

物理教学表演

第 一 册

分子物理和热力学

A. B. 蒙洛塞也夫斯基著

高等教育出版社

65.1571

794

物 理 教 学 表 演

第 一 册

分子物理和热力学

A. B. 蒙洛塞也夫斯基著

張季达 張开义 徐培光 宋承宗譯

高 等 教 育 出 版 社

本書系根据苏联技术理論書籍出版社(Гостехиздат)出版的蒙洛塞也夫斯基教授(А. В. Млодзевский)主編杰列斯宁教授(Р. В. Телеснин)等著的“物理教学表演”(Лекционные демонстрации по физике)1952年版譯出,可供高等学校和中等学校的物理教师以及實驗室工作人員参考。

原書共分八册,內容是分子物理和热力学(第一册)液体和气体力学(第二册),磁学(第三册),几何光学(第四册),物理光学(第五册),电学(第六册),振动与波(第七册),普通力学(第八册)。

譯本分六册出版,除将原書第四、五两册合为第四册,原第六册改为第五册,原第七、八两册合为第六册外,其余各册的册号与原書同。

本册是譯本的第一册,內容是闡述莫斯科大学中有关分子物理和热力学的表演試驗,包括分子运动論的基础,气、液、固三种聚集态的性質及其相互轉变和热力学的实验共85个。除此以外,第一章中还詳細地介紹了課堂表演的意义以及技术方面的基本知識。

本册由东北工学院物理教研室張季达,張开义,徐培光,宋承宗等翻譯,由徐培光、宋承宗两同志作最后校訂。

物 理 教 学 表 演

第 一 册

А. В. 蒙洛塞也夫斯基著

張季达 張开义 徐培光 宋承宗譯

高等教育出版社出版北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版业營業許可証出字第054号)

京華印書局印刷 新华書店發行

統一書号 13010·700 开本 850×1168¹/₃₂ 印张 4⁸/₁₆

字数 102,000 印数 0001—6,000 定价(8) 0.70

1969年11月第1版 1969年11月北京第1次印刷

序

本書是高等学校物理教学表演指示書的第一部分。本指示書拟分册出版，包括物理学的各部門。作者都是国立莫斯科大学物理系的工作人員；全書由本册的作者担任主編。在書中各部分，利用了莫斯科大学物理研究室多年的丰富經驗，其中有許多表演是初次提出的，有許多曾經作过必要的修改。書中所敘述的全部表演都經過实际檢驗，而且对实验的最成功的操作条件也加以說明。在实验的布置和檢驗工作中，有物理研究室的工作人員 M. B. 柯尔巴諾夫, C. H. 伍薩金和 B. C. 叶戈洛夫参加。

蒙罗塞也夫斯基教授

目 录

序	vii
---------	-----

第一部分 总 論

1. 課堂表演的意义	1
2. 表演的一般特点	2
3. 仪器的布置	3
4. 預演	4
5. 在黑板上的作图法	4
6. 利用在幕上投影的物理表演	7
总論(7) 阴影投射法(8) 幻灯(9) 聚光鏡(11) 幻灯片的投 影(12) 倒轉棱鏡(13) 物理实验的投影(14) 水平投影(16) 不透明物体的投影(18) 显微鏡的投影(19) 电影的放映(23)	

第二部分 分子物理学和热力学

I 分子运动論的实验基础

7. 布朗运动	24
利用显微鏡的表演(24) 不用显微鏡的表演(25)	
8. 气体的相互扩散	25
9. 气体通过多孔壁的扩散	26
10. 溶液中的扩散	27
11. 气体的导热性	27
12. 气体中的內摩擦	29
13. 液体中的內摩擦(粘滯性)	30
14. 分子运动和布朗运动	32
A. A. 爱欣华德与 H. B. 拉茲文的运动学模型(32) 仪器构造的几个特 点(32) 利用爱欣华德-拉茲文模型的表演(34)	

II 液体中的分子現象

15. 普拉托实验	37
16. 液滴的形成和断裂	45
17. 达尔林格实验	48
18. 水的表面張力的改变	49
19. 樟脑在水上的运动	51
20. 肥皂膜	51

02007

制肥皂膜的液体(51) 脂酸钠的制法(52) 泡沫的形成(53)
肥皂膜(54) 用肥皂膜的实验(56)

21. 肥皂泡	57
22. 油膜与油泡	61
23. 水面上的液滴	62
24. 酒精沿水面的扩展	63
25. 在酒精表面上的水滴	64
26. 比重較大的液滴的浮游	64
27. 液体薄膜的干涉顏色	65
28. 固体表面上的液滴	66
29. 范-德耳-門斯不留格的浮子	67
30. 石蜡篩子	68
31. 重物的漂浮	69
32. 毛细管	70
33. 两个平板間液体的上升	71
34. 弯月面形状的变化	72
35. 毛细現象的吸引和排斥	72
36. 接触运动·克文克实验	73
37. 在酒精作用下液滴的运动	76
38. “人造变形虫”	76
39. 用液滴的維別尔实验	77
40. 用汽泡的維別尔实验	78
41. “有生命”的水銀滴	79
42. “水銀心臟”	80
43. 噴泉的带电	81

III 液体和蒸汽的相互轉变

44. 汽化热	82
45. 饱和蒸汽	83
46. 液体的沸騰和霧的形成	86
47. 低压下的沸騰	86
48. 沸水結冻	87
49. 在冷却时沸騰	88
50. 过热液体	89
51. 球形状态	90
52. 氯仿在水下面的沸騰	91
53. 在离子上形成霧	92
54. 临界状态	93
55. 利用液态空气的几个实验	95
56. 水銀的凝固	96

57. 使橡皮和石蜡的硬度增加	97
58. 导线电阻的减小	97
59. 在低温下发光	98

IV 固体的相变

60. 结晶显微镜	98
61. 熔解和结晶	102
62. 熔点和压强的关系	104
63. 过冷液体的结晶	105
用显微镜表演(105) 不用显微镜表演(106)	
64. 熔解(结晶)热	107
65. 聚集态	108
66. 升华	110
67. 多形性	111
68. 布拉伽实验	112
69. 单向性	113
70. 液晶	115
71. 液晶的单向性	117
72. 较易得到的物质的液晶	118
73. 米叶林諾夫面式	120

V. 溶 液

74. 溶液的互相溶解	121
75. 两溶剂之間溶質的分布	122
76. 晶体的溶解	122
77. 溶解热	122
78. 在溶剂的蒸发下结晶	123
79. 溶解度随温度的变化和晶体的复原	124
80. 过饱和溶液	125
81. 用置换法结晶	125
82. 单向性和溶解度	126
83. 固溶液	126
84. 飽凝分晶体的形成	127
85. 易融質的形成	127
86. 渗透压强	129
87. “人造細胞”	130

VI 热力学

88. 功轉变为热	132
89. 热轉变为功	133
90. 可逆过程	133
91. 热力学第二定律	134

第一部分 总論

1. 課堂表演的意义

在物理学的实验課程中，表演并不是口头講述的补充，但却是它不可分割的有机組成部分；这些表演不应该仅仅看作一种教学形式，因为它们并不是一种形式，而是实验課程内容中的相当重要的部分。誠然，并不是課程中講到的一切現象都能在課堂上表演出来的，因此不得限于利用这些現象的照片或者采用电影；但这种情况只能看作例外，而构成講授题目的所有基础現象，照例是應該用实验来表演的。

在教学法方面，用表演給听众說明各种現象比口头叙述更清楚，并且帮助听众更容易地深刻理解和記憶那些事实。同时应当指出，很好地安排表演，提高听众的兴趣，使他們不仅在智力上而且在感性上和想象力方面起作用，是很重要的。因此，在表演中不仅應該研究教学法的内容，而且还要研究艺术形式。表演者除了要有科学知識和实验技术而外，还必须具有一定程度的艺术鉴赏力和艺术的敏感性。

在講課的計劃中，必須照顧到使一切所提到的最重要的現象和定律都能作表演。在表演的数目方面，不应过多，以免造成五光十色的，万花鏡似的印象，难于分別記憶。另一方面，表演也不应太貧乏，不然在两次表演之間連續的口头講述時間內，会使听众的注意力松懈。由于这个緣故，如果在討論某一理論時，不仅最后結果可以表演而且中間結果也能表演的話，那就不要把这些中間結果的表演放到理論叙述完結之后，而应把他們穿插在每得到一个中間結果后的叙述中。

2. 表演的一般特点

物理課的課堂表演應該帶有显著的定性的特点。根据某一实验作定量的計算,会耗費太多的時間和涣散听众的注意力,因而不应该放在講課中而应放入实验室的操作內。万一表演必須帶有定量的性質时,仪器上的示数應該尽可能用整数来表示。在电学仪器中这很容易作到,只須選擇适当的电阻与仪器串联或并联就行了。在許多定量的实验中,仪器过分灵敏是有害的,因为这时局外的干扰也都显示出来了;例如用灵敏天平表演阿基米德定律时,过分突出的弯月面或偶然粘附的液滴都能使整个实验归于失敗。

每一个演示实验都应该使听众非常容易理解。因此一切仪器和装置必須尽可能简单和便于观察,使在整个实验中看不見次要的使观察者注意力分散的某些零件。例如某些实验不需直接由市用电路取得交变电流,而是由变压器取得电流,这时变压器在实验中仅仅是起輔助作用,那末,变压器就不应该放在桌子上和用来表演的仪器并列在一起,而应该放在桌子下面,使其不致轉移观众对所观察的現象的注意力。如果表演的装置稍微复杂一点,在作实验之前就应该在黑板上画出装置的簡图,并說明图上各部分所对应的装置。

每一个表演都应该具有极大的說服力;为此必須避免对它作不正确解釋的可能性。为了这个目的,不得不常常采用补充的实验。例如,在某一实验中若有两个不同質量的物体参与实验,就必须指出这重量的差別;通常根据两个重物碰在桌子上的声音就足以說明两物体在重量上的差別。这样的实验常常有檢查的性質。例如,假定要比較电解質溶液与非电解質溶液的导电性;在后一情况,电流是不通过容器的,这时必須指出这并不是由于缺乏电压,为了說明这一点,就应该用一根金屬导綫和容器并联起来。

在教室中各处都能看清楚表演的条件下,对于足够大的物体,是直接对听众表演的。这时往往要使用灯光把仪器照明,特别是当观众的注意力需要轉到比較細微的部分,例如沿标尺移动的指針上的时候。灯上应该装有灯罩,使光綫不致射入观众的眼睛。关于应该由什么方向来照明仪器:由前面,由后面,由旁边,由上面或是由下面,这个问题的处理在各个具体情况是不同的。

比較小的物体須利用在幕上的投影来表演。各种投影的方法将在下面另一节中叙述。

当解說者面向观众站立,解釋他面前桌子上仪器的作用时,他应该記住,左方和右方对于他和对于观众是相反的。因此他必須养成习惯,面对观众时,称右方为左,左方为右。

3. 仪器的布置

供表演用的仪器須放在講演者前面的表演台上,必要时也可按一定的規則放在教室中其他地方。首先,表演台上不应放置任何多余的、表演所不需要的东西,不然,会轉移听众的注意力,或造成不整洁的印象。其次,仪器的放置須使它們不互相遮擋,而要使其中任一仪器由教室各处都能看見;表演者应先到教室中各处察看,然后才能在講課前确信这一点。同时,使仪器不要遮住黑板也很重要。在万不得已时,如果某一仪器沒有地方放置,必須放到别的仪器前面时,就应该把先表演的仪器放在前面,这样,当它表演完了之后,立刻就可取去。

有些仪器由于它本身的构造,从旁边看不清楚,应该尽可能移得离教室中間仅可能远或放在桌子的外边上,将仪器前面轉向教室中央;例如布朗型驗电器和指針沿着水平标尺游动的各种仪器都屬於这类仪器。这种仪器無論怎样放置,它的正面都应当轉向教室中央。在某些情况,这类仪器必須轉向各方重复表演。

在桌子上放置仪器时，應該注意到使表演者能够尽可能站在桌子后面进行一切操作，而不要站在桌子前面(这是为了使仪器不致被自己的身体擋住)。

仪器在桌子上的排列应当尽可能均匀，不要使某一边的仪器比另一边放得过多。这除了美观外，也是适应教室中各方向观察者的公平要求。

4. 預演

当仪器正确地安装好了以后，整个表演必須在講課之前进行預演。这时不要輕信仪器的性能都确实可靠，因为意外的情况往往是可能有的。如果没有把握在教室中各处都能很好地看見表演，便應該到教室中各处去观察，然后才能相信这一点。在預演时，无论那一个实验，如果不是每一次都能完全保証成功，那末在講演中就干脆不要进行表演，因为講課时表演的失敗，往往使听众产生非常不良的印象，而且也引起表演者和講課者的煩惱。

为了經濟時間与精力，建議按照与講課相反的次序进行表演的預演。这样就可以在預演之后，不需更换仪器的布置，因为第一个表演在最后預演，講課之前还保留着現成的形式。

如果仪器中有些是用来作某几种表演的(例如幻灯)，那末，應該用这同一仪器按相反順序一个接一个地預演所有的实验，然后才轉而用别的仪器。

5. 在黑板上的作图法

对于在黑板上画图的方法，較諸其他一切教学表演，應該賦予更大的注意力。不良的作图方法不仅造成不愉快的印象，而且往往可能导致不正确的理解。可惜远不是所有的講課者都对这問題有足够注意，因此他們的講演不仅在風格上，同时在便于理解上都会

遭到損失。

作图首先應該符合基本的要求。第一，图的尺度應該和教室的大小相适应；須顧及最后一排听众的兴趣。特别是对于有很多細節的图，有交綫的图等，如果图作的虽是正确，但是太小，也会在听众描繪它时引起錯誤。

第二，还应该遵守这样的条件；就是必須使所有的直綫尽可能在全长上都是直的，而圓要实际上象一个圓，平行綫必需是平行的。如果綫与綫需要相交，綫与綫之間的交角必需符合实际情况，特别是直角。这一切都要求鍛炼，而且必需对每一种有代表性的图进行練習。在黑板上作图时，我們不主張用直尺和圓規，因为这是講演者在听众面前表演自己的无能。图上的一切錯誤，从远处看較为显著，因此向講演者建議，檢查他的图时，要离开一段距离来看。

物理仪器的簡图，在大多数情况用的是截面或平面图；需要透視图的地方比較少。当应用截面图时，不应忘記这图是截面，例如描画揭开盖子的容器，要象图 1 所表示的，而不要象图 2 的样子，在这图上，上面的水平綫應該表示盖子。

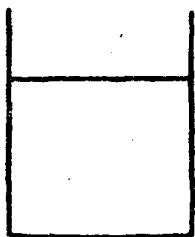


图 1.

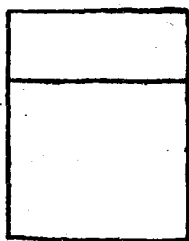


图 2.

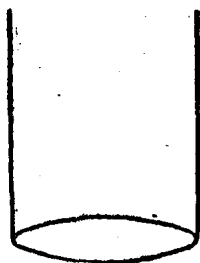


图 3.

同样，不应该在同一图中把截面图和透視图的部分混合起来，这类不正确的图，有如图 3, 4 和 5 所示。

当描画如图 6 (在图中应看出磁場的方向) 所示的閉合电流的

电路时，必需采用透视图。在这样的图上，观察者可以想象被看见的电路平面是从上面看的也可以想象是从下面看的。为了避免对这个图有不正确的理解，应该用一种方法标明电路的那一面向着观察者；例如引一条较粗的线，这样就显然可以看出，图 6 的电路是从上面看的。

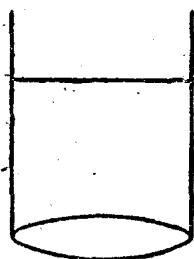


图 4.

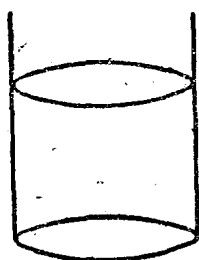


图 5.

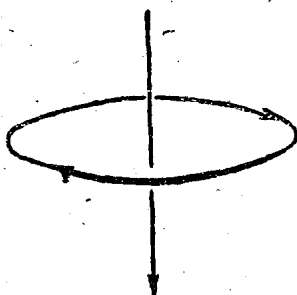


图 6.

如果在黑板上描画某一装置的简图，而这个装置又在教室内，就必需注意这简图要符合实际情况，如果不能按照各部分相对的尺度，至少需按照它们的相对位置，并保持正确的左右方位。有时，为了便于理解，故意作出畸形的简图，例如电机的线圈用圆柱形来代替；这种畸变最好都要有规定，并且在每种情况都须预先有确切的说明。

在黑板上画的图不要相互距离太近，须使听众的注意力不致被邻近的图岔开。特别是应该避免把图画在曾经画过图或书写过而没有完全擦掉的地方；这一类的失策，往往会使听众把以前剩余的图形或记录当作新图的一部分抄写下来，因而发生错误。

有些讲课者在讲课以前预先把图画在黑板上，尤其是只要这些图或多或少有点复杂时更是如此。关于这件事情，由教育学的观点来看，是完全不适当的，因为听众要容易接受和了解图形，不是在画好的、现成的形式上，而是在图形逐步复杂化的发生过程

中。那些想要減輕自己的工作的講課者，預先作好複雜的圖，這便正好使聽眾的工作更加困難，因為他們必須在短時間內抄下這個複雜的圖。關於預先在黑板上摘錄複雜的公式，也是同樣情形。

如果教室中有兩塊黑板在教室的左邊和右邊，那末，畫圖和錄寫就應該在上面輪流地進行，以維持教室中各方向聽眾的興趣。

在開始講課以前，講課者應該檢查有沒有足夠的粉筆，以及它們的質量如何，因為不是所有的粉筆都能畫在任何黑板上。還必需指出，特別是在能升降的黑板上寫畫時，必須把黑板上部的圖形或公式的細節畫清楚。

6. 利用在幕上投影的物理表演

總論 把儀器和被表演的物體投影在幕上是非常好的辦法，而且在許多情況下，如果所表演的物體很小，小到在教室中較遠的地方就看不清楚，則這種方法甚至是必需的；如果這些物體有微觀的大小，甚至完全不能看到，這時就需要用顯微鏡投影的方法了。

利用在幕上投影的表演通常是在黑暗的教室內進行的，但是應該指出，完全黑暗並不是任何時候都是必要的，一般說來，完全黑暗甚至還不太好，因為這樣便妨礙了聽眾的抄寫，因此建議只把教室中部分遮暗或者完全不遮暗，這樣在幕上也有明晰的可見度。僅僅是當象的細節發生模糊，或是需要把象表現得特別明顯的情況下，完全遮暗才是必需的。

為了把觀眾的注意力引到象的某一細節，就要利用指標。這時可能有兩種方法。第一種方法是講課者在講課時站在幕旁，把指標的頂端放在象上需要指出的地方。第二種方法是講課者站在用來表演的儀器近旁，用小棍或手指投影在幕上指出幕上的細節。第二種方法最好是用在當講演者參加表演而同時又不便走近幕的

时候。

利用幻灯来放映物理表演时,幻灯装置在教室中央,并朝向正对观众前面的幕。幻灯也可以安放在表演桌上,朝着侧面的幕。在需要把观众的注意力引到实验所讲述的地方时,则后一种配置比较有利。

由亚麻布或涂白的粗布作成的幕,比经常使用的铝幕要好些。铝幕给出比较明亮的象,但仅仅对于正对着幕或与幕的法线成不大的角度坐着的观众才是如此,而对于侧面的观众看来,影象就不好。侧面的幕,可利用教室中涂白的墙壁来充任。

阴影投射法 在许多情况中,只要由用作表演的物体在幕上投出阴影,要表演的主要现象就能很好地看见。这时坐在近处的听众能看见被照亮的物体本身,而全体听众能在幕上看见物体的阴影。这种投影方法,适用于只须看清楚仪器的轮廓就够了的一切情况,例如表演静电计的指针或箔片的偏转;P. B. 坡尔在他所著的“力学与声学概论”和“电学现代知识概论”中描述了许多的仪器,这些仪器的结构特别适合于阴影投射。顺便说一说,阴影投射法对于表演各种用肥皂膜或肥皂泡的实验也很方便。阴影投射法在有些情况下比幻灯优越,例如当物体的尺寸大于幻灯的聚光镜时,便不能完全被照亮,或者一般在不便于放入聚光镜和物镜之间时,用阴影投射法就较为方便。

为了使幕上的阴影足够明锐,光源应该尽可能用点光源,即须有尽可能小的发光表面。为此,最好利用装在幻灯机体内的弧光灯,使由电弧发出的光线只能投射在被照明的物体上,而不能射到观众眼睛里。这时须把幻灯的聚光镜取去,因为若不这样,阴影就不是由电弧产生,而是由它透过聚光镜的象产生,这象往往因球面象差而过于扩大。利用“小型弧光灯”作为投影的光源也很方便,它的电弧是装在一个金属管内,光线仅能往前面穿出;聚光镜当然

應該从管上取下。如果万一沒有弧光灯，可以利用灯絲足够短的白熾灯，例如低压的汽車灯泡。

幻灯 一般中学所用的，供放映幻灯片的幻灯对于物理表演是不合用的。必須用万能幻灯，这种幻灯的光学部分允許自由移动和調換。因此，幻灯必須由分別的独立部分組成：包括有光源的机体，聚光鏡，物鏡或投射鏡，以及对于某一表演所需要的輔助部件。光学部分能放在幻灯机体前面各自的支架上或放在光具座上。为了調节共軸，須將幻灯机体放在可以上下移动的支台上，最好是放在升降机座上。比較精細的共軸的調节是由移动机体內的光源来进行。

光源必須尽可能是点光源，不然，被投射物体所在处的光場將不是均匀的。因此，最好的而且几乎是不可代替的光源就是弧光灯；弧光灯滿足两个重要的条件：具有接近于点光源的、小的发光表面，及在大教室中表演所必需的最强烈的光。弧光灯最好用手柄調节，这种手柄能同时将两个炭棒的端点移近和移开，而且也能单独移动其中任何一个。調节器必需能在幻灯机体內前后自由移动，以焦聚光束；除此而外，还需裝有螺旋，使炭棒垂直于幻灯的光軸移动，以达到共軸。各种系統的調节器中，炭棒的位置如图 7, *a, b, c, d* 所示。当用直流电时(通常实际上就是这样)上面的炭棒和电源的正极相联，它的末端(焰口)是主要的光源，因此必需注意使这里发出的光不要被下面的炭棒头擋住。由于正极的炭棒比负极燒毀得快，正极用較粗的炭棒；此外，正极通常用带有灯芯的炭棒。当用交流电时，这一对炭棒都取同样的粗細，而且通常两个都帶有灯芯。炭棒不應該太粗，否則电弧的燃燒不稳定。普通电弧的負荷，在大教室中，电流从 20 到 40 安培，正极炭棒直徑可取 12—14 毫米，负极可取 8—10 毫米；用交流电时，两炭棒都取平均的粗細。对于阴影投射法中所用的小型弧光灯，当电流約 5 安培时，

可以取用細两倍的炭棒。加在炭棒上的电压不能高于 60 伏特;若用市用交流电給电弧供电,則利用降压变压器是很方便的。

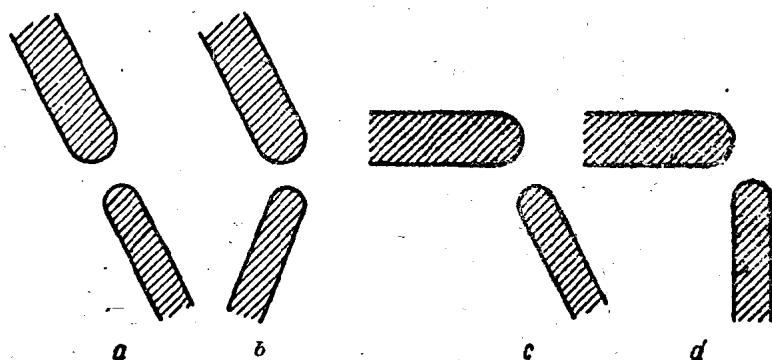


图 7.

應該避免把电弧过分接近幻灯的聚光鏡;聚光鏡的透鏡由于猛烈受热可能破裂,此外,有时从电弧飞出熾热的火花,会熔在聚光鏡的玻璃上。为了保护聚光鏡不受到类似的一切損害,最有效的办法,是在电弧的一边用平玻璃板,例如用洗淨的照相底板遮起来。

在許多情况下,弧光灯可以用从 300 到 1000 瓦特的强力的电影放映机的灯泡代替,由市用电路中供入交流电。这种灯須豎直地放在幻灯內,灯座向下。灯座應該装在支架上,可以沿着所有三个坐标軸輕便地移动,如象用手柄調节器調节电弧一样。但是必須指出,对于用幻灯的表演,弧光灯总是比較好些。

要在幻灯上檢驗光源的装置是否正确,这时聚光鏡和物鏡都放在他們自己的位置上,被投影的物体,例如幻灯片,也放在它自己的位置上。移动物鏡,达到幕上有物体的明銳的象,然后取掉物体。幕上的光場應該是被均匀地照亮。当光源在不正确的位置时,幕上可以得到彩色,偏向視場的某一边,这說明光源沒有正确