

《双缝干涉》教学 设计方案

辽宁省 赵东峰

目 录

(注：蓝色文字为超级链接，按住 Ctrl 并单击可跳转到相应位置)

一、 教学内容概述	2
二、 教学目标分析	2
三、 重点和难点	2
四、 学习者特征分析	3
五、 教学策略选择与设计	3
六、 教学资源与工具设计	3
七、 教学过程	5
(一) 设疑引入	5
(二) 专题探究	5
(三) 归纳总结	8
(四) 课后思考	8
八、 教学流程图	9
九、 教学评价设计	10
十、 板书设计	11
十一、 注释和说明	11
十二、 教学后记	13
参考资料	16
附加说明	16

《双缝干涉》教学设计方案

辽宁省 赵东峰

一、教学内容概述 [\[返回目录\]](#)

本课所讨论的内容选自现行《普通高中课程标准实验教科书·物理》（人民教育出版社）选修3-4第十三章《光》。

以往教材对光学部分的处理都是将几何光学和物理光学分解为两章，新课标下的教材将两部分内容整合为一，突出了“光的本性”，更加有利于学生对光现象的深刻认识和理解。本章在第一节得到折射定律后，及时引导学生作深层思考：通过实验得到的斯涅耳定律与从惠更斯原理得出的波的折射定律数学形式一致，由此是否可以推测光可能是一种波，而“光线”就是光波的波线？（见教材第47页）使学生自然地由对光的直观认知发展到对光的本性思考。这样的编排顺乎人类对光本性认识的发展规律，也是与高中学生的认知水平相适应的。

探究课题来源于教材，但探究过程的设计及细节的处理在教材基础上做了一定的修改。本课围绕对干涉现象的研究展开，着力于展示典型的光干涉现象，分析光干涉图样的规律。学生在本课的学习中，不但要理解其知识内容，更要深刻认识探究过程中所体现出来的科学研究方法与思想。

二、教学目标分析 [\[返回目录\]](#)

1. 知识与技能

认识双缝干涉条纹的特征；
知道影响条纹间距的因素。

2. 过程与方法

通过对机械波与光的比较，经历知识的迁移过程；
加深对“控制变量法”的理解与认识；
体验“提出假说→理论分析→实验验证”的科学探究过程。

3. 情感态度与价值观

欣赏光现象的奇妙与和谐，培养对物理学的浓厚兴趣；
培养严谨求实的科学态度；
体验探究自然规律的艰辛与喜悦。

三、重点和难点 [\[返回目录\]](#)

1. 重点

分析双缝干涉条纹的特征；
探究影响条纹间距的因素。

2. 难点

探究影响条纹间距的因素。

四、学习者特征分析 [\[返回目录\]](#)

在前一节课的学习中，学生已经发现了通过实验得到的斯涅耳定律与从惠更斯原理得出的波的折射定律数学形式惊人的一致，并开始了关于光的本性的思考。继而通过查阅资料、集体讨论了解了人类对光的认识过程，知道了托马斯·杨所做的双缝干涉实验，并对照机械波的干涉条件详细分析了双缝干涉仪的工作原理，但具体的实验现象对学生而言仍是一个悬念。

学生虽然没有观察过光的干涉现象，但已经有了丰富的关于机械波干涉的经验。在对机械波的干涉现象研究中，教材并没有直接给出加强区和减弱区的分布规律，但学生经过课内外的探究与讨论，已经得到了如下结论：

(1) 两列机械波在均匀介质中发生干涉，如果两个波源振动情况完全相同，则与两波源距离差为波长整数倍的位置是加强区，与两波源距离差为半波长奇数倍的位置是减弱区。

(2) 加强区和减弱区能分别连成一系列双曲线，两个波源是这些双曲线的焦点（因为到两定点的距离差为定值的点的集合是双曲线）。

学生已经具有一定的自主构建新知识框架的能力，可以从已知的物理现象与规律迁移至新的现象与规律。另外，学生也已经熟悉了必要的科学探究方法，如假说、控制变量，等等。

五、教学策略选择与设计 [\[返回目录\]](#)

理论分析与实验探索相结合，在教学设计上更加关注学生获取知识的过程，着重为学生搭建自主学习的平台，让学生通过观察、推测和分析，认识光的干涉现象，经历知识的同化和迁移，体验探究自然规律的艰辛与喜悦。

“假说”是科学探究的重要要素之一。本课要求学生在实验观察之前，先进行猜想、推测，根据现有知识预知新的规律，然后观察、检验。这一方面是为了克服观察的盲目性，同时更是为了让学生对“假说”这个重要的科学探究环节加深认识。

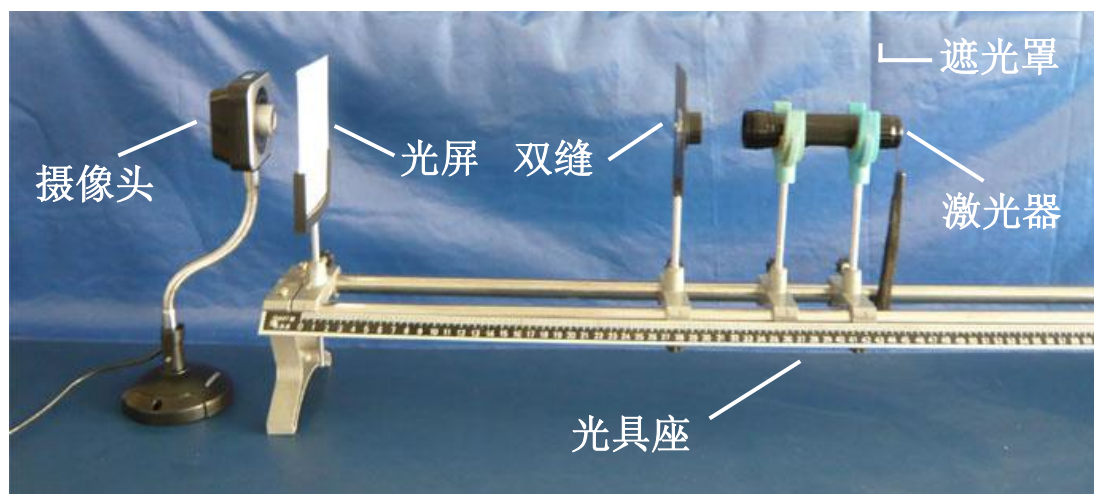
六、教学资源与工具设计 [\[返回目录\]](#)

我们常见的双缝干涉实验仪器如图 1 所示（教材第 54 页图，我所在的学校使用的就是这样的仪器）。



(图 1)

这套仪器调整起来稍显复杂，而且只能通过目镜对现象进行观察。用来做学生分组实验效果尚可，用来做演示实验则实在勉为其难。但如果学生在本节课的研讨中不能亲眼看到光的干涉现象，显然就缺少了一个至关重要的认知环节。为此，我设计制作了可以对实验结果进行数字化分析的“双缝干涉分析仪”。仪器结构如图 2 所示（摄像头通过 USB 接口与电脑连接，照片中未拍摄电脑）。



(图 2)

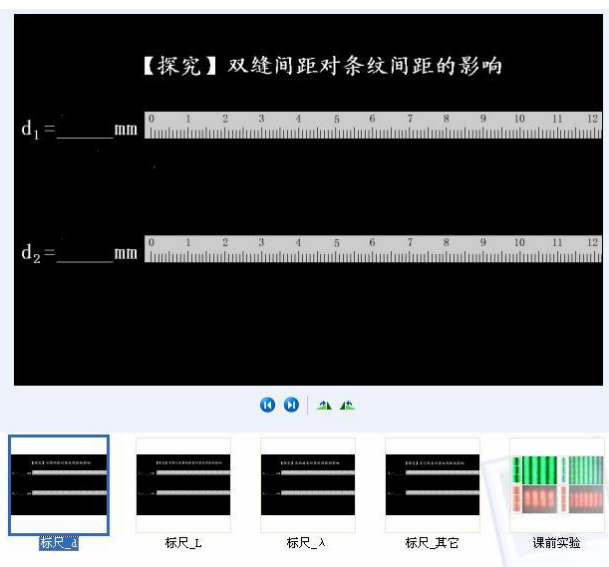
双缝干涉分析仪利用激光器作为光源,从而克服了普通光单色性不好、强度较弱的缺点。摄像头将光屏上的干涉条纹实时地传递给计算机进而通过投影仪在大屏幕上显示出来,给学生以最真实、最清晰的认知感受。这套仪器能够不受外界光环境限制,清晰地 在投影屏幕上呈现干涉条纹。

这套仪器的另一显著特点是将实验现象直接送入了计算机,从而为进一步的定量分析提供了方便。利用图片编辑软件,可以轻松地对干涉条纹进行裁切、测量、比较,这是传统的双缝干涉演示仪器所做不到的。[\[注释一\]](#)

我采用的图片编辑工具是 Microsoft 公司开发的画图 (mspaint) 软件,这套软件操作比较简单,而且就本课的应用而言其功能已经足够(当然,使用其它图片加工软件未尝不可,如 Adobe 公司开发的 PhotoShop 等)。

为便于实验探究中进行条纹间距的对照,需要在课前以图片形式准备四组如图 3 所示的标尺(保存为 bmp 格式以便编辑),其中三组标尺分别对应“双缝与光屏的距离对条纹间距的影响”、“双缝间距对条纹间距的影响”、“光的波长对条纹间距的影响”。由于不能预知学生探究结论的出现次序,因此将这三组标尺保存成三个文件以保证随时方便地调用。最后一组标尺对应“其它因素对条纹间距的影响”。在探究过程中,可能会有学生认为存在其它影响条纹间距的因素,如果学生在集体讨论中发表了这样的观点,那么除了请学生在理论上对其进行分析之外,在必要的情况下需要通过实验给予验证。[\[注释二\]](#)

另外,为了提高课堂效率,教师于课前完成四次验证条纹间距相等的实验并以图片形式保存实验结论,以备课堂演示之用。



(图 3)

七、教学过程 [\[返回目录\]](#)

（一）设疑引入 [\[返回目录\]](#)

前一课的研究给学生留下了一个悬念：双缝干涉实验到底能观察到什么现象？

请学生回顾“光的干涉”这个曾经长期困扰人类的著名光现象和托马斯·杨的巧妙实验设计，进一步激发学生的强烈好奇心，使学生急切地想解开这个疑团。

（二）专题探究 [\[返回目录\]](#)

【探究课题一】双缝干涉实验能够观察到什么样的现象？

推测和猜想：请学生对实验现象进行预测，然后针对此问题交流观点。

由于学生对机械波的干涉现象已经有了深刻的认识，因此可以通过独立的思考得出如下推测：

光的干涉图样可能是明暗相间的。

（注：由于这个问题其实是上节课留下的悬疑，所以有的学生可能在课前就已经作了充分的研究，在此直接给出“明暗相间的等间距条纹”的结论。如果有这样的情况，教师应该给予高度的评价，并鼓励其他学生发扬这种钻研精神。）

实验探究：利用双缝干涉分析仪进行实验（取光屏到双缝的距离=80cm，双缝间距=0.20mm，激光波长=532nm）。请学生认真观察，描述看到的实验现象。

实验可以得到如图 4 所示的干涉条纹（注：为便于排版，压缩了图片尺寸，但除此之外未做任何其它加工，下同）。

学生根据实验现象，可以得到如下结论：

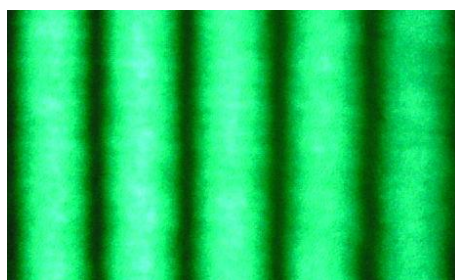
干涉图样是明暗相间的等间距条纹。

为了进一步检验条纹间距是否相等，可以对条纹进行切割比较（如图 5）。

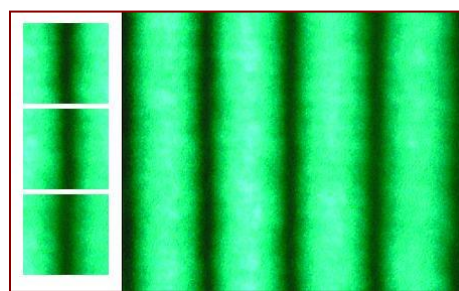
为使实验结论更具普遍性，出示课前做过的四组验证条纹间距相等的实验结论（如图 6）。

阶段性结论：双缝干涉的实验现象：

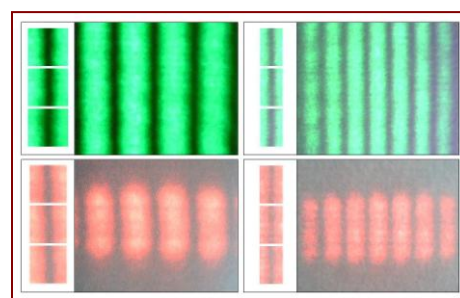
1. 明暗相间的条纹；
2. 条纹间距相等。



（图 4）



（图 5）



（图 6）

【探究课题二】影响条纹间距的因素有哪些？

小组讨论：请学生注意观察图 6，发现在不同条件下做实验，条纹间距并非一成不变。那么，到底是哪些因素对条纹间距造成了影响，造成了什么样的影响？请学生展开小组讨论，设计方案找到影响条纹间距的因素。

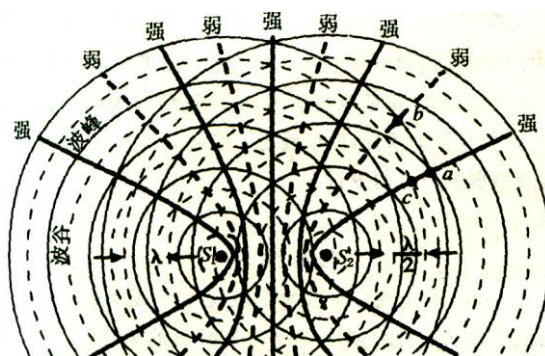
本环节具有高度的灵活性，教师要允许学生充分发挥其想象力和创造力，只要是合理的方案，就要给予肯定。在学生进行小组讨论的过程中，教师应在必要时给以一定的帮助和提示。

观点交流：请学生阐述、交流自己的观点和成果。

学生可能会提出的几种观点及其对观点可能的解释：

- (1) 条纹间距与双缝到光屏的距离有关，双缝到光屏的距离越远，条纹间距越大。

学生可能做出的第一种解释：联想到在机械波的干涉研究中曾利用作图的办法找到加强区和减弱区，如果能够模仿机械波的规律作出光的干涉示意图（如图 7），则立刻可以看出光屏离双缝越近，光屏上相邻加强点（或相邻减弱点）距离越近，即条纹间距越小。



(图 7)

学生可能做出的第二种解释：如图 8 所示，由几何关系可知

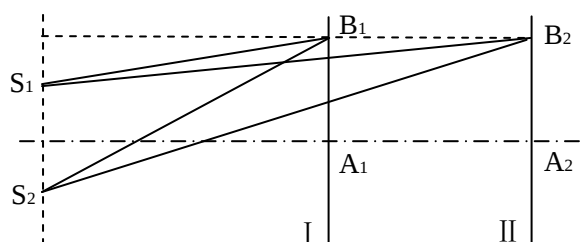
$$S_2B_2 - S_1B_2 < S_2B_1 - S_1B_1$$

若 $S_2B_1 - S_1B_1 = \lambda$ ，则

$$S_2B_2 - S_1B_2 < \lambda$$

欲使 $S_2B_2 - S_1B_2 = \lambda$ ，则显

然要向上移动 B_2 ，故相对 I 位置而言，光屏放在 II 位置时条纹间距更大。



(图 8)

- (2) 条纹间距与双缝间距有关，双缝间距越小，条纹间距越大。

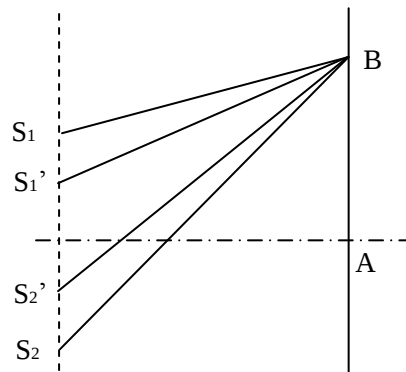
学生可能做出的解释：如图 9 所示，由几何关系可知

$$S_2B - S_1B > S_2'B - S_1'B$$

若 $S_2B - S_1B = \lambda$ ，则

$$S_2'B - S_1'B < \lambda$$

欲使 $S_2'B - S_1'B = \lambda$ ，则显然要向上移动 B，故双缝间距越小，条纹间距越大。



(图 9)

- (3) 条纹间距与光的波长有关，光的波长越长，条纹间距越大。

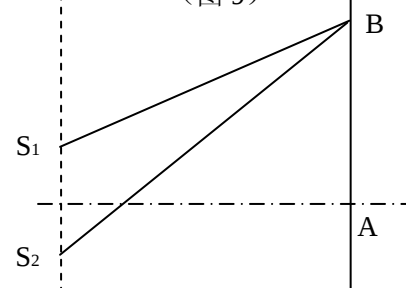
学生可能做出的第一种解释：如图 7 所示，仍然模仿机械波的规律作出光的干涉示意图。如果增大光的波长，则相当于把图中所有的圆都做等比例放大。在光屏位置不变的情况下，显然相邻加强点（或相邻减弱点）的距离将变大，即条纹间距变大。

学生可能做出的第二种解释：如图 10 所示，

$$S_2B - S_1B = \lambda$$

若光的波长增大为 λ' ($\lambda' > \lambda$)，则 $S_2B - S_1B < \lambda'$ 。欲使 $S_2B - S_1B = \lambda'$ ，

显然要向上移动 B，故光的波长越长，条纹间距越大。



(图 10)

以上列举的是学生可能会提出的几种观点及其解释。需要注意的是，学生解决问题是非

常有创造性的，未必会按照上述顺序说出自己的观点，更不一定用上述方法来解释自己的结论。教师在此环节中切不可有任何限制学生思维的行为，更不能为了“控制”课堂而用自己的观点代替学生的思考。

学生在阐述观点的过程中可能会出现错误，此时应以讨论的方式对学生的观点进行分析，让学生在对错误观点的剖析中获得发展。另外，即使是错误的观点往往也有其积极的意义，教师对此一定要做出科学的评价，更要避免对学生的探究积极性造成伤害。

此环节是最富于变化的，教师应做到既能让学生充分发挥其创造性，又能很好地把握课堂研讨的方向。

每当一个观点得到学生的认可之后，应通过实验检验其正确性。同时，通过实验又能让学生进一步发现双缝干涉的其它规律。可以采用控制变量的办法，通过如下方式对学生的各个观点进行验证：

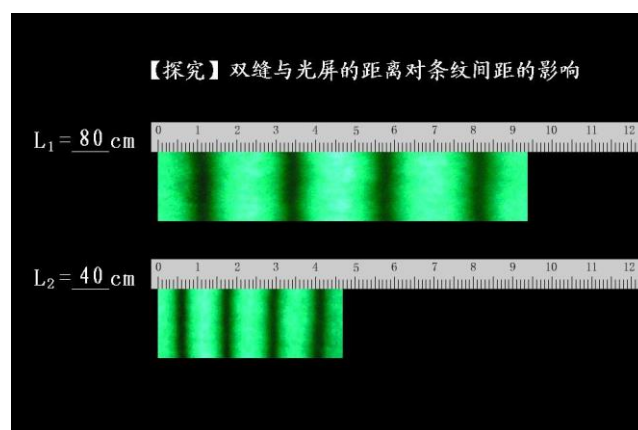
(1) 实验验证：双缝与光屏的距离对条纹间距的影响。

保持其它条件不变，改变双缝与光屏的距离，得到两组干涉条纹。从两幅图像上分别复制相同个数的条纹 [注释三]，粘贴到对应的标尺位置（如图 11）。对照这两组条纹，不但学生的观点可以得到验证，甚至学生还能由这个实验得到一个大胆的推测——条纹间距很可能和双缝与光屏的距离成正比（例如图 11 中 $\frac{80}{40} = 2, \frac{94}{47} = 2$ ）。[注释四]

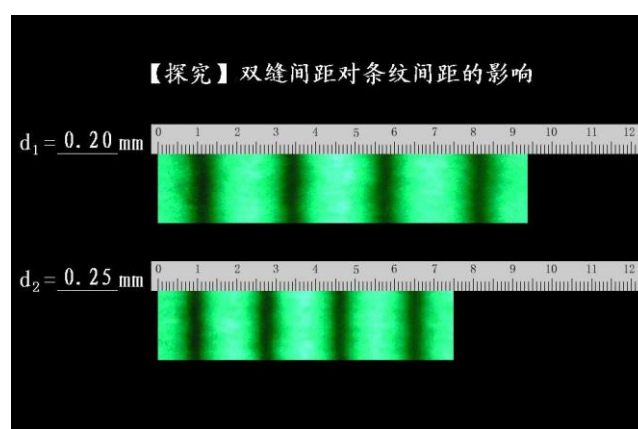
(2) 实验验证：双缝间距对条纹间距的影响。

保持其它条件不变，改变双缝间距，得到两组干涉条纹。与（1）的操作类似，可以很容易地验证学生的观点（如图 12）。同样，学生也能由这个实验得到一个推测——条纹间距很可能和双缝间距成反比（例如图 12 中 $\frac{0.20}{0.25} = 0.8, \frac{75}{94} = 0.8$ ）。

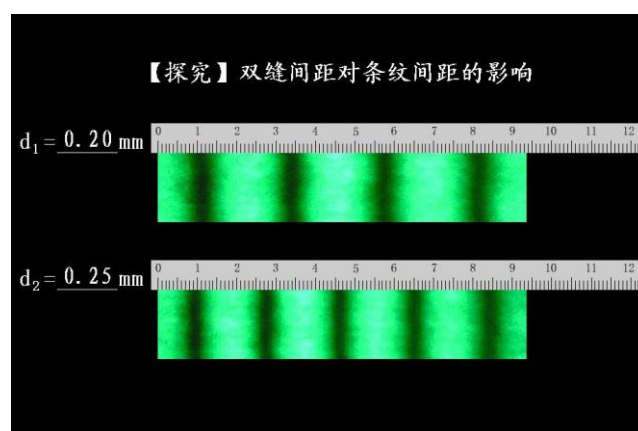
为了更加明显地体现条纹间距和双缝间距的反比例关系，可以在双缝间距为 0.20mm 时得到的图像上选取 4 个条纹，在双缝间距为 0.25mm 时得到的图像上选取 5 个条纹，比较其长度（如图 13），若长度相等，则验证了条纹间距和双缝间距的反比



（图 11）



（图 12）

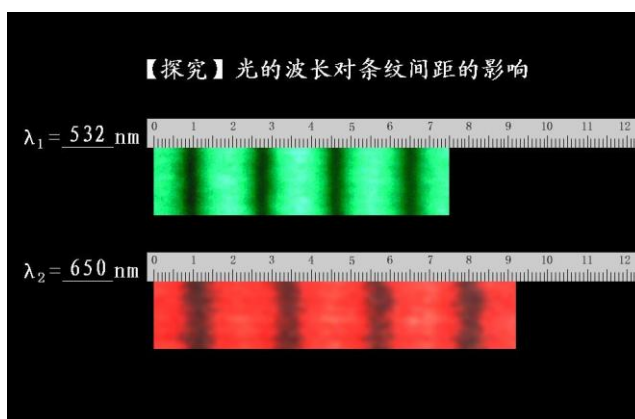


（图 13）

例关系。

(3) 实验验证：光的波长对条纹间距的影响。

保持其它条件不变,换用不同的激光器,得到两组干涉条纹。借助标尺对条纹间距进行比较(如图14),验证学生观点的同时,又能得到一个推测——条纹间距很可能和光的波长成正比(例如图14中 $\frac{532}{650} = 0.82, \frac{75}{92} = 0.82$)。



(图14)

阶段性结论：影响条纹间距的因素(括号里是根据实验所得到的猜测)：

1. 双缝与光屏的距离 ($\Delta x \propto L$);
2. 双缝间距 ($\Delta x \propto \frac{1}{d}$);
3. 光的波长 ($\Delta x \propto \lambda$)。

(三) 归纳总结 [\[返回目录\]](#)

本节课的研讨成果：

- 一. 双缝干涉的实验现象：
 1. 明暗相间的条纹;
 2. 条纹间距相等。
- 二. 影响条纹间距的因素(括号里是根据实验所得到的猜测)：
 1. 双缝与光屏的距离 ($\Delta x \propto L$);
 2. 双缝间距 ($\Delta x \propto \frac{1}{d}$);
 3. 光的波长 ($\Delta x \propto \lambda$)。

(四) 课后思考 [\[返回目录\]](#)

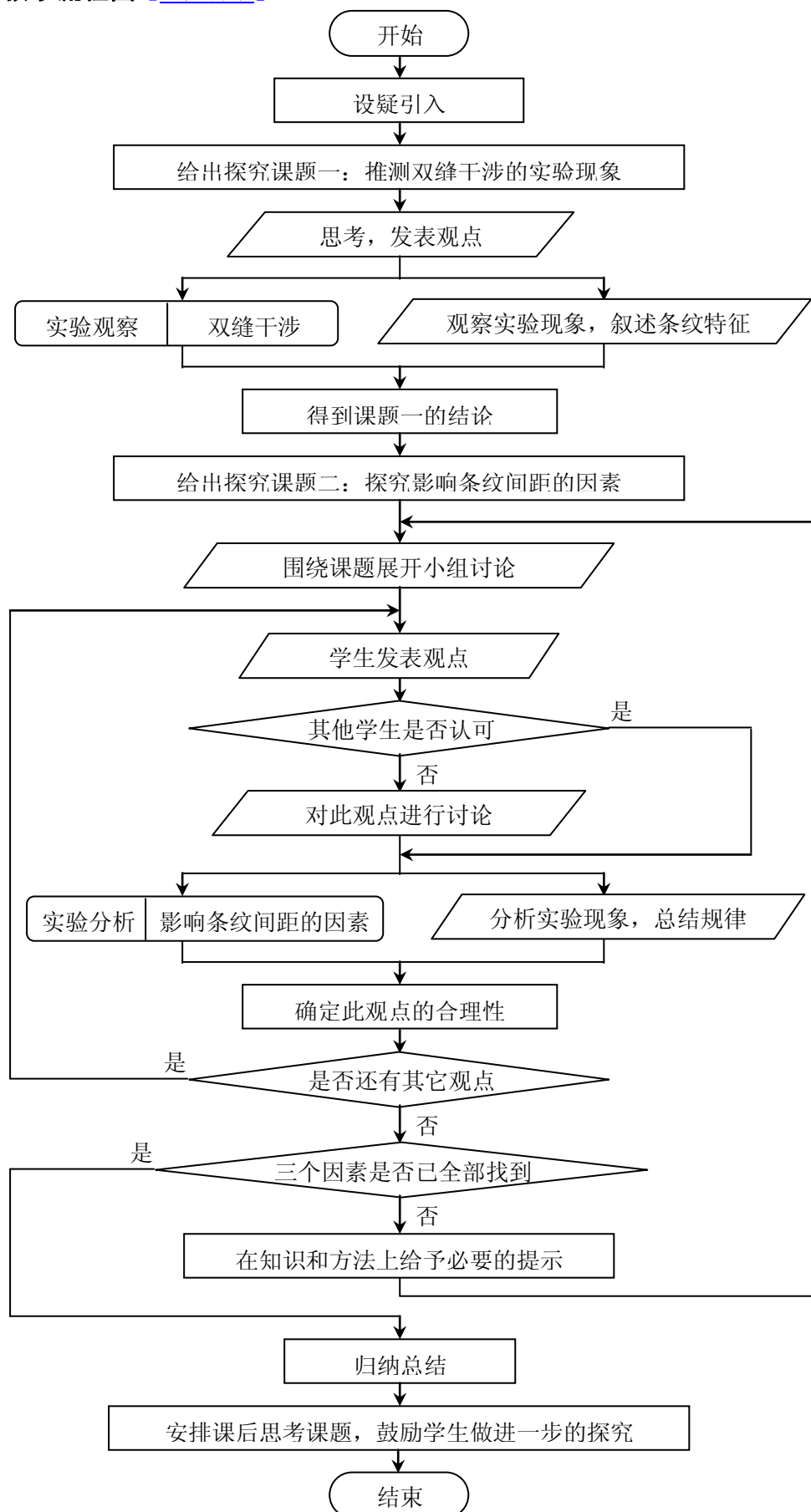
思考题一：除了上述三方面的因素,你认为是否还存在其它影响条纹间距的因素?

我们得到了影响条纹间距的三个因素,但并未声明条纹间距只与这三个因素有关。事实上,可能的学生会在课堂研讨中就会提出有其它因素影响条纹间距。关于这个问题的思考绝非多余,证明一个物理规律与某个因素无关甚至和证明它与某个因素有关同等重要(例如著名的光速不变原理就是在阐述一个“无关”:真空中的光速与惯性参考系的选取无关)。同时,这也是一个很好的锻炼学生思维严密性的机会,更有助于培养学生实事求是、一丝不苟的科学作风。

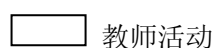
思考题二：能否进一步得到双缝间距与 L 、 d 、 λ 的定量表达式?

这个题目的设置有意引导学生进一步思考关于双缝干涉更深层次的内容,但这个问题的解决方案决不仅限于教材中的公式证明(见教材第53页)。由于有了前面的探究铺垫,学生很可能会试图根据本课的三个结论(但应注意:三个比例是经过实验不完全归纳得出来的,尚待更严格的证明)进一步归纳总结出定量的表达式。[\[注释五\]](#)

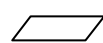
八、教学流程图 [\[返回目录\]](#)



注：流程图所用标记的含义：



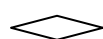
教师活动



学生活动



媒体运用



逻辑判断

九、教学评价设计 [\[返回目录\]](#)

在课堂探究、研讨的过程中，教师应针对学生的表现及时、准确地给予评价，另外，也可以创建量规，在课堂探究完成后对学生进行综合性的量化评价。下面是评价量表的设计方案。

班级：_____

姓名：_____

得分：_____

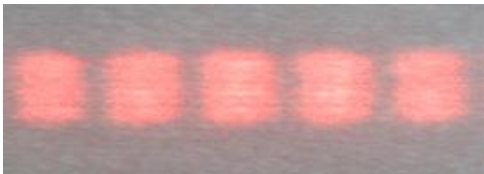
评价项目	评 价 标 准	等级（权重）分				自我评价	小组评价	教师评价
		优秀	良好	一般	较差			
知识与技能	知道双缝干涉的实验现象及条纹特征	15	12	9	6			
	知道影响条纹间距的因素	15	12	9	6			
过程与方法	熟悉假说、控制变量等科学思想与方法并能运用它们完成探究活动	20	15	10	5			
	知道将假说上升为理论的途径	20	15	10	5			
情感态度与价值观	兴趣浓厚，积极参与探究活动，勇于发表观点	15	12	9	6			
	与小组成员间配合默契，彼此协作愉快，互帮互助	15	12	9	6			
自我点评：								
小组点评：								
教师点评：								

十、板书设计 [\[返回目录\]](#)

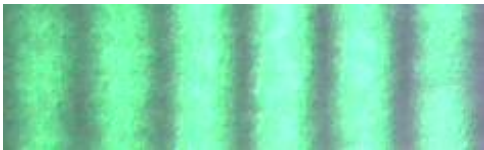
§ 13.2.2 双缝干涉		
一、实验现象	二、影响条纹间距的因素	
1. 明暗相间的条纹	1. 双缝到光屏的距离	$(\Delta x \propto L)$
2. 条纹间距相等	2. 双缝间距	$(\Delta x \propto \frac{1}{d})$
	3. 光的波长	$(\Delta x \propto \lambda)$

十一、注释和说明 [\[返回目录\]](#)

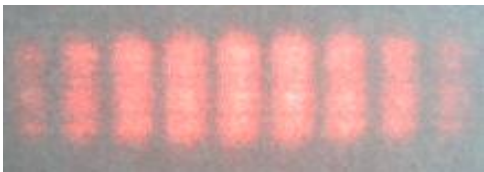
【注释一】关于双缝干涉演示仪的设计：
由于激光光束较细，因此干涉后形成的图像是一系列亮斑（如图 15）。为了得到条纹，我通过透镜对激光进行了扩束处理（这个改造被置于激光器内部），这样即得到了如图 16 所示的干涉条纹。我所用的绿色激光器功率为 50mW，扩束后效果很好，但红色激光器功率只有 5mW，光束扩得太大时亮度稍显不够，为兼顾实验的清晰度，对红色激光只做了较小幅度的扩束（如图 17）。



(图 15)

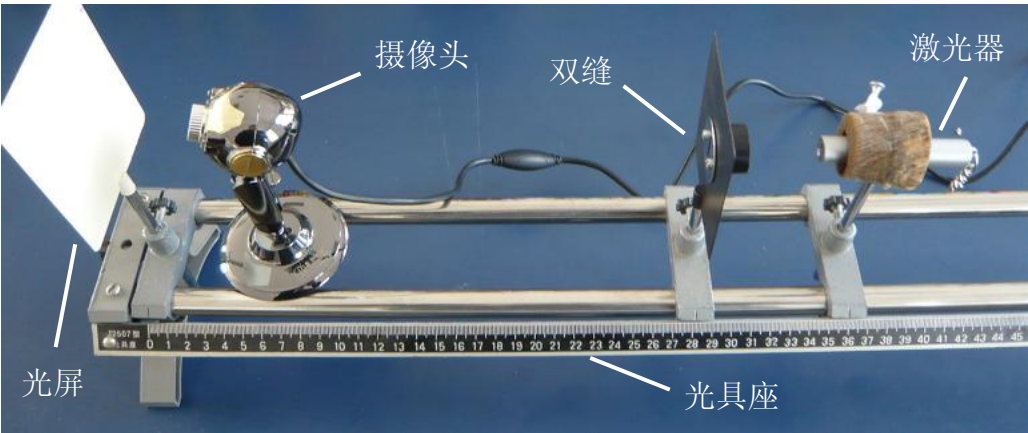


(图 16)



(图 17)

在初步设计中，曾考虑用摄像头从如图 18 所示的位置对条纹进行摄录，但由于采取这样的拍摄方式时摄像头必须有一个仰角（否则摄像头会遮挡光线），条纹的像会有较明显的变形，故最终改为用摄像头从光屏背面拍摄，这样镜头完全与光屏垂直，从而避免了图像失真。本实验所用的光屏是用复印纸粘制而成的，实践表明，用这样的光屏观察到的条纹比用毛玻璃屏观察的清晰得多。[\[返回\]](#)



(图 18)

【注释二】关于标尺的设计：

标尺设计成如图 19 所示的形式是不合适的。这样的设计虽然简洁紧凑，但很容易给学生造成不必要的暗示。当学生看到表头的时候，立刻意识到条纹间距一定和 L 、 d 、 λ 这三个物理量有关，与其它因素无关，从而完全限制了学生的思维。另外，看到这样的表格，很可能有的学生会认为既然老师都已经设计好了，那么只要循着老师的思路做就可以了，从而对学生的探究积极性造成了不良的影响。因此，宁可做得稍为复杂一点，我们还是要把各组标尺分开来设计。[返回]

L/cm	d/mm	λ/nm	实验结果
80	0.20	532	
40	0.20	532	
80	0.25	532	
80	0.25	650	

(图 19)

【注释三】关于“条纹宽度”、“条纹间距”、“N 个条纹”的解释：

事实上，明暗条纹并没有清晰的界限（如图 4），以上这些都只是通俗的说法。所谓“条纹宽度”、“条纹间距”指的是某一明条纹的中心线到相邻明条纹的中心线的距离（或某一暗条纹的中心线到相邻暗条纹的中心线的距离），“N 个条纹”的计数是从第 1 条明条纹的中心线到第 N+1 条明条纹的中心线（或从第 1 条暗条纹的中心线到第 N+1 条暗条纹的中心线）。

为简洁起见，本文仍采取上述通俗的叙述方式。[返回]

【注释四】关于实验结论的叙述：

“双缝与光屏距离越远，条纹间距越大”这个观点经过理论分析和实验验证，在课堂上可以被接受（但严格来讲，只进行一次实验验证也是不够的），但“条纹间距和双缝与光屏的距离成正比”这个说法却仅仅是通过一次实验所得到的推测，既没有大量事实作为证据也没有严格的理论分析，因此不应直接作为结论给出，而要用推测性的语气来叙述，在书写板书的时候应以括号对其进行标记。后面的两个比例关系也应该做与此类似的处理。科学工作者必须具备严谨求实、一丝不苟的态度，不能在证据不充分的情况下轻率地下结论。作为教师，更应该时刻注意对学生进行这方面科学作风的培养。

另外，在本课的设计中，并没有计划通过更多的实验验证或理论分析把这三个推测发展为定论，这一方面是出于课堂效率的考虑，更重要的是为了留给學生足够的思考与探索空间，学生是有足够的能力把这三个“可能”变成“一定”的。[返回]

【注释五】关于双缝间距与 L 、 d 、 λ 间定量表达式的实验探索法：

在其它条件不变的情况下， $\Delta x \propto L$ ， $\Delta x \propto \frac{1}{d}$ ， $\Delta x \propto \lambda$ ，而 Δx 又与其它因素无关，

故可设 $\Delta x = k \frac{L}{d} \lambda$ ，其中 k 是常数。

k 的值可以通过实验来确定，步骤如下：

- (1) 组装仪器，调整光具共轴（为了较准确地调整共轴，可以借助激光器）
- (2) 在光屏上对准主光轴的位置附近画一条线段，测出其长度 s ；
- (3) 调整摄像头的位置使线段成像清晰，在大屏幕上测出这条线段的像的长度 S ；
- (4) 打开激光器，测出第 1 个明条纹中央到第 N 个明条纹中央的距离 X ；
- (5) 读出光屏与双缝的距离 L 、双缝间距 d 、光的波长 λ ；

- (6) 根据 $k = \frac{s}{S} \cdot \frac{X}{N-1} \cdot \frac{d}{L\lambda}$ 求出 k 的值；

(7) 调整参数，重复实验，考察各次求出的 k 值是否非常接近；

(8) 若各次所得 k 值非常接近，则求出其平均值作为实验结论，否则应分析

$\Delta x = k \frac{L}{d} \lambda$ 的正确性以及实验设计的合理性。

注意：第 (3) 步操作之后不得再移动光屏和摄像头。

我做了这个实验，下面是我的一次实验数据：

s (cm)	S (cm)	X (cm)	N	L (cm)	d (mm)	λ (nm)
1.00	126.8	110.2	5	80	0.20	532

据此求得 $k=1.02$ 。

调整参数重复实验，最终得出结论： $k=1$ 。

故 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ [\[返回\]](#)

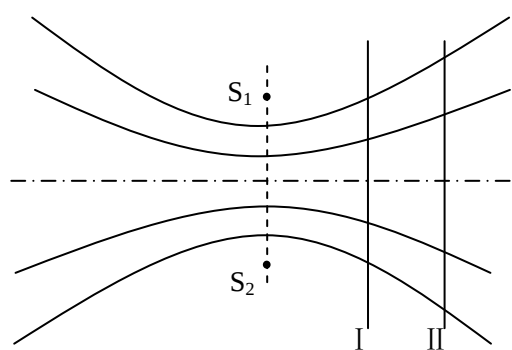
十二、教学后记 [\[返回目录\]](#)

虽然在教学设计中尽量考虑到课堂上可能发生各种情况，但实际的教学过程总是灵活多变的。在这堂课的授课中，出现了如下几个变化：

1. 学生在说明双缝与光屏的距离对条纹间距的影响时，提出了更简洁的方案

学生采用的理论分析方法与第 5 页“学生可能做出的第一种解释”类似，但学生并未画出“波峰”和“波谷”，而是直接应用了“加强区和减弱区能分别连成一系列双曲线”这一结论，从而使论证更加简洁。其论证过程如下：

如图 20 所示， S_1 和 S_2 是双缝，假设干涉所形成的加强区能够连成如图所示的几条双曲线（示意图），则显然相对 I 位置而言，光屏放在 II 位置时条纹间距更大。故双缝到光屏的距离越远，条纹间距越大。



(图 20)

这一方法不但简洁地论证了双缝与光屏的距离对条纹间距的影响，同时也给了其他学生以及老师一个重要的提示（详见第 14 页“课后思考题的变化”）。

2. 学生直接提出了“条纹间距与光的波长成正比”

学生采取的论证思路与第 5 页“学生可能做出的第二种解释”类似，但学生在 $\lambda' = 2\lambda$ 的特殊情况下做了一个不完全的论证，最后得到“条纹间距与光的波长成正比”的推断。论证过程如下：

如图 21 所示，B 是与 A 相邻的明条纹，则

$$S_2 B - S_1 B = \lambda$$

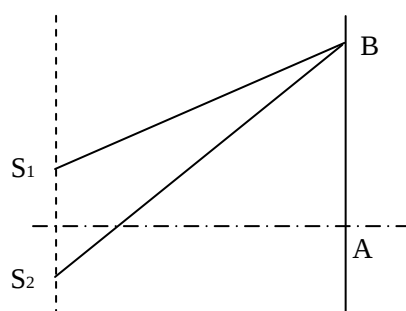
若光的波长变为 λ' ($\lambda' = 2\lambda$)，则

$$S_2 B - S_1 B = \frac{1}{2} \lambda$$

显然此时 B 是与 A 相邻的暗条纹。

因为明、暗条纹是等间距分布的，所以此时 AB 的距离等于半个条纹间距。

可见，光的波长变成原来的二倍，条纹间距也变为原来的二倍，故条纹间距与光的波长成正比。

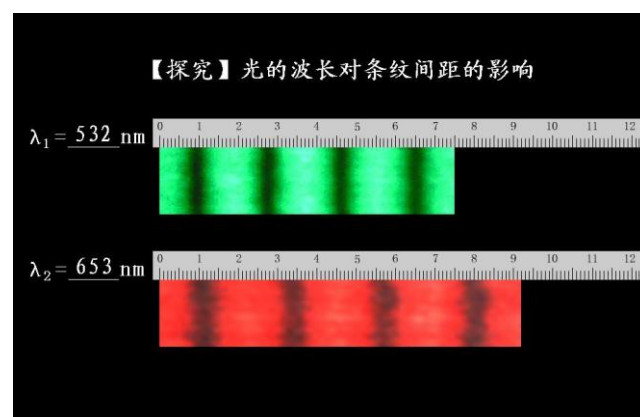


(图 21)

虽然这是一个不完全的论证,但学生至此已经明确给出了“条纹间距与光的波长成正比”这一推测。针对这一情况,采取与前述教学计划不同的方式来验证这个观点:

已知一只激光器发出的绿光波长是 532nm,假设这一正比例关系成立,能否通过实验推算出另一只激光器发出的红光的波长?

当然,利用双缝干涉分析仪完成这个测量是很容易的(如图 22。课堂研讨中所得的实验结论没有保存,此图是课后重新做这个实验得到的)。虽然实验过程比较简单,但学生对这个测量过程的热情是很高的——只要知道了一种光的波长,我们就可以利用这套仪器测出其它任何一种光的波长,这确实是一件令学生激动的事情。



(图 22)

这一验证方式既避免了继续重复相似的操作给学生造成的疲劳,又进一步激发了学生对干涉现象的浓厚兴趣,同时也能够很好地培养学生思维的灵活性,鼓励学生从不同的角度去思考问题。

当然,有的学生会考虑:如果一种光的波长也不知道,我们能不能用这套仪器测出来光的波长呢?回答当然是肯定的,不过具体的方案就要留给学生自己去设计了(想办法测出成像系统的放大率是关键)。

3. 课后思考题的变化

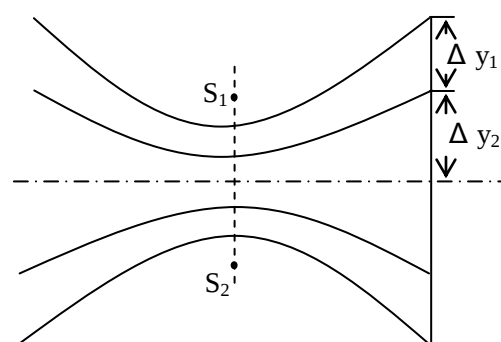
在布置课后探究课题时,没有提及“思考题二”,增加了一个问题:“为什么干涉条纹是等间距的?”

之所以这样安排,是出于如下两方面的考虑。

(1)“思考题二”会给学生一个暗示:影响条纹间距的因素只有三个。结果限制了学生的思维,“思考题一”当然也就难以达成预期的效果。

(2)新增加的题目会引发学生对相关问题的思考。学生在课堂研讨中所做的一个论证(见第 13 页“第 1 个变化”)给其他学生留下了一个疑问,却同时又是一个重要的启发。

学生利用图 20 中的双曲线解释了“双缝到光屏的距离越远,条纹间距越大”这一观点,但这一组双曲线也给其他学生造成了一个疑问:如图 23,凭直觉判断, Δy_1 和 Δy_2 并不严格相等(可以证明,这个判断是正确的)。那么,为什么我们观察到的条纹却是等间距的呢?这个疑问自然引领学生对这些双曲线展开研究(注:学生已经非常熟悉双曲线的数学性质,相关内容在数学选修 2-1 第二章第 2 节详细地讨论过)。而学生通



(图 23)

过这个研究最终必然会得到 $\Delta y = \frac{L}{d} \lambda$ 的结论。

学生可能会有如下两种分析方法(两种方法利用的是同一数学原理,法二其实只是法一的简化做法)。

法一：如图 24 构建坐标系，其中 S_1 、 S_2 为双缝，间距为 d 。光屏置于 $x = L$ 处，光的波长设为 λ 。

双曲线 I 是到双缝距离差为 $n\lambda$ 的点的集合，双曲线 II 是到双缝距离差为 $(n+1)\lambda$ 的点的集合。

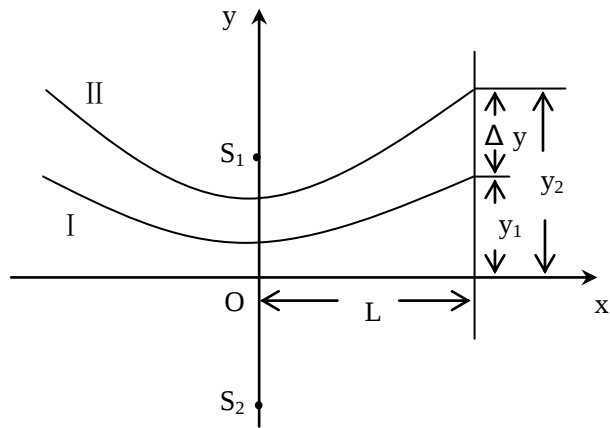
设双曲线 I 的方程为

$$\frac{y^2}{a^2} - \frac{x^2}{b^2} = 1$$

其中

$$a = \frac{n\lambda}{2}$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{n\lambda}{2}\right)^2}$$



(图 24)

$$\text{由以上三式得 } y = \frac{n\lambda}{\sqrt{d^2 - (n\lambda)^2}} \sqrt{x^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{n\lambda}{2}\right)^2}$$

将 $x = L$ 代入，注意到 $L \gg d$ ，在傍轴近似下 $d \gg n\lambda$ ，得

$$y_1 = \frac{n\lambda}{d} L$$

$$\text{同理, } y_2 = \frac{(n+1)\lambda}{d} L$$

$$\text{故 } \Delta y = y_2 - y_1 = \frac{L}{d} \lambda$$

法二：由于 $L \gg d$ ，故在光屏处双曲线已趋近其渐近线，因此可以利用双曲线的渐近线近似求解。

如图 25，双曲线 I 的渐近线方程为

$$y = \frac{a}{b} x$$

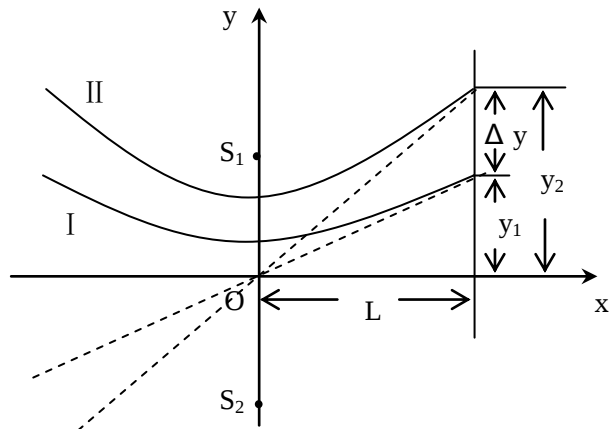
(这里只讨论图 25 中画出的渐近线，对另一条渐近线不作讨论)

$$\text{其中 } a = \frac{n\lambda}{2}$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{n\lambda}{2}\right)^2}$$

在傍轴近似下 $d \gg n\lambda$ ，因此 $b \approx \frac{d}{2}$ ，于是渐近线方程可化简为

$$y = \frac{n\lambda}{d} x$$



(图 25)

将 $x = L$ 代入，得 $y_1 = \frac{n\lambda}{d}L$

同理， $y_2 = \frac{(n+1)\lambda}{d}L$

故 $\Delta y = y_2 - y_1 = \frac{L}{d}\lambda$

这只是两个可能的推导方法。学生有很扎实的数学基础，完全可能给出更简洁的论证。当然，也会有部分学生参阅教材的后续内容，但这样就难免受到教材第 53 页论证过程的局限，从而影响其探究的灵活性和创造性。

参考资料：[\[返回目录\]](#)

《普通高中课程标准实验教科书·物理》选修 3-4（人民教育出版社）

《普通高中课程标准实验教科书·数学》选修 2-1（人民教育出版社）

《普通高中物理课程标准》（人民教育出版社）

附加说明：[\[返回目录\]](#)

文中全部设计（包括实验设计和理论分析）皆为作者原创，水平所限，不当之处在所难免，还请专家、老师多加指正。交流请致电或发送短信：13500798115。