

对光磁共振实验中测量 g_F 值的方法的评述和改进

米丽琴^{1) 2)} 原如领¹⁾

(1) 北京师范大学物理系 北京 100875; 2) 湛江师范学院物理系 广东 湛江 524048)

摘要: 对文献中测量 g_F 因子的方法进行了评述, 阐述了如何基于三角波扫场, 用抽运信号确定计算和测量 g_F 的方法.

关键词: 朗德 g 因子; 光磁共振; 光抽运信号

中图分类号: O 562 32

文献标识码: A

文章编号: 1005-4642(2003)03-0047-02

Review and improvement of the measuring method of g_F in a optical pumping magnetic resonance experiment

M IL i-qin^{1) 2)} YUAN Ru-ling¹⁾

(1) Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing, 100875;

2) Department of Physics, Zhanjiang Normal College, Zhanjiang, Guangdong, 524048)

Abstract: The measuring method of the g_F -factor in the literature is reviewed. Based on triangle wave sweep-fields and made use of optical pumping signals, the reasonable calculating method and accurate measuring method for g_F are elaborated.

Key words: Landé g -factor; optical pumping magnetic resonance; optical pumping signal

1 引言

光泵磁共振实验是大学近代物理实验中很有特色的实验, 它的基本思想是利用光抽运效应研究原子基态和激发态的超精细结构塞曼子能级间的磁共振. 这种光磁共振技术, 巧妙地将磁共振-光抽运-光探测的方法结合起来, 既保持了磁共振方法研究元素超精细结构及其在磁场中产生塞曼分裂的小能级间距调谐准确度高的优点, 又通过光抽运使低浓度原子样品条件下提供尽可能多的粒子参与磁共振, 再用光探测的方法进行探测, 与用直接测量射频辐射量子的能量相比, 灵敏度提高 7~8 个数量级, 为现代物理学的研究提供了重要的实验手段, 并

为激光和原子频标的发展打下了基础. 目前, 我国高校使用的一般都是北京大学赵汝光先生设计、大华无线电仪器厂生产的 DH807 型光磁共振实验装置. 实验原理和 g_F 的测量方法已有文献^[1~8]进行了描述和讨论. 本文在对中 g_F 的测量方法进行评述的基础上, 利用三角波扫场观察光抽运信号, 判断 $|B|$ 与 $|B_{地} + B_{扫}|$ 的大小关系, 确定 g_F 值的计算和测定方法.

2 对文献中 g_F 值的测定方法的评述

在文献[1, 2, 5~8]中, 提出测量 g_F 值的一般方法, 是在抵消地磁场垂直分量后, 选择三角波扫场, 使直流水平磁场 B 、地磁场水平分量 $B_{地}$ 和扫场 $B_{扫}$ 分量三者方向相同, 调节射频

信号发生器的频率,在波峰或波谷处观察到共振信号,记下此时的共振频率 ν_1 及对应的水平电流 I (由 I 算出 B); 再将水平场反向, 可得共振频率 ν_2 , 取 $\nu = (\nu_1 + \nu_2)/2$, 则 g_F 值满足

$$h\nu = |g_F| \mu_B |B| \quad (1)$$

然而(1)式成立的条件是选取的 B 足够大, 使 $|B| > |B_{地} + B_{扫}|$, 保证在 B 反向时总磁场反向. 但学生实验有时不满足(1)式, 倘若 $|B| < |B_{地} + B_{扫}|$ 就会得出错误的结果.

文献[3]提出利用三角波扫场抵消地磁场水平分量的影响. 在垂直磁场抵消地磁场的垂直分量条件下, 取水平场为零, 加与地磁场水平分量反向的扫场, 调节扫场幅度, 使光抽运信号出现在示波器屏幕中间. 光抽运信号出现处, 便是地磁场水平分量被扫场完全抵消的点. 然后加适当的水平外场及射频场, 调节射频场频率, 使共振信号出现在刚才抽运信号出现处, 记下 ν_1 ; 再将水平外场反向, 调节射频频率再使共振信号出现在该处, 记下 ν_2 . 取 $\nu = (\nu_1 + \nu_2)/2$, 则确保使用(1)式是正确的. 但是, 由于磁共振信号要调节在已经消失的抽运信号出现处, 且共振信号是出现在三角波的上升沿和下降沿, 难以准确判断信号位置, 测量准确度较差.

文献[3]正确地区分了在水平场 B 反向时, 总磁场是否反向的 2 种情况, 提出: 在 $|B| > |B_{地} + B_{扫}|$ 条件下, B 反向时, 总磁场反向, 在量值上有

$$h(\nu_1 + \nu_2)/2 = |g_F| \mu_B B \quad (2)$$

而 $|B| < |B_{地} + B_{扫}|$ 条件下, 在 B 反向时, 总磁场不反向, 在量值上有

$$h(\nu_1 - \nu_2)/2 = |g_F| \mu_B B \quad (3)$$

但观察的共振信号是在波的上升沿或下降沿, 且同时有抽运信号, 这会影响测量的准确度.

3 测量 g_F 值的改进方法

本方法是对文献[3]方法的改进和补充, 其优点是能在实验中判定水平磁场反向时总磁场是否反向. 由于共振信号发生在波峰或波谷处测量准确度高, 所以总是将信号调节在这 2 个

位置进行测量. 在抵消地磁场竖直分量的条件下, 恰当选取扫场信号, 在无射频场信号时, 用三角波观察抽运信号. 使 B 和 $B_{地}$ 反向, 在抽运信号对应于波峰(谷)时, 记下水平场电流值, 设此电流值对应的磁场为 B_0 , 则在对应的峰(谷)处有 $|B_0| = |B_{地} + B_{扫}|$. 在测量共振信号时, 当 $B > B_0$ 用(2)式, 当 $B < B_0$ 用(3)式.

实验中坚持在三角波的波峰(谷)处观察共振信号, 这是因为抽运信号或共振信号稍稍离开波峰(谷)信号的形状就发生明显变化, 其灵敏程度比在波沿上用位置判断更灵敏, 更准确.

实验证明, 当 $|B - B_0|$ 太小时, 若 B 与 $|B_{地} + B_{扫}|$ 反向, 则总磁场的值太小, 很容易受到抽运信号的干扰, 所以在测 g_F 时应选择 $|B - B_0|$ 不太小. 当 $B > B_0$ 时更容易满足这个条件, 使测量的准确度最好, 这就是文献[6~8]只讲这种情况的原因.

使用本方法, 既可以使学生进一步明确产生光抽运和磁共振的物理条件, 又可以使学生正确地选择测量 g_F 的条件和计算方法, 得出正确测量结果, 提高测量的准确度.

参考文献

- [1] 赵汝光, 等. 关于光泵磁共振实验中的几个问题[J]. 物理实验, 1986, 16(4): 147~ 150, 154.
- [2] 龚顺生. 双共振实验[J]. 物理实验, 1981, 1(4): 133~ 138
- [3] 熊正焯, 吴奕初, 郑裕芳. 光磁共振实验中测量 g_F 值方法的改进[J]. 物理实验, 2000, 20(1): 3~ 4, 15
- [4] 严雯, 王秋君. 探讨光磁共振实验中测量 g_F 值方法[J]. 物理实验, 2000, 20(12): 40~ 42
- [5] 米丽琴, 肖世发. 湛江地区地磁场的测定[J]. 湛江师范学院学报, 2001(2).
- [6] 邬鸿彦, 朱明刚. 近代物理实验[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [7] 林木欣, 等. 近代物理实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [8] 吴思诚, 王祖铨. 近代物理实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1995.

(2002-07-17 收稿, 2002-10-25 收修改稿)