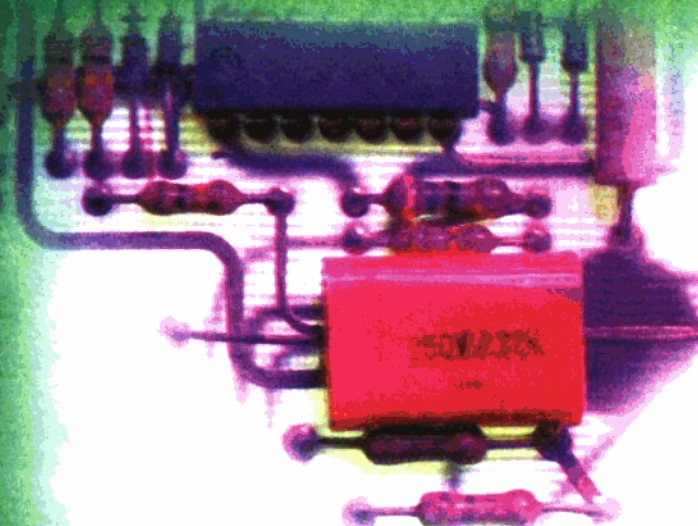




高中物理

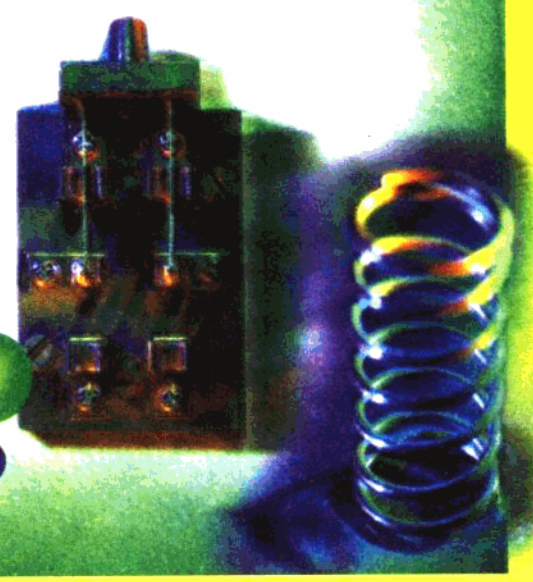
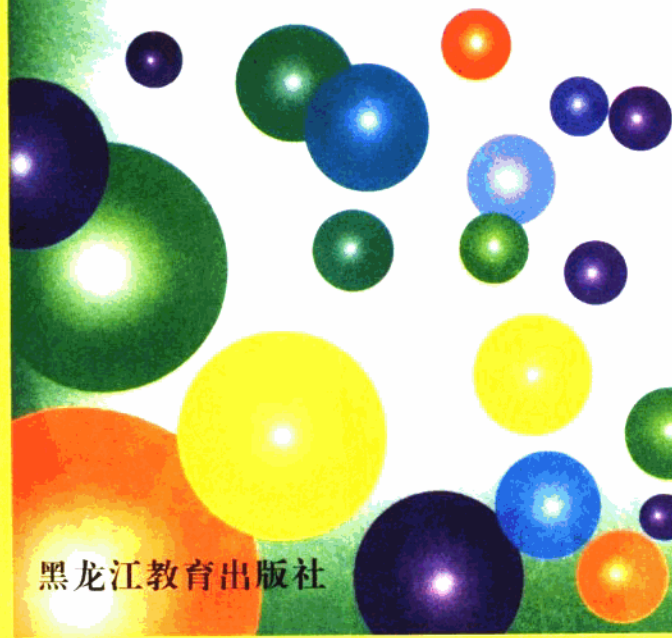
第三册

(必修加选修)

实验

导学

黑龙江省教育学院高中教育教研部 编



黑龙江教育出版社

高中物理实验导学

第 三 册

(必修加选修)

黑龙江省教育学院高中教育教研部 编

黑龙江教育出版社

2006年·哈尔滨

高中物理实验导学

第三册

(必修加选修)

黑龙江省教育学院高中教育教研部 编

责任编辑：杨雪松

封面设计：陈冬妮 傅 旭

责任校对：李 力

黑龙江教育出版社出版（哈尔滨市南岗区花园街158号）

哈尔滨市工大节能印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092 1/16·印张 4.5·字数 100 千

2002 年 8 月第 1 版·2006 年 8 月第 3 次印刷

印数：21 202 - 30 355

ISBN 7-5316-4067-8/G·3041 定价：2.20 元

批准文号：黑价联字〔2006〕32 号 举报电话：12358

如有印装质量问题，影响阅读，请与印刷厂联系调换。

厂址：哈尔滨市南岗区复华二道街 3 号 电话：86413214 邮编：150001

ISBN 7-5316-4067-8



9 787531 640677 >

编 者 的 话

在深化教育改革、全面推进素质教育的形势下,普通高中课程改革试验正在我省进行。为配合这一试验,我们编写了这套高中理、化、生实验导学丛书,力求突出高中课改中加强理科实验、培养实践能力这一重点,向广大师生提供一些有益的帮助。

这套实验导学丛书,针对高中理科的各个学生实验,既有对实验操作技能的点拨,又有对实验原理及科学方法的阐述,还有富于启发性的实验报告和问题、知识的拓展,完全以与以往实验报告册不同的面目展现,是适应高中新课程、新教材试验的一次探索和尝试。

在内容上,丛书首先注重了实用性,保持与试验教材同步,涉及了教材中每一个学生实验。从实验的预习和准备,到实验的原理及具体操作,都进行了点拨和阐述;从实验的数据记录与处理,到实验报告的设计填写,都留给学生一定的空间;从实验的总结与回顾,到实验的扩展与迁移,又都具有思考和启迪的余地。因此,丛书便于学生使用和自学。这其中,指导性和启发性又在书中有较好的体现。一方面,对于实验中的重点、难点问题,均有所侧重地予以阐明;另一方面,又设置了一些富于启发性、具有开放色彩的问题,使学生在操作和思维两方面去设计、想像和创新。这将有利于培养高中学生的相关能力。

在体例编排上,各学科均设置了相应的栏目,摒弃单一、机械、呆板的形式,力求多样、灵活,还试设了拓展高中学生知识面,介绍发明、制作、科普类的栏目,使丛书具有一定的可读性。

由于丛书编写比较仓促,又是一次大胆尝试,恳请广大师生提出批评、建议,以便修订时及时改正。

本册书主编为武钢,参加本书编写的有武钢、姚书元、李富利、卢士安、彭雪花、张波、王砚、曾立、张宇、孙华军。

编 者

2002年3月30日

目 录

实验一 测定玻璃的折射率(第二十章学生实验).....	(1)
实验二 用双缝干涉测光的波长(第二十一章学生实验).....	(8)
高中物理实验总复习导引	(14)
一、教学大纲及高考对实验的要求与考核	(14)
二、物理实验的基本仪器.....	(16)
三、正确选择实验器材,合理应用实验方法	(18)
四、理解原理,明确步骤,掌握操作.....	(21)
五、实验数据的处理与分析.....	(22)
六、学生实验分析与检测.....	(26)

实验一 测定玻璃的折射率

(第二十章学生实验)

【预习思考】

1. 什么是介质的折射率？它是如何定义的？折射率有没有相对性？折射率反映了怎样的物理意义？
2. 折射率与光速有无关系？能否借助光速来确定介质的折射率？
3. 这个实验的目的和原理是什么？需要选用哪些实验器材和工具？需要记录和测定什么？
4. 这个实验需要使入射角取几个数值？你打算如何取值？最后的结果应该如何得出？
5. 你有没有其他的方法来测定玻璃的折射率？试设计一两种方案，在完成规定实验后做做看，然后与课本中介绍的实验方法比较一下。

【要点分析】

1. 关于插针法的原理.

当光线以一定的入射角穿过一块两面平行的玻璃砖时，传播方向不变，但是出射方向与入射方向相比有一定的侧移。由图 20-1 可知，只要能找出跟入射光线 AO 相对应的出射光线 $O'B$ ，就能够画出折射光线 OO' ，量出入射角 θ_1 和折射角 θ_2 ，根据折射率 n

$= \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 就可算出玻璃的折射率了。

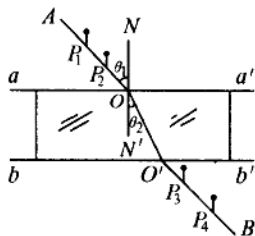


图 20-1

插针的目的是要确定入射光线与折射光线，如图中的 AO 与 OO' 。而 OO' 的确定是通过观察所插的针 P_3 、 P_4 能挡住 P_1 、 P_2 ，然后画出 $O'B$ ，连接 OO' 即得折射光线。这里，看上去使 P_3 挡住 P_1 、 P_2 的像，使 P_4 挡住 P_3 及 P_2 、 P_1 的像是实验操作的关键，但这实际上是利用了平行板玻璃砖对斜向光线侧移的规律，它源于光的折射原理。对此，你能予以推导证明吗？

2. 在这个实验中,入射角 θ_1 的选取应该是 5 组以上的多个值,这样可以借助多次计算取累计平均值的方法来得出玻璃的折射率,使实验结果的误差更小一些.

3. 本实验可参考下列步骤来操作.

(1)把白纸用图钉钉在木板上.

(2)沿玻璃砖的一个面画一条直线 aa' 作为界面(如图 20-1 所示),过 aa' 上一点 O 作垂直于 aa' 的直线 NN' 作为法线,过 O 点画一条入射光线 AO ,使入射角 θ_1 适当大些.

(3)在 AO 线上竖直地插两枚大头针 P_1 、 P_2 ,在白纸上放上被测玻璃砖,使玻璃砖的一个面与 aa' 重合.

(4)沿玻璃砖的另一个侧面再画一条直线 bb' .

(5)在玻璃砖的 bb' 一侧白纸上竖直地插一枚大头针,用眼睛观察调整视线,同时移动大头针 P_3 的位置,使 P_3 恰好能同时挡住玻璃 aa' 另一侧所插的大头针 P_1 、 P_2 的像,把此时大头针 P_3 的位置固定,插好.

(6)同样地,在玻璃砖的 bb' 一侧再竖直地插一枚大头针 P_4 ,使 P_4 能挡住 P_3 本身,同时也挡住 P_1 、 P_2 的像.

(7)记下 P_3 、 P_4 的位置,移去玻璃砖,拔去大头针,过 P_3 、 P_4 连一条直线 BO' ,交 bb' 于 O' 点,连接 OO' 就是入射光线 AO 在玻璃砖内的折射光线,折射角为 θ_2 .

(8)用量角器量出入射角 θ_1 和折射角 θ_2 的大小,记入表格内.

(9)改变入射角 θ_1 ,再重复上面的步骤重做三四次,量出相应的入射角和折射角填入表格内.

(10)从三角函数表中查出各入射角 θ_1 和折射角 θ_2 的正弦函数值 $\sin\theta_1$ 和 $\sin\theta_2$,填入表格内.

(11)算出各 $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ 的值,填入表格内,再算出它们的平均值,就是玻璃的折射率 n .

4. 实验操作的注意点.

(1)所测玻璃砖要厚一些.

(2)入射角 θ_1 要适当大一些,但也不要太大.可选在 30° 到 60° 之间,这样既便于观察,误差又小.

(3)所插 4 枚大头针 P_1 、 P_2 之间和 P_3 、 P_4 之间的距离都要适当大些,而且大头针要方向竖直地插牢,不能倾斜.

(4)所画玻璃砖的两个侧面的直线 aa' 和 bb' 的位置要画准, aa' 和 bb' 与玻璃砖的两个侧面要恰好重合.

【实验报告】

实验时间				实验地点		
实验环境	天气		气温		气压	
实验小组成员						
实验题目						
实验目的						
实验器材						
实验原理	平行玻璃砖对斜射入光线能使之平行侧移的推证。					
实验步骤	请练习用最精练的语言归纳和叙述。					

实验记录	图示(原始图缩小)	表格(自行设计)
实验结果		
实验疑难记录与反思		

【过程探讨】

1. 本实验中为什么没有提供光源? 实验中入射光线和折射光线及出射光线是哪里来的?

2. 实验中为什么不取入射角为 0° 和 90° 角的特殊情况? 此时, 玻璃的折射率是否为零? 换句话说, 此时玻璃对光线是否失去了使之偏折的本领?

3. 此实验中, 一位同学将玻璃砖平放在铺有白纸的木板上之后, 插大头针 P_1 和 P_2 时, 测出 P_1 和 P_2 连线与玻璃砖入射面间的夹角分别为 85° 、 80° 、 75° 、 70° 、 65° . 操作后, 对源于这 5 组入射角的对应数据进行计算, 你认为是否合适? 为什么?

4. 一位同学在这个实验中取了 5 个入射角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 进行操作, 相应得到 5 个折射角 γ_1 、 γ_2 、 γ_3 、 γ_4 、 γ_5 . 在计算玻璃的折射率 n 时, 依据 $n = \frac{\sin(\frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5}{5})}{\sin(\frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5}{5})}$ 得出

结果, 这种做法是否可以? 它符合累积平均法减小误差的道理吗? 如果依据 $n = \frac{(\sin\theta_1 + \sin\theta_2 + \sin\theta_3 + \sin\theta_4 + \sin\theta_5)/5}{(\sin\gamma_1 + \sin\gamma_2 + \sin\gamma_3 + \sin\gamma_4 + \sin\gamma_5)/5}$ 来求折射率呢?

5. 本实验中,大头针插得均不竖直,是否可以? 插 P_3 、 P_4 观察时,是看大头针的“帽”还是看大头针的“杆”被遮挡? P_3 、 P_4 挡住的是 P_1 、 P_2 两枚大头针本身吗?

6. 在你设计的实验记录表格中,哪些是原始数据? 哪些是间接(通过计算等)数据? 得到这些数据时,会不会造成误差?

7. 影响这个实验产生误差的可能因素有哪些? 它们是否都可以避免? 累积平均法易于减小的实验误差是哪类误差? 是否一切误差均可以用此种方法来减少?

8. 你能想到,可以采取哪些措施来促使测量结果更精确? 能精确到怎样的程度? 请寻找资料查表(折射率表)后,对照你的实验结果,估计一下误差范围是多大(用百分数表示)。

【巩固练习】

1. 测玻璃折射率时,入射角的取值 ()

- A. 区间范围应尽量小一些(如 10° 内) B. 区间范围应尽量大一些(如 $5^\circ \sim 85^\circ$)
C. 可以包含 0° 、 90° 等 5 个值 D. 只能取 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 等较特殊值

2. “测玻璃折射率”实验的光源及光线取法 ()

- A. 无需特殊准备,取自然光源,以插针定光线即可
B. 可以用激光笔作光源,在较暗室内实验,描出光线
C. 必须用点光源,且亮度要足够高,便于插针描线
D. 不需要任何光源,插针后即可在白纸上描画光线

3. “测定玻璃折射率”实验器材中 ()

- A. 大头针是必不可少的,不能用其他方法替代
B. 量角器不能缺少,因为实验中必须测角度
C. 可以用圆规和直尺取代替量角器,且不必测角度
D. 必须用平行板玻璃砖做使光线偏折的工具

4. 用插针法测玻璃的折射率时,如图 20-2 所示 ()

- A. 大头针 P_4 可以舍去, P_3 接近 bb' 即可
B. 看上去 P_4 挡住了 P_3 、 P_2 、 P_1 ,实际上用到了光的直线传播原理
C. 如果 AO 与 $O'B$ 几乎在一条直线上,是因为 i 取得过大
D. 观察时, P_4 、 P_3 挡住的实质上是 P_2 、 P_1 的像

5. 某同学做“测定玻璃折射率”实验时,用他测得的多组入射角 i 与折射角 γ 作出 $\sin i$

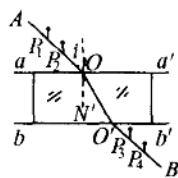


图 20-2

$-\sin r$ 图像,如图 20-3 所示.下列判断中正确的是 ()

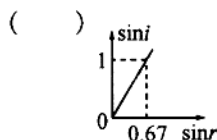


图 20-3

- A. 他做实验时,光线是由空气射入玻璃的
- B. 玻璃的折射率为 0.67
- C. 玻璃的折射率为 1.5
- D. 玻璃临界角的正弦值为 0.67

6. 用半圆形玻璃砖测定玻璃折射率的方法是这样的:

(1) 把半圆形玻璃砖放在白纸上,定出其圆心 O ,在白纸上用铅笔描下其直径和圆心的位置,让一束光沿与直径垂直的方向穿过玻璃砖,射到圆心 O (如图 20-4.)



图 20-4

(2) 不改变入射光的方向和位置,让玻璃砖以 O 点为轴逆时针转动,到从玻璃砖平面侧面恰好看不出透射光为止.

(3) 用铅笔描下此时玻璃砖直径的位置,移去玻璃砖,测量玻璃砖转过的角度 θ ,由 θ 计算出折射率.

若已知 $\theta = 42^\circ$,又查得 $\sin 42^\circ = 0.67$,则玻璃的折射率 $n =$ _____.

7. 如图 20-5 所示,在白纸上画一直线 CD ,在 CD 上取一点 O ,过 O 点画一垂线 OE 垂直于 CD .放上半圆形玻璃砖使其直径与直径 CD 重合,圆心与 O 点重合.在 OE 线上竖直地插上两枚大头针 P_1 、 P_2 ,然后将半圆形玻璃砖在纸面内以 O 为圆心逆时针缓缓转动,在 CD 这一侧调整视线方向,透过玻璃砖能观察到 P_2 的像,并且 P_2 的像挡住 P_1 的像.如此跟踪观察,直至在同一视线方向恰好看不到 P_2 和 P_1 的像时停止转动,记下这时玻璃直径方向.取走玻璃砖,画直径 AB ,过 O 点作 AB 的垂线 ON ,用量角器量出 $\angle$ _____ 的度数,根据 $n =$ _____,即可算出玻璃的折射率.



图 20-5

8. 如何测定一块三角形玻璃砖的折射率? 请设计一个实验方案,并画示意图,从原理上给以推证(此玻璃砖平放于桌面后,各侧表面均与桌面垂直).

【拓展交流】

1. 在用插针法测玻璃折射率的实验中,完成各项操作之后,画出图 20-6 所示的图.在图中,以 r 为半径,以 O 为圆心,作出一个圆(图中虚线所示).此圆截得 AO 于 c 点,截 OO' 于 d 点.然后分别过 c 、 d 作 aa' 的平行线,分交法线 ON 于 e 、 f 点.用刻度尺量得 ce 与 df 的长,其比值即为玻璃的折射率.其中道理是什么? 请说明推证一下.

在上述做法中,是否还需要测量角度?上述测折射率的几何算法有什么优越之处?所画的圆大些好还是小些好?刻度尺精度、平行线与 aa' 的平行程度对结果是否产生影响?是否还应多算几次取平均值?试讨论交流。

关于测折射率,方法肯定不是惟一的.被测物形体不同,也常需采用不同的方法.比如教材中提到的半圆柱形玻璃砖,怎样测其折射率等等.不妨试试设计一下实验,多思考多探究,受益会更多。

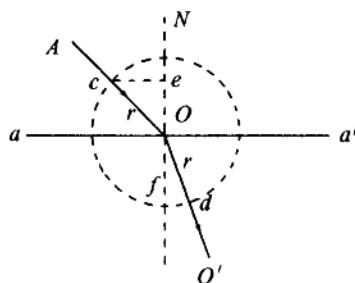


图 20-6

2. 同一块玻璃砖的折射率对各种光(如红光、蓝光、紫光等)的折射率都相同吗?怎样用实验来验证?

3. 同样的玻璃砖放在水中,怎样测定它的折射率?结果与在空气中实验的结果能否相同?做做看。

实验二 用双缝干涉测光的波长 (第二十一章学生实验)

【预习思考】

1. 什么是光的干涉? 能产生稳定干涉现象的条件是什么? 机械波的干涉与光的干涉有什么主要的不同点?
2. 历史上著名的双缝干涉实验是哪个国家的哪位科学家做成功的?
3. 双缝干涉仪的主要构造有几部分? 每个部分的作用是什么?
4. 测定光波长的基本根据是什么? 式中各字母各表示什么物理量?
5. 在这个实验中, 要注意观察什么? 直接测量什么?
6. 怎样使用测量头?

【要点分析】

1. 本实验一是要通过双缝干涉仪来观察不同单色光或白光经双缝干涉形成的图样, 要区分它们的不同点, 了解它们的相同点. 观察时, 必须关注的要点是:
 - (1) 双缝间距不同时的条纹情况;
 - (2) 每个缝宽改变时(实验条件允许可使缝宽改变)的条纹情况;
 - (3) 缝屏间距改变时的条纹情况;
 - (4) 光源颜色不同时的条纹情况;
 - (5) 条纹情况是按条纹间距(宽度)特点、条纹亮度特点.
2. 本实验二是要测某单色光波长, 依据公式为 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$. 要清楚各量如何测量, 注意如何减少误差.
3. 本实验示意图如图 21-1.

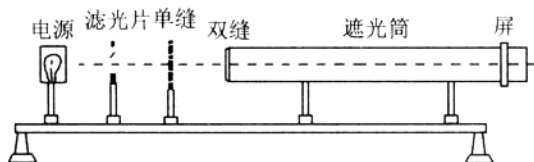


图 21-1

在图 21-1 中光源发出的光经滤光片后成为单色光. 单色光通过单缝后相当于线光源. 再让它通过双缝, 则由双缝射出的光就相当于两个频率相同的相干线光源. 它们在传播中相遇即能产生稳定干涉现象, 射到光屏上就能得到稳定的干涉条纹. 若已知双缝间距离为 d , 用刻度尺量出双缝到光屏的距离 L , 再用测量头测出相邻两条条纹间距为 Δx , 则此单色的光波长为 $\lambda = \frac{d}{L} \Delta x$.

4. 实验所用双缝干涉仪上的测量头简单的结构原理如图 21-2 所示. 分划板的刻线可通过目镜清楚地观察到. 手轮上的示数刻度原理和螺旋测微器相同. 利用测量头, 可精确地读出某两个亮(或暗)条纹之间的距离(如 n 个 d).

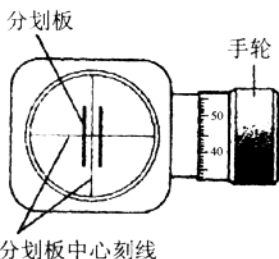


图 21-2

5. 实验的具体操作和测量、计算可按下述程序进行.

(1) 把长约 1m、直径 10cm 的遮光筒水平放在光具座上, 筒的一端装有色玻璃(当光屏用), 把另一端上的双缝先取下.

(2) 接通电源, 打开光源, 调节光源的高度, 使它发出的一束光能够沿着遮光筒把光屏照亮后, 固定光源.

(3) 把双缝装到遮光筒的另一端, 再在双缝与光源之间放单缝, 使单缝与双缝之间的距离约为 5~10cm, 并让单缝与双缝平行, 而且使它们的中心位于遮光筒的轴线上.



图 21-3

(4) 调节单缝与双缝间距离, 使屏上成清晰的彩色干涉图样——中央亮纹是白色的, 两侧各级亮条纹中红色的都在最外侧.

(5) 再在光源和单缝之间装上滤光片, 在屏上就能出现单色光的明暗相间条纹.

(6) 改变滤光片的颜色, 在屏上能出现与滤光片颜色相同的明暗相间条纹, 而且可以发现不同颜色的明暗相间条纹的间距不相同.

(7) 用刻度尺测出双缝到光屏的距离 L .

(8) 转动测量头手轮, 使分划板中心刻线与干涉条纹中某一条亮(或暗)条纹平行, 并对齐该条纹的中心(见图 21-3), 记下此时手轮上的读数 x_1 .

(9) 再转动手轮, 使分划板中心刻线平移 n 个亮(或暗)条纹的距离后, 与另一条亮(或暗)条纹的中心对齐, 再记下此时手轮上的读数 x_2 .

(10) 算出相邻两条亮(或暗)条纹之间的距离 $\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{n}$.

(11) 把上述数据代入公式 $\lambda = \frac{d}{L} \Delta x$ 即可算出此单色光的波长.

(12) 换用其他颜色的滤光片重复(8)、(9)、(10)、(11)步骤即可算出不同单色光的波长.

(13) 断开电键, 整理仪器.

【实验报告】

实验时间				实验地点		
实验环境	天气		气温		气压	
实验小组成员						
实验题目						
实验目的	1. 2.					
实验器材						
实验原理						
实验步骤	请理解记忆,自行整理.					
实验记录	现象记录			数据记录		

实验结果	
实验疑难记录与反思	

【过程探讨】

1. 在安装器材时一定要使光源、单缝、双缝和光屏的中心在同一条水平直线上,并使单缝和双缝平行,否则会出现一半亮、一半暗或完全看不到亮光的现象.

2. 比较不同色光的干涉条纹的宽窄时,可将两块不同颜色的滤光片上下并列放在光源和单缝之间,使得进入遮光筒的上、下两部分是不同颜色的光,这样就能在屏上同时看到上下两种不同色光的干涉条纹,便于直接比较它们的宽窄.

3. 测量若干个条纹间距离的时候,应对准两边条纹的什么部位? 这样做会不会出现视觉误差? 你在实验中是怎样做的? 有什么好的方法可以使误差小一些?

4. 在实验中,用白光作光源时,观察到的条纹情况有什么特点? 与用红光做实验相比,相邻两明(或暗)条纹间宽度有什么不同? 试从理论上定性解释一下.

5. 实验中测 Δx 时,直接去测两相邻条纹的间距有什么不好? 测 L 和测 d 时,测算中哪一个易使结果产生误差? 它们的影响是否一样?

【巩固练习】

1. 用单色光做双缝干涉实验时,在屏上观察到明暗相间的干涉条纹. 如果用波长不同的单色光分别照射到同一双缝时,则观察到的条纹间距是 ()

A. 波长大的单色光相邻干涉条纹间的距离较大

B. 波长小的单色光相邻干涉条纹间的距离较大

C. 相邻两条明纹间的距离大小与单色光的波长有关

D. 相邻两条明纹间的距离大小与单色光的波长无关

2. 在双缝干涉实验中,用黄色光得到一个干涉图样.若要使干涉条纹的间距变宽,可以采取的方法是 ()

A. 换用绿色的滤光片

B. 换用红色的滤光片

C. 使光源发出的光更强一些

D. 使光屏向双缝靠近一些

E. 使双缝间的距离变小些

3. 用白光作为光源做杨氏双缝干涉实验时,如果把其中一条缝遮住,在光屏上将出现 ()

A. 明暗相间的彩色干涉条纹

B. 黑白相间的单缝衍射条纹

C. 明暗相间的彩色衍射条纹

D. 一条白色亮条纹

4. 在双缝干涉实验中,滤光片的作用是_____,单缝的作用是_____,双缝的作用是_____.

5. 利用双缝干涉测量单色光的波长,调节好实验装置后,测量红光的波长.已知双缝的距离为 0.50mm ,双缝到屏的距离为 1.00m ,测得 6 条明纹间的距离为 7.50mm ,则此红色光的波长等于多少?

6. 用波长为 $0.589\text{ }\mu\text{m}$ 的黄光做双缝干涉实验,在距双缝 1m 的屏上,测得 20 条亮纹的间距为 2.4cm ,求所用双缝的间距.

【拓展交流】

1. 在双缝干涉实验中,如果将其中的一个狭缝挡住,利用双缝干涉仪是否会看到干涉条纹?经调整后,可能看到什么现象?

这个问题涉及到干涉和衍射的关系.挡住一缝,自然不能看到原来的干涉图样.适当调节另一缝的方位,应该能看到单缝衍射图样.它不再是等距的了,而是中央宽而亮,两边窄而暗,两边条纹相对于中央条纹对称分布.

这样看来,两狭缝均不挡住,相当于同样的光源发出的两束光分别经两单缝衍射后于屏上叠加,即形成双缝干涉条纹.所以有人说干涉中有衍射,这其中是有道理的.但从本质上,都源于相干光束的叠加,因此又可以说,衍射中有干涉,只是表现出的直观现象有所不同.

2. 在双缝干涉实验中,如果用白光作光源你观察到的中央亮条纹是什么颜色的?它能否是红色、绿色、紫色?它旁边离得最近的亮条纹是什么颜色的?离得最远的条纹是什么颜色的?这其中的道理是什么?