

1325  
1325

科學圖書大庫

# 光 學 原 理

譯者 楊建人

徐氏基金會出版

.16126

科學圖書大庫

# 光 學 原 理

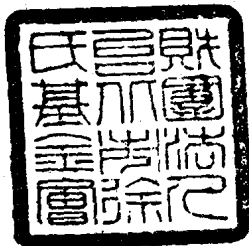
譯者 楊 建 人

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會  
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

# 科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十七年十二月五日再版

## 光學原理

基本定價 3.60

譯者 楊建人 美國堪薩斯大學工程碩士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業第字1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號  
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號  
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

# 譯者序

“光學原理”一書係根據英國倫敦市立大學（前Northampton 工藝學院）實用光學教授W. H. A. Finchan，及物理學家M. H. Freeman 合著之“Optics”第八版翻譯而成。是一本關於基本光學原理的好書。適合於大專院校作為教本之用，也適合於一般對光學有興趣之技術與工程人員作為參考。

本書在編排與文字方面都有其獨特之處，不但內容充實、層次井然、文字上亦甚優美，深入淺出，容易閱讀。本人翻譯時，除盡量保存其原著精神外，文字上亦力求通俗流暢。所有名詞，力求標準化及通俗化，俾學者閱讀時不致有艱澀之感。

譯者對光學稍有涉獵，惟自認才疏學淺，未能將此書翻譯到理想程度。疏漏之處，在所難免，尚祈海內外專家學者不吝指正為感。

楊建人 謹識

六十六年元月於台北

## 第八版原序

本書作第八版修訂時，特邀請第二位作者參加工作，並將書中若干章節予以增訂更新。特別是物理光學部份各章已大部予以重寫，將雷射，及諧和光之繞射及干涉列入。另外新增多光柱干涉概念，並對光學鍍膜作更廣泛之探討。

光度學及光學材料中之若干節亦已重寫。書中增加之彩色插頁（註：譯本191至198之圖片）旨在引起學者對物理光學更大興趣。本書作者對提供這些及其他圖片之來源，深致謝忱。

**W.H.A. Fincham**  
**M.H. Freeman**

# 第一版原序

近年來，關於光學之講授已漸與實際需要相結合，不少關於實用光學（Applied Optics）的教科書已有出版，祇是這些書不適宜於初學者而已。

本書係根據在倫敦 Northampton 工藝學院實用光學原理講義而編寫。針對即將開始專攻眼鏡光學，光學儀器及透鏡設計之學生作鋪路準備。也包括大學中一般光學教材。

書中前面十一章討論基本幾何光學，第十二章至十六章討論物理光學，最後三章則討論較為高深之幾何光學。

書中所用名詞術語，以及符號規則係採用倫敦 Northampton 工藝學院及帝國科學院所習用者。符號規則之基礎係認定一聚合透鏡將有一正的焦距（即由透鏡至第二主焦點之距離），此點甚易為學者所瞭解。亦為光學工業界所通用。在眼鏡光學中，透鏡恒以焦鏡度表示，本書採用此概念，故在開始即予介紹。

本書習題附有答案，對光學之學習較為重要。書中為數頗多之習題及書後之答案對學生將有助益，若干習題係採自倫敦大學（London University），崇敬眼鏡製造公司（S.M.C.），以及英國光學學會（B.O.A.）。

作者感謝 H. T. Davey 及 E. F. Fincham 兩位同事，協助繪製書中各圖表，作者尤其感謝 Northampton 工藝學院實用光學系主任 H. H. Emsley 先生，不但詳讀原稿，並提供極有價值之協助與建議。

倫敦 1934 年元月

W.H.A.F.

# 目 錄

## 譯者序

## 第八版原序

## 第一版原序

### 第一章 光之傳播

1. 概述 1    2. 光之直線傳播 2    3. 光束與光柱 4    4. 聚散率 5  
5. 針孔成像 5    6. 陰影及日月蝕 6    7. 白光的性質 8

### 第二章 光到達一新介質時之行爲

8. 概說 11    9. 反射——規則反射與散射 11    10. 反射定律 12    11. 吸收與傳播 13    12. 折射率 14    13. 折射 15    14. 最小時間原理 17    15. 光程 18    16. 幾何光學之基本定律 19

### 第三章 平面之反射

17. 虛像與實像 22    18. 平面反光鏡成像位置 22    19. 平面反光鏡之視場 24    20. 反光鏡對光之偏向 24    21. 旋轉反光鏡對光之反射影響 24    22. 兩反光鏡相繼反射後之偏向 25    23. 由兩反射鏡形成之多重像 26    24. 兩平面反光鏡平行相對時 27    25. 利用反射作為正像之方法 28    26. 六分儀 29

### 第四章 平面之折射

27. 平板玻璃之折射 33    28. 一系列平板玻璃之折射 34    29. 光程之可逆性 34    30. 臨界角及全反射 34    31. 折射之作圖法 36    32. 平面折射所成之像 37    33. 用顯微鏡法決定折射率 38    34. 概述 38    35.

光線通過稜鏡之路徑 39    36. 稜鏡之全反射 40    37. 最小偏向 41    38. 垂直入射及垂直出射 42    39. 眼科稜鏡 42    40. 通過稜鏡所見之像 42  
41. 反射稜鏡 43    42. 折射計 45

## 第五章 曲面之折射

43. 曲率 51    44. 曲率之測量 52    45. 波鋒面之曲率 54    46. 符號規則 55    47. 平面之折射(波鋒面曲率之改變) 55    48. 對比距離及聚散率 56    49. 曲面之折射 56    50. Young's 作圖法 57    51. 球面像差·焦散曲線 58    52. 順軸光 59    53. 球面之折射(聚散率之改變) 59    54. 球面之折射(路徑之改變) 61    55. 共軛焦點·主焦點·焦距 62    56. 不在光軸上物點之像 64    57. Smith-Helmholtz 或 Lagrange's 定律, 聚合比 66    58. 遠處物體之像 67

## 第六章 薄透鏡

59. 概述 70    60. 透鏡之形狀 70    61. 透鏡之折射 71    62. 焦鏡度 71    63. 共軛焦點及主焦點 73    64. 焦距 74    65. 色散像差 74    66. 軸線外物點之像 75    67. 非點狀物體·橫向放大 76    68. 牛頓關係式 77    69. 遠處物體之像 78    70. 像在軸向的放大 78    71. 透鏡之稜鏡效用 79    72. 兩片或兩片以上之透鏡系統——基本探討 80    73. 作圖法 81    74. 透鏡之有效鏡度 83    75. 焦距及鏡度之測量 84    76. 光學測試儀 84    77. 光學測試儀方法·正透鏡 85    78. 光學測試儀方法·負透鏡 86

## 第七章 曲面之反射

79. 概述 92    80. 焦鏡度 93    81. 反射可視為折射之特例 94    82. 共軛焦點·主焦點·焦距 95    83. 軸外物點·作圖法·放大率 96    84. 透鏡反光鏡 97    85. 焦鏡度與焦距之測量 98    86. 透鏡面曲率之測量 101    87. 大鏡徑反光鏡 101

## 第八章 柱面透鏡球柱面透鏡

88. 概述 107    89. 柱面 107    90. 柱面透鏡之折射·焦線 108    91. 球柱面透鏡 109    92. 球柱面透鏡之折射·散光柱 109    93. 焦線之位置及長度 110    94. 有限物體之成像 111    95. 環曲面透鏡 112



## 第九章 透鏡系統及厚透鏡

96. 概述 115 97. 等效焦距及鏡度·主點 115 98. 透鏡系統成像作圖法 117 99. 在空氣中兩薄透鏡之等效鏡度，後頂點鏡度等有關公式 117  
100. 在空氣中之厚透鏡 120 101. 像之位置及大小 121 102. 焦距及鏡度之測量 122

## 第十章 光學儀器之原理

103. 眼睛 130 104. 視力調節 131 105. 正常眼，非正常眼·遠點及近點 132 106. 非正常眼之矯正 133 107. 視角及視覺尺寸 133 108. 視覺放大或放大率·放大鏡或簡單顯微鏡 133 109. 複合顯微鏡 135 110. 望遠鏡原理 135 111. 放大作用 136 112. 入光瞳及出光瞳·Ramsden 圈 136 113. 刻線鏡 (Graticules) 137 114. 反射式望遠鏡 137 115. 目鏡 138 116. 正像目鏡·地面望遠鏡 139 117. 照相鏡頭 140 118. 放映機 141

## 第十一章 光度學

119. 概述 145 120. 光通量及光強度 146 121. 照明 147 122. 亮度 150 123. 標準光源 151 124. 比較光度計 152 125. 光電光度計 154 126. 銀幕光度學 155 127. 光源光度學 156 128. 白熱燈 158 129. 冷光源 158 130. 濾光作用 159 131. 照度及亮度之測量 159

## 第十二章 光之性質

132. 概述 166 133. 光之雙重性質 166 134. 歷史背景 166 135. 波動 168 136. 簡諧運動 169 137. 波列及其重疊 172 138. 波鋒面 173 139. 電磁學說 174 140. 白熱光及特性色光 175 141. 量子說與原子構造 175 142. 激勵發射與光學泵 176 143. 諧和性及諧振腔 177 144. 氣體雷射 177 145. 脈動雷射 179 146. 半導體雷射 180 147. 雷射之光度測量——視覺危害 180 148. 雷射之用途 181 149. 光速測定——歷史方法 181 150. 光速之測定——近代方法 183

## 第十三章 色散與色

151. 色散 186 152. 純光譜之產生 186 153. 分光儀 187 154. 使用分光儀測量折射率 188 155. 測量折射率 189 156. 波長，色，溫度 190 157.

光譜及光譜分析 198 158. 分光光度計 199 159. Fraunhofer 線 200  
 160. 色散力 200 161. 消色差透鏡 202 162. 色散放大率之差異 205 163.  
 消色差稜鏡 205 164. 直視稜鏡——Amici稜鏡 206 165. 定偏向稜鏡 207  
 166. 色散之無理性·次光譜 207 167. 光學玻璃分類 209 168. 其他光學原  
 料 211 169. 不規則色散 211 170. 紫外線 212 171. 紫外光之生物效用及  
 應用 212 172. 紅外光 213 173. 紅外光之生物效用與應用 214 174. 色  
 175. 色之混合與度量 215 176. 物體之色 218 177. 光散射所產生之色 220

## 第十四章 光之干涉及光學鍍膜

178. 概述 225 179. 光之干涉條件 225 180. 諧和性，非諧和性，交互諧  
 和性 227 181. 非諧和性光源之干涉 227 182. 諧和性光源之干涉 228  
 183. 干涉紋形狀 229 184. 多光柱干涉 232 185. 部份反射之干涉 233  
 186. 薄膜 234 187. 牛頓圈及 Fizeau 干涉紋 236 188. 厚板之干涉 237  
 189. 球面及平面之檢查 238 190. 等路徑干涉儀 239 191. 不等路徑干涉儀  
 240 192. 抗反射單層鍍膜 242 193. 真空鍍膜法 244 194. 前面反光鏡 245  
 195. 多層抗反射鍍膜 245 196. 多層干涉濾光鏡 246 197. 光學鍍膜及干涉  
 之有關問題 247

## 第十五章 繞射及立體幻影

198. 概述 251 199. 半週期區——球面波 251 200. 光之直線傳播 254  
 201. 簡單繞射效果 255 202. 半週期區——柱面波 256 203. Cornu 螺線，  
 Fresnel 方程式 256 204. Fresnel 繞射效果 258 205. Fraunhofer 繞射  
 259 206. Fraunhofer 繞射效果——長方孔 260 207. Fraunhofer 繞射  
 效果——圓孔 263 208. 分解力之極限，分解力 265 209. 繞射及資料處理  
 光學剔檢法 268 210. Fraunhofer 繞射效果——多鏡孔 270 211. 繞射光  
 柵 272 212. 光柵成像及光學轉換函數 275 213. 立體幻影 277

## 第十六章 光之偏極化

214. 概述 283 215. 雙折射 284 216. 偏極光之產生·雙折射法 287  
 217. 由反射及折射產生光之偏極化 290 218. 以散射產生偏極化 292 219.  
 偏極光之干涉 292 220. 橢圓及圓形偏極光 295 221. 聚合偏極光之干涉  
 295 222. 迴轉偏極化·光旋轉 296 223. 磁光學與電子光學 299

## 第十七章 光學系統中對光柱加限之影響

224. 概述 302 225. 入光瞳及出光瞳 302 226. 視場 303 227. 焦點深度 307 228. 遠心原理 308 229. 像之明度 (照) 309 230. 光柱之性質 310 231. 被透射光照明之物體·聚光鏡 312

## 第十八章 透鏡之像差

232. 概述 315 233. 像差之形式 315 234. 色散像差 316 235. 球面像差 317 236. 斜射像差 320 237. 彗形像差 320 238. 徑向或斜向像散 321 239. 像面彎曲或視場彎曲 323 240. 畸變 324 241. Von Seidel 定理 325 242. 球面折射光線路徑之三角計算法 326

## 第十九章 透鏡系統——通論

243. 球面同軸系統·順軸區域 333 244. 前進波鋒面聚散率之改變 334 245. 通過同軸系統之順軸光計算 334 246. 同軸系統之基點 336 247. 計算實例·結構眼 336 248. 兩個面之特別情況 338 249. 後頂點鏡度及主點位置 338 250. 同軸系統之共軛關係 339 251. 節點 341 252. 兩個同軸系統之組合 342 253. 透鏡反光鏡或厚鏡 344

## 附 錄

I. 反射係數 350 II. 主要 Fraunhofer 線 350 III. 光學玻璃之程式 (Chance) 351 IV. 常用之光譜線 (波長單位為 nm) 352 V. 若干固體及液體之折射率 352

## 習題答案

第一章……第十九章 353

中英名詞對照 368

# 第一章 光之傳播

## 1. 概 述

光學係研究光與視覺的一門科學，也涉及與光有密切關係之其他輻射。

光在本質上是一種輻射能，與熱的輻射及無線電的輻射極為相似。係以極高速度向空間發射，大多數發光體之所以能發射光線，主要是由於其具有極高溫度。由於溫度高，發光體之組成原子在激動狀態，此種激動效果乃向四面八方傳播。

例如一根撥火鐵棒在冷的時候不發射吾人所能察覺之任何輻射。當鐵棒慢慢燒熱，即在其四週之介質中產生振動波，此振動波以每秒 186,000 哩的速度向外傳播。在相當距離內，我們可以“感覺”到輻射熱。當溫度繼續升高，振動加劇，鐵棒逐漸變紅，此時我們可以“看見”其輻射能，此輻射能即成爲光。我們察覺光的輻射有賴於我們的視覺，而視覺的器官就是我們的眼睛。當鐵棒溫度再升，其顏色由紅而變黃，最後變爲“白”熱。

光輻射之確切性質，及其在空間傳播的方式，科學家尚未能完全明瞭。不過一般公認光乃是一種波動，其傳播方式極似水面上丟下石塊所形成之水波。波動的主要特性有三：波動向外傳播的速度，波動起伏的週率，以及波峯與波峯間之距離即波長。很顯然地，速度等於波長與週率之乘積。

就光波、熱波，電磁波而言，科學家們由實驗測得（第十二章）其速度均爲每秒十八萬六千哩或每秒三億公尺。由前述之撥火鐵棒實驗，我們得知光波之週率比熱波之週率爲大，而光波中某些顏色之週率較其他顏色週率爲大。也就是說：熱波的波長較光波爲大，而紅光波長較其他顏色光波爲大。下表中所列爲幾種代表性輻射波。

表中數字僅爲每一類別中之代表值，實際上每一類別包括很大範圍，詳情參閱圖 145。

許多發光體包括太陽、星星，各種燈光等，其中以太陽爲我們最大的光（和熱）源，其光量實無與倫比。光進入我們的眼睛之後即產生視覺。此外

輻射波	速度(每秒公分)	週率(每秒 $10^{12}$ 週)	波長(公分)
無線電波	$3 \times 10^{10}$	$10^{-6}$	$3 \times 10^4$
熱波(紅外光)	$3 \times 10^{10}$	30	$10^3$
光波	$3 \times 10^{10}$	395	$7.59 \times 10^{-5}$
紅	$3 \times 10^{10}$	509	$5.89 \times 10^{-5}$
黃	$3 \times 10^{10}$	764	$3.93 \times 10^{-5}$
紫	$3 \times 10^{10}$	1000	$3.0 \times 10^{-5}$
紫外線	$3 \times 10^{10}$	$3 \times 10^6$	$10^{-6}$
X光	$3 \times 10^{10}$		

，也能產生其他效用如照相軟片之感光，顏料之退色，皮膚之色素等。

## 2. 光之直線傳播

光線通過之任何空間謂之光的介質。大部份光介質對光的傳播在各方向相同，此種介質謂之等方性介質(isotropic)。有少數光學物質如某些晶體類則屬例外(第十六章)。大多數的光介質，其性質全體一致，謂之均勻介質。

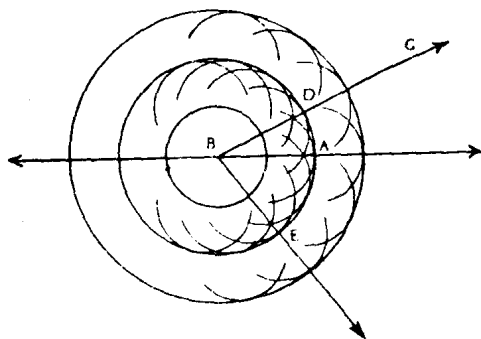


圖1 波鋒面，Huygens 原理。

在一等方性介質中，光線自光源B(圖1)出發，以相同速度向四面八方射出。在任一瞬間，光所佔據之空間為一球面，其中心位於光源。此一想像中之球面謂之波鋒面(Light fronts or wave fronts)。就水面波而言，其波動僅限於一個平面內，故波鋒面為一平面圓形。

光之波動學說創始人 Huygens (1629 - 1695) 認為：在波鋒面上任一點均可視為次波面(Wavelets)之原點，各次波面均由原點繼續向前推進。圖中DAE 面因與各次波面相切，而構成一新的波鋒面，如果介質為等方性，則各新鋒面均將以B為中心。

Huygens 原理假定各次波面僅向前推進，而每一次波的效果僅限於與新波鋒面相接觸之部份，前者可以這樣解釋：產生次波之各點並非獨立光源

，而是由原始光源而來之波鋒面所推動。至於後者，則由 Fresnel ( 1788 - 1827 ) 研究各次波間之干涉現象而獲得證明 ( 第十五章 ) 。

由圖 1 可以看出，任一波動部份所進行之方向如  $BDG$  都為與波鋒面正交之直線。我們稱此直線為光線。根據 Huygens 波鋒面構成原理，可以找出光波由一介質進入另一介質，以及波鋒面自介質表面反射後之形狀及方向。

發光體  $B$  ( 圖 2 ) 所發生之光必須有部份進入眼睛才能被看見。所以唯有當眼睛在  $C$  與  $K$  之間或在  $D$  與  $L$  之間，光線沒有受到阻擋，才能看到  $B$ 。當眼睛放在  $c$  與  $d$  之間，因不透明物  $ab$  將  $cabd$  區域之光線擋住而形成陰影，故不能看到  $B$ 。可是當眼睛放在  $e$  處，已在陰影之外，又可看見  $B$ 。

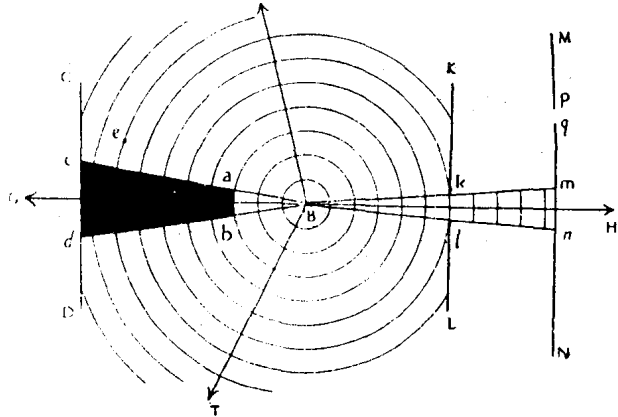


圖 2 光的直線進行  
鏡徑在  $kl$  ; 屏幕在  $ab$  處。

如果我們有兩個不透明屏幕置於  $KL$  及  $MN$  處，屏上分別有圓孔  $kl$  與  $pq$ 。屏  $MN$  上將有一圓形被照明面積  $mn$ ，其餘地方均為黑暗，眼睛放置在  $pq$  處即無法看到  $B$  光源。

眼睛在  $cd$  區域看不見  $B$ ，而在  $kml$  區域則可以看見，不但可由 Huygens 原理加以推定，而且也證明光確是沿直線進行的。

如果我們就  $cd$  及  $mn$  區域內的情況作更進一步的研究，我們發現  $mn$  圓形面積上之照明並不均勻。 $cd$  面積上並非完全黑暗，其周邊分界亦非黑白分明。當  $ad$  與  $kl$  半徑甚小時，此一現象尤為明顯。光線於通過物體之邊緣時，有繞至物體背後的現象，正如海浪進入防波堤口有繞至堤後，以及聲波能繞過建築物而至其背後情形相同，祇是由於光波太短，若非特別留意觀察，即不易察覺而已 ( 參閱第十五章 ) 。

### 3. 光束與光柱

自一個光點出發，或自一大片光源或照明物體上任一點發出之光，於通過一局限鏡徑 ( Limiting aperture ) 如  $kl$  ( 圖 2 ) 後，形成一個光束 ( Pencil )。此鏡徑可為不透明物屏上之洞孔，或為透鏡及反射鏡等的邊緣。此光束之寬度若因距離之增加而增大，則謂之發散 ( Divergent )。但在某種情況下，光通過凸透鏡後，光束之寬度因距離之增加而逐漸減小，此光束謂之聚合 ( Convergent )。其聚合點謂之焦點 ( Focus )，此焦點實為光源物點之像。光線通過焦點後變為發散。其寬度仍受原繞徑所局限。當物點或焦點之距離與鏡徑相較為甚大，則光束之邊線可視為平行。圖 3 所示即

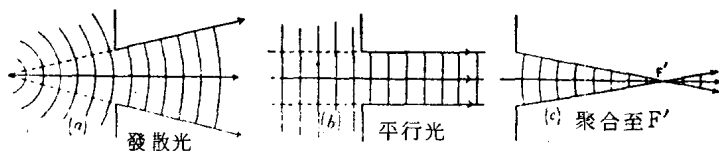


圖 3 三種光束之波鋒面

為發散、聚合，及平行光束，及其波鋒面情形。通過鏡徑中心之光線代表光束之方向，謂之主光線 ( Chief ray )。

自一擴展光源 ( Extended source ) 所發出之許多光束集合而形成光柱 ( Beam ) 如圖 4 a 所示。光柱之邊線可為發散，也可為聚合，與各光束的發散或聚合無關。例如太陽光通過一鏡徑 ( 圖 4 b ) 時，自太陽表面各點所

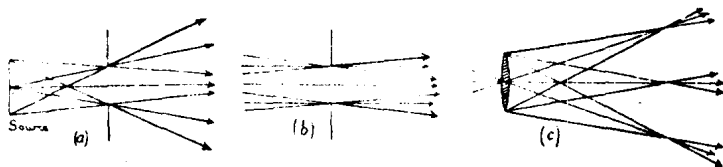


圖 4 光束與光柱

發出之光束雖屬平行，但光束與光束間彼此並不平行。其所形成之光柱邊線實為發散。同樣地，自一透鏡發生之光柱可為發散，但組成光柱之光束却為聚合 ( 圖 4 c )。一般所謂發散，聚合或平行光，乃是對光束而言，非指光柱而言也。

圖 5 所示， $BEF$  為自光點  $B$  出發之光束之一部份。此光束受到鏡徑  $CD$  所局限， $EF$  則為與鏡徑平面平行之橫切面。在相似三角形  $CDB$  與

EFB 中，

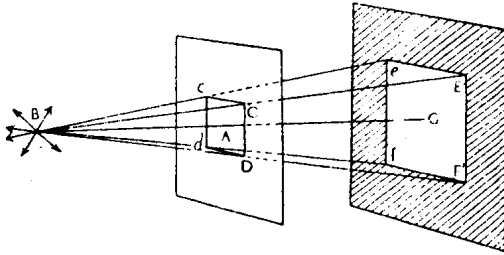


圖 5 光束之寬度

$$\frac{EF}{CD} = \frac{BG}{BA} \dots\dots\dots (1.01)$$

由於光向四面八方均勻發射，故有

$$\frac{\text{面積 } EFfe}{\text{面積 } CDdc} = \left( \frac{BG}{BA} \right)^2 \dots\dots\dots (1.02)$$

即光束之橫切面面積與該切面至光源之距離平方成正比。

由於任一光束中之光線有定量，故光線落於單位面積上之量（即照度）與光束橫切面面積成反比。換言之，在與光束垂直之平面上之照度與該平面至光源距離之平方成反比。此即著名的“反平方定律”（Law of Inverse Squares），對於光線之測量，照明等問題，至為重要。

### 4. 聚散率

對於某一定鏡徑，光束之發散或聚合，以及在鏡徑位置波鋒面曲率與發光點或焦點之距離成反比。由於使用透鏡或曲面反光鏡的目的在改變光線之聚合或發散率，必需有能表示光束之發散及聚合程度的方法。此法甚為簡單，即以至發光點或焦點距離之倒數表示。由第五章可知，此一距離之倒數亦即代表波鋒面之曲率。表示聚合與發散程度，一般已習用聚散率（Vergence）。而以正負號區別聚合與發散，聚散率之單位為度（Dioptre）。在任一光束中，距離發光點或焦點一公尺（米）之聚散率為一度。

### 5. 針孔成像

針孔成像實足以證明光之直線傳播，自被照明之物體上每一點所發出之光，於通過一不透明屏上之小孔後，形成一細小光束。如果每一小光束均投射於距離針孔某距離而與針孔平行之另一屏幕上，則為自形成與針孔形狀相



似之一小光點，正由於光線成直線進行，各光點間之相對位置與各物點間之相對位置相對應。於是集結而形成與原物體形狀相似之像，祇是上下左右位置各自顛倒而已（圖 6 a）。如果鏡徑甚小，每一小光點相互疊合甚少，則所成之倒像相當清晰（圖 6 b）。在方盒之一邊鑽一小針孔，於對面一邊置照相底片或毛玻璃。即成爲針孔照相機，或者以鑽有小孔之金屬片取代普通照相機之透鏡亦可。如圖 6 b 所示，倒像之大小與物體及像至針孔之距離有關，即

$$\frac{h'}{h} = \frac{a'}{a}$$

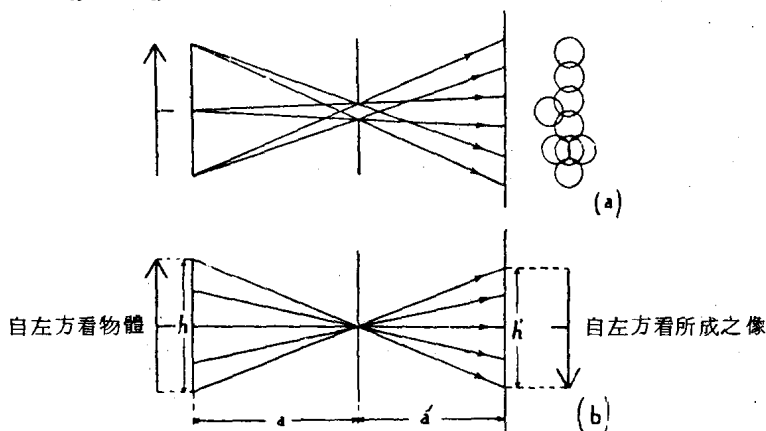


圖 6 針孔相機

針孔成像之明晰度不高，如果針孔儘量縮小至某一程度，則因光之繞射現象而增加像之模糊。而且針孔所成像之照明度極差，無法與透鏡照相機相比。針孔照相機也具有實用性，而且比透鏡照相機有若干優點；例如畸變小，焦點深度大，對不同距離之物體亦能在底片上形成相當明晰的像，而且視角（Angles of view）亦遠較透鏡照相機爲大。

## 6. 陰影及日月蝕

陰影的性質可自光的直線傳播演繹而來，如果光源爲一點，陰影的邊界必甚清晰（忽略繞射現象）。其投射於垂直平面幕上之形狀，必與不透明障礙物之形狀相似。所以一個球體之陰影必爲圓形，而一平面圓片之陰影則視其垂直或傾斜而爲圓形或橢圓形。陰影在任何位置之大小，可用光束橫切面積方法決定之（參考第 3 節）。