

10-2 X 射線

本書第九章曾介紹 X 射線是一種波長甚短的電磁波，今日普遍應用在醫學檢驗及科學研究上。你知道這種似乎可以看穿物體，讓人們恐懼沒有秘密的射線（如圖 10-15）其由來及其性質嗎？



▲ 圖 10-15 X 射線剛發現時，畫家筆下侖琴式的海灘派對顯示出人們對未知的恐懼與不安。

1. X 射線的發現

十九世紀末葉，陰極射線是科學界的熱門研究主題，侖琴（圖 10-16）也致力於探討陰極射線的性質。在他重複前人實驗時，為了避免周遭環境對陰極射線的干擾，他用黑色厚紙板小心地將陰極射線管整個包覆起來。1895 年 11 月 8 日的晚上，他在完全黑暗的房間內做實驗，意外發現在距離陰極射線管約 2 公尺處，有一片塗有螢光劑的紙屏竟然發出螢光。即使他將紙屏移遠些，並將其反轉，使塗有螢光劑的一面背對陰極射線管，結果紙屏依然持續發出螢光，顯然有某種射線可以穿過紙屏使螢光劑發光。接著他嘗試將一些障礙物放置在陰極射線管和紙屏中間，結果此射線仍然可以穿過障礙物使紙屏發出螢光。對此射線而言，這些物體似乎是「透明」的。



▲ 圖 10-16 發現 X 射線的侖琴。

5

10

15

此外，當他不經心地將自己的手放在陰極射線管的前面，他極為驚訝地在螢光紙屏上看見自己手部骨骼的影像。他知道自己發現了一種新奇的射線，為了求證，倫琴連續工作了七星期，反覆試驗，終於可以確認陰極射線管除了陰極射線外，還能夠發出一種可穿透障礙物的新射線，但是

5 是他不知道此射線的成因，所以名之為 X 射線，有時亦稱為 X 光。倫琴在 1895 年 12 月 28 日發表了他的實驗結果，立時轟動了全歐洲。

2. X 射線的性質

經倫琴孜孜不倦的研究，得知 X 射線的穿透能力很強，可穿透木板、人體肌肉等，但是人體的骨骼則會

10 吸收此種射線。所以當 X 射線照射人體時，在屏幕上會顯出骨骼的陰影。倫琴利用 X 射線拍攝了倫琴夫人手上帶有戒指的骨骼照片（參考第 130 頁，圖 10-1(a)），此一結果立刻引起醫學界的重視，顯然 X 射線可應用



▲ 圖 10-17 現代的 X 光照片較倫琴時代更加清晰。

15 的能量便可以顯示出更清晰的結果（圖 10-17）。由於倫琴在 X 射線的發現和研究上有重大的貢獻，於 1901 年成為首位獲頒諾貝爾物理獎的科學家。

X 射線在發現之初，即由實驗得知此射線不受電場或磁場的影響而偏向，並且以當時光的繞

20 射實驗裝置，也看不到 X 射線的繞射現象，故一度以為 X 射線的本質是一種未知的中性粒子。直到德國物理學家勞厄（Max von Laue, 1879-

25 1960，圖 10-18）直覺地認為 X 射線是一種波長甚短的電磁波，一般可見光的繞射狹縫由於間距

過大，無法用於顯示 X 射線的波動性質。1912 年勞厄想到晶體內原子之間的距離甚小，且排列規則，相當於立體的狹縫，正可用來使 X 射線產生繞射現象。

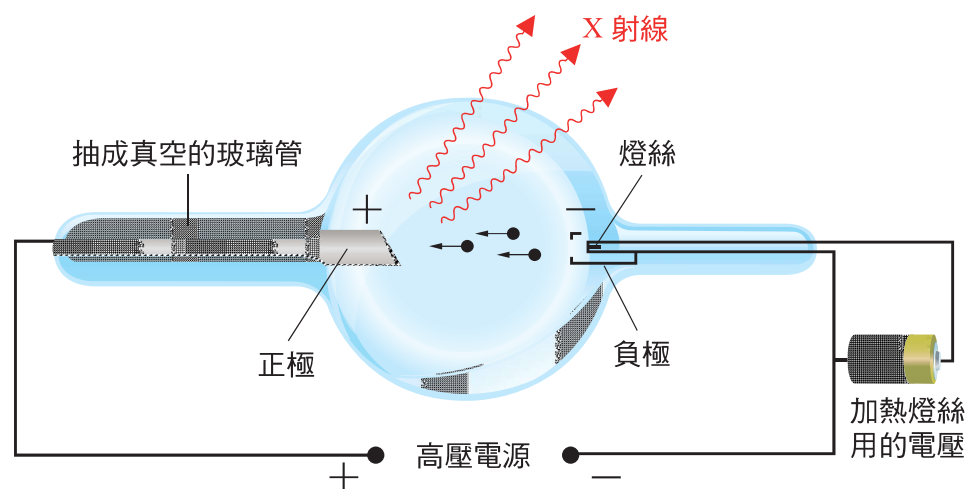


▲ 圖 10-18 利用晶體研究 X 射線的勞厄。

勞厄將各種晶體置於 X 光源和底片之間，經多次實驗，終於成功得到 X 射線的繞射圖樣，因此確認 X 射線的本質為電磁波，並且分析得知實驗中所使用的 X 射線波長小於 0.1 奈米，不到可見光波長的千分之一。勞厄由於發現 X 射線透過晶體產生繞射圖樣的貢獻獲頒 1914 年諾貝爾物理獎。

5

現今我們已經了解 X 射線的產生，是因為在陰極射線管中的電子流（即陰極射線）高速射入正極靶內的物質時，由於帶電荷的電子瞬間減速（即具有加速度）或是因而造成靶中原子內部的擾動，所放射出來的高頻率電磁波。圖 10-19 所示為產生 X 射線的裝置，稱為 X 射線管。圖中燈絲加熱後，電子自燈絲逸出，從負極出發的電子，經高電壓加速後，以高速撞擊正極的金屬靶，X 射線即從正極放射出來。所放射出來的 X 射線波長取決於所加的電壓及靶的材質。



▲ 圖 10-19 X 射線管的原理示意圖。



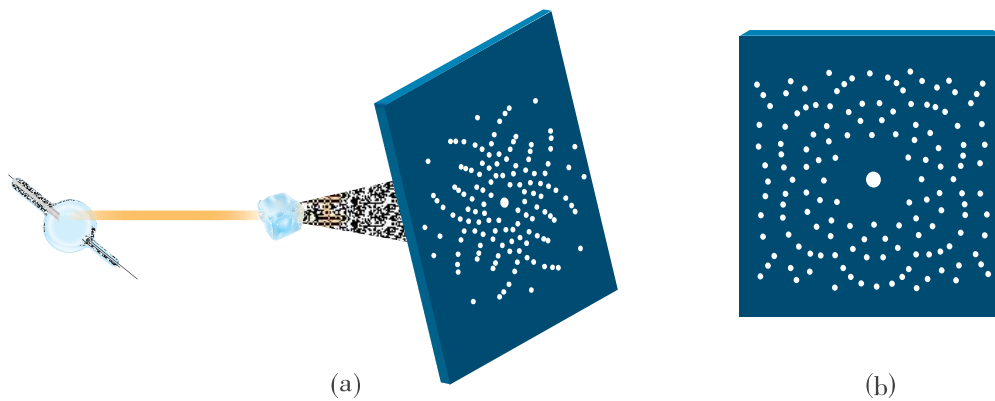
帶電粒子加速運動產生電磁波

帶電粒子的運動就相當於電流，會在週遭產生磁場。當帶電粒子加速運動，不穩定的電流產生隨時間而變的磁場，又產生隨時間而變的電場，磁場與電場兩者交互影響向外傳播出去，便產生了電磁波。

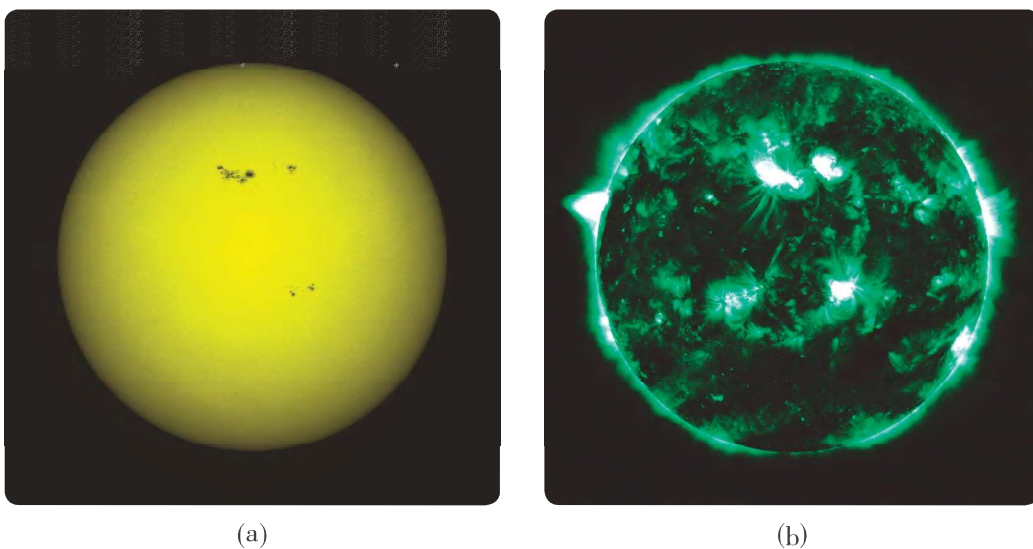
3. X 射線的應用

X 射線的用途非常廣泛，除了前述在醫學上可用來診斷身體內的病變；在科學研究上，由於其波長接近原子的大小，利用其射入晶體後產生的繞射圖案（圖 10-20），可用於研究晶體結構；甚至在天文學

5 的研究上，也可以利用對 X 射線波段的觀察，來獲得許多原本可見光無法透露的天體資訊（圖 10-21）；在工業上，則常利用 X 射線的高穿透性，來對材料內部的缺陷或裂隙做非破壞性檢驗（non-destructive testing）。



▲ 圖 10-20 利用 X 射線得到的：(a) 食鹽晶體繞射圖樣模擬圖；(b) 石英晶體繞射圖樣模擬圖。



▲ 圖 10-21 不同波段觀察到的太陽：(a) 可見光 450 nm 波段；(b) X 射線 9.4 nm 波段。注意圖中的顏色是為了方便代表不同強度而人工加上去的，並非真正的顏色。