

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

原 子 論

辛書華著

商務印書館發行



原 子 論

李書華著

百 科 小 叢 書

# 序

本年二月間我在武昌湖北教職員聯合會寒期講演會講演的一部分是原子論。適有商務印書館囑我與『百科小叢書』作一小冊原子論；於是我把從前在武昌所講演關於原子論的一部分增加了許多材料，拿筆寫了出來，遂成了這個小冊。

原子論是最近十數年的新理論。在科學上是一個極重要的部分；因為物質是由原子組成的。知道原子的構造，就知道物質的組成了。

國人知道『原子』這個名詞的多的很；但是知道原子之構造的恐怕還少的很。這本小冊是用簡單而容易了解的語言，把這種新理論介紹於國人。

這本小冊分爲（一）（二）兩章：（一）是敘述原子論進步的大概次序；（二）是講解原子的構造。但是因爲限於篇幅，又因爲是『常識叢書』之一，不是一種專門的書，不得不把許多過於繁難的地方，及許多的數學式省略不提。這一層要請讀者原諒。

中華民國十二年三月李書華識於國立北京大學物理實驗室

萬有文庫

第一集一千種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

# 原子論

## (一) 原子論進步的大概次序

兩千五百年以前，希臘的學問家已經有原子的概念。古時認定各種元素是由微小而不能再分的粒子所組成的，這種粒子就叫作原子。這個觀念一直到了十數年以前，就是一直到了用X光線與射光性物體(radioactive substances)研究原子構造的時候，從來沒有變更的。但是古時科學的能力極爲薄弱，沒有實驗的方法可以證明原子之存在，所以原子的概念，在古時總算是一種理想的假定。

近來隨科學的進步，有許多新事實出現，可以證明原子的存在，於是古時原子的概念，現在完全大變了。古時本是一種假定，現在可以說是一種事實了。

現在爲便於講解起見，我們可以把原子論分爲四個段落：（1）化學變化及電解；（2）陰極光線——電子；（3）陽電射——同位異性質；（4）X光線反射光性物體。由以上各種事實的結果，我們纔稍稍知道原子的構造了。

## 1. 化學變化及電解

原子論最古的時期，就是化學變化及電解的時期。化學家認定原子是物質經化學分析後，而不能再分小而不能再小的粒子。按化學實驗的結果，一種元素與他一種元素化合，有一定不變的關係。比方氫化鈉或食鹽（ $\text{NaCl}$ ）的組成，永久是一個原子的氫與一個原子的鈉化合。又如水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）的組成，永久是兩個原子的氫與一個原子的氧化合。換一句話說，就是：

二十三公分（gram）的鈉，永久是與三十五公分半的氧化合；二克的氫，永久是與十六公分的氧化合。然則二十三公分的鈉，與三十五公分半的氧，含有同數的原子。一公分的氫，與十六公分的氧，亦含有同數的原子。一公分的氫，十六公分的氧，二十三公分的鈉，三十五公分半的氧，叫作氫

氫、鈉或氯的公分原子量。各元素之公分原子量所含有原子的數目，是相同的。這個數目，叫作亞歐加德厚氏的數目 (Avogadro's number)。平常均以  $N$  字母代表之。(氫的原子量非 1，乃是 1.008，所以嚴格說起來須得 1.008 公分的氫，方含有  $N$  數目的原子。)

關於原子論，化學家的能力未能再向前進，至此就站住了。於是物理家起而攻打這個題目，物理家的能力與方法，較化學家大的多了；物理家研究原子的第一個方法，就是電解 (electrolysis)。電解是一八〇〇年尼勾孫 (Nicholson) 氏同加利特 (Carlisle) 氏所發現的現象，但是電解的定律，是一八三二年法華德 (Faraday) 氏所發明的，按照這個定律：

一個克原子價運送的電量是， $F = 96600$  庫 (coulombs)。

比方假定有 96600 庫的電量，經過氯化銀 ( $\text{AgCl}$ ) 的溶液，就有一百零八公分的銀，及三十五公分半的氯遊離出來，銀是一價元素，銀的原子量，是一百零八，氯亦是一價元素，氯的原子量，是三十五有半；那末，一百零八公分的銀，三十五公分半的氯，就叫作一個公分原子價。

假定 96600 庫的電量，經過硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4$ ) 的溶液，就有  $63 \div 2 = 31.5$  公分的銅遊離出來，

銅是二價元素，銅的原子量是六十三，那末六十三公分的一半，就是銅的一個公分原子價。

又假定  $36600$  庫的電量，經過氰化金 ( $\text{AuCl}_3$ ) 的溶液，就有  $196 \div 3 = 65.3$  公分的金遊離出來，金是三價元素，金的原子量是一百九十六，那末  $196 \div 3 = 65.3$  公分就是金的一個公分原子價。

按照瑞典物理的化學家亞黑尼斯 (Arrhenius) 氏的理論，酸類，鹽類，及氫氟化物等的水溶液有個普通的性質，就是化學化成之各部分，可以分離而自由存在。比方食鹽 ( $\text{NaCl}$ ) 的溶液中， $\text{Na}$  及  $\text{Cl}$  可以分離， $\text{Na}$  荷陽電成了  $+\text{Na}$ ， $\text{Cl}$  荷陰電成了  $-\text{Cl}$ 。這荷電的原子就叫做遊子 (ions)。一個公分原子價所用的  $36600$  庫的電量，就是中和這些遊子所荷的電，這些遊子把他所荷的電遺失之後，就在電解器的電極 (electrodes) 上邊呈現出來，這就是電解的現象。

如是每一個一價的遊子所荷的電量，須假定是相等的，比方鉀遊子 ( $\text{K}^+$ )，鈉遊子 ( $\text{Na}^+$ )，銀遊子 ( $\text{Ag}^+$ ) 等所荷的電量全是相等，這個電量叫作元電量。二價遊子如鈣遊子 ( $\text{Ca}^{++}$ )，鋇遊子 ( $\text{Ba}^{++}$ )，硫酸根遊子 ( $\text{SO}_4^{--}$ ) 等所荷的電量是元電量的二倍。三價遊子如鋁遊子 ( $\text{Al}^{+++}$ ) 所荷的電量是元電量的三倍。

設元電量即每一個一價遊子所荷的電量爲 $E$ ，假定我們知道亞歐加德厚氏的數目爲 $N$ ，則：

$$F = eN, \quad \text{故} \quad e = \frac{F}{N}$$

照此看來，知道亞歐加德厚氏的數目，非常重要，現在因爲科學的進步，已經有十個以上的方法，可以測定亞歐加德厚氏的數目。這些方法，全是間接的，自然我們還不能用顯微鏡直接看出原子的數目。若是只由一個間接方法得的結果，我們或者可以不相信，然而既有十個以上的方法告訴我們這個 $N$ 的數目，我們亦就不能不相信了。比方若只有一個由非洲旅行回來的人，說非洲如何如何……我們或者可以不相信，若是有十個以上前後由非洲旅行回來的人所報告的結果，全然相同，那末我們就不能不相信了。這裏求 $N$ 的數目，亦是一樣的道理。我們若仔細的想一想，這全是一個大小的問題，比方我們若是在一個樹林中散步，我們可以把一個一個的綠色樹葉看得非常清楚，若是我們乘一架飛機，在地表面上作好幾個公里的高度飛行，且距樹林有若干公里的遠，那末我們在飛機上望這個樹林，只見一片青色的東西而已，絕不能看得見一個一個的樹葉。然而一個一個的綠色樹葉實實在在是存在的。我們用顯微鏡觀測原子，就如同我們在一架飛機上有

了好幾個公里的高度，且距樹林有若干公里的遠，觀看樹葉一樣。

現在由實驗的結果，我們知道N的前三個數目字，以下的數目，我們就不知道詳細了。但是我們知道前三個數目字以下有二十一個零。

按照法國現代物理家畢漢 (Jean Perrin) 氏試驗的結果，曾證明：

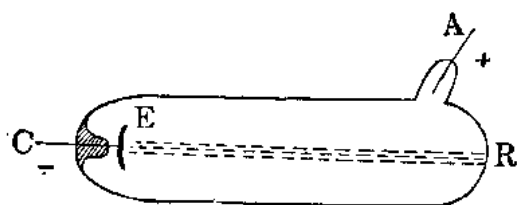
$$N = 6.85 \times 10^{23}$$

這個結果是比較精確的數目，關於亞歐加德厚氏的數目之研究，是物理學上最近若干年的成績，不過為便於講解起見，所以我在這裏乘便先把他說了。

總之電解告訴我們：組成食鹽 ( $\text{NaCl}$ ) 之  $\text{Na}^+$  及  $\text{Cl}^-$  荷電的符號是相反的，這兩個部分是互相吸引的，我們可以知道原子是與電有密切的關係了。

## 2. 陰極光線——電子

陰極光線 (cathode rays) 是一八六九年德國物理家伊道夫 (Hittorf) 所發明的，將玻璃放



電管中之氣體，用排氣機排出，使管中之壓力在百分之一的公釐（0.1 mm Hg）水銀柱以下，將 C 連接於發電器之陰極，A 連接於發電器之陽極，C 之末端為一金屬圓板 E，如果陰電極與陽電極之電位差（potential difference）達一定程度時，即至少須有幾百個弗（volts）陰極 E 即發出光線直射到放電管之 R 處，於是 R 處即放螢光（fluorescence）吾人可得目見，這種光線就叫作陰極光線。

這種陰極光線是走直線的，假定在他所走的路線上放一個十字架，我們可以看見的影射在放電管的玻璃面上。

陰極光線可發生一種機械的動作，若將一個小小的風輪放在他的路線上，這個小小的風輪就可以旋轉。這個現象可以使我們想到這個陰極光線是由微小的粒子所成的。這種微粒子既是由陰極射出去的，其所荷之電當為負號的。

自一八八六年英國物理家枯克斯（W. Crookes）氏曾假定這陰極光線是由陰極所射出的

負電粒子，後來德國物理家赫爾茲 (Hertz) 氏發現了這個光線可以穿過幾個邁克隆 (micron 或  $\mu = 10^{-6}\text{cm}$ ) 厚的膠片，樂拿 (Lenard) 氏又發現了這個光線可以穿過薄金屬片。自此而後，一時學者均認為陰極光線是一種光波。一八九五年法國物理家畢漢氏把這個陰極光線引入到一個金屬管，連接着一個電位 (electrometer) 表完全證明這種粒子的荷電是負號的；於是多年所未解決的問題，至此遂解決了。

這種微粒子進行的路線，在電場 (electric field) 及磁場 (magnetic field) 中有一定的彎曲可以測定的。由這個彎曲，可以量得：

(一) 微粒子運動的速度  $V$ ；

(二) 比率  $\frac{e}{m}$ 。  $E$  是每一個微粒子所荷的電量， $M$  是每一個微粒子之質量。

這種由陰極射出微粒子的速度  $V$ ，是與陰陽二電極的電位差之平方根為正比例。茲將其結果，略舉例於下：

$$\text{電位差} = 110 \text{ 弗 volts} \longrightarrow V = 600 \text{ 公里/秒}$$

$$\begin{array}{ccc}
 , & = & 2500 \quad \longrightarrow V = 3000 \\
 , & = & 33000 \quad \longrightarrow V = 10000 \\
 , & = & 78000 \quad \longrightarrow V = 15000 \\
 , & = & 200000 \quad \longrightarrow V = 200000
 \end{array}$$

至於比率  $\frac{e}{m}$  是因速度  $V$  而變化的，速度  $V$  愈大時，這個比率愈小，如果速度不大時，這個比率差不多是等於一個不變的量，且完全與玻璃管所餘之少許氣體及電極之原質無關係。無論氣體是那一種，電極是用那一種金屬作的，結果全然是一樣的。然則這種微粒子是各種物質所公有的了，這種微粒子就叫作電子 (electrons)。

電子的比率  $\frac{e}{m}$  是較電解中氫原子同樣的比率大一八三〇倍，在兩種情形之下（電解及陰極光線，） $E$  的量却是一樣的（ $E$  是元電量）按照美國米利根 (Millikan) 氏精確的試驗，得：

$$e = 4.77 \times 10^{-10} \text{ 靜電單位。}$$

然則電子的質量  $M$ ，是比氫原子的質量小一八三〇倍了。

我們知道 1.008 公分的氫含有原子的數目，是等於  $N \approx 6.85 \times 10^{23}$  那末每一個氫原子的質量，是：

$$\frac{1.008}{N} = 1.5 \times 10^{-24} \text{ 公分}$$

然則一個電子的質量，應該是：

$$\frac{15 \times 10^{-24}}{1830} = 0.9 \times 10^{-27} \text{ 公分}$$

方纔說過陰極光線之微粒子的比率  $e/m$  是因速度  $V$  而變化的， $E$  是元電量，是不變的，那末質量  $M$  就因速度而變化了。這是限制相對論一個重要的結果。

電子的質量雖說是很小，然而不是等於零，然則一個重大的問題就發生了：電子質量之本質及其起源是由何處來的？

物質的質量，就是物質對於動作力之抵抗，給某物質以一定之力  $F$  使之運動。某物質就有一定的加速 (acceleration)  $R$  力與加速之比。就是物體的質量  $\left(\frac{F}{R} \parallel m\right)$  亦就是物體的慣性，質量或慣性從許多年以前，吾人就認為是物質所特有的，但是電亦有慣性的。

一個導線的兩端設有電位差，假定把這個導線封鎖時，導線上就有電流通過，但是電流不能『即時』達到『最終之值』，因有若干電量是用去發生『圍繞導線的磁場』，同樣若將電動力 (electromotive force) 取消時，電流亦不能即時消滅，由圍繞導線電場的能力，電流之存在，能稍為延長，如是電亦有惰性。

一個荷電體當其運動時，就同電流一樣，就應該格外再有一個電磁的質量。電子質量之來源，大概是因為這個原故。

電子的大小，是沒有方法可以直接測定的；但是若假定他的質量，是電磁的質量，他的大小就可以計算出來，按照這個計算的結果：

$$\text{電子的半徑} = 2 \times 10^{-13} = \text{公分 (cm.)}$$

按照氣體分子運動的理論 (kinetic theory of gas) 一個原子的半徑，約等於  $10^{-8}$  公分 (cm.)。然則電子的半徑是比原子的半徑小 50000 倍，假定一個原子用直徑五個公尺的圓球代表之，則電子的直徑只有一個公釐 (mm.) 的十分之一。

總而言之，電子是物質組成的一個重要部分，電子的發明，算是物理學上一個大進步。

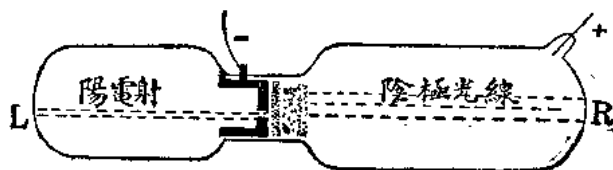
### 3. 陽電射——同位異重質

放電管中除了陰極光線以外，尚有第二種光線非常的重要，就是陽電射 (positive rays)，陽電射是一八八六年荷盧斯坦 (Goldstein) 所發明者。

在放電管中，因陰陽兩極有電位差，管中陽遊子被電場吸引射擊陰極，能使陰極電子放射出來；但是電子射出後能再發生陽遊子。這種陽遊子是在陰極附近所發生者，向陽極射去。

荷盧斯坦把放電管中之陰極穿一小孔，這陽電射就經過此小孔到第二管中，在第二管之L處發生螢光，表明陽電射達到之點。

此處我們亦可用電場及磁場使陽電射有一種相當的彎曲，我們可以測定陽電射粒子進行的速度  $V$  及比率  $\frac{e}{m}$ 。



結果速度  $V$  僅每秒鐘幾百個公里，比率  $\frac{e}{m}$  是與電解中同樣的比率大小相同，然則陽電射是由尋常的原子所組成的了。

英國物理家湯姆生 (J. J. Thomson) 氏自一九一〇年即用「電場及磁場使陽電射彎曲」之方法分析化學元素，結果求出氮 ( $N_2$ ) 其原子量為  $20.20$  是由兩種物質混合而成者。一個的原子量是  $20$ ，他一個的原子量是  $22$ ，平常的氮是這兩種物質的混合體。氮本是向來所認為單體的元素，至是亦證明為混合體，由是化學上元素的觀念為之大變。但是這兩種物質物理上及化學上的性質完全相同，不能用尋常方法使之分離。

俄國的化學家滿得雷也夫 (Mendelyev) 曾把化學元素按照原子量的次序列了一個表，到了一定數的元素以後，又有與前次元素性質相當的他一元素出現，如是得一表叫作週期表。

上邊所說的兩種氮 ( $N_2$ ) 在週期表中占同一的位置，所以我們給他一個名叫作同位異重質 (isotopes)。氮的原子量等於  $20.20$ ，乃是兩種同位異重質 (原子量為  $20$  及  $22$ ) 的平均數。

這同位異重質的觀念，本來是由射光性物體得來的。射光性物體的同位異重質，早已經發現