

## 2018-2019 学年第一学期期末考试 A 卷

### 一、选择题(每小题 3 分, 共 30 分)

1、若  $f(v)$  为气体分子速率分布函数, 则  $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$  的物理意义是

- A、速率为  $v_2$  的分子数与速率为  $v_1$  的分子数之差;
- B、速率为  $v_2$  的各分子的平动速率与速率为  $v_1$  的各分子的平动速率之和;
- C、速率处在速率间隔  $v_1 \sim v_2$  之间的分子的平均速率;
- D、速率处在  $v_1 \sim v_2$  之间的分子的速率之和除以总分子数。

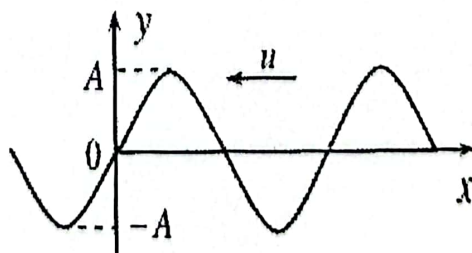
2、气缸中有一定量的氮气(视为理想气体), 经过绝热压缩, 体积变为原来的一半, 问气体分子的平均速率变为原来的几倍?

- A、 $2^{2/5}$
- B、 $2^{1/5}$
- C、 $2^{2/3}$
- D、 $2^{1/3}$

3、根据热力学第二定律可知:

- A、功可以全部转换为热, 但热不能全部转换为功;
- B、热量可以从高温物体传到低温物体, 但不能从低温物体传到高温物体;
- C、不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程;
- D、一切宏观自然自发过程都是不可逆的。

4、一简谐波沿  $x$  轴负方向传播, 圆频率为  $\omega$ , 周期为  $T$ , 波速为  $u$ , 设  $t = \frac{T}{2}$  时刻的波形如图所示, 则该波的表达式为:



- |   |  |
|---|--|
| A、 $y = A \cos \omega \left( t - \frac{x}{u} \right)$ | B、 $y = A \cos \left[ \omega \left( t + \frac{x}{u} \right) + \frac{\pi}{2} \right]$ |
| C、 $y = A \cos \omega \left( t + \frac{x}{u} \right)$ | D、 $y = A \cos \left[ \omega \left( t + \frac{x}{u} \right) + \pi \right]$           |

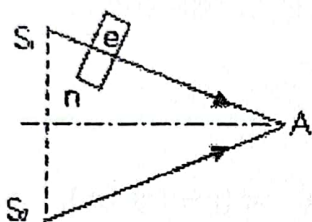


5、当机械波在媒质中传播时,一媒质质元的最大形变发生在( $A$ 是振动振幅):

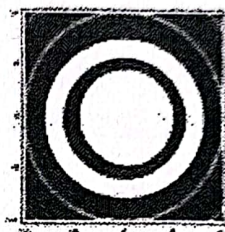
- A、媒质质元离开其平衡位置最大位移处; B、媒质质元离开其平衡位置 $\left(\frac{\sqrt{2}A}{2}\right)$ 处;  
C、媒质质元在其平衡位置处; D、媒质质元离开其平衡位置 $\frac{A}{2}$ 处。

6、如图所示,假设有两个同位相的相干点光源  $S_1$  和  $S_2$ , 发出波长为  $\lambda=500$  纳米的光,  $A$  是它们连线的中垂线上的一点, 若在  $S_1$  与  $A$  之间插入厚度为  $e$ , 折射率为  $n=1.5$  的薄玻璃片,  $A$  点恰为第三级明纹中心, 则  $e$  等于

- A、1000 纳米 B、1500 纳米 C、3000 纳米 D、4500 纳米



第6题图



第7题图

7、在光的衍射实验中,观察到如图所示的衍射图案。该衍射应该是下列哪种衍射?

- A、单缝 B、双缝 C、圆孔 D、光栅

8、通过一个偏振片观察一束单色光时,发现出射光存在强度为最大的位置(此方向标为  $MN$ ), 但无消光位置。在偏振片前放置一块四分之一波片, 且使波片的光轴与标出的方向  $MN$  平行, 这时旋转偏振片, 观察到有消光位置, 则这束单色光是

- A、线偏振光; B、椭圆偏振光;  
C、部分偏振光; D、自然光与线偏振光的混合光。

9、光子能量为  $0.5\text{MeV}$  的  $X$  射线, 入射到某种物质上而发生康普顿散射。若散射光波长的改变量  $\Delta\lambda$  与入射光波长  $\lambda_0$  之比为  $0.25$ , 则反冲电子的动能为

- A、 $0.1\text{MeV}$  B、 $0.2\text{MeV}$  C、 $0.25\text{MeV}$  D、 $0.5\text{MeV}$

10、关于不确定关系式  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ , 下列说法中错误的是

- A、任何测量都有误差, 所以微观粒子的位置和动量都不能精确确定;  
B、由于微观粒子的波粒二象性, 粒子的位置和动量不能同时完全确定;  
C、微观粒子的位置和动量可以精确确定其中一个;  
D、不确定关系表明经典模型并不适用于微观粒子, 用经典方法来描述微观客体是不可能完全准确的。



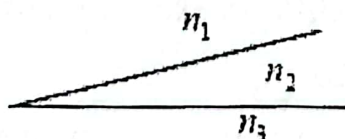
## 二、填空题(每题3分,共30分)

- 1、在标准状态下,若氧气(视为刚性双原子分子)和氢气的体积比  $V_1/V_2 = \frac{1}{2}$ , 则其内能之比  $E_1/E_2$  为\_\_\_\_\_。
- 2、一可逆卡诺热机从温度为  $727^\circ\text{C}$  的高温热源吸热,向温度为  $527^\circ\text{C}$  的低温热源放热,每一循环从高温热源吸热  $2000\text{ J}$ , 则此热机每一循环做净功\_\_\_\_\_ J。
- 3、一竖直悬挂的弹簧振子,自然平衡时弹簧的伸长量为  $x_0$ , 此振子在竖直方向上振动的周期  $T =$ \_\_\_\_\_。(重力加速度为  $g$ )
- 4、一质点沿  $x$  轴作谐振动,振幅  $A = 4\text{ cm}$ , 周期  $T = 2\text{ s}$ , 其平衡位置取作坐标原点。若  $t = 0$  时刻质点第一次通过  $x = -2\text{ cm}$  处,且向  $x$  轴负方向运动,则质点第二次通过  $x = -2\text{ cm}$  处的时刻为\_\_\_\_\_ s。
- 5、两个同方向同频率的谐振动,振动表达式分别为:

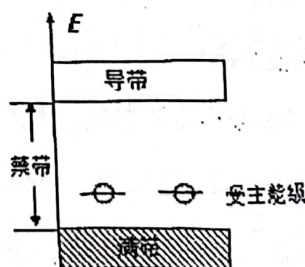
$$x_1 = 6 \times 10^{-2} \cos\left(5t - \frac{\pi}{2}\right) (\text{m}), x_2 = 2 \times 10^{-2} \sin(\pi - 5t) (\text{m}),$$

它们的合振动的振幅为\_\_\_\_\_ m, 初位相为\_\_\_\_\_ rad。

- 6、在课堂演示实验中,观察到在弦线上形成了一列波长为  $\lambda$  的驻波,则驻波中相邻两波腹的距为\_\_\_\_\_, 相邻两波节间任意两点的振动相位差为\_\_\_\_\_。
- 7、如图,用波长为  $\lambda$  的单色光垂直照射折射率为  $n_2$  的劈尖,其上方的介质的折射率为  $n_1$ , 下方的介质的折射率为  $n_3$ , 且  $n_1 > n_2, n_3 > n_2$ 。观察反射光的干涉,从劈尖顶开始,第2条明纹对应的劈尖厚度为\_\_\_\_\_。



第7题图



第10题图

- 8、波长为  $500\text{ nm}$  的单色平行光垂直入射于光栅常数为  $d = 3 \times 10^{-3}\text{ mm}$  的光栅上,若光栅中的光缝宽度  $a = 2 \times 10^{-3}\text{ mm}$ , 在光栅后面的整个衍射场中,能出现\_\_\_\_\_条光谱线。
- 9、已知某放射性核素的半衰期为2年,则经过8年衰变掉的核数目是尚存核数目的\_\_\_\_\_倍。
- 10、如图所示是某半导体的能带结构图。则该半导体的载流子的类型主要是\_\_\_\_\_。





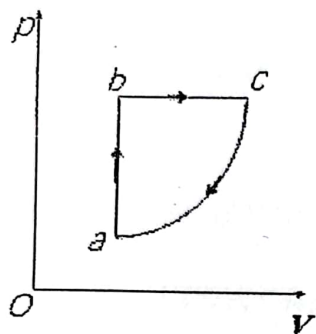
### 三、计算题(每题 10 分, 共 40 分)

1. 1 mol 单原子分子的理想气体, 经历如图所示的循环, 其中  $a \rightarrow b$  为等容过程,  $b \rightarrow c$  为等压过程,

$c \rightarrow a$  过程的方程为  $P = \frac{P_a V^2}{V_a^2}$ , 已知  $P_b = 4P_a$ ,  $T_a = 200 \text{ K}$ , 气体普适恒量  $R = 8.31 \text{ (J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$

(1) 分别计算  $a \rightarrow b$ 、 $b \rightarrow c$ 、 $c \rightarrow a$  过程中气体与外界交换的热量;

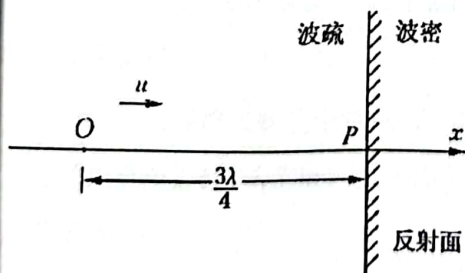
(2) 求此循环的效率。



2. 如图所示, 一平面简谐波沿  $x$  轴正向传播, 已知其振幅为  $A$ , 频率为  $\nu$ , 波速为  $u$ ;

(1) 若  $t=0$  时, 入射波在原点  $O$  处引起的振动使质元正好由平衡位置向正方向运动, 写出此入射波的波函数;

(2) 若从波密媒质分界面反射的波的振幅与入射波振幅相等, 试写出反射波的波函数和合成波的波函数, 并求  $x$  轴上因入射波与反射波干涉而静止的各点的位置。



3、波长为 $\lambda$ 的单色光垂直入射于单缝，观察其夫朗和费衍射。单缝宽度为 $a=5\lambda$ ，现用一厚度为 $d$ ，折射率为 $n$ 的透明薄膜遮住单缝的一半宽度。假设光透过薄膜时光能量不损失，且 $(n-1)d=\lambda/2$ ，

求出所有衍射暗纹的衍射角 $\theta$ 满足的关系： $\frac{a \sin \theta}{\lambda} =$  \_\_\_\_\_

(把分析的最终结果填入以上空格，分析过程写在下方空白处)

4、微观粒子在 $x>0$ 的区间运动，波函数为：

$$\phi(x) = A\sqrt{x}e^{-\alpha x} \quad (0 \leq x \leq \infty)$$

其中 $A$ 为待定系数， $\alpha$ 为已知常量，且 $\alpha$ 大于0， $e=2.71828$ 。

求：

- (1) 待定系数 $A$ ；
- (2) 粒子出现的概率密度最大处的位置坐标。
- (3) 在 $0 \leq x \leq \frac{1}{\sqrt{2\alpha}}$ 区间内找到粒子的概率。



## 2018-2019 学年第一学期期末考试 A 卷参考答案

### 一、选择题(每小题 3 分, 共 30 分)

#### 1、【正解】D

【学解】设  $N$  为总分子数, 则  $N \int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$  代表速率处在  $v_1 \sim v_2$  之间的分子的速率之和,

$\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$  代表速率处在  $v_1 \sim v_2$  之间的分子的速率之和除以总分子数。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十一 11.3 气体分子的速率

#### 2、【正解】D

【学解】绝热过程中  $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$ ,  $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 2^{\frac{2}{3}}$ ,  $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$ ,  $\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 2^{\frac{1}{3}}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十一 11.3 气体分子的速率

#### 3、【正解】D

【学解】根据热力学第二定律可知, 一切宏观自然自发过程都是不可逆的。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.4 热力学第二定律

#### 4、【正解】B

【学解】简谐波沿  $x$  轴负方向传播, 设波的表达式为  $y = A \cos\left[\omega\left(t + \frac{x}{u}\right) + \varphi\right]$ ,

当  $x=0$ ,  $t = \frac{T}{2}$  时,  $y=0$ , 只有 B 符合

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.3 机械波

#### 5、【正解】C

【学解】机械波在媒质中传播时, 媒质质元最大形变发生在平衡位置处

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.3 机械波

#### 6、【正解】C

【学解】 $(n-1)e = k\lambda \Rightarrow e = \frac{3 \times 500}{0.5} = 3000 \text{ nm}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.2 光的干涉

#### 7、【正解】C

【学解】光的衍射

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.2 光的干涉



8、【正解】B

【学解】通过一个偏振片观察一束单色光时,无消光位置,则该束光不可能是线偏振光,当在偏振片前放一四分之一波片,旋转偏振片有消光位置则不可能是部分偏振光和混合光

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.4 光的偏振

9、【正解】A

$$\text{【学解】 } E_k = \frac{hc}{\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda_0 + \Delta\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} \left( 1 - \frac{1}{1.25} \right) = 0.5 \times \left( 1 - \frac{1}{1.25} \right) = 0.1 \text{ MeV}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.4 康普顿效应

10、【正解】A

【学解】①微观粒子的位置和动量不能同时完全确定,②微观粒子的位置和动量不能同时确定是由微观粒子的波粒二象性造成的,与实验测量误差无关

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.6 不确定关系、薛定谔方程

二、填空题(每题3分,共30分)

1、【正解】 $\frac{5}{6}$

$$\text{【学解】 } \frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{5}{2}PV_1}{\frac{3}{2}PV_2} = \frac{5}{6}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十一 11.2 理想气体系统

2、【正解】400

$$\text{【学解】 } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{527 + 273}{727 + 273} = 0.2 = \frac{A}{Q} \Rightarrow A = 400 \text{ J}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.3 循环过程

3、【正解】 $2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}}$

$$\text{【学解】 } kx_0 = mg, k = \frac{mg}{x_0}, T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.1 简谐振动

4、【正解】 $\frac{2}{3}s$

$$\text{【学解】 } t = \frac{\frac{2\pi}{3}}{2\pi} T = \frac{2}{3} s$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.1 简谐振动



5. 【正解】  $8 \times 10^{-2}$ ,  $-\frac{\pi}{2}$

【学解】

$$\begin{aligned} x &= x_1 + x_2 = 6 \times 10^{-2} \cos\left(5t - \frac{\pi}{2}\right) + 2 \times 10^{-2} \sin(\pi - 5t) \\ &= 6 \times 10^{-2} \cos\left(5t - \frac{\pi}{2}\right) + 2 \times 10^{-2} \cos\left(5t - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= 8 \times 10^{-2} \cos\left(5t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (m)} \end{aligned}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.2 振动的合成与分解

6. 【正解】  $\frac{\lambda}{2}$ , 0

【学解】相邻两波腹的距离为波长的一半, 相邻两波节间任意两点的相位相同, 振动相位差为零

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.4 波的衍射和干涉

7. 【正解】  $\frac{3\lambda}{4n_2}$

【学解】由于  $n_3 > n_2$ , 则光由  $n_2$  介质射入到  $n_3$  介质发射光存在半波损失, 对于第二条明纹有

$$2n_2d + \frac{\lambda}{2} = 2\lambda \Rightarrow d = \frac{3\lambda}{4n_2}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.2 光的干涉

8. 【正解】 9

【学解】  $|k_{\max}| < \frac{d}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{-6}}{500 \times 10^{-9}} = 6$ , 由于  $\frac{d}{a} = \frac{3}{2}$ , 则3的倍数级缺级

能出现的谱线有0,  $\pm 1$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 4$ ,  $\pm 5$ 共9条光谱线

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.3 光的衍射

9. 【正解】 15

【学解】  $\frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16}}{\frac{1}{16}} = 15$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.9 原子核物理简介

10. 【正解】 空穴

【学解】P型半导体杂质原子形成的局部能级, 处于禁带中但接近满带, P型半导体以空穴导电为主

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.8 半导体和激光





### 三、计算题(每题10分,共40分)

#### 1、【学解】

$$(1) a \rightarrow b, PV = nRT, \frac{T_b}{T_a} = \frac{P_b}{P_a} = 4, T_b = 800 \text{ K}$$

$$Q_{ab} = nC_{V,m}(T_b - T_a) = 7479 \text{ J}$$

$b \rightarrow c$ , 将  $P_c = P_b = 4P_a$  代入  $ca$  曲线方程得,  $V_c = 2V_a$ , 由  $PV = nRT$  得

$$\frac{T_c}{T_b} = \frac{V_c}{V_a} = 2, T_c = 1600 \text{ K}$$

$$Q_{bc} = nC_{p,m}(T_c - T_b) = 16620 \text{ J}$$

$$c \rightarrow a, \Delta E_{ca} = nC_{V,m}(T_a - T_c) = -17451 \text{ J}$$

$$A_{ca} = \int_{V_c}^{V_a} \frac{P_c V^2}{V_a^2} dV = -3878 \text{ J}$$

$$Q_{ca} = \Delta E_{ca} + A_{ca} = -21329 \text{ J}$$

$$(2) \eta = 1 - \frac{|Q_{ca}|}{Q_{ab} + Q_{bc}} = 11.5\%$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.1 热力学第一定律

#### 2、【学解】

$$(1) \because t=0 \text{ 时}, y_0=0, v_0>0, \therefore \phi_0 = -\frac{\pi}{2} \text{ 故入射波函数为}$$

$$y = A \cos[2\pi\nu(t - \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}]$$

(2) 反射波的波函数为

$$y_{\text{反}} = A \cos[2\pi\nu(t - \frac{2 \times \frac{3\lambda}{4} - x}{u}) - \frac{\pi}{2} + \pi] = A \cos[2\pi\nu(t + \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}]$$

此时驻波方程为

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

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

$$\text{故波节位置为: } \frac{2\pi ux}{u} = \frac{2\pi}{\lambda} x = (2k+1)\frac{\pi}{2}$$

$$\text{故 } x = (2k+1)\frac{\lambda}{4} \quad (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$



根据题意,  $k$  只能取 0, 1, 即  $x = \frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.3 机械波

### 3、【学解】

$\theta=0$  的方向上, 所有的光线相消, 为暗纹。

$a \sin \theta = \lambda$ , 狭缝分成两个半波带, 但由于薄膜使光线位相相同, 为明纹。

$a \sin \theta = 2\lambda$ , 狭缝分成 4 个半波带, 所有光线互相抵消, 为暗纹。

同理。

$a \sin \theta = 3\lambda$ , 狭缝分成六个半波带, 但由于薄膜使光线位相相同, 为明纹。

$a \sin \theta = 4\lambda$ , 狭缝分成八个半波带, 所有光线互相抵消, 为暗纹。

$a \sin \theta = 5\lambda$ , 狭缝分成十个半波带, 但由于薄膜使光线位相相同, 为明纹。

综上所述, 暗纹的衍射角  $\theta$  满足的关系为:  $\frac{a \sin \theta}{\lambda} = 0, \pm 2, \pm 4$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.3 光的衍射

### 4、【学解】

(1) 波函数归一化

$$\int_0^{\infty} |\phi(x)|^2 dx = \int_0^{\infty} |A\sqrt{x}e^{-ax^2}|^2 dx = 1$$

$$\int_0^{\infty} A^2 x e^{-2ax^2} dx = \frac{1}{4a} A^2 = 1$$

$$A = \pm 2\sqrt{a}$$

$$(2) \rho = |\phi(x)|^2 = |A\sqrt{x}e^{-ax^2}|^2 = A^2 x e^{-2ax^2}$$

$$\text{令 } \frac{d\rho}{dx} = 0, \text{ 得 } 4ax^2 = 1$$

$$x = \frac{1}{2\sqrt{a}}$$

$$(3) \rho = \int_0^{\frac{1}{\sqrt{2a}}} |\phi(x)|^2 dx = \int_0^{\frac{1}{\sqrt{2a}}} 4ax e^{-2ax^2} dx$$

$$= 1 - \frac{1}{e} = 0.632$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.6 不确定关系、薛定谔方程

