

Zeeman能级分裂

可视化呈现

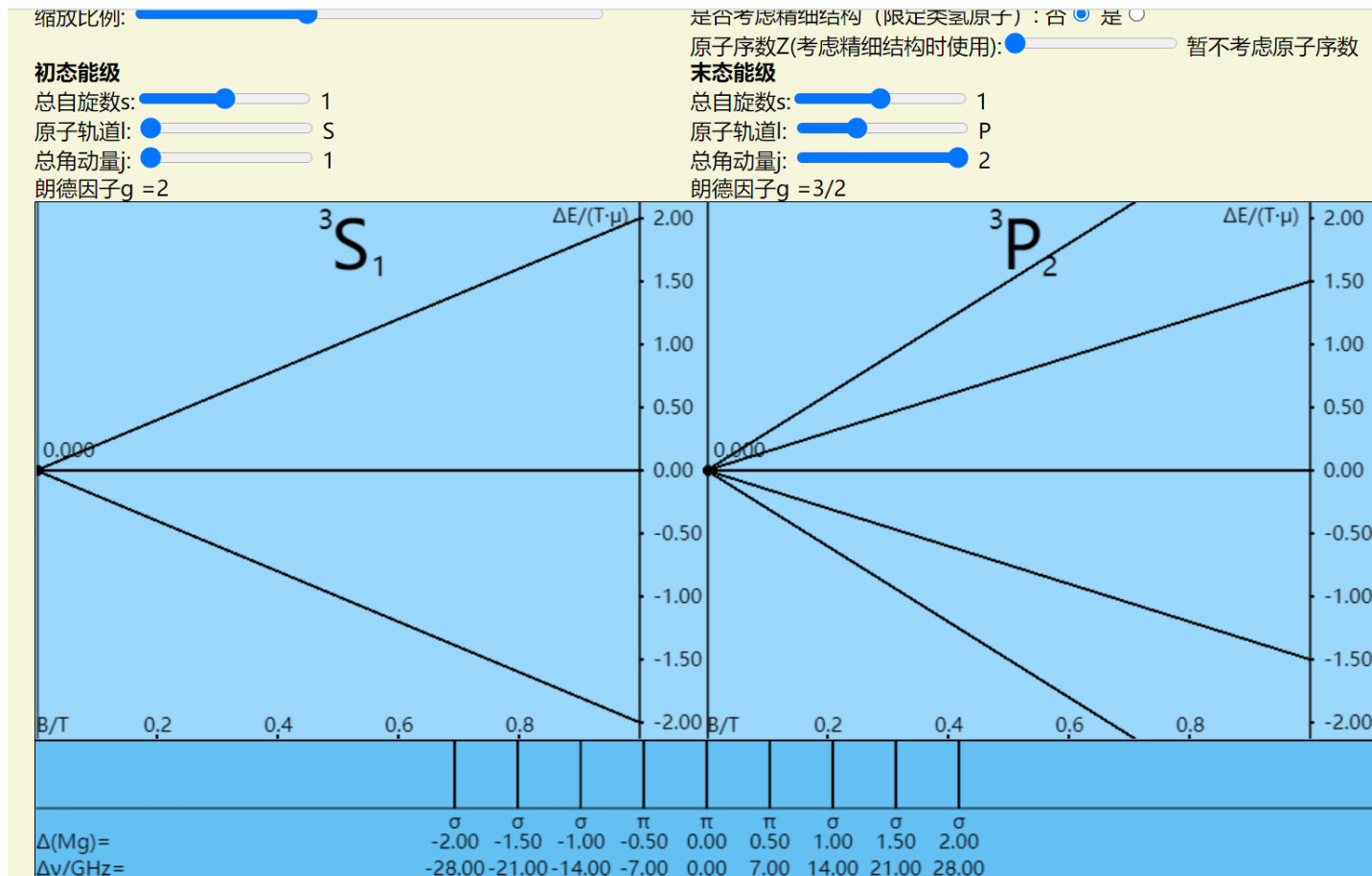
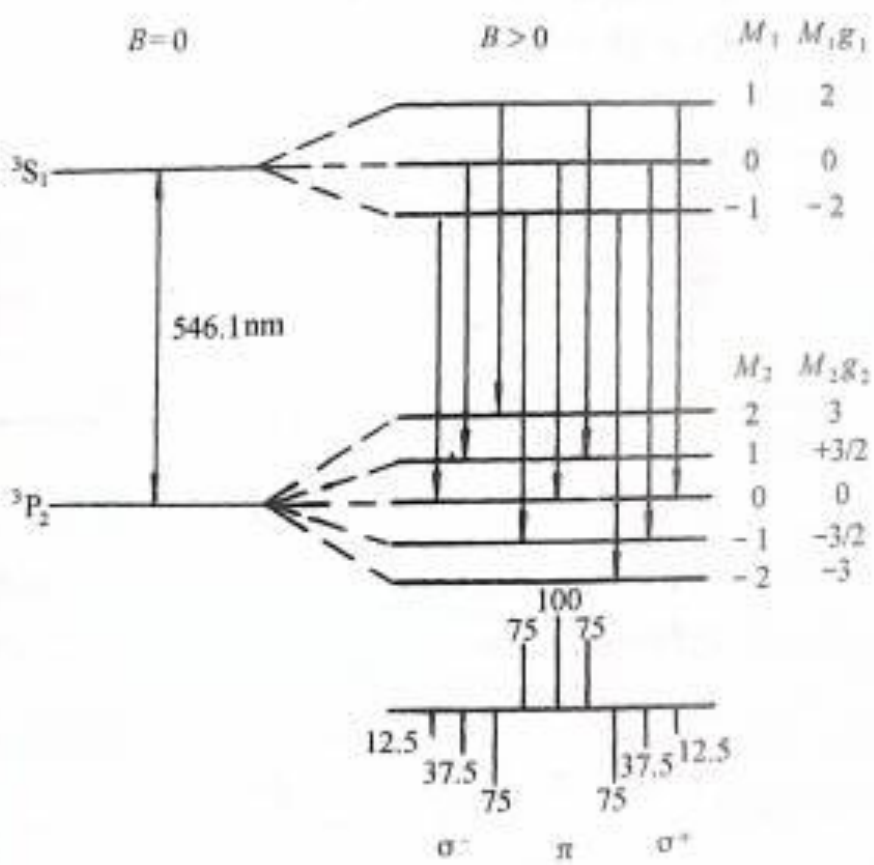
陈澄 19307110371

计为 3 次选作内容

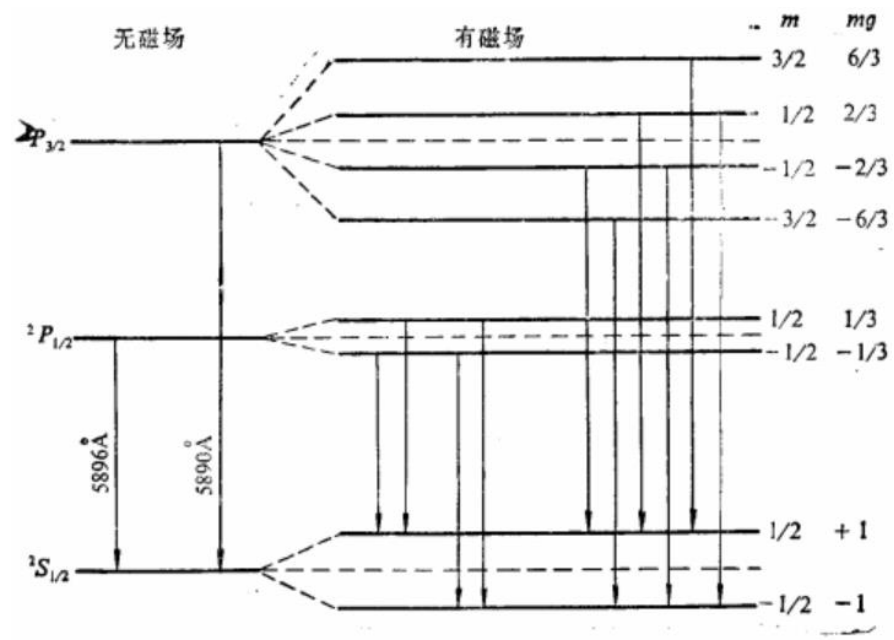
目录

- 弱场分裂与跃迁，不考虑精细结构
- 弱场类氢原子分裂与跃迁，考虑精细结构
- 弱、强场对比，考虑精细结构（进行中）

Hg原子546.1nm线



钠D线

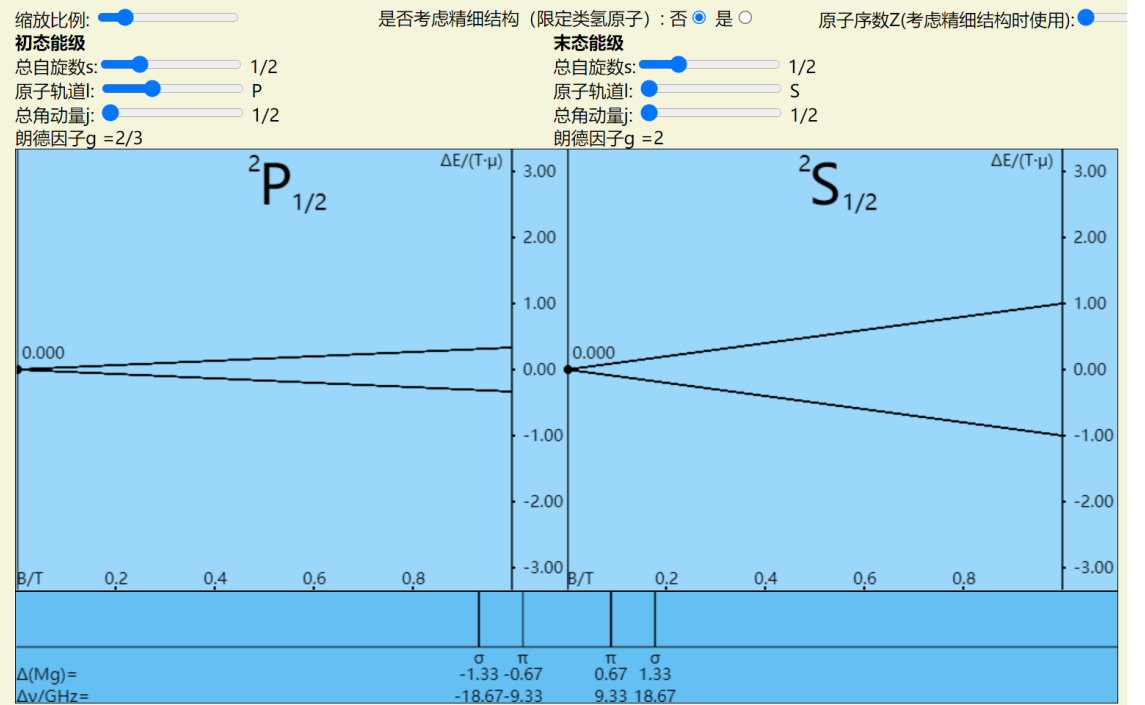
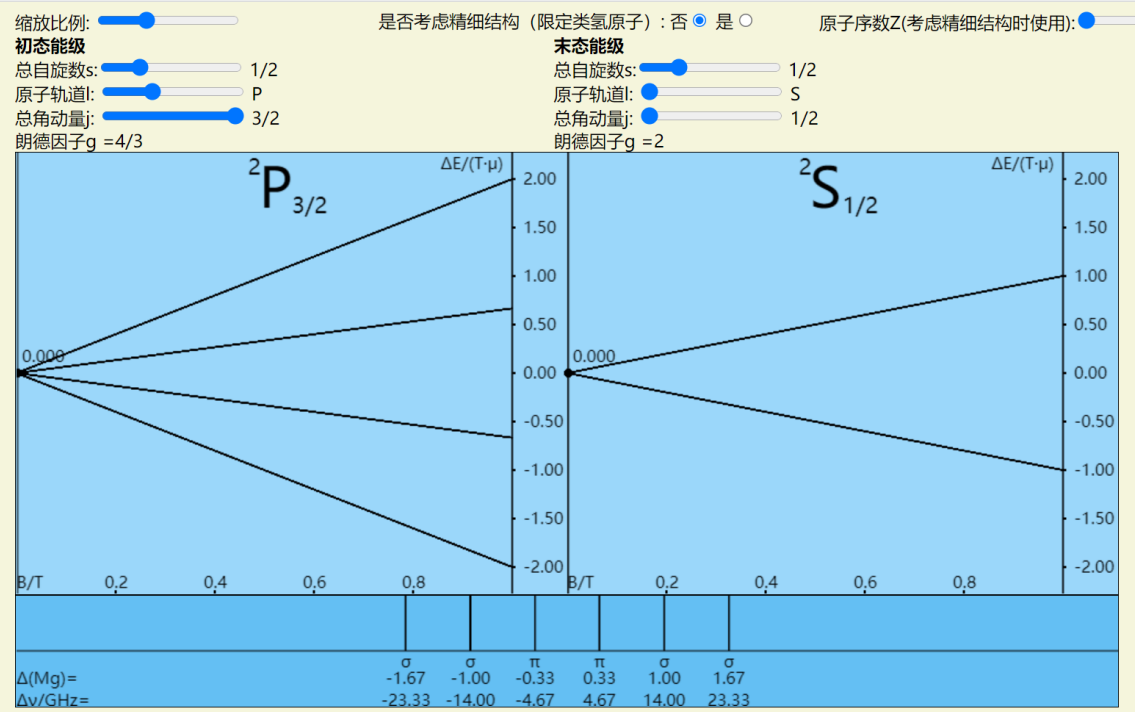


$$m_2 g_2 - m_1 g_1 = \frac{4}{3} \frac{2}{3} - \frac{2}{3} \frac{4}{3} \quad \frac{2}{3} \frac{4}{3}$$

D线 5896 Å

$$m_2 g_2 - m_1 g_1 = \frac{5}{3} \frac{3}{3} - \frac{1}{3} \frac{3}{3} \quad \frac{1}{3} \frac{3}{3} \quad \frac{3}{3} \frac{3}{3}$$

5890 Å

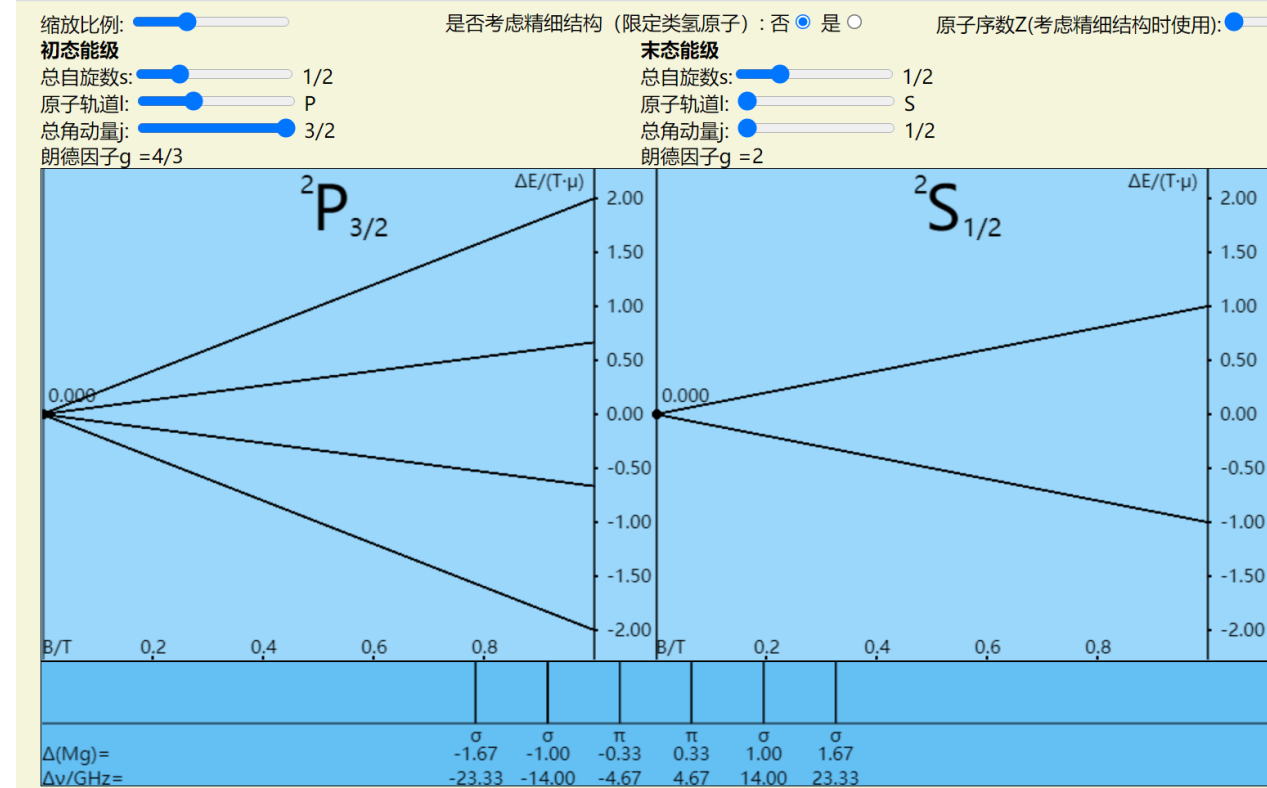


计算：弱场（不考虑精细结构）

- 总自旋数s: 0-2
- 原子轨道l: S P D F
- 总角动量j: $|l - s| \leq j \leq l + s$
- Landé因子g: 计算分子分母, 通分后显示

$$\Delta\nu = \frac{\mu_B}{h} B \Delta(M_J g)$$

$$\frac{\mu_B}{h} = \frac{e\hbar}{2m_e h} = 14 \text{ GHz/T}$$



缩放比例调节： 分段讨论

画布高度：200px

规定：纵轴单向格点数取3~7

缩放比例最大(100)时取 $[-1, 1]$ ，间距0.2

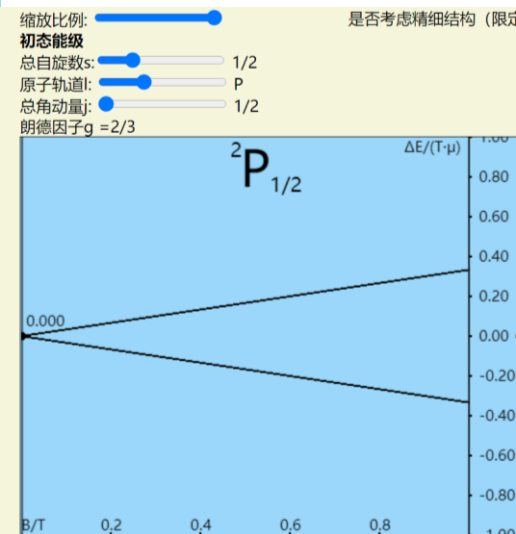
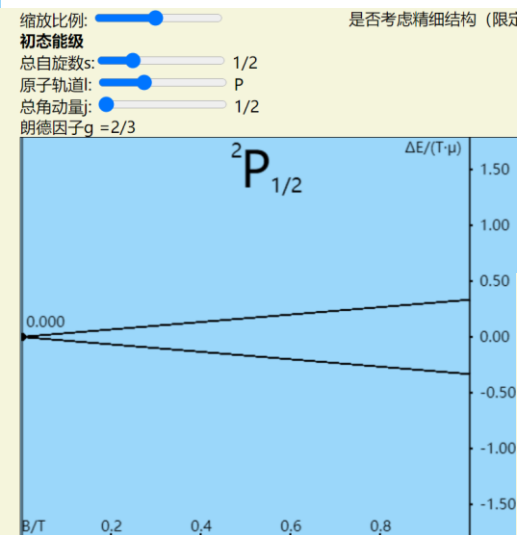
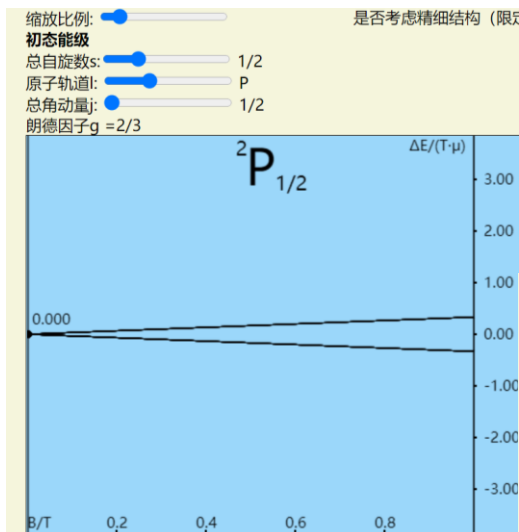
间距0.5，取3个格点，纵轴范围 $[-1.5, 1.5]$

缩放比例66.7

若间距为0.2，则恰好取7个格点

以此类推，缩放比例33.3时，纵轴 $[-3, 3]$

间距0.5取6格点，间距1取3格点



间距	1	0.5	0.2
缩放比例	17~33	34~66	67~100
范围	6~3	3~1.5	1.5~1
格点	6~3	6~3	7~5

氢原子：弱场、强场对比

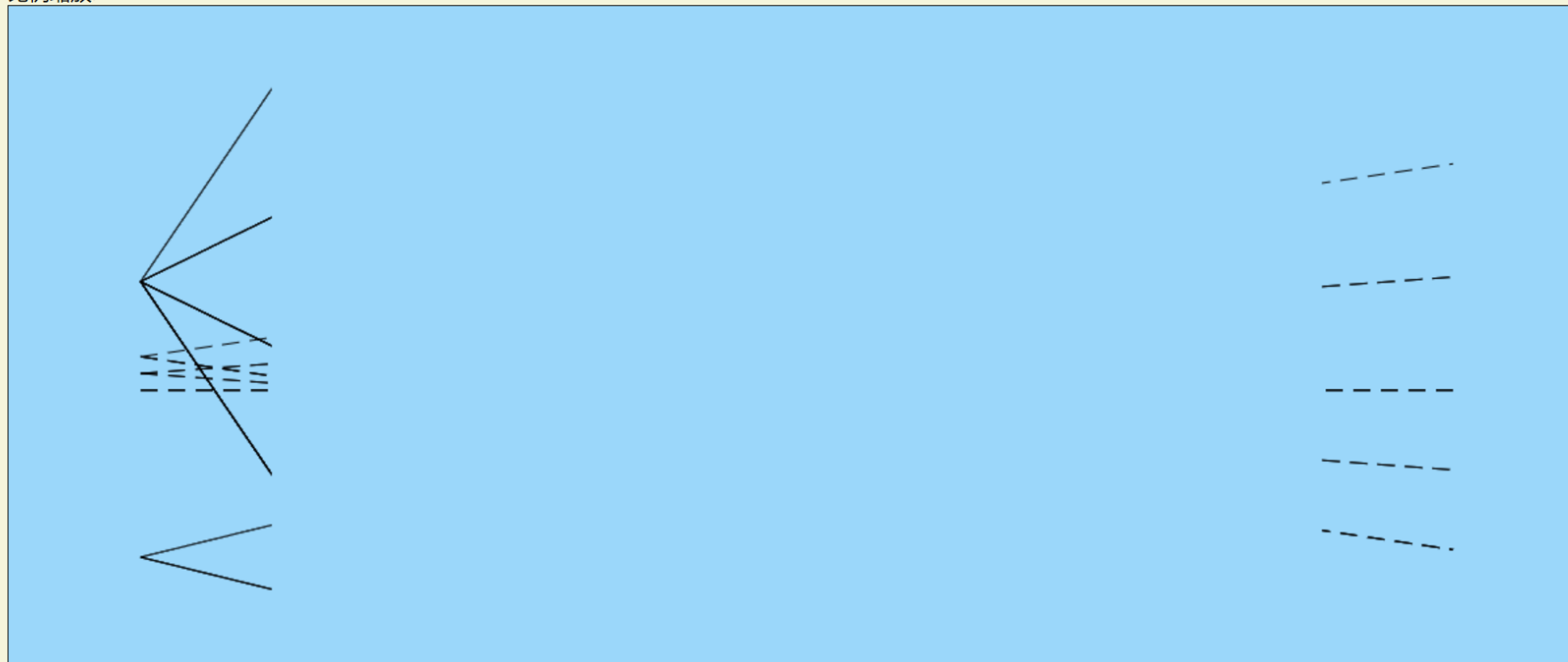
- 弱场： $E = -\frac{E_0}{n^2} \left[1 + \frac{\alpha^2}{n^2} \left(\frac{n}{j+\frac{1}{2}} - \frac{3}{4} \right) \right] + \mu_B B m_j \left(1 \pm \frac{1}{2l+1} \right)$
- 强场： $E = -\frac{E_0}{n^2} + \mu_B B (m + 2m_s) + \frac{E_0}{n^3} \alpha^2 \left[\frac{3}{4n} - \frac{l(l+1) - mm_s}{l(l+\frac{1}{2})(l+1)} \right]$
- $E_0 = 13.6\text{eV}$, $\alpha = \frac{1}{137}$, $m_s = \pm \frac{1}{2}$, $j = l \pm \frac{1}{2}$, $\Delta E = E + \frac{E_0}{n^2} - \frac{3E_0\alpha^2}{4n^4}$
- 弱场： $\Delta E = -\frac{E_0}{n^3} \alpha^2 \left(\frac{1}{l \pm \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} \right) + \mu_B B m_j \left(1 \pm \frac{1}{2l+1} \right)$
- 强场： $\Delta E = -\frac{E_0}{n^3} \alpha^2 \left[\frac{l(l+1) \mp \frac{1}{2}m}{l(l+\frac{1}{2})(l+1)} \right] + \mu_B B (m \pm 1)$

可视化（初步）：半定量考虑

- 实弱虚强，上边界 $\Delta E = 0$
- 整体缩放：截距与斜率按比例改变
- 比例缩放：截距不变，只调整斜率

3.单电子原子体系弱、强场Zeeman分裂

主量子数n: 2
角量子数l: 1
整体缩放:
比例缩放:



遇到的困难：坐标轴

- 弱场： $\Delta E = -\frac{E_0}{n^3} \alpha^2 \left(\frac{1}{l \pm \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} \right) + \mu_B B m_j \left(1 \pm \frac{1}{2l+1} \right)$

- 强场： $\Delta E = -\frac{E_0}{n^3} \alpha^2 \left[\frac{l(l+1) \mp \frac{1}{2} m}{l(l+\frac{1}{2})(l+1)} \right] + \mu_B B (m \pm 1)$

- 截距反比于 n^3 ，而斜率变化较平缓
- 坐标轴不变，则随 n 增大截距迅速减小，不易分辨
- 坐标轴随 n^3 同步变化，则随 n 增大斜率剧烈变化，难以显示裂隙
- 妥协：无法有效显示坐标轴

(可能的) 后续计划

- 中间场：涉及CG系数及矩阵运算
- 跃迁谱强度分布：需要查找相关资料
- Stark效应（电场）可视化

参考资料

- 杨福家, 原子物理学[M]. 第二版, 上海: 复旦大学出版社, 1988.
- 近代物理实验讲义必做部分 (第33-36页)
<http://phylab.fudan.edu.cn/doku.php?id=course:modern>
- 肖江, Lecture Notes on Quantum Mechanics [M]. Fall 2021. 110-3.
- 任宁, HTML5的课件制作入门
<http://phylab.fudan.edu.cn/doku.php?id=exp:html5:start>