

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. 若  $f(v)$  为气体分子速率分布函数,  $N$  为分子总数,  $m$  为分子质量, 则  $\int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2} m v^2 N f(v) dv$  的物理意义是

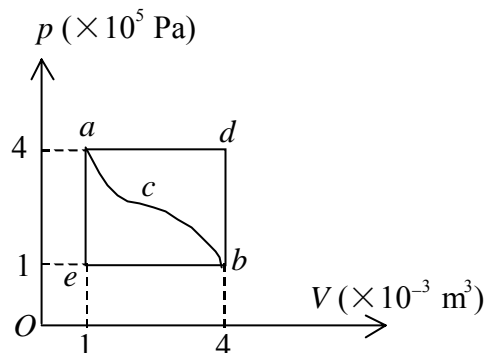
- (A) 速率为  $v_2$  的各分子的总平动动能与速率为  $v_1$  的各分子的总平动动能之差.  
 (B) 速率为  $v_2$  的各分子的总平动动能与速率为  $v_1$  的各分子的总平动动能之和.  
 (C) 速率处在速率间隔  $v_1 \sim v_2$  之内的分子的平均平动动能.  
 (D) 速率处在速率间隔  $v_1 \sim v_2$  之内的分子平动动能之和.

[       ]

2. 一定量的理想气体经历  $acb$  过程时吸热 500 J. 则经历  $acbda$  过程时, 吸热为

- (A) -1200 J.        (B) -700 J.  
 (C) -400 J.        (D) 700 J.

[       ]



3. 一平面简谐波的表达式为  $y = A \cos 2\pi(\nu t - x/\lambda)$ . 在  $t = 1/\nu$  时刻,  $x_1 = 3\lambda/4$  与  $x_2 = \lambda/4$  二点处质元速度之比是

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

[       ]

4. 一平面简谐波在弹性媒质中传播时, 某一时刻媒质中某质元在负的最大位移处, 则它的能量是

- (A) 动能最大, 势能为零.        (B) 动能最大, 势能最大.  
 (C) 动能为零, 势能为零.        (D) 动能为零, 势能最大.

[       ]

5. 根据惠更斯-菲涅耳原理, 若已知光在某时刻的波阵面为  $S$ , 则  $S$  的前方某点  $P$  的光强度决定于波阵面  $S$  上所有面积元发出的子波各自传到  $P$  点的

- (A) 振动振幅之和.        (B) 光强之和.  
 (C) 振动振幅之和的平方.        (D) 振动的相干叠加.

[       ]

6. 波长  $\lambda = 550 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 的单色光垂直入射于光栅常数  $d = 2 \times 10^{-4} \text{ cm}$  的平面衍射光栅上, 可能观察到的光谱线的最大级次为

- (A) 5.        (B) 4.        (C) 3.        (D) 2.

[       ]

7. 电子显微镜中的电子从静止开始通过电势差为  $U$  的静电场加速后, 其德布罗意波长是  $0.4 \text{ \AA}$ , 则  $U$  约为

- (A) 150 V.        (B) 330 V.  
 (C) 630 V.        (D) 940 V.        (普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ )

[       ]

8. 波长  $\lambda = 5000 \text{ \AA}$  的光沿  $x$  轴正向传播, 若光的波长的不确定量  $\Delta\lambda = 10^{-3} \text{ \AA}$ , 则利用不确定关系式  $\Delta p_x \Delta x \geq h$  可得光子的  $x$  坐标的不确定量至少为

- (A) 25 cm. (B) 50 cm.  
(C) 250 cm. (D) 500 cm. (普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ )

[ ]

9. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动, 其波函数为:

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cdot \cos \frac{3\pi x}{2a}, \quad (-a \leq x \leq a)$$

那么粒子在  $x = 5a/6$  处出现的概率密度为

- (A)  $1/(2a)$ . (B)  $1/a$ .  
(C)  $1/\sqrt{2a}$ . (D)  $1/\sqrt{a}$ .

[ ]

10. 在原子的 K 壳层中, 电子可能具有的四个量子数( $n, l, m_l, m_s$ )是

- (1)  $(1, 1, 0, \frac{1}{2})$ . (2)  $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$ .  
(3)  $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$ . (4)  $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$ .

以上四种取值中, 哪些是正确的?

- (A) 只有(1)、(3)是正确的.  
(B) 只有(2)、(4)是正确的.  
(C) 只有(2)、(3)、(4)是正确的.  
(D) 全部是正确的.

[ ]

## 二. 填空题 (每题 3 分, 共 30 分)

1. 已知一容器内的理想气体在温度为 273 K、压强为  $1.0 \times 10^{-2} \text{ atm}$  时, 其密度为  $1.24 \times 10^{-2}$

$\text{kg/m}^3$ , 则该气体的摩尔质量  $M_{\text{mol}} =$  \_\_\_\_\_; 容器单位体积内分子的总平动

动能 = \_\_\_\_\_.

(普适气体常量  $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

2. 同一种理想气体的定压摩尔热容  $C_p$  大于定体摩尔热容  $C_v$ , 其原因是

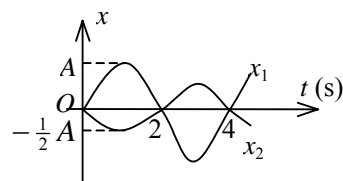
\_\_\_\_\_.

3. 两个弹簧振子的周期都是 0.4 s, 设开始时第一个振子从平衡位置向负方向运动, 经过

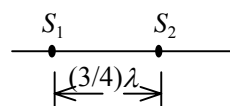
0.5 s 后, 第二个振子才从正方向的端点开始运动, 则这两振动的相位差为 \_\_\_\_\_.

4. 如图所示的是两个简谐振动的振动曲线, 它们合

成的余弦振动的初相为 \_\_\_\_\_.



5. 如图所示, 两相干波源  $S_1$  与  $S_2$  相距  $3\lambda/4$ ,  $\lambda$  为波长. 设两波在  $S_1$   $S_2$  连线上传播时, 它们的振幅都是  $A$ , 并且不随距离变化. 已知在该直线上在  $S_1$  左侧各点的合成波强度为其中一个波强度的 4



倍, 则两波源应满足的相位条件是\_\_\_\_\_.

6. 波长为  $\lambda_2$  与  $\lambda_1$  (设  $\lambda_1 > \lambda_2$ ) 的两种平行单色光垂直照射到劈形膜上, 已知劈形膜的折射率为  $n(n > 1)$ , 劈形膜放在空气中, 在反射光形成的干涉条纹中, 这两种单色光的从棱边数起第五级暗条纹所对应的薄膜厚度之差是\_\_\_\_\_.

7. 波长为  $\lambda$  的单色光垂直入射在缝宽  $a = 4\lambda$  的单缝上. 对应于衍射角  $\varphi = 30^\circ$ , 单缝处的波面可划分为\_\_\_\_\_个半波带.

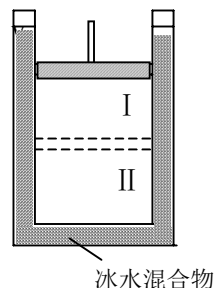
8. 使光强为  $I_0$  的自然光依次垂直通过三块偏振片  $P_1$ ,  $P_2$  和  $P_3$ .  $P_1$  与  $P_2$  的偏振化方向成  $45^\circ$  角,  $P_2$  与  $P_3$  的偏振化方向成  $45^\circ$  角. 则透过三块偏振片的光强  $I$  为\_\_\_\_\_.

9. 光子波长为  $\lambda$ , 则其能量 = \_\_\_\_\_; 动量的大小 = \_\_\_\_\_; 质量 = \_\_\_\_\_.

10. 根据泡利不相容原理, 在主量子数  $n = 4$  的电子壳层上最多可能有的电子数为\_\_\_\_\_个.

### 三. 计算题 (共 40 分)

1. (本题 10 分) 如图所示, 一金属圆筒中盛有 1 mol 刚性双原子分子的理想气体, 用可动活塞封住, 圆筒浸在冰水混合物中. 迅速推动活塞, 使气体从标准状态(活塞位置 I)压缩到体积为原来一半的状态(活塞位置 II), 然后维持活塞不动, 待气体温度下降至  $0^\circ\text{C}$ , 再让活塞缓慢上升到位置 I, 完成一次循环.



- (1) 试在  $p-V$  图上画出相应的理想循环曲线;
- (2) 若作 100 次循环放出的总热量全部用来熔解冰, 则有多少冰被熔化? (已知冰的熔解热  $\lambda = 3.35 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 普适气体常量  $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

2. (本题 10 分) 已知一平面简谐波的表达式为  $y = A \cos \pi(4t + 2x)$  (SI).

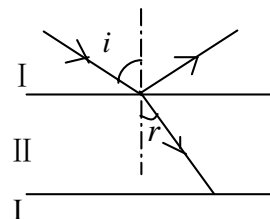
- (1) 求该波的波长  $\lambda$ , 频率  $\nu$  和波速  $u$  的值;
- (2) 写出  $t = 4.2 \text{ s}$  时刻各波峰位置的坐标表达式, 并求出此时离坐标原点最近的那个波峰的位置;
- (3) 求  $t = 4.2 \text{ s}$  时离坐标原点最近的那个波峰通过坐标原点的时刻  $t$ .

3. (本题 10 分) 如图所示, 媒质 I 为空气( $n_1=1.00$ ), II 为玻璃( $n_2=1.60$ ), 两个交界面相互平行. 一束自然光由媒质 I 中以  $i$  角入射. 若使 I、II 交界面上的反射光为线偏振光,

(1) 入射角  $i$  是多大?

(2) 图中玻璃上表面处折射角是多大?

(3) 在图中玻璃板下表面处的反射光是否也是线偏振光?



4. (本题 5 分) 在双缝干涉实验中, 双缝与屏间的距离  $D=1.2$  m, 双缝间距  $d=0.45$  mm, 若测得屏上干涉条纹相邻明条纹间距为 1.5 mm, 求光源发出的单色光的波长  $\lambda$ .

5. (本题 5 分) 用某频率的单色光照射基态氢原子气体, 使气体发射出三种频率的谱线, 试求原照射单色光的频率.

(普朗克常量  $h=6.63 \times 10^{-34}$  J·s,  $1 \text{ eV}=1.60 \times 10^{-19}$  J)

## 参考答案

一. 选择题 (每题 3 分, 共 30 分)

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

二. 填空题 (每题 3 分, 共 30 分)

1.  $28 \times 10^{-3}$  kg/mol 1 分,  $1.5 \times 10^3$  J 2 分;

2. 在等压升温过程中, 气体要膨胀而对外做功, 所以要比气体等体升温过程多吸收一部分热量. 3 分;

3.  $\pi$  3 分; 4.  $-\frac{1}{2}\pi$  或  $\frac{3}{2}\pi$  3 分;

5.  $S_1$  的相位比  $S_2$  的相位超前  $\pi/2$  3 分; 6.  $2(\lambda_1 - \lambda_2)/n$  3 分;

7. 4 3 分; 8.  $I_0/8$  3 分

9.  $hc/\lambda$  1 分,  $h/\lambda$  1 分,  $h/(c\lambda)$  1 分; 10. 32 3 分

三. 计算题 (共 40 分)

1. (本题 10 分) 解: (1)  $p-V$  图上循环曲线如图所示, 其中  $ab$  为绝热线,  $bc$  为等体线,  $ca$  为等温线。

图 3 分

(2) 等体过程放热为  $Q_V = C_V(T_2 - T_1)$  ① 1 分

等温过程吸热为  $Q_T = RT_1 \ln \frac{V_1}{V_1/2}$  ② 1 分

绝热过程方程  $V_1^{\gamma-1} T_1 = (\frac{V_1}{2})^{\gamma-1} T_2$  ③ 1 分

双原子分子气体  $C_V = \frac{5}{2}R$ ,  $\gamma = 1.4$

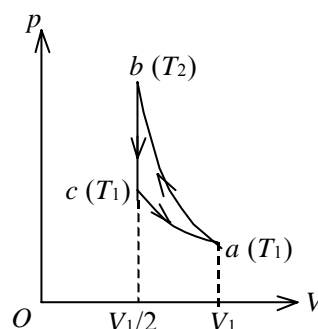
由①~③式解得系统一次循环放出的净热量为

$$Q = Q_V - Q_T = \frac{5}{2}R(2^{\gamma-1} - 1)T_1 - RT_1 \ln 2$$

$$= 240 \text{ J} \quad 2 \text{ 分}$$

若 100 次循环放出的总热量全部用来熔解冰, 则熔解的冰的质量为

$$m = \frac{100Q}{\lambda} = 7.16 \times 10^{-2} \text{ kg} \quad 2 \text{ 分}$$



2. (本题 10 分) 解: 这是一个向  $x$  轴负方向传播的波.

(1) 由波数  $k = 2\pi / \lambda$  得波长  $\lambda = 2\pi / k = 1 \text{ m}$  1 分

由  $\omega = 2\pi\nu$  得频率  $\nu = \omega / 2\pi = 2 \text{ Hz}$  1 分

波速  $u = \nu\lambda = 2 \text{ m/s}$  1 分

(2) 波峰的位置, 即  $y = A$  的位置.

由  $\cos \pi(4t + 2x) = 1$

有  $\pi(4t + 2x) = 2k\pi \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$

解上式, 有  $x = k - 2t$ .

当  $t = 4.2 \text{ s}$  时,  $x = (k - 8.4) \text{ m}$ . 2 分

所谓离坐标原点最近, 即  $|x|$  最小的波峰. 在上式中取  $k = 8$ , 可得  $x = -0.4$  的波峰离坐标原点最近. 2 分

(3) 设该波峰由原点传播到  $x = -0.4 \text{ m}$  处所需的时间为  $\Delta t$ ,

则  $\Delta t = |\Delta x| / u = |\Delta x| / (\nu\lambda) = 0.2 \text{ s}$  1 分

$\therefore$  该波峰经过原点的时刻  $t = 4 \text{ s}$  2 分

3. (本题 10 分) 解: (1) 由布儒斯特定律

$$\tan i = n_2 / n_1 = 1.60 / 1.00$$

$$i = 58.0^\circ$$

4 分

(2)  $r = 90^\circ - i = 32.0^\circ$  2 分

(3) 因二界面平行, 所以下表面处入射角等于  $r$ ,

$$\tan r = \cot i = n_1 / n_2$$

满足布儒斯特定律, 所以图中玻璃板下表面处的反射光也是线偏振光. 4 分

4. (本题 5 分) 解: 根据公式

$$x = k\lambda D / d$$

相邻条纹间距

$$\Delta x = D \lambda / d$$

则

$$\lambda = d \Delta x / D$$

$$= 562.5 \text{ nm}.$$

3 分

2 分

5. (本题 5 分) 解: 按题意可知单色光照射的结果, 氢原子被激发至  $n = 3$  的状态(因为它发射三种频率的谱线), 故知原照射光子的能量为

$$\varepsilon = E_3 - E_1 = -\frac{13.6}{3^2} - (-13.6) = 12.09 \text{ eV} = 1.93 \times 10^{-18} \text{ J} \quad 3 \text{ 分}$$

该单色光的频率为

$$\nu = \frac{\varepsilon}{h} = 2.92 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

2 分