

科學圖書大庫

自修電子學課程(一)

直流電子學

譯者 何金滿

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

自修電子學課程(一)

直流電子學

譯者 何金滿

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

中華民國六十七年十二月十四日初版

自修電子學課程(-)

直流電子學

基本定價 5.20

譯者 何金滿 美國聯合工程公司設計工程師

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)局版臺業第字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

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 15795 號

承印者 大原彩色印製企業有限公司 台北市西園路2段396巷19號
電話：3611986·3813998

前 言

本自學課程可以增進您對直流電子學的知識，已完成正式學校教育的社會人士可以藉本教材繼續自修；而未接受過正式電子學教學的人，可在最短的時間內，學得一特殊課目的知識；且是雇主提供增進員工在職教育最好的教材。

在以前，通常高中或大專教育已滿足學生的興趣和就業所需的全部知識，而今日則不同，技術進展日新月異，尤其對從事科學及工程的人來說，愈來愈難以跟上新的技術發展，往往昨日的技術，今日即已過時，新的零件、技巧及設備的發展更是一日千里。而正式學校現在所提供的無非是一些基本知識，所以您必須依賴像自學課程這般「再教育」的技術性知識，幫助您渡過科技變異的鴻溝。

本教材在設計上的特色是供自學使用，利用此課程讀者可以不須外來的幫助便能無師自通，深入淺出的內容安排，更使您藉著獨立學習，更能獨立地明瞭並吸收所有的知識。

不論在何種科學領域中，自我學習均是一種有效而方便的學習方式，既滿足個人的期望，又節省精力、時力。本課程便是用最具效率的編排，而協助您實現求知的願望。如果讀者閱讀本課程時能融會貫通。活學活用，您的學習必會得到報酬，而譯印本書的目的，也能成功地實現了!!!

譯者謹誌

目 錄

前 言

電子學簡介

第一單元 電 流

一、引 言	3
二、單元目標	3
三、單元學習指引	3
四、物質的組成	3
A. 元素與化合物	4
B. 原 子	5
C. 電子、質子與中子	5
D. 原子的波耳模型	5
E. 元素間的差異	5
F. 平衡狀態下的原子	6
五、靜 電	7
A. 電 荷	7
B. 電荷定律	8
C. 離 子	10
D. 靜電荷作用	10
六、電 流	12
A. 自由電子	12
B. 導體與絕緣體	14
C. 電 池	14
D. 散亂漂移與定向漂移	15
七、電 路	16
八、電流測量	19

A. 庫 侖	20
B. 10 的指數和科學標示	20
C. 安 培	20
D. 安培計	21
九、摘 要	23
十、測 驗	24

第二單元 電 壓

一、引 言	30
二、單元目標	30
三、單元學習指引	30
四、電的力量	31
A. 電動勢	31
B. 電位差	32
C. 電 壓	34
五、電動勢的產生	35
A. 磁生電	35
B. 化學生電	37
C. 摩擦生電	38
D. 光生電	38
E. 壓力生電	39
F. 熱生電	39
G. 電動勢的效應	40
六、電 池	41
A. 乾電池	41
B. 鋁酸電池	42
七、電池的聯接	44
A. 加串聯	44

B. 減串聯	45
C. 並聯	46
D. 串並聯	46
八、電壓升與電壓降	49
A. 電壓升	49
B. 電壓降	49
C. 電壓降等於電壓升	50
九、接地觀念	51
十、電壓測量	53
十一、實驗一：電壓測量	55
十二、實驗二：電壓升及電壓降	57
十三、實驗三：短路與開路	59
十四、摘要	60
十五、測驗	61

第三單元 電阻

一、引言	67
二、單元目標	67
三、單元學習指引	67
四、基本觀念	68
A. 歐姆	68
B. 電阻率	69
C. 電導	70
D. 決定電阻的因素	70
五、電阻器	71
A. 繞線電阻器	72
B. 碳合成物電阻器	72
C. 積膜電阻器	73
D. 電阻器的定類	74
E. 可變電阻器	75
六、電阻器的連接	77
A. 電阻串聯	77
B. 電阻並聯	78
C. 等值電阻器的並聯	79
D. 電阻串並聯	80

七、實驗四：電阻器的顏色規定	82
八、實驗五：歐姆表的使用	85
九、實驗六：測量電阻的特性	86
十、實驗七：光電阻器	89
十一、摘要	92
十二、測驗	93

第四單元 歐姆定律

一、引言	97
二、單元目標	97
三、單元學習指引	97
四、歐姆定律	98
A. 電流的決定	98
B. 求電壓	100
C. 求電阻	101
五、功率	103
A. 功及功率	103
B. 功率、電流、電壓	103
C. 電阻的功率消耗	104
D. 導出更多方程式	105
六、實驗八：電流測量	107
七、實驗九：歐姆定律的證明	112
八、實驗十：功率	117
九、摘要	120
十、測驗	121

第五單元 磁學

一、引言	124
二、單元目標	124
三、單元學習指引	124
四、磁場	125
A. 磁鐵	125
B. 磁力綫	127
C. 磁性材料	129
D. 磁場理論	131

五、電與磁	133	A. 電流測量	177
A. 電流與磁	133	B. 擴大安培計的範圍	177
B. 電磁鐵	136	C. 分流電阻的計算	178
C. 磁的量	138	D. 電流表的準確度	179
D. 磁的歐姆定律	139	六、電壓表	181
E. 單位的比較	139	A. 擴大範圍	181
六、感應	141	B. 倍加器的計算	182
A. 磁感應	141	C. 多範圍電壓表	183
B. 電磁感應	141	D. 靈敏度	184
C. 交流發電機	143	E. 電壓表的負載效應	184
D. 直流發電機	145	七、歐姆表(電阻表)	186
七、磁及電磁的應用	147	A. 基本電路	186
A. 電驛	147	B. 刻度校準	187
B. 簧條開關和電驛	148	C. 創造較高的範圍	189
C. 拾音器	149	D. 創造較低的範圍	189
D. 揚聲器	150	E. 分流式電阻表	190
E. 磁帶	151	八、三用電表	191
F. 直流馬達	152	A. 基本電路	191
G. 電表	153	B. 電子式三用電表	192
H. 計算機記憶器	154	C. 測量的誤差	194
I. 電子束的磁偏轉	154	九、實驗十三：測定電壓表的靈敏度	195
八、實驗十一：電磁學	155	十、實驗十四：電壓表的負載效應	199
九、實驗十二：磁及電磁裝置	159	十一、摘要	202
十、摘要	166	十二、測驗	203
十一、測驗	167		
第六單元 電的測量		第七單元 直流電路	
一、引言	172	一、引言	207
二、單元目標	172	二、單元目標	207
三、單元學習指引	172	三、單元學習指引	207
四、電表結構	173	四、簡單電路	208
A. 構造	173	A. 串聯電路	208
B. 動作	174	B. 並聯電路	209
C. 拉緊帶結構	176	C. 串並聯電路	210
五、安培計(或電流表)	177	五、分壓器	211
		六、橋式電路	213

A. 平衡電橋	213
B. 不平衡電橋	214
C. 惠士同電橋	215
D. 自平衡電橋	216
E. 感溫電橋	216
七、實驗十五：橋式電路	217
八、克希荷夫定律	221
A. 克希荷夫電壓定律	221
B. 克希荷夫定律的使用	222
C. 克希荷夫電流定律	224
九、重疊定理	225
十、戴維寧定理	228
十一、諾頓定理	232
A. 電流電源與電壓源	233
B. 求諾頓等效電路	233
C. 諾頓—戴維寧定理的互換	235
十二、實驗十六：網路定理	237
十三、實驗十七：最大電功率傳送定 理	240
十四、摘要	243
十五、測驗	244

第八單元 電感與電容

一、引言	251
二、單元目標	251

三、單元學習指引	251
四、電感	252
A. 自感應	252
B. 電感	254
C. 電感器	254
D. 電感器的時間常數	255
五、電容	256
A. 電容器	256
B. 電容器的充電	256
C. 電容器的放電	258
六、電容器	259
A. 電容的單位	259
B. 決定電容的因素	259
C. 電容器的型式	261
七、RC時間常數	262
八、實驗十八：RC時間常數	265
九、電容器的組合	268
A. 並聯	268
B. 串聯	269
十、實驗十九：電容器的串聯與並聯	270
十一、實驗二十：電容器的使用	273
十二、摘要	276
十三、測驗	277

總測驗

電子學簡介

電子學是一門很新的學問，歷史很短，但却已擴展到整個的社會上，沒有任何其他的科學領域能如此快速地成長，且不論好壞，大都改變了我們的生活形式，例如：電視機即已改變了我們的休閒生活形態，及飲食與起居的習慣。電子學應用於娛樂，傳送訊息及保護。它可教育我們的小孩、管制交通、控制工業、引導工廠、烹煮食物，並計算我們的薪水。簡言之，它以各種的不同方式接觸我們的生活。

電子學的驚人快速成長有許多理由，其中之一是它能完成以前所不能做的事，如將圖面及訊息經由太空傳送；另外它能使我們以較便宜的方法做同樣的事，如在客廳內看比賽，演唱等；再一理由為科學的自然性質，為其他東西價錢都在上漲時，許多電子的設計則愈來愈便宜。另外電子業也是很乾淨的工業，它不像其他工業會污染水及空氣，相反地；它可用來使其他工業清潔，而對環境有很好的幫助，同時電子學也有很大的做益事的潛力，如每年有很多生命依靠像X光器，醫療檢查器等所解救。依賴電子學的早期警報系統也使不少人免去颱風，海嘯等的吞吃。

有些機構也相信電子學可幫助解決一些困難的重大國家問題，如同電子幫助解決污染；應用電子點火系統來增加效率；幫助探出新的石油蘊藏以加快能源發展；及幫助發展新方法以製造更多且更便宜的產品。

有很多理由促使我們學習電子學，其一為個人的嗜好；再則可擴大工作領域，電子界的新工作很多，包括工人，技術員，工程師等，其他的職位也可在機場、工程公司，電台及工廠等中找到；另對許多人而言，了解電子學可大大幫助他們的現有工作，如工廠工人及汽車修護技工發覺他們必須控制電子機器，醫生必須使用電子的產品，如不了解電子則將很難將工作做得滿意，就是它目前不影響你的生活，將來也必會。

我們所稱的電子學可再分為幾個領域。最古老且最廣泛的是通訊；另一個是數學式電子學，包括計算器，數字鐘，及資料傳送；消費者電子則是一急速擴展的領域，它包括所有消費者家中使用的產品，如電視機，收音機，錄音機，微波爐，電子琴等；工業電子則是近年大為發展的另一領域，它應用於工廠的自動化，替代人類做困難且危險的工作；儀表也是一份領域，它包括了電表，示波器及信號產生器等。

不論以何種理由學習電子學都是明智的，少有科技項目能如電子學般廣泛對我們的生活影響地如此廣泛。簡言之，電子學為一快速的，有趣的，有挑戰性的而前途無量學科，歡迎你進入電子學的領域中來。任何進入電子學領域的人，相信必會滿載而歸的。

第一單元 電 流

本課程的對象是直流電子，電子學一詞是由電子延伸而來，電子則為形成所有物質而帶有負電荷的一種粒子，雖然此粒子是難以相信的小，但它對某些科學領域如化學，物理學及電子學等扮演一極重要的角色。

電子學是研究控制電子行為以做有用功能的一門科學，電子所能做的有用功能多得令人嘆服。電視機即是由一束電子衝擊螢而顯像，電流流過揚聲器而產生聲音，雷射光是因電子由一軌道跳到另一軌道所產生。X光則為高速電子衝擊金屬板的結果。

電子零件是利用成控制電子某些行為的設計。較普遍的有電阻器，電容器，線圈，電晶體及二極體等，電阻器提供一對電子流動的抗力，以限制電路通過的電子數。電容器可暫時儲存加入它的電子。線圈則利用電子的流動以產生一磁場，電晶體係利用一小電子流來控制大量的電子流。二極體使電子祇能以單方向流動。如你所見，這些零件各控制一些電子的行為，當一些這類零件接成一起再加上電源時即成一電路。電路可控制電子行為以做有用的功能。現讓我們看看何為直流電子。直流係表示電子是以單方向在流動。在電及電子學中，電流為電子的流動，因每一電子帶有一極小單位的電荷，故電流也可說是電荷由一點到另一點的流動。當電荷移動方向一定時，此電流即稱直流。例如由乾電池供給能的手電筒，當有電流通過時，燈泡即發光，而此電流方向都是一定，故為直流。另一種電流形式叫交流，它不像直流一樣流向一定，而是隨時來回變動的。例如你可發現家中的電器上有這樣的標示：

110伏特 A. C. , 60 HZ, 此 110 V AC 即代表電壓為 110 伏特的交流，60 HZ 代表其電流方向為每秒來回變化各 60 次。所以交與直流的不同是直流方向一樣而交流則定時變化其流向。此兩種電流有非常不同的特性。直流的了解比較簡單，因此在介紹交流之前，我們應先了解直流。故本課程即以討論直流的原則與基礎開始。雖說直流比交流容易了解，但此並不意味直流比交流不重要。實際上，所有的電子設備多少都要利用到直流。甚至在某些看來為交流的設備中，實際的控制仍是由直流來完成。因此了解直流為了解電子學的基本要求。而本單元即將討論的便是電子的理論及其流動。

第一單元 電 流

一、引 言

電子學是一門控制電子行爲的科學，由此方能完成有效的功用。如定義所示，電子對電子學非常的重要。事實上電子學一詞源自電子。由於電子沿着電線移動電才傳到我們的家裡及辦公室，實際上說電流祇不過是電子的流動而已。顯然地，爲了解電子學必先了解電子的自然性質。在本單元將介紹什麼是電子，它的行爲怎樣，及如何使用它以做有用的工作。然而在詳細討論電子論之前預先綜覽一下整個電子學的領域，如此對電子學的使用及學這門學問的目的可得到一較佳之概念。

二、單元目標

讀者閱讀本單元之後，應該能：

1. 爲電子學下定義及列出五種電子學的分類。
2. 定義下列名詞：直流、交流、分子、元素、原子、電子、質子、中子、核子、及離子。
3. 說出電荷和下列諸項的關係：原子、電子、質子、中子、核子、離子。
4. 繪出一簡單的原子波耳模型。
5. 說明庫侖定律及解釋各種電荷行爲的異同。
6. 定義下列名詞：庫侖、安培、導體、絕緣體、原子價、電流。
7. 繪出一簡單電路的綫路圖並指出電流的方向。
8. 用 10 的次方來代表數目，使用不同的公制單位代表各量。
9. 示範在電路中電流表的正確接法及測量的測量。

三、單元學習指引

(請見 P. 27)

四、物質的組成

電子學是研究控制電子行爲的科學，因此了解電子爲了解基本電子學的最主要課題。電子是一極小的粒子用以傳遞能量來供給家庭照明電量，煮熟食物和替人類做大部份工作。爲

了解什麼是電子？首先必須對物質的組成作一研究。

A. 元素與化合物

組成所有物質的基本材料稱為元素，因此所有物質是由各種元素所組成。例如鐵、碳、鎳、金等皆為元素。現已知之元素已超過一百種，其中只有 92 種是自然存在的稱為自然元素。圖 1-1 A 所列即為 92 種自然元素，另外在圖 1-1 B 中列有 12 個人造元素。

A 自然元素

原子序	名稱	符號	原子序	名稱	符號	原子序	名稱	符號	原子序	名稱	符號
1	氫	H	24	鉻	Cr	47	銀	Ag	70	鐳	Yb
2	氦	He	25	錳	Mn	48	鎘	Cd	71	鐳	Lu
3	鋰	Li	26	鐵	Fe	49	銦	In	72	鎢	Hf
4	鈹	Be	27	鈷	Co	50	錫	Sn	73	鉭	Ta
5	硼	B	28	鎳	Ni	51	銻	Sb	74	鐳	W
6	碳	C	29	銅	Cu	52	碲	Te	75	銻	Re
7	氮	N	30	鋅	Zn	53	碘	I	76	銻	Os
8	氧	O	31	鎳	Ga	54	氙	Xe	77	銻	Ir
9	氟	F	32	鎳	Ge	55	銻	Cs	78	銻	Pf
10	氖	Ne	33	砷	As	56	銻	Ba	79	銻	Au
11	鈉	Na	34	硒	Se	57	銻	La	80	銻	Hg
12	鎂	Mg	35	溴	Br	58	銻	Ce	81	銻	Tl
13	鋁	Al	36	氬	Kr	59	銻	Pr	82	銻	Pb
14	矽	Si	37	銻	Rb	60	銻	Nd	83	銻	Bi
15	磷	P	38	銻	Sr	61	銻	Pm	84	銻	Po
16	硫	S	39	銻	Y	62	銻	Sm	85	銻	Af
17	氯	Cl	40	銻	Zr	63	銻	Eu	86	銻	Rn
18	氬	A	41	銻	Nb	64	銻	Gd	87	銻	Fr
19	鉀	K	42	銻	Mo	65	銻	Tb	88	銻	Ra
20	鈣	Ca	43	銻	Tc	66	銻	Dy	89	銻	Ac
21	鈉	Sc	44	銻	Ru	67	銻	Ho	90	銻	Th
22	鈦	Ti	45	銻	Rh	68	銻	Er	91	銻	Pa
23	鈦	V	46	銻	Pd	69	銻	Tm	92	銻	U

B 人造元素

原子序	名稱	符號	原子序	名稱	符號	原子序	名稱	符號	原子序	名稱	符號
93	鐳	Np	96	鐳	Cm	99	鐳	Es	102	鐳	No
94	鐳	Pu	97	鐳	Bk	100	鐳	Fm	103	鐳	Lr
95	鐳	Am	98	鐳	Cf	101	鐳	My	104	鐳	Rf

在我們週圍可發現物質種類之多遠超過元素的數目，如鹽、鋼鐵、水及蛋白質等並不在元素表中出現。原因是這些並非元素，而是化合物。一化合物係由 2 個或更多的因素所合成，因此各種元素的不同組合可形成千百萬種化合物，如水是由氫元素和氧元素組成的化合物，糖由氫及氧組成而鹽則由鈉和氯所組成。

為增進對化合物與元素間關係的了解，以我們最熟悉的化合物——水的結構來加以探討。假如將水滴分成二部份，再將每一部份分成另兩部份，如此繼續下去直到不能再分而乃保持水的性質為止，此最小之粒子稱為分子。分子雖可被擊成更小之粒子但這些更小粒子已不再是水。因此如將水分子擊成更小碎片，此碎片即為氫和氧元素。

B. 原子

元素的最小不可分粒子稱為原子，分子係由束縛在一起的原子所組成。水分子之組成如圖 1-2 所示，較小的二個代表氫原子而較大的 1 個代表氧原子，因此水分子係由二氫原子〔H〕及一氧原子〔O〕所組成，其化學方程式為 H_2O 。

C. 電子、質子和中子

像原子這麼小的東西乃可被擊破成更小的粒子，研究原子的結構可發現原子係由三種基本粒子所組成，這些粒子稱為電子、質子和中子。這三種基本粒子組成所有因素進而所有的物質。電子、質子和中子的個別性質非常不同，然而就所知所有的電子都是一樣的。質子和中子情況亦相同。

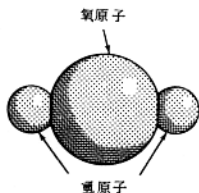


圖 1-2 水分子。

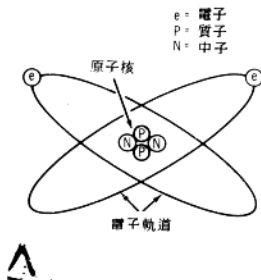


圖 1-3 氫原子的耳爾模型。

D. 原子的波耳模型

圖 1-3 示一由電子、質子和中子組成的原子，此原子為氫原子。兩個質子和兩個中子結合在原子的中心。由質子和中子組成的中央部份稱為原子核，依原子的不同，原子核中質子的數目可由 1 到 100。除了氫原子外，其他原子的原子核都有中子。中子與質子的大小及重量約略相等，原子的全部重量主要是由原子核的中子與質子數目所決定。

電子繞着原子核轉動，其質量很輕而運動速度非常快。原子的結構類似我們的太陽系，原子核如太陽而電子則如行星，電子依軌道繞原子核轉正如行星依一定軌道繞太陽轉。

由於其體形太小沒有任何人曾見過原子，因此原子的結構圖是由假設而非實際觀測得來的。圖 1-3 所示即為一依假設而繪出之簡單原子圖形。今日更複雜的原子模型已被提出但它們都有一些共同點，即都假設電子依軌道繞着原子核轉動。因此圖 1-3 所示者已適合我們的使用，此一原子模型稱為波耳模型以紀念首先提出的人波耳。

E. 元素間的差異

圖 1-4 示為三個不同原子的波耳模型，第一個為氫原子它是所有原子中最簡單的，由

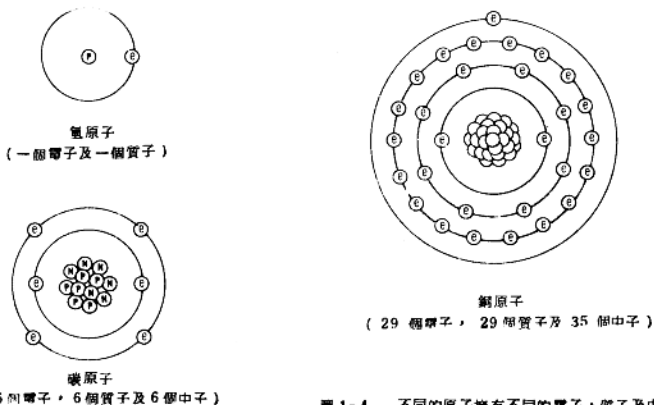


圖 1-4 不同的原子擁有不同的電子, 質子及中子數。

一個原子及一個質子所組成, 它也是唯一不含中子的原子, 同時也是最輕的。

第二個為碳原子的波耳模型, 它包括 6 個電子, 6 個質子及 6 個中子。第三個為銅原子它由 29 個電子和含 29 個質子及 35 中子的原子核所組成, 自然界中最複雜的原子為鈾包括 92 個電子, 92 質子及 146 個中子。不同原子間的差異是每個所擁有的電子, 質子及中子總數都不同。

F. 平衡狀態下的原子

前些例子中可能你已注意到電子數與質子數總是相等, 在正常情形下對任何原子而言這是真實的。處此情形原子即稱為在平衡或正常或中性狀態。雖然在下面將提到加以外力平衡狀態會被破壞, 但在正常情形原子的電子數與質子數是相等的。

計劃複習:

此複習將增進你對上述教材的了解, 仔細閱讀每個題目中的文字並將空白填上, 正確的答案在下個題目中開始的括弧內, 用一張紙蓋住你所讀以下各題。

1. 物質為佔有空間, 據有重量的東西, 因此空氣, 金屬和水都是_____的例子。
2. (物質) 物質可以固態、氣態或液態存在。所有物質都是由一或多種原子所構成, 例如水是由氧和氫兩個_____所組成。
3. (元素) 一個由兩種或多種元素所組成的物質稱為化合物, 因為水是由氫與氧原子所組成, 故水是_____。
4. (化合物) 化合物的其他例子如鹽, 鋼鐵和糖等, 所有這些都是化合物因為它們是由兩種或多種的_____組成。

5. (元素)自然界所有的化合物是由 92 種元素依不同組合而成的，這些基本元素由不同組合形成了千萬種的_____。
6. (化合物)化合物的最小粒子稱為分子，分子是由兩種或更多的不同元素原子所組成。例如水分子由兩氫原子及一個氧原子組成。因此水的最小粒子而乃是水的東西稱為_____。
7. (分子)分子由兩個或更多束縛在一起的原子所組成，因此如分子是化合物的最小粒子則原子是_____的最小粒子。
8. (元素)正如分子造成化合物，_____則造成元素。
9. (原子)原子是元素所能分隔的最小粒子，既然自然界中祇有 92 種元素，則亦祇有 92 種_____存在於自然界。
10. (原子)原子間的差異係因它們所含之電子，質子及中子數的不同，有三種基本粒子組成了所有的原子。也就是說所有原子是由_____, _____及_____依不同組合而成。
11. (電子, 質子, 中子)質子和中子形成原子的中心或原子核。電子則繞着原子核轉類似行星繞着太陽轉，因此如將原子比做太陽系，則太陽對應於原子的_____。
12. (原子核)氫原子的原子核由一質子所構成，然而所有其他原子的原子核都包含有質子和_____。
13. (中子)正常情形下原子的電子數與質子數相等，因此氫原子有一質子及一電子。另一方面鈾原子則有 92 個質子和_____個電子。
14. (92)

五、靜 電

靜電學是物理學的一部份，專討論電荷在靜止時的現象。而電子學則是討論運動電荷的作用，在未了解運動電荷作用前我們應該對靜止電荷的作用有些基本概念。

A. 電 荷

我們已討論過原子的構造及電子、質子和中子的一些特性。但對這些粒子的最重要特性——它們的電荷——則未討論。電荷是一種和電子及質子有關的力。因有此電荷使電子在電及電子的作功變為有用。

電荷是難以看到的因它並非是東西而是像重力，磁場一樣是一種力。它是一種特質使具有它的電子及質子呈某一些特性。有兩種特性相反之電荷存在即正電荷和負電荷，附屬於電子的電荷稱為負電荷，而屬於質子的電荷稱為正電荷。中子呈電的中性本身不帶任何電荷，故它在電學中的角色乃未清楚。

電子繞着原子核轉動就如行星繞着太陽轉旋。以繫着線的球在打圈的動作來比較，如綫斷了則球將沿一直綫飛離。因此那是綫上的曳引作用使球保持着沿一圓週轉動。在地球繞着

太陽轉動的情形則是太陽的重力吸引使地球不致飛離進入太空。太陽對行星的重力吸引完全平衡了行星的離心力，因此各行星以類似圓的軌道繞着太陽轉。電子以極高速度繞原子核轉，是什麼力使它們不致飛離呢？它並非重力因為由原子核施給的重力太小，而是軌道上電子的電荷與原子核中質子的電荷的相互作用力。亦即正負電子間的吸引力，此力稱為靜電力。為解釋靜電力科學上採用了靜電場的觀念。此觀念假設一電荷被一由粒子本身向外延伸一段距離的靜電場所包圍。由於此靜電場的相互作用使電子和質子互相吸引。

圖 1-5 A 所示為一質子，正號代表正電荷，向外指的箭頭代表構成靜電場的力綫。圖 1-5 B 所示為一電子，負號代表負電荷，向內的箭頭代表電子的靜電場力綫，現在來看看這兩個靜電場如何相互作用。

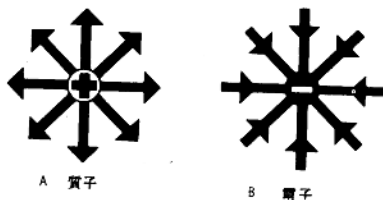


圖 1-5 質子及電子的電場。

B. 電荷定律

有一個自然的基本律可說明電荷的作用，此為庫侖定律，庫侖定律敘明：

1. 同性電荷相排斥。
2. 異性電荷相吸引。

因為同性電荷相斥，故兩個電子互相排斥，兩個質子亦然圖 1-6 A 示兩個電子間力綫的相互作用，力綫的方向使兩個靜電場不能連在一起，其淨效果是電子彼此移離，因此互相排斥。圖 1-6 B 所示為兩個質子的情形其結果與上述同。在圖 1-6 C 中一個電子與一個質子互相作用，兩個靜電場相連接，結果此兩電荷互相吸引而彼此移近。上述例子只說明個別帶電粒子的情形。事實上庫侖定律適用於所有帶電物體，下面之方程式可用來決定兩帶電物體間作用力的大小。

$$F = \frac{q_1 \times q_2}{d^2}$$

其中：F = 同性電荷間的排斥力或異性電荷間的吸引力。

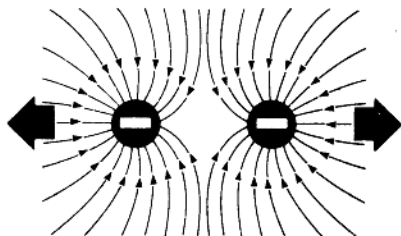
q_1 = 一物體的電荷量。

q_2 = 另一物體的電荷量。

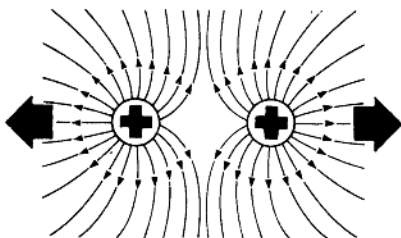
d^2 = 兩物體間距離的平方。

由此方程式中我們可得到一些有趣的關係，任一電荷量加倍則力亦加倍，如兩電荷都加倍則力變為原來之四倍；另一方面當距離增加則力減少，如距離加倍則力僅為原有之四分之一。

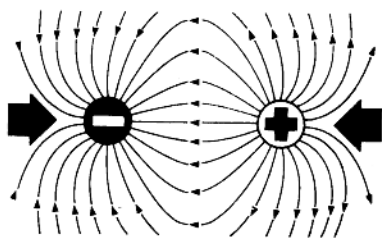
圖 1-6 顯示另一重要事實，即電子上負電荷的大小正與質子上正電荷的大小相等。圖 1-7 表示由一原子繞着一質子轉之氫原子圖形，注意其電子的負電荷正好被質子的正電荷



A 電子相互排斥



B 質子相互排斥



C 電子及質子彼此相吸

圖 1-6 同類與不同類電荷的作用。

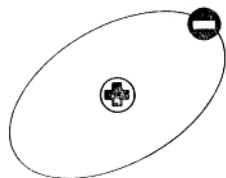
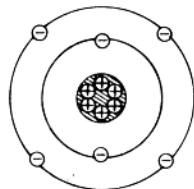
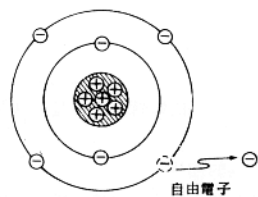


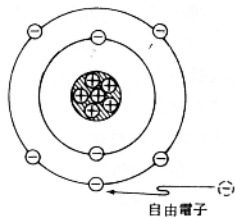
圖 1-7 氫原子。



A 中性原子



B 少了一帶子的正離子



C 多了一帶子的負離子

圖 1-8 碳原子與碳離子。