

5. 长度为 L ，线密度为 ρ 的一根弦线、两端固定。线中张力为 T （波速 $\sqrt{T/\rho}$ ），以 n 表示正整数，则此弦所有可能的自由振动频率可表示为

- (A) $(n/4L)\sqrt{T/\rho}$ (B) $(n/2L)\sqrt{T/\rho}$
 (C) $(n/3L)\sqrt{T/\rho}$ (D) $(2\pi n/L)\sqrt{T/\rho}$ []

6. 两列时速均为 64.8km/h 迎面对开的列车，一列车的汽笛频率为 600Hz，则在另一列车上的乘客所听到的汽笛的频率（设空气中声速为 340m/s）约为

- (A) 540Hz (B) 568Hz (C) 636Hz (D) 667Hz []

7. 在折射率 $n_3 = 1.60$ 的玻璃片表面镀一层折射率 $n_2 = 1.38$ 的 MgF_2 薄膜作为增透膜。为了使波长为 $\lambda = 500\text{nm}$ （ $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ）的光，从折射率 $n_1 = 1.00$ 的空气垂直入射到玻璃片上的反射尽可能地减少， MgF_2 薄膜的厚度 e 最小为

- (A) 250nm (B) 181.2nm (C) 125nm (D) 90.6nm []

8. 某元素的特征光谱中含有波长分别为 $\lambda_1 = 450\text{nm}$ 和 $\lambda_2 = 750\text{nm}$ 的光谱线。在光栅光谱中，这两种波长的谱线有重叠现象，重叠处 λ_2 的谱线的级数将是

- (A) 2, 3, 4, 5 (B) 2, 5, 8, 11
 (C) 2, 4, 6, 8 (D) 3, 6, 9, 12 []

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

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

10. 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 型或 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 型半导体是负电子导电，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空带（导带）底部，使局部能级中多余的电子容易被激发跃迁到空带中去，大大提高了半导体导电性

能。

(D) p型半导体的导电机构完全决定于满带中电子的运动。

[]

东北大学期末试题

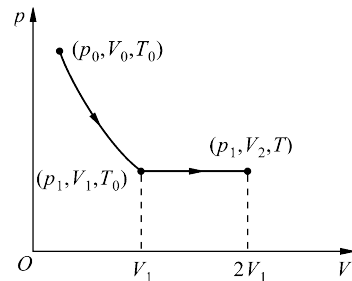
二 填空题 (共 30 分)

- (本题 3 分) 常温常压下, 一定量的某种理想气体 (其分子可视为刚性分子, 自由度为 i)。在等压过程中吸热为 Q , 对外作功为 W , 内能增加为 ΔE , 则 $W/Q =$; $\Delta E/Q =$ _____。
- (本题 5 分) 已知 $f(v)$ 为麦克斯韦速率分布函数, N 为总分子数, 则 (1) 速率 $v > 100\text{m/s}$ 的分子数占总分子数的百分比的表达式为 _____, (2) 速率 $v > 100\text{m/s}$ 的分子数的表达式为 _____。
- (本题 3 分) 一平面简谐波沿 x 轴正向传播, 速度 $u = 0.2\text{m/s}$, 已知 $x = 0.05\text{m}$ 处的 A 点振动方程为 $y_A = 0.03 \cos(4\pi t) (\text{SI})$, 则该简谐波的波函数为 _____。
- (本题 5 分) 有一单缝, 宽为 a , 在缝后放一焦距为 f 的凸透镜, 用波长为 λ 的平行光垂直照射单缝, 则位于透镜焦平面处的屏上的中央亮条纹的宽度约为 _____; 如果把此装置浸入水中 (设水的折射率为 n), 中央亮条纹的宽度约为 _____。
- (本题 3 分) 一束平行单色光垂直入射在一光栅上, 若光栅的透明缝宽度 a 与不透明部分宽度 b 相等, 则可能看到的衍射光谱的级次为 _____。
- (本题 3 分) 一毫米内有 500 条刻痕的平面透射光栅, 用平行钠光束 ($\lambda = 589\text{nm}$, $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) 与光栅平面法线成 30° 角入射, 在屏幕上最多能看到第 _____ 级光谱。
- (本题 5 分) 光子与电子的波长都是 0.2nm , 它们的动量分别为 _____, ; 它们的总能量分别为 _____, _____。(普朗克常量: $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$, 真空中光速: $3 \times 10^8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 电子静止质量: $m_0 = 9.11 \times 10^{-31}\text{kg}$)
- (本题 3 分) 根据量子力学原理, 当氢原子中电子的角动量 $L = \sqrt{6}\hbar$ 时, L 在外磁

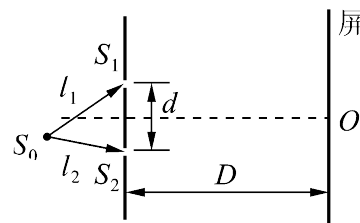
场方向上的投影 L_z 的可取的值分别为_____.

三 计算题 (共 40 分)

1. (本题 10 分) 压强为 $p_0 = 1.013 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、温度为 27°C 的氮气 2 mol ，使它先作等温膨胀，待压强变为 $p_1 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 后再等压加热，直到其体积增加一倍为止（如图所示）。试求氮气在整个过程中吸收的热量、增加的内能和对外所作的功。

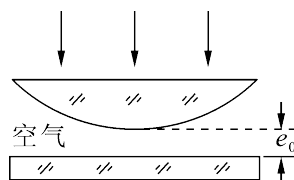


2. (本题 5 分) 在双缝干涉实验中，单色光源 S_0 到两缝 S_1 和 S_2 的距离分别为 l_1 和 l_2 ，并且 $l_1 - l_2 = 3\lambda$ ， λ 为入射光的波长，双缝之间的距离为 d ，双缝到屏幕的距离为 D ($D \gg d$)，如图。求：(1) 零级明纹到屏幕中央 O 点的距离。(2) 相邻明条纹间的距离。



东北大学期末试题

3. (本题10分) 如图所示, 牛顿环装置的平凸透镜与平板玻璃有一小缝隙 e_0 。现用波长为 λ 的单色光垂直照射, 已知平凸透镜的曲率半径为 R , 求反射光形成的牛顿环的各暗环半径。



4. (本题 5 分) 当两偏振片的偏振化方向成 30° 角时看一光源的透射光, 与当两偏振片的偏振化方向成 60° 角时看同一位置的另一个光源时, 两次观察所得的光强相等, 求两光源的光强之比。

5. (本题5分) 一质量为 m 的微观粒子被约束在长度为 L 的一维线段上, 试根据不确定关系式估算该粒子所具有的最小能量值, 并由此计算在直径为 10^{-14}m 的核内质子或中子的最小能量。 ($h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$, $m_p = 1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$)

6. (本题5分) 当氢原子的核外电子在 $1s$ 态时其定态波函数为 $\psi_{100} = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-r/a}$, 式中 $a = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2}$ 。试求 (1) 在半径为 r 、厚度为 dr 的球壳内 (即径向 $r \sim r + dr$ 区间) 找到电子的概率; (2) 沿径向找到电子的概率为最大时的位置坐标值。

参 考 答 案

一 选择题 (共 30 分)

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

二 填空题 (共 30 分)

1. $\frac{2}{i+2}, \frac{i}{i+2}$; 2. $\int_{-100}^x f(v)dv, N \int_{-100}^x f(v)dv$; 3. $y = 0.03 \cos[4\pi(t-5x) + \frac{\pi}{2}]$

4. $2f\lambda/a, 2f\lambda/na$; 5. 0, $\frac{1}{2}\hbar, \frac{3}{2}\hbar$; 6. 5.0933; 7. $p = \frac{h}{\lambda} = 3.31 \times 10^{-24} \text{ kg m/s}$,

$$\varepsilon = h \frac{c}{\lambda} = 9.96 \times 10^{-16} \text{ J}, E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} \cong 0.51 \text{ MeV}; 8. 0, \hbar, 2\hbar$$

三 计算题 (共 40 分)

1. 依题意设氮气初态为 (p_0, V_0, T_0) , 等温膨胀到 (p_1, V_1, T_0) , 再等压加热到末态 (p_1, V_2, T) , 且 $V_2 = 2V_1$, 则

$$V_1 = \frac{p_0 V_0}{p_1} = \frac{1.013 \times 10^6}{1.013 \times 10^5} V_0 = 10V_0 \quad T = \frac{V_2}{V_1} T_0 = \frac{2V_1}{V_1} T_0 = 2 \times 300 = 600 \text{ K}$$

$$\text{等温过程 } Q_T = A_T = \frac{m}{M} R T_0 \ln \frac{V_1}{V_0} = 2 \times 8.31 \times 300 \ln \frac{10V_0}{V_0} = 1.148 \times 10^4 \text{ J}, \quad \Delta E_T = 0$$

$$\text{等压过程 } \Delta E_p = \frac{m}{M} C_V (T - T_0) = 2 \times \frac{5}{2} \times 8.31 \times (600 - 300) = 1.247 \times 10^4 \text{ J}$$

$$Q_p = \frac{m}{M} C_p (T - T_0) = 2 \times \frac{7}{2} \times 8.31 \times (600 - 300) = 1.745 \times 10^4 \text{ J}$$

$$A_p = Q_p - \Delta E_p = 1.745 \times 10^4 - 1.247 \times 10^4 = 4986 \text{ J}$$

$$\text{故知: } \Delta E = \Delta E_p + \Delta E_T = 1.247 \times 10^4 \text{ J}$$

$$A = A_T + A_p = 1.148 \times 10^4 + 4986 = 1.647 \times 10^4 \text{ J}$$

$$Q = Q_T + Q_p = 1.148 \times 10^4 + 1.745 \times 10^4 = 2.902 \times 10^4 \text{ J}$$

$$2. (1) r_2 - r_1 = d \overline{P_0 O} / D, \quad r_2 - r_1 = l_1 - l_2 = 3\lambda, \quad \overline{P_0 O} = 3D\lambda / d$$

$$(2) \delta = (dx / D) - 3\lambda = k\lambda, \quad \Delta x = D\lambda / d$$

$$3. e = r^2 / 2R, \quad 2e + 2e_0 + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{2}, \quad r = \sqrt{R(k\lambda - 2e_0)}, \quad k \text{ 为整数, 且 } k > 2e_0 / \lambda$$

$$4. \quad I_1' = I_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \cos^2 30^\circ = \frac{3}{8} I_1 \quad I_2' = I_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \cos^2 60^\circ = \frac{1}{8} I_2$$

$$\text{根据已知, } I_1' = I_2', \quad \text{则有 } \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{3}$$

$$5. \quad \Delta x \Delta p_x \geq \hbar/2, \quad \Delta v_x \geq \hbar/2m\Delta x,$$

$$E_{\min} = \frac{1}{2} m (\Delta v_x)^2 \geq \hbar^2 / 8m(\Delta x)^2 = \hbar^2 / 8mL^2 = 8.3 \times 10^{-15} \text{ J},$$

$$6. \quad w = |\psi_{100}|^2 = 4\pi a^{-3} e^{-2r/a}, \quad \frac{dw}{dr} = \frac{d}{dr}(r^2 e^{-2r/a}) = (2r - \frac{2r^2}{a})e^{-2r/a} = 0, \quad r = a$$