



物理學譯叢

不可見的光線

Ю.М.庫什尼爾

科學出版社

物理學譯叢

不可見的光線

Ю. М. 庫什尼爾 著

立明 賀之 譯

科學出版社

1955年9月

Ю. М. Кушнир
НЕВИДИМЫЕ ЛУЧИ

Военное издательство

1952

內 容 提 要

本書作者庫什尼爾 (Ю. М. Кушнир) 之通俗科學著作素以深入淺出著名。本書所敘述的不可見的光線是“紅外線”和“紫外線”。本書將紅外線與紫外線的理論及其應用加以扼要敘述,並着重於應用方面。

不可見的光線

翻譯者 立 明 賀 之
出版者 科 學 出 版 社
北京東皇城根甲42號
北京市書刊出版業營業許可證出字第061號
印刷者 上 海 光 藝 印 刷 廠
總經售 新 華 書 店

1955年9月第一版 書號: 0283 印張: 2 13/16
1956年7月第三次印刷 開本: 787×1092 1/32
(總)3,292—5,317 字數: 58,000

定價: (10) 0.40 元

目 錄

前言	1
一. 可見光線與不可見光線的本性及其獲得	2
可見光線	2
紅外線	3
溫差電偶	6
紫外線	9
光譜中輻射能的分佈	11
紅外線與紫外線的本性	14
不可見光線的發生	20
不可見光線的光譜	25
紅外線與紫外線的光源	28
二. 不可見光線的特性	32
不可見光線的反射	33
不可見光線的吸收	35
不可見光線的散射	39
三. 不可見光線的作用	43
不可見光線的化學作用	43
不可見光線的電學作用	46
不可見光線作用下的光激發光現象	54
四. 紫外線的應用	56
紫外線在分析上的應用	57
熒光燈	60
紫外線在顯微鏡上的應用	64

紫外線在醫學與生物學上的應用	65
紫外線在軍事上的應用	67
紫外線在藝術上的應用	69
五. 紅外線的應用	70
紅外線在攝影上的應用	70
紅外線電子-光變換器	74
紅外線在理化研究與生物學、醫學上的應用	77
紅外線在天文學上的應用	78
紅外線在光學信號中的應用	79
紅外線在工業、農業與日常生活上的應用	82
結語	86

前 言

人們的眼睛不是常看見從太陽、星球、冶金爐中的赤熱鐵塊、篝火堆裏的火焰或者白熱電燈所發射出來的一切形形色色的光線嗎？不僅是這些發光體，其他的光源也是一樣。它們除了放射人們在其周圍世界所看到的具有多樣色彩的可見光線以外，是不是還放射一些不可見的光線呢？這些光線對於肉眼不起作用，但是對感光板或其他特殊的物理儀器却能發生作用，而且正是藉助於這些儀器我們才能發現它們。要知道，人們的眼睛雖然看不見 X 射線，但是這種射線却能顯示感光作用，並且能在一種特殊的光屏上現出閃爍的可見的光輝。

對於上面的問題，我們所得到的答覆是肯定的。有大多數的可見光線的光源，除了放射出可見光線以外，確實還放射不可見的光線。不僅如此，有許多物體因為不放射可見的光線，在黑暗中我們就看不見它們（例如，燒熱的熨斗），但它們却是不可見光線的光源。

本書所要敘述的不可見的光線叫做“紅外線”和“紫外線”。它們與不可見的 X 射線一樣，都在科學與實用上具有很大的意義，並且在技術上已獲得廣泛的應用。

在這本書中，我們就來講述不可見的紅外線與紫外線的物理性質，獲得它們的方法以及它們的特性和用途。

一. 可見光線與不可見光線的本性及其獲得

可見光線

我們給通常的白熱電燈通了電，把它所發射出的光線通過一個玻璃做的稜鏡，如圖 1 所示。在稜鏡的後面，放一

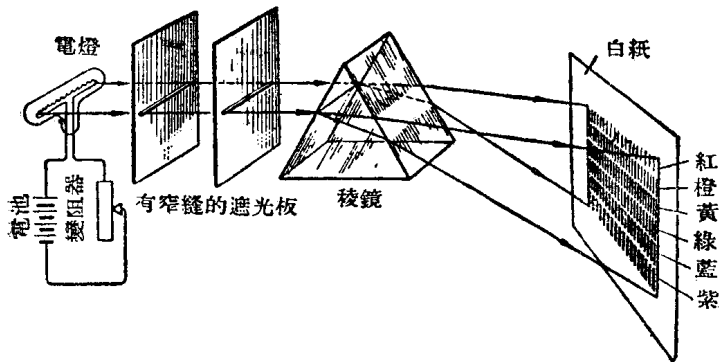


圖 1. 白色光線所生成的光譜

張白紙，那麼在紙上就會顯現出一條美麗的長方形彩帶——光譜。光譜上各種色彩的順序是跟虹上面所出現的相同，也是：紅、橙、黃、綠、藍、紫。在每一個色彩部分中，色度也不是一樣的。在紅色部分，色彩逐漸地從暗赤色轉變為鮮紅色，在紫色部分則從淺紫色轉變為深紫色等等。

由此知道，電燈絲上所發射出的白光，是一種複合的光線。這種白光，通過稜鏡便被分解成為它的各個組成色光，好像稜鏡是把組成白色光線的色光，按照自己的梯級區分開來似的。這是由於不同的光線，在通過造成稜鏡的物質時，經受着不同折射的緣故。這當中折射得最強烈的、彎曲

最厲害的是紫色光；折射最輕微的是紅色光線。不同的色光處在不同的梯級上，形成爲一段光帶。如果使各種色光通過一個透鏡，那末又可以重新獲得白色光線。

任何光源發射出的複合光線，都是由各種色光構成的，而各種不同色光的總合就叫“光譜”。但如下面我們將要敘述的，並不是所有光譜都像電燈光的光譜一樣，也並不是任何種光譜的色光混合起來都會產生白色光線的。

我們用來造成光譜和觀察光譜的儀器，叫做分光鏡。如果在這種儀器上，還裝置一個給光譜拍攝照片的特殊暗箱，這就是攝譜儀了。攝譜儀在科學和技術上已獲得廣泛的應用。

我們回頭來講稜鏡的實驗。乍眼看來，這個實驗彷彿並不怎麼新奇。由電燈發射出的光線被分解成色光，而這些顏色從通常的實驗中，都是早已知道得很清楚的。但是，問題又發生了：在電燈光光譜的色光梯級中，還有沒有高於紅色或低於紫色光的梯級呢？* 這些梯級是人類肉眼所看不見，而存在於可見色光梯級以外的。爲了回答這個問題，我們還得應用一些物理儀器。

紅 外 線

預備一支實驗室用的水銀溫度計。爲了使一切光線所具有的能量（即輻射能）不會被光滑的玻璃面與水銀所反射，所以必須在溫度計的頂端塗一層煤油或墨汁。在這種情況下，差不多全部的輻射能都可以被溫度計所吸收**。

*光譜必需是如圖 1 所示的在垂直方向展開，這樣才能應用“高於”與“低於”的字樣（見圖 1）。

**跟白色或光亮的表面強烈地反射光線的性質相反，黑色表面會強烈地吸收光線，因此，在夏天最宜着淺色的衣服。

如果把溫度計的頂端放在發強光的電燈所生成光譜的紅色部分，我們就會發覺，溫度計中水銀柱所指示的溫度比室溫高。

爲什麼會這樣呢？因爲染黑了的溫度計的頂端吸收紅色光線後，水銀就受熱；而光線所帶能量（輻射能）愈多，水銀受熱的程度愈大，它在溫度計中升得也愈高。如果改變白熱電燈線路中的電流強度，就可以證明這點。如果在更強的電流下，燈泡所放射出的輻射能會更大。相應地，在它所生成的光譜上的每一部分的輻射能也會增加，如把溫度計擱在光譜的任何部分（在我們的試驗中是紅色部分），也會顯示出溫度的增高。要是減低白熱電燈線路中的電流強度，溫度計中水銀柱的高度也就開始降低。

現在把溫度計的頂端，移動到光譜中比紅色光線部分更高的區段去。如果室內是黑暗的話，在這一段區域中，肉眼是不會看到任何光線的。然而，事實上溫度計在這時所指示的溫度好像並沒有降低，而且還顯得比放在紅色光線部分時更高。這表明在光譜中有這樣的一個區域，那裏的輻射能，是由某種肉眼所看不見的光線發出的。這種光線和可見光線，是由燈泡中熾熱燈絲一同發射出來的。這種不可見的光線通過稜鏡以後，折射的程度比紅色光線還更輕微。因此它分佈在比可見光譜的紅色部分更高的區段，而在光譜的梯級中，形成了那最高的一級。這種光線在科學上叫做“紅外線”。由紅外線所組成的那一段光譜，叫做“紅外光譜”。

事實表明，一個熾熱物體所發射出紅外線的總能量，要比同一個熾熱物體所發射出的所有可見光線具有的能量還大。例如，即使是最完善的白熱電燈，差不多它的百分之九

十的輻射能，都來自紅外線的區域。因此任何種白熱電燈，雖然說它們是可見光線的光源，但它們却是不可見的紅外線的更強大的光源。

僅僅是當熾熱物體的溫度是在非常高的情況下（例如某些星球上的溫度），紅外線的總能量才比可見光線的總能量小些。

因為熾熱物體所發射的紅外線具有較大的能量，當另外物體吸收了這種射線之後，物體本身也將顯著地增加熱量，因此，紅外線在很早便叫做“熱射線”。必須指出，物體吸收了可見光線時，也會使自己受熱的。

後面還將詳細地說明紅外線與可見光線具有同樣的本性。紅外線本身也是一種電磁波，它的波長比可見光線的波長較長，比無線電波的波長則較短。

分佈在紅色光譜區域以外的紅外線，不僅是能利用溫度計去察覺（在十九世紀初葉就是利用這種儀器發現紅外線的），並且也可以用攝影的方法發現它。爲了這個目的，需要採用一種特殊的對紅外線感光的攝影底片。除了溫度計與攝影底片之外，根據這種不可見光線的各種作用，我們還可利用另外的物理器械來探索和研究紅外線。

實驗表明，紅外線的光源並不只限於白熱電燈。太陽、星球、燒熱的鐵塊、篝火堆裏的火焰、灼熱的熨斗、盛着熱水的茶壺、以及船舶、飛機、坦克、自動機械的受熱部分都會發射出紅外線。甚至人體，雖然只有攝氏三十六·六度的體溫，也可算是紅外線的“光源”；而它所發射出的紅外線可利用特殊的儀器偵察出來。

在這些儀器當中，擔任偵察與測量微弱輻射能的重要任務的，是那種名叫溫差電偶的儀器。用溫差電偶和一隻

靈敏的電流計相連接，就可以偵察可見光線與不可見光線的微弱輻射能了。由於溫差電偶在技術上是非常普遍的被利用來測量輻射能（包括紅外線與紫外線的能量），這裏應該簡略地介紹溫差電偶的構造及其應用的原理。

溫 差 電 偶

溫差電偶的作用是基於熱能轉變為電流（即電能）的現象。這樣產生的電流，叫做溫差電流。這種電流的發生，是由於兩段或幾段互相串聯起來的不同導線的接點具有不同的溫度而引起的（圖2）。

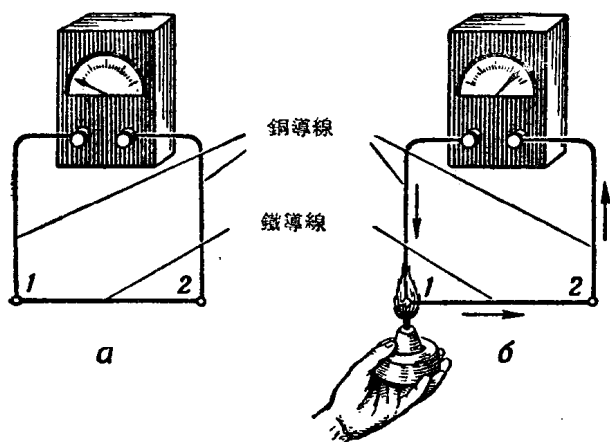


圖2. 溫差電流的發生

a——當銅質導線與鐵質導線的兩個接點具有相同溫度，電路中沒有電流通過，電流計中指針標指着零；

b——不同導線的接點具有不同的溫度，電路中有電流產生，電流計中指針向一邊移動

溫差電流是因電路上的電動勢而引起的。這種電動勢就叫做溫差電動勢。因此，溫差電流電動勢的大小就因連

接起來的導線的質料而不同；它的變化直接決定於各段導線接點的溫度差。例如，如果拿兩種金屬，或者更簡單些，就鐵和鎳銅合金的導線所組成的溫差電偶來說，當導線接點溫度相差 1°C 時，則在導線間引起的電動勢是 5×10^{-5} 伏特。像這樣的電動勢是很微小的。可以說， 10^{-5} 伏特電動勢只有手電筒所需電池電動勢的四十五萬分之一。

儘管溫差電動勢的數值很小，但是這種溫差電流却是比較容易測定的，因為我們有着非常靈敏的測定這樣微弱電流的儀器。例如，利用一種靈敏的電流計，就能成功地測出 10^{-11} 安培的電流。像這樣的電流，大約只有一盞六十瓦電燈所需電流的五百萬萬分之一。有一種優良的溫差電偶，當它和一隻靈敏的電流計連接起來時，則不但能測出溫差電偶上由於不同導線接點的溫度差達到數十度時所產生的溫差電流，即使當這種溫度差僅僅只有數千分之一度時，也能測出它所引起的電流。很明顯地，水銀溫度計是不能測定這樣微小的溫度變化的。

引起溫差電偶中導線接點的溫度差，是可以採用不同方法的。例如可能是這樣：使其中一個接點保持室溫，而把另一個接點放在燭焰或熱水中；也可能是把一個接點塗黑，而射以輻射能。塗黑了的接點，由於吸收了輻射能而受熱，因而就在電路上發生溫差電流現象。輻射能愈強，則在接點上所引起的溫差愈大，因而溫差電流也愈強。這樣，根據靈敏的電流計的指示，即可能測出非常微弱的輻射能的流動。

上述裝置（配有靈敏的測定電流儀器的溫差電偶），在一定條件下可利用來作為溫差電偶溫度計。最簡單的溫差電偶裝置，只具有一個裝設在空氣中的溫差電偶。

有一種比較複雜的裝置，叫做溫差電堆。它是由幾個

溫差電偶互相串聯成的(圖3)。把溫差電堆裝置在一個外壁能讓輻射能通過的容器中,再抽出容器中的空氣,那就可以使這個儀器在測量輻射能時的靈敏度增加十多倍。利用真空,因而減少了溫差電偶中由於空氣傳熱而引起的熱量的消耗。這個在真空中使溫差電偶靈敏度增加的現象,是由傑出的俄羅斯物理學家 П. Н. 列別傑夫發現的。

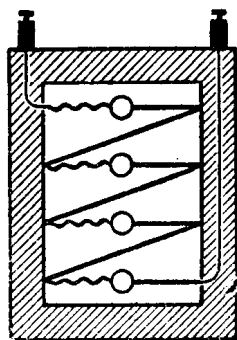


圖3. 溫差電堆的構造

在設置溫差電堆的容器裏抽去空氣,對於測量輻射能不致受到絲毫妨礙。這是由於各種的電磁波在真空中,要比在任何其他媒質中更能流暢通過的緣故。溫差電堆與電流計在容器中的導線是利用特別的銲接接通電路的。至於一般的溫差電堆常具有許多成對的接點,它們是在真空中用相聯的兩種金屬條(例如銻與鉍)互相串聯起來的。

在測定時,真空溫差電堆裝置在一個不透光的匣子裏面。這個匣子上開有狹窄的隙縫(圖3)。輻射能可以經過隙縫穿射到溫差電堆的左邊或右邊的一列接點上,而在各個接點上同時引起了溫差電動勢。因此,溫差電堆比單一的溫差電偶會獲得更多的輻射能,而在電路上將引起更大的電流。這樣,比起溫差電偶來,它就顯得更靈敏了。如果輻射能射到左邊的一列接點上,而同時又在右邊的一列接點上射入同樣強度的一股光線,那末由於在每一相對接點上所引起的溫差電動勢相互抵消,結果在實際上電路上就沒有電流通過。

在許多的情況下,溫差電堆中由於微弱的輻射能所引

起的溫差電流，必須利用一種特別的“真空管放大器”來加強。

把溫差電堆沿着發光體的光譜移動，可以藉此探知光譜中可見與不可見光線部分的輻射能的分佈情況。

這樣，一個靈敏的溫差電堆，常可作為偵察與測量微弱的可見與不可見光線的輻射能的一種重要工具。

如所周知，物質的電阻是因它的溫度而變的。基於這個現象而用來測定輻射能的儀器叫做“輻射熱測定器”（或叫電阻測熱器）。還要指出的，有些金屬和半導體，當其在溫度十分低的情況下，它們的電阻實際上就接近於零（超導電現象）；這種導體是能靈敏地測定溫差電流的材料。在這種情況下，當溫度每發生 1°C 的變化時，那些材料的電阻就發生五十倍差異的變化。這種奇異的現象，使我們得以察知哪怕是極微弱的紅外線輻射。

紫 外 線

在高於光譜中紅色光線“梯級”的區域，發現了不可見的紅外線。這樣，很自然地人們就要去尋找分佈在光譜中低於紫色光線的“梯級”的區域內的不可見的光線了。在這裏，也恰恰跟光譜中紅外部分的情形一樣，肉眼是看不到任何光線的*。但是如果利用溫度計去偵察白熱電燈光譜中的紫外線，那就一點效果都沒有。這是由於下述兩個原因造成的：

*嚴格地說，直接與紅色光線和紫色光線光譜區域毗鄰的強烈的紅外線或紫外線，肉眼是能看見的，不過所引起的視覺很微弱罷了。據事實證明，眼睛的網膜對紫外線具有相當大的靈敏度，但是眼睛的水晶體却能強烈地吸收紫外線。要知道這方面的詳細情形，可參閱 С. И. 瓦維洛夫著“眼睛與太陽”一書。

第一個原因，是由於所有器械的玻璃部分（稜鏡與分光鏡的透鏡，白熱電燈的燈泡等），都是光譜中紫色光區以外的紫外線所不能透過的。

第二個原因，是由於從一些赤熱物體，例如白熱電燈的燈絲、灼熱的鐵片甚至太陽，它們發射出的紫外線所具有的能量比較起紅外線來是非常微弱的。因此，在研究紫外線時所利用光學儀器的透鏡和稜鏡，都是用能透過紫外線的材料（例如石英與螢石）製成。發射紫外線的燈的燈泡則用特殊的玻璃（即所謂的紫外線可透過的玻璃）或熔融石英製成。利用能透過紫外線的光學儀器拍攝紫外線光譜的照片，就可以發現紫外線是太陽光線的組成部分。如果白熱電燈燈泡是用石英或一種能讓紫外線透過的玻璃製成，那麼電燈光中也將發現有紫外線。要注意一點：某幾種特別的光源（例如，石英水銀燈）具有相當高的紫外線的總能量，甚至還會超過其餘光線能量的總和。

用什麼方法才可以覺察到紫外線呢？

首先可能作到的一個方法，是利用靈敏的溫差電堆或輻射熱測定器。第二個方法，是由於紫外線對攝影底片的強力的作用，因此可藉攝影的方法去發現它。另外，利用光激發光現象（某些物質在光的作用下自己發光的現象），也能十分顯著地覺察到紫外線的存在。

由於光激發光現象有一個特徵，就是物質所發出光線的顏色與引起物質發生出光線的顏色有顯著的不同（例如，鈾玻璃在紫外線或藍色光線作用下，能發出綠色的光線，對於玫瑰精物質則發出橙-紅色光線等），發生光激發光的物質，好像是改變一種顏色的光線成爲另一種顏色的光線似的。特別是它能把不可見的紫外線轉變成爲可見光線。

這些現象可以利用來表明紫外線的存在。例如把熒光物質鈾玻璃，放在電弧或石英水銀燈所產生的紫色光線的下方，那麼在這裏，我們將在不可見光線光譜區域中，看見強烈的綠光。

光譜中輻射能的分佈

如上所述，利用溫差電堆（或輻射熱測定器）能够研究光譜中能量的分佈。爲了這個目的，必須把溫差電堆沿着光譜的各個“梯級”依次移動（圖4），聯接在溫差電堆電路

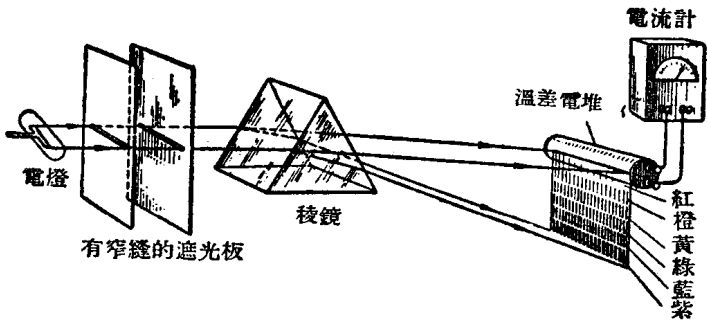


圖4. 利用溫差電堆研究光譜中輻射能的分佈情況

中的電流計，就能指示出光譜中輻射能在量方面的分佈情況。如果用縱坐標表示電流計上所指明的度數，橫坐標表示溫差電堆在光譜梯級上移動的距離，就可以得到一幅顯明的表示光譜中輻射能分佈的圖解。

圖5即表示白熱電燈光譜中輻射能的分佈情況。在圖中，可以看出白熱電燈光譜中能量分佈是不均勻的。圖中曲線的最高點表示着光譜中具有能量最多的部位，這就是光譜中的紅外線區域。如果增加電燈的電流強度，就是說，

燈絲上的溫度增加了，然後再來測量光譜中的輻射能的分

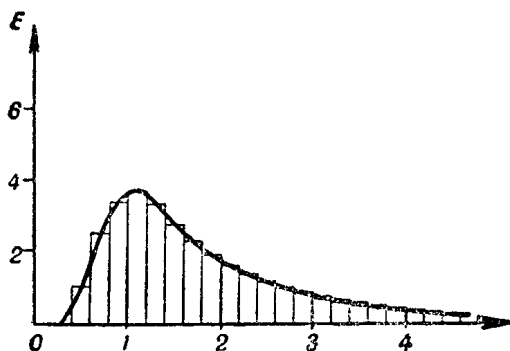


圖 5. 白熱電燈光譜中輻射能的分佈情況

佈，那就得到如圖 6 所示的更陡峭的曲線。如果比較這兩條曲線，還可以看出，當發光物體（有的時候是用磨光的鉑金板）的溫度增加，不僅是每一個光譜梯級中的輻射能在量方面都增加了（曲線上縱坐標的長度的加長），而且曲線的最高點，將會朝着可見光線的一方移動。為了使曲線的最高點移動到光譜中的黃綠色梯級，就是說，要使其光譜中黃色與綠色光線具有最大量的輻射能，那就必須把白熱電燈中燈絲溫度增高到 6000°C 左右。但是，在達到這樣高的溫度之前，白熱電燈的金屬絲就早已熔化了。因此，用增加電燈中電流強度的方法，是不能使電燈的可見光光譜區域所發射的輻射能，超過不可見光線所具有的輻射能的。

太陽表面的溫度約 6000°C ，它是天然的紅外線、可見光線和紫外線的強大光源。電弧的碳棒電極間，則具有甚至比 6000°C 還更高的溫度。

比較圖 6 所示的曲線，會使你相信，當改變發熱體的溫度時，則其輻射光譜也起了變化。例如，鐵塊的溫度只有幾