

高中物理演示实验参考资料

光学和原子结构部分

上海教育学院编

上海教育出版社

高中物理演示实验参考资料

(光学和原子结构部分)

上海教育学院編

*

上海教育出版社出版

(上海永嘉路123号)

上海市书刊出版业营业许可证出090号

中华书局上海印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

*

开本：787×1092 1/32 印张：4 3/16 插页：1 字数：91,000

1964年7月第1版 1964年7月第1次印刷

印数：1—27,000本

統一书号：7150·1527

定 价：(入)0.38元

說 明

《高中物理演示實驗參考資料》和《初中物理演示實驗參考資料》是以全日制中學物理教學大綱(草案)和現行初高中物理教材為依據,在我們工作實踐的基礎上進行編寫的。編寫這套資料的意圖,是為了幫助物理教師明確演示目的,了解實驗原理,熟悉儀器性能,掌握實驗關鍵,知道演示步驟和方法,並能製作一些簡單而效果較好的教具,充實教學設備,以加強演示實驗,更進一步提高物理教學的質量。全套資料共分六冊,其中初中兩冊,高中四冊,準備在二、三年內陸續編完。

這一分冊的內容是高中教材的光學和原子結構部分,一共收入了 28 個重要的演示實驗。每一實驗的資料,大體上分目的、基本原理、器材、儀器裝置、演示方法等五個方面編寫。鑑於當前各校的設備條件不同,為了充分發揮各種儀器的作用,在資料中,對於能用不同方法進行演示的實驗,都分別作了詳細的說明。

在這冊資料的編寫過程中,兄弟院校和部分有經驗的中學物理教師曾對初稿提出了一些有益的意見,並給了我們許多鼓勵和幫助。但是,我們的水平有限,錯誤之處仍所難免,還請讀者批評指正。

上海教育學院

1964 年 2 月

目 录

緒 論	1
第一章 几何光学	10
实验一 光的反射、折射和透镜成象	10
实验二 光路的立体显示	21
第二章 光的干涉	24
实验一 水波的干涉	26
实验二 声波的干涉	31
实验三 楊氏干涉	32
实验四 菲涅耳双面鏡干涉	39
实验五 劳埃鏡干涉	43
实验六 菲涅耳双棱鏡干涉	44
实验七 薄膜干涉	49
第三章 光的衍射和偏振	56
实验一 水波的衍射	58
实验二 单縫衍射	60
实验三 圓孔衍射	67
实验四 双縫衍射	69
实验五 多縫衍射	71
实验六 光的偏振	75
第四章 光的色散和光譜	82
实验一 光的色散	82
实验二 物体的顏色	85
实验三 連續光譜和明綫光譜	87
实验四 吸收光譜	92
第五章 紅外線、紫外綫和倫琴射綫	98

实验一 紅外線	98
实验二 紫外綫	100
实验三 倫琴射綫 (X 射綫)	100
第六章 光电現象及其应用	104
实验一 光电效应	104
实验二 光电效应的斯托列托夫实验	106
实验三 光电管的作用和光控替續器	110
第七章 原子結構	115
实验一 威耳孙云室	115
实验二 盖革計数器	121
实验三 閃爍鏡	126
附录一 波长表	127
二 在空气中电火花的距离跟电压的关系表	128
三 光譜图	

緒 論

一 演示實驗在光学和原子結構 教學中的重要性

光学和原子結構是中学物理中的重要組成部分。光学主要是研究光的傳播規律、光的发生和本性、光跟各种物质的相互作用以及这些知識在生产实践和其他方面的应用，原子結構主要是研究原子本身的結構、原子内部的規律、放射現象以及原子能的釋放和应用。在中学物理課程中讲授这些內容的时候，鉴于光的干涉、衍射、色散等現象在一般条件下往往很难有明晰的图象，而原子結構中所讲到的許多微观粒子也无法直接凭肉眼去观察，因此要使学生正确理解和牢固掌握知識，认真做好有关的演示實驗就显得非常必要。

要做好演示實驗，首先必須有明确的演示目的。演示實驗是为实现教學目的要求服务的。演示實驗的內容和要求，必須根据教學大綱的精神和教材內容来全面考虑和安排。同时，有了正确的教學目的要求，还必须不断改进仪器裝置，提高演示效果，熟练操作技能。这样，才能使演示實驗跟課堂教學有机結合，使教學质量得到进一步的提高。

因此，在考虑光学部分的演示實驗时，首先应当使有关的實驗能够明晰地显示出光的若干基本現象，并能說明光通过光学系統成象的基本原理；其次应当使学生懂得，光的干涉和衍射現象是光的波动性的重要表征，而光的吸收和发射以及

光电效应是光的粒子性的重要表征。在考虑原子结构部分的演示实验时，首先应当做好在云室里显示带电粒子运动径迹的实验，并应使学生懂得计数的方法。这样，才有助于学生理解和掌握有关教材。

二 基本设备的选择和安装

在光学和原子结构的演示实验中，为了保证实验有良好的效果，除了必须具备有主要的仪器以外，还必须力求有合乎要求的基本设备。在某种意义上讲，这些设备有时甚至决定着演示效果的好坏。这些设备主要有列三种：光源、电源和投影装置。

下面先来谈谈这些基本设备的选择和安装。

(一)光源 按照不同的实验要求，对光源的要求也是不同的，大致说来有下列五种：平行强光源、点光源、单色光源、狭缝光源和低温光源。如果按发光体的种类区分，则还可以分为下列四种：太阳光源、白炽灯光源、弧灯光光源和酒精灯或蜡烛光源。

现在把这些光源的安装方法和要求分述如下：

1. 平行强光源：

一般的平行光源都是把光源放在凸透镜的焦点上产生的。如果在光源的后面加放一块凹镜，把一部分光线反射回来，使它们也能通过凸透镜，那么就得到了平行强光源。在这种光源里，凹镜的位置要适当，应当使光源正好位于凹镜的球心上。至于光源前面的凸透镜，也可以用两块平凸透镜组成的透镜组来代替，这样可以消除透镜的球面象差，使得到的光束更加接近于平行。这种装置在普通的幻灯机里都能看到，可参看图1。

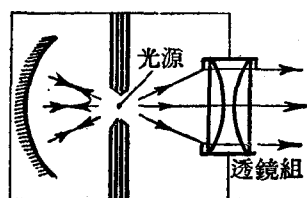


图 1

如果把两块大的平凸透鏡和短焦距凸透鏡如图 2 所示排列起来,就可以使大量的光通过而平行发射,从而获得更强的平行强光源。这种平行强光源在干涉和衍射现象的演示中都要用到。

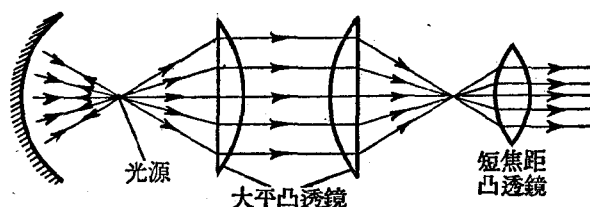


图 2

平行强光源还可如图 3 所示安装：一束平行的細小强光

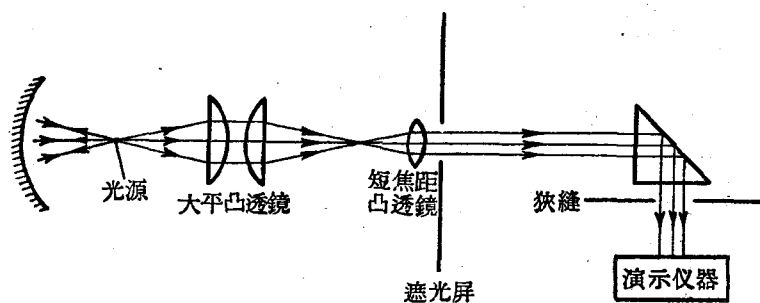


图 3

束从旁边射来,經直角三棱鏡反射后进入狭縫,成为演示仪器的光源。因为原来的光源远离仪器,这样就既能避免杂乱光綫的干扰,又能使光源輻射出来的热量不致损坏不能耐热的仪器。

2. 点光源:

任何光源,即使是弧光灯,也很难真正形成一点。因此,在演示实验中,只要观察者和发光体之间的距离远大于发光体本身的几何綫度,就可把这发光体看作是点光源,而取得一定的实验效果。在場地受到限制时,点光源通常是用一束强光通过小孔获得的。在光学和原子结构的演示实验中,一般只要在一个 100 瓦特的灯泡前面放一块凸透鏡,把灯絲的象聚焦在一个小孔上就可以了。不过,这时灯泡应当放在凸透鏡两倍焦距以外的地方,使它能在小孔上形成一个縮小的实象,这样,一部分光綫透过小孔而发射,就形成了点光源。在不需要很大光通量的实验中(例如用眼睛直接观察时),把一个小电珠放在凸透鏡前面五、六米以外的地方,就可供实验用。

3. 单色光源:

取得单色光源的方法有二:(1)在白光光源上加一块有色滤光片,使它变成单色光。但是,滤光片是用良好的色玻璃制成的,价格較貴。如果改用普通的色玻璃,則滤出的光就不是純粹的单色光,所以只能在要求不十分严格的情况下使用。当然,在要求更低的情况下,用一張有色玻璃紙遮在白光光源上也就可以了。(2)采用三棱鏡色散分割的方法。使一束平行强光源的光投射到三棱鏡上,光綫通过三棱鏡时就发生色散,然后用一条狭縫,让需要的那种单色光从狭縫中漏出。用这种方法取得单色光源,效果比較好,装置也比較简单(图 4)。

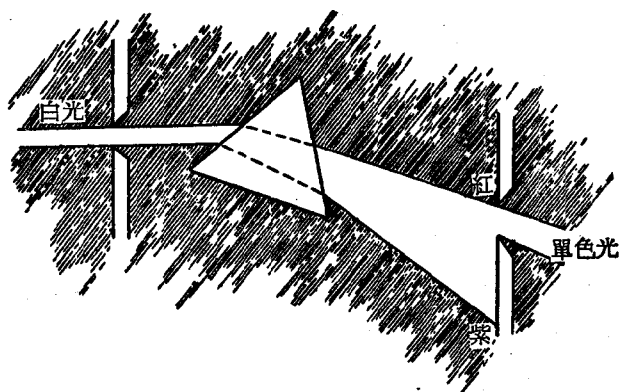


图 4

4. 狭缝光源:

让狭长灯丝的灯光经过透镜形成一个灯丝象，而且象要正好聚焦在一条狭缝上，这样，由于象和狭缝的重合，就得到了狭缝光源。如果在狭缝后面放一块短焦距凸透镜，则可以得到平行的光束。

5. 低温光源:

有些仪器不能耐受高温，这时必须使用低温光源。低温光源可用上述直角三棱镜来获得；也可以在光源和光具之间放一内盛清水的矩形玻璃缸，用水吸掉光源所辐射的大部分热量，以达到降低温度的目的。

6. 太阳光源:

在晴天进行演示时，可利用太阳光作为平行光源，这是最方便的获得平行光束的方法。因为太阳光比较强，用它作为光源来做演示实验，即使实验不在暗室里进行，也会获得良好的效果。演示时，可根据教室的情况，先用平面镜把太阳光反射入室内，一般再经过一次反射，就可使太阳光照射的方向适

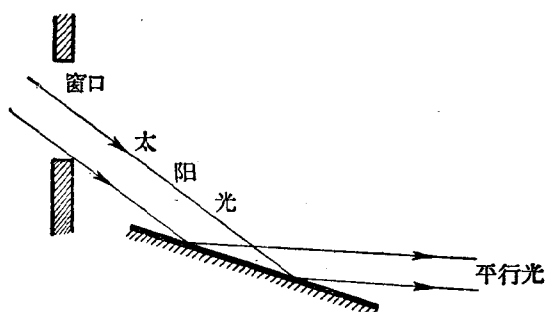


图 5

合演示的需要(图 5)。

7. 白熾灯光源:

白熾灯一般可看作是点光源。当用 6—8 伏特的小电珠

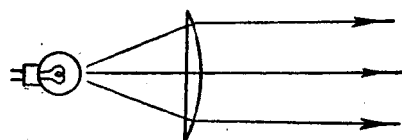


图 6

来获得平行光时, 可以把它放在幻灯机上用的一块平凸透鏡的焦点上, 以获得平行光束(图 6)。这种方法比較簡

单, 而且容易調节, 形成的光束也比較寬闊, 所以常跟光具盘配合使用; 缺点是光源的强度較小, 演示时需要良好的暗室和遮光设备。

如果所用的白熾灯里灯絲較大而不能看作是点光源时, 則可

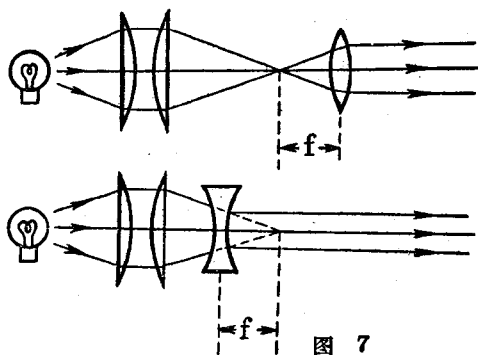


图 7

按图 7 所示利用透镜的会聚和发散来获得平行光束。

8. 弧光灯光源：

碳棒在空气里放电燃烧时，会放出强烈的白光来。这白光近似于一个点光源，把它调节在凸透镜的焦点位置，就可获得很强的平行光束（图 8）。不过，一般的弧光灯不能直接用市电作为电源，否则在起燃时，两根碳棒互相接触，有形成短路的危险。如果用 4 只电阻相同的限流器分两组如图 8 所示接入电路，则既可避免短路，又可把电压由 220 伏特降低到弧光灯需要的几十伏特，并使每一限流器中通过的电流也不致太大。在这种情况下，弧光就比较稳定。如果没有限流器，也可以取一个自耦变压器，把它串联在电路里，适当调节变压器的圈数，就可以使弧光比较稳定。

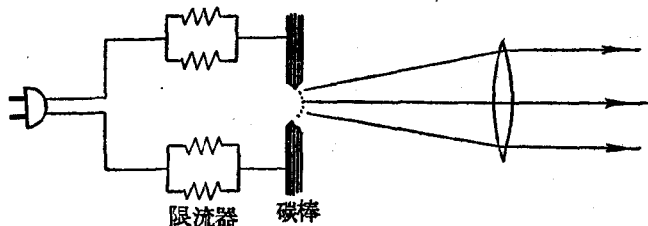


图 8

9. 酒精灯或蜡烛光源：

酒精灯或蜡烛的火焰，也可以用来作为演示实验的光源。这种光源特别适宜于说明透镜成像等问题，在设备条件较差的情况下，可以考虑采用。但是，它们的发光强度较小，而且火焰摇晃不定，所以只能在暗室里使用。

(二)电源 在光学和原子结构的演示实验里，常常要用到不同的电源，这些电源大体上可以分为高压交流、低压交

流、高压直流、低压直流四种。至于电流强度的大小，则视实验的要求而定。例如，在使用幻灯机、万能投影装置时，必须有110伏特或220伏特、3—5安培的高压交流电源；在使用小电珠时，必须有6—12伏特的低压交流或直流电源；在使用伦琴射线管时，则要有高压直流电源等等。一般说来，110伏特或220伏特的交流电，可从市电直接取得；低压交流电则要用变压器把市电电压降低取得；低压直流电源大多是蓄电池；高压直流电源可以用乙电池、感应圈或电子管整流器。

在各种电源中，不论电压高低、电流大小，如果使用不当，不仅会损坏仪器，甚至会造成事故。特别是光学演示实验，一般需要在暗室里进行，因此在安装电源的时候，必须考虑到便于演示和安全用电这两点。电线不可分布在工作人员经常活动的地方。开关须装在容易摸到的所在。对于不同的电压，插座上应有鲜明的标志。当然，在不影响演示的地方，也可以安装一只灯光微弱的红灯，以便寻找仪器和用具。

(三) 投影装置 为了增加可见度，提高演示效果，在做牛顿环、色散等演示实验的时候，往往需要用幻灯机来投影放大。用幻灯机投影的方法有二：一种是透射投影，是让光线透过要放映的物体而在影屏上显出物体的象来（图9）；一种是

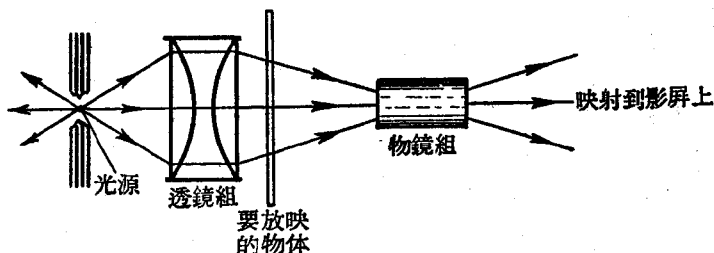


图 9

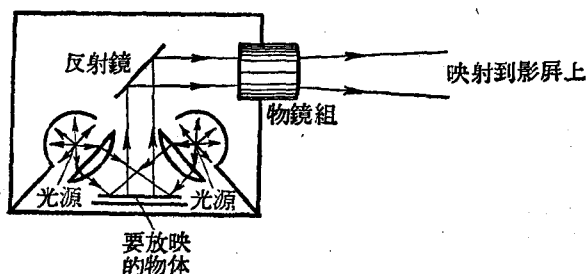


图 10

反射投影,是让光线照在要放映的物体上,借物体的反射光而在影屏上显出物体的象来(图 10)。

一般说来,投影装置的结构并不很复杂,它的主要部件如下:

1. 光源——弧光灯或白炽灯。
2. 散热器——散热箱或小通风机。
3. 聚光器——光源后面的凹镜和光源前面的平凸透镜组的组合。

4. 安插幻灯片或放映物的架子。在反射式幻灯机里,则要外加一块平面反射镜。

5. 投影用的物镜组——在好的幻灯机里,还装有消色差透镜,以免放映时在影屏上形成色散现象。

6. 调节装置——光源开关、冷却器开关、调节物镜距离的装置等。

第一章 几何光学

几何光学部分的演示实验主要在于表现出光的直进、反射、折射等现象。因此,只有那些能够明晰地显示出光路的实验,才能取得较好的演示效果。我们认为,在做几何光学的演示实验的时候,尽可能地让学生清楚地看到光线(确切地说,是光束)所通过的路径以及光线通过透镜、棱镜后的会聚、发散或偏折等现象,是非常必要的。为此,本章着重介绍用不同的方法显示出光路的实验。

我们知道,空气是透明体,只有当空气里含有相当多的不透明的杂质的时候,才能看清楚光束。因此,最简便的显示光路的方法是在一个密闭的容器里喷以烟雾,并让光线通过烟雾;或者在光束中斜放一块没有光泽的白色屏,让光束投射到白色屏上,留下一条光带,以显示光所通过的路径(一般的光具盘就是根据这个原理制成的)。此外,通过液体内部或液体界面的光线,也可以用同样的方法在屏上显示出来。如果在液体里放入一些荧光物质(如荧光黄),则光路就更为明显。

实验一 光的反射、折射和透镜成像

目 的 观察光的反射、折射和全反射现象,球面镜反射时的光路,通过透镜和棱镜的光路,以及透镜成像和简单光学仪器的光路等。

器 材 光具盘及其附件,平行光源。

演示光的反射、折射、全反射、面镜成像、透镜成像等等的

光具盘有两种。一种是矩形光具盘，它的外形如图 11 所示：在三脚铁架上固定着一块矩形的白色屏，屏的上沿画有刻度，作为标尺，标尺的下方有一根用来悬挂透镜、面镜的铁杆（如为棱镜，在屏上有专用的弹簧夹固定），屏的一端有七个矩形孔道。在矩形孔道的左侧，有六个安放可以旋转的小平面镜的小孔，以便必要时利用这些小镜的反射来改变入射光线的角度。当平行光束射入矩形孔道后（或者射入，再经过平面镜反射后），在屏上就形成了几条轮廓清晰的光束；这些光束通过透镜或棱镜，就显示出各种光路来。

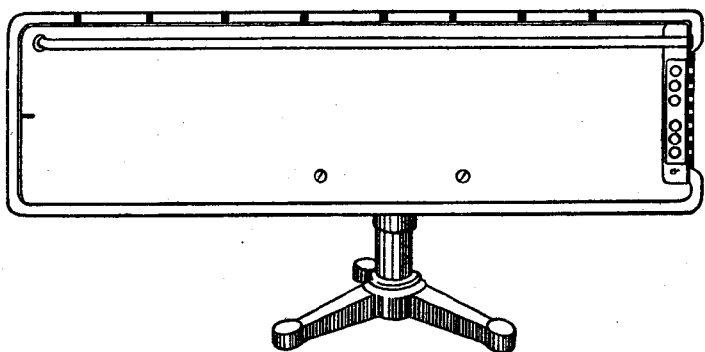


图 11

必要时，在七个矩形孔道前还可以插入一块红蓝玻璃片，使光束分为红、蓝、白三种颜色，以便更清晰地显示光路。这种红蓝玻璃片是一个整体，边缘用铁框固定，半块是红色，半块是蓝色，中间留有一条缝隙。因此，当光线透过玻璃片射入七个矩形孔道时，通过中间孔道的一条恒为白光，其余六条光线则分为两组：三条是红色的，三条是蓝色的。此外，七个矩形小孔还各附有一条遮光挡板。演示时，如果不需要同时射入七条光线，就可以把遮光板推入，遮去不需要的光线。如果要

使某一条或某两条光线按确定的角度射出，只要把小平面镜旋转到适当的位置，就可以改变光线的入射方向。从图 12 可以看出，当平行光束（为了便于说明问题，把光束画成了七条光线）射到矩形孔道上时，由于光线 2 和 6 被遮光挡板挡住，1 和 7 被可旋转的平面镜的背面挡住，通过矩形孔道的光线只有 3、4、5 三条。光线 3 和 5 是分别经过平面镜 b 和 a 与 c 和 d 的二次反射后，射到屏上去的，所以只要旋转平面镜 a 和 d，就可以使光线 3 和 5 按任何角度射出。

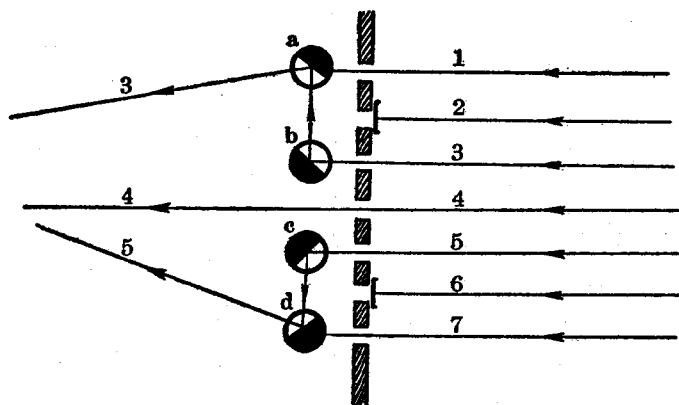


图 12

如果在矩形孔道前装上中间留有缝隙的红蓝玻璃片，光盘上留下的 3、4、5 三条光线，4 将仍为白光，3 和 5 则分别变为红光和蓝光。演示时，一般把光线 4（白光）当作透镜的主光轴，而把其余两条有色光线当作入射线。

此外，还有一种白色屏为圆盘形的光具盘，叫做哈特莱光具盘，它的外形如图 13 所示。屏的四周刻有刻度，每一分度代表 10° 。屏的中央有四个螺孔，可用来固定透镜、面镜或棱