

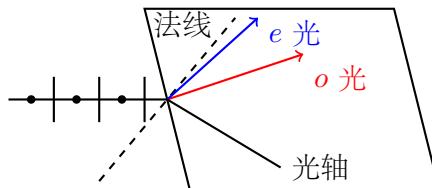
哈尔滨工业大学  
2024 年秋大学物理 XB 试题 回忆版

题目回忆: Gaster 排版: Chi. Ya.

本试题部分题目的表述已经过调整。

**一、填空题 (每题 3 分, 共 30 分)**

1. 双原子刚性分子的理想气体经过准静态等压过程后, 对外做功  $A$  和放出热量  $Q$  的比值为 \_\_\_\_\_.
2. 一理想气体组成的环境经过可逆等温膨胀后, 其熵 \_\_\_\_\_ (“增加”或“减少”或“不变”).
3. 一定量理想气体处于容器中, 平均自由程为  $\bar{\lambda}$ , 平均碰撞频率  $\bar{z}$ , 若热力学温度变为原来的 4 倍, 体积不变, 分子的等效直径不变, 则平均自由程变为 \_\_\_\_\_, 平均碰撞频率变为 \_\_\_\_\_.
4. 利用平凸透镜和平玻璃构成牛顿环装置, 置于空气之中, 以中心的暗环为第一级暗环, 测得第五级暗环半径为  $r_1$ , 第十级暗环半径为  $r_2$ , 入射光波长为  $\lambda$ , 则透镜的曲率半径为 \_\_\_\_\_.
5. 单色光入射其波长对应的四分之一波片后, 出射光为线偏振光, 则入射光偏振态为 \_\_\_\_\_; 若单色自然光入射其波长对应的四分之一波片后, 出射光的偏振态为 \_\_\_\_\_.
6. 自然光照射到晶体上产生双折射现象,  $e$  光、 $o$  光、法线、光轴和纸面在同一平面内, 则光矢量振动方向在平面内的为 \_\_\_\_\_ (“ $e$  光”或“ $o$  光”); 该晶体为 \_\_\_\_\_ (“正”或“负”) 晶体。



7. 普朗克发现能量不是连续的, 而是离散的, 对于频率为  $\nu$  的辐射, 其最小能量单位为 \_\_\_\_\_.
8. 一质量为  $m_0$  的粒子, 动质量为  $\frac{5}{4}m_0$ , 求其德布罗意波长为 \_\_\_\_\_.
9. 金属的红限频率为  $\nu_0$ , 则其逸出功为 \_\_\_\_\_; 若入射光波长为  $\lambda$ , 其遏止电压为 \_\_\_\_\_.
10. 请写出自由粒子在三维空间中运动的定态薛定谔方程 \_\_\_\_\_.

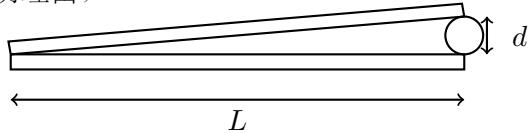
**二、推导证明题 (10 分)**

11. 叙述热力学第二定律的开尔文表述和克劳修斯表述, 并证明两种表述的等价性。

### 三、计算题 (50 分)

12. (7 分) 将两块玻璃板一端重合, 另一端放入一根细丝, 入射光波长为  $\lambda$ , 条纹间距为  $\Delta x$ , 剪尖总长度为  $L$ 。求:

- (1) 剪尖棱边 (重叠处) 是明条纹还是暗条纹, 并说明理由;
- (2) 剪尖的夹角  $\theta$ ;
- (3) 细丝直径  $d$



13. (7 分) 在光栅衍射中, 光的波长为  $600\text{nm}$ , 缝宽  $a = 2.0\mu\text{m}$ , 双缝间不透光的宽度  $b = 4.0\mu\text{m}$ 。求:

- (1) 单缝衍射的中央明纹的角宽度;
- (2) 在单缝衍射中央明纹范围内, 能看到的光栅主极大的个数;
- (3) 在屏幕上能看到的主极大的级次有哪些。

14. (7 分) 杨氏双缝干涉实验中, 双缝距离为  $0.5\text{mm}$ , 缝和屏幕的距离为  $2\text{m}$ , 在其中一个缝上放上厚度为  $0.06\text{mm}$  折射率为  $1.5$  的薄玻璃片, 入射光波长为  $600\text{nm}$ 。求:

- (1) 中央明纹移动的距离;
- (2) 相邻条纹间距。

15. (7 分) 势函数为

$$V(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < 2a \\ \infty, & x \leq 0 \text{ 或 } x \geq 2a \end{cases}$$

- (1) 直接写出波函数归一化形式和能量分布；
- (2) 求原子从第二激发态跃迁到基态放出的光子的频率；
- (3) 求相邻能级的能量之差并说明在什么条件下量子力学的结果趋近于经典理论的结果。

16. (7 分) 波函数为

$$\psi(x) = \begin{cases} C(x - \frac{a}{2})(x + \frac{a}{2}), & -\frac{a}{2} < x < \frac{a}{2} \\ 0, & x \leq -\frac{a}{2} \text{ 或 } x \geq \frac{a}{2} \end{cases}$$

- (1) 求归一化常数  $C$ ；
- (2) 求概率密度分布函数；
- (3) 求在何处概率密度分布函数最大。

17. (7 分) 已知粒子波长为 500nm，其相对不确定度为 1%，求其位置的不确定度。(使用  $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$ )

18. (8 分) 氢原子的量子态可以用  $\Psi_{nlm_lm_s}$  表示

- (1)  $\Psi_{120\frac{1}{2}}, \Psi_{110\frac{1}{2}}, \Psi_{100\frac{1}{2}}, \Psi_{100\frac{3}{2}}, \Psi_{220\frac{1}{2}}, \Psi_{230\frac{1}{2}}, \Psi_{321\frac{1}{2}}$  中哪些是实际可能存在的量子态;
- (2) 求 (1) 问中所有量子态的角动量  $L$  和角动量在  $z$  轴上的分量  $L_z$ ;
- (3) 若一个电子的激发态可以表示为  $3p^1$ , 则其可能的量子态有哪些。

#### 四、设计应用题 (10 分)

19. 请根据所学光学知识, 设计一个实验测定晶体的一个参数。

- (1) 画出原理图并简要说明实验原理;
- (2) 推导出晶体的参数的计算公式。