

萬 有 文 庫

第二集七百種

王 雲 五 主 編

光 的 世 界

(一)

布 拉 格 著

陳 嶽 生 譯

商 務 印 書 館 發 行

# 光 的 世 界

(一)

著 布 拉 格

譯 陳 嶽 生

自然科學小學叢書

萬有文庫

第二集七百種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

## 原序

物理科學近來的各項進步，已引起了普及的注意，而且因為由是所生的各種令人迷惑的問題，已有才能出衆的著作家，加以描寫，其事益發傳遍遐邇。我曾這樣想過，假使我把目今各項發展所從出的往昔研究，用簡短的文字敘述一番，或許對於此項新的知識，更可增高其價值。要曉得我們現在所處的地位，是靠着牛頓、惠更司、楊、夫累涅爾、克魯克斯、湯姆遜，以及古往今來，其他的許多勞心勞力之輩，築好了可通的路，方纔達到的。前人所已經過的境界，我們如果一些都不知道，那麼此等地位的重大，我們就不能夠完全領會了。

對於科學的發展，最有幫助力量的，其中之一，便是光的兩種學說間，舊時所有的爭競；我就把它取來，作為線索，以連綴我所寫的故事。常與牛頓、惠更司這兩個名字，分別連在一處的微粒與波，似乎已經輪流着占了最後的勝利。彼此間的爭鬭，正相持不下，其結局的勝負，究屬於誰，顯然未可

逆料。我們前此以爲互相排斥的兩種假說，頗有融洽的可能；而且有事實警告我們，不要大膽讓我們心裏的想像，變成一定不移的信仰。這兩種假說，如何能够兼真並確，我們固仍難於了解；然而彼此都有許多靠得住的證據，可以提出來做護身符，這卻是事實，有此事實，我們就實逼處此了。在某一時期超出於我們理解能力之外的，到後來非但因爲我們獲得了嶄新的知識，而且因爲我們的意志，經過了新思想方法的訓練之故，或許可以變得瞭然易解，這便是我們的論斷。

將來的研究，把這兩種舊學說連合起來做根據，一定會有良好的結果。像過去時候，雖然彼此互相爲敵，仍各滋長繁盛一般。

正正當當的所謂光，不過是範圍遠較光爲廣大的現象，其中所屬界限很狹的一部分罷了，此廣大現象，便是一般的輻射。但是光學的定律，卻適用於此較大的範圍，而首倡者的立言，其所含意義，卻比他們所知者爲廣。光波的長度，其所屬範圍，限界甚近；但是波動的定則，卻在一方面適合於倫琴射線的無限小波，在他方面又適合於長的無線電波。根據了光的用途而作的各項探究，也有驚人的廣大範圍。其所涉及者，有天文學上的廣大空間，又有渺小的結構，這些結構的複雜有條，錯

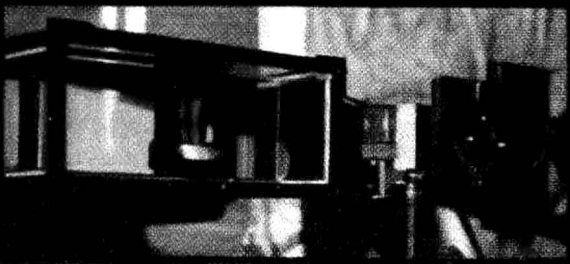
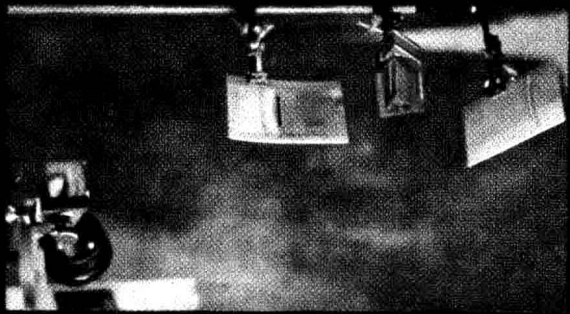
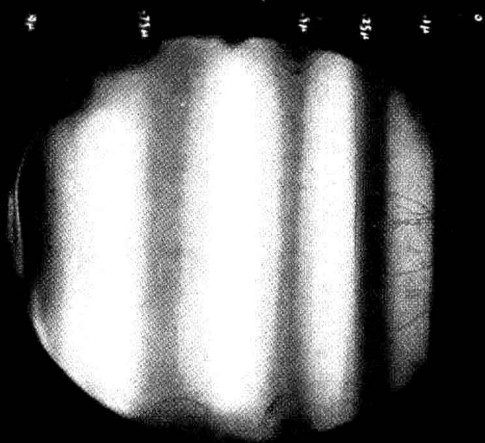
綜有序也同樣是我們目力之所不能及；其所發見者，在此大小兩種研究範圍之內，都簇聚着不少趣味最濃厚的事件。

此外，顯然屬於微粒的輻射，例如在我們的實驗室中，現在很容易產生的電子陣雨，質子陣雨，以及原子陣雨等等，今日已覺其有幾分遵守光的定律。波與微粒，與其說是不同的實體，寧可說是不同的狀況。「一言以蔽之」，物理科學，是在光的統治之下，其實一切科學，莫不在光的統治之下。物理學的發育，就靠着研究光的種種形式與性質，而令人迷惑難解的各項新發展，仍都是光的推論。這是一個很長的故事；本書的宗旨，便是要把往昔關於光的事情，簡簡單單的敘述幾件，使光之爲物，可以更受人的重視。

一九三一年的聖誕節，我曾在皇家學院演講，演講的題目，就是本書的書名。在聖誕節舉行的這種演講，是每年一回。已經講過一百多年了，聽講的人，大都是青年。法拉第本人，也曾講過，不下十九次。他的說明，簡單而清楚，他的實驗舉例，合宜而適用，尤可使「稚子能解」；這是一句古僻的成語，在每年的廣告裏面，仍舊出現，我在此處，也拿來用一用。法拉第以後的演講者，都努力效法於他。

所以我的一九三一年聖誕節演辭，完全用實驗做例來說明，有些是舊的，有些是稍為新一點。在本書之中，我已利用了這些實驗，不過在描寫方面，以及根據這些實驗的辯證方面，當然已經遠較演講時宜說或可說的，更進了一步。

幫助我繪製本書插圖的朋友很多，我是非常的感謝他們。桑·培格耳 (Thorne Baker) 君，代我攝製的彩色照相最多，講光的書籍，沒有彩色照相，就要變成極不能感動人的書了。鋼筆及毛筆並用的畫，是我的女兒亞爾盤·卡羅夫人 (Mrs. Alban Caroe) 所作。韋爾生教授 (Professor C. T. R. Wilson) 允許我把他的膨脹照片，翻印了許多。有一張紅外線風景照片，是伊爾福特有限公司 (Messrs. Ilford Ltd.) 送給我的。福勒教授 (Professor A. Fowler) 與史馬脫博士 (Dr. W. M. Smart) 都厚意殷殷，把光譜的照片供給我，還有安特雷特教授 (Professor Andrade) 把繞射的例證供給我。圖六十六的畫法，是亞司脫勃雷教授 (Professor W. T. Astbury) 的建議。關於實驗布置的照片，大部分都是格里因君 (W. J. Green) 與其助手勃律及耳 (K. Bridger) 在皇家學院內攝取的。以上所述各項照片插圖，在講到的時候，我還要再提一提它們的來源，以表謝意。



# 光的世界

## 第一章 光的本性

宇宙間的各種珍聞奇事，都是由光給我們報信的。光從太陽與諸星，到我們的面前來，就把它們的存在，它們的位置，它們的運動，它們的組織，以及其他許多有趣味的東西，都告訴了我們。光從我們四周圍較近的物體，到我們的面前來，就使我們能夠知道，我們在世界上有何舉止行動：我們享受了光所顯示於我們的形形色色，我們又用光以交換知識與思想。光這一個字的意義，極有正當的理由，可加以推廣，把那與光同宗，而又爲人目所不可見的輻射，其範圍甚廣者，也包括進去，假使如此，那麼光又是能的搬運大家，在世界之中，宇宙之間，把能從這一處搬運到那一處，而以遷移我們所謂「熱」者爲主。現代無線電的傳遞，也被包括在這個名詞之下，而倫琴射線，放射質裏面

出來的射線，也在其列，還有宇宙射線，或許也可以包括進去；這宇宙射線，近來曾引起了很大的興趣。這幾種大不相同的現象，通通都是一個原理的表現，其包含之廣闊，已因我們研究了光的本性，而日趨明顯。

我們還可以更進一步來講。在最近這幾年裏面，已經很清楚的知道，單個的電子，即電的微小元素，其所具各種性質，也與以光爲表率，以光爲最著名的那些輻射，彼此同宗。即使是原子本身，在某幾方面看來，似乎也屬於此同一大範疇。

所以光這一件東西，若照光字完全的意義來說，那麼它所發送的能，是生命的主要營養品，而它所給與生物的，便是觀察的本領；而且它又與一切有生無生的東西所由成之物質，彼此同宗。光的作用，其勢力遍於宇宙。當我們說光的宇宙這句話時，我們也並沒有說錯。

我們要考究光，起初必須在狹義方面加以考究，即把我們的眼睛所察覺的，認以爲光。太陽光的射線，離開了它的發源之處，及時來到了我們的面前。它在路上，已經有了種種不同的遭遇。它會穿透了太陽表面上被熱的氣層，又穿透了圍繞地球的大氣。它或許已被反射了許多次數，最後從

我們所正注視的物體，來到了我們的面前。這最後一次的反射，在它的路程之中，是對於我們最爲重要的一部分，因爲我們靠了它的幫助，可以認明該物體是什麼，它具有何種特徵。我們的眼睛所能推斷者，還不止於此：眼睛已從經驗受到了訓練，使我們能够辨認光之來自何源。就某種人造光而論，我們是不會弄錯的。當我們用了儀器，把太陽光加以分析的時候，我們的能爲，更要大得多。光在路上所已遇到的經驗，我們能够推測其本性：光所穿過的大氣，我們能够發見它的成分與狀態，而反射此光的各物體，我們也能够發見一些概況。

航海巨舶，行程已畢，卽入船塢而徐徐移動，至適當地位停泊，此時若有人在旁，注視此海舶，那麼他看了海舶的外貌，立刻會知道船從何埠開來，經過那一條航線；又若有人走上船去，那麼他看了船上乘客手中所攜的物件，或看了四處散放的行李等等，他就可以知道，此船到過那幾處埠頭。此船的航行故事，卽寓於這些瑣碎小節之中。

光線到達我們的眼睛時，正與海舶到埠無異，也把所經歷的故事，帶信給我們，有些很容易了解，有些很難理會。大半由眼睛記下來的那一節消息，其所報告的，便是光線在其行程猶未完畢以

前，最後一次的散射；使我們的眼睛，能够「看見」這一次散射發生處的物體者，便是這一節消息。

### 光的波動說

所以我們當然要遇到下面的問題，即這一個送信使者，其本性如何，以及它從此處行至彼處，所用的方法如何。在目今的時候，大家所承認的這兩個問題的解釋，是比以前容易懂得多了，即使在不多年以前，也沒有如此容易。由無線電的傳遞，即在我們國內通稱的廣播，已使我們熟悉了一種觀念，以為有一種擾動或情形，成功波的形式，從中央電臺出去，向四方進行，而由遠近各「接收機」把它翻譯出來。太陽的發送光波，正與中央電臺的發送無線電波相同：撞到我們眼睛裏的波動，由眼睛接收而加以翻譯，正與「播音室」中出來的電波，由我們的無線電收音機，接收了加以翻譯一般。這兩組的波，其間並無任何種的差異：所不同者，只是它們的大小罷了。它們進行的速率，完全相同；不問何種介質，能够承載這一種波的，也能够承載那一種波。這其間有一個不同之點，在於下面的事實，即光波前後相隨，彼此的間隔，要比無線電波的間隔小得多。有此區別為因，當然

有它的結果，所以光與無線電的傳遞，在有幾處地方，動作並不相像。我們所注意的要點，卻是這兩種波在根本上具有同一的本性。

這種相似性的存在，既有興趣，又有用處。光的波動說，一向很難理解，因為它的中心觀念，一向是很生疎的。但是現在的報紙上，卻天天登着播音的消息，把各電臺所發電波的長度，告訴我們，所以波的概念，已變得很熟悉了。這一句話的意思，當然不是說我們現在大家都知道，承載這些波的是何種介質，以及此種介質在世界之中，空間之內，如何分布。我們也不見得一定知悉，來來往往，或上上下下運動的，是什麼東西；其實連海面上的水，所生大家都知道的波動，有何種運動與它相當，我們也未必知曉。在實際上說來，大多數的人們所知道的，左右不過是無線電裏面有一種波，這種波可以量度，頗有幾分準確，還知道無線電收音機，可對於任何特殊電臺所發的波長，把它配準罷了。但是，當我們力圖領悟光的波動說有何意義的時候，這一些知識是很有益處的。我們看見無線電工程師；天天利用波的概念，而且用這概念，來規定他的業務。這一種觀念，似已去掉了它的翳障，而且當我們把這件事情，查究得更精細一些的時候，縱使我們覺得，我們現在所知道的，實在並不

比從前多，它也變成實用上的觀念了。我們又因為這兩種波在動作方面的重要區別，都可以增益知識，而有所得。我們要借重這些區別，時機正多，我們就要見到了。

達文脫雷 (Davenport) 電臺所發的無線電，其波長是一五五四·四米，即一五五四〇釐米。紅光的波長，卻比一釐米的一萬分之一，還要短一些。我們想做幾個實驗，把波的幾種性質，顯而易見地證明一下。無線電波顯然是太長了，而光波又太短了，都不合用。我們必須用大小較為適宜的波動，因而我們就找到了水的波紋運動。所以讓我們就來講一講水的波紋；我們要用波紋來做臂助，此舉十分正當，因為波紋會把波動的主要特性，告訴我們，正與其他任何例子一樣；凡是波，不論長短，它們的動作是大率相同的。

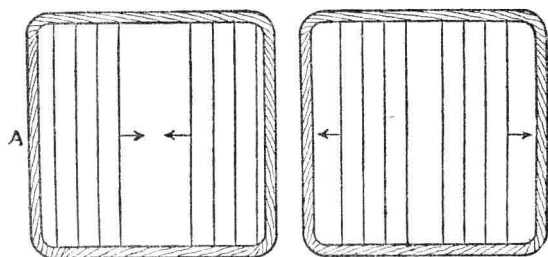
### 波紋實驗

我們用一隻淺的水櫃，櫃底是玻璃做的，如圖一所示。此櫃中盛水的深度，約為四分之一英寸。把水攪動的時候，在水面上疾行的波紋，若直接加以觀察，是不容易使目光隨着波紋流轉的，但是

我們若用一道肉眼可見的光，把波紋的影，由鏡投射於屏上，我們就能夠細細注視它們了。

我們把這水櫃搖盪一下，以激起波紋，與水櫃的一邊平行。這些波由水櫃兩邊相向而行，兩組波在中央相交。彼此互相穿過，最後各達出發處的對面一邊。它們在這兩邊又反挫了一下，仍循來時的路回去。我們所行的這兩種觀察，可把波動的兩種最基本的特性，很容易的加以說明。

由第一種觀察，我們知道兩組波互相穿過時，如何彼此都沒有改變。這一件事實，即或我們未曾實在感覺到，也是我們大家所習見的。如果不是這樣的話，恐怕要有希奇古怪的事情發現了。假定有一個人，正在望着之支蠟燭；此燭正把它的光線，發送出來，射到此人的眼中。假定有第二個人，正在望着另外一支蠟燭，並假定這兩條視線，彼此相交。各人都看見



(圖一) 把這波紋櫃搖動一下，就可激發水波，橫過水櫃。在左面一圖中，發源於水櫃兩邊的兩組水波，正相向而行，愈行愈近，在右面一圖中，兩組水波已互相穿過了。

他所望着的蠟燭，宛如並沒有第二支蠟燭在旁一般；假使不是這樣的話，那麼結果如何，不言可喻。我們想一想，從室內種種物體所散射的一切光線，彼此縱橫相交，交點是非常之多的，假使在每一個交點，各光線於某種情形之下，互相破壞，那麼將有何等驚人的現象發生呢？在這混亂的陣圖中，恐怕什麼東西都不能辨認；全室除一片模糊之外，恐怕沒有別的東西可見。再講到各處廣播電臺發出來的射線，可知它們在相遇的地方，也不互相破壞。有一種專門術語上通稱爲「干涉」的效應，其本性與此並不相同，而且很奇特，我們要到後面再加以考察；現在暫且不去管它，先談無線電的例。譬如說有一個觀察者，正在倫敦地方，傾聽卡迪夫（Cardiff）無線電臺的播音，同時又有一人，正在南愛普登（Southampton）地方，傾聽達文脫雷電臺的播音，這兩組電波，雖然事實上確在牛津（Oxford）的附近，交叉了一下，但是那兩位聽的人，卻大家都不覺得，它們相交以後有何不良的影響。各組射線，在相交而過的時候，其運動誠然很複雜，不過彼此既交之後，仍各自取道前進，宛如從未受到對方的牽涉一般。列波互相穿過而無任何相互的效應，這一事實，對於我們的具有視覺本領，顯然是一大要因。

在過去的時候，要說光線相交，彼此都不受任何影響，當然是難以使人了解，現在或許也還有人不明白。尤其是從前信了牛頓爵士所維持的學說，以爲光是流動微粒的那些人，更不會明白。也有人舉過一例，反對牛頓的假說，他所舉的例是，兩個人四目相視，將彼此都不能見對方之目，因爲來往的微粒，中途相遇，恐將彼此互撞，都掉在地上。這一個反駁的議論，並不十分堅強，因爲可以假定微粒很小，小至足使彼此互撞的機會很少。哲學家借了某種實驗的幫助，開始考究光可以有何種本性之時，大家曾各據一詞，你來我往的辯個不休，這些辯證，我們拿來考察一下，看看內容是些什麼，無論如何，這是一件有趣味的的事情。

在牛頓的時代，有兩種敵對的學說：一種是牛頓本人所建議的波動說，一種是惠更司所建議的脈搏說，脈搏說便是今日波動說的前驅。牛頓與惠更司二人，都假定有極小的微粒存在。然而牛頓所假定的，是此等微粒飛行而成光；惠更司所想像的，則爲此等微粒團聚於一處，靜止不動，並且充塞於一切空間之內，而光的進行，即係微粒的震動，由此及彼の傳遞。現在把惠更司所著光論上的一節話，引在下面——