

电子学研究所

5301012



真空管的精義

陸鶴壽

圖書

44.3.3

03566



电子学研究所

真空管的精義

全三冊 第一冊

一九五〇年四月初版

一九五〇年十二月三版

基價十二元



譯者 陸 鶴 壽

原著者 John F. Rider

出版者 無線電編譯社
上海中華路493弄3號

總經售 作者書社
上海福州路271號

印刷者 中國科學公司
上海延安中路537號

版權所有★翻印必究



譯者的說明

這是一本很淺的書，最適宜初學無線電者的應用，凡對真空管已有初步的了解，需要深入的學習時，這本書亦是非常確當的。

這本書是根據 J.F. Rider 所著的 Inside The Vacuum Tube 翻譯的，內容上除極小一部份外，都是照原文直譯的，所以解釋的詳細透澈和原文是一致的。

這本書有幾點是特殊的，亦就需要先介紹一下：

(一) 插圖方面比較生動活潑，在可能的範圍內都用卡通畫面，對於比較抽象的電子以及她們的工作狀況，就容易得到理解。

(二) 插圖採用彩色印刷，比較醒目顯著，對於閱讀情緒上可有不少的調濟，減少科學書籍枯燥的缺點。

(三) 套色立體圖共有三幅，對於複雜的原子構造、電荷力線的分佈、以及三極管內的電場，在分析上有極大的幫助。立體圖須用紅藍二色眼鏡觀看，紅色在左，藍色在右，除非有色盲或視覺有問題的，都可以建立三因次 (Dimension) 的立體觀念。

(四) 一部份重要的曲線圖，常有重覆的地方，這亦是一種新的辦法，使閱讀時減少翻查的次數，所以每逢長篇的說明旁，總有適當的曲線圖可以參閱，豈不方便。

(五) 所有數字都採用四分位『萬』字制，初看起來或不習慣，但能適合我國的情況，希望能注意這一點，並不是排版有錯誤。

上述四點是本書革新的地方，在初次的試驗中自然有很多不適當的地方，希望讀者提供意見，俾能改善。

陸鶴壽識

一九四九年十二月一日

最近新書

大學用書 **無線電工程** 陸鶴壽編 基本價(一)九元(二)九元八角(三)九元八角

本書係根據無線電工程上之學理及實際問題，作廣泛詳盡之分析。內容最新，深淺適宜，採作教本，最是恰當。本書先討論基本電波、電阻、電容、電感、電子發射、電子管、基本電路及耦合電路，繼即介紹電子管的應用，包括放大、調波、振盪、檢波及整流等部份，再就無線電接收機、發射機、天線、電波傳播及航用無線電加以系統之敘述。

無線電工程有理論及實用二方面，本書雖不能包括全盡，但在可能的範圍內，已將二方面之資料，盡量採納。討論學理時，書內實用資料可以刪略，實用時，本書亦不失為重要之參考。

超外差式收音機的精義 陸鶴壽編 基本價六元八角

本書所論為超外差式收音機之基本電路。文字力求淺顯，說明務其詳盡。分章討論，循序漸進，作串聯性之介紹，俾其內容與電訊正常傳遞路線相配合，以符實際。

介紹超外差式收音機之書籍亦不少，惟本書取材有獨到之處，既言人所未言，說明又不厭其詳，參考本書獲益最多。

收音機標準試驗法 陸鶴壽譯 基本價三元

本書係美國無線電工程師學會所訂之收音機試驗標準。內容切實準確，可供學校、工廠以及實驗室中修理、檢驗、設計、或研究之參考。對於推行技術標準及業餘愛好者，本書亦極適用。全書分：(一)基本試驗規範，(二)特性的試驗及(三)雜聲及干擾的試驗。

(上列三書由上海及各地中華書局印行)

雷達概說 陸鶴壽譯 基本價七元五角

雷達是什麼？你看過片斷的記載，你已看過高深學理分析。但是，雷達究竟是什麼？你有系統的認識嗎？在第二次世界大戰中，雷達的功績輝煌，這是什麼原因？你如果有「初步」的電學及物理知識，則不可錯過這個機會，請速購買本書。

日光燈實用手冊 陸鶴壽譯 基本價五元

日光燈(螢光燈)自西歷一九三五年正式問世至今，時期很短，但是流行的普遍，採用的廣泛，已在電光照明史上另創一新的境地。這種成績全因它具有超異的特性，供給新型的電光。不過，牠的工作原理及特性完全不同，應用不恰當，既不經濟，又容易損壞。本手冊遂將日光燈的種種，就實用的立場，作有系統的介紹，以便應用者、經售者、裝配者、製造者及修理者有一種正確的基本認識，使日光燈的應用，能進一步達到盡善盡美的地步。

收音機用戶手冊 陸鶴壽編 基本價四元

收音機的售價高昂，不是每一個普通人民的經濟能力所能達，普及推廣當然受到影響。所以，收音機的選購、維護及應用常識更是重要，本書編輯的主要目的在供應各界參考，使收音機的維護能達到最有利的程度。

(上列三書由無線電編譯社出版)

各書基本價隨時根據上海書業公會議定倍數調整發售

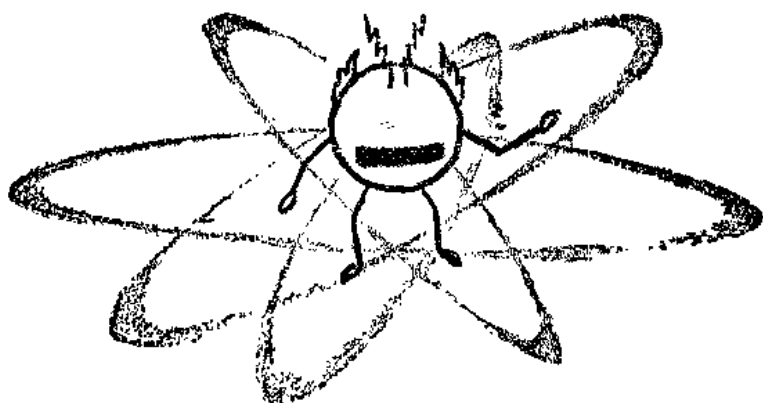
目 录

譯者的說明

第一章 電子介紹	1
電子	2
原子論	4
物質可能變換狀態	5
原子	6
分子	7
原子亦是一個組織體	8
新的理論	9
導體和絕緣體	11
游子和游離	11
原子間的距離	14
第二章 電子發射	16
電能變換產生電子發射	18
熱游子發射	20
旁熱式陰極	22
電子發射體的型式	23
第三章 電荷的運動	25
陽游子	26
陰游子	28
吸引定律和排斥定律	28

靜電場	29
輻式和平行靜電場	30
力線的方向	31
輻式靜電場中的力	32
平行片間的靜電場	33
電荷的分配	34
二平行荷電片間的力	36
力、電壓和片間距離的關係	37
應用第三個荷電體控制力量	39
第四章 空間電荷和屏極電流	42
離開陰極的電子	43
在空間的電子	43
空間電荷	45
空間電荷的密度	46
電流是被空間電荷限制的	47
屏極電流	48
屏極和陰極間的電場	50
空間電荷中的電子往來情形	51
屏極上加負電壓	53
第五章 真空管特性簡述	55
真空管關係	55
特性曲線	56
特性曲線關係的解釋	59
特性曲線的二個變量	59
線性特性和非線性特性	61
靜特性和動特性	62
每一真空管特性曲線的數目	63
特性曲線組	63
真空管內的電阻	64

第六章 二極管	65
二極管	66
陰極和絲極的結構	66
直熱式和旁熱式	66
二極管的功用	70
電子的流動和電流的流動	70
二極管中的屏極電流	72
接觸電勢	73
求二極管的工作狀態	73
發射體溫度屏極電流特性曲線	74
屏極電壓屏極電流特性曲線	77
二極管的電阻	80
二極管的直流屏極電阻	80
二極管的交流屏極電阻	82
二極管的靜和動特性	85
交流電加到二極管的屏極	87
第七章 三極管	89
柵極的構造	90
三極管的功用	91
三極管的輸入和輸出電路	91
三極管的工作電壓	92
三極管內的靜電場	94
柵極上加負電壓	95
柵極上加正電壓	98
柵極上的電壓是零	100
自由柵極	101
柵極上加施電壓的總結	103
為什麼要加柵極偏電壓？	103



第一章 電子介紹

這是一篇關於世界上第二位小東西的故事。

幾世紀以來，人們已經想到這個東西，但是他們不知道猜想的究竟是什麼。大約在二千多年以前，古代的理想家就已開始作種種的猜測，奇怪得很，一部份的理想竟很準確。他們覺得，他們對於東西的觀念一定建築在『某種東西』上面，但是這個『某種東西』是什麼呢？他們不知道。

後來，人們發覺，隨理想並駕齊驅的實驗和研究是解謎的鑰匙，這樣才對這著名的未知物生了一線新的希望。如此大約經過一世紀的時期，猜測方始逐漸接近事實。最後決定，人們所求的是每一樣東西所共有的一種組織體。接着，化學及物理專家還是不斷的研究和實驗。最後，約在五十年前，他們的努力總算得到了結果，他們發現電子（Electron）！照我們所知的事實，電子是世界上輪到最小東西的第二位。

電子的發現已經有五十多年，但是還不能看到她。科學的記載上有她的重量、尺寸、電的特性；還知道她如何行動、何時行動以及行動速度，但是我們還沒有看到過電子。奇怪，是不是？我們知道她有担任極多工作的偉大力量，這點是毫無疑義，因為在每一樣東西開始存在時就是這樣的，但是重要的一點是我們今日還在想法使她担任我們所需要的工作，其中對億兆人民都有利益，而是重要的一種工作是她能在真空管 (Vacuum Tube) 內閃電式的快速飛行。

真空管對於電報、電話、電視 (Television) 及雷達 (Radar) 都是非常重要，如果現在要正確的了解真空管，那末你對於電子尤須要有澈底的認識。本來我們並不討論這個題目的高深技術部份，但是，根據經驗，每一個學習真空管的人都應該先認識電子和她的性能。理由很簡單，就是真空管的工作完全依據電子作用而成功的。真空管的種類很多，以便担任各種不同的任務，而管內的電子又在不同的條件下活動。所以，除非對電子先加討論，真空管的工作是不容易了解的。

電 子

◎假使我們說電是可以做工作的『某種東西』，那末這裏能替我們做工作的『某種東西』是被一種名叫電子的微小粒子帶來帶去。



先介紹電子：她有翼，
能到處飛行，速度有時
和光一樣。



換句話說，電子可以是某種份量電的傳遞體，或者她本身就是某種份量的電，究竟你採用那一種觀念，並沒有關係的，因為所得的結論總是一樣。不過為簡單起見，我們在這本書中是採取後一種的說法，就是假定電子代表定量的電。

至於每一單獨電子所代表的電，有多少呢？這是一個極微小的數字。事實是這樣，每一安培 (Ampere) 電流代表電線上每一秒鐘大約通過 6,000,000,000,000,000,000 個電子。雖然每一電子的電量是這樣微小，並不影響我們對於電子的討論，因為我們討論單獨

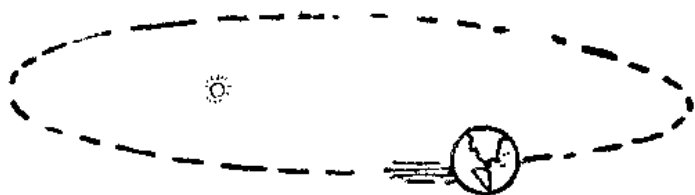
一個電子的性能作用時，對於同樣情形下的全部電子，亦是一樣正確的，所以在實際上，我們所討論的却是大量的電。

上面的假定完全是正確的，因為科學家同意電子祇有一種，當我們討論一個電子時，我們並不考慮她的來源或狀態。譬如，當電線上的電流通到電冰箱、飛機、或手電筒時，不論是交流、直流或成脈動性，又不論電源是電池、發電機或其他機件，總是一種照一定方向的電子流動。全部電子是相同的。所以即使電路中每一秒鐘有成千成萬的電子流動，電子總是各個相同的。

根據上面我們關於電子的種種說明，似乎電子是實際存在的。雖然沒有人看見過電子——由於她的形體如此的微小，將來能否看到亦很可疑——我們仍可無疑地假定她的存在，還可假定她的形態，一部份科學家對於這一種觀念或者不能同意，不過既可使這一問題容易分析了解，我們還是要採用的。根據科學上所記載的電子半徑及質量（Mass），我們亦就可不加疑義說，電子的形狀是圓球形的。我們還常提到，電子能在特殊的條件下行動，我們不妨順便說明她形體微小的程度，那麼電子的性能及能被任意移動的原因，亦可以不刃而解了。或者你仍不能從這裏的比較知道電子的確實大小，這對本書的閱讀並無影響的。

如果你要知道電子究竟怎樣微小，不妨這樣想像一下：電子與

地球軌道直徑是185,000,000哩



○ 乒乓球的直徑是1.6吋

電子的大小與乒乓球比較起來，好像乒乓球與地球軌道的關係。直徑是1.6吋的乒乓球比較起來，二者間的比率，恰和乒乓球與直徑是185,000,000哩的地球軌道間大小的關係相同。假使你要進一步折合成英吋單位比較一下，那末可將哩數單位的地球軌道直徑乘

63,360 (這是每一哩的英吋數)。簡單的說罷，電子的直徑大約是 $1/13,500,000,000,000$ 吋。

歸納說起來，電子是一種不能看到的微小粒子，每顆粒子代表一元電荷 (Elemental Charge of Electricity)，她的形體成圓球體的。電流則是在指定方向的大量電子流動。但是上述種種仍不足夠，因為電子既要在各種形式的真空管內工作，我們還得詳細討論電子的來源，在那種情形之下，方可在真空管中產生電子。在討論之前，我們要申明一句，這是一本淺近的書，對於世所公認尚無大錯的球形電子理想仍將採用，不過當電子在某種情形之下確不是球體時（一部份人因此就不承認電子是粒子），我們不加討論，這樣對這個問題就能簡單化，而且容易分析了解。

原子論

每一樣東西中都有電子。當我們討論電子而涉及固體、液體或氣體時，當然這些東西中有電子存在，其他任何東西中實在都有電子。這是很重要的一點，所以提出來補充一句。



物質可以是任何一樣東西：河中的水，房屋的鋼骨水泥，空中的鳥，地上的樹木，瓶的玻璃，書本上的紙張等。

凡此種種都可以這樣解釋，就是，我們不妨先約略討論這地球

的組成，以及在科學上對於東西結構的理論，假使我們想用一個名詞代替地球上的任何東西，這就是物質 (Matter)，而物質是每一樣及任何一樣有重量及在空間佔據地位的東西。

定義既是這樣的廣泛，所以物質還要加以分類。就是說，物質可以在固體、液體及氣體三個主要的狀態下存在。固體類包括地球本身以至最微小的粉粒。雖然一團粉糊可能不像固體，但是每一顆粉粒確是固體。液體類包括任何可以自由流動的東西，由水到熔鋼或熔石都是。氣體類包括多種氣體混合的空氣，以至鼻可嗅到的花香氣味，全屬這一類。不過我們仍舊無法將所有的物質分類列舉出來。

物質可以在三種狀態的任何一種下存在



例如：水可以是固體



液體



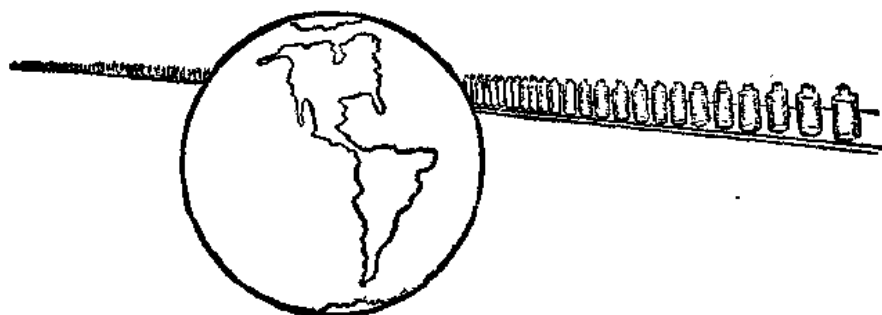
或 氣體

物質可能變換狀態

所有的物質，不論是固體、液體或氣體，都可能變換狀態。意思就是，固體受熱後可能變成液體，鐵就是一例。假使溫度提到夠高後，固體還能變成氣體。同樣，液體冷到相當程度亦變成固體，譬如，在極冷的溫度下，水就結成冰；唯在受熱後，水又變成氣體，就是水蒸氣。反過來，氣體冷到相當程度同時加以壓縮後，亦能經過液體的狀態變成固體。例如，空氣就可以在同時溫度減低及增加壓力後變成液體空氣 (Liquid Air)。但是當這液體空氣與普通空氣接觸時，由於溫度的上升，又回復原形，而與四週的空氣混合。

這一點或者亦應該早就明，就是化學家一面承認物質的三個狀態，一方面又將物質分裂成更小的程度，而成元素 (Element)。現在已經在地球上發現至少有九十二種本身純粹的東西，就是元素。換句話說，元素即使應用化學的方法分析成為最小的分子，在沒有其他元素存在時，各分子的特性總是一樣的。這種元素的最小

分子就是原子 (Atom)。



地球及地球上的一切東西都是由92種元素組成的。

原子

原子是極微小的粒子，人眼看不到的。不過原子的存在是事實，所以集合極大量的原子可大如針的尖頭（大約100,000,000個原子連接排列起來，可長達一英吋）。現在既有九十二種化學元素，原子亦有九十二種，每一種元素則有他本身的原子；金屬中的銅，

在這裏 及在這裏中間



可將130,000,000人，每人一個銅原子排列起來。

分析到最小的程度時是一銅原子。非金屬類中，碳的最小分子必是碳原子。同樣，氧分析至最小地步得到氧原子。地球上，在上述的元素以外的物質不知有多少。化學家遂將二種以上元素在化學性混合時稱作化合物 (Compound)，例如水就是由二個氫原子及一個氧原子經化學作用合成的。如果二種以上元素或物質合在一起，就成了混而不化的混合物 (Mixture)。這裏的實例是我們呼吸的空氣，這是由氧、氫、氮、氖及其他氣體合成的混合物。

基本化學元素所能合成的化合物種類，可說繁不勝數。你可以向四週看看，化合物實在多於元素。譬如，在真空管製造中，就須

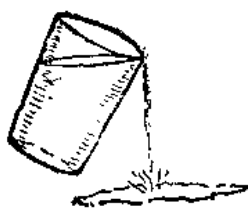
同時應用多數的元素及化合物，其中元素包括各種金屬、稀土金屬 (Rare Earth) 及氣體。當然金屬及稀土金屬是固體。

假使能證明化合物是多種元素所組成，那末我們就可推論，在保留原物特性時，化合物可能的最小單位，一定不是原子，而是其他的東西。因為當化合物一分再分而達到原子的程度時，一定不是原物。所以，在這裏我們還要一個新的名詞來解釋。

分子

元素分到最小是原子，化合物分到最小就是分子 (Molecule)。有一種化合物存在，就有這一種的分子。譬如水分到最小是水分子，鋼分析成鋼分子，依此類推。一般說起來，分子是略大於原子，因為分子是由原子所組成的。分子曾被公認和原子一樣，人眼看不到，這對於大部分的情形仍是正確的，但是不能包括全體了，因為最近利用電子顯微鏡 (Electron Microscope) 後，根據報告說，由於極大的放大力量，某種物質中大的分子已能看到了。不過，分子總算是物質的極小的部份，且不能見到的。

我們已經介紹過二種物質構造單位，先是原子，再是分子。你或者對於分子已產生一種錯誤的觀念，我們還得解釋一下，就是不但化合物中有分子，元素中亦有分子；不過元素中的分子與化合物中的分子完全不同。元素的分子祇有這一種元素的原子，化合物中的分子是由某種組合情形之下產生這化合物的各種原子組成。至於元素中分子的原子數目，可能說是一個或是幾個，這點我們不大注意的。化合物中，原子數目就各不相同，有的分子非常複雜，有的極簡單，例如水的分子就是由二個氫原子及一個氧原子所組成的。但是，由鈉原子及氯原子所組成的岩鹽晶體就非常的複雜，組織情



水是一種化合物，由二個氫原子及一個氧原子所組成的。



形就要看立體圖才能明白。

原子亦是一個組織體

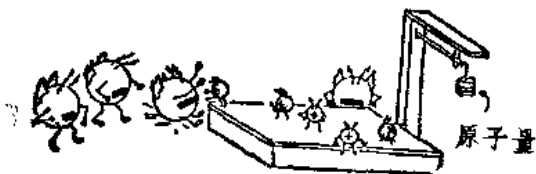
現在已經知道原子是各種物質的組織單位，但是他本身亦是一個組織體；換句話說，原子並不是不可分析的。假使照我們已說的事實，原子有九十二種之多，每一元素一種，但是各原子間的區別又怎樣呢？譬如說，銅原子和鐵原子的差別是什麼？答案或使你驚奇，就是原子的差別是在原子中所含的電量以及原子中各帶電粒子的排列情形！進一步，如果你從這句話作結論說，世界上任何東西是由電所組成的，你是對的，因為事實就是這樣的。不過，當你說某種東西和某種東西可以產生電時，這就不對了！電是無法造成的，亦不能產生的——每一樣東西中本有電存在！至於那類發生電的器材，例如電池或發電機，不過能使電（例如電子）能在電路中流動而已。牠們不能生電的！



再介紹質子——他比
電子小得多，但是重
1850倍。



原子是組織體，不過科學家對於原子的組織情形，以及組成原子的每一微小東西的性能，還不能完全同意。這裏所說的都是已經認可的了。



原子的原子量是與質
子的質量比較下的相
對數。

照公認的理想，原子的組織像一個小型的太陽系，太陽外圍是各種星球繞着行動。比照說起來，原子中心一定有一個像太陽的原子核（Nucleus），而這原子核在最簡單的原子中，例如氫原子，包括一個名稱是質子（Proton）的陽電粒子，在相當大的距離外（這距離是與質子大小的比較說法），有一個帶陰電的單獨電子環繞行動。質子和電子所代表的電量是相等的，唯是一負一正。至於

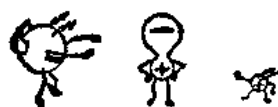
原子的質量幾乎是由質子單獨代表，因為質子比較電子約重 1850 倍，不過電子的直徑反比質子的直徑大得多。所以，我們可以說，質子是世界上最小的東西。

在複雜的原子中，本來假定原子核包括所有的質子（正電荷）及若干電子，原子核外的電子數目，則根據原子核中額外質子平衡所需而有多少。這種原子核外的電子稱作行星電子（Planetary Electron），因為她們是環繞原子核軌道行動的。例如，鈾元素是假定包含 92 個質子和 92 個電子，其中僅有 92 個電子是在原子核中，其餘 92 個電子就是行星電子。至於軌道的實際情形，以及每一軌道上確實的電子數目仍在研討中，所以我們可以說，行星電子是確實有的，此外，則不在我們的討論範圍了。

原子序數（Atomic Number）是指環繞原子核的行星電子數目。銅的原子序數是 29，意思就是原子核外有 29 個行星電子在高速度的轉動，每一電子間的距離却是很大的。

新的理論

新的理論已有改變，僅原則未變。照老的學說，原子核的組織是由單獨的質子及電子所配成。新的理論仍舊承認原子核中有質子及電子存在，但是原子核中的電子，照簡單的說法，是與同數目的質子成對合體存在的，每一對是由一個質子和一個電子所組成。這種新的單獨粒子稱作中子（Neutron），每一中子內，僅有單獨一個正電荷及單獨一個負電荷，所以中子的實際電荷是零。換句話說，在電的立場上，中子是一中性體。



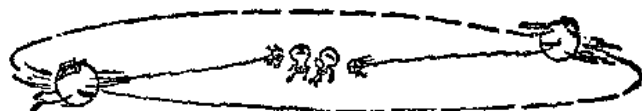
這裏再介紹中子——
牠無任何電的性能。

這個當然不影響整個原子的電平衡狀況。例如，鈾原子共有 92 個質子及 92 個電子，其中 92 個電子和 92 個質子組成 92 個中子，其餘 92 個電子是行星電子，92 個質子亦仍留在原子核中，對於 92 個行星電子亦仍產生必需的電平衡。

實際上呢，已知原子核中還有其他粒子，不過對於我們的討論並無直接的關係。照我們這樣敘述原子（包括中子）已是足夠而正確，即使不提起中子，對於真空管工作的討論亦是沒有影響的。

說下去，我們將接近對真空管工作特別有關係的部份了。很顯然，各原子的主要差別是在電子的分佈和質子的總數，這裏再討論各種元素的性質和動態的不同點。不過就電的立場上說，原子間還有一個差別點，那是與行星電子有關的。

這是一個氦原子



軌道上二個電子被原子核中二個質子所吸着。

這是一個銦原子



一軌道上有二個電子，最外軌道上是第三個電子，電子都是被質子所吸着。中子沒有作用，僅像一種鎮定體。

原子核中的質子對於行星電子固然有一強大的吸引力，反過來，電子對於質子亦有同樣的吸力，不過，在所有的電子中，這種吸力並不是相等的。在一部份質子中，最外面的電子，就是循最外軌道旋轉的電子，常常受到外力的影響，例如原子相撞時或受到極大的激勵時，以致飛離軌道（或被撞出），脫離原子體。當這種情形發生時，原子既缺少一個或幾個電子，就有正電荷過剩，對於其他電子產生一種吸引力。反過來，如果由於各種原因，一部份自由而與原子無關的電子，可能被吸引到中性狀態的原子，使這原子變成負性，而能排斥其他自由的電子。這種額外的電子，可能在遇到撞擊或激勵後，再被撞出原子而與其他原子接合。所以在物質中，