

云南师范大学 2011——2012 学年下学期统一考试

原子物理学 试卷

学院 物电学院 专业 \_\_\_\_\_ 年级 \_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_

考试方式：闭卷

考试时量：120 分钟

试卷编号：B 卷

题号	一	二	三	总分	评卷人

得分	评卷人

一. 简答题（每题 5 分，共 10 分）

1. 为什么两个同科 s 电子形成的原子态比两个非同科 s 电子形成的原子态数目少？
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. 为何利用轻核聚变和重核裂变可以产生能量，试从原子核结合能的角度加以说明。

得分	评卷人

## 二. 填空题（每空 2 分，共 30 分）

- 夫兰克-赫兹实验证实了\_\_\_\_\_；史特恩-盖拉赫实验证实了\_\_\_\_\_。
- 铝原子基态是  ${}^2P_{1/2}$ ，则它的轨道角动量是\_\_\_\_\_，自旋角动量是\_\_\_\_\_，总角动量是\_\_\_\_\_，总磁矩为\_\_\_\_\_（用  $\hbar$  或  $\mu_B$  来表示）。
- 已知铁( ${}^5D$ )的原子束在横向不均匀磁场中分裂为 9 束，则该原子的 J 值为\_\_\_\_\_，若将该原子置于均匀磁场中能级将分裂为\_\_\_\_\_层。
- 有一种原子，基态时 n=1, 2, 3 壳层填满，4s 支壳层也填满，4p 支壳层填了一半，则该元素是\_\_\_\_\_号元素。
- 元素周期表反映了元素按\_\_\_\_\_的递增而呈现出周期性变化。
- 原子核外电子排布遵循\_\_\_\_\_原理和\_\_\_\_\_原理。
- 满壳层或满支壳层的电子形成的原子态为\_\_\_\_\_。
- 原子核反应过程中守恒的量有：电荷、\_\_\_\_\_、总质量、\_\_\_\_\_、线动量和角动量等。

得分	评卷人

## 三. 计算和证明题（各小题分数见题首，共 60 分）

- (15 分) 铍原子共有四个电子，已知其中三个始终处于基态。
  - 写出铍原子的四个最低能量的电子组态及其 LS 耦合下对应的原子态；
  - 根据洪特定则画出这四个最低能量电子组态的全部能级；
  - 画出上述能级间满足跃迁选择定则的全部可能发生的跃迁。

2. (10分) 在平行于磁场方向观察到某光谱线的正常塞曼效应分裂的两谱线间波长差  $\Delta\lambda = 0.40\text{\AA}$ 。所用磁场的  $B=2.5\text{T}$ ，试计算该谱线原来的波长。

3. (15分) 在钠原子光谱线中，谱线  $D_1$  来自第一激发态  $3^2P_{1/2}$  到基态  $3^2S_{1/2}$  的跃迁，其波长为  $5896\text{\AA}$ 。（ $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$  千克， $e = 1.6 \times 10^{-19}$  库仑）

- (1) 原子放在磁场  $B$  中时， $D_1$  线将分裂成几条谱线？
- (2) 若磁场的  $B=3.0\text{T}$ ，其中波长最长和最短的两条光谱线的波长差为多少埃？

4. (10分) 用 $\alpha$ 粒子打击 ${}^9_4\text{Be}$ 产生 ${}^{12}_6\text{C}$ 并放出一个新粒子:

(1) 写出核反应方程式;

(2) 若这个核反应是放能反应, 放出能量为 $5.7\text{MeV}$ , 问反应后比反应前静质量是增加还是减少? 变化了多少? (1原子质量单位 $=931.5\text{MeV}/c^2$ )

5. (10分) 活着的有机体中,  ${}^{14}\text{C}$ 对 ${}^{12}\text{C}$ 的比与大气中是相同的, 有机体死亡后, 由于 ${}^{14}\text{C}$ 的放射性衰变,  ${}^{14}\text{C}$ 的含量就不断减少, 因此可以从古生物遗骸中 ${}^{14}\text{C}$ 的含量推算古生物到现在的时间。设 $T$ 为 ${}^{14}\text{C}$ 的半衰期,  $\rho$ 是古生物遗骸中 ${}^{14}\text{C}$ 和 ${}^{12}\text{C}$ 存量之比,  $\rho_0$ 是空气中 ${}^{14}\text{C}$ 和 ${}^{12}\text{C}$ 存量之比, 试证明古生物到现在的时间 $t = T \frac{\ln(\rho_0/\rho)}{\ln 2}$ 。

## 云南师范大学课程考试

## 试卷参考答案及评分标准

课程名称: 原子物理学                      考试班级: 10 物理

试卷编号: B 卷      命题教师签名: 徐晓梅    12 年 6 月 11 日

### 一. 简答题 (每题 5 分, 共 10 分)

1. (5 分) 根据泡利原理, 原子中不能有两个电子处于完全相同的状态, 电子状态由一组量子数  $(n, l, m_l, m_s)$  决定, 同科电子已有两个量子数相同, 另外两个量子数中必须至少有一个不同, 因而比非同科电子受限, 形成的原子态数目较少。
2. (5 分)      原子核裂变和聚变反应都是由结合能较小的原子核变为结合能较大的原子核, 反应后的原子核结合能大于反应前的原子核结合能, 这样的反应是放能反应。

### 二. 填空题 (每空 2 分, 共 30 分)

1. 原子能级的存在 ; 原子空间取向量子化。
2.  $\sqrt{2}\hbar, \sqrt{3}/2\hbar, \sqrt{3}/2\hbar, 4\sqrt{5}/3\mu_B$
3. 4, 9
4. 33 号
5. 原子序数
6. 泡利不相容原理, 能量最低原理
7.  $^1S_0$
8. 质量数 (核子数), 总能量

### 三. 计算和证明题 (共 60 分)

1. (15 分)    (1) 6 分; (2) 4 分; (3) 5 分

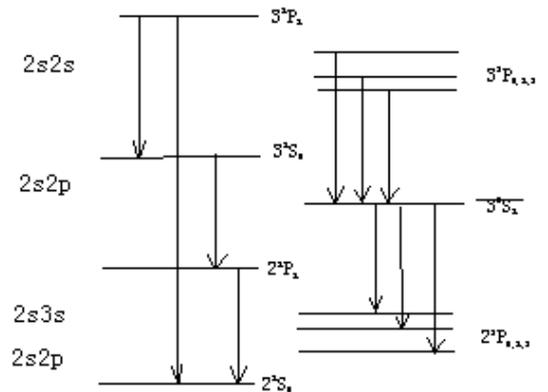
解:

$$1s1s2s2s: 2^1S_0$$

$$1s1s2s2p: 2^1P_1 \quad 2^3P_{0,1,2}$$

$$1s1s2s3s: 3^1S_0 \quad 3^3S_1$$

$$1s1s2s3p: 3^1P_1 \quad 3^3P_{0,1,2}$$

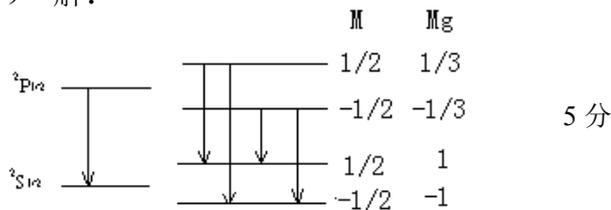


2. (10分) 解:  $\Delta\tilde{\nu} = 2L = 2 \frac{eB}{4\pi mc}$  (4分)

$$\Delta\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \approx \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \quad (4分)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\Delta\lambda}{\Delta\tilde{\nu}}} = \sqrt{\frac{\Delta\lambda \cdot 4\pi mc}{2eB}} = 4141 \text{ \AA} \quad (2分)$$

3. (15分) 解:



$$\Delta\tilde{\nu} = [M_2 g_2 - M_1 g_1] L = \left( \frac{4}{3}, \frac{2}{3}, -\frac{2}{3}, -\frac{4}{3} \right) L$$

可知分裂为4条 (5分)

$$\Delta\tilde{\nu}_m = \frac{8}{3} L = \frac{1}{\lambda_{\min}} - \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{\lambda_{\max} - \lambda_{\min}}{\lambda_{\min} \lambda_{\max}} \approx \frac{\Delta\lambda_m}{\lambda^2} \quad (3分)$$

$$\text{所以 } \Delta\lambda_m = \lambda^2 \Delta\tilde{\nu}_m = \lambda^2 \frac{8}{3} \frac{eB}{4\pi mc} = 1.3 \text{ \AA} \quad (2分)$$

4. (10分) 解: (1)  $^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} = ^{12}_6\text{C} + ^1_0\text{n}$  (4分)

(2)  $Q = \Delta Mc^2 = 5.7 \text{ MeV}$  (3分)

$$\Delta M = 5.7 \text{ MeV} / c^2 = 0.006119u \quad \text{反应后质量减小。} \quad (3分)$$

5. (10分) 解: 设古生物体中  $^{12}\text{C}$  的数目为  $N$  个, 则  $^{14}\text{C}$  的数目

$$N_0 = \rho_0 N, \quad N_t = \rho N \quad (3分)$$

$$\text{由 } N_t = N_0 e^{-\lambda t}, \text{ 得 } \rho = \rho_0 e^{-\lambda t} \quad (3分)$$

$$\text{所以 } \ln \frac{\rho_0}{\rho} = \lambda t, \text{ 且 } \lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad (2分)$$

$$\text{得 } t = \frac{T \ln(\rho_0 / \rho)}{\ln 2} \quad (2分)$$