

一、选择题：

1. 1 mol 刚性双原子分子理想气体，当温度为  $T$  时，其内能为

- (A)  $\frac{3}{2}RT$ .                      (B)  $\frac{3}{2}kT$ .  
(C)  $\frac{5}{2}RT$ .                      (D)  $\frac{5}{2}kT$ .

(式中  $R$  为普适气体常量， $k$  为玻尔兹曼常量)

[       ]

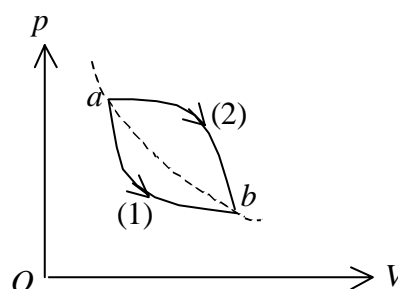
2. 速率分布函数  $f(v)$  的物理意义为：

- (A) 具有速率  $v$  的分子占总分子数的百分比.  
(B) 速率分布在  $v$  附近的单位速率间隔中的分子数占总分子数的百分比.  
(C) 具有速率  $v$  的分子数.  
(D) 速率分布在  $v$  附近的单位速率间隔中的分子数.

[       ]

3. 一定量的理想气体，从  $p-V$  图上初态  $a$  经历(1)或(2)过程到达末态  $b$ ，已知  $a$ 、 $b$  两态处于同一条绝热线上(图中虚线是绝热线)，则气体在

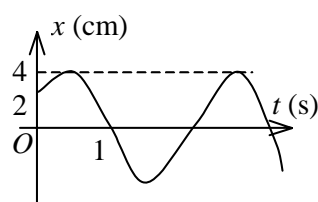
- (A) (1)过程中吸热，(2)过程中放热.  
(B) (1)过程中放热，(2)过程中吸热.  
(C) 两种过程中都吸热.  
(D) 两种过程中都放热.



[       ]

4. 一简谐振动曲线如图所示. 则振动周期是

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



[       ]

5. 一平面简谐波在弹性媒质中传播，在媒质质元从最大位移处回到平衡位置的过程中

- (A) 它的势能转换成动能.  
(B) 它的动能转换成势能.  
(C) 它从相邻的一段媒质质元获得能量，其能量逐渐增加.  
(D) 它把自己的能量传给相邻的一段媒质质元，其能量逐渐减小.

[       ]

6. 一束波长为 $\lambda$ 的单色光由空气垂直入射到折射率为 $n$ 的透明薄膜上, 透明薄膜放在空气中, 要使反射光得到干涉加强, 则薄膜最小的厚度为

- (A)  $\lambda/4$ .                      (B)  $\lambda/(4n)$ .  
(C)  $\lambda/2$ .                      (D)  $\lambda/(2n)$ .

[       ]

7. 一束光强为 $I_0$ 的自然光垂直穿过两个偏振片, 且此两偏振片的偏振化方向成 $45^\circ$ 角, 则穿过两个偏振片后的光强 $I$ 为

- (A)  $I_0/4\sqrt{2}$ .                      (B)  $I_0/4$ .  
(C)  $I_0/2$ .                      (D)  $\sqrt{2}I_0/2$ .

[       ]

8. 若 $\alpha$ 粒子(电荷为 $2e$ )在磁感应强度为 $B$ 均匀磁场中沿半径为 $R$ 的圆形轨道运动, 则 $\alpha$ 粒子的德布罗意波长是

- (A)  $h/(2eRB)$ .                      (B)  $h/(eRB)$ .  
(C)  $1/(2eRBh)$ .                      (D)  $1/(eRBh)$ .

[       ]

9. 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)  $(3, 2, 0, \frac{1}{2})$ .

[       ]

10. 与绝缘体相比较, 半导体能带结构的特点是

- (A) 导带也是空带.  
(B) 满带与导带重合.  
(C) 满带中总是有空穴, 导带中总是有电子.  
(D) 禁带宽度较窄.

[       ]

二、填空题:

1.  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三个容器中皆装有理想气体, 它们的分子数密度之比为  $n_A : n_B : n_C = 4 : 2 : 1$ , 而分子的平均平动动能之比为  $\overline{w_A} : \overline{w_B} : \overline{w_C} = 1 : 2 : 4$ , 则它们的压强之比  $p_A : p_B : p_C =$  \_\_\_\_\_.

2. 已知  $1 \text{ mol}$  的某种理想气体(其分子可视为刚性分子), 在等压过程中温度上升  $1 \text{ K}$ , 内能增加了  $20.78 \text{ J}$ , 则气体对外做功为\_\_\_\_\_, 气体吸收热量为\_\_\_\_\_.

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

3. 两个同方向同频率的简谐振动, 其合振动的振幅为  $20 \text{ cm}$ , 与第一个简谐振动的相位差为  $\phi - \phi_1 = \pi/6$ . 若第一个简谐振动的振幅为  $10\sqrt{3} \text{ cm} = 17.3 \text{ cm}$ , 则第二个简谐振动的振幅为\_\_\_\_\_  $\text{cm}$ , 第一、二两个简谐振动的相位差  $\phi_1 - \phi_2$  为\_\_\_\_\_.

4. 一平面简谐波沿  $x$  轴负方向传播. 已知  $x = -1 \text{ m}$  处质点的振动方程为  $y = A \cos(\omega t + \phi)$ , 若波速为  $u$ , 则此波的表达式为\_\_\_\_\_.

5. 把双缝干涉实验装置放在折射率为  $n$  的媒质中, 双缝到观察屏的距离为  $D$ , 两缝之间的距离为  $d$  ( $d \ll D$ ), 入射光在真空中的波长为  $\lambda$ , 则屏上干涉条纹中相邻明纹的间距是\_\_\_\_\_.

6. 在单缝的夫琅禾费衍射实验中, 屏上第三级暗纹对应于单缝处波面可划分\_\_\_\_\_个半波带, 若将缝宽缩小一半, 原来第三级暗纹处将是\_\_\_\_\_纹.

7. 某单色光垂直入射到一个每毫米有  $800$  条刻线的光栅上, 如果第一级谱线的衍射角为  $30^\circ$ , 则入射光的波长应为\_\_\_\_\_.

8. 氢原子的运动速率等于它在  $300 \text{ K}$  时的方均根速率时, 它的德布罗意波长是\_\_\_\_\_. 质量为  $M = 1 \text{ g}$ , 以速度  $v = 1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  运动的小球的德布罗意波长是\_\_\_\_\_.

(普朗克常量为  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , 玻尔兹曼常量  $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ , 氢原子质量  $m_H = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ )

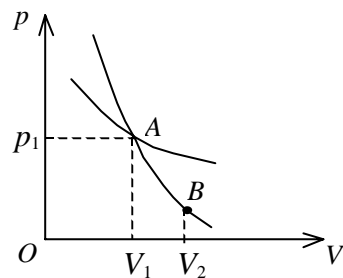
9. 根据量子力学理论, 氢原子中电子的动量矩为  $L = \sqrt{l(l+1)} \hbar$ , 当主量子数  $n = 3$  时, 电子动量矩的可能取值为\_\_\_\_\_.

10. 在下列给出的各种条件中, 哪些是产生激光的条件, 将其标号列下:

\_\_\_\_\_.  
(1)自发辐射. (2)受激辐射. (3)粒子数反转.  
(4)三能极系统. (5)谐振腔.

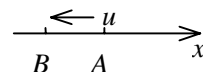
### 三. 计算题

1. 某理想气体在  $p-V$  图上等温线与绝热线相交于  $A$  点, 如图. 已知  $A$  点的压强  $p_1=2\times 10^5 \text{ Pa}$ , 体积  $V_1=0.5\times 10^{-3} \text{ m}^3$ , 而且  $A$  点处等温线斜率与绝热线斜率之比为 0.714. 现使气体从  $A$  点绝热膨胀至  $B$  点, 其体积  $V_2=1\times 10^{-3} \text{ m}^3$ , 求



- (1)  $B$  点处的压强;
- (2) 在此过程中气体对外作的功.

2. 如图, 一平面波在介质中以波速  $u = 20 \text{ m/s}$  沿  $x$  轴负方向传播, 已知  $A$  点的振动方程为  $y = 3\times 10^{-2} \cos 4\pi t$  (SI).



- (1) 以  $A$  点为坐标原点写出波的表达式;
- (2) 以距  $A$  点  $2.5 \text{ m}$  处的  $B$  点为坐标原点, 写出波的表达式.

3 用每毫米 300 条刻痕的衍射光栅来检验仅含有属于红和蓝的两种单色成分的光谱. 已知红谱线波长  $\lambda_R$  在  $0.63\text{—}0.76\mu\text{m}$  范围内, 蓝谱线波长  $\lambda_B$  在  $0.43\text{—}0.49 \mu\text{m}$  范围内. 当光垂直入射到光栅时, 发现在衍射角为  $24.46^\circ$  处, 红蓝两谱线同时出现. 在什么角度下红蓝两谱线还会同时出现?

4. 用波长  $\lambda_0 = 1 \text{ \AA}$  的光子做康普顿实验.

- (1) 散射角  $\phi = 90^\circ$  的康普顿散射波长是多少?
  - (2) 反冲电子获得的动能有多大?
- (普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , 电子静止质量  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ )

## 参考答案

### 一、选择题:

1.(C) 2.(B) 3.(B) 4.(B) 5.(C) 6.(B) 7.(B) 8(A) 9(D) 10.(D)

### 二、填空题:

1.  $1:1:1$
2.  $8.31 \text{ J}$   $29.09 \text{ J}$
3.  $10$   $-\frac{1}{2}\pi$
4.  $y = A \cos\{\omega[t + (1+x)/u] + \phi\}$  (SI)
5.  $D\lambda / (dn)$
6. 6 第一级明(只填“明”也可以)
7.  $6250 \text{ \AA}$  (或  $625 \text{ nm}$ )
8.  $1.45 \text{ \AA}$   $6.63 \times 10^{-19} \text{ \AA}$
9.  $0$ ,  $\sqrt{2}\hbar$ ,  $\sqrt{6}\hbar$
10. (2)、(3)、(4)、(5)

### 三、计算题

1. (1) 由等温线  $pV = C$  得  $(\frac{dp}{dV})_T = -\frac{p}{V}$

由绝热线  $pV^\gamma = C$  得  $(\frac{dp}{dV})_Q = -\gamma \frac{p}{V}$

由题意知  $\frac{(dp/dV)_T}{(dp/dV)_Q} = \frac{-p/V}{-\gamma p/V} = \frac{1}{\gamma} = 0.714$

故  $\gamma = 1/0.714 = 1.4$

由绝热方程  $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$

可得  $p_2 = p_1 (\frac{V_1}{V_2})^\gamma = 7.58 \times 10^4 \text{ Pa}$

(2)  $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} p_1 (\frac{V_1}{V})^\gamma dV = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{\gamma - 1} = 60.5 \text{ J}$

2. (1) 坐标为  $x$  点的振动相位为

$$\omega t + \phi = 4\pi[t + (x/u)] = 4\pi[t + (x/20)] = 4\pi[t + (x/20)]$$

波的表达式为  $y = 3 \times 10^{-2} \cos 4\pi[t + (x/20)] \quad (\text{SI})$

(2) 以  $B$  点为坐标原点, 则坐标为  $x$  点的振动相位为

$$\omega t + \phi' = 4\pi[t + \frac{x-5}{20}] \quad (\text{SI})$$

波的表达式为  $y = 3 \times 10^{-2} \cos[4\pi(t + \frac{x}{20}) - \pi] \quad (\text{SI})$

3.  $\therefore a+b = (1/300) \text{ mm} = 3.33 \mu\text{m}$

$$(a+b) \sin \psi = k\lambda$$

$\therefore k\lambda = (a+b) \sin 24.46^\circ = 1.38 \mu\text{m}$

$\therefore \lambda_R = 0.63 \sim 0.76 \mu\text{m}; \lambda_B = 0.43 \sim 0.49 \mu\text{m}$

对于红光, 取  $k=2$ , 则  $\lambda_R = 0.69 \mu\text{m}$

对于蓝光, 取  $k=3$ , 则  $\lambda_B = 0.46 \mu\text{m}$

红光最大级次  $k_{\max} = (a+b)/\lambda_R = 4.8$ ,

取  $k_{\max}=4$  则红光的第 4 级与蓝光的第 6 级还会重合. 设重合处的衍射角为  $\psi'$ , 则

$$\sin \psi' = 4\lambda_R / (a+b) = 0.828$$

$\therefore \psi' = 55.9^\circ$

4. (1) 康普顿散射光子波长改变:

$$\Delta\lambda = (hm_e c)(1 - \cos \phi) = 0.024 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 1.024 \times 10^{-10} \text{ m}$$

(2) 设反冲电子获得动能  $E_K = (m - m_e)c^2$ , 根据能量守恒:

$$h\nu_0 = h\nu + (m - m_e)c^2 = h\nu + E_K$$

即  $hc/\lambda_0 = [hc/(\lambda_0 + \Delta\lambda)] + E_K$

故  $E_K = hc\Delta\lambda / [\lambda_0(\lambda_0 + \Delta\lambda)] = 4.66 \times 10^{-17} \text{ J} = 291 \text{ eV}$