

553338

科學圖書大庫

原子能文庫

主編 鄭振華

第44—46冊

科學圖書大庫
原子能文庫

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

原子能文庫

主編 鄭振華

第44—46冊

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年三月二十四日再版

原子能文庫

44 - 46

基本定價 1.00

主	編	鄭	振	華
譯	者	行政院原子能	委員會執行秘書	
		第四十四冊	李偉德	
		第四十五冊	徐定國	
		第四十六冊	曾明哲	黃炳華

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
 7815250 號
 發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 15795 號
 承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

序

民國五十七年四月十三日，中美原子能委員會假台北市聯合舉辦原子能應用示範展覽會。會中展出一部原子能文庫（*Understanding the atom series*），凡四十餘冊，執筆者均為美國當代的原子能學者與專家。此文庫以通俗與淺顯文字，介紹有關原子能基本知識。國立清華大學核子工程學系四年級同學為響應推廣原子能和平用途，利用課餘時間，協力逐譯此文庫，並蒙該系主任翁實山博士協助解答質疑與校對；復蒙徐氏基金會資助，陸續出版。預計在核四同學畢業之前，可全部譯竣付印。

我國正力圖發展與推廣原子能和平用途，此文庫之逐譯，適逢其時。希望不久的將來，原子能將為我國帶來繁榮與福祉，更希望有志青年，多參與發展原子能的工作。

鄭 振 華 民國五十七年國慶日
於行政院原子能委員會

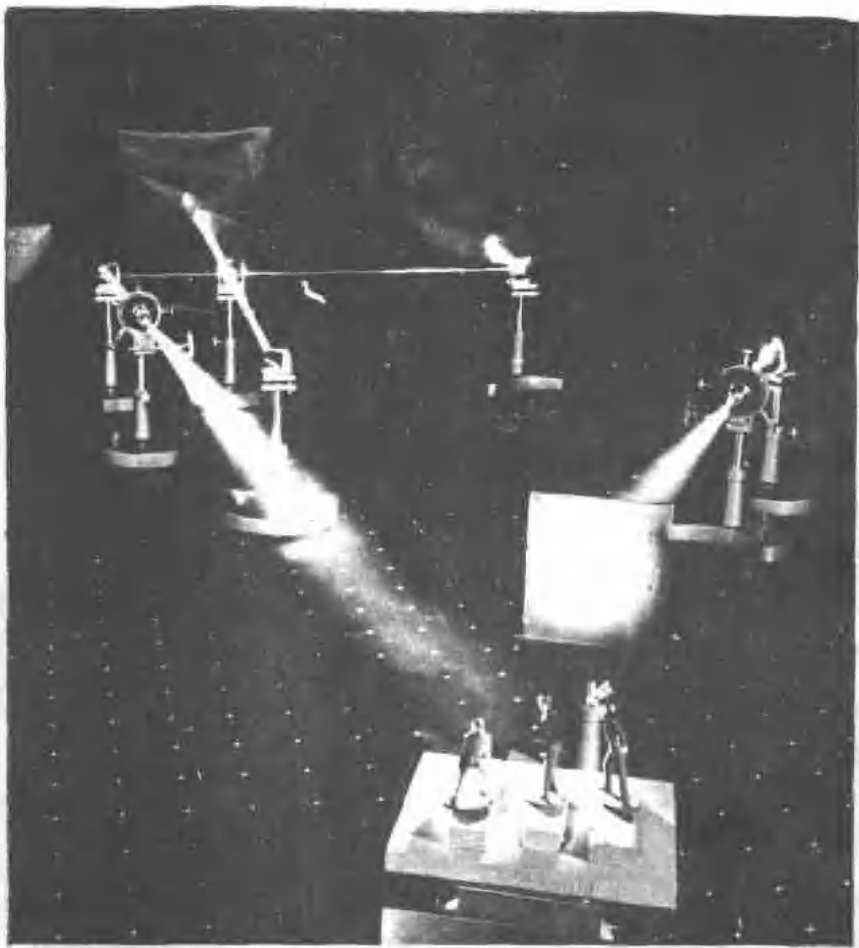
原子能文庫

中文書名

英文書名

譯者

- | | | |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|
| 1. 輻射糧食保藏學 | Food Preservation by Irradiation | 曾明哲 |
| 2. 核動力與商船 | Nuclear Power and Merchant Shipping | 張世賢 |
| 3. 我們的原子世界 | Our Atomic World | 鄭月李 |
| 4. 稀土元素 | Rare Earth | 鍾景常 |
| 5. 人體與輻射 | Your Body and Radiation | 陳松藩 |
| 6. 原子在農業上的應用 | Atoms in Agriculture | 江祥麟 |
| 7. 能量直接轉換 | Direct Conversion of Energy | 朱 幹 |
| 8. 原子燃料 | Atomic Fuel | 甘繼治 |
| 9. 核反應器 | Nuclear Reactors | 徐椿壽 |
| 10. 分裝式反應器 | Power Reactors in Small Packages | 呂東輝 |
| 11. 放射性同位素之工業應用 | Radioisotopes in Industry | 李寬宏 |
| 12. 計算機 | Computers | 周祖康 |
| 13. 全身計數器 | Whole Body Counters | 蘇榮貴 |
| 14. 太空中的核動力 | Nuclear Propulsion in Space | 李德偉 |
| 15. 核子鐘 | Nuclear Clocks | 邱秀吉 |
| 16. 核能電廠 | Nuclear Power Plants | 程青甫 |
| 17. 輻射對遺傳的影響 | Genetic Effects of Radiation | 鄒德昌、呂東輝 |
| 18. 核試爆的落塵 | Fall-out From Nuclear Tests | 林爾瑞 |
| 19. 放射性同位素在醫學上的應用 | Radioisotopes in Medicine | 姜宏仁 |
| 20. 第一座反應器的故事 | The First Reactor | 黃海水 |
| 21. 合成超鈾元素 | Synthetic transuranium element | 鄭德昌 |
| 22. 加速器 | Accelerators | 蔡振均 |
| 23. 原子能的事業 | Careers in Atomic Energy | 甘繼治 |
| 24. 放射性同位素動力 | Power from Radioisotopes | 汪曉康 |
| 25. 太空核反應器 | SNAP | 謝仁賢 |
| 26. 原子，大自然以及人類 | Atoms, Nature and Man | 張世賢 |
| 27. 低溫學 | Cryogenics | 黃炳華 |
| 28. 研究用反應器 | Research Reactors | 陳方顯 |
| 29. 放射性廢料 | Radioactive Wastes | 彭武洪 |
| 30. 科學展覽會與科學原子 | Atoms at the Science Fair | 盧烈盛 |
| 31. 液態氘 | Nuclear Energy for Desalting | 董瑞傳 |
| 32. 中子活化分析 | Neutron Activation analysis | 丁英原 |
| 33. 核術語簡釋 | Nuclear Technical Brief Glossary | 時華大學編，1964年 |
| 34. 鈾 | Plutonium | 歐紹猷、徐懷均 |
| 35. 核燃料的來源 | Source of Nuclear Fuel | 鍾景常、鄭月李 |
| 36. 太空輻射 | Space Radiation | 徐植堉、歐紹猷 |
| 37. 原子動力之安全問題 | Atomic Power Safety | 林宗堯 |
| 38. 鉈化學 | The Chemistry of the Noble Gases | 程青甫、蔡維綱 |
| 39. 原子與海洋 | The Atom and the Ocean | 江祥麟、鍾仁賢 |
| 40. 核融合的控制 | Control of Fusion | 林白顯 |
| 41. 放射性同位素與生命程序 | Radioisotopes and Life Processes | 陳松藩 |
| 42. 動物與原子科學研究 | Animal in Atomic Research | 姚士熙 |
| 43. 精華計劃 | Flowershare | 李寬宏、江祖康 |
| 44. 雷射 | Laser | 李德偉 |
| 45. 物質之超微構造 | Microstructure of Matter | 徐江鴻 |
| 46. 非破壞性工業試驗 | Nondestructive Testing | 曾明哲、黃炳華 |



在雷射的各項應用上，沒有比它能製造立體照片更令人驚訝的了。製造過程的各項設備佈置如上圖。兩條不同顏色的雷射光束從圖片上方的布幕發出。這兩條光束先結合起來（圖上中），然後結合的光束由分光鏡、鏡子、以及透鏡分離，於是一部分光束照向物體（圖前），一部分照向正方形的感光片（圖右中）。當感光片（就像普通的感光膠片）感光後，只能見到灰色的表面。但是一當空間同調光（如雷射）由感光片後面照來時，一個驚人的、各色的、三維空間的物體影像就出現了。（請參看十九頁以及圖十三）。

目 錄

引言.....	1
電磁譜.....	5
無線電波.....	9
光和原子.....	14
同調光波有什麼特殊呢？.....	19
控制發射.....	24
雷射的誕生.....	27
雷射——一個新的名詞.....	31
一些有趣的應用.....	32
雷射各態.....	40
通訊.....	46
雷射將來的展望.....	49

雷射

作者：HAL HELLMAN

譯述：李 偉 德

引言

1950年代電晶體的發現使電子學邁入了一個新的境界。幾乎只是在一夜之間，新式的收音機、電視機以及大多數的電子設備，就像放了氣的氣球一般，體積突然變得很小。轉眼之間，得了重聽症的患者能把聲音放大器掛在他們的耳朵上。少年們無論到任何地方，都能聽到他們所喜愛的音樂。似乎在任何地方，只要我們扭開電晶體收音機就能引起別人的注目。甚至連美國國會還有一項有關電晶體收音機的建議，那就是每一個家庭都需準備一架電晶體收音機，以應付緊急情況。

在電晶體的發現之後，下一個發展使科學家與工程師們的想像力更得以發揮的，那就是雷射（laser）——一種儀器，可以製造像鉛筆那樣細，並且極其強烈的光線。我們之中，可能已經有不少人對這項發明知道得很多，我們似乎很難以相信，第一具雷射的製成只不過是數年之前的事情罷了！我們並且從許多的科學報導知道：雷射將要在我們的日常生活上，引起偉大的革新，比電晶體所帶給人類的益處更來得重要。從牙醫的磨牙電鑽子到到處可見的電線，雷射將要替換一切舊有的儀器與設備。這整個世界，似乎將要成爲一部部雷射的大集合體，只要你想做什麼，都有雷射替你竭誠服務。當我們想建造一條穿越森林的公路時，只要雷射一掃就成了；我們的國家也將得到永久的安全保障，再也不怕什麼洲際飛彈的襲擊了；癌症也會被克服；電子計算機（computer）將來會變得很小，連衣服的口袋都能裝下，於是世界上一切的一切都會改觀……

然而在發現雷射的最初兩年內，除了在電視上為刮鬍刀片刀口作穿洞的廣告之外，雷射似乎不能用到任何事物上。不知是什麼緣故，這項發明不曾從實驗室走入應用方面，這件事情立刻引起了一些好嘲諷的人士的譏評，稱雷射是“一種尋求一項應用的發明”。

一部份報紙上的誤解言論，以及一些製造商的誇大之詞，都做鹵莽的要求要把雷射免費的公開，從實驗室中解放出來。但是即使是比雷射更簡單的儀器，從實驗室走到市場的路途經常是遙遠且艱辛的，價格，效率，可靠性，方便性——這些都是必須先要考慮到的因素。顯而易見的，一件像雷射這樣新奇的東西，應用到科學或醫學方面之前，必須要做種種的改進，尤其應用到工業方面時，更需要反覆的試驗改進。

目前似乎已經到達轉捩點了，我們可以見到利用雷射的儀器設備已經銷入市場，例如用來進行非常精細的眼科手術的儀器，體積很小的電子線路的點焊（圖一），以及控制精確度非常高的機器及工具（圖二）。



圖一 一具商用雷射顯微焊接器。顯微鏡用來作精確調整雷射光束的位置。

並且雷射應用的發展可說是一日千里，至少已經有一打以上的工廠，宣稱他們正在設計，如何把雷射技術應用到他們的產品中。現在雷射不再只是實驗室內的實驗了，而且是應用到度量和試驗，以及工業、軍事、醫學和太空方面的實際產物了。例如，美國陸軍宣佈，他將要購買第一批用於戰場的雷射裝備：一種輕便，可攜帶，具有高度精確性，用來作砲兵觀測用的射程測量儀。

美國最近幾年，約有 500 個實驗室進行雷射的研究與發展，但是每年的研究經費總共只有一億美元，這仍然是非常的窘困，並且單只是美國政府每年用在雷射研究的費用即達二千五百萬美元，更可知研究經費的缺乏了。數以打計，甚至是數百件的雷射應用研究正在火熱的進行之中，依情形的需要，有的計劃急如星火，有的計劃則稍為緩慢。有的發展立刻引起某些特殊技術上的革新，像在強大的動力或高度的效率方面，另外一些則完全是新的應用。其中最能使人感到驚訝與興奮的便是整體照相術（holography）了。

整體照相術包含一個和普通攝影完全不同的過程，並且能把這種奇妙的特性利用到三維（three dimension）的彩色電影和電視（參看二十頁）。你必須真正看到這種表演過程，不然你是不會相信的。一瞬間你見到的似乎是感光過度朦朦朧朧和實物明暗相反的底片。突然間一個活生生的實物影像從底片後跳出來了——顯然是懸浮在半空中！不但你看起來豐滿且有深度感，並且你只要轉動你的頭部就像見到影像的後面，簡直就像真正實物放在銀幕上一樣。

雷射應用在通訊方面是一個很重要的項目。可能是因為它不像在刀口燃燒小洞那麼出名，因此我們很少聽到關於這方面的消息。其實許許多多的科學家與工程師，正在進行著把雷射應用到通訊方面的工作，可能在所有的雷射應用計劃中，這項工作是從事研究人員最多的一項。

這其中的原因是：目前現有的通訊設備過於繁雜。越洋（大西洋）電話線已經到達飽和，經常要等好幾個小時，才能輪到你使用越洋電話。業餘的無線電操作者們曾經受到威脅，因為他們佔了最好的波頻，這些頻道是為了解付非洲新獨立國家而特設的頻道。電視節目必

須與國際電話、電報以及數據傳送網互爭頻道。電子計算機雖然已經廣泛地應用於科學、企業以及各種工業上，但是它所減少的人員與設備仍然有限。用於太空通訊的人造衛星，可以分擔一部分的困難，但終究不能解決整個問題，況且用於太空通訊的人造衛星還需要許多改進。

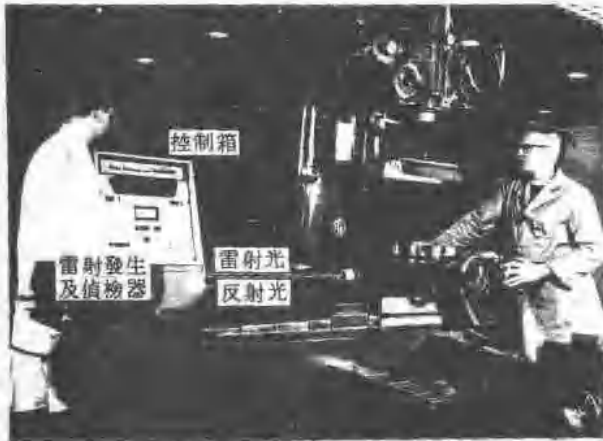


圖 2 雷射用於精確的控制機器及工具。

爲什麼通訊方面對雷射感到莫大的興趣呢？這可由最近的一次試驗說明，所有的紐約七條電視頻道（channel 亦可稱之爲溝槽），只要一道雷射光就可傳送。若用於電話通訊方面，一個雷射系統，在理論上可以負載八億條通話線——也就是在美國每個人可以有四條通話線。

在這本小書內，我們將要學到什麼是雷射，它到底有多大的本事，竟敢先誇下海口。我們並且要研究雷射究竟是何物？它如何爲人類工作，並且我們還要知道幾種不同種類的雷射。在這之前，我們先要討論一些大家比較熟悉的放射線，像無線電波及微波、光線和 X 射線等，以幫助我們對雷射的瞭解。

電磁譜

一個人對於周圍事物的認識，約有 85% 是以光線作為媒介，傳遞到人的眼睛中而引起反應的。然而不幸的很，一直要到十七世紀的末葉，人類才約略想到到底“光”是什麼一回事。不久之後，科學界奇才愛薩克·牛頓（Isaac Newton）證明了，我們日常所見稱之為白光的東西，是虹彩上各色光的組合罷了。又過了幾年，荷蘭天文學家赫更斯（Christiaan Huygens）介紹給人們一種新的觀念：光是一種波動。這種新奇的觀念一直被爭論不休，直到 1803 年才被人們所接受，時當英國物理學家湯麥斯·楊（Thomas Young）巧妙地證明了波有繞射的特性，繞射也同時是光線的特性。並且大家到最後也都明白，造成各種不同顏色光線的原因，是由於各色光線具有不同的波長。

光線被發現是一種波動的現象，在原理上，和我們見過千百次的水波並沒有什麼差異。如果你站在海邊，數著每分鐘到達海岸的波浪，然後拿 60 來除，你就得到海浪波動的頻率或週率（frequency），它的單位是我們熟悉的每秒若干週（Cycle per second，縮寫為 cps）*。

然而對於光線，你就不能像計數浪波那樣慢，光波的振動率是一秒鐘約 4×10^{14} 次，這是指紅光的振動率，若是紫光的話，以上的數值還要加倍。

頻率的數值像以上所說的，光線頻率那麼大時，我們在討論或者在運算處理數據時，常會感到過於繁複並且又太不方便。但是幸運的，我們可以從另一個方向去探索研究它。讓我們先由浪波作為討論的出發點，當海浪還未接近海濱時，海浪的波動是很規則的，從一個波

* 亦可稱之為赫茲（hertz），為了紀念十九世紀德國科學家赫茲而命名。
1000 赫茲=1000 CPS.

峯到下一個波峯之間的距離是非常重要的，我們稱它為波長（wave length）。水波的波長可以呎來度量。如果光波也用這個單位度量的話，光波的波長就約為千萬分之一呎，這仍舊是一個繁雜的數字。因此科學科們採用米制單位*，並且訂了一個標準單位，稱為埃（angstrom）*。一埃等於一億分之一公分（ 10^{-8} cm）。因此我們可見圖三所示，可見光譜的範圍，由紫光波長約為4000埃到紅光波長約為7000埃。

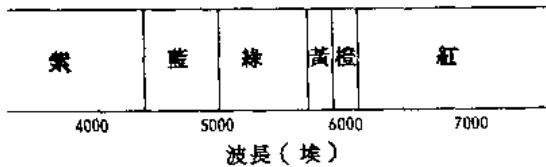


圖3 可見光譜的範圍，波長約由4000埃到7000埃。

就在光波波長被發現的前後，一位德——英天文學家威廉·賀雪爾（William Herschel）進行了一項有趣的實驗，他拿了一支溫度計，在光線經過稜鏡折射後，所展成的紅、橙、黃、綠、藍、紫各色的區域內，各別度量它們的溫度差異。當他把溫度計由紫光慢慢地移向紅光的區域時，溫度計顯示溫度逐漸上昇，當他把溫度計向紅色光區域之外移動時，溫度更繼續昇高，然而在此處並沒有可見光譜存在。

因此賀須爾發現了紅外線（我們從太陽光感受到的一種熱），也同時發現，紅外線只不過是可見光譜紅色光的延續罷了。不久之後，紫外線也相繼被發現，紫外線在可見光譜的另一端，和紫光相接。

新的放射線相繼發現，從此以後放射波譜（radiating - wave spectrum）的兩端不斷的擴展，這是在科學界非常令人振奮的一件事情。這項結果稱為電磁譜（electromagnetic spectrum），我們可由第四圖看到，電磁譜是由各種顯著不同的放射線所組成。在可見光帶的上方（也就是頻率較高的地方），我們發現紫外線，X射線，

* 米制系統是法國所訂定，並在1799年為法國官方所採用。現在米制系統已經用到法國所有的度量儀器上了。

* 因瑞典物理學家埃斯壯姆（Anders J. Angstrom）而命名。

伽瑪射線以及一些宇宙射線；在可見光帶的下方，有紅外線，微波以及無線電波等。我們可在圖中看到，整個電磁譜內，可見光帶只佔很少的比例。還有一件有趣的事情要附帶一提的是，波長與頻率之間成反比的關係，當波長很大時，頻率則很小，反過來也一樣*。

這些各種不同的放射線（也就是波），當它們與物體交互作用時，則產生顯著的差異。但是它們都是這一族的組成分子。在基本上，它們之間唯一的不同，就像虹彩的各色光不同一樣，只是因為波長的不同罷了。在某些情形下，它們的發生方法也不盡相同，我們將要在本書不久之後談到。

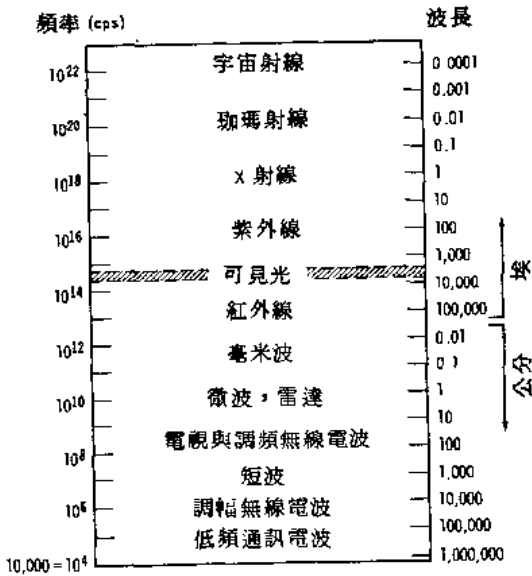


圖 4 可見光的範圍在整個電磁譜中佔很小的一部分

* 波長以希臘字母 λ 表示，和頻率 f 成反比的關係， λ (meters)
 $= 300,000,000 / f$ 。

到目前爲止，由紫外線到宇宙射線這個範圍，大部分還是物理學家們所從事的工作。因爲在這個範圍頻率很高，所以當我們計算或度量這些放射線時，是用波長來討論。在另一方面，無線電波和微波*大多數已經歸入通訊工程師的領域下，因爲頻率不高，所以用頻率來表示。因此，每當你要聽某一電台時，就把收音機的週率調到每秒若干週，然而說明光線，則說它是由 4000 到 7000 埃的放射線帶 (band)。

放射線是比較新的知識，科學家們正在忙於探討研究。當我們對放射線的知識與經驗累積得够多了，我們就要利用到這些放射線了。

* 微波 (microwaves) 是一種無線電波，其頻率超過每秒 1000 百萬週。

無線電波

無線電波是新近發現的電磁波中，最早拿來替人類作功，造福人羣的。無線電波所具有的特性是：波長較大，頻率低*。這種低頻率的特性，能使我們在製造無線電波時，比較容易把整個能量集中在某一頻率。

我們只要稍微思考一下後，把全部能量集中在某一頻率所產生的價值就顯而易見了。比如說，一群人在森林中迷失了路，他們在森林中走來走去，正在無所是從的當兒，忽然他們聽到遠處尋找他們的人，發出細微的聲音，於是迷路的一群人立即各以不同的方式喊著叫著求救。這並不是一個很有效的方法，對不對？但是如果這些人把所有喊叫聲音的能量，用來作一種叫聲或哨音，也就是說，假若迷路的每一個人的聲音都相同，他們同時叫喊，是否獲救的機會就大些呢？

無線電波的這種具有單頻率的能力，稱之為頻率同調性（frequency coherence）（頻率相干性），或者是時間同調性。（時間相干性）我們可以從圖上很容易瞭解。圖五的（a）表示一個單一正弦波，這也是表示正弦波最常用的方法，也是頻率同調放射線的一個特例。（b）我們看到的是頻率不同調放射線（就像一群束手無策的團體，

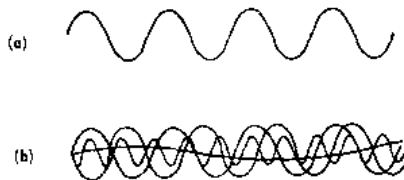


圖 5 (a) 頻率同調放射線。 (b) 頻率不同調放射線。

* 無線電波的頻率由 10 到 30,000,000 每秒千週；這在電磁譜中算是很低了，但是在無線電波譜，它又有自己的分類，何者為低頻；何者為高頻。

發出嘈雜的噪音，其波形就像這樣）。

在 1906 年的耶誕節前夕，第一次由收音機播放出美妙的音樂，以及名人演說。然而在今日，一個人不論在散步，車上或者學習時，把電晶體收音機的耳機塞入耳中，已經是司空見慣的事情了。在早期的收音機愛好者，收聽節目時，必須把耳機戴上，因為在當時收音機所能收到的電台訊號相當的弱，無法使喇叭發聲，而耳機所需的功率比喇叭低很多，所以要戴上耳機。如果我們希望從這個原始的階段*，有所發展的話，我們必須想出一種方法，能使收到的訊號增加或者是放大（amplification）。

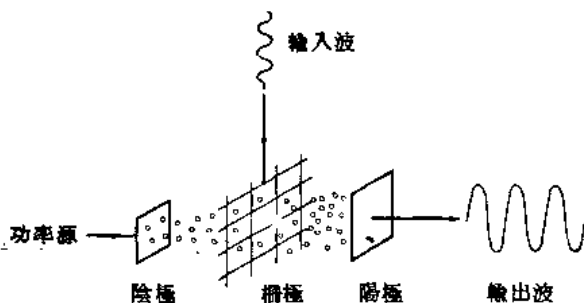


圖 6 三元件真空管的放大。

真空管或者是電子管放大器的應用是如此的普遍，因此本書沒有必要把真空管的操作情形作詳細的介紹。然而明瞭真空管放大的原理卻是非常重量的。簡單的三極真空管，是由柵極、陰極、陽極三元件所組成，在陰極與陽極間加上電壓，於是電子就由陰極經過真空，穿過柵極到達陽極。柵極的作用就像一個水龍頭似的，進入柵極的訊號波能控制從陰極到陽極電子流量（也就是這條電路的電流）的大小，就像水龍頭控制水流的多少一樣。因此一個微弱的訊號到達柵極，就

* 所謂的無線電的「原始階段」，是以現在的標準來評定的。其實在那時，無線電的發明把人类的通訊帶到一個新的紀元。例如，未調幅或調頻連續波的傳送以及晶體接受器，在 1912 年鐵達尼號海難事件中，用來召集援救者，功效頗巨。