

一. 选择题 (将正确答案的字母填在空格内, 每题 3 分, 共 30 分)

1. 假定氧气的热力学温度提高一倍, 氧分子全部离解为氧原子, 则这些氧原子的平均速率是原来氧分子平均速率的

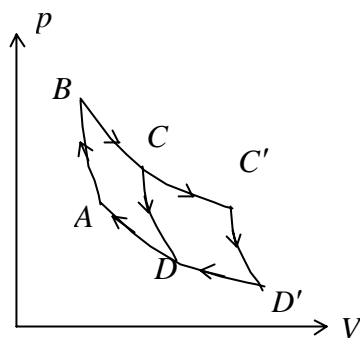
- (A) 4 倍. (B) 2 倍.  
(C)  $\sqrt{2}$  倍. (D)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  倍.

[ ]

2. 如图表示的两个卡诺循环, 第一个沿  $ABCD A$  进行, 第二个沿  $ABC'D'A$  进行, 这两个循环的效率  $\eta_1$  和  $\eta_2$  的关系及这两个循环所作的净功  $W_1$  和  $W_2$  的关系是

- (A)  $\eta_1 = \eta_2, W_1 = W_2$   
(B)  $\eta_1 > \eta_2, W_1 = W_2$ .  
(C)  $\eta_1 = \eta_2, W_1 > W_2$ .  
(D)  $\eta_1 = \eta_2, W_1 < W_2$ .

[ ]



3. 一弹簧振子作简谐振动, 当其偏离平衡位置的位移的大小为振幅的  $1/4$  时, 其动能为振动总能量的

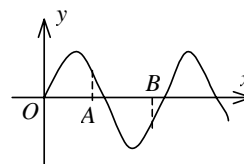
- (A)  $15/16$ . (B)  $13/16$   
(C)  $11/16$ . (D)  $9/16$ .

[ ]

4. 图示一平面简谐机械波在  $t$  时刻的波形曲线. 若此时  $A$  点处媒质质元的振动动能在增大, 则

- (A)  $A$  点处质元的弹性势能在减小.  
(B) 波沿  $x$  轴负方向传播.  
(C)  $B$  点处质元的振动动能在减小.  
(D) 各点的波的能量密度都不随时间变化.

[ ]



5. 波长为  $\lambda$  的单色平行光垂直入射到一狭缝上, 若第一级暗纹的位置对应的衍射角为  $\theta = \pm \pi/6$ , 则缝宽的大小为

- (A)  $\lambda/2$ . (B)  $\lambda$ .  
(C)  $2\lambda$ . (D)  $3\lambda$ .

[ ]

6. 一束平行单色光垂直入射在光栅上, 当光栅常数  $(a + b)$  为下列哪种情况时 ( $a$  代表每条缝的宽度),  $k=3, 6, 9$  等级次的主极大均不出现?

- (A)  $a+b=2a$ . (B)  $a+b=3a$ .  
(C)  $a+b=4a$ . (D)  $a+b=6a$ .

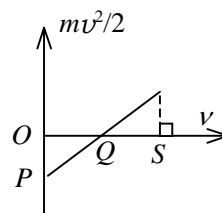
[ ]

7. 光电效应中发射的光电子最大初动能随入射光频率  $\nu$  的变化关系如图所示. 由图中的

- (A)  $OQ$  (B)  $OP$   
(C)  $OP/OQ$  (D)  $QS/OS$

可以直接求出普朗克常量.

[ ]



8. 如果两种不同质量的粒子, 其德布罗意波长相同, 则这两种粒子的

- (A) 动量相同. (B) 能量相同.  
(C) 速度相同. (D) 动能相同.

[ ]

9. 不确定关系式  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$  表示在  $x$  方向上

- (A) 粒子位置不能准确确定.  
(B) 粒子动量不能准确确定.  
(C) 粒子位置和动量都不能准确确定.  
(D) 粒子位置和动量不能同时准确确定.

[ ]

10. 氢原子中处于 3d 量子态的电子, 描述其量子态的四个量子数( $n, l, m_l, m_s$ )可能取的值为

- (A)  $(3, 0, 1, -\frac{1}{2})$ . (B)  $(1, 1, 1, -\frac{1}{2})$ .  
(C)  $(2, 1, 2, \frac{1}{2})$ . (D)  $(3, 2, 0, \frac{1}{2})$ .

[ ]

## 二. 填空题 (每题 3 分, 共 30 分)

1. 下面给出理想气体的几种状态变化的关系, 指出它们各表示什么等值过程.

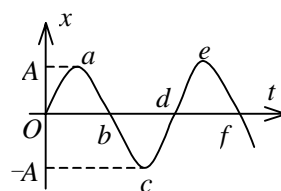
- (1)  $p \, dV = (M / M_{\text{mol}}) R \, dT$  表示\_\_\_\_\_过程.  
(2)  $V \, dp = (M / M_{\text{mol}}) R \, dT$  表示\_\_\_\_\_过程.  
(3)  $p \, dV + V \, dp = 0$  表示\_\_\_\_\_过程.

2. 有一瓶质量为  $M$  的氢气(视作刚性双原子分子的理想气体, 氢气的摩尔质量计为  $M_{\text{mol}}$ ), 温度为  $T$ , 则氢分子的平均平动能为\_\_\_\_\_, 氢分子的平均动能为\_\_\_\_\_, 该瓶氢气的内能为\_\_\_\_\_.

3. 处于平衡态  $A$  的一定量的理想气体, 若经准静态等体过程变到平衡态  $B$ , 将从外界吸收热量 416J; 若经准静态等压过程变到与平衡态  $B$  有相同温度的平衡态  $C$ , 将从外界吸收热量 582J, 所以, 从平衡态  $A$  变到平衡态  $C$  的准静态等压过程中气体对外界所作的功为\_\_\_\_\_.

4. 一竖直悬挂的弹簧振子, 自然平衡时弹簧的伸长量为  $x_0$ , 此振子自由振动的周期  $T =$ \_\_\_\_\_.

5. 一水平弹簧简谐振子的振动曲线如图所示. 当振子处在位移为零、速度为 $-\omega A$ 、加速度为零和弹性力为零的状态时, 应对应于曲线上的\_\_\_\_\_点. 当振子处在位移的绝对值为 $A$ 、速度为零、加速度为 $-\omega^2 A$ 和弹性力为 $-kA$ 的状态时, 应对应于曲线上的\_\_\_\_\_点.



6. 两相干波源  $S_1$  和  $S_2$  的振动方程分别是  $y_1 = A \cos \omega t$  和  $y_2 = A \cos(\omega t + \frac{1}{2}\pi)$ .  $S_1$  距  $P$  点 3 个波长,  $S_2$  距  $P$  点  $21/4$  个波长. 两波在  $P$  点引起的两个振动的相位差是\_\_\_\_\_.

7. 在迈克耳孙干涉仪的一条光路中, 插入一块折射率为  $n$ , 厚度为  $d$  的透明薄片. 插入这块薄片使这条光路的光程改变了\_\_\_\_\_.

8. 光强为  $I_0$  的自然光垂直通过两个偏振片后, 出射光强  $I = I_0/8$ , 则两个偏振片的偏振化方向之间的夹角为\_\_\_\_\_.

9. 当一束自然光以布儒斯特角入射到两种媒质的分界面上时, 就偏振状态来说反射光为\_\_\_\_\_光, 其振动方向\_\_\_\_\_于入射面.

10. 钴( $Z = 27$ )有两个电子在  $4s$  态, 没有其它  $n \geq 4$  的电子, 则在  $3d$  态的电子可有\_\_\_\_\_个.

### 三. 计算题 (每题 10 分, 共 40 分)

1. 汽缸内有 2 mol 氦气, 初始温度为  $27^\circ\text{C}$ , 体积为 20 L(升), 先将氦气等压膨胀, 直至体积加倍, 然后绝热膨胀, 直至回复初温为止. 把氦气视为理想气体. 试求:

(1) 在  $p-V$  图上大致画出气体的状态变化过程.

(2) 在这过程中氦气吸热多少?

(3) 氦气的内能变化多少?

(4) 氦气所作的总功是多少? (普适气体常量  $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

2. 一横波沿绳子传播, 其波的表达式为  $y = 0.05 \cos(100\pi t - 2\pi x)$  (SI)

(1) 求此波的振幅、波速、频率和波长.

(2) 求绳子上各质点的最大振动速度和最大振动加速度.

(3) 求  $x_1 = 0.2 \text{ m}$  处和  $x_2 = 0.7 \text{ m}$  处二质点振动的相位差.

3. 用波长为  $500 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 的单色光垂直照射到由两块光学平玻璃构成的空气劈形膜上. 在观察反射光的干涉现象中, 距劈形膜棱边  $l = 1.56 \text{ cm}$  的  $A$  处是从棱边算起的第四条暗条纹中心.

(1) 求此空气劈形膜的劈尖角  $\theta$ ;

(2) 改用  $600 \text{ nm}$  的单色光垂直照射到此劈尖上仍观察反射光的干涉条纹,  $A$  处是明条纹还是暗条纹?

(3) 在第(2)问的情形从棱边到  $A$  处的范围内共有几条明纹? 几条暗纹?

4. 若光子的波长和电子的德布罗意波长  $\lambda$  相等, 电子的静止质量计为  $m_0$ . 试求光子的质量与电子的质量之比.

## 参考答案

一. 选择题 (每题 3 分, 共 30 分)

1.[B] 2.[D] 3.[A] 4.[B] 5.[C] 6.[B] 7.[C] 8.[A] 9.[D] 10.[D]

二. 填空题 (每题 3 分, 共 30 分)

1. 等压 1 分 等体 1 分 等温 1 分

2.  $\frac{3}{2}kT$  2 分  $\frac{5}{2}kT$  2 分  $\frac{5}{2}MRT/M_{\text{mol}}$  1 分

3. 166 J 3 分

4.  $2\pi\sqrt{x_0/g}$  3 分

5.  $b, f$  2 分  $a, e$  1 分

6. 0 3 分

7.  $2(n-1)d$  3 分

8.  $60^\circ$  3 分

9. 完全偏振光 (或线偏振光) 1 分 垂直 2 分

10. 7 3 分

参考解: 钴的电子组态为  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^7, 4s^2$ .

三. 计算题 (共 40 分)

1. 解: (1)  $p-V$  图如图. 2 分

(2)  $T_1 = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}$

据  $V_1/T_1 = V_2/T_2$ ,

得  $T_2 = V_2 T_1 / V_1 = 600 \text{ K}$  1 分

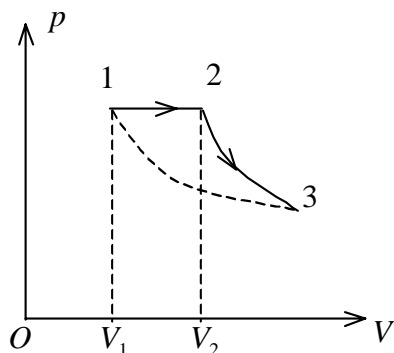
$Q = \nu C_p (T_2 - T_1)$  2 分

$= 1.25 \times 10^4 \text{ J}$  1 分

(3)  $\Delta E = 0$  2 分

(4) 据  $Q = W + \Delta E$

$\therefore W = Q = 1.25 \times 10^4 \text{ J}$  2 分



2. 解: (1) 已知波的表达式为  $y = 0.05 \cos(100\pi t - 2\pi x)$  与标准形式  $y = A \cos(2\pi \nu t - 2\pi x / \lambda)$  比较得

$A = 0.05 \text{ m}, \nu = 50 \text{ Hz}, \lambda = 1.0 \text{ m}$  各 1 分

$u = \lambda \nu = 50 \text{ m/s}$  1 分

(2)  $v_{\text{max}} = (\partial y / \partial t)_{\text{max}} = 2\pi \nu A = 15.7 \text{ m/s}$  2 分

$a_{\text{max}} = (\partial^2 y / \partial t^2)_{\text{max}} = 4\pi^2 \nu^2 A = 4.93 \times 10^3 \text{ m/s}^2$  2 分

(3)  $\Delta \phi = 2\pi(x_2 - x_1) / \lambda = \pi$ , 二振动反相 2 分

3. 解: (1) 棱边处是第一条暗纹中心, 在膜厚度为  $e_2 = \frac{1}{2}\lambda$  处是第二条暗纹中心, 依此可知

第四条暗纹中心处, 即 A 处膜厚度  $e_4 = \frac{3}{2}\lambda$

$$\therefore \theta = e_4 / l = 3\lambda / (2l) = 4.8 \times 10^{-5} \text{ rad} \quad 5 \text{ 分}$$

(2) 由上问可知 A 处膜厚为  $e_4 = 3 \times 500 / 2 \text{ nm} = 750 \text{ nm}$

对于  $\lambda' = 600 \text{ nm}$  的光, 连同附加光程差, 在 A 处两反射光的光程差为

$$2e_4 + \frac{1}{2}\lambda', \text{ 它与波长 } \lambda' \text{ 之比为 } 2e_4 / \lambda' + \frac{1}{2} = 3.0. \text{ 所以 A 处是明纹} \quad 3 \text{ 分}$$

(3) 棱边处仍是暗纹, A 处是第三条明纹, 所以共有三条明纹, 三条暗纹.  $2 \text{ 分}$

4. 解: 光子动量:  $p_r = m_r c = h / \lambda \quad \text{①} \quad 2 \text{ 分}$

电子动量:  $p_e = m_e v = h / \lambda \quad \text{②} \quad 2 \text{ 分}$

两者波长相等, 有  $m_r c = m_e v$   
得到  $m_r / m_e = v / c \quad \text{③}$

电子质量  $m_e = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad \text{④} \quad 2 \text{ 分}$

式中  $m_0$  为电子的静止质量. 由②、④两式解出

$$v = \frac{c}{\sqrt{1 + (m_0^2 \lambda^2 c^2 / h^2)}} \quad 2 \text{ 分}$$

代入③式得  $\frac{m_r}{m_e} = \frac{1}{\sqrt{1 + (m_0^2 \lambda^2 c^2 / h^2)}} \quad 2 \text{ 分}$