

初級物理學

第 五 冊

(光學和原子物理學)

主編者	r. c. 蘭茨別爾格
譯者	嚴忠鐸 周恆濤
校閱	許國保

上海中外書局出版

初 級 物 理 學

第 五 冊

(光學和原子物理學)

主 編 者 P.C. 蘭茨別爾格

(蘇聯科學院院士)

譯 者 嚴忠鐸 周恆濤

校 閱 許 國 保

上海中外書局出版

初 級 物 理 學
(第五册 光學和原子物理學)

原書名 ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ УЧЕБНИК ФИЗИКИ ЧАСТЬ
ПЯТАЯ, ШЕСТАЯ, СЕДЬМАЯ (ГЕОМЕТРИ-
ЧЕСКАЯ, ОПТИКА, ФИЗИЧЕСКАЯ ОПТИКА,
АТОМНАЯ ФИЗИКА)

原 主 編	[蘇聯] Г. С. ЛАНДСБЕРГ
原 出 版 者	ГОСТЕХИЗДАТ
原出版版次	1952 年版
譯 者	嚴 忠 鐸 周 恆 濤
校 閱 者	許 國 保
出 版 者	中 外 書 局
	上海中山東一路 18 號
印 刷 者	光 藝 印 刷 廠
	上海長陽路 1121 弄 323 號
總 經 售	上 海 圖 書 發 行 公 司
	上海山東中路 128 號

版權所有 ★ 不可翻印

書號: 0041-5 開本: $787 \times 1092, \frac{1}{25}$ 印張: $13 \frac{1}{25}$
字數: 262 千字 定價: 一元六角五分
1955 年 6 月第一版第一次印刷 印數 0001-3000 冊
1955 年 9 月第一版第二次印刷 印數 3001-6000 冊

內 容 大 要

本書係蘇聯國立技術理論書籍出版社出版的，由蘇聯科學院院士 I. C. 蘭茨列爾帝主編。本書原本共分三冊出版，參加本書編寫工作者總計有十餘人，原書第三冊包括第四篇(振動和波)、第五篇(幾何光學)、第六篇(物理光學)、第七篇(原子物理學)，於 1952 年出版。

本書內容是原書第三冊的五、六、七三篇，共分：緒論、光度學和照明技術、光學的基本定律、應用反射和折射定律來求像、光具組、光學儀器、光的干涉、光的繞射、光的偏振和光是橫波、電磁波譜、光速、光的色散和物體的顏色、光譜和光譜的規律性、光的效應、原子構造、放射學、原子核和核能等十七章。

目 錄

第五篇 幾何光學

第一章 緒論

§ 1- 1. 光是能的一種形式，光的各種效應·····	1
§ 1- 2. 光的干涉，薄膜上的顏色·····	3
§ 1- 3. 光學歷史概述·····	4

第二章 光度學和照明技術

§ 2- 1. 光能，光流·····	6
§ 2- 2. 點光源·····	7
§ 2- 3. 照度·····	8
§ 2- 4. 光度·····	10
§ 2- 5. 量度光量的單位·····	11
§ 2- 6. 光的功當量·····	13
§ 2- 7. 亮度·····	13
§ 2- 8. 照明學的任務·····	15
§ 2- 9. 聚集光流的裝置·····	17
§ 2-10. 反射的物體和散射的物體·····	17
§ 2-11. 照明學的基本計算·····	20
§ 2-12. 光的量度和量度儀器·····	22

第三章 光學的基本定律

§ 3- 1. 波的直線傳播·····	28
---------------------	----

§ 3- 2. 光的直線傳播和光線	29
§ 3- 3. 光的反射和折射定律	34
§ 3- 4. 光線方向的可逆性	38
§ 3- 5. 折射率	39
§ 3- 6. 全反射	41
§ 3- 7. 平行平面板的折射	44
§ 3- 8. 稜鏡的折射	45

第四章 應用反射和折射定律來求像

§ 4- 1. 透鏡的折射，透鏡的焦點	49
§ 4- 2. 在透鏡主光軸上的點在透鏡中成像，透鏡公式	53
§ 4- 3. 薄透鏡公式的應用，實像和虛像	56
§ 4- 4. 點光源和有長度物體在平面鏡上的像，點光源在球面鏡上的像	59
§ 4- 5. 球面鏡的焦點和焦距	62
§ 4- 6. 在球面鏡主軸上的光源位置和像位置間的關係	63
§ 4- 7. 透鏡和鏡的製造方法	64
§ 4- 8. 球面鏡和透鏡上有長度的物體的像	65
§ 4- 9. 球面鏡和透鏡上像的放大率	66
§ 4-10. 球面鏡和透鏡上的像的構成	68
§ 4-11. 透鏡的屈光強度	72

第五章 光具組

§ 5- 1. 合軸調整的光具組	75
§ 5- 2. 光具組的主平面和主點，節點	76
§ 5- 3. 光具組中像的構成	78
§ 5- 4. 光具組的放大率	78
§ 5- 5. 兩薄透鏡組成的合軸調整的光具組	79
§ 5- 6. 光具組的缺點	81

§ 5-7. 球面像差	82
§ 5-8. 像散現象	84
§ 5-9. 色差	85
§ 5-10. 光束在光具組中所受的限制	86
§ 5-11. 透鏡的光度	87
§ 5-12. 像的亮度	88
§ 5-13. 像的照度	90

第六章 光學儀器

§ 6-1. 映畫器	93
§ 6-2. 照相機	95
§ 6-3. 眼睛作為光具組	98
§ 6-4. 在眼睛上應用的光學儀器	100
§ 6-5. 放大鏡	101
§ 6-6. 顯微鏡	103
§ 6-7. 顯微鏡的分辨本領	106
§ 6-8. 目視望遠鏡	106
§ 6-9. 望遠鏡	109
§ 6-10. 對於有長度物體和點光源的亮度	113
§ 6-11. M. B. 羅蒙諾索夫的夜間目視望遠鏡	115
§ 6-12. 兩隻眼睛的視覺和對空間深度的感覺，體視鏡	116

第六篇 物理光學

第七章 光的干涉

§ 7-1. 幾何光學和物理光學	121
§ 7-2. 光的干涉實驗	121
§ 7-3. 薄膜上彩色的說明	123
§ 7-4. 牛頓圈	125

§ 7-5. 用牛頓圈來測定光波波長	127
--------------------	-----

第八章 光的繞射

§ 8-1. 光束和波面的形狀	131
§ 8-2. 惠更斯原理	132
§ 8-3. 建立在惠更斯原理上的光的反射定律和折射定律	133
§ 8-4. 惠更斯原理的非涅耳解釋	135
§ 8-5. 最簡單的繞射現象	136
§ 8-6. 用菲涅耳法解釋繞射	138
§ 8-7. 光學儀器的分辨本領	139
§ 8-8. 繞射光柵	141
§ 8-9. 繞射光柵用作光譜儀器	144
§ 8-10. 繞射光柵的製成	145
§ 8-11. 斜向射入光柵時的繞射	145

第九章 光的偏振和光是橫波

§ 9-1. 光在電氣石中的經過	147
§ 9-2. 說明觀察到的現象的假說，光的偏振概念	148
§ 9-3. 偏振的機械模型	149
§ 9-4. 偏振片	149
§ 9-5. 光是橫波和光的電磁理論	150

第十章 電磁波譜

§ 10-1. 各種波長電磁波的研究方法	152
§ 10-2. 紅外線和紫外線	153
§ 10-3. 倫琴射線的發現	154
§ 10-4. 倫琴射線各種作用和應用	155
§ 10-5. 倫琴管的構造	156
§ 10-6. 倫琴射線的起源和它的本質	158

§ 10-7. 電磁波譜	159
--------------	-----

第十一章 光速

§ 11- 1. 光速測定的最初嘗試	161
§ 11- 2. 勒麥爾測定光速的方法	162
§ 11- 3. 用轉動鏡的方法測定光速	163

第十二章 光的色散和物體的顏色

§ 12- 1. 在牛頓以前關於物體顏色的問題	165
§ 12- 2. 牛頓的主要發現	165
§ 12- 3. 牛頓觀察的解釋	167
§ 12- 4. 各種材料的色散	168
§ 12- 5. 互補色	169
§ 12- 6. 各種光源的光譜成份	171
§ 12- 7. 光和物體的顏色	172
§ 12- 8. 吸收、反射和透射係數	173
§ 12- 9. 白光下的有色物體	173
§ 12-10. 有色光下的有色物體	174
§ 12-11. 掩蔽和暴露	175
§ 12-12. 顏色的飽和度	176
§ 12-13. 天和霞的顏色	178

第十三章 光譜和光譜的規律性

§ 13- 1. 光譜儀器	181
§ 13- 2. 發射光譜的種類	182
§ 13- 3. 各種光譜的起源	183
§ 13- 4. 光譜的規律性	184
§ 13- 5. 按照發射光譜的光譜分析	186
§ 13- 6. 液體和固體的吸收光譜	189

§ 13- 7.	原子的吸收光譜，夫琅和費譜線	189
§ 13- 8.	熾熱物體的輻射，白熾燈	190
§ 13- 9.	光測高溫學	192

第十四章 光的效應

§ 14- 1.	光在物質上的效應	194
§ 14- 2.	光電效應	194
§ 14- 3.	光電效應定律	195
§ 14- 4.	光子概念	198
§ 14- 5.	光電現象的應用	200
§ 14- 6.	光效應發光，斯托克斯定則	202
§ 14- 7.	斯托克斯定則的物理意義	204
§ 14- 8.	光效應發光的分析	204
§ 14- 9.	光的光化學效應	205
§ 14-10.	在光化學過程中波長的作用	206
§ 14-11.	照相術	206
§ 14-12.	視覺的光化學論	209
§ 14-13.	視覺的留影	210

第七篇 原子物理學

第十五章 原子構造

§ 15- 1.	原子概念	220
§ 15- 2.	阿伏伽德羅數，原子的大小和質量	221
§ 15- 3.	基本電荷	223
§ 15- 4.	在原子物理學中電荷、質量及能量的單位	226
§ 15- 5.	帶電粒子的質量的量度，質譜儀	228
§ 15- 6.	電子的質量，原子的質量，同位素	231
§ 15- 7.	同位素的分開，重水	234

§ 15- 8. 原子核模型	236
§ 15- 9. 原子的能級	239
§ 15-10. 氫原子, 在原子內的電子運動定律的特殊性	244
§ 15-11. 多電子的原子, 原子的光譜和倫琴譜的起源	246
§ 15-12. 門捷列夫的元素週期表	248
§ 15-13. 量子(波動)力學的概念	251

第十六章 放射學

§ 16- 1. 放射現象的發現, 放射性元素	255
§ 16- 2. α 、 β 和 γ 射線, 威爾遜雲室	257
§ 16- 3. 放射射線的本質	261
§ 16- 4. 帶電粒子的記數方法	265
§ 16- 5. 放射性蛻變和放射性變化	268
§ 16- 6. 放射學的應用	273

第十七章 原子核和核能

§ 17- 1. 核反應的概念	274
§ 17- 2. 核反應和元素的變換	275
§ 17- 3. 中子的性質	277
§ 17- 4. 在中子作用下的核反應	281
§ 17- 5. 人爲放射現象	283
§ 17- 6. 正電子	285
§ 17- 7. 原子核的構造	287
§ 17- 8. 核能, 天體的能源	290
§ 17- 9. 鈾的分裂, 無阻尼的鏈式反應	293
§ 17-10. 無阻尼的鏈式反應的應用	298
§ 17-11. 加速器	303
§ 17-12. 宇宙線	306
§ 17-13. 結論	309

第五篇 幾何光學

第一章 緒論

§ 1-1. 光是能的一種形式。光的各種效應。 我們的視覺器官感光的靈敏度很大。按照現代的測定，在良好的情形下，當眼睛上受到約每秒 10^{-16} 爾格的光能時即足夠得到光的感覺，就是說可以感覺到的光的功率等於 10^{-17} 瓦。

眼睛或許是能夠記錄光的存在的靈敏機構之一。光在眼睛上的作用歸結為某種化學過程，它發生在眼睛的感光膜上並引起了視神經和相應的大腦中心的刺激作用。光的化學作用和在眼睛感光部份上的作用相類似，可以在各種顏色受光褪色（“布晒毀”）時觀察到。並在比較不多一些能感光的材料吸收光時，就可觀察出這類材料的化學變化。可是任何物體都或多或少地吸收光，這可以從物體的發熱看出來。

物體在吸收光時發熱是最普通而容易實現的過程，它可用來發現和測定光的能量。太陽光的發熱是這種過程的最簡單例子，在多陽光的南方地帶（例如中亞細亞），在吸收太陽能下所得的熱量可以用來轉動工業設備。

在南緯地區，熱天的時候，太陽光所發出的熱量在每分鐘內每一平方米的面積上超過 15 000 卡，可以使裝在屋頂上的平面鐵水箱常年供給屋內居民熱水。用大鏡 MM （圖 1-1）將太陽光線集中到任何接收器 A 的表面上，可以保證它熱到相當高的溫度。

光的作用可以在有些電的現象中觀察到。正如我們在第三冊 § 1-8 中已經說過，金屬表面受到照明可以放出電子，這些電子用從光

得來的一些動能向外飛出。在適當的裝置下，不難觀察到在光的作用下所發生的電流。圖 1-2 示這種裝置中的一種叫做光電管的裝置圖。假定能够把用在這種光電管裝置上的物質塗在不大的屋頂上，那末在晴朗的日光下可以依靠光能得到幾千瓦功率的電流。

最後我們要說的有趣現象是 光的機械作用，也可直接觀察出來。它在反射物體或吸收物體的表面顯示為光的壓力。如將這物體做成輕微活動的羽翼形狀，可以看出羽翼在光投射的作用下轉動。這一卓越的試驗是由 И. H. 列伯吉夫 在莫斯科(1900)初次進行的。計算指出，

晴天落到 1 米^2 大小的鏡子表面上的太陽光所起的作用一起不過約 0.4 毫克的力。這微不足道的光壓力在形成彗星尾的現象中却起了重要的作用。

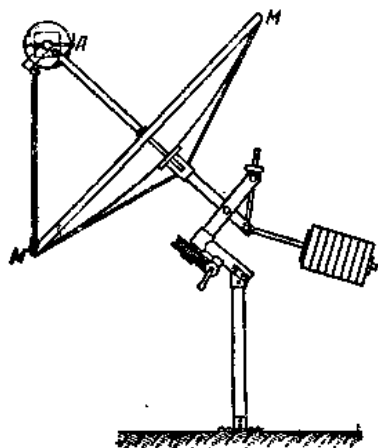


圖 1-1. 日光發熱機器的裝置圖

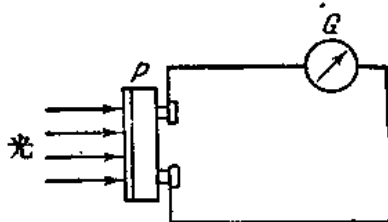


圖 1-2. 光電管及其電路；P—光電管；
G—電流計。

由此可見，光能產生各式各樣的常常可以完全感覺到的作用；所有這些作用證明了光線裏有能量存在，這能量的轉變都顯現在所述的各種現象中。

從列舉的例子可以看到光的應用種類很多。雖然在所有這些應用中表現出由光帶來能的作用，可是光作為直接能源的作用是比较不大的：根據在光作用下發熱原理做成的發動機所起的作用很小，而根據光電效應製造的發動機還待完成。當然，所有我們在地球上利用的能量，

實際上都是以太陽的輻射能量為來源，可是利用太陽能却需要通過複雜的過程：通過太陽光作用下所蓄積的並成為植物形式而在熱力機內燃燒的燃料，以及通過水力發動機和風力發動機等等。在大多數光的應用中，主要作用不在於由它所帶來能量的多少，而在於那些光的過程特性所引起的特徵。爲了要闡明光現象的本質，必須通過實驗。

§ 1-2. 光的干涉。薄膜上的顏色。當然，通常人們都欣賞春天地塘表面上美麗的顏色。當水面上有煤油或油的斑點時，很多人或者注意過河上靠近船邊出現有同樣的有色條紋。在所有這些現象中，可以看到奇異的彩色條紋的分佈，特別是它的五顏六色，就是當觀察者在轉頭時色彩的改變。這現象和肥皂泡上顏色的表現相像，而實際在物理本質上是相同的。如果放一滴煤油或松節油到投射燈所照耀的容器水面上，它不難在教室內重行做出。

上述情形中的各式各樣顏色，顯然和我們在白光中觀察的情況有關。在光路上放置任何有色玻璃，我們相信所觀察到的不是一些多色條紋而是被黑暗間隔分開的一些較亮或較暗的單色條紋。同時它們的形式和分佈並沒有改變。例如，如果我們應用綠色玻璃，那末在白光照耀下所具有的綠色條紋實際上仍舊不變，而紅色條紋變為黑色條紋。如果用噴燈火焰，並在火焰內放一塊用食鹽溶液浸過的石綿，作為一種顏色的（單色的）光，現象就變得更明顯。由於鹽內發出鈉氣，火焰染成黃色；這種顏色非常單純。在這光中所觀察到的圖形將是由鮮黃色條紋逐漸變成深黑色條紋所組成。由此可見，圖形是由互相更替的明亮條紋和黑暗條紋所組成，明亮條紋送到觀察者眼睛裏很多的光（最大），黑暗條紋對觀察者則完全不發光（最小）。

在上述實驗中，我們講到的光現象有與第四冊 §5-2、5-3 及 5-4 中所敘述的現象相似的情況。這種現象叫做波的干涉。在那裏（§ 5-3）指出了兩波相加引起能量重新分配的情況，就是能量的最大和最小部份的形成。在光學實驗中，我們也發現到能量的重新分配，因此照明度

不是均勻的而是有黑暗部份(最小)和照明度增高的部份(最大)。換句話說,在我們的實驗中,顯示出光能够干涉,就是發覺到光現象的波的特性。各種顏色的最大發生在不同的地方,這一情況表示不同的顏色相當於不同的波長(參閱 § 5-3)。以後我們要應用干涉的現象來準確地測定光波的長度;但現在祇限於指出光的波長比微米還要小。

§ 1-3. 光學歷史概述。 光波本質上問題的答案都是根據光現象特徵上一系列的、長時間的觀察得來。同時,通常情況是在我們科學觀點的發展下,有關光的本質上的概念隨着新知識與新事實的積累而改變。在19世紀初葉,堅定地確認了光具有波的特性,把光波當作彈性波並在一定程度上看成與聲的現象所造成的波相像。可是光波具有兩個重要的不同特點:第一,光可以在空氣被抽去的空間或其他媒質的空間內傳播,而聲音在真空中不能傳播(參閱第四冊 § 4-1)。光在真空中傳播可從抽出空氣的白熾電燈* 觀察到。另一光在真空中傳播的證據是:我們能够觀察到隔開我們巨大空間的太陽與星辰的光,這空間比完全真空的儀器還含有更少的物質。

按照現代的數據,星球間的空間裏平均每一厘米³大約祇有一個原子,而在最精密除氣的真空儀器中每一厘米³內含有的原子或分子不少於 10^{12} 個。

光波與聲波不同的第二個特點是光波具有很大的傳播速度。根據勒麥爾(參閱 § 11-2)所完成木星的衛星蝕的天文觀察,光在宇宙空間內的傳播速度接近 300 000 公里/秒($3 \cdot 10^{11}$ 厘米/秒)。實際上光在空氣中的速度也是如此,而聲音在空氣中的速度大約是光速度的百萬分之一。

光的巨大傳播速度使光學現象與 19 世紀前 25 年內知道的所有其他現象能够劃分開來。大約過了半世紀以後,麥克斯韋從理論的觀點出發確定了任何電磁的擾動應該以同樣的速度傳播。過了一些時候,

* 在大多數現代白熾燈內,經過精密抽氣以後,泡內重新注入某種在化學上不活潑的氣體,例如氮。這樣做法是爲了減少燈絲的碎散,就是增加燈的使用壽命。燈絲的光在完全抽空的燈泡內也同樣傳播。

赫芝用實驗證實了電磁波傳播的速度實際上等於光的傳播速度。

以後的研究和在那時首先得到最短電磁波(6毫米)的 И.И.列伯吉夫實驗確定了電磁波的所有基本性質與光波的性質相同。這個情況認為光波是電磁波，它與通常應用在無線電技術的波不同的地方是它的波長很短(短於微米)(參閱第四冊 § 6-5)。

光波的電磁本質可以用來解釋金屬受到照明後發出電子的現象，就是所謂光電效應，關於光電效應我們已在第三冊 § 1-8 中提到過，將來在第十四章還要更詳細地來談。還有一系列的其他現象是光與電磁過程間互相關聯所造成。依據所有的實驗與理論的總結，我們可以確定光波就是電磁波。正如過去已經指出，很多波現象的特徵對於各式各樣本質的波的過程都是同樣的。所以今後我們將應用第四冊第四、五、六各章內所敘述的關於波的知識來討論光學的基本定律和概念。

第二章 光度學和照明技術

§ 2-1. 光能. 光流。 在 § 1-1 中我們已經指出, 各種各樣光的作用首先決定於一定的 光能 的存在。光的直接感覺基於光能在眼睛上所起的作用。這也發生在任何能够記錄光的作用的接收器中, 例如, 光電管, 溫差電偶, 照相底片。由此, 光的測定在於測定光能或任何與它相關聯的量。研究輻射能量測定程序與方法的光學部份叫做 光度學。

在從任何光源 S (圖 2-1) 傳播光的路途上, 放置一個不大的透明薄膜或一塊玻璃, 它的面積是 σ 。在時間 t 內有一些光能 $\mathcal{E}$ 通過這個面。為了測定這一能量, 可以用一種物

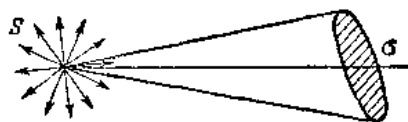


圖 2-1. 輻射源 S 通過面積 σ 的輻射能流。

質(例如, 煤烟)塗在薄膜上使它能完全吸收所有投射在它上面的光能, 並從薄膜的發熱程度來測定被吸收的能量。比值

$$F = \frac{\mathcal{E}}{t}, \quad (1)$$

表示在單位時間內通過表面上的能量, 叫做通過面 σ 的 輻射能流。

輻射能流是以通常的 功率 單位例如瓦特來計數的。可是對於 光能的感覺和利用, 眼睛佔了格外重要的地位。所以除了用光的能量估值外, 並利用基於眼睛對光的直接感覺的估值。按照視覺來估值的輻射能流叫做光流。

由此可見, 在光的測定中應用兩種標記的制度和兩種單位的制度; 一種是按照光的能量估值, 另一種是按照視覺的光的估值。以後我們將說明一個制度與另一制度的相互變換。