

蘇聯大眾科學叢書

# X射線

日丹諾夫著  
張符學士蒼如譯



商務印書館

蘇聯大眾科學叢書

X

射

線

日 丹 諾 夫 著  
張 學 蒼 符 士 如 譯  
趙 凱 華 校 訂

商 務 印 書 館

## 本書內容提要

這本書全面地介紹了X射線的一般知識；先從普通的光線講起，然後引述到X射線的發現、性質和它在科學技術上的應用。平時我們不大瞭解的如：X射線是怎樣產生的，怎樣可以用來透視人體，X射線照像是怎麼回事，工業上又怎樣用X射線來檢查機械和分析物體的化學成分等等，在這本書裏都有詳盡的敘述和介紹。本書內容充實，說理淺顯，稍具有物理學知識的人，就能夠讀懂它。

Г. С. ЖДАНОВ  
РЕНТГЕНОВЫ ЛУЧИ

蘇聯大眾科學叢書

X 射 線

張學蒼 符士如譯

---

★版權所有★

商務印書館出版

上海河南中路二一一號

中國圖書發行公司 總經理

北京萃斌閣印刷廠 印刷

(59224)

---

1953年12月初版 版面字數23,000

印數1—10,000 定價¥1,500

# 目 次

|                     |    |
|---------------------|----|
| 引言.....             | I  |
| 一 一般的光線.....        | 3  |
| 二 X射線的獲得和它的性質.....  | 9  |
| 三 X射線可以用在什麼地方？..... | 24 |

# X 射 線

## 引 言

由於民間的幻想，產生了好多關於神奇事物的傳說，而人們正藉此獲得了偉大的力量，完成了很多驚人的事業。我們每個人在童年的時候，多少都聽到過或讀到過妖怪的飛毯，七里靴，奇妙的小銀碟子以及魔冠等神奇的故事吧。

在飛毯故事中，傳說有一個英雄，在一剎那間，能够藉着風力，從一個地方迅速地飛到另外一個地方去。穿上七里靴的人能够使自己跑得那樣快，以至於就沒有人能够追趕得上他。在奇妙的小銀碟子中，可以映現世界上每個地方所有的事物。至於魔冠呢，戴上了他就能夠隱身而成爲神仙了。

在五十年到一百年以前，這些傳說還不過是人們的夢想；所有敘述到這類的事物，都好像是不可能實現的。但是，現在已經大大的不然了。如今由於科學家們經常地堅持着忘我的勞動，民間傳說中的好多事情都變成了事實了。

每天有數千架飛機，翱翔在我們祖國（蘇聯）廣闊的天空上，執行着保衛和平的任務。而七里靴——那還不就是摩托車，汽車以及走得很快的小汽艇麼，一個步行的人，想要追上一分鐘能够跑三公里的摩托車

或者汽車，那是可能的嗎？就連那能教人看到世界上各種事物的小銀碟子，也已經不為現代的人們驚奇了：這就是無線電傳真——一種利用無線電波將圖片傳送到遠方的儀器。人們爲了便利和改善自己的工作與生活的環境，就發明了這些以及許許多多其他的神奇東西。

在這本小冊子裏，我們要敘述這樣的發明之一：就是肉眼所不能看見的X射線。這種奇妙的射線具有能夠透過爲一般可見光線所不能透過的物質（金屬、紙張、皮膚等）的能力。各種光學儀器：如同放大鏡、望遠鏡、顯微鏡只能夠幫助人類的視力，以觀察非透明體的表面；而不能透過來觀察我們周圍大多數的東西：如同地層、植物、金屬、人和動物的軀體內部。也就是說不能透過這些爲一般光線所不能透過的東西。但是有的時候，往往需要毫無損傷地透射到軀體或者是物體的內部去。比方說，當害病的時候，或者是體內器官負傷的時候，當骨頭挫傷的時候，就非透視到人身體的內部去檢查病況不可。

這樣的事情利用X射線就可以辦到。譬如說：爲了要找負傷者體內子彈或碎片的所在地，只要用X射線着實地檢查一下負傷的地方，就可以找到了。X射線能夠使我們看到一個關閉好了的東西的內部（如箱子、錢包、盒子等）、金屬內部的空隙以及其他的好多東西的內部，而不需要切開，也不需要打開，更用不着拆壞物體。在暗室裏開亮了電燈，我們就可以看到室內所有的東西；白天，太陽光照到一個盛滿茶水而裏面放着一個小匙的透明杯子上，杯裏的小匙、茶水和一片片懸浮的茶葉，也就看得很清楚。同樣，在不透明金屬體上透射X射線，我們也就能看到從外面看不到的內部雜質和空隙。

X射線還有其他非常重要的性質。利用這些性質可以發現用顯微鏡都不能看到的物體結構的各種屬性。這種射線可以幫助我們知道，

某些物質或其他物質是由什麼成分組成的，也就是說來確定它們的化學成分。

這本小冊子的目的，就是給讀者們介紹X射線的特性、本質和用法，以及X射線替科學技術帶來了怎樣的好處。

## 一 一般的光線

我們的兩隻眼睛是身體上最重要的器官之一。兩隻眼睛是視覺器官，有了它們，我們才能感到光亮，而由於這個緣故，我們才“看到”周圍的世界。

一般的光線當穿過瞳孔映在眼球內部的網膜上，刺激着那裏的神經末梢。由於神經末梢的反應，就將這種刺激，傳達到了腦子裏，這時，腦子把各個的反應合在一起，就在那裏形成了眼前情景的整幅畫面。

在地球上，通常所曉得的，只有那種能幫助我們看到周圍事物的光。這種用肉眼所能够看到的光，其主要來源就是太陽。

陽光或者是通常人們所謂的日光，是從太陽（一個巨大赤熱的氣狀球體）那裏放射出來的光芒。

陽光所給與我們的能量，為大地上一切生命之源泉。靠着太陽的溫暖，大地上所有的生物才可能生長發育。

陽光是為自然光。除了陽光以外，人還利用着其他的光，這其他的光就叫做人造光。人造光的來源大家都曉得——那就是電燈、蠟燭、煤油和汽油燈等。

老早以前，光就引起了科學家們的注意，他們希望把它的本質和特

性弄清楚。現在我們知道了，我們所能見到的光，僅不過是自然界中光的一小部分。

我們已經在太陽光的實際例子當中，發現了除去肉眼所能够看到的光線以外，另外還有肉眼不能夠看到的光線。事實上，太陽不僅照耀着萬物，並且還把它們曬熱。在陽光中肉眼所不能夠看見的熱射線，伴隨着用肉眼所能够看見的光線，一塊兒地射到我們這裏來。這種熱射線叫做紅外線。

所有發熱體所放射着的就是這些通常肉眼看不見的熱射線。試將手伸近發熱體（熨斗、火爐），就會感到那裏有流動着的熱，這種熱不是別的東西，就是從發熱體內所放射出來的熱流。熱射線從發熱體那裏擴散到各處，人們對它只有溫暖的感覺，而肉眼並不能感到它。同樣，人的身體也不斷的放射着熱。

另一方面，大家全都曉得，陽光能刺激皮膚，將它晒黑。雖然我們知道，在戶外暴日之下皮膚會被晒黑，但如果我們在有日光照射着的玻璃頂下，那就一點也不會曬黑了。

這就是因為太陽光中，除了用肉眼能够看見的光和熱射線以外，它還射送着紫外線。紫外線不能透過玻璃，甚至於還局部地被空氣阻擋。就是這種的光線刺起了皮膚的發黑。因此人們高居陽光充足而空氣稀薄的山上，尤其容易曬黑，而在玻璃頂下就不能曬黑。

我們的肉眼既不能夠覺察到紅外線，又不能夠覺察到紫外線。這個特性也是為X射線所具有的。

假如走近正在工作着的X射線機，雖然機器在那裏放射出來一些X射線流，同時還有很多的光流向觀察者的眼睛射過來，但是任憑我們費多大的勁，總不能在空氣中看出它來。



另外例如無線電波，雖然它擴散在地面上各處，但人們也不能夠覺察出來。這是因為人的眼睛與耳朵不適合看到或者是聽到無線電波。但是對於無線電波的存在，我們不難相信，譬如將收音機一調對好了某一個波長，馬上就能夠聽到從數千公里以外某一個電台廣播出來的演講、音樂、和歌唱。

如果將鐵塊加熱，雖然起初保持着黑色，但它按着熱的程度，逐漸加多地放射着肉眼所看不見的熱射線。然而在物體的一定溫度之下，我們就可以見到它開始發光，最初漸漸有顯著帶紅色的微光，接着深紅、黃，最後變成了明亮的白光。這個簡單的觀察，指明了熱射線和肉眼可以看到的光線的密切關係。

使皮膚晒黑的紫外線，同樣也能夠在照像底板上顯示出來。藉着這些光線的作用，我們也可以在暗室裏照像。此外在紫外線的照耀之下，很多的物體開始發出肉眼能夠看到的光線。

科學家們由於實驗了太陽所放出來的白光，測定這種白光本身是複雜的，它包括紅、橙、黃、綠、青、藍、紫七種主要的顏色的光。

如果光線穿過一種物質而到另外一種物質上去，光線就會發

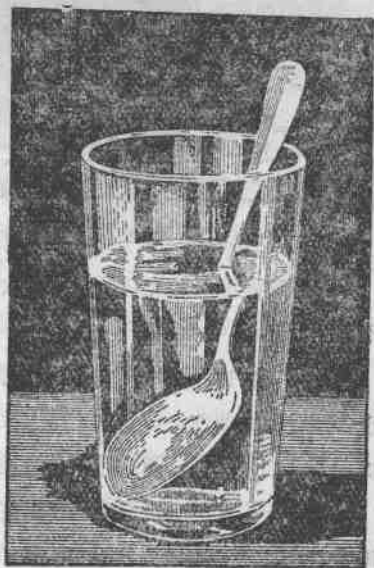


圖1 玻璃杯子裏的小茶匙。

生屈折的現象，也就是說光改變它的方向。取一杯水，裏面放一個小茶

匙，從這上面就很容易看出這種現象：小茶匙好像是折斷了似的。這是因為由水中的小茶匙出於空氣的光線，在水和空氣交界的地方改變了它們的方向所引起的。

分解白光組合的實驗是很容易做的。要實驗的時候，使光線透過一種簡單儀器，叫做稜鏡——這是有三個稜面的一塊厚玻璃（圖 2）。

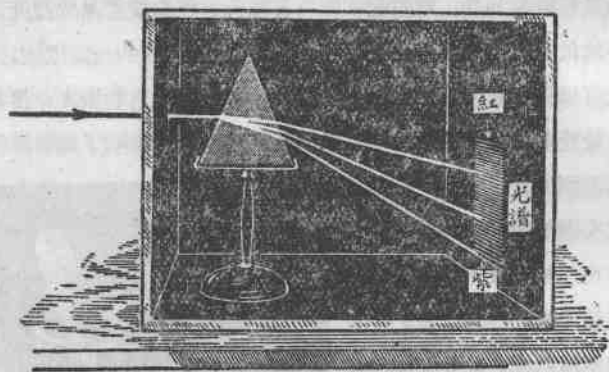


圖 2 光被稜鏡分解——光譜。

透過稜鏡的一般光線要屈折兩次，同時白光的各種組合造成各個不同的偏向角。

結果，自白光照射着的稜鏡上所發出的光線，射向不同的方向，呈現各種各樣的顏色。如果在光路上放着一塊屏板，在屏板上我們就可以看到一幅光譜圖。圖右邊就是這種肉眼能够看到的光譜。

當雨後陽光透過雨點而呈現出虹來的時候，在天空中，我們就可以時常看到日光的這種被分解的情景。組成虹的各種顏色，也正是依着光譜中的順序而排列的，七種之外其中沒有再多的顏色。

要是我們的眼睛更能適應的話：當出現虹的時候，我們還可以看

到紅顏色以外不可見的紅外線，以及紫顏色以外的紫外線了。

現在可以這樣確定：所有熟悉的射線，如一般可見的（紅紫之間）光線，紅外線及紫外線，以及各種的無線電波，我們感到興趣的X射線，還有 $\gamma$ 線（放射性元素所放的特種射線），雖然它們的名字不同，但有着共同的性質。

這種性質是什麼呢？而且以什麼來區別它們，給以不同的命名呢？

原來所有這些光線的性質，是和電磁現象連繫着的。

這使我們想起了一個盡人皆知的試驗：如果我們先沿著桌子撒佈鐵粉，然後拿一塊磁鐵靠近桌子，那麼以前安靜地躺在桌上的鐵粉，就立刻從桌上跳起來，並黏附到磁鐵上去。這意味着在磁鐵面前有着一種力量，作用於鐵粉上以吸引它們，也就是說，在磁鐵的四圍有“磁場”顯現出來。

這種試驗，用已經磁化了的物體也能够完成。結果是這樣：在周圍繞有線圈，通了電流的物體的四圍，也有磁場，它就叫做電磁場。物體產生這種電磁場的時候，就要起吸引或排斥的作用，這種作用是依靠形成電磁場的電流方向來決定的。

電場和磁場彼此之間是連繫着的，當電場改變的時候總要出現磁場，反之磁場改變時也出現電場。

世界上的光線，看得見的和看不見的，都是這些彼此之間連繫着的電場和磁場以波浪的形式向空間傳播出去所形成的。

於是這些波浪都冠上了電磁的稱號，稱做電磁波。

這樣一來，整個前面所列舉的一串各種不同的光線，就形成了電磁波的一個家族。

那麼，它們彼此間的區別在什麼地方呢？

大家都看到過波浪，在我們用石頭擲到水中時，一圈圈的波紋就沿著安靜的水面向四方傳佈出去。

在這種波浪內從一個波浪的頂點到另外一個波浪頂點間的距離叫做波長。由於投擲石頭所造成的波浪，通常有幾個厘米的波長。海浪的波長顯然比較大些。所有這些被稱為較長的電磁波，它們的波長彼此也是不相同的。無線電的波長有長的（在幾千米）和短的（在幾米甚至幾厘米以內）。紅外線和看得見的光線，波長要比較短得多。比如，看得見的綠色光線就有相當於十萬分之五厘米的波長。X射線的波長更短：它的波長是界於一百萬分之一厘米到一萬萬分之一厘米之間。波長比較再短的就是 $\gamma$ 線\*了。

在下面所有已知的光線都列舉在一個表裏，這表格形成人們稱呼的電磁波等級。

| 電磁波等級     |           | 波 長              |
|-----------|-----------|------------------|
| 無線電波      | 從 2,000 米 | 到 1 米            |
| 超短無線電波    | 從 1 米     | 到 1/10 毫米        |
| 熱射線或紅外線   | 從 1/10    | 到 1/1000 毫米(一微米) |
| 一般可見射線：—— |           |                  |

紅  
橙  
黃  
綠  
青  
藍  
紫

從  $\frac{8}{10000}$  到  $\frac{4}{10000}$  毫米

\* 波長最短的射線還有宇宙線——編者。

紫外線 從  $\frac{4}{10000}$  到  $\frac{1}{100000}$  毫米(一毫微米)

X射線 從  $\frac{1}{1000000}$  到  $\frac{1}{100000000}$  毫米

$\gamma$ 線 小於  $\frac{1}{1000000000}$  毫米

## 二 X射線的獲得和它的性質

X射線是德國物理學家倫琴在一八九五年使用一種儀器進行研究時發現的。這種儀器是一個完全密閉的，幾乎真空的玻璃管。

像這樣在圖3上描繪出來的管子，其中有兩個堅固的金屬薄片(電極)，從金屬片向外抽出了細長的金屬線，它的抽出處和玻璃接合起來。

如果這樣的管子，又連接了電路，那麼在一定的條件下，就可以有電流通過管子。管子中間的電

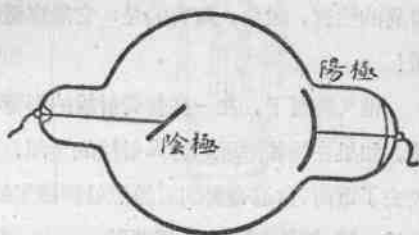


圖3 放電管。

流是極小的帶電的微粒在運動，這些微粒可以產生電子和離子。這樣的管子叫做“放電管”。\*

倫琴的工作，正是研究經過氣體的電流的性質。他準備了許多不同樣式，不同大小的管子，並且想瞭解各種樣式和各種大小的管子對於電流所發生的影響。

\* 可參閱本館即將出版的本叢書之一“電子”。

有一個夜晚，倫琴一個人在實驗室中完成了下面這件工作：他用一個厚紙匣擋住放電管以遮住光線，並企圖遮斷正在經過管子的電流。正當這個時候，突然在桌子上從這方面看到有物體在發光，原來這塊發光的厚紙板是塗上了一種特別的物質——鉑氫銀鹽。這種物質有一種奇異的性質：如果在它上面照射可見光線，它就會開始發光。雖然是夜裏，房間裏黑暗，然而這塊屏板却發着光。之後倫琴關閉了管中的電流，屏板才中止發光。

在這個晚上，這位科學家就一直沒有回家去。他開始考慮：為什麼在有放電管工作着的房間中鉑氫銀鹽就會發光。

很快地，倫琴就成功地找到了這種發光的原因，原來，管中有一個電極變成了一些爲目力所不能看見的射線的光源，這些射線具有許多奇異的性質，最使人驚奇的是：它能穿透過普通光線所透不過去的物體！

他又證實了，在一些新奇射線的影響下，空氣會變成電的良好導體。如果在物體附近開啓X射線的光源，那麼已經帶電的物體就立刻失去了電荷，當這奇異的射線照射到攝影的膠片上面時，像普通可見的光線一樣，膠片也能感光而顯影。

倫琴的發現引起了廣泛的注意：許多科學家們都由於迫切地要明瞭這新射線性質的渴求，開始研究它。

開始研究這種奇異射線的許多人物中的一個，是有名的俄國科學家、無線電的發明者阿·司·波波夫。他在俄國裝置了奇妙的能够獲得新射線的管子。這種射線的性質第一次被完善地發覺出來了。正因為這樣，它才開始被叫做“X光”，意思就是“不能明白的光線”，但是在今日，這種射線習慣上叫做X射線或倫琴線。

近代的X射線管有一些其他的方法裝置得比倫琴的設計更好。

那麼近代的X射線管是怎樣設計並怎樣製成的呢？

爲了更好地瞭解這些，我們可以拿這個射線管和圖4所示的普通電燈泡來比較一下：

電燈泡是由一個細長的玻璃泡做成的。在管上堅牢地固定着一個金屬的基底，在燈泡中間的玻璃腳柱上，插入了兩個金屬絲用來輸送電流。這種金屬絲和螺旋形的金屬絲連繫着，而螺旋形的金屬絲是用最細的鎢絲造成的。鎢是一種稀有並且非常難熔解的金屬。它只有在溫度超過攝氏三千度時才會熔解。電燈泡中的空氣完全抽空，並且在抽空以後燈泡就被封閉起來。爲了燃亮電燈

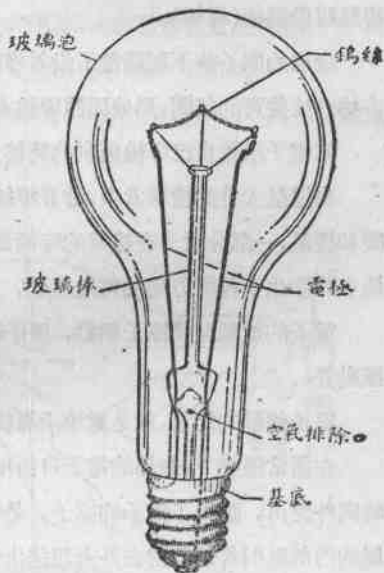


圖4 普通燈泡。

必須沿燈絲通過電流。談到電流沿導線的運行，會令人想起液體的沿導管運動。但是沿着導線的不是流動着的液體，而是運動着的電子，那就是最小的、自身帶有電荷的質點。

一般地說，電子是存在於原子中的。各種不同的原子可以組成所有環繞我們周圍的物體。在原子中間，帶有陰電荷的電子與帶有陽電荷的原子核之間是互相吸引着的。但是在某些物質當中，例如金屬，原子却具有這種性質：即是它的電子和核心間的吸引力很薄弱。這種電

子成為自由的電子，那就是說，它能够在金屬中的各個原子之間自由地運行着。就是這些自由電子，形成了金屬中間的電流。

電子沿着流向鎢絲去的導線叫做陰極(導線)；流過鎢絲後所沿的導線叫做陽極(導線)。

金屬的原子並不跟隨電子沿着導線運動，它們留在自己原來的地方排列成整齊的柵欄，形成固體導線本身的骨幹。

當電子沿着自己導線運動的時候，它會撞上形成柵欄的原子。

在這些大量的撞擊當中，沿着導線電子流的輕快運動，就發生了阻礙和擾亂，一部分電子在撞擊的時候激烈地變更它運動的方向，就在金屬中間產生了各種方向的雜亂運動。

電子的撞擊又使原子顫動，原子就各自開始在自己原來的柵欄中擺動着。

原子顫動的能量，就是電流沿導線運動時所發生的熱能。

在通常溫度下，金屬的電子自由地在金屬中間運動，不可能在運動時向外脫出。脫出了電子的原子，是會帶有陽電荷的。它們能向着金屬的內部吸引着這些附在外表想逃出金屬表面的電子。

但是在充分的高溫狀態下，電子運動速度加大，它們有足夠的能力來克服原子的吸引力而向外逃出。

因此，燒紅了的物體(這裏就是指燈泡中的鎢絲)，將會放射電子到四面八方去。

在普通電燈鎢絲的四圍，常常有從鎢絲上飛出的電子，形成電子的雲霧。

現在，讓我們再看看這兒描繪的X射線管的裝置略圖。

在這管子中間，和電燈泡一樣，也有放射電子的灼熱線，叫做陰極，



在陰極有電流通過，將它灼熱，放出電子來。

管子的另一端加有高電壓的陽極吸引着陰極放出來的電子，因此從陰極飛躍出來的電子就不再形成雲霧圍繞在它的外表，而是向着陽極猛衝。灼熱線不斷地放射電子到陽極，在這種燈管當中，電流——電子的流動——的進行是以高速度從陰極向着陽極飛躍的。

爲了使陰極金屬灼熱線經常能維持高熱起見，如圖5所示，就需要用特別電源來維持金屬線中的電流。

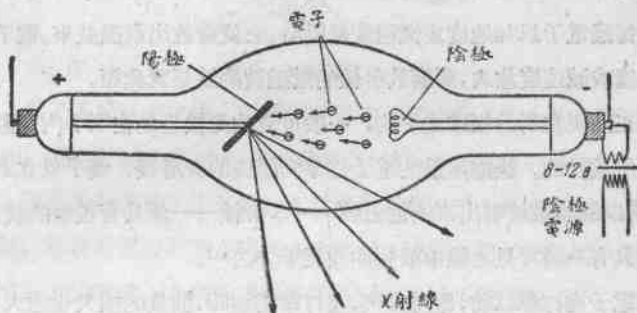


圖5 X射線管略圖。

X射線管就是這樣構造的。被快速電子流所射擊的陽極就是X射線的源泉。X射線管中的電子，是以很大的速度運動着，這速度比炮彈的速度還要超過許多倍。如果以這種速度使電子環繞地球運動，它將在不到一秒鐘的時間內就完成了環球的旅行。

X射線管在它工作的時候，陽極的外表遭受到自陰極流出電子的不斷射擊。正如同鐵鎚不斷地打擊金屬能使金屬迸出火星一樣。X射線管陽極的表面，特別是被電子打擊的區域，也能發熱。在這個被稱爲