



北航基础物理实验经验谈

光学部分



2016-5

北航

目录

G01..... 2

G02..... 10

G03..... 20

G04..... 33

一般计算器线性回归方法：

一、初始化

打开电源

按 MODE 键选择 REG 模式-选 Lin

按 SHIFT 再按 MODE 键，选择 SCL 模式

当屏幕上出现 STAT CLEAR 时，按=

二、录入数字

例如 x=3, 6, 12, 24, 72, 96

y= 0.085, 0.143, 0.330, 0.657, 1.543, 1.923

输入时，x 先输入，y 后输入

输入方法如下：

输入 3，再按 “，” 键，再输入 0.085，最后按 M+键

输入 6，再按 “，” 键，再输入 0.143，最后按 M+键

.....

输入 96，再按 “，” 键，再输入 1.923，最后按 M+键

三、得出数据

如此例，此时计算器上显示 “n=6”

按 SHIFT 再按"2"，后翻页面至出现 A,B,r

选择 A，得到截距 0.078106135

选择 B，得到斜率 0.019776353

选择 r，得到回归系数 0.99644104

四、计算

输入 X 的值，按 SHIFT 再按"2"，后翻页面至出现 y，选择 y，按等于得到 y 的值

零、实验预备知识：

实验不测量顶角，顶角是 60 度直接给出的
资料上面可以用到的是：

$$n = \frac{\sin \frac{\alpha_{\min} + \alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

最小偏向角算折射率的公式

科希公式

$$n(\lambda) = A + B/\lambda^2$$

表 6.5-1 汞灯不同谱线对应的数据

颜色	波长 λ (nm)	强度	颜色	波长 λ (nm)	强度
红	623.4	弱	蓝紫	435.8	强
黄	579.1	强	蓝	437.8	强
青	577.0	强	紫	407.8	强
黄绿	546.1	强	紫	404.7	强

汞灯谱线的波长(8 个)

分光仪调节过程(这个自己肯定得会)。

黑板上有检查操作的要求，根据老师可能会有略微差别，大家注意一下。

白的是汞灯，黑的是日光灯，日光灯红色谱线比汞灯强得多

一、分光仪的调节



松开下面左边的螺丝，可以随便调主度盘，望远镜（这个螺丝是链接他俩的）
右边的螺丝，松开时望远镜可转动，紧固时望远镜动不了

望远镜下面的螺丝可以微微转动望远镜从而调整读数，便于精读角度



分光仪的最初调节是很重要的~这个我不说大家也都明白

所以说第一步最好慢慢做，做仔细

我第一步调节好大概用了三十分钟，得了 20 分

1.粗调 非常非常重要！

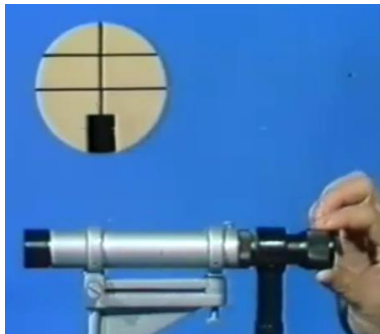
放上平面镜，如果看不到绿十字，可以直接用手倾斜平面镜，观察绿十字是在上面还是在下面.然后再调望远镜下面有个朝下的螺钉，使望远镜大概水平，与水平光管对齐。

调节载物台时注意不要太高！要使平面镜放上去之后镜面高度与望远镜口高度大概一致，否则光打不上去，或者打上去射不回来，就根本不可能看见绿十字了

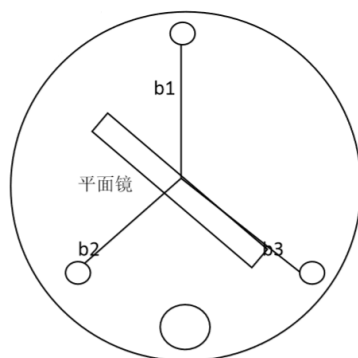
基本上看上去望远镜、载物台、平行光管看上去在一条直线上就差不多了。

2.精调

a. 先把小绿灯（在望远镜里面）打开，然后调节视野里两个黑色十字叉丝（**拧目镜**上离你眼睛最近的那一圈，调到黑十字清晰为止）



b. 把平面镜放在载物台上，注意平面镜的一边和载物台上的一道沟槽平行，比如下面这样(这样只需动 b1 和 b2 就行了).这时候转动载物台，让平面镜对准望远镜，就可以看到绿十字了。



虽说是随便，建议放成平行 Ob1，因为下面调节三棱镜方便许多

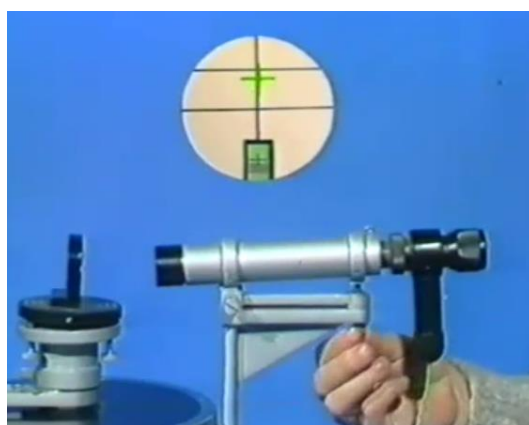
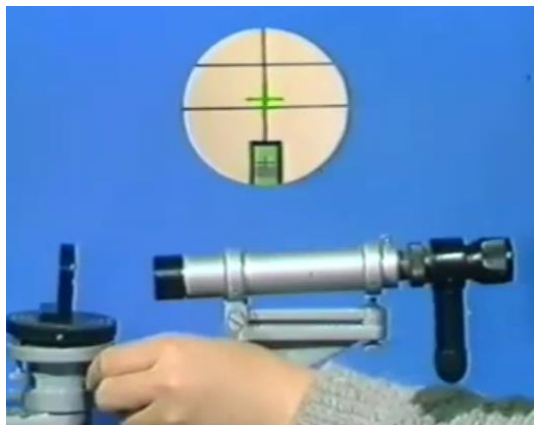
但这个时候应该是模糊的绿十字，于是**伸缩目镜**，可能有点紧，把目镜上朝上那个的螺丝拧松点，可将目镜拔出来或插进去，调清楚为止，再拧紧那个朝上的螺丝，固定目镜。



（此处可能会是你遇到的第一个障碍，也就是：看不见绿十字。应该是粗调没调好，先看看平面镜高度是不是与望远镜一致，再将平面镜转个 180° 看看有没有，没有的话调一下望远镜的俯仰螺钉，就是望远镜下面那个，耐心点，粗暴点儿可以用手拿着平面镜调俯仰）

c. 调节绿十字与上叉丝重合：

就是转动平面镜 180° ，用望远镜俯仰螺钉和载物台螺钉联合调节(即半调法)，使绿十字和位置靠上的黑十字重合（其实只要与水平线重合就行）。



载物台螺钉

望远镜俯仰螺钉

Checkpoint 1 (黑色十字, 绿十字清晰, 载物台转动 180° 绿十字位置不变) 取下平面镜之前做第一次检查

3.调节平行光管

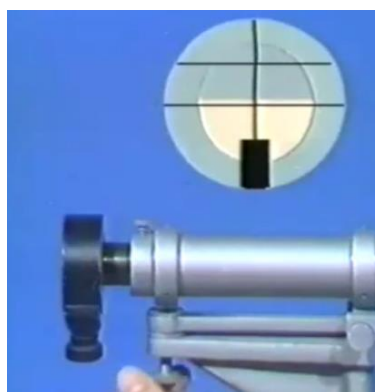


1.调狭缝粗细

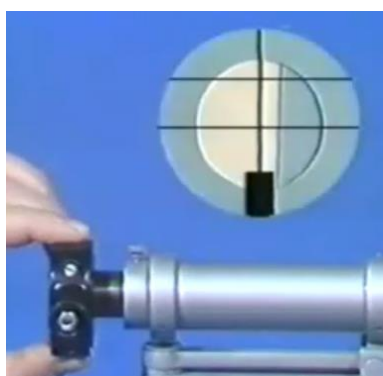
2.调距离从而调清晰度



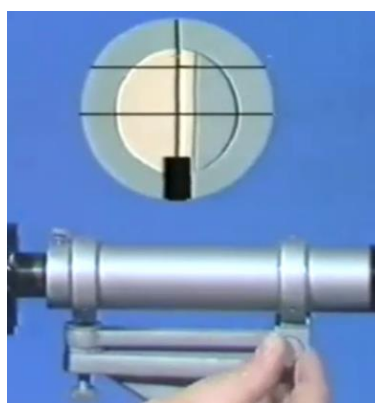
2.将狭缝打开至最大



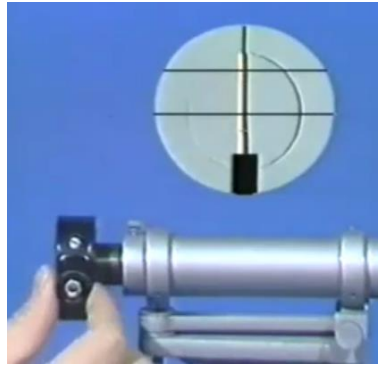
3.调俯仰从而移至中心



4.旋转 90°



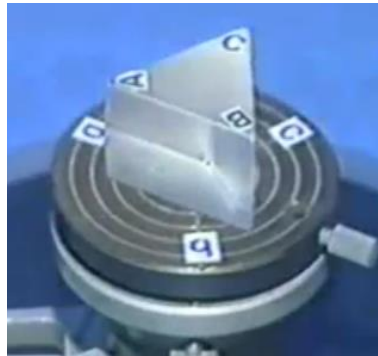
5.同样调至中心



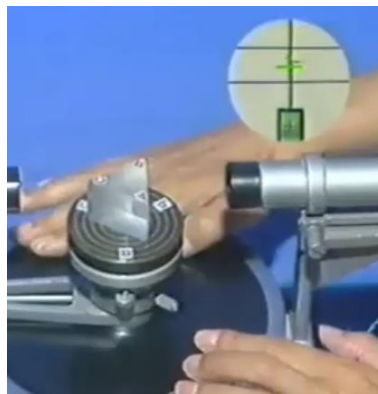
6.然后缩窄狭缝

4、下面开始调节三棱镜的时候

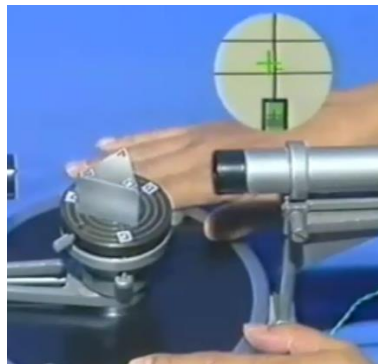
三棱镜的调节跟前面用平面镜的调节是一样的，不一样的是，一定不要动望远镜了！望远镜已经调好与主轴垂直，现在只能动载物台，但都是找绿十字的像



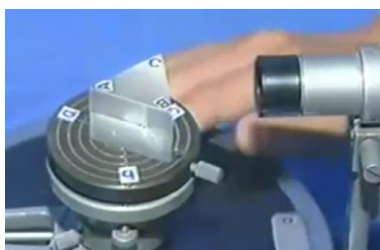
1.BC 为磨砂面，我们假设 a 为正对螺钉的一条线，将 AB 面平行 OA 线，比较方便调



2.将 AB 面正对望远镜，调至上叉丝中心。



3.将 AC 面正对望远镜，同样调至上叉丝中心。



4.调好以后将 BC 面正对望远镜，然后向望远镜平移三棱镜
调好后固定平台，就可以进行测量了。

Checkpoint 2. 放上三棱镜，调两个面的绿十字都在上叉丝中心

检查重点：看暗淡的绿十字是否跟叉丝重合

二、观察谱线

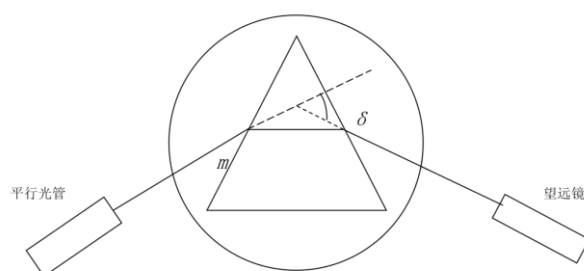
注意汞灯前面别忘了放个凸透镜，得把射到平行光管里的光调得尽量多一点，不然会比较暗。

平行光跟所谓的三棱镜顶角成 150 度，望远镜跟三棱镜顶角也成 150 度。

方法是：先把三棱镜转到这个角度，也就是磨砂面向右（这个看桌子，哪边方便观察朝哪边），然后把三棱镜按箭头方向转 30 度(可以参照着下面刻度转，差不太多就行)。之后再把望远镜往右扫过，就可以比较容易的发现光谱了。



大概就是如下图的光路图



如果角度准确的话，这个时候你应该可以看到光谱了

我看到的是

1.2 两条挨的非常近的黄光(579.1\577.0) (基本上也就是差 1'，如果看不到的话可以把狭缝调细一点就可以了)

3.旁边是明亮的黄绿光(546.1)

4.然后是几乎看不到的绿蓝光(491.6 挑粗才能看见)

- 5.然后是很显眼的**蓝紫光**(435.8)
- 6.然后是不太起眼的**紫光**
- 7.最后是比较前面那个紫光要好一点的另外一条**紫光** (404.7 调粗才能看见的第二条紫光)
8. (**红光**基本不可能看到)

把狭缝条粗(相当粗)，增加光强，找一遍有没有其他光谱。
你如果发现谱线和分划板纵线不平行的话就把狭缝转转就行。

实验室的考试实验介绍给出的就这八种光线，因此最多可以测量 9 组（别忘了测量白色光线的位置，也就是望远镜正对平行光管的时候）

其他光线是污染光，先确认那谱线是你的。

方法就是（老师会给你一块小硬纸板）拿你的硬纸板挡住你的光源。对！就是挡住你的光源，这个时候如果谱线消失了那么恭喜你可以继续进入下一步了。（老师说的档其他光，一张板哪里挡得完，还是挡自己的最快！）

三、最小偏向角测定

只需要测 5 组就够了。

同学们千万别看到光谱就测量了... 千万得确定是最小偏向角才可以测量！

方法是：稍稍向某方向转动载物台，以改变入射角，可看到谱线随平台转动向一个方向移动，转动望远镜跟踪谱线，直到载物台沿着同方向转动时，谱线移到某个位置突然向反方向折回，这一转折位置即该谱线的最小偏向位置。找到这个位置以后在开始**测数据**，不然测的都是错的！

Checkpoint 3. 测汞灯光谱，最后一个紫色的时候要保持，他要检查现象和数据。之后换钠灯那个就不再检查了，自己做就行了。

检查重点：光谱是否清晰，数据记录的组数（有 5 组就算通过，当然是 8 组全有的最好）

检查完后把三棱镜撤掉，望远镜正对平行光管才能测白光的角度。

白光的位置只测了一次，就用每个光减去白光，然后除以 2 就 OK~得每个光的最小偏向角

注意，望远镜下面有个微调螺钉微调望远镜位置，可以准确读出谱线的位置
读出（6x2）个数据以后就结束了（再少就要扣分了）。

$$\delta_{mi} = \frac{1}{2} [(\theta_i - \phi_i) + (\theta'_i - \phi'_i)]$$

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

每个角代入（简化一下其实就是 $n = 2 \sin[(\theta + 60)/2]$ ）可得每个光的折射率

我计算出的最小偏向角数值在 50 到 52 左右，从红到紫递增，n 大概应该是 1.6XXX。

$$n(\lambda) = A + B/\lambda^2 \quad (\text{资料会给这个公式})$$

将各谱线波长 λ 与对应计算出的折射率 $n(\lambda)$

然后用计算器进行一元线性回归，求出 A、B 的值

其中, 设 $y=n$, $x=[1/\lambda^2]$

$1/\lambda^2$ (不用换算成 10^{-12} 量级, 前面的数字从 3 点几到 6 点几递增)

(我们直接以纳米为单位的, 无需进行单位换算, 计算 $[1/\lambda^2]$ 时, 不用管后面的 10^{-6} , 直接输入计算器上显示的数即可)

总结一下就是: 根据测得的数求各光的 D_{\min} (最小偏向角), 求 n , 然后根据资料上的 “ λ ” 做线性回归, 求出 A, B, R , R 接近 1 就验证了柯西公式。

这是我的实验报告:

实验(一) 计算汞光不同谱线并测折射率同时验 Cauchy 公式
原始数据及处理.

光	黄	黄绿	绿	蓝绿	紫	紫	自以射
θ	$86^{\circ}42'$	$83^{\circ}04'$	$84^{\circ}28'$	$83^{\circ}38'$	$82^{\circ}56'$	$82^{\circ}40'$	$136^{\circ}26'$
θ'	$265^{\circ}40'$	$265^{\circ}20'$	$264^{\circ}44'$	$263^{\circ}28'$	$262^{\circ}56'$	$262^{\circ}18'$	$316^{\circ}42'$
α_{\min}	$50^{\circ}23'$	$51^{\circ}22'$	$51^{\circ}58'$	$52^{\circ}01'$	$53^{\circ}53'$	$54^{\circ}05'$	
n	1.642	1.6519	1.6577	1.6679	1.6762	1.6781	
$\frac{1}{\lambda}$	3.007×10^{-7}	3.352×10^{-7}	4.138×10^{-7}	1.263×10^{-6}	6.013×10^{-7}	6.106×10^{-7}	

上表中 $\alpha_i = \frac{1}{2} [(\theta_0 - \theta_i) + (\theta'_0 - \theta'_i)]$ θ_0/θ'_0 为入射光方向
 $n_i = \frac{\sin \frac{\alpha_{\min i} + \alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (\alpha = 60^{\circ})$

为验证 Cauchy 公式 $n(\lambda) = A + B/\lambda^2$
 \therefore 设 $x = \frac{1}{\lambda^2}$ $y = n_i$

由上表数据以及计算机辅助运算可得: $A = 1.611$
 (组用一元线性回归法)
 $B = 10798.70241$ $r = 0.9945918729$
 \therefore 线性度良好. 即证 Cauchy 公式

四、测待测光源的光谱

测量完汞灯还要测量日光灯, 就是把灯换了, 其他都不要换, 然后只转望远镜测最小偏向角就行了。要求最少测 3 个。(这个底光很亮, 同样需要很粗的狭缝才能看到, 代回上个实验计算出来的柯希公式, 计算出三个波长 λ)

日光灯的光谱是作为未知量让你计算波长的

日光灯的光谱比较多彩, 而且蓝紫那一部分几乎是连续光谱 (应该是一片红色一片黄色一片绿色 (挨着的), 然后隔一点儿有一条紫色), 鉴于我当时时间不怎么够了, 所以我随便选了最显眼的三个测量 (老师让测量的是橙红, 黄绿, 蓝紫。实际上是连续光谱, 找最清晰的位置测)

数据处理是：同样根据实验现象求Dmin求n,然后利用上一问的求得的A,B和柯西公式得到公式 $n(\lambda) = A + B/\lambda^2$,反过来求出各光的波长 λ 就好。

验(二) 测量未知光源对应折射率,求光谱.

光	红	绿	浅蓝	蓝	紫	白光
θ	84°40'	84°12'	83°26'	82°14'	81°04'	135°50'
θ'	264°42'	264°10'	263°30'	262°20'	261°08'	315°48'
d_{min}	51°13'	51°38'	52°21'	53°32'	54°43'	—
n	1.6304	1.6545	1.6615	1.6729	1.6841	

∴ 有 Cauchy 公式 (前页得) ∴ 可代入 n_i 求 λ_i ;
 $n(\lambda) = 1.6118 + 10^{18} \cdot 70241 (\frac{1}{\lambda})$

光	红	绿	浅蓝	蓝	紫
$\lambda(nm)$	528.9	502.9	466.1	420.4	386.5

即得未知光源光谱.

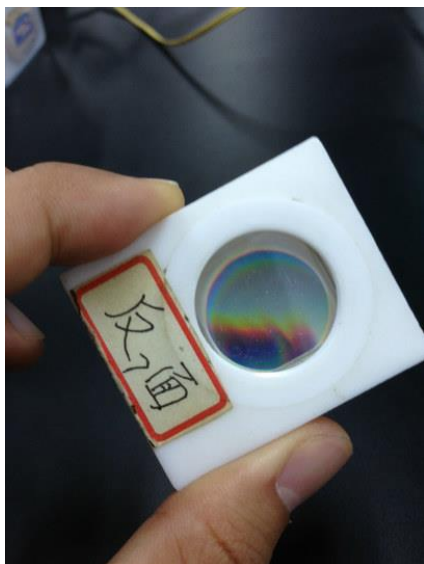
强调一下!

1. 本实验无需进行不确定度计算~~~幸福啊~~
2. 走的时候要和你来的时候收拾成一样的, 所有螺丝都要松开, 望远镜目镜和平行光管都要收进去。

G02

零、预备知识

光栅（会标出正反面）



资料会给出的公式：

求光栅常数的公式： $d(\sin \theta - \sin \alpha) = k\lambda \quad k=0, \pm 1, \dots$

求角色散率的公式： $D_\theta = \lim_{\Delta \lambda \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda} = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{k}{d \cos \theta}$

最小波长公式没有，大家背一下 $d\lambda = \frac{\lambda d}{kD}$

加权平均的公式有

资料上其他内容都不用看了

G01、03、04 都在实三二楼，G02 在实二 4 楼

老师着重强调的有两点，一是不要伪造数据，二是不要把资料偷偷带走，这两条一经发现操作分与报告分直接零分。

1、熟悉实验仪器的用法

这个实验的实验原理那些可以不用看，重要的是看实验步骤，也就是怎么摆弄仪器，怎么出现像，出什么现象，尽量做到合上书，假装仪器就在眼前抠鼻孔，默想出每一步调节。如果有步骤记不清或者不理解，看实验原理帮助理解。

2、实验数据

物理实验说白了就是调仪器+处理数据，关于数据，预习的时候可以列一个表

第一项：出现什么现象的时候记录数据；

第二项：记录神马数据；

第三项：如何处理数据

其实要记住的也就是合成不确定度的公式（PS：学会用计算器算一元线性回归）

3、各种注意事项

当然上面两条都是理论，真正上了战场什么事都会发生，所以还是多看前辈们的攻略吧，里面应该会涵盖你将要遇到的各种突发情况和资料上没有告诉你的东西

考试之前完全不用紧张，稍微回忆一下 G02 的步骤：
调分光仪、放光栅、找条纹、记数据、处理数据。

调分光仪和 G01 一模一样，大家再看一遍

一、调分光仪



松开下面左边的螺丝，可以随便调主度盘，望远镜（这个螺丝是链接他俩的）
右边的螺丝，松开时望远镜可转动，紧固时望远镜动不了

望远镜下面的螺丝可以微微转动望远镜从而调整读数，便于精读角度



分光仪的最初调节是很重要的~这个我不说大家也都明白
所以说第一步最好慢慢做，做仔细
我第一步调节好大概用了三十分钟，得了 20 分

1.粗调 非常非常重要！

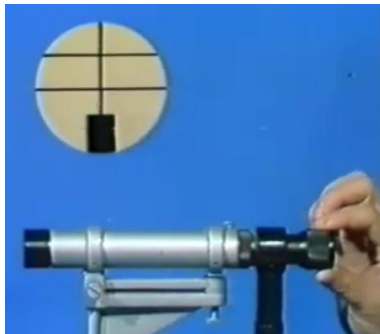
放上平面镜，如果看不到绿十字，可以直接用手倾斜平面镜，观察绿十字是在上面还是在下面.然后再调望远镜下面有个朝下的螺钉，使望远镜大概水平，与水平光管对齐。

调节载物台时注意不要太高！要使平面镜放上去之后镜面高度与望远镜口高度大概一致，否则光打不上去，或者打上去射不回来，就根本不可能看见绿十字了

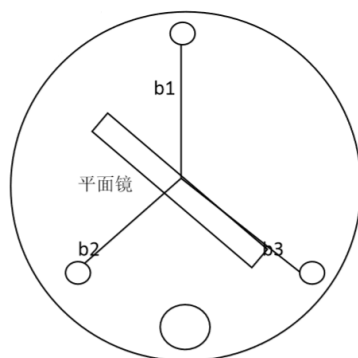
基本上看上去望远镜、载物台、平行光管看上去在一条直线上就差不多了。

2.精调

a. 先把小绿灯（在望远镜里面）打开，然后调节视野里两个黑色十字叉丝（**拧目镜**上离你眼睛最近的那一圈，调到黑十字清晰为止）



b. 把平面镜放在载物台上，注意平面镜的一边和载物台上的一道沟槽平行，比如下面这样(这样只需动 b1 和 b2 就行了).这时候转动载物台，让平面镜对准望远镜，就可以看到绿十字了。



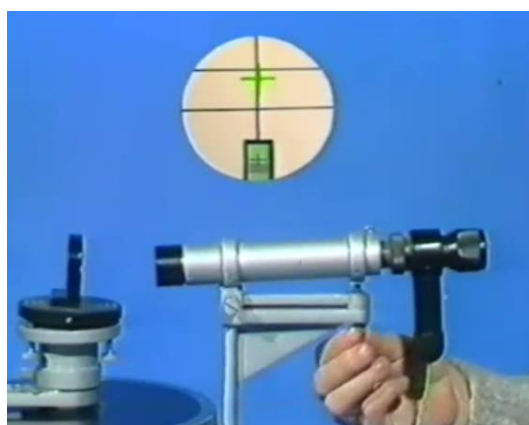
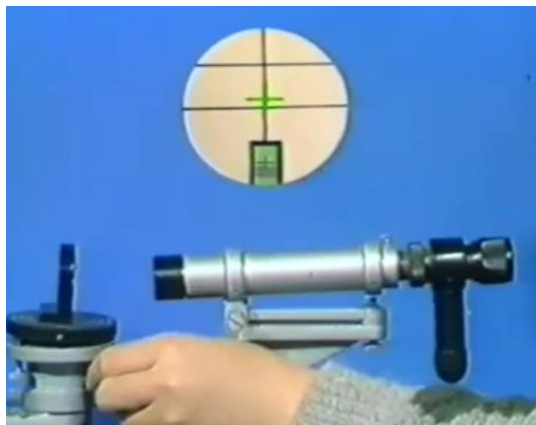
但这个时候应该是模糊的绿十字，于是**伸缩目镜**，可能有点紧，把目镜上朝上那个的螺丝拧松点，可将目镜拔出来或插进去，调清楚为止，再拧紧那个朝上的螺丝，固定目镜。



（此处可能会是你遇到的第一个障碍，也就是：看不见绿十字。应该是粗调没调好，先看看平面镜高度是不是与望远镜一致，再将平面镜转个 180° 看看有没有，没有的话调一下望远镜的俯仰螺钉，就是望远镜下面那个，耐心点，粗暴点儿可以用手拿着平面镜调俯仰）

c. 调节绿十字与上叉丝重合：

就是转动平面镜 180° ，用望远镜俯仰螺钉和载物台螺钉联合调节(即半调法)，使绿十字和位置靠上的黑十字重合（其实只要与水平线重合就行）。



载物台螺钉

望远镜俯仰螺钉

Checkpoint 1 (黑色十字, 绿十字清晰, 载物台转动 180° 绿十字位置不变) 去掉平面镜之前做第一次检查

3.调节平行光管

然后就能去掉平面镜, 调节水平光管

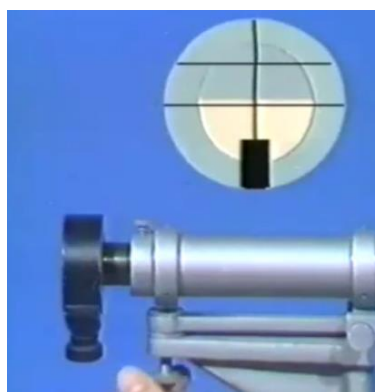


1.调狭缝粗细

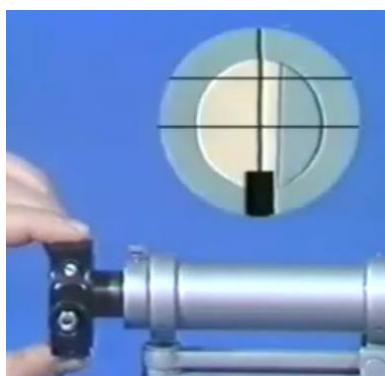
2.调距离从而调清晰度



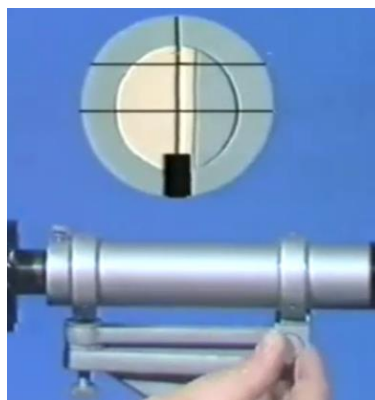
2.将狭缝打开至最大



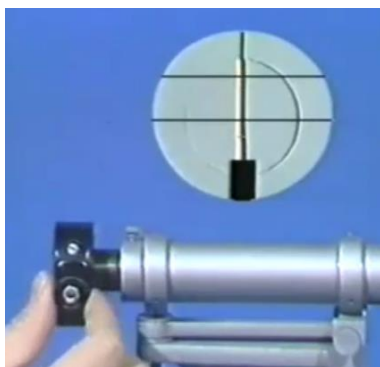
3.调俯仰从而移至中心



4.旋转 90°



5.同样调至中心



6.然后缩窄狭缝

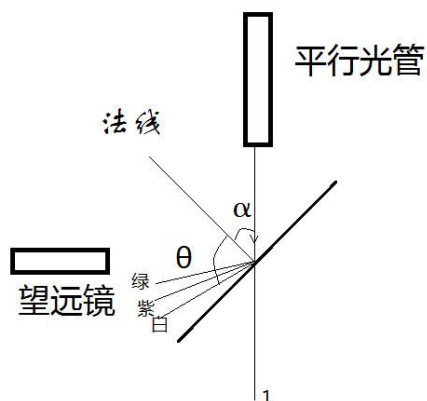
4、下面开始调节光栅的时候

光栅的调节跟前面用平面镜的调节是一样的，不一样的是，一定不要动望远镜了！望远镜已经调好与主轴垂直，现在只能动载物台，但只需要让正面能返回绿十字的像就行了，不用转 180° 让反面也返回

Checkpoint 2（狭缝光清晰、竖直，被中央的黑十字各种平分(这个在 check3 时一并检查)，主要是看加上光栅后绿十字是否在上叉丝中心）此后俯仰螺钉不要动了！

二、找光谱：

光栅标有你座位号的那面是正面，朝着水平光管（如图）



理解了这个图，这个实验就差不多了，望远镜转着看吧，1级光非常清晰，几乎和直接看没有区别。

注意光栅的的摆放， α 可以稍微大一点(约 70°)，否则看法线或者三级谱线的时候望远镜都快挨着平行光管了，很不好观察。

然后就只需要动望远镜了。切记，其它都不需要动了。

当看到绿十字的时候就是法线的位置了。

测数据:注意一定要固定刻度盘与望远镜的连接，我先拧紧了那个旋钮，但后来它竟然松了，这意味着我转望远镜而刻度盘没动，这就导致我前面的数据白测了，所以一定要固定好。

1.测法线。

望远镜对准光栅，像调光栅一样，让十字对准上叉丝就行。记下读数 θ_1, θ_2 。

2.测 0 级白光。

这里攻略那个图极度失误，误导不少人。将望远镜调至与平行光管关于光栅法线对称的位置，在其左右找找，很容易看到 0 级白光，特别明显，记下 θ_1, θ_2 。

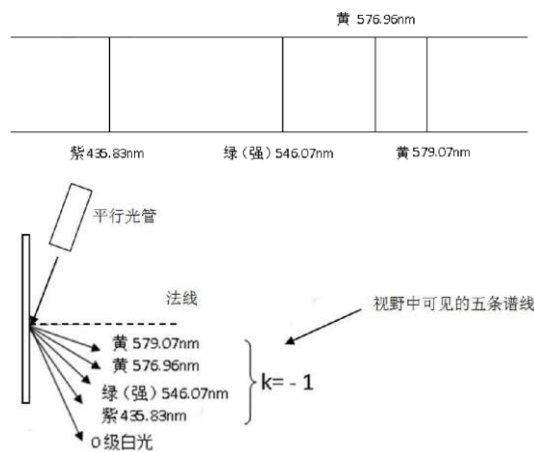
3.测光谱。

在这里只需要关注亮亮的光谱线，模糊发光斑统统忽略。而且，只需要测一组就行。

慢慢调望远镜从 0 级白光往法线靠近。

会依次看到紫光 绿光 双黄线(称为黄 1 黄 2)。要测的，就是这四条一级谱线。

再往法线靠近，还会看到紫光，绿光，双黄，这是四条二级谱线，再靠近，就是三级谱线了，我三级谱线只观察到紫光，三级紫光和法线之间角度就只有一度了……大家开始得把角调大一些，这样才能看到绿光，一般是在法线另一侧



这个位置关系图大家可以了解一下

在这里附上大致数据。

我的 α 是 55 度，一级紫光距法线 30 度，一级绿光 28 度，一级黄 1 是 27.1 度 一级黄 2 是 27 度。

建议大家这个时候，按老师要求把选作实验的三级绿光或 2 级绿光也测出来（顺便就做了）

所以一共有

- 1.法线(看到绿十字)
- 2.白光(0 级光线，就是入射关于发现对称的那条光)
- 3.紫光
- 4.绿光
- 5.黄 1
- 6.黄 2

每种光 2 个数，也就是 $2 \times 6 = 12$ 个数。

注意点：

读数时注意，游标尺上的最小分度是 1 分，读数组成为 $XX(.5)^\circ$ xx XX 为主尺读数，xx 为游标尺读数。

黄 1 黄 2 非常近，将狭缝调窄即可分开

因为光栅对于 0 级白光是平面反射。所以，零级白光到法线的角度就等于 α 。

Checkpoint 3. (数据记录完毕，保持最后位置不要动，老师会看你的最后的黄光位置，之前并不检查平行光管和狭缝，在这里一并检查) 之后则不再检查现象

三、算角色散率和最小波长

就是用 1 级绿光来算角色散率和最小波长（注意，是绿光！）。

这个把公式背了，进去直接写。一个式子搞定。

当 $\lambda=546.07\text{nm}$ 时, $k=\pm 1$ 时 (绿光) 将 θ_2 代入, d 代入, 得到

$$D_{\theta} = \frac{1}{d \cos \theta} \quad d\lambda = \frac{\lambda_{\text{绿}} d}{D} \quad (D=2.20\text{cm})$$

(这个不用算不确定度)

数据处理, 不用写实验步骤什么了

1. 算出 α (白光的读数减去法线读数) 和几个 θ_i (相应光的读数减去法线的读数)

$$\alpha = \frac{1}{2} [(\theta_0 - \theta) + (\theta_0' - \theta')] \quad \theta_i = \frac{1}{2} [(\theta_i - \theta) + (\theta_i' - \theta')]$$

2. 分别求出几个 d_i (光栅常量) 和几个不确定度 $\mu(d_i)$

$$d_i = \left| \frac{k\lambda_i}{\sin \theta_i - \sin \alpha} \right| = \left| \frac{\lambda_i}{\sin \theta_i - \sin \alpha} \right|$$

不确定度公式老师不会给, 得背, 要是没时间了, 求出一个不确定度, 其他的随便编一编就好!

$$\mu(\theta) = \mu(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{60} \times \frac{\pi}{180^\circ}$$

$$\begin{aligned} \mu(d_i) &= \sqrt{\left(\frac{\partial d_i}{\partial \theta}\right)^2 \mu^2(\theta) + \left(\frac{\partial d_i}{\partial \alpha}\right)^2 \mu^2(\alpha)} \\ &= \sqrt{\left(\frac{\lambda_i \cos \theta}{(\sin \theta_i - \sin \alpha)^2}\right)^2 \mu^2(\theta) + \left(\frac{\lambda_i \cos \alpha}{(\sin \theta_i - \sin \alpha)^2}\right)^2 \mu^2(\alpha)} \end{aligned}$$

上面的公式可以把公共项从根号里提出来

$$U(d_i) = d_i \cdot u(\theta) \cdot \sqrt{\cos^2 \theta + \cos^2 \alpha}$$

3. 用加权平均把四个处理一下, 算出最终的 d (光栅常量) 和不确定度 $\mu(d)$

(公式老师发的资料上有, 完全不用担心)

$$\bar{x} = \frac{\sum \frac{x_i}{u^2(x_i)}}{\sum \frac{1}{u^2(x_i)}}$$

$$u^2(\bar{x}) = \frac{1}{\sum \frac{1}{u^2(x_i)}}$$

x 改为 d 代入

4. 算出 D_{θ} (角色散率) 和 $d\lambda$ (最小波长) (公式也有, k 取 1, D 取 2.2cm, 无压力)

$$\text{角色散率 } D_{\theta} = \frac{k}{d \cos \theta} \quad \text{最小波长 } d\lambda = \frac{\lambda d}{kD}$$

光栅常数 $d=0.8\mu\text{m}$ 或 $1.6\mu\text{m}$, 根据实验仪器不同而异, 考试时为根据实验仪器编号奇偶不同而异

写报告的时候要写单位, 基本都是 m , 或者 rad , 这个老师说有分的。

$$\theta_3 = 263^\circ$$

$$\theta_5' = 85^\circ$$

实验名称: 测定闪耀光栅的空间频率

一. 任务与要求

1. 以低压汞灯常用的四条光谱线为标准, 利用分光仪测定光栅的光栅常数并估算不确定度。
2. 取 $k=\pm 1$, $\lambda=546.07\text{nm}$ 时, 测定该光栅的色散率 D 和光栅能分辨的最短波长 λ 。

二. 仪器设备

分光仪, 平面反射镜, 平面反射光栅, 汞灯光源

三. 简要原理

光栅方程 $d(\sin\theta_0 - \sin\alpha) = k\lambda$, $k=0, \pm 1, \dots$

当一束平行单色光以 α 角入射到光栅上时, 衍射主极大位置 (衍射角 θ) 由光栅方程决定。

四. 数据处理

光栅常数

类别	谱线 λ_0	白 λ_1	紫 λ_2	绿 λ_3	黄 1 λ_4	黄 2 λ_5
θ_0	$25^\circ 28'$	$30^\circ 00'$	$271^\circ 41'$	$263^\circ 15'$	$261^\circ 44'$	$261^\circ 37'$
θ_0'	$75^\circ 26'$	$129^\circ 01'$	$91^\circ 39'$	$83^\circ 53'$	$81^\circ 42'$	$81^\circ 38'$

$$\alpha = \frac{1}{2}[(\theta_0 - \theta_2) + (\theta_0' - \theta_2')] = 53^\circ 33' 30''$$

$$\theta_1 = \frac{1}{2}[(\theta_2 - \theta_0) + (\theta_2' - \theta_0')] = 16^\circ 13' 30'' \text{ (紫)}$$

$$\theta_2 = \frac{1}{2}[(\theta_3 - \theta_0) + (\theta_3' - \theta_0')] = 8^\circ 27' \text{ (绿)}$$

$$\theta_3 = \frac{1}{2}[(\theta_4 - \theta_0) + (\theta_4' - \theta_0')] = 6^\circ 16' \text{ (黄1)}$$

$$\theta_4 = \frac{1}{2}[(\theta_5 - \theta_0) + (\theta_5' - \theta_0')] = 6^\circ 10' \text{ (黄2)}$$

$$d_1 = \left| \frac{\lambda_1}{\sin\theta_1 - \sin\alpha} \right| = \left| \frac{435.83}{0.279 - 0.8024} \right| = 830.15\text{nm}$$

$$d_2 = \left| \frac{\lambda_2}{\sin\theta_2 - \sin\alpha} \right| = \left| \frac{546.07}{0.147 - 0.8024} \right| = 831.16\text{nm}$$

$$d_3 = \left| \frac{\lambda_3}{\sin\theta_3 - \sin\alpha} \right| = \left| \frac{576.96}{0.109 - 0.8024} \right| = 830.16\text{nm}$$

$$d_4 = \left| \frac{\lambda_4}{\sin\theta_4 - \sin\alpha} \right| = \left| \frac{579.07}{0.107 - 0.8024} \right| = 830.80\text{nm}$$

不确定度:

$$u(\theta) = u(\alpha) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{60} \times \frac{\pi}{180} = 2.375 \times 10^{-4}$$

$$u(d_1) = \sqrt{\left(\frac{\partial d_1}{\partial \theta}\right)^2 u^2(\theta) + \left(\frac{\partial d_1}{\partial \alpha}\right)^2 u^2(\alpha)} = \sqrt{\left(\frac{\lambda \cos \theta}{(\sin \theta - \sin \alpha)^2}\right)^2 u^2(\theta) + \left(\frac{\lambda \cos \alpha}{(\sin \theta - \sin \alpha)^2}\right)^2 u^2(\alpha)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{435.83 \times 0.96}{(0.279 - 0.504)^2}\right)^2 + \left(\frac{435.83 \times 0.594}{(0.279 - 0.504)^2}\right)^2} \cdot 2.375 \times 10^{-4} = \sqrt{435.83^2 \times (0.96^2 + 0.594^2)} \cdot \frac{2.375 \times 10^{-4}}{0.279 - 0.504}$$

$$= 0.424 \text{ nm}$$

$$u(d_2) = \sqrt{0.989^2 + 0.574^2} \cdot \frac{546.07 \times 2.375 \times 10^{-4}}{(0.147 - 0.504)^2} = 0.346 \text{ nm}$$

$$u(d_3) = \sqrt{0.994^2 + 0.594^2} \cdot \frac{576.76 \times 2.375 \times 10^{-4}}{(0.109 - 0.504)^2} = 0.330329 \text{ nm}$$

$$u(d_4) = \sqrt{0.994^2 + 0.594^2} \cdot \frac{579.07 \times 2.375 \times 10^{-4}}{(0.107 - 0.504)^2} = 0.328 \text{ nm}$$

$$\bar{d} = \sum \frac{d_i}{u(d_i)} / \sum \frac{1}{u^2(d_i)} = \frac{\frac{830.15}{0.424^2} + \frac{831.16}{0.346^2} + \frac{830.16}{0.329^2} + \frac{830.50}{0.328^2}}{\frac{1}{0.424^2} + \frac{1}{0.346^2} + \frac{1}{0.329^2} + \frac{1}{0.328^2}} = 830.599 \text{ nm}$$

$$u^2(\bar{d}) = 1 / \sum \frac{1}{u^2(d_i)} = \frac{1}{\frac{1}{0.424^2} + \frac{1}{0.346^2} + \frac{1}{0.329^2} + \frac{1}{0.328^2}} = 0.0308 (\text{nm})^2$$

$$u(\bar{d}) = 0.1755 \text{ nm}$$

综上, 光栅常数 $\bar{d} \pm u(\bar{d}) = 830.6 \pm 0.2 \text{ nm}$.

2. 光栅色散率及最小波长

当 $\lambda = 546.07 \text{ nm}$ 时 $k = \pm 1$ (绿光), 将 d 代入, 可得

$$D_\theta = \frac{1}{d \sin \theta} = \frac{1}{830.6 \times 0.989} = 1.217 \times 10^{-3}$$

第 页 共 页

$$d\lambda = \frac{\lambda d}{D} = \frac{546.07 \times 830.6}{2.2 \times 10^7} = 0.021 \text{ nm}$$

然后就报告搞定啦, 就可以做**选作**了! 选择特别简单, 刚才都已经做了。就是找出第三级绿光谱算角色散率和最小波长, 和第二个实验一模一样, 同样代入公式算一遍即可 (我奇数号的, 偶数号的只需找第二级绿谱线, 简单多了)。

$D_\theta = \frac{k}{d \sin \theta}$, $d\lambda = \frac{\lambda d}{k D}$, 不用计算不确定度。
K=2 或者 3 代入即可
然后收拾桌子走人

3. 选做.

1) 第2组测 $k=12$ 时衍谱线 $\lambda=546.07\text{nm}$.得+号: $\theta_0=256^\circ 37'$, $\theta'_0=76^\circ 35'$ $k=2$ 时衍谱线 $\theta_1=231^\circ 22'$; $\theta'_1=51^\circ 20'$ 白光: $\theta_2=318^\circ 43'$, $\theta'_2=138^\circ 42'$

$$\alpha = \frac{1}{2} [(\theta_2 - \theta_0) + (\theta'_2 - \theta'_0)] = 62^\circ 6' 30''$$

$$\theta = \frac{1}{2} [(\theta_1 - \theta_0) + (\theta'_1 - \theta'_0)] = -25^\circ 15'$$

$$d = \left| \frac{k\lambda}{\sin\theta - \sin\alpha} \right| = \left| \frac{2 \times 546.07}{-0.427 - 0.884} \right| = 833.44\text{nm}.$$

2) 理论计算入射角.

$$\text{由 } d(\sin\theta - \sin\alpha) = k\lambda.$$

$$\text{代入 } d=830\text{nm}, k=2, \lambda=546.07\text{nm}.$$

$$|\sin\theta - \sin\alpha| = 1.3158 \quad (*)$$

$$\text{由角色散率 } D_\theta = \frac{k}{d \cos\theta}.$$

$$\cos\theta = \frac{D_\theta \cdot d}{2} = \frac{1.217 \times 10^{-3} \times 830.6}{2} = 0.5054$$

$$\therefore \sin\theta = \sqrt{1 - 0.5054^2} = \pm 0.86287$$

$$\text{由 } (*) \text{ 式, 可得 } \sin\alpha = -0.453.$$

$$\alpha = -26.93^\circ.$$

$$\text{取其余角, 故 } \alpha = 63.068^\circ.$$

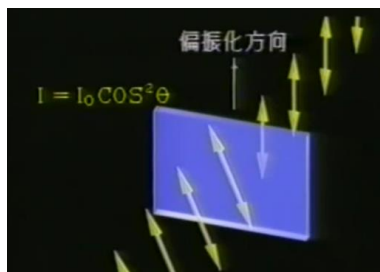
$$\therefore \text{理论入射角为 } 63.068^\circ.$$

G03

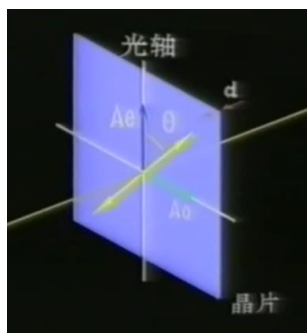
实验发的讲义基本没有用，原理没用，主要是要方法

注意简单的实验原理解释是要写在报告纸上的，这是实验还需要量角器（因为要用极坐标作图），像是草稿纸和报告纸实验室都是提供的，理论上不能带进去。

基本原理知识先熟悉一下：



经过波片两个方向的速度不同，所以有位相差



$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d$$

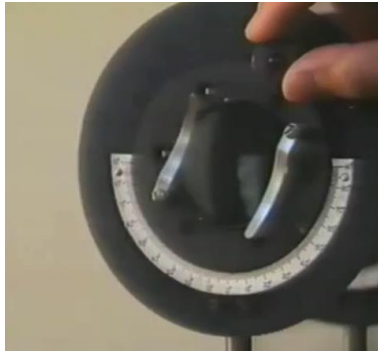
接光强电流计的方法



基础物件有



偏正片上圆盘的读数只有一半有读数，-90 到+90

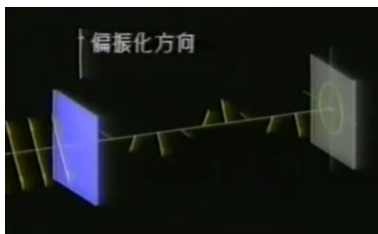


光强可根据灵敏检流计读数来判定

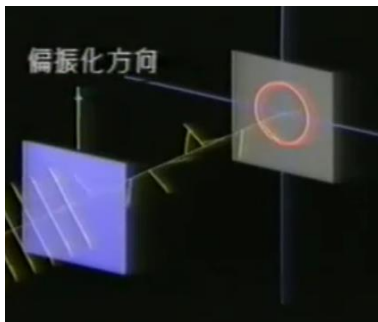


(一般都不能到 0，因为非理想性，而且有杂光)

椭圆偏振光是由 $1/4$ 波片产生的一种现象，光矢量投影是椭圆形



圆偏振光是投影为圆形，当 $1/4$ 波片为 45° 时有这种现象

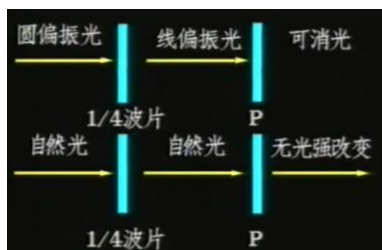


若消光——线偏振光

若无消光，明暗变化——部分偏振光、椭圆偏振光

不发生变化——自然光、圆偏振光

进一步是用 $1/4$ 波片将光变为圆、自然或者椭圆和部分，然后用偏振片识别



圆、自然：

椭圆、部分：需要 $1/4$ 波片光轴平行椭圆长轴或短轴。

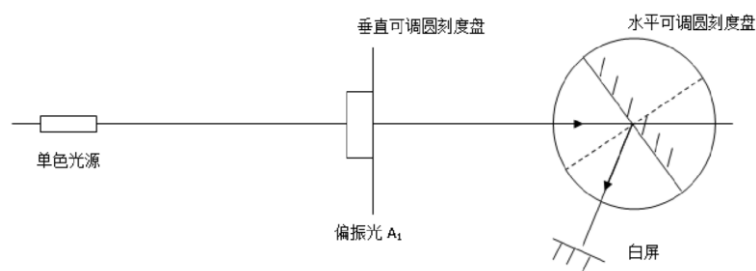


懂了上面的基础知识就可以开始我们的实验了

第一个实验是 1.测量布儒斯特角 2.计算平板玻璃折射率 and 不确定度 3.在实验报告中简述调节步骤和起偏器的偏振化方向



利用一个偏振片（实验时共有四块片，两个大片为偏振片，小的为 $1/2$ 波片和 $1/4$ 波片）、激光光源、平板玻璃（固连在一个有刻度的圆盘上可旋转并读数）、白屏（可自己用白纸），要求利用布儒斯特定律测定平板玻璃的折射率
光路图如下：



第一步，当然刚开始先调节等高共轴

方法：调节激光器俯仰，使光通过偏振片反射的光返回激光器发射处，以此类推，每个光具反射的光都在前一光具

的中心，最后调节接收器高度，使光进入接收器。（因为其实这个片面积很大，估计不用调等高共轴光路也能通过，所以不会调就懒得调了，直接下一步吧）

第二步：

1. 旋转起偏器使平板玻璃反射光最亮（为的是清晰观察到反射光），然后转动平板玻璃使反射光回到光源出发点，记下玻璃底盘刻度 a_1 。（顺便说一句，其实起偏器和检偏器其实都是一样的，都是偏振片）
2. 转动起偏器使出射光最暗，然后旋转平板玻璃（大约 56.3° ），理想状态是白屏上光点消失，稍微仔细点儿就出来了，记下此时的底盘刻度 a_2 ，两者之差就是 i
3. 测完一组后，旋转圆盘二三十度（不用动起偏器，只需要动圆盘，相当于多次读数），再测一次，有的要求测四次。测后找老师观察；

数据处理：

上面那两读数只差就可算出布儒斯特角 i ，多组数求平均，用 $\tan i = n$ 能算出折射率

不确定度计算

$$\frac{\partial n}{\partial i} = \frac{\sin^2 i + \cos^2 i}{\cos^2 i} = \frac{1}{\cos^2 i}$$

$$\therefore \mu(n) = \sqrt{\frac{\mu^2(i)}{\cos^4 i}} = \frac{\mu(i)}{\cos^2 i}$$

$$\mu_b(i) = \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{\pi}{180^\circ}$$

$$\mu_a(i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (i_1 - \bar{1})^2}{5 \times 4}}$$

$$\mu(i) = \sqrt{\mu_b^2(i) + \mu_a^2(i)}$$

原理解释：根据布儒斯特定律，当入射角为布儒斯特角时，若入射光为自然光，则反射光为振动方向垂直于入射面的线偏振光。因此，若入射光线为振动方向平行于入射面的线偏振光时，反射光会完全消失。

下图是我的结果

一、测定平板玻璃的折射率

原始数据记录:

i	1	2	3	4	平均
$\theta_{11}/^\circ$	-21.0°	7.0°	34.2°	57.8°	
$\theta_{21}/^\circ$	-77.4°	14.5°	-27.0°	1.6°	
$i_2/^\circ$	56.4°	56.5°	56.2°	56.2°	56.325°

数据处理:

$$n = \tan \bar{i}_2 = \tan(56.325^\circ) \approx 1.50855$$


圆盘只有一半有刻度，所以测多次数据时，最好不要每次调太大角度

Checkpoint 1 处理完数据，写下上述判断方法后给老师看一下，期间老师可能会让你示范下，你就照做一遍，然后老师会让你做下一步

第二个实验是判断 1/2, 1/4 偏振片(白色为 1/2, 橙色为 1/4), 并判断 1/4 光轴方向;



一、识别波片种类

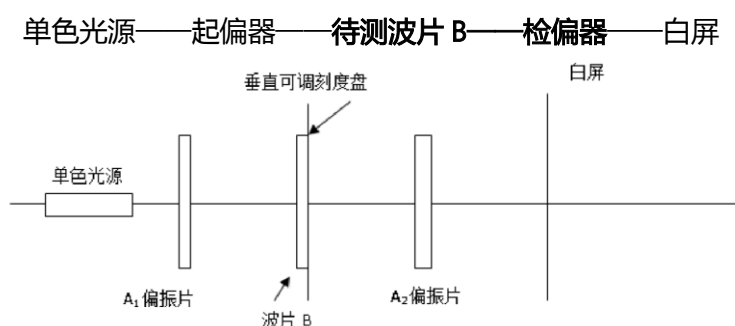
上个实验做完以后，就把**平板玻璃**放到一边，**然后起偏器就不要动了!千万不要动了!**

(千万不要动起偏器，因为你在做第一个试验的时候调节偏振片已经让偏振光经过起偏器后成为了水平偏振的偏振光，做第二个实验的时候不要手欠去动第一个偏振片了)

仪器布置:

你现在可以先拿起白色半波片的放在起偏器后面作为待测波片(哈哈，我们都知道啦)，再在后面放上检偏器(和起偏器一样的)

光路就变成了这样:



操作:

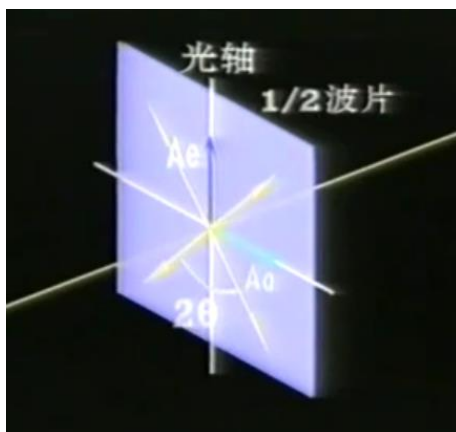
旋转**检偏器**一周发现消光两次，转动**波片**任意角度(比如 30 度吧)，转动**检偏器**两倍(就是 60 度)，会发现消光，且继续转动一周回发现还是消光两次，这时你就可以骄傲地说这是半波片了!

(因为线偏振光经过半波片他还是线偏振光，只是旋转后偏振方向与光轴方向有个夹角而已)

而拿起黄色的换上白色的发现**检偏器**转一圈光强只是有强弱变化而没有消光(这不是绝对的，当光轴与偏振化方向夹角 45 度时光强不变，垂直或水平时会消光两次)，这时候你又能骄傲地说这是四分之一波片了。

实验原理是:

对于 $1/2$ 波片，若入射光为线偏振光，则出射光也为线偏振光；若入射的线偏振光振动方向与 $1/2$ 波片光轴方向夹角为 δ ，则出射的线偏振光振动方向与入射光夹角为 2δ ，一周可产生两次消光；
对于 $1/4$ 波片，只有其光轴与入射的线偏振光振动方向平行或垂直时，出射光才为线偏振光，才可产生消光，否则出射光为圆偏振光或椭圆偏振光。



($1/2$ 波片只是让线偏振光方位改变了一个角度)
(而 $1/4$ 让线偏振光变为圆或椭圆了，只有 45° 倍数时才是线偏振光)

二、找出四分之一波片的光轴方向。

实验操作：

先撤掉波片，旋转检偏器使消光，再放回波片，激光点重新出现，旋转波片使消光。
这时光轴的方向是水平或者垂直于起偏器偏振化方向，也就是垂直或水平方向。

实验原理：对于 $1/4$ 波片，只有其光轴与入射的线偏振光振动方向平行或垂直时，出射光才为线偏振光，才可产生消光。

(明确的告诉老师这是光轴方向是垂直或水平方向就行，具体垂直还是水平这里测不出来的。只要把写原理清楚就好)

Checkpoint 2 做完这步还得叫老师来看一下在进行下一步的实验

第三个实验是 做出圆偏振光，写出做法，作图

通过上一个实验我们得到了四分之一波片的光轴方向，这时候就不要随便动他了

旋转波片 45° 左右可以得到圆偏振光(70° 左右可以得到要求的椭圆偏振光，大家记住角度，直接调整就好)，转动检偏器，记录十几组转角 θ 与光电流表读数 I 。

通过旋转检偏器并观察电流表示数，可发现示数基本不变(最大最小值相差大概 50 到 100 之间即可)

实验原理:光轴夹角为 45° 时 $A_e = A \cos 45 = A \sin 45 = A_o$ ，且其相位差为 $(2k+1)\pi/2$ ，故为圆偏振光。

数据处理为：此时旋转检偏器记下其角度 γ 令其为极角，对应的电流为极径，在坐标纸上作图基本上得到一个圆

第四个实验是做出椭圆偏振光，写出做法，作图，要求长短轴之比为 7.5:1

椭圆偏振，使 A_1 与 B 偏振方向 70° (跟老师解释的时候可以说因为 $(\tan \alpha)$ 的平方=7.5，所以解得为 70° 左右，当时我华丽丽的告诉助教解得阿尔法等于 69.904，约为七十，感觉相当专业，估计助教也会想这孩子是自己算出来的)，先别着急测，将 A_2 从 90° 缓缓转至 -90° ，看出现示数最大值与最小值是否是 7.5 倍的关系，若不是，一定是角度调错了!!! 检查改正就好

注意:

圆偏振光和椭圆偏振光需要在极坐标上作图,所以需要量角器。要求起偏器和玻片位置调好了以后,检偏器从 -90° ~ 90° 度每 5° ~ 10° 度测一个数据,我是每十度测一个的,就这都要测 19 个数据,而且每五度的话可能画的比较密也不容易。

当然了这两个实验都要用的万用表和光电池,线路接好的,只用放在导轨的最后面,保证入射光射进它的小孔就行,按下万用表上的黄色 power 键就直接可以显示读数了,我没有任何调节,注意示数的单位在显示屏幕左下角,是 mA。调好角度后旋转检偏器每 10° 度记一个数据就行,从 -90° ~ 90° 度记 19 个。然后把图画在坐标纸上,用极坐标系。圆偏振光和椭圆偏振光都是这样。

光电池和万用表:(左上角的 power 键开机)



以下是我的结果:

圆偏振光:

上的反射光逐渐消失，多次重复此步骤，使反射光完全消失，记下圆偏振光 I_1 。

④ 固定玻璃不动，让圆偏振镜转一角度，再重复②③步骤，测得 I_2 组数据。

⑤ 用测得的 I_1, I_2 就是布儒斯特角，用公式 $\tan \theta_p = n_2/n_1$ 计算玻璃的折射率。

此时起偏器的偏振化方向为水平方向。

二、圆偏振光的测量。

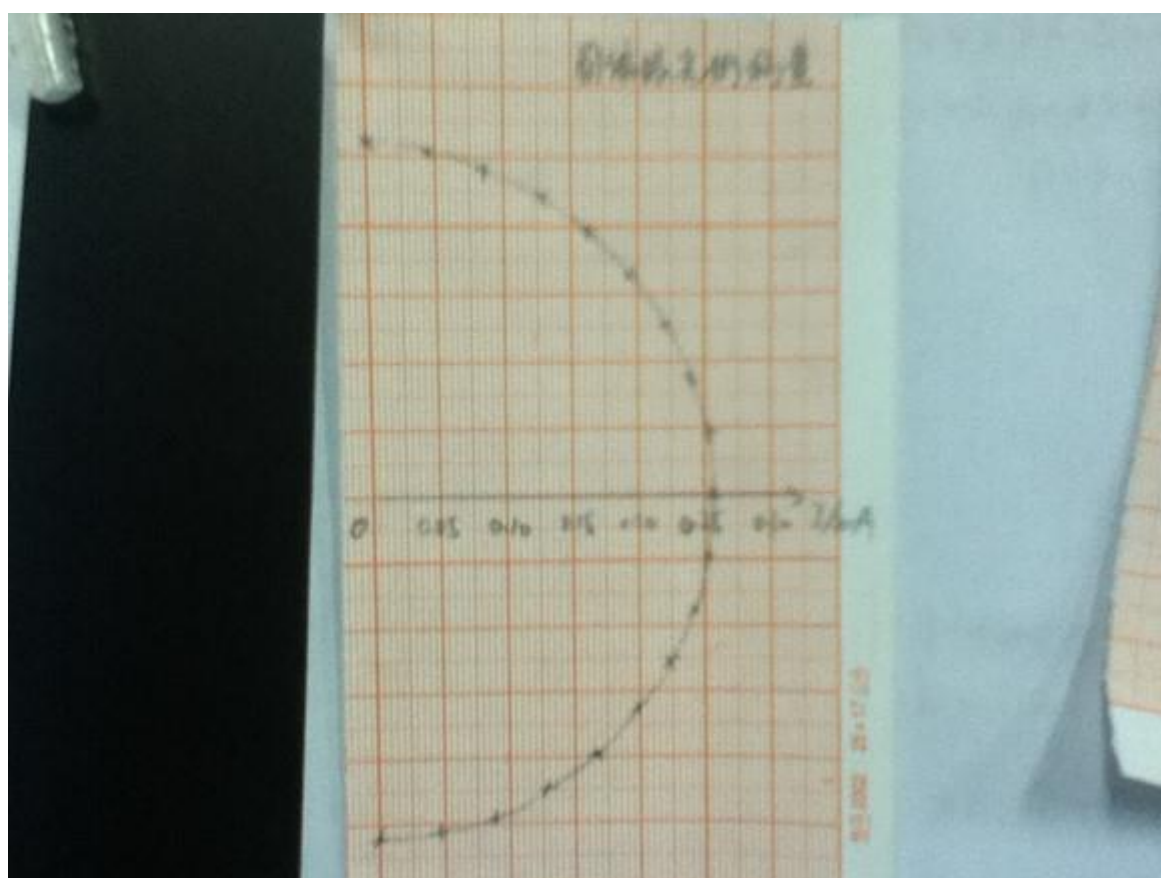
原始数据列表：

$\theta/^\circ$	70	80	70	60	50	40	30	20	10	0	-10
I/mA	0.2557	0.2547	0.2543	0.2530	0.2536	0.2520	0.2542	0.2557	0.2553	0.2557	0.2557
$\theta/^\circ$	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90			
I/mA	0.2533	0.2534	0.2531	0.2573	0.2572	0.2602	0.2605	0.2592			

① 在上个实验基础上，起偏器偏振化方向为水平，在起偏器后放置检偏器，使消光。

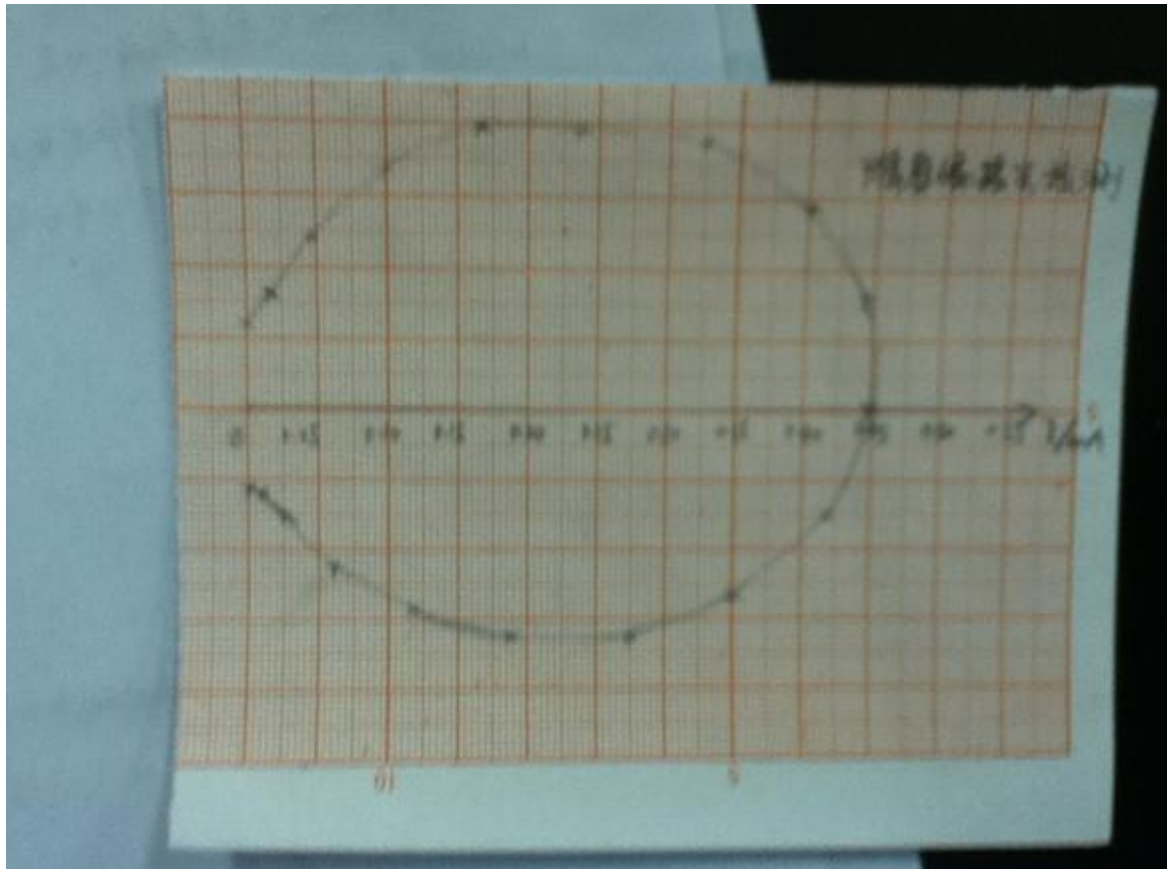
② 在起偏器与检偏器之间放置 $\frac{1}{4}$ 波片，旋转波片使消光，此时波片光轴方向与起偏器偏振化方向平行或垂直。

③ 旋转波片 45° ，测得圆偏振光，在检偏器后放置光电探测器，每 10° 测一次。



椭圆偏振光

$\theta/^\circ$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	-10
$I/\mu A$	0.015	0.023	0.036	0.072	0.236	0.306	0.500	0.602	0.646	0.662	0.620
$\theta/^\circ$	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90			
$I/\mu A$	0.378	0.320	0.209	0.186	0.170	0.289	0.518	0.683			



关于椭圆偏振光的这个实验,注意一下描出来的并不是椭圆,而是图示中的怪异曲线,在 0 度和 180 度时都是有电流存在的。

实验时间 15 周星期 一 下午/晚 8

实验日期 2012 年 5 月 28 日

操作成绩

报告成绩

教师签字

实验名称: 偏振光的研究

一. 测量玻璃折射率.

(1) 数据记录

因为 α_1, α_2 为入射光在法线两侧入射所得到的角度, 沿法线反所以可以得到.

α_1	58.3°	56.6°	46.8°	46.6°	42.3°	
α_2	53.9°	55.7°	65.4°	65.9°	70.5°	
i_0	56.1°	56.15°	56.1°	56.25°	56.4°	

$$i_0 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad \therefore \text{可得 } i_0 = \frac{58.3^\circ + 53.9^\circ}{2} = 56.1^\circ \quad \therefore \bar{n} = \tan i_0 = 1.494$$

(2) 计算不确定度 (计算过程中按弧度算)

$$u_{i_0}(i) = \frac{0.1^\circ \times \pi}{180} = 1.0077 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0.058^\circ \quad u_{\alpha_2(i)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\alpha_2 - \bar{\alpha}_2)^2}{5 \times 4}} = 0.057^\circ$$

$$\therefore u(i) = \sqrt{u_{i_0}^2 + u_{\alpha_2}^2} = 0.081^\circ = 1.414 \times 10^{-3} \text{ rad} \quad \because n = \tan i \quad \therefore u(n) = \frac{u(i)}{\cos i}$$

$$\therefore u(n) = 4.569 \times 10^{-3} \quad \therefore \text{最终结果为 } \bar{n} \pm u(n) = (1.494 \pm 0.005) \times 10^3$$

二. 判别 1/2 玻片和本玻片并确定本玻片光轴.

1. 在实验一基础上保持起偏器不动, 放上检偏器并调至消光状态, 此时检偏器方向为竖直方向.
2. 在起偏器与检偏器之间放上玻片, 并调玻片至消光状态.
3. 将玻片转动一定角度, 白屏上会重新出现激光, 旋转检偏器 360°. 若玻片为 1/2 玻片时, 白屏上会出现两次消光情况, 可知道此玻片为 1/2 玻片; 同法, 当玻片为 1/4 玻片时, 白屏上的激光只是出现光强的强度变化, 但无消光情况, 可以得知此玻片为本玻片.
4. 当检偏器方向为竖直时, 白屏消光, 放上 1/2 玻片调至消光可以得知此时光轴为

班号

学号

姓名

直方向,是垂直于或平行于偏振化方向。

三. 产生圆偏振光

在调本晶片和检偏器处于消光状态后,记此时本晶片转角为 0° ,旋转本晶片转角 θ 可得到圆偏振光.数据如下:

θ	-90°	-80°	-70°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°
I	0.1600	0.1584	0.1576	0.1556	0.1522	0.1494	0.1486	0.1486	0.1496	0.1513
θ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
I	0.1533	0.1550	0.1567	0.1590	0.1617	0.1634	0.1626	0.1614	0.1611	

四. 产生长短轴光强比为7.5:1的椭圆偏振光.数据如下:

θ	-90°	-80°	-70°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°
I	0.2236	0.1884	0.1462	0.1051	0.0715	0.0483	0.0377	0.0422	0.0591	0.0881
θ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
I	0.1287	0.1660	0.2054	0.2380	0.2615	0.2735	0.2678	0.2503	0.2230	

所有实验的内容就是上面啦,大家可能会关心报告怎么写

其实黑板上写着要求,把黑板上写的东西都写上就行了。

一定注意如何分辨半波片和以及找光轴的过程也要写!! 我就悲剧了有木有!! 我以为跟老师讲了一遍了就不用写了有木有。黑板上也没写清楚有木有。

还有就是跟老师讲的时候一定要清晰流利,不用急,慢慢说也行,但是别说一半忘了,最好自己先整体顺一遍。

一定要记住各个步骤及偏振片每个步骤的方向,最好把公式都记住哦, 还有如何判断 $1/2, 1/4$ 偏振片的方法, 因为报告要写!!!! 再说一遍

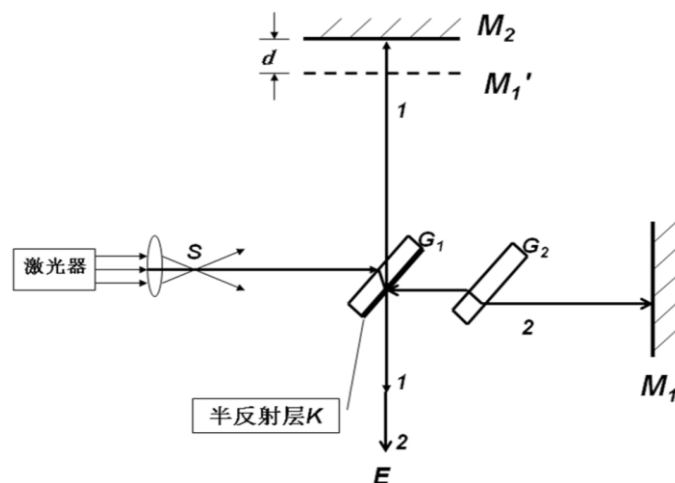
考试的时候只让带计算器，笔，橡皮，尺，坐标纸，其他一律不让带，考试期间也不让说话，老师提问你也只能做动作来指给她看，或者在纸上写给她看，不让说出来，还有就是最后 20 分钟不让做实验了，只能写报告，当然不同的老师可能要求不一样，到时就看大家运气了。

还有最重要的!!! 画两者偏振光图时，读出的 I 值在数据处理时一定要**开根号**!! 不少同学没开根号就画了，错了都不知道!!! 而且图尽量要大，记得带好圆规，量角器，计算器和坐标纸!!!

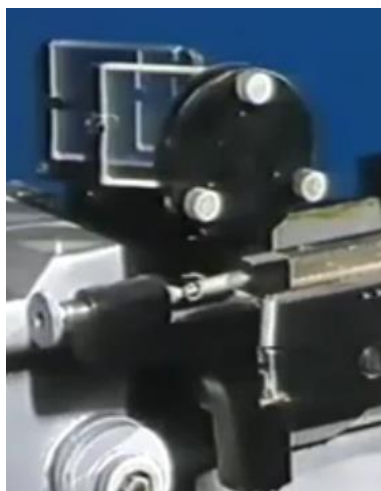
G04

作战报告之前，感谢所有写过 G04 战报的学长和同学们！没有你们的经验及数据范围，我觉得我根本不可能做完实验。在此也要跟大家说，一定不要高估自己的人品，多去看已有的实验经验和数据（本文也会给出）。因为无论多么充分的准备都是会出状况的。当然我是奔着一定能抽到 G04 要不就白复习的心态去的。

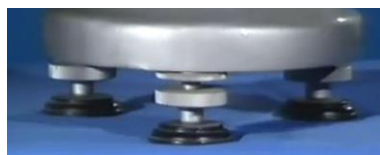
先介绍下基础知识：



基本知识：G1 为分光板，G2 为补偿板，M1/M2 为平面反射镜，M2 为动镜



M1 三个螺钉和两个拉簧都可以调节平行度，其中拉簧在精调的时候特别管用！
而 M2 只有三个螺钉



基座的三个螺钉一般不动，除非看得出不水平

距离变小则吞，距离变大则吐

下面是攻略正文

先强调说明一点，千万不要被自己背的数据蒙蔽了，可能根据仪器不一样，背的数据是实际不同，这个大家注意一

下。

比如 G04 的 10 号位等，其 M1' (M1 镜的像) 与 M2 镜重合时 (光程差为零) M2 的位置大概是标尺 92mm。但是，在 4 号位 (也就是我的位置)，这个位置在 67-69mm。这个之前已有准备，就是用直尺量，量 M1 到 G1 的距离，会有两种可能：65mm 左右或者 90mm 左右，两者之一，大家拿到仪器的时候粗调试试。以此确定 M2 光程差为零位置的大致范围。切不可抱着 92mm 不放。但我后来还是受了影响。

二. 作战过程

迈克尔逊干涉仪调节，基础一定要打好！

首先应该有以下两个准备工作：

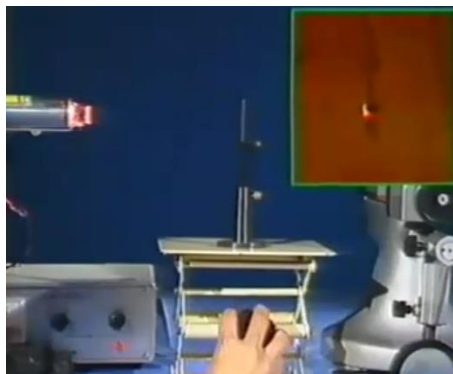
(注意六个螺钉和两个拉簧螺丝开始的时候一定要松开来，半送半紧的状态！松到合适的位置，要是拧不动了你后面的实验就做不好了)

(把动镜 M2 移到 92 或 68MM 左右 (应该是 M1、M2 到 G1 的距离差不多相等，可以拿直尺量一量))

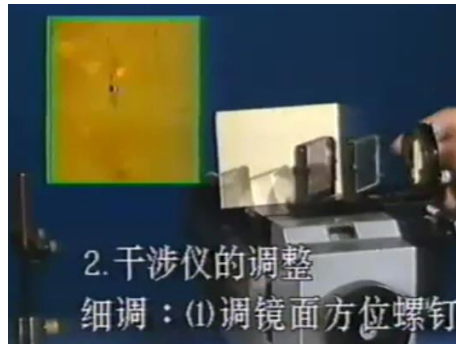
1. 打开激光，就是让激光平行射到两个 45 度半反射镜的中央附近，调节激光器的俯仰左右使反射回来的一堆红色亮点大概回到出射激光的那个孔周围 (最亮的点一定要返回到孔，其他的自动忽略)。



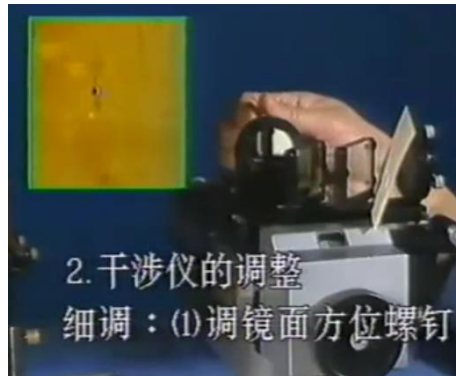
然后再架上放上有小孔的铝片 (因为小孔就是毛玻璃，产生干涉一定得经过一次毛玻璃，不是小孔就是毛玻璃观察屏，两者只能有其一)，调节高度使激光刚好穿透小孔 (以小孔周围看不见明显的激光为标准，因为这说明激光刚好穿过)。



接下来拿纸片挡住 M2, 调节 M1 背后的 3 个螺母，使反射回来中的 3 个亮点中最亮的那个 (也就是中间的那个) 恰好穿透小孔，现象跟刚才使激光穿过小孔一样。



2.然后调 M1，同理。（一定得优先保证 M2 的反射光线返回激光发射器的发射口，最好是偏右上，因为 M1 的可调范围更大一些）

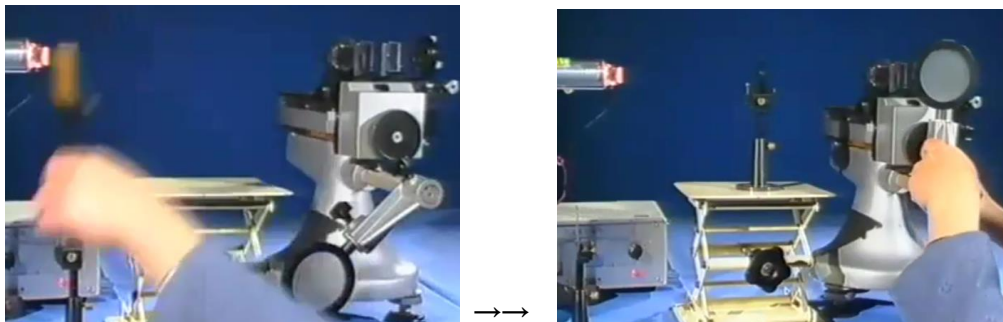


(如果螺钉都拧到极限了任然不行，就把螺钉都拧回半松半紧，然后调光源位置，调小孔位置，重新来，这个真不着急，最多两次就好了~)

个人觉得，这一步相当关键，迈克尔逊实验之基础就基于此了，在以后的实验中，这些螺母都不能动了。

3.接下来拿下铝片，放上扩束镜，也使激光恰好穿透它中间的小孔，就是把激光搞成面光源，一片光覆盖 G1。一定让红色的光把 G1 G2 M1 都照到。

拿出观察屏（观察屏就只在这时候有用一次），基本就可以看到圆环。



拿下毛玻璃小孔，换成扩束镜和毛玻璃观察屏
即将点光源换成面光源

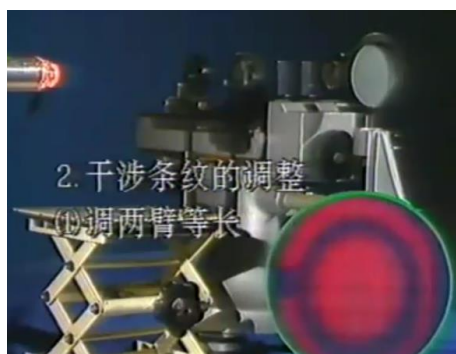
4.

再调节两个拉簧使圆环移动到屏幕中央

这时前面的拉簧就派上用场了，上下左右的调节，就可以瞬间把圆环中心这步调好



然后再调粗动轮，调出(粗到只能看到两三个圈的)干涉条纹(如果预准备已经将 M1/M2 调得几乎等距远，这一步不调就直接很粗了~)。

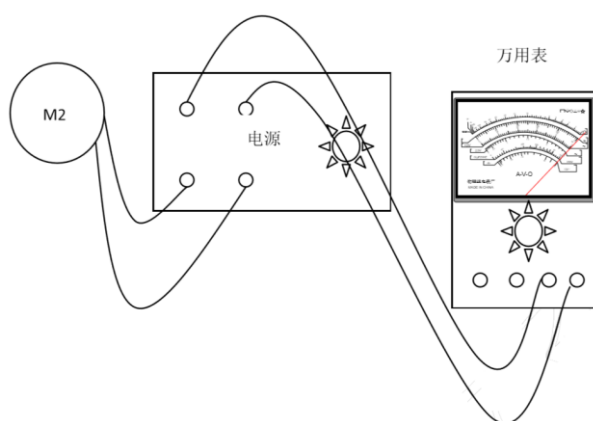


然后我发现我的条纹特别小。区域也特别小。

我又重新从第一步开始。思考了一下这是什么问题。。然后我把激光器拉近了二十来厘米。结果就出来了。主要是受到了资料上写的 $M2=92\text{mm}$ 思想的干扰。。不敢往前调。结果我那个应该是在 68mm 附近。

checkpoint 1: 粗条纹，调好就可以找老师检查了（有些老师不检查这个，直接测完激光再检查）

2.1 激光调节与压电常数 D_{31}





a. 连接仪器

接下来插上电位器，记得与动镜 M2 接上（这个应该基本都已经接上了），记得一定要打开开关，不要傻乎乎的问老师怎么没有示数……电源档次调成 1000V，连线是红接红，然后黑的接黑的。万用表拨到 0-2000V 直流档，连接右下角的两个插孔。实验时如果发现万用表示数是负的只要把连接线调换一下就可以。电源盒的电压高达千伏，而四个接线孔都是裸露的，所以大家一定小心，建议先插好线再打开开关。

b. 实验测量

要求在 180V ~ 550V 之间测 6 ~ 8 组数据，且要求写明如何确定测量方案。

测量方案：从 0V 调至 180V 的过程中注意观察，每吞或吐 1 个圈约为多少 V，根据经验为每吞或吐 1 个圈约为 20V，所以可计算出应为每 2 圈记一个电压，这样就确定了测量方案。

k	1	2	3	4
电压/V					

先旋动电位器上的旋钮，使万用表示数为 0，然后慢慢旋动，注意是升电压~眼睛观察干涉仪，每吞吐 2 圈记一个电压值，记录 6~8 组数据。这一步千万不要动干涉仪。

Checkpoint 1:最后一组数据测完后不要动，老师检查圆环条纹是否在中央以及数据的线性，他说可以了再进行下一步。

这个时候可以把下个实验的钠光灯预热了

C. 数据处理

后来我算得结果是 3 点几，数量级就不说了，讲义上有。

$k=0,2,4,6,\dots$

U 从 186.0 到 522.8 差值 40V 上下浮动。

可以浮动大点儿。

$$\therefore D_{31} = \frac{\Delta l t}{l V} = \frac{k \lambda t}{2 l V}$$

$$\therefore V = \frac{\lambda t}{2 l D_{31}} k$$

此处代入
K=2i, i表示第i个读数

令 V 为 y, ~~k~~ 为 x, 设 $y=a+bx$;

则 $b = \frac{2 \lambda t}{2 l D_{31}}$, a 即为吞吐第一个环时理论与实际的误差。

直接用计算器算得 a、b 和 r, 并说明 r 很接近于 1.

注意材料上给的公式是每一次吞吐都读的公式, 我们是每两级读一次, 所以公式得修正。

$$\lambda = 632.8 \text{ nm}, l = 50 \text{ mm}, t = 1 \text{ mm}$$

我算出来 $b=39. \text{xxx}$

D31 大概是 $3. \text{xx} \times 10^{-10}$, 单位是 C/N

直接用计算器算得 a、b 和 r, 并说明 r 很接近于 1.

计算完 D31 的值再计算不确定度。

$$U_{a(b)} = b \sqrt{\frac{1}{k-2} \left(\frac{1}{r^2} - 1 \right)}, \text{ b 类不确定度可以忽略}$$

此处将最后一级的 k, 比如 14 除以 2, 代入上面的公式算不确定度

$$\therefore U_b = U_{a(b)}$$

$$U_{D_{31}} = \frac{U_b}{b^2}$$

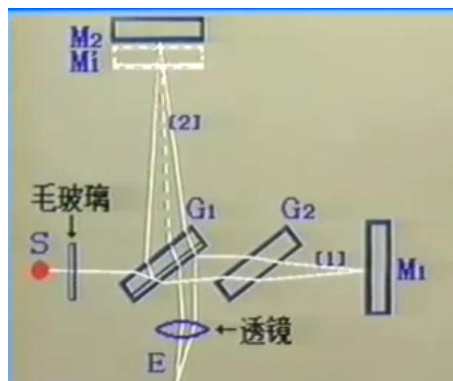
2.2 测钠黄光的波长差

保持刚做完的, 圆圈在屏幕中心的状态。其他的什么你都不要动!!! 什么都不要调!!!

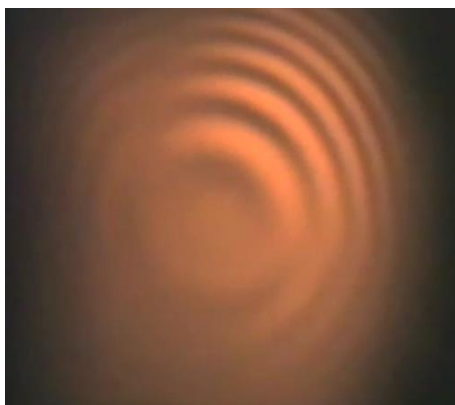
把激光关了扩束镜撤了观察屏撤掉。

预热好的钠光灯拿过来, 如果亮度比较低, 就拿近一点儿

再在钠灯后加毛玻璃片 (这个实验才用毛玻璃片, 之前都没用~大家别搞混了), 毛玻璃贴近一点。



(眼睛相当于透镜, 直接向 M2 望去, 可在远处看到干涉条纹)
就可以明显从 G1 看到 M2 里的条纹了。



(如果条纹过粗或者细, 就去转粗动轮, 位置不合适而已。往远调条纹是越来越细密的)
(如果还看不到, 不是钠灯根本没照到, 就是换灯的时候碰到仪器把仪器都碰歪了)

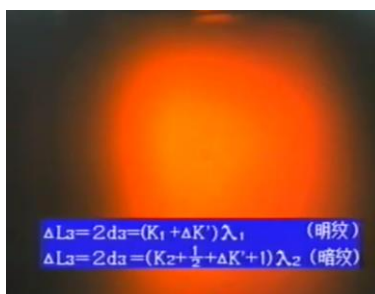
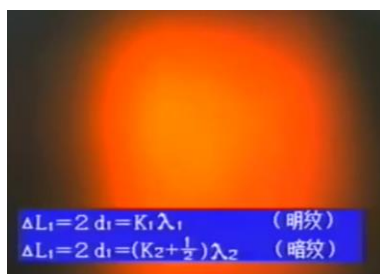
现在该消视差了:

看到条纹后, 上下移动脑袋, 眼睛观察吞吐, 如果有, 就温柔慢慢调拉簧。如果你拧水平的那个拉簧往某方向转, 条纹吞吐变得少了, 你就一直慢慢拧这个方向, 同时你的头要左右摆动。调到左右不吞吐了, 你再去拧垂直的那个拉簧, 一边按照上面那样拧一边头上下摆。

非常管用, 用拉簧慢慢调就可以使左右上下都不吞吐(即无视差)(拉簧真他妈重要!!)

然后转细动轮, 发现条纹强弱变化, 最后完全模糊, 再转又出现。可以观察一下最模糊是什么状态。然后调到最模糊。

checkpoint 2: 模糊的纳光条纹(几乎就是一片黄) 一定是模糊的状态!



测量注意事项:

1. 一定得保证向同一个方向转动微动手轮, 不然空程会让你测的数据都无效!
2. 因为动粗动轮不会带动细动轮, 就慢慢调细动轮吧, 不着急, 一直转.
3. 注意要调零和消空程啊~就是先把细动轮指向 0, 再把粗动轮指向某一整数刻度, 即粗动轮刻度上最长的刻度,

这样两个轮的零点就重合了。这个不凋零直接被老师 pia 飞~

4.读数是五位小数，即 aa.bbccd mm aa 是主尺刻度，bb 是粗动轮刻度，cc 是细动轮刻度，d 是估读一位，mm 是单位，少任何一位的话就完了，全部重来还扣分

k	1	2	3	4
l/mm					

然后，根据理论值 6nm 可以算出，每两次条纹消失应该在 0.289mm 左右，转吧。就算你不知道，结果也是相当精确的。

Checkpoint 3: 最后一组数据测量完以后，老师检查最后一组数据是否正确

一元线性回归法：

公式： $d_i = d_0 + i\Delta d$

设 $y = d_i, x = i, y = a + bx$, 则有 $b = \Delta d$

计算：算出回归系数 **b**,即 Δd 的值 (0.2894mm) ,并计算相关系数 r

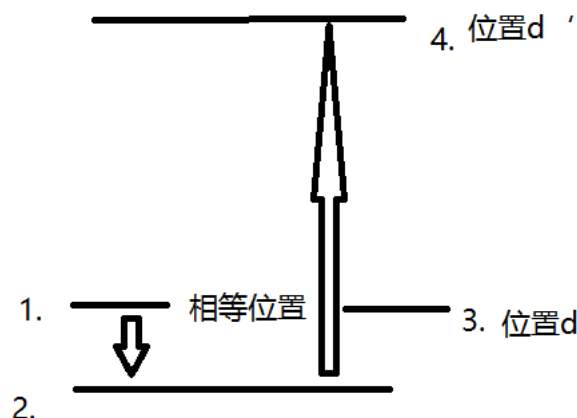
把 $b = \Delta d$ 代回 $\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2\Delta d}$ (其中 $\lambda = 589.3nm$) 便可求得 $\Delta\lambda$ 的值,约为 0.6nm

计算不确定度

$$u(\Delta\lambda) = u(b) = u(\Delta d) = b \cdot \sqrt{\frac{1}{k-2} \left(\frac{1}{n} - 1 \right)}$$

$$u(\Delta\lambda) = \Delta\lambda * u(\Delta d)$$

2.3 测钠光相干长度与谱线宽度



先看下原理图

a、寻找中间位置

1.先以上个实验的等倾干涉为基础：将 M1/M2 调得几乎等距远 (92or68mm)，视场一片均匀
小心转动粗动轮向前或者向后移动 M2，使条纹逐渐变粗，直到 G1 视野内变为一个或两个圆环条纹。

2.此刻在原理图的 2 位置，稍微拧动水平拉簧，使 M2 与 M1' 不再平行，变为等厚干涉，应该是一些弧形。

3.此时朝刚才的相反方向慢慢转动粗动轮直到 G1 弧形的弧度慢慢变小。

接近平行时，转动微动手轮，直到出现平行(不一定要竖直~斜着也行)的明暗相间的条纹

记下条纹最平行时 M2 的位置 d

注意要在调到平行的那个位置调零和消空程啊~就是先把细动轮指向 0，再把粗动轮指向某一整数刻度，即粗动轮刻度上最长的刻度，这样两个轮的零点就重合了。这个不调零直接被老师 pia 飞~

(如果错过平行位置就返回到 2 位置重新来一遍步骤 2)

b、寻找消失的位置

(为避免出现空程误差，不能反向转了，继续同一方向移动 M2 镜)

现在需要从 3 位置到 4 位置，就转动粗动轮，直到条纹消失、视野中为一片光亮为止。

此位置记为 读数 d' ，即不再能干涉的位置。

(千万不要认为一时没有条纹了就没有干涉现象了……继续转微动轮吧少年)

c、计算相干长度和谱线宽度

相干长度 $\delta = 2 |d - d'|$

有的经验报告里说是 10mm 左右，也就是 $\delta = 20\text{mm}$

但我的 $d_1 = 68.30965$

$d_2 = 75.09322$

两个之差大概只有 6.7 毫米。也就是相干长度在 13-14 左右。

所以不要死背，以自己的现象为准

谱线宽度 $\delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2|d - d'|}$ (注意谱线宽度 $\delta\lambda$ 和双线波长差 $\Delta\lambda$ 是两个东西!)

谱线宽度等于波长平方除以相干长度。我算的谱线宽度是 $0.28 \times 10^{-10}\text{m}$ ，不知道差多少，没时间算不确定度了~a

2.4 测白光灯的相干长度和谱线宽度。

就一个建议，想都不要想!

四. 总结

这次实验可以说是先紧后松。迈氏仪重新调个几次就熟了好调了。强调一点：**不怕重调**。不过时间卡的很严格，到点儿交卷。

最后的数据误差分析。。。写的都是为什么测得这么准，为什么 r 这么接近 1。。。所以，编的太准或者真测得特精确也不好，精确度太高，会有嫌疑。

还是要说：**任何经验日志都是有局限的！**到时候遇到和经验值不一样的时候，还是要冷静想一想。时间并没有那么紧的。