

# 2024 秋季学期 大学物理 x(2) 模拟测试

命题人：问天讲师团

审题人：问天讲师团

测试时长：120 分钟

## 一、填空题

1. 一定量的理想气体贮于某一容器中，温度为  $T$ ，气体分子的质量为  $m$ 。根据理想气体分子

模型和统计假设，分子速度在  $x$  方向的分量的下列平均值  $\overline{v_x} = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $\overline{v_x^2} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

2. 三个容器内分别贮有 1 mol 氦 (He)、1 mol 氢 ( $H_2$ ) 和 1 mol 氨 ( $NH_3$ ) (均视为刚性分子的理想气体)。若它们的温度都升高 1 K，则三种气体的内能的增加值分别为：氦： $\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$ ；氢： $\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$ ；氨： $\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$ 。（结果可用带  $R$  的表达式写出）

3. 在单缝夫琅禾费衍射实验中，若增大缝宽，其他条件不变，则中央明条纹宽度  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。（选填变大/变小）

4. 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  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

5. 一束自然光从空气投射到玻璃表面上（空气折射率为 1），当折射角为  $30^\circ$  时，反射光是完全偏振光，则此玻璃板的折射率等于  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

6. 在迈克耳孙干涉仪的一支光路上，垂直于光路放入折射率为  $n$ 、厚度为  $h$  的透明介质薄膜，与未放入此薄膜时相比较，两光束光程差的改变量为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。（假设其他光路不变）

7. 已知一单色光照射在钠表面上，测得光电子的最大动能是 1.2 eV，而钠的红限波长是 540 nm，那么入射光的波长是  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

8. 由氢原子理论知，当大量氢原子处于  $n = 3$  的激发态时，原子跃迁将发出  $\underline{\hspace{2cm}}$  种波长的光。

9. 粒子在一维无限深势阱中运动，其波函数为  $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right)$ , ( $0 < x < a$ )

若粒子处于  $n=1$  状态，在 0 至  $a/4$  区间发现该粒子的概率为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

10. 用能量为 12.6 eV 的电子去激发基态氢原子，问受激发的氢原子向低能级跃迁时，会出现光谱线的波长分别为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 、 $\underline{\hspace{2cm}}$ 、 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。（里德堡常量  $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ ）

## 二、推导与证明

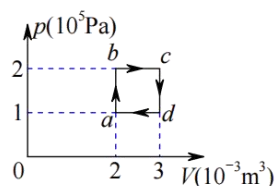
11. 谐振子的基态波函数为  $\psi = Ae^{-ax^2}$ ，式中  $A$ ， $a$  为常量，将此式代入一维谐振子的薛定谔方程，试根据所得出的式子在  $x$  为任何值时均成立的条件证明谐振子的零点能为以下表

达式： $E_0 = \frac{1}{2} h\nu$

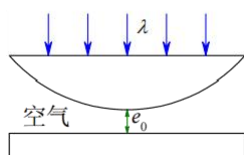
## 三、计算题

12. 3 mol 温度为  $T_0 = 273 \text{ K}$  的理想气体，先经等温过程体积膨胀到原来的 5 倍，然后等体加热，使其末态的压强刚好等于初始压强，整个过程传给气体的热量为  $Q = 8 \times 10^4 \text{ J}$ 。试画出此过程的  $p - V$  图，并求这种气体的比热容比  $\gamma$  值。（普适气体常量  $R = 8.31 \text{ J/mol/K}$ ）

13. 如图所示,  $abcd$  为 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程, 求: (1) 气体循环一次, 在吸热过程中从外界共吸收的热量 (只考虑净吸热的分段); (2) 气体循环一次对外做的净功; (3) 求  $T_a T_c - T_b T_d$ 。



14. 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  $\lambda$  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。



15. (1) 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 垂直入射的光有两种波长,  $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 760 \text{ nm}$ 。已知单缝宽度  $a = 1.0 \times 10^{-2} \text{ cm}$ , 透镜焦距  $f = 50 \text{ cm}$ 。求两种光第一级衍射明纹中心之间的距离。(2) 若用光栅常数  $d = 1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$  的光栅替换单缝, 其他条件和上一问相同, 求两种光第一级主极大之间的距离。

16. 一束光是自然光和线偏振光的混合光, 让它垂直通过一偏振片。若以此入射光束为轴旋转偏振片, 测得透射光强度最大值是最小值的 5 倍, 那么入射光束中自然光与线偏振光的光强比值是多少?

17. 设一维运动的粒子处在

$$\psi(x) = A x e^{-\lambda x} \quad (x \geq 0)$$

$$\psi(x) = 0 \quad (x < 0) \text{ 的状态, 其中 } \lambda > 0。$$

- 试求: (1) 归一化因子  $A$ ;  
 (2) 粒子坐标的概率密度分布;  
 (3) 在何处找到粒子的概率最大;  
 (4)  $x$  和  $x^2$  的平均值。

18. (1) 4 个量子数取值的不同组合表示不同的量子态, 当  $n = 2$  时, 包括几个量子态?  
 (2) 写出磷 (P) 的电子排布, 并求每个电子的轨道角动量。

#### 四、设计与应用

19. 设计一个光学实验, 测量人头发丝的直径。