

高等學校教學用書

物理實驗

第三冊

В. И. ИВЕРОНОВА 主編
蔣 智 等 譯

商務印書館

高等學校教學用書



物 理 實 驗

第 三 冊

В. И. 伊維羅諾娃主編
蔣 智 等 譯

商 務 印 書 館

第三冊 目 錄

第四部份 光 學

68. 用光度計測定電燈的發光強度及研究電燈的光度分佈·····	1
69. 測定電燈的單位功率·····	6
70. 測定會聚透鏡及發散透鏡的主焦距·····	9
71. 研究透鏡成像的誤差·····	15
72. 測定光具望遠鏡及顯微鏡的放大率·····	22
73. 用分光計測定玻璃三稜鏡的折射率、色散率及分辨本領·····	34
74. 用折射計測定液體及固體的折射率·····	44
75. 用光學方法測定擴散係數·····	48
76. 用雙透鏡及雙稜鏡測定光波的波長·····	55
77. 由牛頓圈測定透鏡的曲率半徑及光波的波長·····	61
78. 從費涅爾環的大小來測定光波的波長·····	65
79. 研究衍射光柵及測定光波的波長·····	68
80. 研究蒸氣及氣體的發射光譜、光譜分析及把分光鏡的 標尺分格·····	73
81. 用析鋼分光鏡做合金的定性及定量分析·····	79
82. 用直視分光鏡研究吸收光譜及製造濾光器·····	85
83. 用光度計研究溶液的吸收光譜·····	89
84. 用分光光度計研究固體及液體濾光器對於光的吸收·····	95
85. 研究平行光線內光的偏振的基本現象·····	105
86. 用偏光顯微鏡研究晶體光學現象·····	117
87. 研究光的旋轉偏振現象·····	128
88. 研究表面光電效應的基本定律·····	134

89. 光的併合散射.....	145
90. 帶電質點計數器.....	149

附 表

I. 物理數值表	1
1. 氣壓計讀數折算到 0°C 時的值.....	1
2. 氣壓計讀數因毛細作用的修正.....	2
3. 物體的重量折算到在真空情況下的值.....	2
4. 乾燥空氣在不同溫度時的密度.....	3
5. 水在不同溫度時的密度.....	4
6. 水銀在不同溫度時的密度.....	4
7. 一些液體的密度.....	5
8. 一些物質的水溶液的密度.....	5
9. 一些固體物質的密度.....	7
10. 幾種氣體的一些常數.....	8
11. 幾種液體的一些常數.....	9
12. 幾種固體的一些熱學常數.....	10
13. 氣體的體積折算到 0° 與 760 毫米壓強情況下的值.....	11
14. 水在不同壓強下的沸騰溫度.....	12
15. 水在不同溫度時的比熱.....	12
16. 銅在不同溫度時的比熱.....	12
17. 爲實驗 32 中計算 σ 用的 a 、 b 與 c 三個係數的曲線.....	13
18. 水的飽和蒸汽在不同溫度時的壓強與密度.....	14
19. 空氣相對濕度由乾濕溫度計讀數來推算的表.....	15
20. 一些鹽類在水中的溶解度.....	15
21. 在 0°C 到 80°C 之間水的表面張力係數.....	16
22. 水在不同溫度下的內摩擦係數.....	16
23. 海平面上不同緯度處的重力加速度 g	16
24. 固體的彈性.....	17
25. 銅導線的電阻與重量.....	18

26. 幾種絕緣體的電阻率 ρ	18
27. 幾種金屬與合金在 18°C 時的電阻率	19
28. 幾種物質的水溶液在 18°C 時的電阻率	19
29. 硫酸水溶液的電導率	20
30. 一些金屬與合金的電阻溫度係數	20
31. 一些物質在 18°C 時的介電常數	20
32. 溫差電動勢	21
33. 電池的電動勢	22
34. 電化當量	23
35. 一些譜線的波長 λ	23
36. 水銀——鋁——銻燈的譜線的波長	24
37. 氬光譜中一些譜線的波長	24
38. 氫、氦、鋰、鈉、水銀和太陽的光譜	插頁
39. 主要方和裂譜線的波長	25
40. 各種成份及鐵的合金的譜線波長	25
41. 待測元素譜線強度間的關係	27
42. 用析鋼分光計(以純銅電極用交流電弧的)測定鋼材種類時所要 比較的譜線表	插頁
43. 幾種固體在 18°C 時對於空氣的折射係數及 1 毫米厚石英片的旋光率	29
44. 一些液體的折射率	30
45. 尼科爾稜鏡在正交與平行時的干涉彩色	30
46. 雙折射彩色列線圖	插頁
47. 糖的水溶液在 0° 到 50°C 溫度間的密度	31
48. 幾何學、力學及熱學的一些單位	32
49. LMT° 系統的熱學單位	34
50. 光度學基本單位	35
51. 電磁學單位的因次公式	36
52. 普遍物理常數	38
53. 門德雷也夫元素週期表	插頁
II. 計算參考用表	
54. 基本代數與三角公式	39

55. 平面解析幾何的一些公式.....	40
56. 微積分基本公式.....	40
57. 近似計算公式.....	41
58. 體積與轉動慣量.....	42
59. 一些數值及其對數.....	43
60. 正弦函數表.....	44
61. 餘弦函數表.....	46
62. 正切函數表.....	48
63. 角的度數折算到弧度數.....	50
64. 角的弧度數折算到度數及其三角函數.....	52

物理實驗

第四部份 光 學

實驗 68 用光度計測定電燈的發光強度及研究電燈的光度分佈(Световое поле)

用具：1. 光具座及腳架四個。2. 光度計。3. 標準燭。4. 裝在垂直燈頭上的電燈。5. 裝在水平燈頭上的電燈。這燈頭可繞着水平刻度盤的垂直軸旋轉。

在對比不同的光源時，眼睛很容易確定在兩邊境相接的面上照度^①是否相等；但要估計出一個面上的照度比另一面上的強多少倍，這就不行了。因此，一切光度計（用來比較兩光源的儀器）都構造成這樣：使眼睛的作用就是來確定兩個相接視野上照度的相等；該兩視野就是由所比較的那兩光源分別照亮的。

對於點狀光源，在一個被光線所垂直照射着的面上，照度 E 就等於 I/r^2 ，這裏 I 是光源的發光強度， r 是光源到該面的距離。設 I_1 及 I_2 分別是第一及第二兩光源的發光強度， r_1 r_2 分別是它們到光度計的距離，那麼當視野兩半的照度相等時($E_1 = E_2$):

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad (1)$$

或者

$$I_2 = I_1 \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (1')$$

① 關於發光強度、照度、及以後將遇到的亮度光通量等的定義及單位見附表50。另有光的強度(интенсивность света)是純從能量(不從視覺)來衡量光的強弱的名詞及照明強度(интенсивность освещения),根據圖302的下文,好像與光的強度意義相似。

這樣，知道一光源的發光強度 I_1 並測出距離 r_1 及 r_2 後，就能確定第二光源的發光強度 I_2 。

儀器說明：光具座（圖233）是一條金屬三稜尺 PQ ，其長度在0.5米到2米之間。腳架 AB 等可沿尺面移動。在腳架上的短管中可插置各種支柱（支柱由螺旋 a 固緊）。固緊螺旋 b 用來將腳架按定在光具座的任一位置上。腳架下裝着指針，用來從光具座的標尺上讀下腳架的位置。

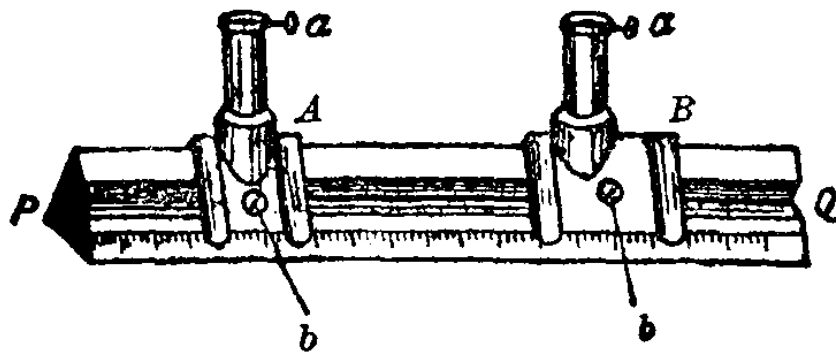


圖 233

光度計由一個盒子 AB 做成（圖234）。盒能繞水平軸翻轉 180° ，軸通過 V T 兩支架點。從所比較的光源 L_1 及 L_2 來的光線，投到散射屏 m （生磁或石膏的薄片）上，由屏散射的光線中一部份分別以相等角度 θ 投到反射鏡 S_1 及 S_2 上。 S_1 S_2 分別把光線反射到兩塊玻璃稜鏡的緣面 bc 、 dp 上。這兩塊稜鏡由折射率相同的質料所做成。稜鏡 bca 即通常的平底面全反射稜

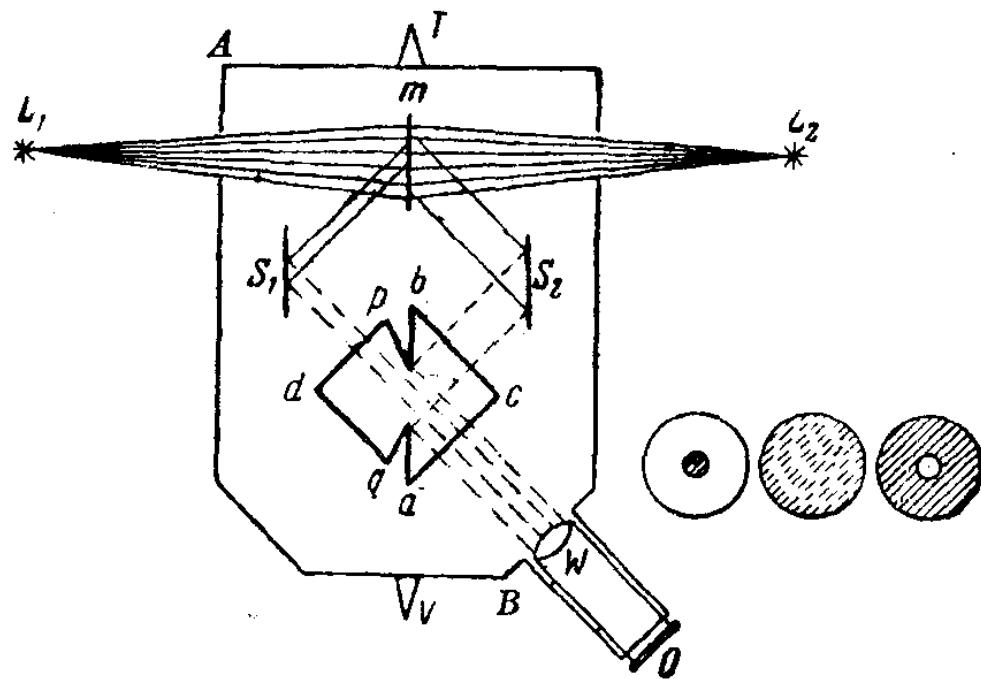


圖 234

① 原文爲 Разные，但從物理上說，是“以相等角度”。Разные 很可能是 Равные 之誤。

鏡。稜鏡 pqd 有着球底面 pq ，但是球底面的中心部份被切成平面；該稜鏡粘在稜鏡 bca 的底面 ba 上。相粘處要作成光學接觸(Оптический контакт)，就是使該兩稜鏡在相粘處變成連續的透明體；光線射到二者的粘接處時，將沒有反射而穿過。

觀察者望着裝在 AB 盒側面的鏡筒 O ，就看到由反射鏡 S_1 來的、穿過兩稜鏡相接處的光，還看見由反射鏡 S_2 來的、經底面 ba 上不與稜鏡 pqd 相接部份所反射來的光。如使放大鏡 W 聚焦於 ab 面；則在一般情形下，觀察者的眼睛將看到一暗圓印在一明環內，或相反地、一明圓印在一暗環內。而當屏 m 兩方面的照度相等時，鏡筒內的視野將是均勻照亮的。

光度計及要比較的兩個光源都裝在腳架上，腳架可沿光具座滑動。在兩端的腳架上放置光源，使它們所發光束 $\textcircled{1}$ 的軸都與屏 m 垂直。

新式的光度計內，在屏 m 所漫反射的光線 mS_1 及 mS_2 的路途中，還裝有濾光器：有色的或乳白的玻璃片。在兩光源含有各種光譜成份時，

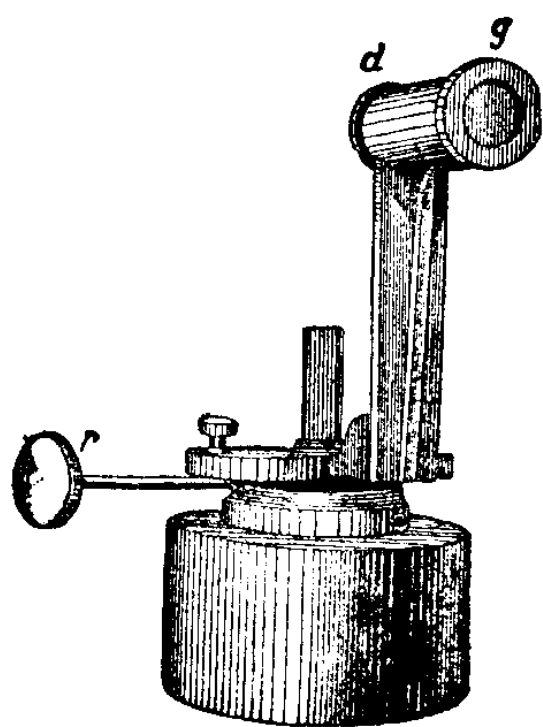


圖 235

可用有色濾光器按相同波長範圍來比較它們的能量。如沒有濾光器，視野的多色性將使照度相等的確定發生很大困難。白玻璃片用來比較相同光源的整個放射。轉動儀器框上的特殊圓環，就可更換濾光器。

標準燭(圖235)是一個燈，燈芯管直徑為8毫米，管中裝着可燃液體——乙酸戊酯。焰高可由一特別的軸桿 r 來調節。定為40毫米，為測定焰的高度，燈旁

$\textcircled{1}$ 光是 Свет；光線是 Лучь 或 Лучь света；光束是 световой Пучок 或 Пучок света；光線束是 Пучок Лучей。光束與光線束似指同一東西。

裝着小鏡筒。筒的一端有一小透鏡 d ，它使焰成像在管另一端的刻度毛玻璃片上，40 毫米的高度由玻璃片上一長刻痕標明着。標準燭等於 0.9 國際燭光；蘇聯以國際燭光作發光強度單位。

練習一 測定電燈的發光強度

測量：在光具座兩端的腳架上擺好待研究的電燈 ①及標準燭。在它們中間立置光度計。調節該兩光源，使它們與光度計的窗洞等高，以使光線能垂直射到屏 m 上(圖234)。然後，左右移動光度計，以使視野兩部份的照度相等。在這以後，從光具座的標尺上找出這三個腳架各個的位置。由此算出各光源與光度計的距離。

最後，保持兩光源不動，把光度計繞水平軸翻轉 180° ，再找光度計使視野照度相等的位置。得出光度計位置的第二個數據，確定兩光源各與光度計的距離。由這兩組結果取平均值。

這觀測應多做幾次，每次使光源間的總距離改變一點。

如公式(1')中標準燭的發光強度為 0.9，則電燈的發光強度(也表成國際燭光)就是

$$I_2 = \frac{r_2^2}{r_1^2} \times 0.9$$

練習二 研究電燈發光強度沿各方向的分佈

在前練習中測定好電燈的發光強度後，就用這燈(L_2)作發光強度已知的光源，來研究另一電燈(L'_2)發光強度沿各方向的分佈。

把電燈(L'_2)插在標準燭原在的位置上；這燈的燈頭上有一指針，先使其對準燈台刻度盤的 0° 。仿照上練習，測出光度計內視野照度相等時，所研究的燈與光度計間的距離；再根據公式(1)，求出燈(L'_2)沿

① 電燈放在固定的燈頭上，因為在練習二中將用它做標準。

着它對於光度計的所處方位上的發光強度。然後繞着垂直軸，使燈(L'_2)每次旋轉 10° — 15° ，測出燈(L'_2)沿着它對於光度計的各新方位上的發光強度。

這樣，在使燈對於光度計逐步轉了 180° 的過程中，就得出燈(L'_2)在這範圍內發光強度的分佈。在極座標紙上畫出發光強度的分佈曲線，以徑長表示發光強度。同樣地作出曲線的另一支，即燈(L'_2)繼續對光度計旋轉(即從 180° 到 360°)所相當的一支。

練習三 測定表面的反射係數

在本練習中，對原來設備還要加一側光具座，其位置與主光具座成直角(圖236)。

所研究的面 A 放在主光具座的一個腳架上，面與主光具座軸成 45° 角。標準燭 L_1 放在主光具座的一端。另一燈 L_2 放在側光具座的末端(位置 I)。

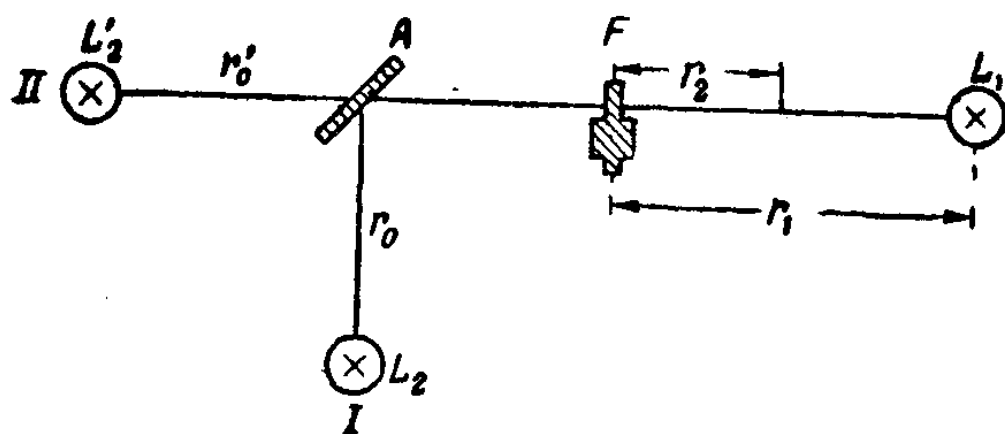


圖 236

左右移動光度計 F ，找出屏 m 兩面照度相等時它的位置。量出標準燭 L_1 與光度計的距離 r_1 。

屏 m 靠所研究面 A 這方面上的照度 E_1 ，等於 $\frac{\phi_1}{\sigma}$ ；這裏 ϕ_1 是由所研究面反射來而投到屏 m 上的光通量， σ 則是屏 m 的面積。由標準燭 L_1 產生的照度 E_2 等於 $\frac{I}{r_1^2}$ ，這裏 I 是光源 L_1 的發光強度。因此，當 $E_1 = E_2$ 時，就得

$$\frac{\phi_1}{\sigma} = \frac{I}{r_1^2} \quad (2)$$

把光源 L_2 移到位置 II 去, 並把所研究面 A 從光具座上拿開。由於距離 r_0 與 r'_0 相等, 這時投到光度計屏 m 上的光通量 ϕ_2 , 應該與彷彿 A 面能夠全反射時, 燈 L_2 從位置 I 投到光度計屏 m 上的光通量相等。反射係數 k 就等於比值 $\frac{\phi_1}{\phi_2}$ 。

令光源 L'_2 不動, 把 L_1 移向光度計, 設屏 m 兩方照度相等時 L_1 與光度計的距離是 r_2 。於是

$$\frac{\phi_2}{\sigma} = \frac{I}{r_2^2} \quad (3)$$

將(2)式被(3)除, 得:

$$\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = k$$

實驗應重復多次, 每次把標準光源 L_1 稍向 A 移近一點。

參 考 書

1. Г.С.Ландсберг, Оптика, гл. XIV. Гостехиздат, М.-Л., 1952. 蘭德斯倍爾格: 光學, 第十四章。
2. Ш.Фабри, Общее Введение в Фотометрию, Гостехиздат, М.-Л., 1934. 法傅里: 光度計的一般介紹。
3. П.М.Теходеев, Световые измерения в светотехнике, НКТП, М.-Л., 1936. 車賀節耶夫: 照明工程中的光度量。
4. 福里斯: 普通物理學, 第三卷第一分冊, 第二十六章。

實驗 69 測定電燈的單位功率

用具: 1. 光具座及腳架三個。2. 光度計。3. 安培計。4. 伏特計兩個。5. 變阻器兩個。6. 電鍵。7. 燈頭三個。8. 標準燈。9. 所研究的電燈。

表示電燈是否經濟的基本物理量, 是電燈產生一單位發光強度所需的電能量; 這個量稱為電燈的單位功率。

如以 IV 表示使電燈燈絲熾熱的電流功率，用 I 來表示燈在該時的發光強度（表成燭光數）。則單位功率由下式定出

$$\eta = \frac{IV \text{ 瓦特}}{I \text{ 燭光數}} \quad (1)$$

單位功率的值主要決定於燈絲的溫度，因此對不同型的電燈，其值是不同的。就對每一電燈，單位功率也隨燈絲熾熱程度不同而變。在熾熱增劇時，單位功率大大下降。

儀器說明：為測定發光強度，將用一種更改進的光度計。它與實驗 68 中同類儀器的差別在於稜鏡的構造。兩稜鏡相接面切成這樣，使對着鏡筒觀察時可看見三個同心圓環。這就使確定各圓環上照度是否相等變得大為容易和準確。光度計其他部份的詳細構造，可參考實驗 68 中的說明。

為測定第二個必需的物理量——電流功率——可用精密安培計^①及伏特計。按圖 237 的線路把它們與所研究的電燈等連結起來。圖中 A 是安培計， V_1 是伏特計， K_1 是電鍵， R_1 是變阻器、用來改變燈 L_1 的熾

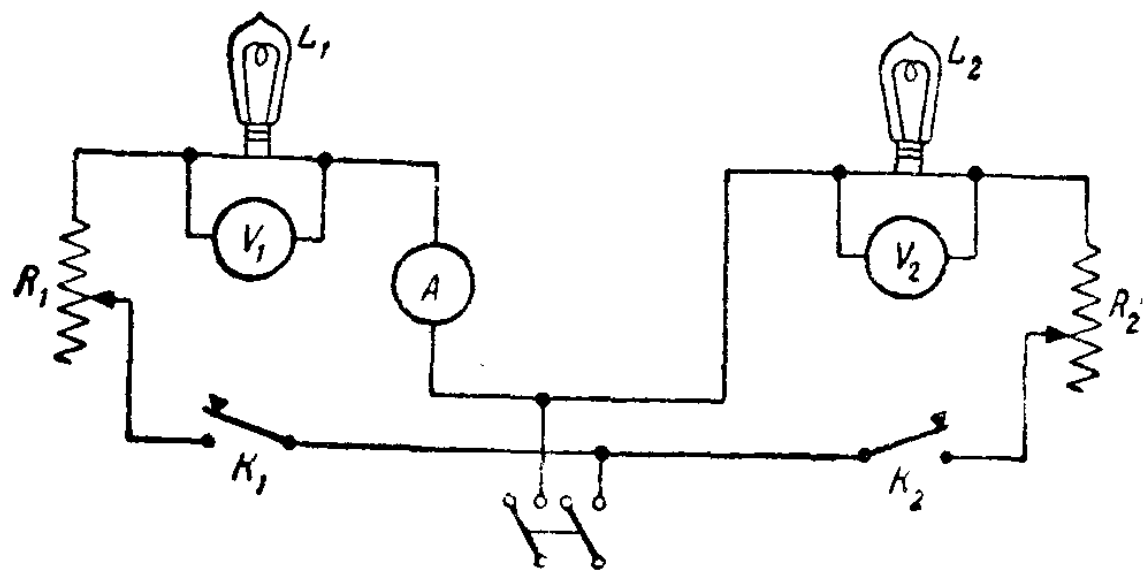


圖 237

熱程度。標準燈（用來與所研究的燈對比）就是一個普通的電燈 L_2 ，這

① 所用安培計應在通常電流強度為 0.5—1.0 安培情形下，能看出千份之幾安培的變化。

燈在一定電壓下的發光強度 I_H 是已測知了的。爲保持標準燈兩端的電壓恆定，它的線路中也連接着一變阻器 R_2 ；電壓則由伏特計 V_2 校正。

必須注意：當比較不同型的電燈、或同一燈而熾熱程度不一樣時，由於各燈所發光的光譜成份不同，光的顏色將有不同。在這種情形下，只能粗略地來確定照度的相等。這樣，就大大減低了測量的準確度。

爲使測量更準確，必須把發光強度的比較，按光譜段落來分別進行。這可用濾光器（參考實驗 83）或用一種叫做分光光度計的特殊儀器來做（參考實驗 84）。

測量：將插着標準燈的燈頭立到光具座的腳架之一上。按圖 237 把燈接入電流線路（標準燈的通電規定燈上有說明）。記下這腳架的位置。

將插着所研究電燈 L_1 的燈頭立在另一腳架上。按照圖 237 把它與其他儀器連接起來。爲使這燈燈絲的平面與光度計的散射屏保持平行，燈放在垂直或水平燈頭上皆可。燈絲平面應通過腳架的指針。記下這腳架的位置。

連通線路中的電流。調節變阻器 R_2 ，使伏特計 V_2 指到所規定的伏特數。並在往下實驗時保持這電壓不變。

逐步改變所研究電燈 L_1 的電壓，範圍從最大許可值到這值的一半左右。對每個電壓值用光度計測出該時電燈 L_1 的發光強度；並記下各時伏特計 V_1 與安培計 A 的讀數（燈 L_1 的電流強度應每次改變 0.01—0.02 安培）。

每次都要從光度計的兩種地位（ 0° 與 180° ）來測量燈的發光強度。

每測一回發光強度，至少都要這樣成對地測三次。整個實驗至少要對於十個不同的功率值來測量燈 L_1 的發光強度。

計算：按公式

$$W = iv \quad (2)$$

求出各次測量的電流功率；式中 i 是電流強度， v 是燈 L_1 兩端的電壓。

對每一功率值，求出光度計分別與兩腳架的距離 r_H 及 r 各個的平均值。
按公式

$$I = \frac{r^2}{r_H^2} I_H \quad (3)$$

算出相當的發光強度。由公式(1)定出在發熱電流各種功率值時電燈的單位功率。最後，畫出發光強度與電流功率的關係曲綫，以及單位功率與電流強度的關係曲綫。

參 考 書

1. 蘭德斯倍爾格：光學，第十四章。
2. 法傅里：光度計的一般介紹。
3. 季賀節耶夫：照明工程中的光度量。
4. А.А. Эйхенвальд, Электричество, ч. I, Гостехиздат, М.—Л., 1933.
愛亨伐爾德：電學。第一部。

實驗 70 測定會聚透鏡及發散透鏡的主焦距

光具玻璃鏡的基本理論推出了一些關於透鏡主焦距一方面與物鏡距，像透距或與像鏡距、物、像大小另一方面間的簡單關係。測出後幾個量，就不難按公式算出主焦距，並且對大多數情形說來是很夠準確的。

練習一 測定會聚透鏡的主焦距

用具：1. 光具座及腳架四個。2. 會聚透鏡。3. 裝在特殊盒中的電燈。4. 有刻度的屏。5. 望遠鏡。

儀器說明：透鏡、刻度屏、望遠鏡及裝在特殊盒內的電燈等都放在腳架上，可沿水平放着的光具座移動。裝燈的盒上剝有一開口，盒內的燈把開口照亮，即當做目的物。爲使聚焦更容易準確，裂口上張着網；網前還裝有濾光器(有色膠片)，以消除色像差。

所有各儀器的中心應排成等高。屏面應與光具座方向垂直。透鏡的軸則與光具座平行。各儀器間的距離，可根據各腳架的指針在光具座側標尺上的讀數來算出。

會聚透鏡主焦距的測定，用下列數種方法：

方法 一

由物鏡距與像鏡距來求焦距：以 a b 分別表示物鏡距與像鏡距，透鏡焦距 f 可由下式求出：

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (1)$$

或

$$f = \frac{a \cdot b}{a + b} \quad (2)$$

(這公式當透鏡的厚度與 f 、 a 、 b 等比起來很小的情形下才是正確的)。

測量：把刻度屏放在距目的物相當遠的地方，透鏡放在目的物與屏之間。使透鏡前後移動，直到開口及口上所張的網在屏上成像完全鮮明為止。記下透鏡、屏、及目的物各個的位置。把載着亮開口的腳架及載屏的腳架及透鏡移到另外位置，重新找透鏡的相當位置。

由於眼睛對像的鮮明性不能估計得很準確，實驗應至少重複十次。此外，在本方法的各次測量中，最好半數取放大的情形，另一半數取縮小的情形。

按公式(2)，從每次測量定出焦距的一個值。由所得結果求算學平均值。

為驗證一個事實；即像的形狀與透鏡光圈的大小及形狀無關，可在透鏡前後一一放上任選的光闌（縫、環、半圓……等等），來檢查它們對於成像的影響，並注意光闌對於像的鮮明性有何影響。

方法 二

根據目的物與像的大小及像鏡距來測定焦距：以 l 表示目的物的大小， L 表示像的大小， a 、 b 分別表示物與像對透鏡的距離。這些量之間有着已知關係：

$$\frac{l}{L} = \frac{a}{b}$$

由此定出 a (物鏡距) 並把它代入公式 (1)，很容易從這三個量算出 f ：

$$f = b \cdot \frac{l}{l + L} \quad (3)$$

測量：把透鏡放在屏與目的物之間。使刻度屏上清楚顯出劇烈放大的像。記下透鏡與屏的位置。用直尺量出目的物的大小並從屏的刻度上計出其像的大小。算出像鏡距 b ，由公式 (3) 確定透鏡的焦距。

改變亮裂口與屏的距離，重覆測量數次。

方法 三

根據透鏡的位移來求其焦距：如果目的物與屏^①的距離 (以 A 來表示) 大於 $4f$ 時，則我們總能在物與屏之間，找到兩個位置，當透鏡在這兩位置上

時，屏上都會出現很清楚的物像。

其中之一是縮小的，另一則是放大的

的 (圖238)。

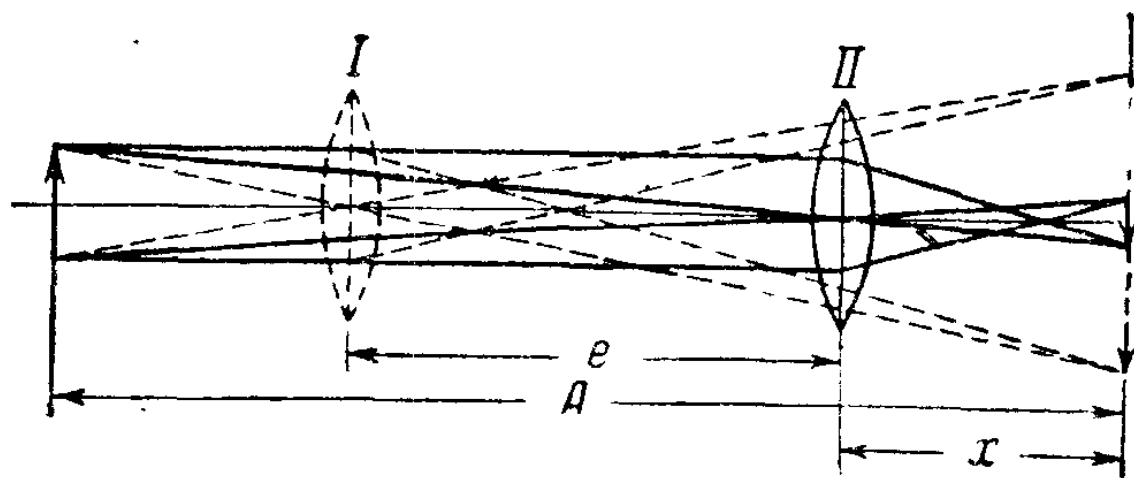


圖 238

① 譯者註：原文 изображение 是像，但此處譯為屏更好；因我們移動透鏡，使像總落在不動的屏上。下面亦有類似情形。