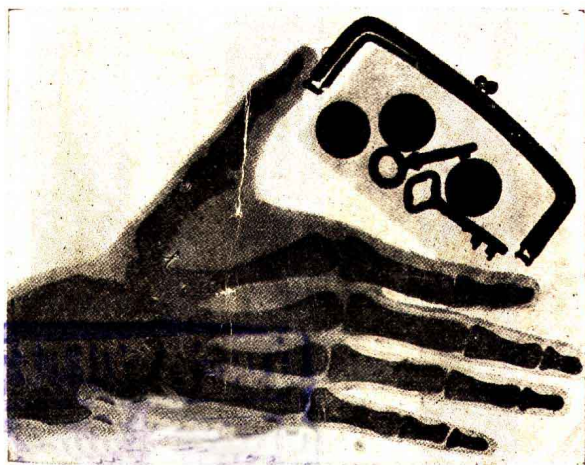


自然科學小叢書

X 射 線

胡珍元 著

王雲五 周昌壽 主編



22
09

商務印書館發行

自然科學小叢書

X 射 線

胡 珍 元 著

王雲五 周昌 主編

商 務 印 書 館 發 行

序

X射線在醫學上的重要，已爲吾人所熟知。近來復有一部分學者，用以研究純粹科學。去年俄國生物學者報告，X射線可以影響生殖細胞內的遺傳形質。X射線的應用向遺傳方面發展後，則不僅農產方面可以大加革新，即吾人本身，亦可用以改良子孫了。

本書取材簡單，並無高深學理，不過藉以引起讀者興趣而入專門研究，并增讀者一些普通常識耳。

此書成後，承謙亞遠繆端生兩先生校閱一過，多所訂正。附此誌感。

著者於鎮江建設廳 二十二年十月

目次

序	一
第一章 X射線的歷史	一
第二章 X射線的性質	一〇
第三章 X射線的器械	一九
第四章 X射線在醫學上的應用	三一
第五章 X射線在實業上的應用	四〇
第六章 X射線的結晶分析法	五〇

X射線

第一章 X射線的歷史

一八九五年秋，巴佛利亞吳斯堡大學教授 欒琴 (William Konard Röntgen) 氏發見了一種新放射 (Radiation)，有一種特別性質，能够透入普通光線所不能透明的物體；那便是X射線的發見了。在欒琴教授試驗真空球的時候，真空球完全用黑紙包紮，不許有可見之光射出，但在真空球近旁放有一種化合物的結晶體，忽然燦爛發光，欒琴氏看了這種現象，大為驚奇。那時的真空球，便是當時科學家都熟識的克魯克斯或喜托夫管 (Crookes or Hittorf tubes)。此後欒琴氏對於這種非常遭遇，特別注意，又做了好些簡單的試驗，把質密的物質放在克魯克斯管和結晶體兩者中間，在結晶體上他就看見了一個黑影，一八九五年年底，欒琴氏在吳斯堡物理治療研究會席

上，開始公佈他的發見，把研究所得的結果，通通貢獻出來。例如他發見不同的物質，對於他所命名的X射線所顯示的透明程度，也各不相同。他又發見一公釐半厚的鉛，就足完全抵制X射線的透入。他還提及普通的照相板，也能受這X射線的感應。在開會的時候，他還獻出一張人手的X射線相片給大家看。這個驚奇的發見，第一次傳聞到英國，那是一八九六年一月六日標準報上的維也納專電。那時叫做攝影的新發見。X射線的奇異性質，也用專電記載，電訊的結尾還鄭重的寫着：『新聞報（維也納）謹告讀者，這件事決不是欺人眩世的事情，實是一個莊嚴燦爛的發見，是一個莊重的德國教授的新發見。』

對於羅琴的發見，我們有兩件事值得談談的；第一這決不是一個偶然的發見；這事的遇到，也並不是無聊中的猝跳。前在一七〇五年，用電流通入真空玻璃球的試驗，已經有這種奇異而美麗的現象發生。我們看了一七八五年的英國皇家學會會刊，便知道有一位先生叫威廉麻加（William Morgan）的試驗，把他的試驗細細地研究了，便知道在他試驗的進程中，一定已經發見了X射線。不過麻加氏並不認識那種現象，所以他雖然是真正第一個發見X射線的人，他還是不能享

得發見X射線的榮譽。

第二，在那時研究這種真空管內放電的現象，早已引起許多科學家的注意。黑弗雷杜威（Humphrey Davy）、法萊第（Faraday）、喜托夫、克魯克斯、凱爾維（Kelvin）和利諾特（Lenard）等都各告奮勇，盡力研究，把他們觀察到的美滿的結果，創出了許多學說。但是這許多實驗家，在他們試驗的時候，雖然已經能夠得到多量的X射線，可是他們中間沒有一個人能够在克魯克斯管外，探得X射線的存在。還有我們把英國科學家漢伯脫劇克孫（Herbert Jackson）教授寫給波林氏（Pullin）的信，抄在下面，也是很有趣的。一八九五年，劇克孫正在研究克魯克斯管的作用，在樂琴發見X射線的消息傳到英格蘭之前，他已經注意到真空管外某種物質發生螢光的事實。在他給波林氏的信上，他說：『正在我對這件事迷惑不解的當兒，樂琴的發見公布，我便看見了我自己所得結果的解釋。』現在X射線的發見人，大家已經確認是樂琴無疑了；上面的陳述，我們不用誤會，對於樂琴已得的榮譽，決不能損害其毫末。

因X射線的發見，便把全科學界投進興奮的狀態，那是很容易想到的；X射線在醫藥上和外

科手術上的重要，大家很自然的跟着承認了。欒琴就受德皇的獎賞；德國的陸軍大臣還下了命令，叫人民研究 X 射線在軍事外科術上的應用。在 X 射線公布以後，差不多世界各地，都隨即有信報告這新光線在醫學上的使用。然而科學家在別一觀點上，卻另有濃厚的興趣。他們自然也贊同這光線的有用的性質，但科學上至重且要的問題，乃在『X 射線是什麼東西？』事實上，這個問題，欒琴在他第一次的報告中，已經作了一個嘗試的回答。他說這光線也是以太的波動，和普通的光線一般，不過 X 射線是縱波動而不是橫波動罷了。這種解釋，隨即就受人家的指摘。牠最大的缺點就在 X 射線雖然具有普通光線所有的許多性質，但 X 射線不能完全服從所有的光學定律。例如在世界上找不到一面鏡子，可以用來反射 X 射線。X 射線對於任何尋常的迴折格子 (diffraction gratings)，也不會迴折的。

電流通過真空管的研究，費了許多精力和時間，對於陰極流，才得到一個博大的智識。克魯克斯自己，對他在管內所遇見的事實，完成了一個很真確的概念。他當陰極線是分子量 (molecular dimensions) 的動點，負有一個陰電的流動，他認這種現象是放射物質 (radioactive substance) 所

有的現象，便認陰極線是一種放射物質。下面的節語，是從他給英國學會的論文中節譯出來的；由此我們可以很清楚的知道他對於這件事的意見了。他說：『在這些高真空管子裏，殘餘氣體的分子，要越過管壁放射出去，便可以比較的少有障礙；而且從極端放射出來，有極大的速率。牠們現出的性質，這樣新奇，這樣特別……真好證明從法萊第借用得來的名詞，叫做放射物質了。』克魯克把這種質點當作分子量，確屬謬誤，但在湯姆生 (J. J. Thomson) 氏未發表他的陰極線性質以前，此說總認爲對的。在X射線的發生上，有一件事實是完全確切的，便是X射線的發生，必要在陰極線被遮斷的時候，才能發生。因爲這個原故，所以有許多實驗家，主張X射線和陰極線是同爲一物；雖然有陰極線能被磁石偏向，而X射線則否的事實，但這個X射線和陰極線同是一物的說法，卻也持續了一個長時間。

，這個問題，到了湯姆生發見了X射線會使一個帶電的導體放電，嗣後又發見了X射線會把一種非導體的氣體做成導體——換句話說，X射線能够電離一種氣體——的時候，才有第二步的解答。

一八九七年，是科學發見上最重要的一年。湯姆生發見了陰極線的真實的性質。他利用了磁石可以偏向陰極線的事實，把陰極線管的真空改良，使陰極流淡薄，再用很精密的實驗方法，量出陰極流被一個已知磁場所偏向的度數，同時再用一已知多少電力的電場來量牠的偏向。他假定陰極線是質點所成；並且以為這個假定如果是對的，那末牠們必定要有一個可以測量得出的質量，同時也必須要有一種速率的。

湯姆生的儀器怎樣裝置的呢？在真空管內放兩塊金屬板發生電場引起陰極流的偏向，和管外磁場所生的偏向，恰成反對方向。這樣，在磁場和電場相等的時候，陰極線自然就完全沒有偏向。湯姆生得了這試驗的結果，他便決定了每陰極質點的質量和電荷的比例，又量出了陰極質點所走的速率。後來他證明陰極流確是包含着行動質點的，他還算出一個質點的質量比氫原子質量小八九百倍，（這個數目，以後知道是太大了，正確的價值，差不多只有氫原子的一千八百分之一）每一質點帶一單位陰電。實在湯姆生做了這些試驗，已經證實了原子不再是物質的終極單位了。而原子自身反而是那些極小極小的單位叫做電子（electron）的所造成的了。

那個時候，要決定X射線真確的性質，仍舊還有許多困難；其中最重要的，就是X射線不能反射，也不會迴折。直到了一九一二年，德國慕尼黑大學教授勞厄(M. V. Laue)，用了數學分析法，才把這個問題解決了。我們肉眼所能看見的光，牠們的波長，都好用迴折格子來測量，那是很顯著的。所謂迴折格子，就是一塊玻璃，上面劃着許許多多的平行線。那些平行線，必須十分緊密，中間的距離須各各相等，一英寸內要劃二萬條乃至四萬條的細線。線和線間間隙，讓光經過，從間隙中現出的波浪，依光波的長短便生出干涉現象。這樣把一道白光射在格子上，就會有有色的光景分析出來，正和用三稜鏡分出來的一樣。可見光的波長，卻有自 $\frac{1}{7200}$ 吋至 $\frac{1}{8000}$ 吋的種種不同。迴折格子的功用，就在能把波長一一分開。但是把X射線求試驗，格子上的線無論劃得怎樣的精細，總是顯不出干涉的現象，就是要分出分光波，也是不能辦到。勞厄教授因此起了一個偉大的理想，以為X射線所需要的精細格子，或非人力所能為。但是他的理想，也非憑空臆造，確有三個根據：一根據德國科學家文(Wein)氏在一九〇七年的實驗，文氏假說着X射線的橫波動原理；二是馬克斯·波蘭克(Max Planck)教授宣布的一種新能力原理；三是用電子的質量和速率來算出X射線

波長的近似值的一種學說。他的數值是 10^{-8} 公分的一種光，比可見光的波長短去有八千倍。勞厄因此設想着天然間已經替我們預備好了那種格子，完全是規則的構造；他還想到在結晶體內原子層間的罅隙，差不多是一個恰好的闊度，可以用來做 X 射線的迴折格子。假使 X 射線也依橫波動原理的，換言之，假使 X 射線和光有同樣的性質，那末 X 射線經過結晶體，就有迴折現象可以發見。勞厄把他這個概念，更進一步，把牠完全放到數理上去，他預料說，假使有一道狹小的 X 射線光穿過了一個結晶體，那末牠的結果就應該是一羣迴折光，相對稱的環繞着一條中央光。

勞厄這個原理，在一九一二年的上半年，就被佛蘭列克 (Friedrich) 和納賓 (Knipping) 兩人的試驗凱旋的證實。勞厄氏的假說和佛蘭列克與納賓二氏的分類試驗，就把 X 射線性質上所有的疑點通統解除了。X 射線和平常的光，實在有完全同樣的性質，不過波長短去一萬倍罷了。

到了一九一二年，X 射線性質上的疑難問題，乃告一結束；自此以後，科學家就可以把這新證實的能力，自由的去發展，應用到各方面去，得到很大的價值。這些應用，我們將在下面分立專章敘述。我們知道 X 射線爲什麼適合於各種事業的進行同時就得明瞭 X 射線的性質。其次我們再解

釋X射線在實用上要怎樣的發生，要怎樣的改變，才能得到所需要的種種不同的X射線的性質和容量。

第二章 X射線的性質

X射線同光、熱、和無線電波一樣都是一種放射能。但是陰極線和阿爾發線 (alpha rays) 卻是質點的流動，我們決不可拿來和上述的混淆的。X射線、光線、和其他做成電磁景的部分，都有同一的傳佈速率，每秒約183000哩。電磁景中所有的各分部，牠們的性質都完全相同，僅有的不同之處，不過牠們的波長有長有短罷了。第一圖即示普通已知的幾種不同波長的關係。由此可知可見光和X射線的波長，都非常之短，用尋常的單位來表明，極不便利。普通採用的單位，叫做安齊斯屈勞

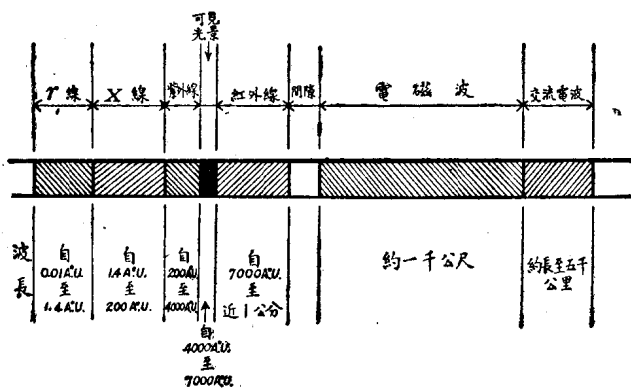


圖 一 第
註—1 A. U. = 10⁻⁸ 公分.

(Angstrom) 就是一個瑞典物理學家的名字；一安穉斯屈勞等於 10^{-10} 公分（即萬萬分之一公分）。所有上述那些光線，都屬於橫波動系，就是平常所謂以太波動；但是這種說法，並沒有什麼真切的意義，因為世間還沒有人知道以太究竟是一種什麼東西。我們所知道的，便是運輸光線的是能 (energy)；能够把光線從這一點傳到那一點。能的效率，可以計算得出；就是不同的地方和任何顯著的損失，也都能比較得出。我們所不知道的，不過是傳佈的媒介物究竟是什麼東西的一個問題罷了。我們想像一種媒介物，而名之曰以太，實在我們還是叫牠做驅瘡符（第二圖）之爲愈。波動一事，我們必不可把牠當作是什麼物質的進行。假使我們把一塊石子投到平靜的池沼中去，從石子入水的地方，就有水波向四圍成圈子的蕩漾出去。但是池中的水，並未依波動流出，掃蕩出去。的祇是一個能波，周期的擊撞池水，轉成一高一低的水浪罷了。在池中所傳出來的是能，而非水也。

我們知道，一個整個的電磁景是依牠所含成分的波長而分段的；而且每一種波長的集團，還

ABRACADABRA
 ABRACADABR
 ABRACADAB
 ABRACADA
 ABRACAD
 ABRACA
 ABRAC
 ABRA
 ABR
 AB
 A

圖 二 第

有某種顯著的相同的性質。現在我們研究 X 射線，我們應該知道 X 射線這個名詞，也是包含着許多不同的波長在內的。實在說起來，這完全的一組——雖然波長的性質這一端的和那一端的便不大相同——都叫做 X 射線，因為牠們都屬於一個集團，用一種方法，便可把牠們一起發生出來。尋常的 X 射線管所發生的 X 射線，卻包含着許多不同的波長；但是使用的電壓，對於短波 X 射線，卻很有限的制的能力。這個限制值，就叫量子限 (quantum limit)。電壓所以能限制波長的理由，此地卻不能詳述，祇好請讀者去看專書了。對於尋常 X 射線管應特別注意的一點，就在從管內射出的光線是混合不分的，普通的名詞，就叫世代交替 (heterogeneous)。但在實際應用上，卻常常祇要 X 射線光中的某種波長，其餘的非特無用而反有害，我們要達到這種目的，就用某種物質放在 X 射線放射的中途，使牠吸收幾種無用的波長，讓有用的波長在牠裏面通過去。

走得極快的電子，(陰極線) 受了物體的阻擋，就會發生 X 射線。對於這個簡單的事實，卻有一二個要點很應得注意。X 射線的波長，依行動迅速的電子停止或消滅的速率而不同。停止得愈快，所生的 X 射線，波長就愈短而愈能深入。X 射線的深入力，依牠的波長的長短而異。波長愈短，深

入力也愈強。普通叫深入力很強的X射線做「硬X射線」，深入力微弱的，叫「軟X射線」。這兩個名詞，無甚意義，不過習慣如此而已。

電子行動得愈快，牠們擊撞對陰極片 (target) 也愈快，消滅得便更快；所以我們要發生硬X射線，最要緊的就在電子要流動得極快。在X射線管內電子行動的速率，就靠在X射線管上兩極的電壓。電壓就是X射線管上正極和負極中間的電位差。把電子從負極推到正極來，在正極附近，電子就被一個預置的對陰極片捉去。所以X射線的硬度，完全依靠在電壓。跑得極快的電子流，牠所含的能也極大，在電子流受對陰極片阻斷的時候，這個大能，就一部分轉成X射線，一部分變成熱了。事實上，大部分的能，卻變成了熱，對陰極片的溫度，也驟然的升得很高。X射線管的對陰極片，顯而易見，必須要用融點很高的金屬了。尋常總是用一種難鎔的金屬，如鉑如鎢。讀者至此，或許要有最後的問題發生：『電子從那兒來的呢？』我們要回答這個問題，我們就要研究X射線管了。假使我們從裝有兩電極的玻璃球裏，抽去多量的氣體，再把兩極接連在高電壓的電源上去，因為殘餘氣體中，有了自由的電子，可以做成導體，所以在管內的兩極就有一道電流通過了。自由電子在