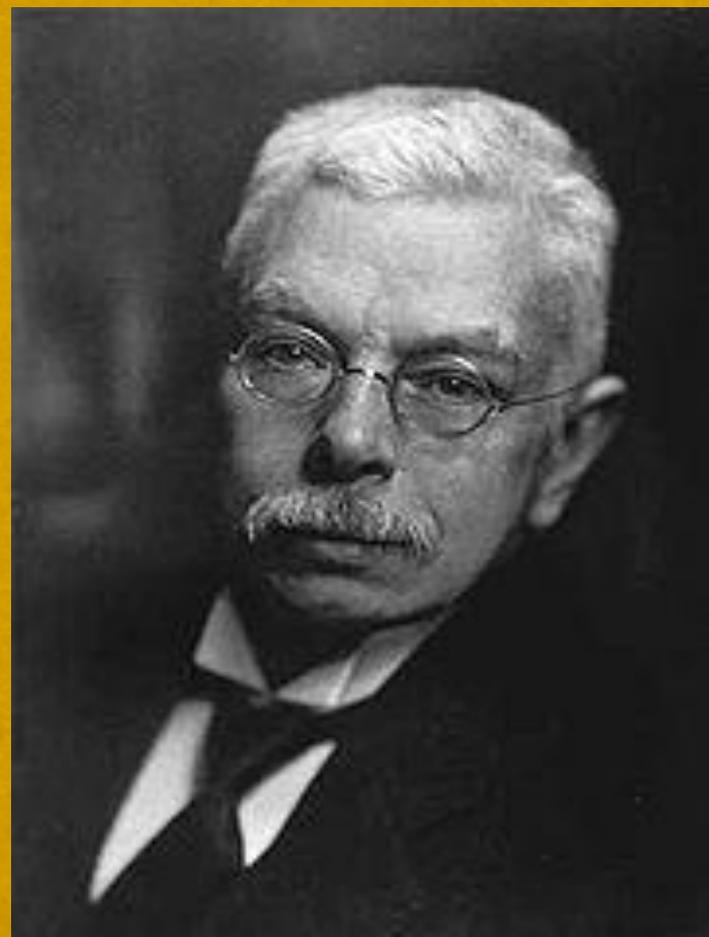


塞曼效应

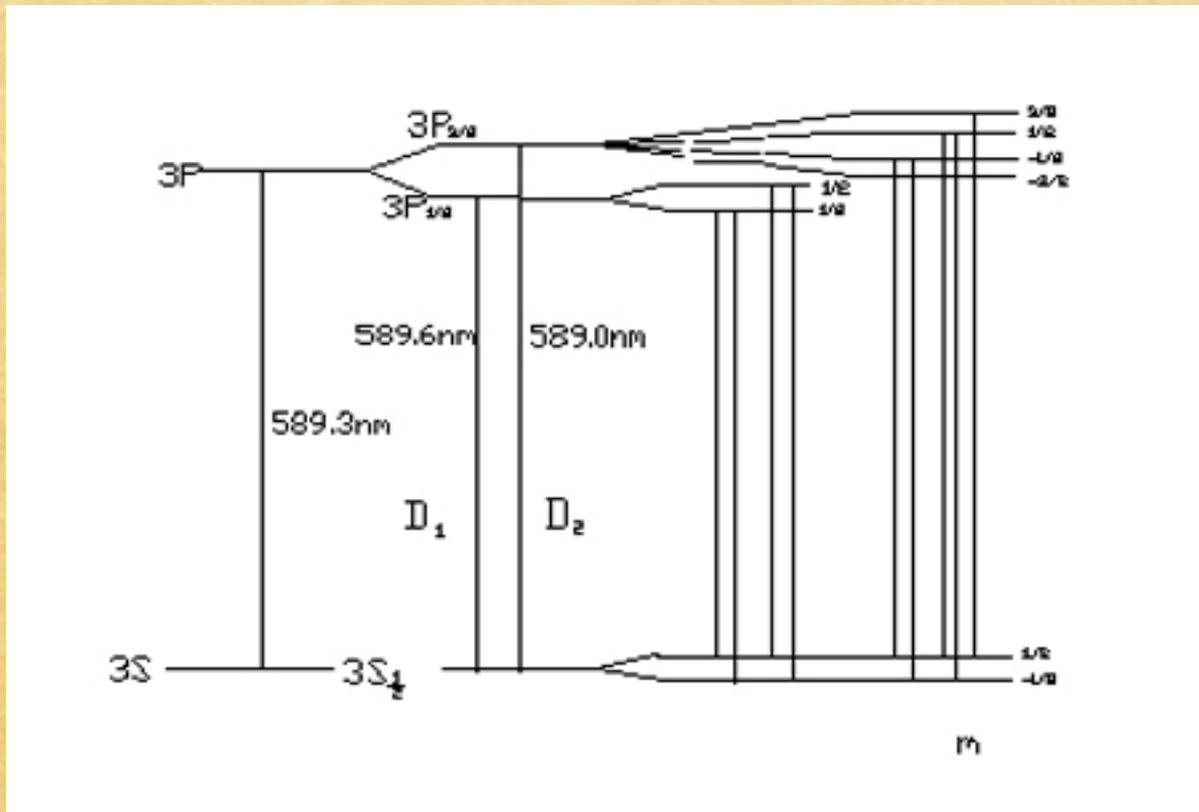
Zeeman effect



1.历史故事

- ◆ 塞曼效应，是由荷兰物理学家塞曼在1896年发现的。他发现钠原子光谱线在外磁场发生了分裂。随后洛仑兹在理论上解释了谱线分裂成3条的原因。这种现象称为“塞曼效应”。
- ◆ 塞曼效应是继1845年法拉第效应和1875年克尔效应之后发现的第三个磁场、电场对光有影响的实例。
- ◆ 塞曼效应证实了原子磁矩的空间量子化，为研究原子结构提供了重要途径，这个现象的发现是对光的电磁理论的有力支持，使人们对物质光谱、原子、分子有更多了解，特别是由于及时得到洛仑兹的理论解释，更受到人们的重视，被认为是19世纪末20世纪初物理学最重要的发现之一。
- ◆ 塞曼和洛仑兹因为这一发现共同获得了1902年的诺贝尔物理学奖。

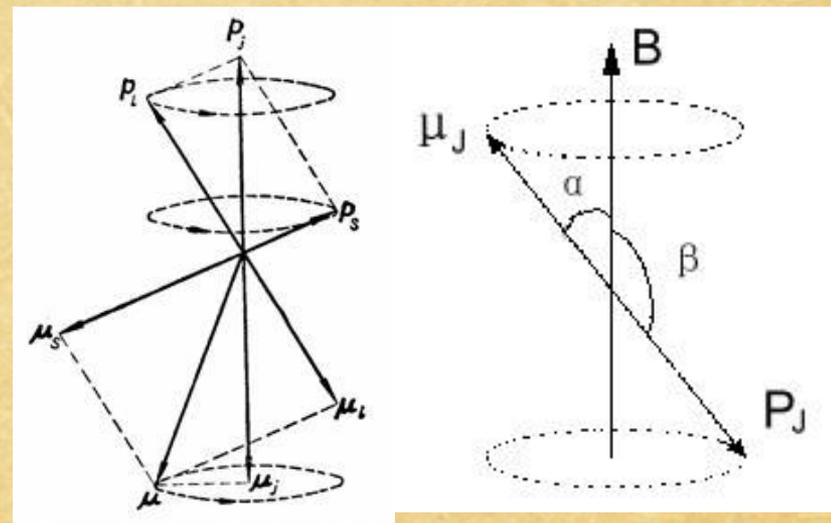
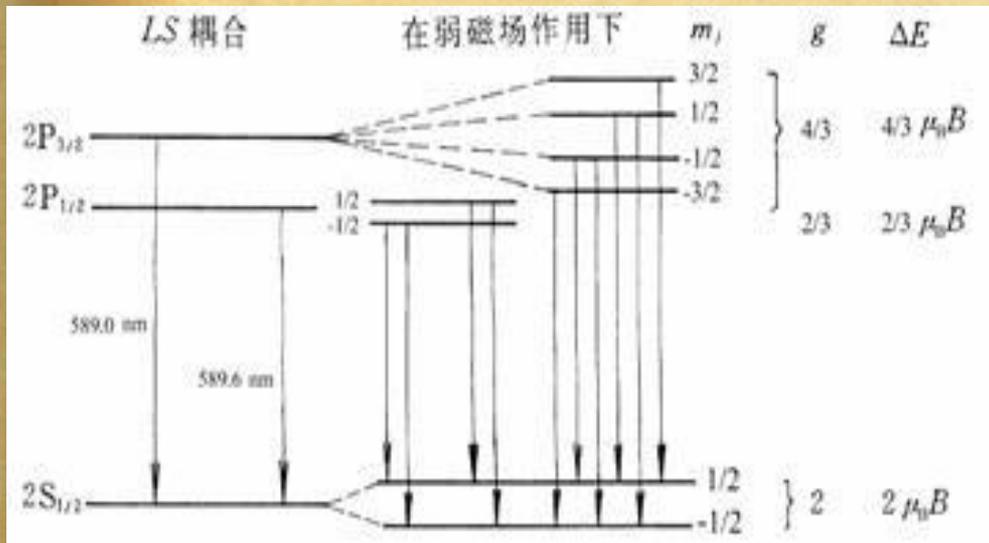
- ◆ 1896年，荷兰物理学家塞曼使用半径10英尺的凹形罗兰光栅观察磁场中的钠火焰的光谱，他发现钠的D谱线似乎出现了加宽的现象。这种加宽现象实际是谱线发生了分裂。随后不久，塞曼的老师、荷兰物理学家洛仑兹应用经典电磁理论对这种现象进行了解释。他认为，由于电子存在轨道磁矩，并且磁矩方向在空间的取向是量子化的，因此在磁场作用下能级发生分裂，谱线分裂成间隔相等的3条谱线。



- ◆ 1897年12月，普雷斯顿(T. supeston)报告称，在很多实验中观察到光谱线有时并非分裂成3条，间隔也不尽相同，人们把这种现象叫做为反常塞曼效应，将塞曼原来发现的现象叫做正常塞曼效应。
- ◆ 反常塞曼效应的机制在其后二十余年时间里一直没能得到很好的解释，困扰了一大批物理学家。
- ◆ 1925年，两名荷兰学生乌仑贝克(G.E.Uhlenbeck,1900--1974)和古兹米特(S.A.Goudsmit,1902--1978)提出了电子自旋假设，很好地解释了反常塞曼效应。
- ◆ 应用正常塞曼效应测量谱线分裂的频率间隔可以测出电子的荷质比。由此计算得到的荷质比数值与约瑟夫·汤姆生在阴极射线偏转实验中测得的电子荷质比数量级是相同的，二者互相印证，进一步证实了电子的存在。
- ◆ 塞曼效应也可以用来测量天体的磁场。1908年美国天文学家海尔等人在威尔逊山天文台利用塞曼效应，首次测量到了太阳黑子的磁场。

2. 实验原理

- 把产生光谱的光源置于足够强的磁场中，磁场作用于发光体使光谱由一条谱线分裂成几条偏振化谱线的现象称为塞曼效应。若一条谱线分裂成二条、裂距按波数计算正好等于一个洛仑兹单位 ($\Delta\sigma = eB/4\pi mc$) 的现象称为正常塞曼效应；而分裂成更多条且裂距大于或小于一个洛仑兹单位的现象称为反常塞曼效应。
- 完整解释塞曼效应需要用量子力学，电子的轨道磁矩和自旋磁矩耦合成总磁矩，并且空间取向是量子化的，磁场作用下的附加能量不同，引起能级分裂。
- 在外磁场中，总自旋为零的原子表现出正常塞曼效应，总自旋不为零的原子表现出反常塞曼效应。



- ◆ 未加磁场时，能级 E_2 和 E_1 之间的跃迁产生的光谱线频率 ν 为：
- ◆ (1)外加磁场时，分裂后的谱线频率 ν' 为：
- ◆ (2)分裂后的谱线与原来谱线的频率差 $\Delta\nu'$ 为：
- ◆ (3)定义为洛仑兹单位。
- ◆ 用波数间距 $\Delta\gamma$ 表示为：
- ◆ (4)能级之间的跃迁必须满足选择定则，磁量子数 M 的选择定则为 $\Delta M=M_2-M_1=0, \pm 1$ ；而且当 $J_2=J_1$ 时， $M_2=0 \rightarrow M_1=0$ 的跃迁除外。
- ◆ 当 $\Delta M=0$ 时，产生 π 线，沿垂直于磁场方向观察时， π 线为光振动方向平行于磁场的线偏振光，沿平行于磁场方向观察时，光强度为零，观察不到。
- ◆ 当 $\Delta M=\pm 1$ 时，产生 σ 线，迎着磁场方向观察时， σ 线为圆偏振光， $\Delta M=+1$ 时为左旋圆偏振光， $\Delta M=-1$ 时为右旋圆偏振光。沿垂直于磁场方向观察时， σ 线为线偏振光，其电矢量与磁场垂直。

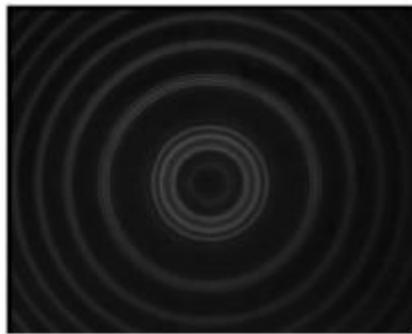
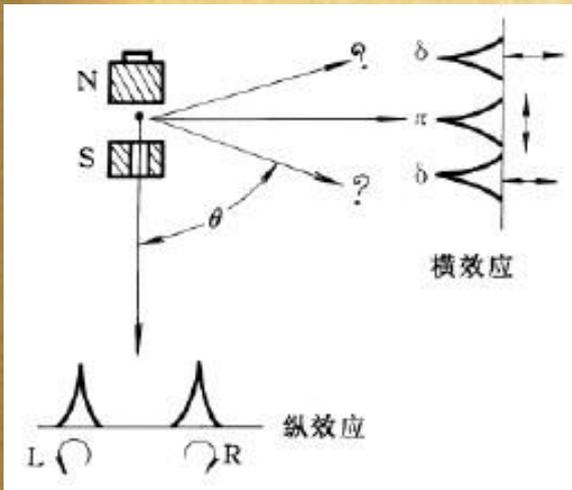


图5 π 分量的谱线图
Fig. 5 spectrum of π component

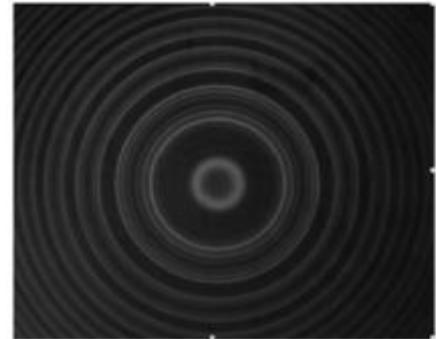
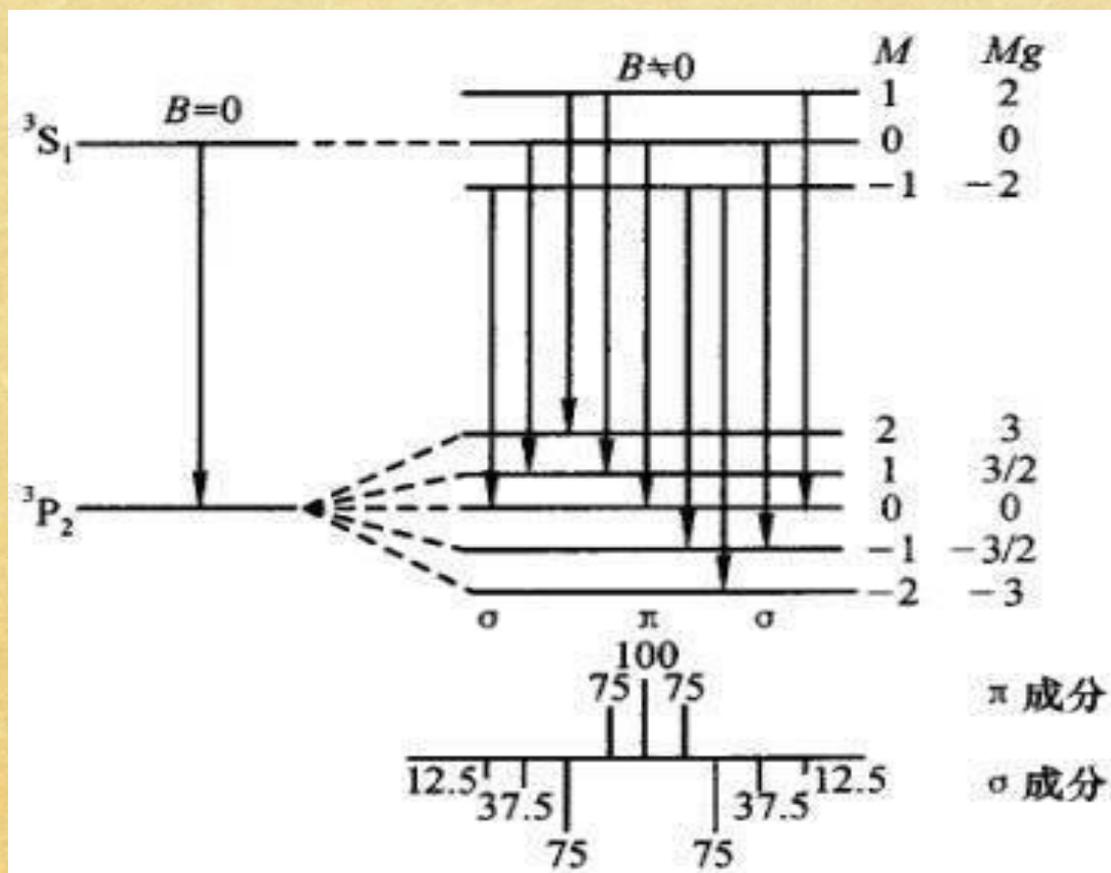


图6 σ 分量的谱线图
Fig. 6 Spectrum of σ component

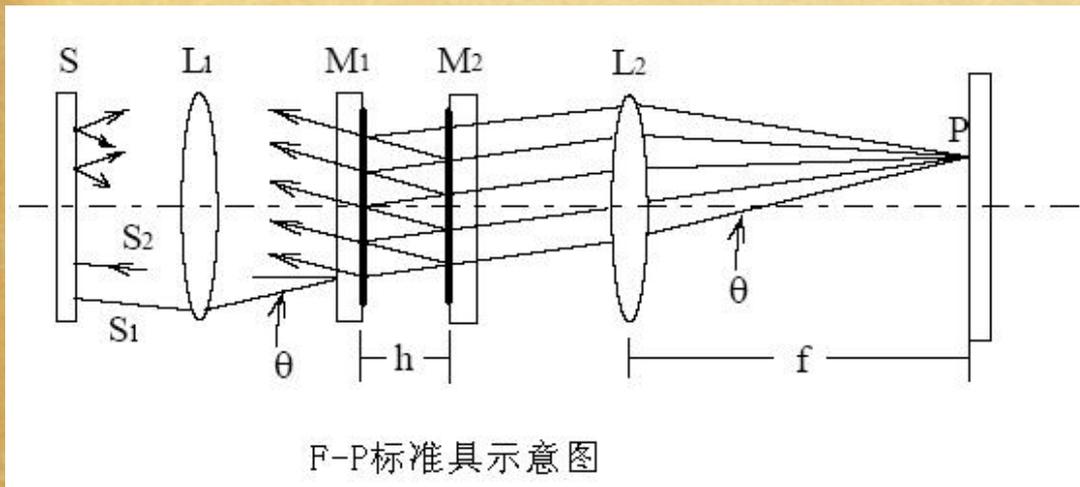
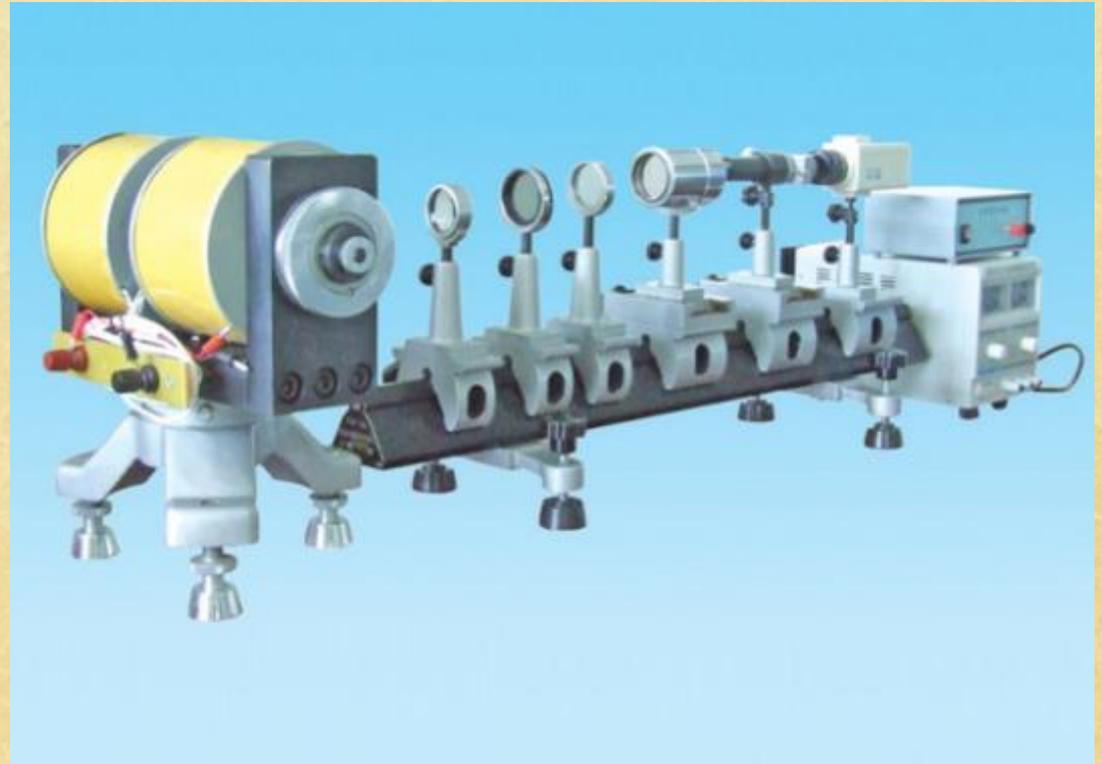
- ◆ 本实验观察汞原子546.1nm的谱线，由6s7s S1跃迁到6s6p P2产生的。
- ◆ 根据选择定则和偏振定则，可以观察到塞曼效应分裂。



Hg(546.1 nm)谱线在磁场中的分裂

3. 实验仪器

塞曼效应实验仪的组成



法布里—珀罗标准具

4. 实验要求

- ◆ (1) 调整光学系统 (共轴)
- ◆ (2) 法布里—珀罗标准具的调整, 目的使在目镜上可观察到谱线。
- ◆ (3) 在观察目镜处观察无磁场、有磁场、偏振片平行于磁场、垂直于磁场等条件下的干涉谱线。

- ◆ (4) 计算电子荷质比 (e/m)

$$\frac{e}{m} = \frac{2\pi c}{dB (M_2 g_2 - M_1 g_1)} \frac{(D_b^2 - D_a^2)}{(D_{k-1}^2 - D_k^2)}$$

