

# 法拉第效应——磁光调制实验

实验者：翦巽 王福梅 指导老师：白翠琴

摘要：通过操作法拉第效应试验仪器，了解磁场和光波长对法拉第效应的影响。

关键词：法拉第效应，Verdet 常数

## 简介：

1845年，法拉第(M.Faraday)在探索电磁现象和光学现象之间的联系时，发现了一种现象：当一束平面偏振光穿过介质时，如果在介质中，沿光的传播方向上加上一个磁场，就会观察到光经过样品后偏振面转过一个角度，即磁场使介质具有了旋光性，这种现象后来就称为法拉第效应。法拉第效应第一次显示了光和电磁现象之间的联系，促进了对光本性的研究。之后费尔德(Verdet)对许多介质的磁致旋光进行了研究，发现了法拉第效应在固体、液体和气体中都存在。本实验除了观测法拉第效应的现象外，同时也需要研究法拉第效应的 Verdet 常数。

## 实验原理：

当线偏振光穿过介质时，若在介质中加一平行于光的传播方向的磁场，则光的振动面将发生旋转，这种磁致旋光现象是 1845 年由法拉第首先发现的，故称为法拉第效应。振动面转过的角度称为法拉第效应旋光角。实验发现：

$$\theta = VBL$$

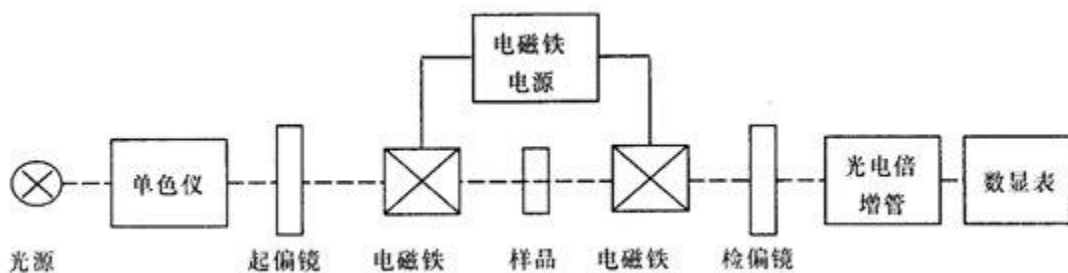
$\theta$  为法拉第效应旋光角；

L 为介质的厚度；

B 为平行与光传播方向的磁感强度分量；

V 称为费尔德(Verdet)常数。

## 实验仪器：



法拉第效应实验装置如图所示。由光源产生的复合白光通过小型单色仪后可以获得波长在 360~800nm 的单色光，经过起偏镜成为单色线偏振光，然后穿过电磁铁。电磁铁采用直流供电，中间磁路有通光孔，保证入射光与磁场  $B$  方向一致。根据励磁电流的大小可以求得对应的磁场值。入射光穿过样品后从电磁铁的另一极穿出入射到检偏器上，透过检偏器的光进入光电倍增管，由数显表显示光电流的大小，即出射光强的大小。根据出射光强最大(或最小)时检偏器的位置读数即可得出旋光角。检偏器的角度位置读数也由数显表读出。

### 实验内容:

先使用游标卡尺测量样品的厚度:  $L=1.070\text{cm}$

开启测试灯源，转动起偏器使得数显表读数达到最小，这时起偏器和检偏器主截面垂直。再略微转动起偏器，使得数显表指示改变，末位增加 5~10，此时进行调零使得数显表示数接近于零，以该点作为零点。

打开磁场电源，调节电压到一定数值，然后转动检偏器使得数显表达达到最低值，此时的角度读数就是偏振光通过磁场后旋转的角度。

保持单色仪手轮位置固定，改变电压来调节磁场的大小，然后重复第 1、2 步，得出一组  $U-\theta$  的数据。

表 1:  $U-\theta$  关系数据记录表

$d=4.342\text{mm}$

$U/V$	$\theta/^\circ$
8	4.3
10	5.27
12	5.98
14	7.32
16	7.83
18	8.85
20	9.57
22	9.93
24	11.02

保持磁场大小不变，调节单色仪手轮，重复第 1、2 步，得出一组  $\lambda - \theta$  的数据。

表 2:  $\lambda - \theta$  关系数据记录表

U=16V

d/mm	$\theta/^\circ$
2.5	12.48
3	12.2
3.5	10.1
4	9.33
4.5	8.12
5	8.17
5.5	5.32
6	3.45

进行 U-B 的定标。取下介质，将特斯拉计探头伸入电磁铁之间，调节电压大小，记录一组数据。

表 3: U-B 定标数据记录表

U/V	B/mT
6	286
7	324
8	370
9	408
10	444
11	490
12	520
13	560
14	592
15	622
16	650
17	680
18	708
19	722
20	750
21	786
22	806
23	824
24	848

进行  $d-\lambda$  的定标。将单色仪之后的装置全部忽略，调节手轮、观察从单色仪出射的单色光的颜色，记录当时的手轮位置，对比光谱得出波长，得到一组数据。

表 4:  $d-\lambda$  定标数据记录表（汞灯）

d/mm	(Hg) $\lambda$ /nm
5.454	690.75
5.24	620.45
4.938	546.07
3.738	491.61
3.082	435.85
2.408	407.7
2.32	404.66

表 5:  $d-\lambda$  定标数据记录表（氢灯）

d/mm	(H) $\lambda$ /nm
5.808	656.3
5.508	486.1
4.142	434
3.09	410.2

由于之前的实验定标不太理想，所以我们之后使用了氢氖光谱仪重新进行定标。

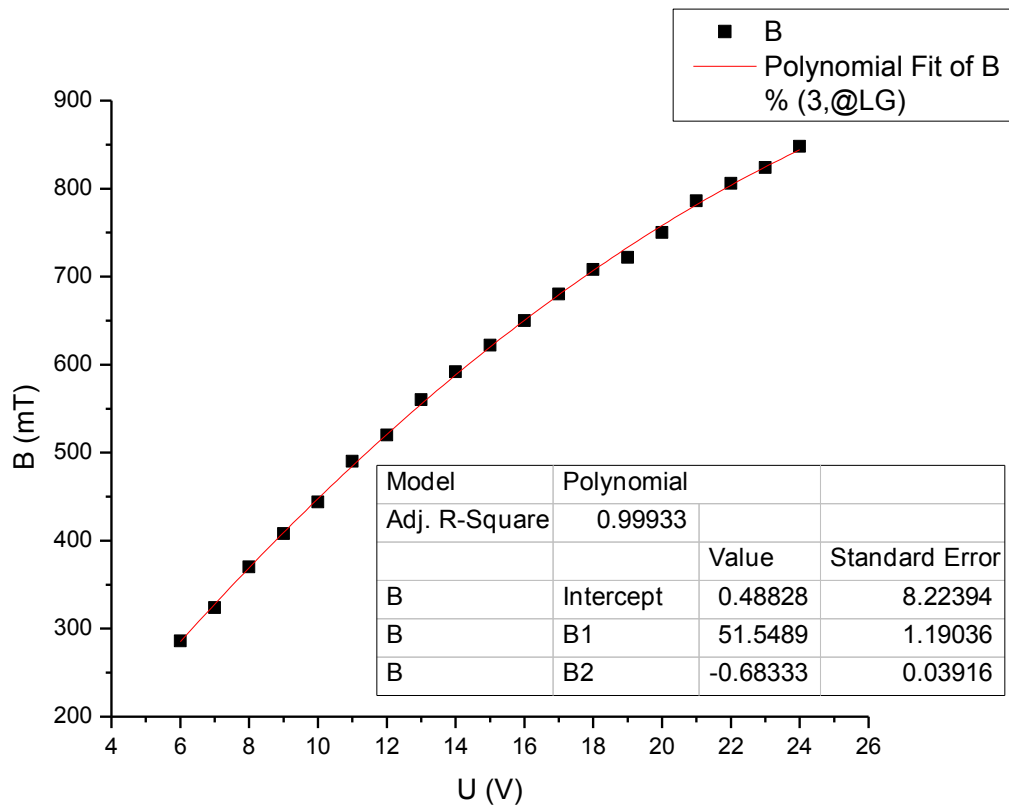
表 6: 氢氖光谱仪定标数据记录表

Na 灯峰值:  $\lambda_1/\lambda_2=591.80/592.40$  nm

d/mm	$\lambda$ /nm
2.002	396.0
2.5	410.0
3	429.7
3.25	439.6
3.5	451.5
3.75	464.0
4	478.5
4.25	494.0
4.5	512.0
4.75	552.0
5	554.5
5.25	582.0

首先进行定标。

以下是 U-B 的定标曲线：



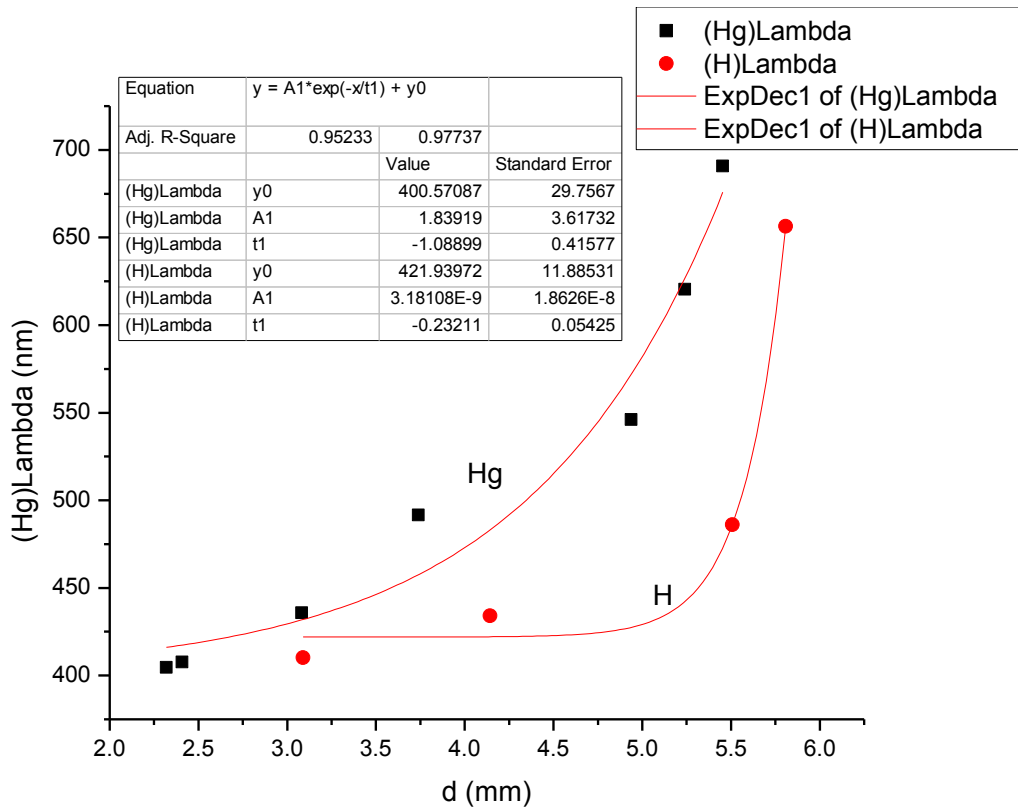
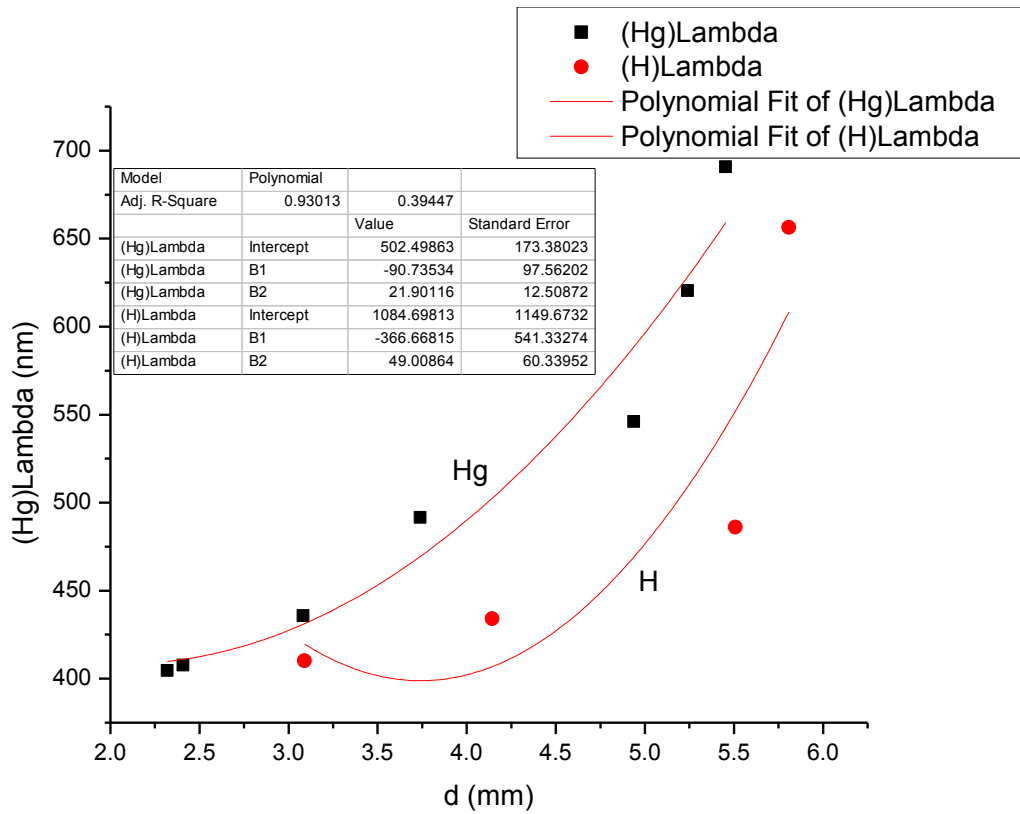
其结果为：

$$B = 0.48828 + 51.5489U - 0.98333U^2$$

此曲线的相关系数较高。影响其误差的因素，主要来源于特斯拉计的读数误差。

以下是 d-λ 的定标曲线。

我分别对 Hg 灯和 H 灯的数据使用了二项式拟合和指数拟合，就结果来看，指数拟合的相关系数要优于二项式拟合，但是仍然太低，用于定标并不是十分合适。所以我们第二次实验时，使用了氦氖光谱仪进行定标。



以下是通过氢氖光谱仪进行定标的曲线。

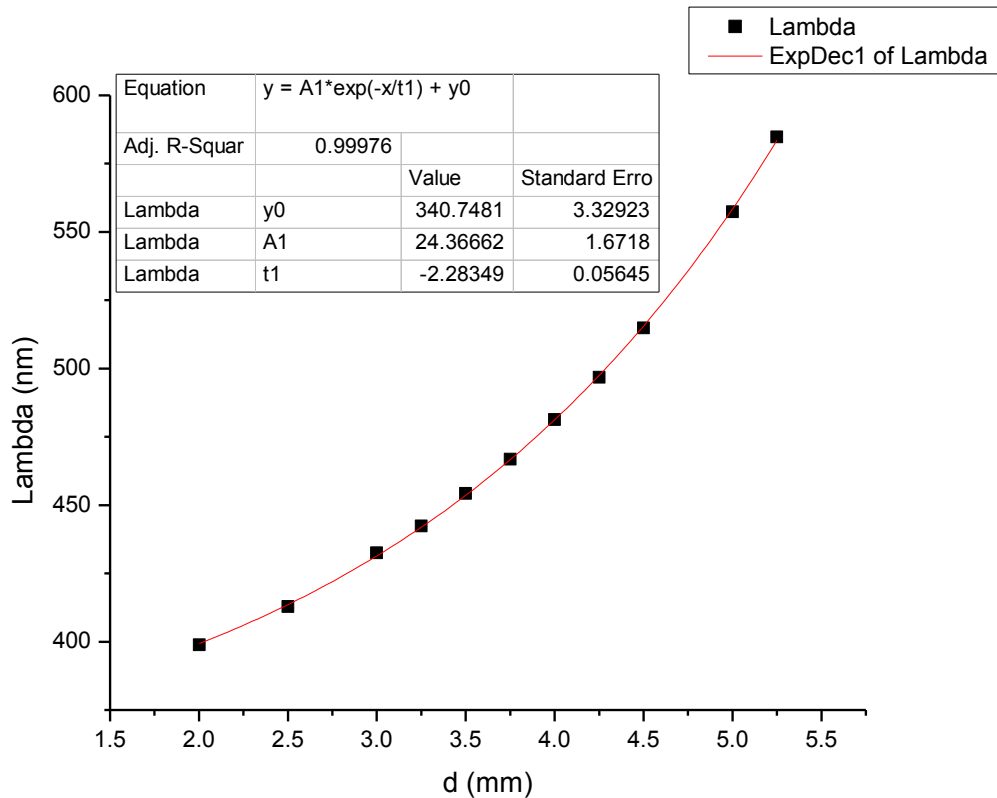
首先，通过氢氖光谱仪测得的 Na 灯峰值为  $\lambda_1/\lambda_2=591.80/592.40$  nm；与实际值 589.0/589.6nm 相比，唯一了 2.8nm。也就是说，所有通过此光谱仪测得的数据，都要进行 2.8nm 的位移。由此得到新的数据表 7：

d/mm	$\lambda$ /nm
2.002	398.8
2.5	412.8
3	432.5
3.25	442.4
3.5	454.3
3.75	466.8
4	481.3
4.25	496.8
4.5	514.8
4.75	554.8
5	557.3
5.25	584.8

其中，点 (4.750, 554.8) 过于偏出，去掉之后拟合。得到以下结果：

$$\lambda = 24.36662e^{d/2.28349} + 340.7481$$

相关系数也是相当高。其误差来源与系统误差。

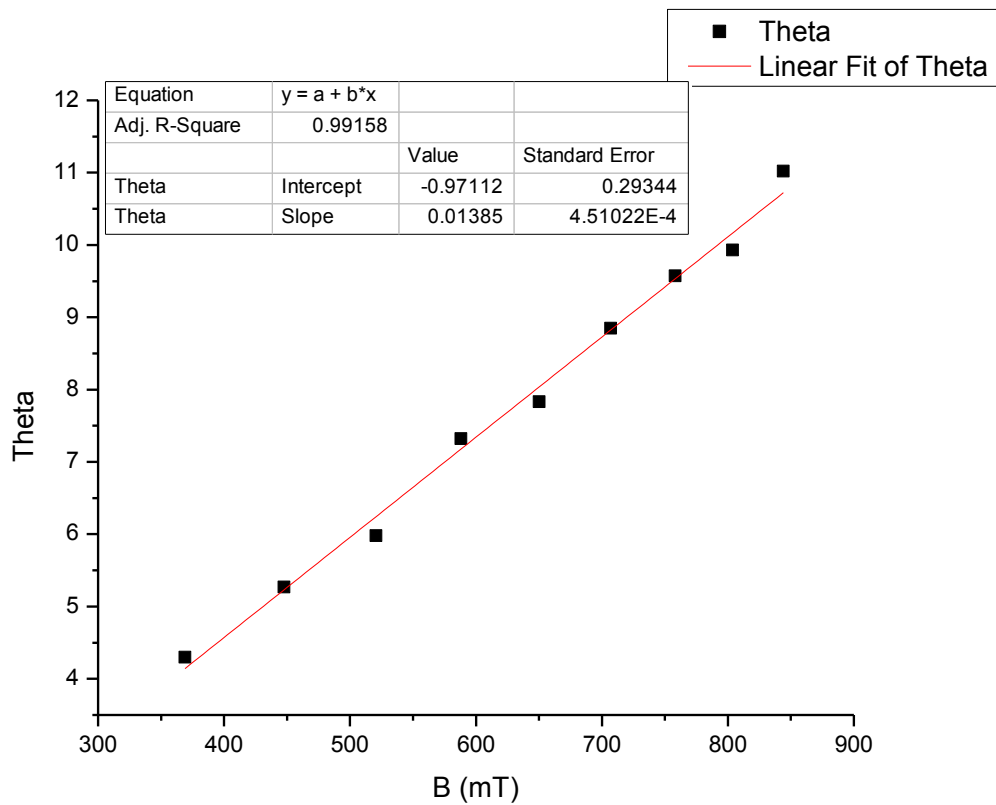


此刻，得到了定标曲线后，我们可以通过  $U-B$  的关系和  $d-\lambda$  的关系得到  $B$ 、 $\lambda$  分别相对于  $\theta$  的关系。

表 8:  $B-\theta$  关系数据表:

B/mT	$\theta/^\circ$
369.1	4.3
447.6	5.27
520.7	5.98
588.2	7.32
650.3	7.83
707	8.85
758.1	9.57
803.8	9.93
844.1	11.02

进行拟合，得到以下结果:



$$\theta = -0.97112 + 0.01385B$$

可以看到  $\theta$  是正比于  $B$  的。将此时  $L=1.070\text{cm}$  带入  $\theta=VBL$ ，可以算出 Verdet 常数:

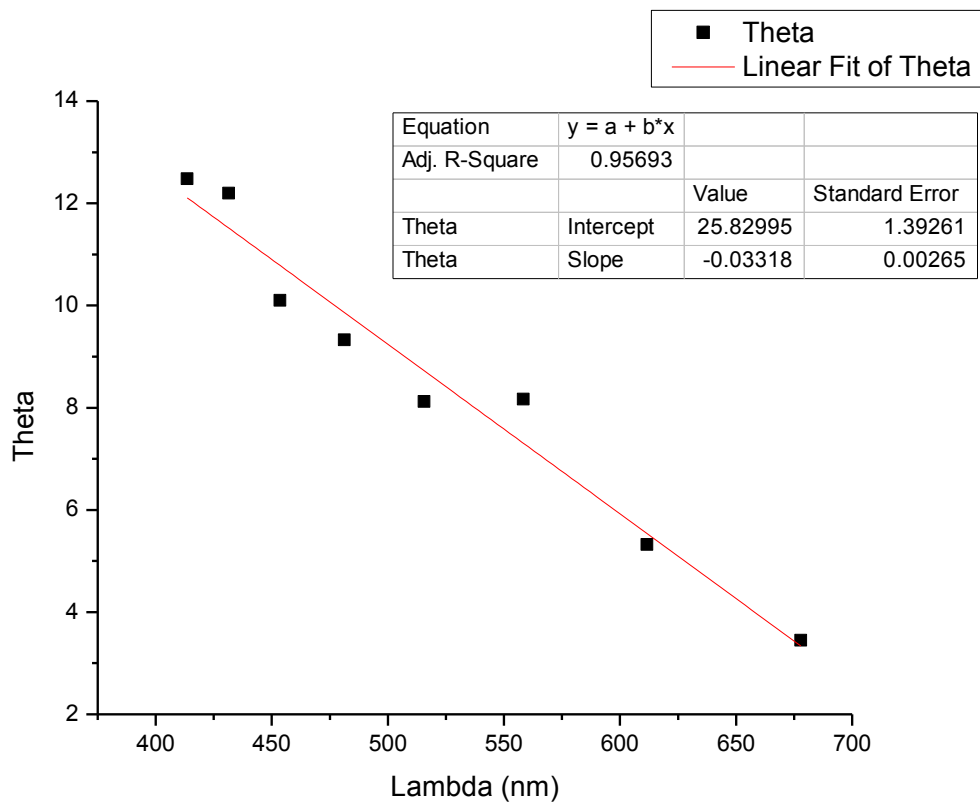
$$V = 1.294 \times 10^3 \text{m}^{-1}\text{T}^{-1}$$



表 9:  $\lambda$  - $\theta$  关系数据表:

$\lambda$ /nm	$\theta/^\circ$
413.57	12.48
431.4	12.2
453.59	10.1
481.21	9.33
515.59	8.12
558.39	8.17
611.66	5.32
677.98	3.45

进行拟合, 得到以下结果:



$$\theta = 25.82995 - 0.03318\lambda$$

相关系数不高, 误差相当大。目前也没有合适的结果。

此时  $U=16V$ , 即  $B=650.3mT$

由图可以看出  $\theta$  应该是正比于  $\lambda$  的。在公式  $\theta=VBL$  中,  $B$  和  $L$  均不受  $\lambda$  影响, 所以  $\lambda$  应该会影响 Verdet 常数。