

第一章

- 1. B
- 2. B
- 3. C.

里德堡常数的定义?

- 4. 1:3 1:9.

$b = \frac{a}{2} \cot^2 \frac{\theta}{2}$
 $S \propto \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$

卢瑟福散射。

- 5. 1012.5 nm 364.5 nm.

巴尔末系 的定义。(He⁺)

- 6. 12.1 eV.

Ha 线指 巴尔末系各条 $n=3 \rightarrow n=2$.

氢原子处于基态 -13.6 eV. 激发到 -1.51 eV 电离 12.1 eV.

- 7. 1.06 Å

8. (引能量守恒与动量守恒.)



两者相接近时为 α 与 A1 有共同速度 v_c . $mp \quad m_\alpha v = (m_\alpha + m_{A1}) v_c$ ①

守恒能量守恒为 $\frac{1}{2} (m_\alpha + m_{A1}) v_c^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Z_\alpha \cdot Z_{A1} e^2}{a} = \frac{1}{2} m_\alpha v^2$ ②

$v_c = \frac{m_\alpha v}{m_\alpha + m_{A1}}$

$\Rightarrow \frac{1}{2} \frac{m_\alpha^2 v^2}{m_\alpha + m_{A1}} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_\alpha Z_{A1} e^2}{a} = \frac{1}{2} m_\alpha v^2$

$\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_\alpha Z_{A1} e^2}{a} = \frac{1}{2} \frac{m_\alpha m_{A1}}{m_\alpha + m_{A1}} v^2$

$\Rightarrow v = 2.27 \times 10^7 \text{ m/s. } \ll c$ (这时不用考虑相对论效应. $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \approx 1$)

$\Rightarrow E = \frac{1}{2} m v^2 = 10.75 \text{ MeV}$

注意: $Z_\alpha = 2$
 $Z_{A1} = 4$

9. (1) $2.85 \times 10^{-9} \text{ nm}$
(2) 0.48 nm

奇特原子.

姓名: _____ 学号: _____ 成绩: _____

《原子物理》测试题 第三章

选择题 (18分)

1. 对氢原子考虑精细结构之后的下列状态 $3^2D_{3/2}$, $3^2P_{3/2}$ 和 $2^2P_{1/2}$, $2^2S_{1/2}$ 来说, $n=3$ 和 $n=2$ 状态之间能否产生跃迁, 有几种可能, 实际对应几条谱线 (不考虑兰姆位移)?

- A. 一种可能, 一条谱线 B. 两种可能, 两条谱线
C. 四种可能, 四条谱线 D. 两种可能, 一条谱线

2. 锂原子从 $3P$ 态向基态跃迁时, 产生多少条被选择定则允许的谱线 (不考虑精细结构和考虑精细结构两种情况):

- A. 1条, 3条; B. 3条, 5条; C. 4条, 8条; D. 6条, 12条

3. 钠光谱主线系的第一条谱线由波长为 589.0nm 和 589.6nm 的双线组成, 则第二辅线系的双线间距为:

- A. 0 B. $2.14 \times 10^{-3} \text{eV}$ C. $2.07 \times 10^{-3} \text{eV}$ D. $3.42 \times 10^{-2} \text{eV}$

4. 已知钠原子核 ^{23}Na 基态的核自旋为 $I=3/2$, 则原子核基态 $3^2S_{1/2}$ 能级的超精细结构为:

- A. 2个 B. 4个 C. 3个 D. 5个

5. 碱金属原子漫线系的第一条精细结构光谱线 ($^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$) 在磁场中发生塞曼效应, 光谱线发生分裂, 沿着磁场方向观测到的光谱线条数为:

- A. 3 B. 6 C. 4 D. 9

6. 兰姆移位是 ()

- A. 氢原子 $1s$ 和 $2s$ 能级之间的劈裂 B. 由辐射修正引起的
C. 由托马斯进动引起的 D. 由轨道-自旋相互作用引起的

填空题 (14分)

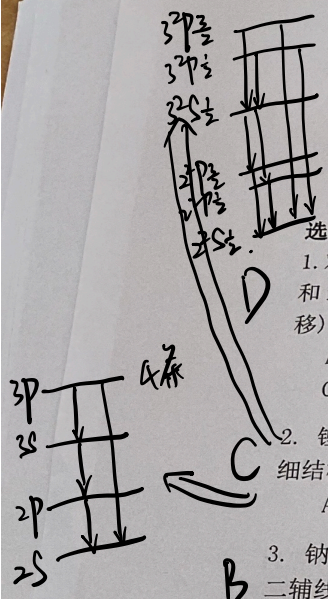
7. 铝原子基态 $^2P_{1/2}$ 时, 其朗德因子为 $\frac{2}{3}$, 对应的有效磁矩是 $\frac{\sqrt{3}}{3} \mu_B$ (以 μ_B 表示).

8. 处于 3P_0 态的镁原子, 当置于弱外磁场中时, 对应能级分裂为 0 个.

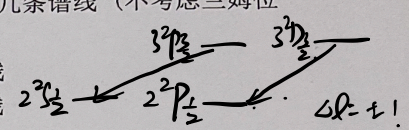
9. 钾原子 ($Z=19$) 处在 0.3T 的磁场中, 当垂直于该磁场的微波电磁场频率调节到

$8.4 \times 10^9 \text{Hz}$ 附近时观察到顺磁共振现象, 那么钾原子所处的原子态为 $^2S_{1/2}$, 相应的朗德因子值为 2 .

10. 氢原子能级结构的精细分裂导致相应光谱的精细分裂, 按照电偶极辐射跃迁选择定则, 巴尔末系 H_α 线的精细结构允许的跃迁有 7 个, 分辨率足够好的光谱仪可观测到 5 条谱线 (不考虑兰姆移位).



按J分裂



$$hc/\lambda_1 - hc/\lambda_2 = hc/\lambda_3$$

$$L = \frac{3}{2}, J = \frac{1}{2}, F = |L - J|, \dots, L + J = 1, 2$$

无磁矩, 由不同磁量子数引起

$$g_j > \frac{3}{2} \text{ 故 } S(L+1) > L(L+1)$$

$$S = \frac{1}{2} \Rightarrow L = 0, j = \frac{1}{2}$$

计算题

11. (6分) 基态原子态为 5F_1 和 3D_2 的中性原子束, 按斯特恩-盖拉赫方法, 通过极不均匀磁场后各分裂成多少束?

斯特恩-盖拉赫实验 $\mu_z = \frac{\partial E}{\partial B} = m_j g_j \mu_B \frac{\partial B}{\partial z}$

5F_1 . $g_j = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)} = 0$.
故不分裂

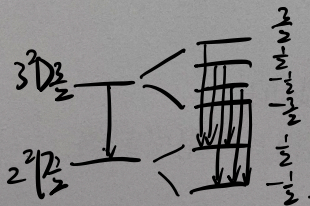
3D_2 . $g_j \neq 0$. 按 $m_j = -2, -1, 0, 1, 2$ 有 5 束.

12. (12分) Li 原子漫线系的一条谱线 ($3^2D_{3/2} \rightarrow 2^2P_{1/2}$), (1) 在弱磁场中将分裂为多少条谱线? 它们与原谱线的波数差为多少 (用洛仑兹单位表示)? 顺着磁场方向和垂直磁场方向分别可以观测到几条谱线? 哪些是 σ 线? 哪些是 π 线? (2) 画出相应的能级图和电偶极允许跃迁示意图.

弱磁场: 按 m_j 分.

$3^2D_{3/2}$ $g_1 = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)} = \frac{4}{5}$

$2^2P_{1/2}$ $g_2 = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)} = \frac{2}{3}$



共 6 条.

$(m_1 g_1 - m_2 g_2) L = \frac{13}{15} L, \frac{11}{15} L, \frac{1}{15} L, -\frac{1}{15} L, -\frac{11}{15} L, -\frac{13}{15} L$

$\Delta m = 0$ 为 π 线

$\Delta m = \pm 1$ 为 σ 线

顺着磁场方向 4 条
垂直磁场方向 6 条.

姓名: _____ 学号: _____ 成绩: _____

《原子物理》测试题 ————第五章

选择题 (15分)

1. 用刚性转子模型处理双原子分子转动光谱, 下列结论不正确的是: _____
A. 相邻转动能级差为 $2B(J+1)$ B. 相邻谱线间距都为 $2B$
C. 第一条谱线波数为 $2B$ D. 选择定则为 $\Delta J = \pm 1$
2. 下列分子中有纯转动光谱的是: _____
A. O_2 B. N_2 C. H_2 D. HCl
3. 对 HBr 分子在远红外区测定吸收光谱, 得到一系列间距为 $16.94 cm^{-1}$ 的谱线, 这种吸收光谱产生于: ()
A. HBr 的转动能级跃迁 B. HBr 的振动能级跃迁
C. HBr 的平动能级跃迁 D. 以上三者都不是
4. 双原子分子的纯转动光谱近似地由:
A. 三个等间隔谱线组成 B. 一条谱线组成
C. 许多谱线组成, 其中任两条谱线的间隔与其中频率较大的谱线的频率成正比
D. 许多等间隔谱线组成
5. 同核双原子分子的电偶极矩为 0, 欲对其振转光谱观测, 则下列哪种方法正确:
A. 可用红外谱仪 B. 可用拉曼谱仪 C. 不能观测 D. x 射线谱仪

填空题 (14分)

6. (3分) 分子光谱是由分子的转动、振动和电子运动能级跃迁产生的。其中, 远红外或微波谱是由 转动 能级跃迁产生的; 近红外和中红外光谱是由 振动 + 转动 能级跃迁产生的; 紫外可见光谱是由 电子振转 能级跃迁产生的。
7. (3分) 大拉曼位移反斯托克斯线的强度要比斯托克斯线的强度 弱 得多, 但随温度升高, 反斯托克斯线的强度 迅速增加, 而斯托克斯线的强度 几乎不变。
8. (6分) 拉曼散射实验的一个特点是入射光的波长不受限制, 可使用紫外光或可见光或红外光等光源来研究分子的 振动 + 转动 能级结构。斯托克斯线和反斯托克斯线总是对原谱线波数作对称分布, 附加波数和 入射光波数/波数 无关, 只与 散射物体 有关。
9. (2分) 由实验测得 $H^{35}Cl$ 分子的转动常数 $B=10.397 cm^{-1}$, 该分子的约化质量为 $1.63 \times 10^{-27} kg$, 则 HCl 分子中两原子的平衡距离为 0.129 nm。

计算题

9. (5分) 对在 CO 的近红外光谱中, 有一个 $2144 cm^{-1}$ 的强谱带, 已知 C 与 O 的原子量分别为 12 与 16, 则 CO 的力常数约为多少 $N \cdot m^{-1}$?

$$\nu_0 = c\tilde{\nu}_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \Rightarrow k = 1870.6 N \cdot m^{-1}$$

P221 红外光谱 - 固有偶极矩, 拉曼 - 诱导偶极矩.

*同是双极
上分布相反
以玻尔兹曼分
布 $\propto e^{-\beta E}$
($\beta = \frac{1}{kT}$)*

10. (8分) 实验观测到 $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ 分子基频带的谱线间隔近似为常数 3.86 cm^{-1} , 谱带中心缺失的谱线波数为 2170.21 cm^{-1} , 试求 CO 分子的转动惯量 I 、核间距 R_0 和振动力常数 k 。

$$2B = 3.86\text{ cm}^{-1}$$

$$\text{又 } B = \frac{h}{4\pi^2 I c} \Rightarrow I = 1.45 \times 10^{-46}\text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$\text{即 } I = \mu R_0^2 \Rightarrow R_0 = \sqrt{\frac{I}{\mu}} = 0.112\text{ nm}$$

$$\frac{1}{2\lambda} \sqrt{\frac{k}{\mu}} = \nu = c\tilde{\nu} \Rightarrow k = \mu \cdot (2\lambda c\tilde{\nu})^2 = 1916.7\text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$$

11. (8分) 某双原子分子在微波区域测得下列谱线: 118 cm^{-1} , 135 cm^{-1} , 152 cm^{-1} , 169 cm^{-1} , 求 (1) 转动常数 B ? (2) $J=10$ 的能级的能量是多少? (3) 谱线 169 cm^{-1} 是哪两个能级间跃迁产生的?

$$\begin{array}{cccc} \text{1) } & 118\text{ cm}^{-1} & 135\text{ cm}^{-1} & 152\text{ cm}^{-1} & 169\text{ cm}^{-1} \\ & \checkmark & \checkmark & \checkmark & \\ & 17\text{ cm}^{-1} & 17\text{ cm}^{-1} & 17\text{ cm}^{-1} & \end{array}$$

$$\Rightarrow B = 8.5\text{ cm}^{-1}$$

$$\text{2) } E_{J=10} = \frac{h^2}{2I} J(J+1) = hcB J(J+1) = 1.86 \times 10^{-20}\text{ J}$$

$$= 0.116\text{ eV}$$

$$\text{3) } 2B(J+1) = 169\text{ cm}^{-1} \Rightarrow J+1 = 10$$

$$\Rightarrow J = 9$$

为 E_9 与 E_{10} 之间的跃迁