

Name: 陈稼霖

StudentID: 45875852

**Problem 1.3.** 已知氢原子第一激发态( $E_2$ )与基态( $E_1$ )之间能量差为 $1.64 \times 10^{-18} \text{J}$ , 火焰( $T = 2700 \text{K}$ )中含有 $10^{20}$ 个氢原子。设原子按玻尔兹曼分布, 且 $4g_1 = g_2$ 。求

(1) 能级 $E_2$ 上的原子数 $n_2$ 为多少?

(2) 设火焰中每秒发射的光子数为 $10^8 n_2$ , 求光的功率为多少瓦?

*Solution:*

(1) 总原子数

$$n_1 + n_2 = 10^{20} \quad (1)$$

根据玻尔兹曼分布

$$\frac{n_2/g_2}{n_1/g_1} = \frac{n_2}{4n_1} = e^{-\frac{(E_2-E_1)}{kT}} = 7.67 \times 10^{-20} \quad (2)$$

以上两式联立得能级 $E_2$ 上的原子数

$$n_2 = 31 \quad (3)$$

(2) 光的功率

$$E = 10^8 n_2 (E_2 - E_1) = 5.1 \times 10^{-9} \text{W} \quad (4)$$

□

**Problem 1.11.** 静止氦原子的 $3S_2 \rightarrow 2P_4$ , 谱线的中心波长为 $0.6328 \mu\text{m}$ , 设氦原子分别以 $\pm 0.1c$ ,  $\pm 0.5c$ 的速度向着接收器运动, 问接收到的频率各为多少?

*Solution:* 静止氦原子的 $3S_2 \rightarrow 2P_4$ 的发光频率为

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = 4.7408 \times 10^{14} \text{Hz} \quad (5)$$

根据多普勒效应, 当氦原子以 $0.1c$ 向着接收器运动, 接收到的频率

$$\nu_{0.1c} = \sqrt{\frac{1 + 0.1c/c}{1 - 0.1c/c}} \nu = 5.2 \times 10^{14} \text{Hz} \quad (6)$$

当氦原子以 $-0.1c$ 向着接收器运动, 接收到的频率

$$\nu_{-0.1c} = \sqrt{\frac{1 - 0.1c/c}{1 + 0.1c/c}} \nu = 4.3 \times 10^{14} \text{Hz} \quad (7)$$

当氦原子以 $0.5c$ 向着接收器运动, 接收到的频率

$$\nu_{0.5c} = \sqrt{\frac{1 + 0.5c/c}{1 - 0.5c/c}} \nu = 8.2 \times 10^{14} \text{Hz} \quad (8)$$

当氦原子以 $-0.5c$ 向着接收器运动, 接收到的频率

$$\nu_{-0.5c} = \sqrt{\frac{1 - 0.5c/c}{1 + 0.5c/c}} \nu = 2.7 \times 10^{14} \text{Hz} \quad (9)$$

□

Name: 陈稼霖

StudentID: 45875852

**Problem 1.13.** (1) 一质地均匀的材料对光的吸收为 $0.01\text{mm}^{-1}$ ，光通过 $10\text{cm}$ 长的该材料后，出射光强为入射光强的百分之几？

(2) 一束光通过长度为 $1\text{m}$ 的均匀激活的工作物质，如果出射光强是入射光强的两倍，试求该物质的增益系数。

*Solution:*

(1)

$$\frac{I}{I_0} \times 100\% = e^{-Az} \times 100\% = 36.8\% \quad (10)$$

故出射光强为入射光强的36.8%。

(2) 该物质的增益系数

$$\frac{I}{I_0} = e^{Gz} = 2 \implies G = \ln 2 m^{-1} = 0.693 m^{-1} \quad (11)$$

□