

物理教学表演

第四册

光学

A. Б. 蒙洛塞也夫斯基等著
东北工学院物理教研组译

人民教育出版社



物 理 教 学 表 演

第 四 册

光 学

A. B. 蒙洛塞也夫斯基等著
东北工学院物理教研组译

人民教育出版社

本书系根据苏联技术理论书籍出版社(Гостехиздат)1949年出版的蒙洛塞也夫斯基(А. В. Млодзевский)著的“物理教学表演”(Лекционные демонстрации по физике)第四册(1949年版),及蒙洛塞也夫斯基及沙斯可尔斯卡娅(М. П. Шаскольская)合著的该书第五册(1950年版)译出的。可供高等学校和中等学校的物理教师以及实验室工作人员参考。

原书分八册,内容是分子物理与热力学(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)。

译本分六册出版,除将原书第四、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,其余各书的册号与原书同。

本册是译本第四册,内容讲述几何光学(前六章)及物理光学方面的教学表演,共有表演144则。

本册由东北工学院物理教研组张立忠、刘超、吴惜抱、林星、何宗强(第一至第六章)、赖祖涵、吴宗恩、陈宗洁(第七章至第十三章)译校。

物理教学表演

第四册

A. В. 蒙洛塞也夫斯基等著

东北工学院物理教研组译

北京市书刊出版业营业许可整出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人民教育印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 13010·476 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 41 $\frac{1}{2}$

字数 107,000 印数 3,201—6,200 定价(8) 0.60

1958年10月第1版 1961年12月北京第2次印刷

原書第四冊序言

本書是光学表演的第一部分。光的偏振、晶体光学、偏振面的自然旋轉及磁致旋轉、光的散射等不包含在本冊之內，將在第五冊內敘述。

此外，在本冊內不敘述物理学其他部門各种現象的光学表演方法，因为这些表演要使用那些部門的特殊实验仪器和方法进行。例如利用干涉来观察磁致伸縮的方法，已列入第三冊磁學內，光在超声波中的衍射，已列入第六冊振动學內，等等。

象前几冊一样，本書中所講的这些表演也是以国立莫斯科大学物理实验室的实验为基础。而且也尽可能介绍了一些当实验者手中缺乏某些仪器或材料时可以使用的一些简化实验法。例如，在表演紫外綫光谱时，如果缺乏水晶的光学零件，則介绍应用直視棱鏡。实验証明，此种棱鏡能透过很大一部分紫外綫，包含紫外綫附近的水銀的譜綫。

关于物理表演技术的一般說明，已在这一套書的第一冊中叙述过了。

A. B. 蒙洛塞也夫斯基

原書第五冊序言

本書仅包含光的偏振、光的散射以及晶体光学方面的一些实验。我們考虑到，讀者已熟習了前几冊的内容，所以本書就不再叙述表演的一般知識，这些知識在第一冊里已經詳尽地講过了，关于光学表演的一般知識，也在第四冊里明白地叙述过了。

因为这些实验是預备表演給高等学校学普通物理的学生看的，所以在本書里沒有列入晶体光学的特殊部分的一系列实验，这些实验不在普通物理的教学大綱之內，把它們作为岩石学的内容是更适当些的(例如光軸角的測定、消光的測定、拍克帶等等)。此外，本書的范围当然限于能在大講堂內表演的那些实验。

• 每一个实验的叙述，都作到不看前面的实验也能懂。这样就不免有一些重复。在所有談到前面的实验的地方，都作了特別說明。

所描述的全部表演都是实验过的。

当編写这本书时，利用了国立莫斯科大学物理实验室的多年的丰富經驗。国立莫斯科大学物理实验室的工作人員 M. A. 格拉博夫斯基, M. B. 德雅欽科, M. B. 科耳巴諾夫, C. И. 伍薩金曾布置了实验，并对本書提供許多宝贵意見，作者們特此向他們表示感謝。

A. B. 蒙洛塞也夫斯基, M. И. 沙斯可尔斯卡娅

目 录

原書第四册序言	vii
原書第五册序言	viii
I. 光的直进与反射	1
1. 光的直进	1
2. 卡特仪	1
3. 凹面鏡和凸面鏡	3
4. 玻璃鍍銀法	3
5. 平面鏡的虚像	4
6. 粗糙面的反射	4
II. 光的折射	5
7. 光在一个平面上的折射	5
8. 卡特仪的应用	7
9. 平行板的折射	7
10. 物体的似位移	8
11. 透明物体的显现	9
12. 光綫的弯曲	10
13. 棱鏡中的折射	12
14. 影响棱鏡折射率的因素	14
15. 星光的閃爍	15
16. 光的全反射	15
17. 光亮的水束	16
18. 全反射棱鏡	18
19. 倒象棱鏡	18
20. 景景	19
III. 透鏡	19
21. 透鏡焦点的表演	19
22. 利用卡特仪的表演	20
23. 一个球面上的折射	20
24. 影响折射率的因子	21
25. 物体的像·倒象棱鏡	22
26. 透鏡的放大作用	23
27. 透鏡組	23
28. 色差	24
29. 球面象差	25
30. 象散	26

31. 慧形象差	28
32. 畸变	29
33. 聚光器的作用	30
34. 烧瓶作的物鏡	30
35. 暗場中的投影(置瘤法)	31
36. 可变折射率的透鏡	33
IV. 光的干涉	34
37. 双棱鏡	34
38. 雅滿儀	36
39. 条纹的移动	37
40. 牛頓环	37
41. 温度对牛頓环实验的影响	39
42. 肥皂膜	39
43. 賽路珞膜	41
44. 云母的色彩	42
45. 松节油膜	42
46. 另一些干涉彩色的实验	43
47. 平行板的反射干涉	44
V. 光的衍射	45
48. 狭屏与狭縫	45
49. 其他的菲涅耳衍射	46
50. 波帶板	46
51. 用波帶板作的表演	47
52. 夫琅和費的单狭縫衍射	48
53. 衍射光柵	48
54. 显微镜的分辨本领	50
55. 二度光柵	51
56. 衍射暈	51
VI. 光的辐射与吸收	52
57. 連續光譜	52
58. 光譜色的混合	52
59. 光譜中的能量分布	54
60. 光被吸收时的热效应	55
61. 紅外綫的热效应	55
62. 吸收光譜	56
63. 表面色	57
64. 色光与顏料的混合	59
65. 綫光譜	59
66. 怎样产生納綫	60
67. 色散	60
68. 反常色散	61
69. 反常色散棱鏡	62

70. 群速度	63
71. 光电效应	64
72. 光电池	65
73. 荧光	65
74. 荧光的吸收	66
75. 磷光与摩擦发光	67
76. 磷光的熄灭	69
77. 热光	70
78. 化学光	70
79. 紫外綫光谱	70
80. 紫外綫中的微光	71
VII. 光波是横波·偏振光模型	73
81. 光波模型	73
82. 橡皮管上的横波	74
83. 起偏振器和檢偏振器模型	75
VIII. 偏振光的产生与分析	76
84. 偏振片	76
85. 用偏振片产生偏振光	77
86. 用电气石产生偏振光	78
87. 从电介質(黑鏡)表面反射时的起偏振	79
88. 烏莫夫圓錐檢偏振器	81
89. 漫反射时光的去偏振	82
90. 偏振光从金屬鏡上反射时保持偏振	82
91. 折射时的起偏振(斯托列托夫堆)	83
92. 冰洲石晶体模型	84
93. 冰洲石的双折射(用反射幻灯表演)	85
94. 冰洲石的双折射·寻常光綫与非常光綫的区別	85
95. 非常光綫的折射	86
96. 用冰洲石作檢偏振器	87
97. 双折射棱鏡	87
98. 尼科耳模型	89
99. 用尼科耳使光起偏振	89
100. 用尼科耳作檢偏振器	89
IX. 光的相干散射	90
101. 散射光在渾濁介質中的偏振	90
102. 渾濁介質中的偏振光束	92
103. 光在渾濁介質中的散射	93
104. 矿石內光的散射	94
X. 光綫在晶体中的傳播	95
105. 單軸及双軸晶体中的波面模型	95
106. 蒙洛塞也夫斯基的旋轉模型	96

107. 說明偏振光通过晶体薄片的模型	97
108. 在平行偏振光中表演晶体的裝置	100
109. 水晶劈	102
110. 水晶劈顏色的光譜分解	105
111. “色偏振”	105
112. 用水晶劈測定晶片的厚度	107
113. 灵敏色片的作用	108
114. 四分之一波片与半波片的作用	111
115. 帶劈的半波片	112
116. 用偏振光显微镜作的表演	113
117. 用偏振光观察岩石磨片	114
118. 球狀晶体	114
119. 多向色性	116
XI. 会聚偏振光中的晶体	118
120. 实验裝置	118
121. 用偏振光对晶片作錐光观察	118
122. 怎样决定晶体的光性符号	120
123. 光軸的色散	121
124. 光軸角与温度的关系	121
125. 錐形折射	121
126. 光学用石膏和云母晶体标本的制法	122
127. 晶体标本破裂时的修繕法	123
XII. 在非晶体中的双折射	123
128. 受机械力后發生形变的玻璃中的双折射·放在夾錯中的玻璃	123
129. 玻璃板的弯曲	125
130. 賽璐珞模型中的应力分布	126
131. 玻璃中的形变	127
132. 玻璃紙中的双折射	128
133. 生物标本中的双折射	128
134. 發声振动时的双折射	128
135. 液体流动时的双折射	129
136. 克尔效应(在电場作用下液体的各向异性)	131
XIII. 偏振面的旋轉	132
137. 表演偏振面旋轉的模型	132
138. 用砂糖溶液旋轉偏振面	132
139. 用水晶旋轉偏振面	133
140. 用烏莫夫圓錐檢偏振鏡表演偏振面的旋轉	135
141. 用砂糖溶液旋轉偏振面的烏莫夫实验	135
142. 用水晶片旋轉偏振面(在会聚光中表演)	137
143. 爱利螺綫	137
144. 偏振面的磁致旋轉(法拉第效应)	137
参考書目	138

I. 光的直进与反射

1. 光的直进 根据针孔成象的现象可以很好地演示光的直进;下面讲此类表演法中的一个方法。

将一个充气电灯泡,水平地装置于一个不透明的箱子里,如图 1 所示。在箱的前壁正对着灯的地方,开一个直径 10~12 厘米的圆形开口或一个每边长这么大的方形开口。箱子后方开着的一面,用不透光的帷幔蒙住。在箱子的上板上钻一个或几个孔,以使空气易于流通。

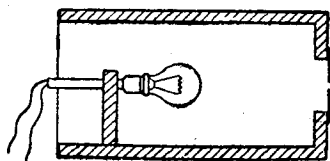


图 1.

灯与前面开口的距离约为 10—12 厘米。装灯时,最好设法使此距离可以改变,而且灯还能绕它自己的轴线旋转。

拿一块不透明的纸或薄纸板,用图钉钉在箱子的前壁上,盖住开口。把这装有电灯的箱子置于距幕数米的地方,使盖住的开口朝着幕。再用粗针或锥子在纸盖上刺一个孔,此时幕上就现出了灯丝的象。此后在纸的不同位置刺许多孔,则每一孔在幕上形成一个新的象。当这些映现在幕上的象达到足够的数目时,最好将灯绕其轴线转动一下。那末,幕上所有的象也会同时转动。

德·依·沙哈洛夫介绍了一个更好的作这个实验的方法:取去箱上带孔的纸板,将从椅子上取下来的胶合坐板(此板上有很多孔,排成整齐的图案)放在箱与幕之间。这时幕上就现出很多灯丝的象,这些象按照孔的花样排列着。改变坐板与幕的距离时,可以演示象的形式如何相应地改变。

2. 卡特仪 用卡特仪 C 常被误称为“卡特盘”,俄文原字是由

德語 Scheibe (圓盤) 及 Glasscheibe (玻璃片) 誤譯而成。表演光的反射和折射現象是很适宜的。圖 2 是这种仪器的一种式样的略圖。

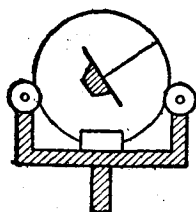


圖 2.

將一塊毛玻璃圓盤豎立着放在兩個分开的小滑輪的槽中，下面再用兩塊薄板限制住；此時圓盤還可繞本身的軸自由地轉動。帶小滑輪與薄板的圓盤的支柱是一個三腳架的上部，用它可以使圓盤上下移動，為了微動，三腳架的干上裝有牙條。

將一木塊粘附于圓盤上。木塊上粘一小鏡，鏡與圓盤的平面垂直；鏡子反射面的中點必須恰好通過圓盤中心。在圓盤上，垂直于鏡面，並沿盤的半徑方向，貼一狹紙條。

使一條水平的狹窄的光束這樣射到鏡面上，即是使它出現在毛玻璃圓盤上；此時反射光束也就出現在這塊毛玻璃上。使圓盤繞本身的軸轉動，可以改變入射角，並由此證明入射光束與紙條所夾的角等於反射光束與紙條所夾的角。

為了得到狹窄的光束，在幻灯的聚光器前，放置一個水平的狹縫，並用燈的物鏡將縫投射到毛玻璃圓盤的平面上；此時圓盤平面要與入射光束垂直，並放在距物鏡約 2 米遠處。當狹縫的象已聚焦到毛玻璃圓盤上時，把圓盤平面繞豎直軸旋轉 90° ，使光束沿圓盤平面進行；此時使圓盤在三腳架上升降，直至光束準確地沿圓盤的半徑方向進行時為止。改變狹縫的寬度，以調節光束的粗細；或者，選擇適當的物鏡，也可以達到同一目的（因為物鏡的焦距愈長，光束愈狹）。普通透鏡固然可以用來代替物鏡，但仍以用消色差物鏡為宜。這裡所敘述的關於獲得狹光束的方法，可以適用於各種卡特儀。

為了作各種光的反射和折射實驗，上述卡特儀備有一組毛玻

璃盤，在每一盤上粘附有一种反射或折射物体。

另一种比較簡單而又常用的卡特仪，只有一个圓盤，这个圓盤通常是木制的，盤的正面糊有白紙。圓盤能繞一附在仪器架上的水平軸旋轉。用金屬片將鏡子，三稜鏡或其他部件紧压在圓盤中心，再用螺釘固定金屬片的邊緣。

在万不得已时，可以簡單地用一塊鉛直的、在正面糊有白紙的（最好用繪圖紙）木板来代替可轉动的圓盤。在此情形下，就只能光讓鏡子旋轉了；为此，在鏡子的背面附一木柄，而在鏡子的側边上固定一根指針，以代替前述裝置中的紙条，作为鏡面的法綫。如用够大的毛玻璃或乳白玻璃片代替木板，則將更方便些。

3. 凹面鏡和凸面鏡 除了象平常那样表演凹面鏡与凸面鏡的作用外，更重要的是在同一个平面上演出反射光綫的光路。为此目的，可以利用前述任一种卡特仪。作这些实验时所用的鏡，应取圓柱形的鏡，圓柱的母綫的方向应取得垂直于仪器的平面。每一面鏡子都是用薄片沿圓柱面弯曲而成；鏡子兩端間的距离为8~10厘米，鏡子的母綫長度不能超过1.5—2厘米；否則，鏡子將妨碍坐在側边的观察者看到光路。

玻璃鏡可以由一个表面很平的圓玻璃罐切取，然后象下节所說的那样，在它的背面鍍銀。在銀層上塗上一層漆，或貼上一層紙以保护它。也可以用一個比較簡單的方法，就是把一条光亮的白鉄片弯曲起来作成鏡子。在鏡子的背面附上一个木柄；將制鏡子的鉄片本身弯折出一段細条，作为鉄片鏡子的柄也可以。

在这类实验中，表演光綫的反射光路，就不能象在平面鏡中那样只利用一个光束了。因此就不應該象前节中所述的那样，即須將一个狹縫投到卡特仪上，而是用等距离地刻在硬紙上的三个或四个水平狹縫，硬紙置于幻灯聚光器的前面。

4. 玻璃鍍銀法 在玻璃鍍銀的各种配方中，我們这里提出經

驗証明为效果良好的一种。

首先用濃硝酸,然后用鹼水及蒸餾水將玻璃洗淨,此后將它放入 2% 的四氯化錫(SnCl_4)溶液內。鍍銀时將下面三种溶液等量混合,其中第一种溶液由 a 、 b 两种溶液混合而成:

- | | | |
|--|---------------------|-------|
| 1. 硝酸銀(AgNO_3) | 10.5 克 | } a |
| 蒸餾水 | 283 厘米 ³ | |
| 硝酸銨(NH_4NO_3) | 15.7 克 | } b |
| 蒸餾水 | 283 厘米 ³ | |
| 2. 精制糖塊 | 14 克 | |
| 酒石酸($\text{CHOH} \cdot \text{COOH}$) | 3 克 | |
| 蒸餾水 | 140 厘米 ³ | |
| 3. 10% 的苛性鈉(NaOH)溶液。 | | |

玻璃应鍍銀三次,并且每次之后要用水洗滌一下。

5. 平面鏡的虛象 虽然这里所叙述的實驗,帶有若干娱乐的性質,并且有些象戏法,但是並沒有因此減低它的价值,它表現了光是由透明介質反射的,而不是由不透明金屬鏡反射的。

拿一塊面积約为 30 厘米 $\times$ 40 厘米的平滑透明的玻璃,豎直地裝在两个支架上,使玻璃的長边摆成水平,并令其尽可能的靠近桌面。在玻璃前面不远,放置一个燃着的、有明亮火焰的煤气灯。在玻璃的后面,灯的象出現的地方,放置另一个沒有燃着的灯,为了增强錯覺,將該灯也接上橡皮管。这时鏡中的火焰象就出現在未燃着的灯上;这个灯看来好象是燃着了,但將手擱到灯上面去却無危險。

如果教室較寬,宜用兩塊平滑玻璃放在表演台的兩端来表演。

6. 粗糙面的反射 为了表演入射角大小变化时粗糙面的反射特性,可作下面的實驗。將幻灯的光用聚光器会聚到狹縫上,并用物鏡將狹縫的象投射到幕上。然后在光路中,紧靠物鏡之后,放一塊毛玻璃,使其面与狹縫平行,并使其粗糙面朝著投向它的入射

光。

如果毛玻璃反射的光与它的面大致成直角，那么粗糙面的漫射光就投射到放置在反射光路中的幕上，此时不能得狭缝的明显的象。若将毛玻璃绕平行于狭缝的轴线旋转，随着入射角的增大，反射就越来越正规，当作掠入射时，即入射角接近直角时，在放在正前方的幕上就得到狭缝的清楚的象。

如果教室内有白色天花板，宜将狭缝水平放置，并旋转毛玻璃，使反射光束这样在竖直面内转动，以使狭缝的象从天花板上转到放置在正前方的幕上。如果没有白天花板，狭缝要竖直地放置，使反射光水平射到一个可以随象移动的活动幕上。

必须注意，狭缝的清楚的象现出时是带红色的，因为对于长光波来说，它的正规反射在入射角较小时开始。

在此实验中，用白纸或熏黑的玻璃代替毛玻璃，也是很好的。应该指出，在用毛玻璃时，在整个旋转过程中，总是看得到由于它背后平面反射光所成的第二个清楚的象。这个象总是白色的。为了消除它，可在玻璃的背面涂上一层黑色油漆。

II. 光的折射

7. 光在一个平面上的折射 表演光的折射，往往利用如图3所示的盛有水的长方容器。器长约50厘米，高25—30厘米，宽（垂直于画面）10厘米，容器是铁板作的，其前壁是玻璃。将水注入器内，并将一块长方形的乳白玻璃或毛玻璃插入水中，玻璃的宽度较容器的长边稍短，而其高度约为水面高的两倍。用一个小镜，使图3虚线所示的一条狭窄光束，向下倾斜地反射，又在水面发生折射。光的路线由毛玻璃或乳白玻璃上的明亮条纹显现出来。转

动鏡子可以变更光的入射角。

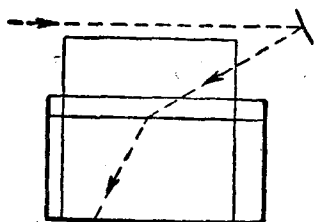


圖 3.

一个發散透鏡，此透鏡將使会聚光束变为平行光；这里要順便提到一点，这样作可使从寬大的聚光器出来的光能的絕大部分集聚在發散透鏡射出的狭窄光束內。因此就不必使弧光灯靠近聚光器以获取平行光束，况且，这样靠近也有使聚光器过分受热而破裂的危險。所得光束的豎直寬度，用置于光路上的水平狹縫来調节。

利用同一仪器，还可以表演光綫从水到空气的折射；为使此仪器能适用于兩种折射的情况，容器的側壁也必須用玻璃制成。光束通过容器的側壁，射到一个裝置在器底的小鏡上，如圖 4 所示。

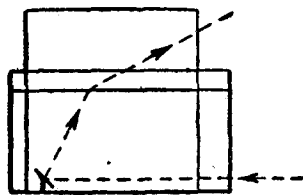


圖 4.

鏡子頂好要能够繞水平軸轉动（利用一根伸到器外的長杆）；这样就可以改变光綫射到水面的入射角，在个别情况下，还能够得到全反射。如果使用由第二个鏡子（如圖 3 中的那个）反射出来的光綫，那末繞水

平軸轉动此鏡，就可看出入射光綫与折射光綫的可逆性。

前述表演有下列缺陷，对于視線不垂直于器壁的观察者，水中的光束似乎在水平方向發生移动，而且水越深，移动的程度就越大，这样就可能使观察者对于光綫折射过程本身产生不正确的概念。所以在圖 3 的实验中，最好把乳白玻璃或毛玻璃尽量靠近玻

璃壁放置,但是在圖 4 的實驗中,由于放在器底的鏡子的妨碍,就不能这样做了。如果不用前述的方法,而用卡特仪来表演光的折射現象,那末,前述的缺陷就可以消除,因此可以看出卡特仪在很多方面都是比較合用的。

8. 卡特仪的应用 前述表演光的反射的各种卡特仪,用来表演折射也是最好的。此时用一塊厚 1 至 2 厘米的半圓柱形光滑玻璃,代替圖 2 中画在圓盤中心的那个鏡子。在圖 5 中,虛綫表示光路。如果光綫从右边投射到玻璃平面的中心,那末經折射后光綫沿法綫方向穿出圓柱形的表面,因此就不再折射了。此时明亮的入射和折射光束都呈現在圓盤上,因此由側面看的观众也不会看到象在用裝水容器作实验时所看到的那种光束的視差移动了。要获得狭窄的光束,可用前面所講过的用卡特仪作反射实验的那个方法(第 2 节)。

轉动裝玻璃的圓盤,可以改变入射角。如果簡單地用毛玻璃片或粘有紙的木板代替圓盤,那末就用手拿住半圓柱形玻璃本身轉动。

表演光从玻璃到空气的折射时,可使光綫沿法綫方向射向圓柱形面,这种情况从圖 5 中可以看出,只要假定圖中的光綫是自左向右就行了。

9. 平行板的折射 演示这个实验,也可以用卡特仪,不过要用平行玻璃板来代替鏡子(圖 2)或半圓柱体(圖 5),此时將平行

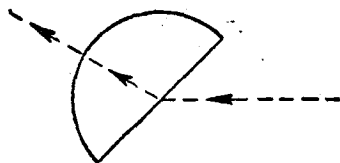


圖 5,

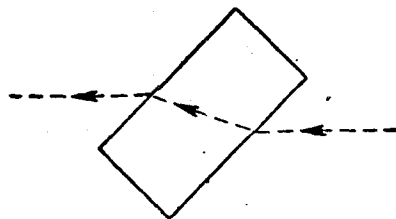


圖 6.

玻璃板的最寬的界面紧压在圓盤上(圖6)。玻璃板的厚度为1—2厘米,朝觀察者的一面的寬度为5—6厘米。令狹窄光束(如虛綫所示)在圓盤上画出明亮的条紋,产生狹窄光束的方法,与以前(第2节)那些用卡特仪作实验所用的方法一样。將玻璃板繞垂直于紙面的軸轉动,可以变化光綫的平行位移。

下面是这一实验的另一作法。將狹縫投射到幕上,用一塊5—10毫米厚的平行玻璃板,从狹縫朝物鏡的那一面遮住狹縫的一半。这时在幕上可看到狹縫的兩半,它們互相連接着,由平行玻璃板的邊緣的象所分开。若將玻璃板繞平行于狹縫的軸旋轉,則狹縫被盖住的半部的象,往旁边移动,但仍平行于未被盖住的一半的象。改变玻璃板所轉的角度,可以变更位移的大小。

10. 物体的似位移 取一盛滿水的杯子(用化学上用的大杯,或用高約20厘米或更高一些的,直徑約15厘米的伽伐尼電池用圓形容器,那就更好了)。如果將一小杆(最好是黑色的)沿容器的軸插入容器中,那末,杆的水下部分和水上部分看起來是連續的,如果这杆相当粗,在水下的部分看起來就显然变寬了一些。然后將杆向器壁移动若干距离,但保持豎直方向,那么它的水下部分看起來就已不再与水上部分連續,而好象向器壁移近了一些(圖7)。

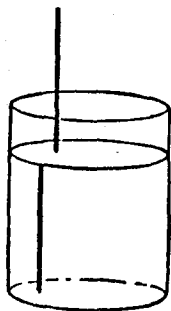


圖 7.

此后始終保持杆的豎直方向,使它繞着容器的軸作圓运动;这时觀察者看来,水下部分画出的圓要比水上部分画的大,而且每轉一周,小杆的上下兩部分接合兩次。有趣的是,講堂內不同的觀察者將在不同的時刻看到這兩次接合。

为使現象更加明显,最好在容器的后面置一白色的背景,并用一帶有灯罩的灯將容器照亮;为使器壁不發生眩目的反光,一定要