

蘇聯青年科學叢書

光線告訴我們些什麼

光線告訴我們些什麼
蘇派洛武著
滕砥平譯



開明書店

蘇聯青年科學叢書

光線告訴我們些什麼

蘇伏洛夫著

滕砥平譯

開 明 書 店

光線告訴我們些什麼

(О ЧЕМ ГОВОРЯТ ЛУЧ СВЕТА)

每冊定價 3,500 元

32 開本 92 定價頁

著 者	蘇聯 蘇 伏 洛 夫 (С. П. СУВОРОВ)
譯 者	滕 砥 平
原著版本	技術理論書籍出版局, 1949
出 版 者	開 明 書 店 (北京西總布胡同甲 50 號)
印 刷 者	華 義 印 刷 廠
發 行 者	三聯·中華·商務·開明·聯營 聯 合 組 織 中 國 圖 書 發 行 公 司

1951 年 7 月初版

分類 10 書號 0707(告)

1952 年 10 月二版(7001—12000)

有著作權★不准翻印

目 次

前言.....	1
一 光的有色語言.....	2
二 光告訴我們物質的成分.....	14
三 光告訴我們遠處的星球.....	25
四 眼睛看不見的光.....	37
五 光告訴我們原子的特殊性質.....	47
六 原子的構造.....	53
七 光的研究對於人類的貢獻.....	70
結語	75

前 言

六十五年前，俄國理化學會雜誌上，發表了一篇詳細報告，說明太陽和許多其他的星，是由什麼物質組成的。科學家怎樣知道這些事的呢？是由星裏射來的光線告訴他們的。

十九世紀的九十年代，俄國天文學家別羅波爾斯基推斷出星球運動的方向和速度。別氏怎樣解決這些問題的呢？這也是由星裏射來的光線告訴他的。

現在的物理學家已在研究原子結構中的細微部分，他們是怎樣進到這一步的呢？是原子裏放射出來的光線引導他們進到這一步的。

在蘇聯的大工廠裏，一兩分鐘之內就能決定製造機器用的鋼的品質，查出應當向它再加一些什麼金屬，並且加入多少纜合標準。是什麼使蘇聯的工程師們能以閃電般的速度來檢定金屬的品質呢？是白熱的金屬蒸氣所放射出來的光線幫助他們完成這一任務的。

光線所以能告訴我們星是什麼物質組成的，合金裏面含什麼金屬，原子的構造怎樣等等，是因為光是從物質內部產生的。這本小書所要講的也就是物質的光的故事。

‘光線告訴我們些什麼？’這當然只是本書的一個寓言性

的題名。對於不懂光的性質的人，光是什麼也不告訴他的。要懂得光的語言，你必須對於光是怎樣發生的，怎樣傳播的，怎樣對不同的條件起反應，以及怎樣和物質發生關係這幾種問題，先有研究纔行。

一 光的有色語言

金屬的顏色符號

距今九十年前，在前一世紀的五十年代的末尾，那時的化學家感到興味的問題是：各種化學物質在極高溫度裏是怎樣發光的？那時候，他們已經學會把普通的煤氣放在特製的氣體燈頭裏燃燒，來產生高溫度。燈頭裏的火焰是一種無色的火焰，溫度可達 2000 度（攝氏，下同）左右。

首先是用食鹽來做試驗的，用一根鐵絲蘸一點食鹽放在火焰裏燒時，無色的火焰卻變成了鮮明的黃色。

這是怎麼回事？

食鹽是兩種單純的物質氯和鈉化合而成的。在火焰裏燃燒時，食鹽就分解出它的成分。從那使人透不過氣來的氣味，可以判斷一種成分是氯。另一種成分金屬鈉呢，在 97 度時就熔化成液體，到 750 度左右再化為氣體，因此食鹽在煤氣燈的火焰裏變成了氯氣和氣體的金屬鈉。可是使無色火焰變成黃色的東西，究竟是鈉還是氯呢？用氯和鈉分別作了試驗之後，化學家相信黃色的光是由鈉的蒸氣產生的。

但是使火焰發出有色光線的特性，難道只有鈉的蒸氣纔有嗎？別種蒸氣或許也有吧。於是化學家把許多金屬一個跟一個送進煤氣燈的火焰裏，結果就查出別的金屬的確也有這種特性。譬如鉀會使火焰放紫光，銨會使火焰放紅光，銅放綠光……。

如果每一種金屬的蒸氣，都能使火焰呈現它自己的顏色，那末，對於化學家，這種發現是多麼滿意呀！因為從火焰的顏色就可以很快的斷定某一複雜物質中含有什麼金屬。在那時以前，要決定這個問題，必須進行許多精細的手續。化學家先要把複雜的物質加以溶解，把溶液用極細密的濾器來濾過，再加以蒸發，以後還要經過許多手續，有時要對這同一的物質幾十次幾百次地反覆這些手續，最後纔能查出結果。

在新方法中，這些精細的工作全不用了，化學家當然深明它的便利處。可是首先還得檢定是不是每一種金屬在火焰裏都會放出它自己獨有的顏色，而決不與其他物質所放的雷同。

說到這一點時，在化學家面前，卻出現了困難。金屬銨的蒸氣燃燒時，使火焰放深紅色的光，可是金屬銨的蒸氣也放深紅色的光。那末是新方法不適用呢？還是銨在火焰中的顏色和銨在火焰中的顏色並不相同，不過我們的肉眼分不出來呢？要答覆這個問題，須要把我們的眼睛武裝起來！

科學家於是用分光鏡來武裝自己。原始型的分光鏡是英國科學家牛頓在十七世紀創造的。可是只在距今九十年前，

分光鏡纔在科學界和技術界廣泛應用起來。從那時起，它就在現代物理學、化學、天文學、技術學的發展裏，發揮重大的作用，直到今日還在不停地為人類服務。

分光鏡是一種什麼儀器？它的構造原理是什麼？要明瞭這些問題，必須從光的性質說起。

白光是包含許多種有色光線的一個大家庭

十七世紀的科學家，多從事於天文的研究。當時，天文望遠鏡剛剛出世，缺點很多，裏面看到的像還不清楚。牛頓企圖改善望遠鏡，就開始研究光線怎樣通過各種玻璃的問題。他把一間屋子，用百葉窗關得漆黑，卻在百葉窗上開一條窄縫，讓太陽光線射進屋來。

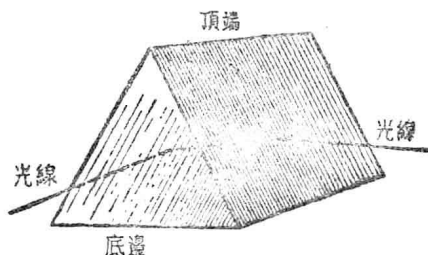


圖 . 玻璃三稜鏡是光學儀器——分光鏡的主要部份，它使光線向它底邊屈折

在光線的進路上，放了一個稜鏡（稜鏡就是很粗的一條三稜形玻璃）。然後觀察光線通過稜鏡以後的路線（圖 1）。

出乎意料之外，這條狹窄的日光射柱離開稜鏡以後，就向鏡底屈折，射在牆上成為很寬的一條五顏六色的光帶，很像天上的虹（圖 2），裏面是紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫各色的光帶，一個挨一個地排列着。

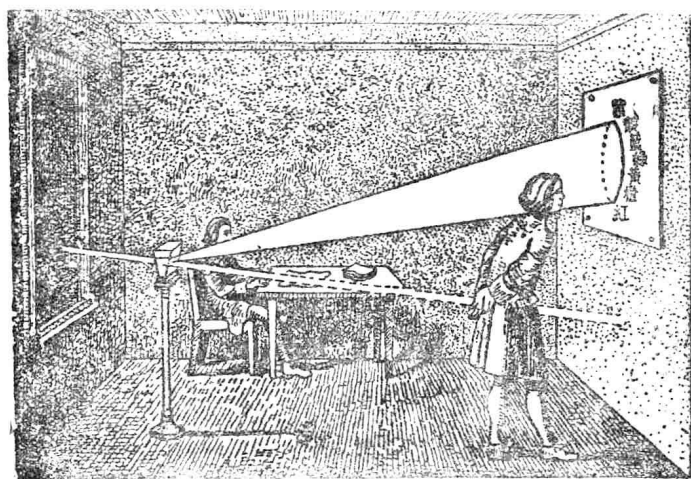


圖2. 在這樣的實驗裝置裏，牛頓發見太陽的白色光線被分成了許多顏色不同的光帶

於是牛頓結論說：太陽光線一定是很複雜的。它由有色光線組成。稜鏡卻把這些有色光線一個個分開。光線的顏色不同，它們的屈折度也不同，屈折度最小的是紅光，最大的是紫光。

可是假如使所有的顏色光線重新集合在一起，能不能再得到白色光線呢？為了解答這問題，牛頓在顏色射線的進路上設置了第二個稜鏡，卻把它的尖端朝上，恰和第一個稜鏡尖端朝下的相反。結果怎樣了呢？通過了第二個稜鏡之後，顏色光線又變成了白色光線，和那從窗縫裏射進來的白色光線一模一樣。於是牛頓所推測的白光是由有色光線所組成的這

個假定，便被證實了。

這些實驗是在 1667 到 1668 年間舉行的，它們還是光譜學的始基（光譜學就是關於光的組成以及光線分解成顏色線條——光譜——的科學）。

光的波動性

雨後，天邊出現長虹時，你可以試着去數虹裏有幾種顏色。這個嘗試，結果一定徒勞，因為在紅橙二色，藍靛二色，以及任何兩種鄰近的顏色中間，都沒有顯明的邊界。它們中間，還含有許多過渡的色調，其濃淡我們的眼睛很難分辨，甚至於就是要決定某一色調是‘離藍近’還是‘離靛近’，都常常很不容易。再則，這一切色調也並不是都有名稱的。

可見顏色是不能做分別光線的標準的。但我們能不能為光線找到比顏色更確定的特徵做標準呢？物理學家找到了這樣的特徵的——這特徵並且極其明確。但那是在光有波動性的學說——光波說——成立之後纔找到的。

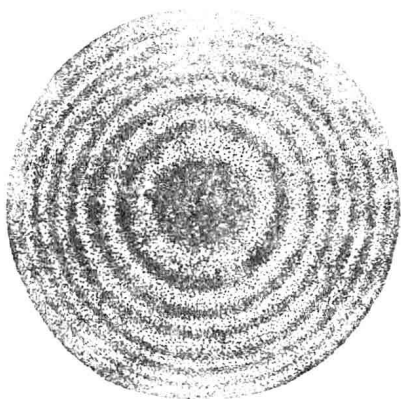


圖3. 牛頓使光線通過圖6的兩塊玻璃時所發現的明光圈和暗光圈，在這種‘牛頓光圈’裏，光線彼此相消而成暗圈

有一次，牛頓將一塊一面平一面凸的玻璃，放在一塊平面玻璃上，讓凸面和平面相接觸。然後用一條單色的光柱射上去。當他透過玻璃看光源時，就看見了一些明暗相間的同心光圈，其中的明光圈非常明亮，暗光圈就一點亮光都沒有（圖3）。這種光圈名叫牛頓光圈。

爲什麼會出現牛頓光圈呢？

這種光圈所以發生的正確解釋，直到十九世紀初期纔出現。原來它的發生只能用光波說來解釋。

看看水面上的波浪吧（圖4）。它們只是許多互相間隔的波峯和波谷。這些波峯和波谷，或向一個方向移動着，或取圓

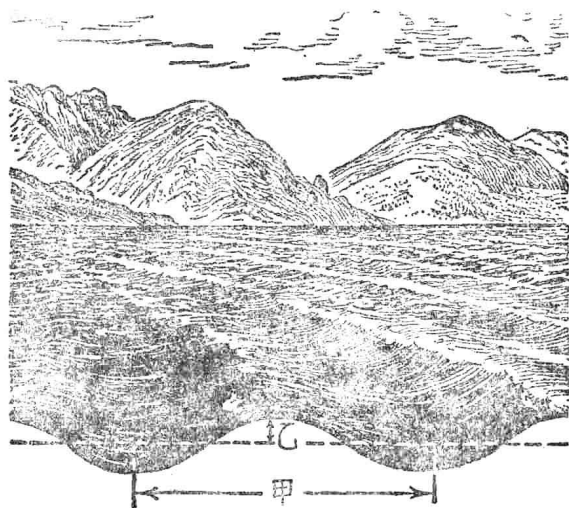


圖4. 水面的波
(甲)波長 (乙)波幅

圈的形狀向各方向傳播着。若要分別波的大小，只要拿波浪產生的條件做標準就行。譬如，由拋在水裏的小石頭造成的波是小波。由岩石崩落造成的波是大波。但物理學家還有更準確的標準。這就是測量相鄰兩峯間或相鄰兩谷間的距離，叫它波長，又測量波峯離平靜水面的高度，叫它波的振幅或波幅，然後用波長和波幅來做區別波的標準。

設想河裏並航着兩條小汽船，它們造成的波，波長都一樣。這兩條汽船彼此相遇時，要發生怎樣的情形呢？

兩個波峯相遇時，水一面起泡，一面升高。兩個波谷相遇時，谷的深度就加深一倍。在這裏，兩波是彼此相長的。

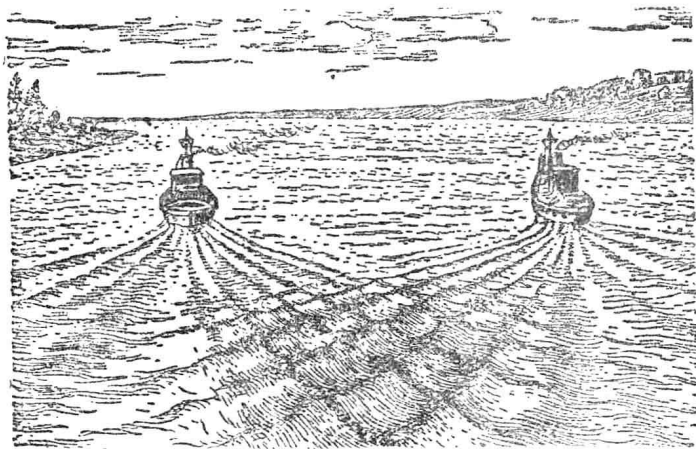


圖5. 水波的相互干涉，物理學家就利用和這類似的干涉作用來解釋為什麼會發生牛頓光圈，和為什麼光線在許多場合要發生相互抵消的現象。

但在旁處，兩波又會相消。當一條船的波峯在一處地方使水面高起來，而另一條船的波谷在同時同地卻使水面陷下去時，這地方的水面就不起不落，保持原來的平靜。在這地方兩波就彼此相消了。只有兩波相遇時纔會在一處地方相長，在另一處地方相消的。這種相長相消的現象叫做波的干涉（圖5）。

在牛頓的光圈裏卻也發生着在一處彼此相長（明光圈）在另一處彼此相消（暗光圈）的現象。換句話說，牛頓的光圈就是光的干涉現象，只有用光有波動性的學說纔能將它解釋明白。

怎樣叫光有波動性呢？任何一種光源都要把光波送向一切方向去。光線不過是光波運動的方向。看見了光線的方向就知道光波的去向。假如光線通過了稜鏡以後，偏離了直路，而折向另一方向。那末，我們就可以知道光波通過稜鏡時，也是相應地改變了波動的方向。假如在任何一處地方，光線彼此相遇，我們就可以說在這地方有光波相遇。總之，跟着光線，我們就找到光波。這就是光有波動性的說法。

現在讓我們回到牛頓的試驗上來，考查光在這個試驗裏走了怎樣的路線，和為什麼在牛頓的玻璃後面會有光波相遇。請注意圖6。由甲點出發的光線，通過平凸玻璃，落在平面玻璃上的乙點之後，就分成兩支。一支從乙點進入平玻璃，再從丙點射出，來到了點。另一支被乙點反射到平凸玻璃上的戊

點，又被反射回來，通過平玻璃，終於射到同一的丁點上。這就是說，在同一個丁點上，射來了兩條路線不同的光線。這種情形所以發生，是因為光有從玻璃反射回頭的特性和在玻璃裏發生折射的特性，也因為這裏所用的玻璃，形狀選得很合適。

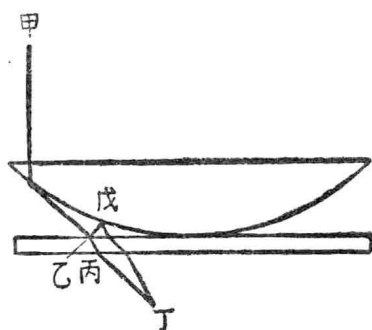


圖6. 光線在能生牛頓光圈的玻璃中怎樣進出

前面已經說過，光線只是光波運動的方向。所以也可以說在平面玻璃後面有兩組光波彼此相遇，因而在在一處地方彼此相長，在另一處地方彼此相消。

憑着光線在一處地方彼此相長，在另一處地方彼此相消的特性，就可以證明光的波動的性質。

自然，光波和水波不是同樣的東西。沿着光線沒有波峯也沒有波谷。在十九世紀開始時，物理學家還不明白光線裏是什麼東西在波動或振動。可是他們決定得很正確：既然實驗指出光裏有某種的振動，那就不妨說光也是一種波。

現代的物理學者已經研究出來光的性質是極複雜的，比一百年前的物理學者所想像的要複雜多少倍。可是今天，也和當年一樣，關於光的干涉的實驗，仍然有力地證明：光的傳

播是一種波狀的過程。

物理學家怎樣區別有色光線

光的波動性被發現以後，纔可能準確說明每一種有色光線的特徵。兩種不同的有色光線，無論它們的顏色看來多麼相近，只要利用波長就可以把它們分別開來。

根據光的干涉的實驗，物理學家知道了怎樣去準確地測定各種有色光線的波長。有色光線的波長是非常小的。幾十萬個波排在一起，只有一厘米長。因此，它們的長度就不能夠用厘米來量，而只能用‘埃’來量（一埃等於一厘米的一億分之一）。

最長的紅色光線，波長約等於 7500 埃，紫色光線的波長，約為 4000 埃或約二萬五千分之一厘米。

作為有色光線的準確特徵的，除了波長之外，還有所謂週率，用週率來說明光線的區別，也是同樣準確的。

什麼是光的週率？光的週率和波長有怎樣的關係呢？

這須從光的速度說起。物理學家開始是從觀察天文，後來是用特別的實驗方法，來測定光的速率的。測定的結果，是光在真空裏每一秒鐘要走過極大的距離——三十萬公里。在這個距離中光要波動多少次呢？自然，答案將隨光線而不同，因為各種光的波長是彼此不一樣的。譬如，紅色的光在上述距離裏要波動 400 萬億次，每波動一次就是一個波，所以 400

萬億次也就是 400 萬億個波。這麼些波是由光源在一秒鐘裏創造出來的。光源在一秒鐘裏創造的波數，就叫做光的週率。

所以紅色光線的週率就是 400 萬億，把它寫成數字就是 400,000,000,000,000，這數字寫起來太不便了。爲了簡便，我們往往把它寫成 4×10^{14} （4 乘以 1 後加 14 個零，或者乘以 10 的 14 次方）。

紫色光線的週率是 750 萬億或 7.5×10^{14} 。所以就週率的數字看，紫色光線的週率，差不多要比紅色光線的週率大一倍。再就前述的波長數字看，紫色光線的波長又差不多要比紅色光線的波長小一倍。

可見我們對於每一種有色光線可以說出兩種特徵：一是波長，一是週率。這兩種特徵當然是彼此有關係的，因為光線的週率乘以波長，就等於光在一秒鐘裏走過的距離——光速。

本書爲了方便，有時用週率，有時用波長，沒有一定。讀者看到‘6708 線’和‘ 4.46×10^{14} 線’字樣時，應當知道前者的意思是說一種光線的波長等於 6708 埃，後者是說它的週率等於每秒 4.46×10^{14} 次振動。

從牛頓的稜鏡到分光計

牛頓用稜鏡所做的試驗指出：無論一種光線在週率上和其地的光線，區別多麼微小，它都會在稜鏡裏受到特有的屈折，並在光譜上佔據獨有的地位。

這件事實在前一世紀五十年代末期，就由物理學家利用了來解釋：由各種金屬蒸氣的火焰發出的那些顏色光線有沒有區別。爲了回答這問題，牛頓的裝置曾經受到許多改良。

首先應當使有色火焰造成的光譜極其清晰。因此，讓火焰發出的光線在射到稜鏡之前，先通過一個裝有放大鏡在內的管子。管子對着火焰的那一頭安裝着一條極窄的隙縫。縫的寬度可以由一個特製的螺釘來調節。

其次，一個稜鏡太少了，就增多成兩個。後來又增多到好幾個。這就幫助着把光譜展寬，使光譜裏的有色光線不那麼彼此擁擠，因而就把週率相近的光線區別得更清楚些。

最後，又除掉了一種不便利。牛頓當時是用肉眼去看射在牆上的光譜的。現在呢，就在稜鏡旁邊安置一根短的放大管，人就從這根管裏去看光譜。

兩根管子和稜鏡合裝在一起，就成爲一付便於攜帶的儀器——分光鏡。後來分光鏡更加完備，使我們可以在通過觀測管看見的光譜上，一下子就查出各種一定週率的光線應當出現的地位，並用一個特別的刻度尺來標明這些地位。這時候，用不着每一次都去計算顏色火焰發出的週率了，只要一看儀器就可以從刻度尺上讀得所需要的報告來。

這樣就在十九世紀中完成了精巧的儀器——分光計。有了這個儀器之後，不但可以看見光線的光譜，連它們的週率也可以測定了（圖 7）。