} = 7.14$

7、用波长为 $\lambda = 420 \text{ nm}$ 的单色平行光垂直入射在一块光栅上，其光栅常数 $d = 3000 \text{ nm}$ ，缝宽 $a = 1000 \text{ nm}$ ，则在衍射场中共有 11 条谱线（主极大）。

$\frac{d}{a} = 3$

8、一束自然光从空气投射到玻璃表面上（空气折射率为 1），当折射角为 30° 时，反射光为完全偏振光，则此玻璃的折射率等于 $\sqrt{3} = 1.732$ 。

$n_B = \arctan(\frac{n}{1})$



9、已知基态氢原子的能量为 -13.6 eV ，当基态氢原子被 12.09 eV 的光子激发后，其电子的轨道半径将增加到玻尔半径的 9 倍。

10、在康普顿散射实验中，测得散射角分别为 φ_1 、 φ_2 时，散射光波长改变量之比 $\Delta\lambda_1 : \Delta\lambda_2 = 1 : 2$ ，并测出 $\varphi_1 = 60^\circ$ ，则 $\varphi_2 = \underline{90^\circ}$ 。

$\Delta\lambda = \lambda_c (1 - \cos \varphi)$
 $\frac{\Delta\lambda_1}{\Delta\lambda_2} = \frac{1 - \cos \varphi_1}{1 - \cos \varphi_2} = \frac{1}{2} = \frac{0.5}{1 - \cos \varphi_2}$

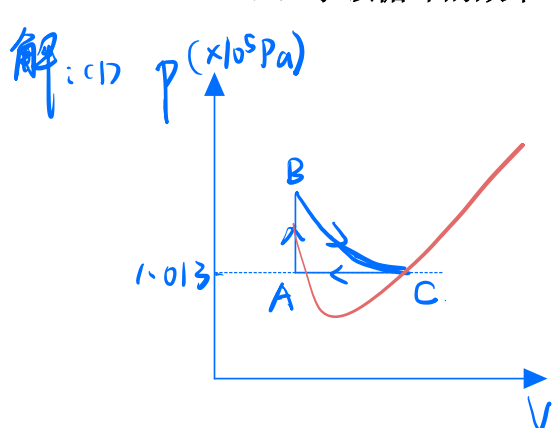
三、计算题（每题 10 分，共 40 分）

得 分	
评卷人	

1、0.2mol 双原子分子理想气体，压强为 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ ，温度为 300K。经历一等容过程温度上升到 900K 后绝热膨胀，压强降至 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ ，最后经由等压过程回到初态。

(1) 在 $P-V$ 图上画出循环示意图；

(2) 求该循环的效率。



$$\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{v,m}} = \frac{\frac{5}{2}R + R}{\frac{5}{2}R} = 1.4$$

$$pV^\gamma = C_1$$

$$V^{\gamma-1}T = C_2$$

$$p^{1-\gamma}T^\gamma = C_2$$

$$p_A V_A = \nu R T_1$$

$$p_B V_B^\gamma = p_C V_C^\gamma$$

$$\left(\frac{V_C}{V_B}\right)^\gamma = \frac{p_B}{p_C} = 3$$

$$\frac{V_C}{V_B} = \sqrt[1.4]{3} = 2.19$$

$$V_B = V_A = 4.92 \times 10^{-3} \text{m}^3, \quad p_B = \frac{\nu R T_2}{V_B} = 3.039 \times 10^5$$

$$V_C = 10.78 \times 10^{-3} \text{m}^3, \quad T_C = 657.3 \text{K}$$

(2) $A \rightarrow B$: $A_{AB} = 0$. $\Delta E_{AB} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \times 0.2 \times 8.31 \times 600 = 2493 \text{J}$.

$$Q_{AB} = A_{AB} + \Delta E_{AB} = 2493 \text{J}$$

$B \rightarrow C$: $Q_{BC} = 0$. $A_{BC} = -\Delta E_{BC} = -\frac{5}{2} \nu R \Delta T = 1008.4 \text{J}$

$C \rightarrow A$ 恒压过程: $Q_{CA} = \nu C_p \Delta T = 0.2 \times \left(\frac{5}{2} + 1\right) \times 8.31 (300 - 657.3) = -3823.5 \text{J}$

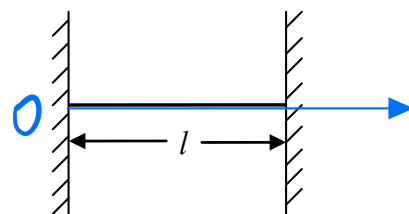
得 分	
评卷人	

2、如图所示为一根长度为 l 的琴弦，两端拉紧固定，当拨动琴弦时，琴弦中产生来回传播的波，叠加后形成驻波。已知琴弦中波的传播速度为 u ，试推导琴弦中形成稳定振动时可能存在的最低频率 ν_{\min} 。

解: $y_{\lambda} = A \cos(\omega t - \frac{\nu}{\lambda} x)$

~~$y_{\text{反}} = A \cos[\omega(t - \frac{2l-x}{u}) + \pi]$~~
 ~~$= A \cos(\omega t + \frac{\nu}{\lambda} x - \frac{4\pi l}{\lambda} + \pi)$~~

$\alpha = \frac{u}{\lambda}$



$$y = y_{\lambda} + y_{\text{反}} = 2A \cos(\omega t - \frac{\nu l}{\alpha} + \frac{\pi}{2}) \cos(\frac{\nu}{\alpha} x - \frac{\nu l}{\alpha} + \frac{\pi}{2})$$

$$= 2A \cos(\nu u t - \frac{\nu u l}{u} + \frac{\pi}{2}) \cos(\frac{\nu u x}{u} - \frac{\nu u l}{u} + \frac{\pi}{2})$$

形成稳定驻波，两固定端为波节

$l = n \frac{\lambda}{2} \quad (n=1,2,3,\dots)$

$\lambda = \frac{2l}{n} = \frac{u}{\nu}$

$\therefore \nu = \frac{n u}{2l}$

$\nu_{\min} = \frac{u}{2l}$

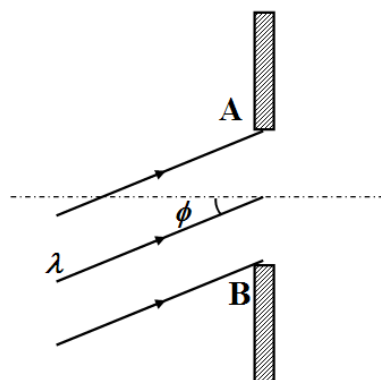
得 分	
评卷人	

3、如图所示，波长为 λ 的平行光沿与单缝平面法线成 $\phi = 30^\circ$ 角的方向入射，观察夫琅和费衍射，单缝AB的宽度为 $a = 2\lambda$ ，试求出所有暗条纹的衍射角。

解：暗：
 $a(\sin\theta - \sin\phi) = k\lambda$

$$\sin\theta - \sin\phi = \frac{k\lambda}{a} = \frac{k}{2}$$

$$\sin\theta = \frac{1}{2}(k+1)$$



$$k=3 \quad \sin\theta = 1 \quad \theta = 90^\circ \quad \text{但条纹不可见}$$

$$k=2 \quad \sin\theta = \frac{1}{2} \quad \theta = 30^\circ$$

$$k=1 \quad \sin\theta = 0 \quad \theta = 0^\circ$$

$$k=0 \quad \sin\theta = -\frac{1}{2} \quad \theta = -30^\circ$$

$$k=-1 \quad \sin\theta = -1 \quad \theta = -90^\circ \quad \text{但条纹不可见}$$

∴ 所有暗条纹衍射角： $30^\circ, 0^\circ, -30^\circ$

得 分	
评卷人	

4、氢原子 2p 态波函数径向部分为

$$R_{2p}(r) = \left(\frac{1}{2a_0}\right)^{3/2} \frac{r}{a_0\sqrt{3}} e^{-\frac{r}{2a_0}}$$

求出其径向几率密度取最大值的半径。

解:

半径为 r 单位球壳内电子出现概率:

$$\begin{aligned} W(r) &= 4\pi r^2 |R_{2p}(r)|^2 \\ &= 4\pi r^2 \times \left(\frac{1}{2a_0}\right)^3 \frac{r^2}{a_0^2 3} e^{-\frac{r}{a_0}} \\ &= \frac{\pi r^4}{6a_0^5} e^{-\frac{r}{a_0}} \end{aligned}$$

$$\text{令 } \frac{dW(r)}{dr} = 0. \quad r = 4a_0$$

$$\text{又 } \left. \frac{d^2W(r)}{dr^2} \right|_{r=4a_0} < 0.$$

$\therefore r = 4a_0$ 为一径向几率密度极大值处.