

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編


原 子 論

李書華著

商務印書館發行







李書華著

百科小叢書

又

第一集一千種

原 子 論

李 書 華 著

上海寶山路
商務印書館

發行者

上海及各埠
商務印書館

發行所

中華民國十八年十月月初版

此書有著作權翻印必究

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

A T O M S

By

LI SHU HUA

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1929

All Rights Reserved

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

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 (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 (H_2O) 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

氫鈉或氫的公分原子量。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蓀 (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 ($AgCl$) 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 ($CuSO_4$) 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 96600 庫的電量，經過氫化金 (AuCl_3) 的溶液，就有 $196.13 \div 3 = 65.3$ 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 $196.13 \div 3 = 65.3$ 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，及氫氯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 (NaCl) 的溶液中， Na 及 Cl 可以分離， Na 荷陽電成了 ^+Na ， Cl 荷陰電成了 ^-Cl 。這荷電的原子就叫作遊子 (ions)。

一個公分原子價所用的 96600 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 (K^+)，鈉遊子 (Na^+)，銀遊子 (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 (Ca^{++})，鋇遊子 (Ba^{++})，硫酸根遊子 (SO_4^{--}) 等所荷的電量是元電量的二倍。三價遊子如鋁遊子 (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：

$$F = eN. \quad \text{或} \quad e = \frac{F}{N}$$

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。

按照法國現代物理學家畢漢 (Jean Perrin) 氏試驗的結果，曾證明：

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

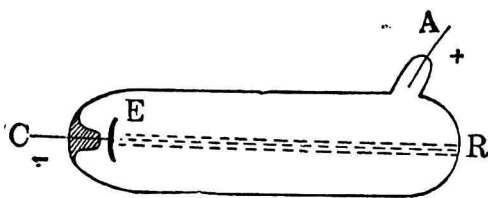
這個結果是比較精確的數目，關於亞歐加德厚氏的數目之研究，是物理學上最近若干年的成績，不過為便於講解起見，所以我在這裏乘便先把他說了。

總之電解告訴我們：組成食鹽 (NaCl) 之 Na^+ 及 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）氏會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) 厚 $\mu = 10^{-5}$ 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：

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

，，	= 2500	————→	V = 3000	，，
，，	= 33000	————→	V = 10000	
，，	= 78000	————→	V = 15000	
，，	= 200000	————→	V = 200000	

至於比率 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 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：
 $e = 4.77 \times 10^{-10}$ 靜電單位。

然則電子的質量 M_e 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 $N = 6.85 \times 10^{23}$ 。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：

$$\frac{15 \times 10^{-24}}{1630} = 0.9 \times 10^{-27} \text{ 公分}$$

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 $\left(\frac{F}{R} = M\right)$ 亦就是物體的惰性，質量或惰性從許多年以前，吾人就認為是物質所特有的，但是電亦有惰性的。

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。

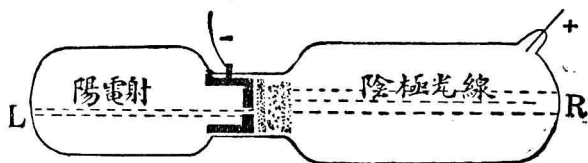
3. 陽電射——同位異重質

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苟盧斯坦 (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。

苟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 e/m 。



結果速度 V 僅每秒鐘幾百個公里，比率 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，結果求出氦 (He) 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 ，平常的氦是這兩種物質的混合體。氦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 (Mendel'ev) 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。

上邊所說的兩種氦 (He) 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)。氦的原子量等於 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

了。回頭我們說到射光性物體時再講，自從湯姆生氏的試驗發表以後，始知尋常的元素亦有同位異重質。

英國物理家亞斯東 (F. W. Aston) 氏於一九一九年在劍橋大學的加灣地斯 (Cavendish Laboratory, Cambridge) 氏的實驗室中繼續用陽電射分析元素，他的方法比湯姆生氏的方法精確多了，亞斯東氏研究了許多的元素，茲將他的結果列表於左：

元素	符號	向來用化學方法 所測得之原子量	真實的原子量	同位異重質數目
氫	H	1.008	1.008	1
氦	He	3.99	4	1
硼	B	10.90	11. 10	2
碳	C	12.00	12	1
氮	N	14.01	14	1

氮	O	16.00	16			1
氟	F	19.00	19			1
氛	Ne	20.20	20.	22	(21)	2
矽	Si	28.30	28	29	(30)	2
磷	P	31.04	31			1
硫	S	32.06	32			1
氯	Cl	35.46	35	37	(37)	2
氫	A	39.88	40	36		2
砒	As	74.96	75			1
溴	Br	79.92	79	S1		2
氬	Kr	82.92	84	86	82 83 80 78	6

碘	I	126.92	127	1
氫	X	130.20	129.132.131.134.136 (128.130)	5(7)
銻	Hg	200.60	(197.200) 202.204	(6)

表中加括弧者，乃表示其結果尙未確定。

亞斯東氏用『熱陽電極』方法，研究各金屬，其結果如下：

元素	符號	向來用化學方法所測得之原子量	真實的原子量	同位異重質數目
鋰	Li	6.94	7. 6	2
鈉	Na	23.00	23	1
鉀	K	39.10	39 41	2
銣	Rb	85.45	85 87	2
銿	Cs	132.81	133	1

美國物理家燈波特 (Dempster) 氏於一九一八年在芝加哥 (Chicago) 黑爾孫物理實驗 室 (Ryerson Physical Laboratory) 用下列之方法為質量之分析，使粒子全經過同一之電位差，就是具有同一之能一個磁場可以使這些粒子受相當之彎曲，燈波特氏即用此法分析了幾種元素，其結果如下：

元素	符號	向來用化學方法所測得之原子量	真實的原子量	同位異重質數目
鎂	Mg		24 25 26.	3
鋰	Li		6 7	2
鋅	Zn		64 66 68 70	4

上述之湯姆生氏，亞斯東氏，及燈波特氏三個方法，全是分析所謂「單體元素」的方法。由上列之結果，我們可以得出兩個重要的結論：

(一) 古時所認定之「單體元素」今始知其中若干為數個同位異重質之混合體，於是化學

上起了一種大革命。

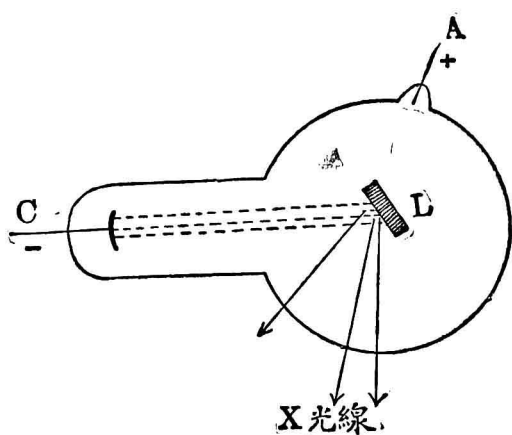
(11)除了 $H=1.008$ 以外，其餘的原子量全是正整數，按照古時法國化學家普斯特(Prout)氏的定律，以為各元素之質量全是氫質量之倍數。但是後來因化學進步求原子量的方法益精密，而各元素之原子量多半有小數；於是多年以來普斯特氏的定律似乎失了效用。今按照湯姆生氏，亞斯東氏，及燈波特氏的結果，古時普斯特氏的定律，現在又有效用了。

4. X光線及射光性物體

X光線是一八九五年德國物理家恆特根(Röntgen)氏所發明的。恆特根氏曾作陰極光線的試驗，他觀測的結果，知發生陰極光線之放電管的內面，發生一種特別的光，因名之曰X光線。現在發生X光線是用下列的裝置：

用鉑(Pt)或鎢(W)所製之阻止器L，放置於放電管中陰極光線之路線上，阻止器L將組成陰極光線之電子擋住，於是在L上即發生X光線。凡電子被一個物體阻止前進時，即發生X光線，

這是發生X光線的第一個方法；用這個方法，放電管中須有少許之氣體方可。



還有第二個方法可以發生X光線，就是美國柯立芝 (Coolidge) 氏的管，這個管是真空的，將陰電極熱燒之，即發生電子，使C及L有電位差，使L電位為正號的，則陰極由熱燒所放出的電子即被吸引向L方向運動，最後即與L衝撞而發生X光線。

X光線不被電場或磁場所彎曲；所以X光線絕不是由微粒子而成的。

X光線能感應照像板，能使其所穿過之氣體有電離作 (ionization) 用，X光線能穿過一定厚的物質能激起硫化鉛 (ZnS) 放螢光。

X光線在醫學上用得很多，檢察受傷人體中有無槍彈，即用X光線。

如組成物質之原子的原子量大時，X光線即難於穿過；如組成物質之原子的原子量小時，X光線即易於穿過。無論物質爲元素或爲化食物，與X光線穿過之程度，完全無關係。換言之，即X光線穿過物質完全爲『原子之特性』與『分子』毫無關係。

古時不知X光線爲何物，自一九一二年以後由德國洛亥 (Lave) 氏的理論，及英國卜亞哥 (Sir W. H. Bragg 及 W. I. Bragg) 父子的實驗，知X光線與普通光線是一樣的東西，不過比普通光線的光波長 (wave length) 小一萬倍的樣子。近來量光波長的單位，常用安哥斯特倫 (Angström) 簡寫爲 U. A. 1個 U. A. 等於 10^{-8} 公分 (cm.) 尋常目所能見之光，其波長爲 7000 至 4000 U. A. X光線的波長，因放電管中之電位而不同，其大小約等於一個 U. A. 最大的有 10 U. A. 最小的有 0.3 U. A.

以上所說的放電管中有三種光：(一)陰極光線；(二)陽電射；(三)X光線。這三種光均能感應照像板，激起各種螢光，並能使其所經過之氣體爲傳導體。自然界有若干物體不必受外邊激動，就自然能繼續放射上列三種同樣的光。這種物體是一八九六年法國物理家白戈黑 (Henri Bec-

querel) 氏第一個所發現的，就是鈾 (U_r) 及鈾鹽類。這種物質放射的現象，無論或冷或熱或晝或夜在明處或在暗處，全是永久一樣。這種現象只與鈾之存在為斷，決不因其化合物之狀況而少變；所以這完全是『原子』的性質。我們由此可以想到『原子』是個複雜的東西，並不是固定不變的。

不僅鈾及鈾鹽有此性質而已，一八九八年至一九〇二年法國物理家居禮 (Curie) 夫婦經了種種的困難，發明了一種金屬叫作銻 (Ra = 226.5)。銻之射光能力較鈾大一百萬倍，後來居禮夫人又發明了鉍 (Po)，法國德柏和諾 (Debierrne) 氏又發明了釷 (Ac)，亦全為射光性物體。

射光性物體發生三種光如下：

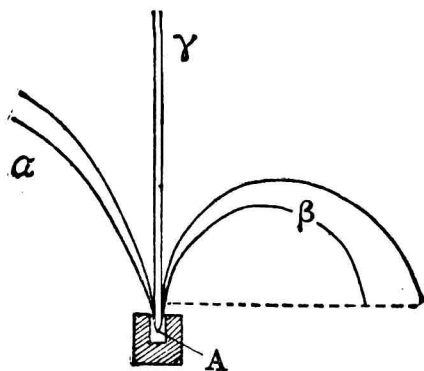
(一) α 光 與放電管之陽電射相同，可用磁場使之彎曲。英國現代物理家哈德發 (Sir Ernest Rutherford) 氏曾證明 α 的粒子是荷電的氦 (He) 原子。 α 粒子進行的速度是每秒鐘兩萬公里。 α 粒子穿過幾個公分 (cm.) 的空氣之後，即被停止。

(二) β 光 白戈黑氏曾研究過 β 光，證明 β 粒子就是電子。這 β 光是與放電管中之陰極光

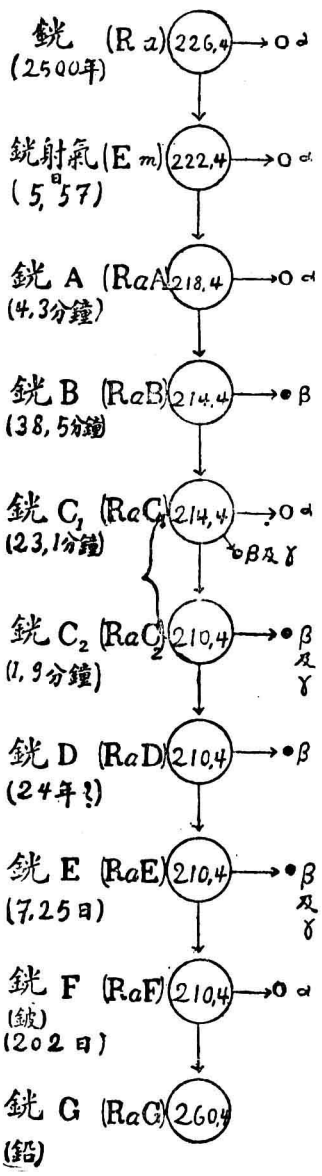
線相當；但 β 光的速度非常的大，每秒鐘能達29,0000公里。所以穿過性很大，穿過一個公尺的空氣僅減少一半的能力，磁場能使 β 光彎曲。

(三) γ 光 電場及磁場均不能使之彎曲，這個光與放電管中X光線相當，不過比X光線的光波長更小了。穿過性非常的大，穿過一個公分(c.m.)厚的亞鉛(即鋅)之後，能力尚不至減少一半。

設於A處放置少許之射光性物體，與紙面成直角之一磁場能將此三種光分開如下圖所示者。



射光性物體是自然蛻變的，一個射光性物質的原子，自然破裂，射出其一部分的物質 γ 或 β 粒子，就變成第二種物質的原子，這第二種物質的原子射出一個 γ 或一個 β 粒子之後，又變成第三種物質之原子，如是須得經過許多的變化，方能到了一個固定的原子而蛻變方可終止。



茲舉銑 (Ra) 蛻變之一例亦可知蛻變現象之複雜：

這種蛻變完全與化學變化不同，蛻變時所發出的能力是比化學變化大者無窮的倍數。居禮曾測定一克的銑每小時發出一百三十個加路里 (calories) 的熱量，這個能力實在是大的很。且蛻變的速度，與物理及化學的狀態完全無關係，人力不能使之快，亦不能使之慢，化學變化往往隨溫度而變化，射光性物體之蛻變就大不然了，溫度是毫不不能左右的。

由此看來，射光性物體之蛻變化學變化完全是不相同的，化學的變化是分子的變化，射光性物體之蛻變是原子的變化。

上邊圓圈中之數目係原子量，元素下所列之數目為各元素之平均生命，例如銦之平均生命二千五百年，銦射氣之平均生命為五日又一日之百分之五十七，由銦一直蛻變到銦G就不再變了。銦G就是鉛， α 粒子就是荷電的氦(He)原子，氦的原子量是4，銦原子失去五個 α 粒子以後變為銦G，所以銦G的原子量應為 $226.4 - 5 \times 4 = 206.4$

現在吾人所已知之射光性元素，已有四十種，在滿得雷也夫氏的週期表上不能安插，於是發現了多種射光性元素，雖然原子量不一樣，然而性質卻完全相同，這就是同位異重質銦G（或鉛）的原子量是 206.4 ，但是尋常鉛 (Pb) 之原子量是 207.2 這兩種之鉛就是同位異重質。

(二) 原子的構造

自從X光線及射光性物體發明以後，在原子論上算是個新紀元了。

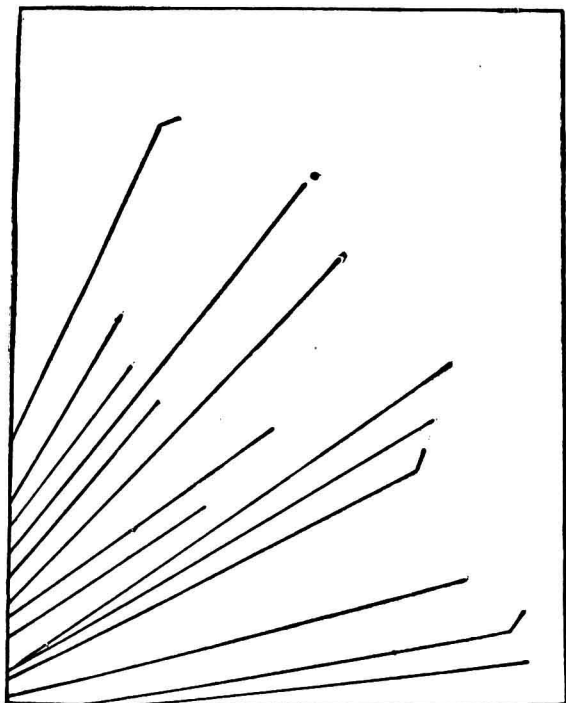
自二十世紀初期物理家即極力描寫原子的構造，法國物理家畢漢氏自從一九〇一年就假定原子是與太陽系一個樣的。荷負電的「電子」在荷正電的「原子核」的周圍旋轉，就是同各恆星圍繞太陽旋轉一個樣子，當時尚有人對於此種理論大發疑問，後來哈德發氏用 α 粒子的試驗完全證明了這個理論。

哈德發氏於一九〇九年曾用射光性物體所發生之 α 光線研究原子的內部，哈德發氏曾證明 α 光線是氦之原子荷有二個元電量，即 He^{+2} 。其自然射出的速度是每秒鐘二萬公里， α 粒子能穿過物質，尤其能穿過氣體，前邊已經說過了。

英國物理家威爾遜 (C. T. R. Wilson) 氏發明了一個方法可以看見 α 粒子所走的路線：

如使含有飽和水蒸汽之空氣的體積忽然增大，可使其溫度低降，如果氣體中有塵煙或遊子，則水蒸汽可凝固於其上，我們可以看見 α 粒子經過的路線上，因電離作用可發生許多遊子，若使氣體體積忽然膨脹，則水蒸汽即凝固於 α 粒子所經過之路線上，吾人可以看見，並可以照像。

結果：許多 α 粒子所走的路線全是直線，但是其中有少數是彎曲的，並有彎曲甚多者，這個彎曲就是因為 α 粒子與其等大或更大的物體衝撞的



α 粒子在空氣中之路線 (Wilson)

原故，就是與氣體原子核衝撞的原故。

既是彎曲的路線很少，就是許多的 α 粒子均穿過物體未與原子核衝撞，其衝撞者僅占少數，按照一九二〇年查德威克 (Chadwick) 氏試驗之結果，我們知道：

- (一) 原子與太陽系一樣，與畢漢教授所想像者完全相同。正號的荷電全凝集於原子核上，原子核的直徑，最小的是氦 (He) 等於 3×10^{-13} cm，最大的是金 (Au) 等於 3×10^{-12} cm。
- (二) α 粒子與其所經過之氣體的原子核相拒，是與其距離之平方為反比例。
- (三) 原子質量全部全集於原子核，電子的質量是很小的。
- (四) 原子核所荷的電量可以測定，原子核所有元電量之數目，即為滿得雷也夫的週期表中之原子次序數目。

原子的全部既是中性的，原子核周圍電子的數目，當然亦就是原子次序數目。

上邊所說的是由射光性物體所得之結果，同時英國物理家毛斯雷 (Mosley) 氏於一九一四年用 X 光線研究原子的次序數目，由鈉 (Na) 直研究到鈾 (U)，由是知道元素之原子量無甚意思，所最重要而能代表每一元素之特性者，為元素之次序數目，此次序數目約等於原子量之一半。

茲將滿得雷也夫週期表最新的樣式列左：

周期	組 0	組 1	組 2	組 3	組 4	組 5	組 6	組 7	組 8
		1) 氫 H 1,008							
1	2) 氫 He 4,00	3) 鋰 Li { 6,00 7,00	4) 鈉 Na 23,00	5) 鎂 Mg 24,0	6) 鋁 Al 27,114	7) 矽 Si 28,0	8) 磷 P 31,04	9) 硫 S 32,06	10) 氯 Cl 35,5
2	10) 氖 Ne 20,0	11) 鈉 Na 23,00	12) 鎂 Mg 24,0	13) 鋁 Al 27,114	14) 矽 Si 28,0	15) 磷 P 31,04	16) 硫 S 32,06	17) 氯 Cl 35,5	18) 氬 Ar 39,9
3	18) 氩 Ar 40,00	19) 鉀 K 39,10	20) 鈣 Ca 40,07	21) 鈾 Sc 44,122	22) 鈦 Ti 48,1	23) 鈦 V 51,024	24) 鉻 Cr 52,025	25) 錳 Mn 54,938	26) 鐵 Fe 55,84
		29) 銅 Cu 63,5730	30) 鋅 Zn 65,37	31) 鎳 Ni 58,71	32) 鈷 Co 58,93	33) 鎳 Ni 58,71	34) 鎳 Ni 58,71	35) 鎳 Ni 58,71	36) 鎳 Ni 58,71
4	36) 氪 Kr 83,8	37) 銣 Rb 85,47	38) 銣 Sr 87,62	39) 鈾 Y 87,62	40) 鋅 Zn 65,37	41) 銻 Sb 121,75	42) 碲 Te 127,6	43) 碘 I 126,9	44) 釷 Th 232,0377
		84) 銣 Ag 107,868	85) 銣 Cd 112,404	86) 銣 In 114,818	87) 銣 Sn 118,710	88) 銣 Sb 121,75	89) 銣 Te 127,6	90) 銣 I 126,9	91) 銣 Pb 208,9824
5	54) 氙 Xe 131,3	55) 銣 Ba 137,327	56) 銣 La 138,9055	57) 銣 Ce 140,12	58) 銣 Pr 140,9076	59) 銣 Nd 144,242	60) 銣 Pm 144,9128	61) 銣 Sm 150,36	62) 銣 Eu 151,964
		136) 銣 Au 197,80	137) 銣 Hg 200,59	138) 銣 Tl 204,38	139) 銣 Pb 208,98	140) 銣 Bi 208,98	141) 銣 Po 209	142) 銣 At 210	143) 銣 Rn 222
6	86) 銣 Fr 223	87) 銣 Ra 226	88) 銣 Ac 227	89) 銣 Th 232	90) 銣 Pa 231	91) 銣 U 238	92) 銣 Np 237	93) 銣 Pu 244	94) 銣 Am 243

上表中各元素前之數目爲元素之次序數目，各元素後之數目爲各元素之原子量，表中第 43. 61. 72. 75. 85. 87 各元素，今尙缺如，週期表表明各元素之關係，將各元素隨原子量增加之次序排列，則若干元素以後復有與前次性質相同之他一元素出現。表中每一橫格爲一週期，每一縱格爲同族元素，如是將元素分爲九組，第一個元素，就是氫，第二個元素是氦，以次類推至第九十二個元素爲鈾 (U_r)。

用電子論解釋這化學元素的定律，就非常的簡單，我們知道陽電原子價的金屬由光或熱等作用最容易把其中的電子放出，這是個事實，元素之有原子價，就是因爲電子的原故，電子離開原子後，則原子即荷正電，這個容易離開原子的電子，是在原子的最外層，原子最外層電子的數目，即陽性元素的原子價。

在週期表中由一個元素到了其次的一個元素，就是原子最外層的電子增加一個，但是原子須得永久中性，所以原子量亦連續的增加，就是原子核亦增加一個元電量。

總之，陽性的原子價是相當於原子最外層之電子數目，而原子價總數爲 8，陰性原子價是相

當於原子最外層較8個所少之電子數目，所以我們可以說了若是原子最外層電子的數目是8個，原子就飽和了。

比方若是我們加上一個電子及一個陽性元電量於氦(He)，我們就可以得一個飽和的元素，非常固定，無論與何種元素，亦不起化學變化，這就是氖(Ne)。氖最外層電子的數目，已經飽和，若再加一個電子，這個電子須得在氖原子最外層之外，就變成了一個陽性的一價元素，就是鈉(Na)，所以氖之下是鈉。

元素之次序數目，即原子數目(atomic number)，由一個元素至其次之一元素無論在一週期中或由一週期至第二週期永久是增加一個單位，鈉素原子最後組成之最外層只有一個電子，氫原子之最外層則有七個電子，氫(H)有八個電子，與氖之性質相同。若再加一個電子，即又得一個鹼性金屬，就是鉀，如是一個新電子層可逐漸組成，我們由是可以明白至滿得雷也夫氏週期表的來歷了。假定兩種元素的原子最外層之電子數目相等，這兩種元素的性質，就很相同。

元素愈複雜，其電子數目愈多，其電子層亦愈多，而原子亦愈重而愈大，於是原子價的規則，漸

漸的就不太清楚了。最後則陰性原子價完全沒有了，而非金屬元素亦就完全沒有了。外層電子距原子核甚遠，於是外層電子被吸引之力，就非常之小了。

射光性物體之蛻變有二種：

- (一) 射出一個 α 粒子；
- (二) 射出一個 β 粒子。

這個 α 及 β 粒子全是由原子種中射出的，射出一個 α 粒子（即 He^{++} 或氦原子荷有二個陽性原電）後，原子數目將減少二個單位，元素在週期表中將退回二個位置；所以銻（ Bi ）變成銾射氣（ Eh ）就是如此；反之失去一個 β 粒子，則元素在週期表中可升上一位。

氫外層僅有一個電子，氫原子核所荷的電是一個元電量。

總之，由上邊的結果，我們知道：原子核很小，他的直徑是 10^{-13} 至 10^{-12} 公分（ cm ）。設 N_a 為原子數目， e 為原電量，則原子所荷之正電量為 $N_a e$ 。電子所荷之負電，係中和原子核所荷之正電，電子是在原子核周圍旋轉，電子距原子核之距離，多者為 10^{-8} cm ，少者為 10^{-10} cm 。

用『X光線在結晶體之迴折』(diffraction of light)方法，可以測定各種原子之直徑，卜亞哥(W. L. Bragg)曾作此類許多之試驗。茲將一九二一年所發表之結果列下：

原子數目	元素	原子直徑	原子數目	元素	原子直徑
3	Li	3.00×10^{-8} cm.	13	Al	2.70×10^{-8} cm.
4	Cl	2.30	14	Si	2.35
6	C	1.54	16	S	2.05
7	N	1.30	17	Cl	2.10
8	O	1.30	19	K	4.15
9	F	1.35	20	Ca	3.40
11	Na	3.55	22	Ti	2.80
12	Mg	2.85	24	Cr	2.80
25	Mn	2.95×10^{-8} cm.	47	Ag	3.55×10^{-8} cm.

26	Fe	2.80	48	Cd	3.20
27	Co	2.75	50	Sn	2.80
28	Ni	2.70	51	Sb	2.80
29	Cu	2.75	52	Te	2.65
30	Zn	2.65	53	I	2.80
			55	Cs	4.75
33	As	2.52	56	Ba	4.20
34	Se	2.35	81	Tl	4.50
35	Br	2.38	82	Pb	3.80
37	Ru	4.50	83	Bi	2.96
38	Sr	3.90			

一九二二年漢吉諾(Rankine)氏由黏性(Viscosity)測定結果，得計算各稀少氣體之原子

直徑如：

Ne.....	2.25×10^{-6} cm.	Kr.....	3.10×10^{-8} cm.
A.....	2.87	Xe.....	3.41

最精細之顯微鏡能直接觀測物體至 2×10^{-5} cm. 之長度，若用苟東 (Cotton) 與木東 (Monton) 氏所發明迴折光顯微鏡 (ultramicroscope) 尙可觀測三十倍更小之物體，即能觀測物體至 6×10^{-7} cm. 的大小。這個數目比較由氣體分子運動理論所推測之分子的直徑尙多十倍有餘，比上表所列之原子的直徑則多二三十倍了。

丹麥物理家保爾 (Bohr) 氏應用德國著名物理家卜浪克 (Planck) 氏的元能論 (quantum theory) 能表明尋常光的現象及X光的現象，他得了下列的結果：物質發光由於原子之振動，原子中之電子在其固定的路線上，即不發光，若是電子由第一個路線忽移至第二個路線旋轉，原子即可發光。

吾人最近由理論及實驗得了下列的結果：

(一) 化學的現象及尋常光的現象是由於原子最外一層的電子；

(二) X光線的現象，是由於原子內層的電子；

(三) 射光性物體之各現象，是由於原子核。

由以上所說者，我們知道組成原子有：

(一) 原子核 在中間，如太陽系中之太陽，原子核係荷陽電。

(二) 電子 在原子核之周圍旋轉，恰如太陽系中之恆星，圍繞原子核而旋轉。

原子之構造，既如上述。但原子核及電子所荷之電既符號相反，自當互相吸引，而原子核及電子能各自存在者，即因電子旋轉可發生遠心力，於是原子核對於電子之吸力及電子運行所發生之遠心力成平衡了，原子之所以能固定者就是這個原故。

一九一九年一九二〇年及一九二一年哈德發氏作了一個驚人的試驗，他用銦 C (FeO) 自然射出之 α 粒子射擊氫 (O)，氫 (N)，空氣及碳氫氣 (CO₂) 之後，得了一種新物質，就是 H₃，或者是組成物質的一個要素。哈德發氏又用 α 粒子只射擊氫 (H)，結果氫原子被射擊後有破裂

者，發生少許之氫(H)，可知氫原子爲組成物質之一重要元素，哈德發氏這個方法，叫作『人工的元素蛻變法。』

射光性物體之自然蛻變，除 β 粒子外，發生 α 粒子，即氦(H \odot)之原子。於是組成物質之要素，除電子或 β 粒子外，尙有三種：(一)爲H；(二)爲H \odot ；(三)爲He。但現在科學家相信H \odot 及He全由H收縮凝集而來者。

但是H = 1.008，既是各元素之原子量應爲H之倍數，何以按照同位異重質之結果，各原子量均爲正整數？比方氦(H \odot)的原子既是4；既是氦由氫收縮凝集而成的；何以氦的原子量不等於 1.008×4.032 ？這個問題阻撓化學的進步及物質論的進步有許多年。按照相對論的理論，這個問題可以有解答了。按照新理論能力與質量不分，能力減少時，質量亦減少，氫凝集成了氦的時候，損失了一點能力；所以質量也就減少了一點。按照這個減量，可以測定所發出的熱量，現代畢漢氏會利用此理計算太陽熱，假定太陽由氫組成，而此氫凝集成氦，則太陽活動年限，能達80,000,000,000年，而地球之生成，約當爲10,000,000,000或20,000,000,000年。這個數目，可以令地質家十

滿意，這是原子論對於天文上的應用。

由以上所說者，組成物質之要素有二：

(一) 電子；

(二) 氫原子核。

由原子論之進步，而物質之組成以明，要緊化學根本上的觀念受了絕大的變化；這實在是物理學的大進步，亦是科學全體的大進步。