

科學叢書

最近原子論大要

著譯校
致朴章
來太瀛
格鄭程

商務印書館發行

序

原子論爲近代物理學中最可注意的部分,其所研究乃是物質之實體問題,其見解是我們宇宙觀之基本。雖然哲學家與科學家中至今尙有否認原子爲實在者,但物理界種種現象,實不能不使我們假定原子之存在;至少亦可說,假定原子之存在,於解釋物理現象上極爲便利。而觀輓近的物理思潮,則原子的觀念,且推及於能力上,而有能子論出現了。原子論近年來進步極多,而自波耳 (Bohr) 氏將能子論引入原子論後,此方面實開了一生面。本書原爲德國物理學者格來致 (L. Grätz) 之通俗講演稿,譯者以其簡繁適當,敘述明顯,包括完備,實爲通俗原子論中極難得之書,故取而譯之;讀此書後,不僅能知道原子論至今造詣已至若何程度,且於原子論之基本思想,亦不難明白一些。譯時所用原本,係適纔出版的第五版。

民國十四年四月

譯者誌於德國

目 次

第一章	化學及熱學上之分子與原子	1
第二章	電學上之原子	14
第三章	放射性物質	29
第四章	樂琴線與心核理論	45
第五章	線光系與波氏原子觀	62
第六章	餘論	80

最近原子論大要

第一章

化學及熱學上之分子與原子

古代哲人中,已有人想到,空間物體,不是把所佔空間完全無隙漏的填滿的。事實上,只要看物體溫度降低時之收縮,所佔空間較前小了,以及受壓力的時候亦會如此,便可知物體不是把所佔空間完全填滿的;否則決不能如此。所以物體表面上看來雖是連續的,實在不能無隙漏,不過這種隙漏是極小的就是了。即使用最強顯微鏡去看時,也看不出物體是不連續的,從此可知物體必由很微細的,爲顯微鏡所不能見的微點所構成,各點之間有若干距離,而當溫度變動時,這種距離亦跟着變動,被壓榨時也如此。這種見解,各方面均不難找得證據,而最能造詣精確,則得之化學的研究。蓋無論自然界中所原有的化合物或化學家所製出的,其所含原質的分量,總有一定的簡單的關係。對於這種事實之簡單的并充分的解釋,即是假定每種原質由微細的所謂原子者所構成;

這種原子各有一定的質量，同一原質之原子，性質上相同，其所有質量亦同，惟不同的原質，則其原子所有質量及屬性亦各不同。原質的數目，既有九十多種，那麼原子自亦有如許種類。由這些不同的原子組合，乃構成一切化合物之極小的基本單位，叫作“分子”。原子所有的重量，到了今天我們已很有把握用克蘭姆（以後略作克）表之。但是尋常所說的“原子量”却並不是原子所有質量的真數；那是某原子的質量和氫原子質量的比。故原子量是相對的數目，都用化學的方法來鑑定的。還有原質的符號，如氫作H，氦作He，氧作O等等，不但是表其名稱而已，同時并表其數量，例如N表氮，同時也表一原子的氮。尋常所謂“克原子”，就是說該物若干克如其原子量所定者；例如一克原子氮，即為十四克氮。

如前所說，由不同原質的原子相組合，乃構成分子，是化合物的最小單位。反之，分子亦可以分解仍舊變為原子。“分子量”總是等於其中所含原子的原子量之和。如是看來，好像單純原質是與由原質所組成的化合物之間有分別，即前者之最小的單位是原子，而後者則為分子，但是從許多事實上可以證明並不是如此的，原來原質之構成單位，在大多數原質方面不是單個的原子，而是由數個原子所集合的分子，所與化合物不同者，則後者之分子由不同的原子所組成，而前者之分子則由同的原子所合成就是了。十九世紀之初，化學家亞佛加德羅 (Avogadro) 曾發見一定律：“一切氣體於同

溫度同壓力下其同體積內所含分子之數同”。事實上，無論何種氣體，是單純原質或是化合物，其所遵循的定律均同，則可知其原子量與分子量雖各有差別，而必有相同者在；此項相同處，即是亞氏前此之定律。從這條定律，即不難推知前所說的原質亦有分子。我們知道一斗氫氣與一斗氯氣可化合成二斗氣體，氫化氫，因為每一個分子含有一個氫原子與一個氯原子。倘氫與氯的分子祇含有一個原子，那末結果不能得二斗氫化氫，而祇能得一斗。由此可知氫分子與氯分子都是由二原子所構成的。

普通原質的分子大都不是一個原子所成的。祇有幾種金屬像汞的蒸氣，他們的分子向來假定其祇含一個原子。因為氣體方面，比熱須分為二種，即定壓力下及定體積下之比熱，而照分子運動論，我們知道氣體之分子若祇含一個原子者，其二種比熱之比當作 5:3。事實上，孔脫 (Kundt) 與華堡 (Warburg) 二人於汞蒸氣方面測得確是如此，因而得證明了。但起初所知道的祇是汞一種原質是單原子的，後來有新氣體的發見，於是知道汞以外尚有氫，氯，氮等數種原質亦為單原子者，並且後數種原質尚有此項屬性，其原子不能與他原質之原子相化合。

由此可知除了少數單原子的原質外，一切都是以分子為構成單位，而分子則由幾個原子所合成，因而原子是一切物質之最小單位了。惟原質的數目既有九十多種，那末，照前

所說,原子的數目亦必有如許多了。不過好久以來即已有人提出這問題,換言之就是能不能此項不同的原子乃是一種基本原子之各種組合,而此基本原子則爲最輕的原子,即是氫原子。十九世紀之初,有普牢特 (Prout) 者曾立一假設,謂一切原子均可由氫原子得之。若果如此,則一切原子量必爲氫原子量的整倍數;氫的原子量既爲 1,則餘者爲 1 之倍數必盡是整數了。然而這個問題,非有極精確的測定,不能解決。例如汞之原子量初時測定爲 200, 此與普氏假設相合;但後來又得 200,6, 則與普氏說有衝突了。事實上,祇有極少數原子量是整數的,其餘許多都不然,惟大部分與整數所差者爲極小而已。而在他方面,尚有一件事,亦爲好久以來所注意到的,即是化學上性質相似的原質,他們的原子量間,有許多近似的規律性在,最普通表出此項規律性者,爲門對雷葉夫 (Mendeleev) 與邁爾 (Lothar Meyer) 兩人所發見的“原質之週期系統”,照此,則原子之化學的屬性,和他們的原子量有週期的關係。在有許多原質方面極能自然的適合此定律;蓋若將其依原子量排列時,則第九原質之屬性,與第一者相同。然嚴格的規律性則亦并不能見出。如表中直至 Mn (原子量 54,9), 頗有規律性可見。

0	I a b	II a b	III a b	IV a b	V a b	VI a b	VII a b	VIII
He 4,0	Li 6,94	Be 9,1	B 11,0	C 12,0	N 14,0	O 16,0	F 19,0	
Ne 20,2	Na 23,0	Mg 24,3	Al 27,1	Si 28,3	P 31,0	S 32,0	Cl 35,5	
A 39,9	K 39,1	Ca 40,1	Sc 45,1	Ti 48,1	V 51,0	Cr 52,0	Mn 54,9	Fe 55,8 Co 58,9 Ni 58,7
(FeCoNi)	Cu 63,5	Zn 65,4	Ga 69,9	Ge 72,5	As 74,9	Se 79,2	Br 79,9	
Kr 82,9	Rb 85,4	Sr 87,6	Y 88,7	Zr 90,6	Nb 93,5	Mo 96,0	—	Ru 101,7 Rh 102,9 Pd 106,7
(RuRhPd)	Ag 107,0	Cd 112,4	In 114,8	Sn 118,7	Sb 122,2	Te 127,5	J 126,9	
X 130,2	Cs 132,8	Ba 137,3	La 139,0	Ce 140,3	T 181,5	W 184,0	—	Os 190,9 Ir 193,1 Pt 195,2
(OsIrPt)	Au 197,2	Hg 200,6	Tl 204,0	Pb 207,2	Bi 209,03	Po	—	
Rd	—	Ra 226,0	—	Th 232,1	UX ₂	U 238,2	—	

繼此即爲鐵類三原質，頗難解釋。自此後又頗有規律，以至於鈹類原質又復不洽。而在鉑類亦然。自發見許多新原質後，此方面之困難益以增加。又如表中所示，每直列中各原質其化學性質雖相似，但仍須別爲二類，即 a 與 b，其間殊有差別。故事實上，此項週期系統實不能說全無可疑之處的了。然自琴光系 (Röntgenspektren) (此於以後論之) 方面之智識大進後，於此已能十分明白，知原質之次序究是若何的——此項次序與原子量之次序殊多不合——并知系統中空處尙有新原質未發見。這裏所附的表，乃是近來所作各種不同的週期表中之一種；於此，I 之前尙有一列 0，爲新近發見的氣體原質，VII 之後有一列 VIII，則將前述三原質組列入，至最新發見的希有土族，諸多未列出(在 Ce 與 Ta 之間)，而氫亦未列。此表殊不完備，第四章中當有完美者另列出。至表中每列又分成爲 a 與 b 兩列，則純爲表相似性者，凡 a 中諸原質或 b 中諸原質，相互間極爲相似，若 a 中與 b 中者則有差了。例如 I 列中 Li, Na, K, Rb, 等爲同類原質，Cu, Ag, Au 亦爲同類，至前者與後者之間，則已無直接相似性可言了。他列中亦然。爲此，我們可說週期系統祇是發見各不同的原子間關係之第一步而已。

原子量所給我們的，不是原子真正的質量，乃是某原子與氫原子量之比，故是相對的。然欲對於原子有更明確的觀念，則其真的質量以及其大小不能不設法測定。倘若我們把

原子看作球形，則其半徑多長，亦須設法測之，這些都是非常可注意的事，不過卻是難事，原子之微小，即我們所有最強的顯微鏡，極精的天秤，相差亦太遠，不能窺其萬一，故直接測定是不可能的。

直接測定雖不可能，但間接的方法則未嘗沒有。就中有一種是根據分子運動論的，頗為明白。其所測者雖祇是分子而非原子，然分子既為原子所合成，則亦非無關係的。我們知道物體祇能有三種狀態，或為固體，或為液體，或為氣體。固體與液體的分子，其相距要較氣體者為近，這是極容易明白的。氣體分子間的距離既然較大，那末分子與分子間所有相互影響的力，自必極小，簡直等於零了。照分子運動論，則凡氣體之分子，不是靜着而是迅速運動的。且因分子與分子間既沒有相互影響的力，故其運動即依直線進行，其速度是不變的。然分子之數極多，故分子與分子間不能無相撞。當二分子接近時，他們的力即發生影響，相撞後即互相彈回，有如二球相擊各彈回然；其撞於盛氣體的器具之壁上時亦然。這樣我們可以說氣體是由無數的分子所成，各各迅速飛動，但輾轉間互相衝撞，因而運動的方向與速度就屢次改變了，不過在二個相撞之間，其進行則總是循直線的，而且速度是不變的。因之，各分子所走的軌道，是無數屈折的曲線。

用此假設，即不難解釋氣體之一切屬性，例如氣體對於盛氣的器具之壁上所施之壓力，即可以分子撞擊的理去解

釋,并可知分子愈多即氣體愈濃厚,壓力也自必愈大。每分子之速度時常變換,合之,即一切分子之速度也時常變換的,但是我們可取他們的平均速度,就可以表出氣體之狀況。一方面,分子之撞擊力,即氣體之壓力,與分子之平均速度有關,故觀察壓力,即可推算此項平均速度。各種不同的氣體,有不同的速度,輕者的速度比較大些,重者比較小些。但氣體之平均速度,尋常都隨溫度增加。普通一分子之平均速度,大約都是每秒鐘數百至數千公尺。例如在攝氏零度下的空氣,每秒鐘447公尺,氫氣每秒鐘1692公尺,氮化炭⁵⁰²362公尺。

速度雖然如此大,但各分子仍差不多各守着他們原有的地位不移開;因為分子間之撞擊彈回所致。而各分子在二撞擊中間之軌道,亦長短不一;於是我們又得取他們的平均率為平均軌道,這和氣體的許多現象如氣體摩擦及傳熱等等,都有關係的。例如一氣體之二部分溫度不同時,他自己即能平衡,此照分子運動論說起來,很容易明白的;因為較熱的一部分方面,分子之速度大,故運動力,能力都比較大些,而較冷的部分方面就比較的小了,然因速度大的分子每飛入小的部分方面去,小的亦飛入大的方面去,於是不久即平衡了,而溫度亦即隨之平衡。然較熱的部分方面,分子之平均軌道愈長,則其飛入較冷的部分亦愈深,因而平衡亦愈速。於是由觀察傳熱,可推知他們的平均軌道。這種軌道,照所測得者,都是很短的,而與氣體之濃厚亦有關係,氣體愈稀,則愈長,愈濃

即愈短。例如在尋常氣壓下，空氣之平均軌道爲 $0,96 \times 10^{-5}$ 厘，
氫爲 $1,78 \times 10^{-5}$ 厘，氮爲 $1,02 \times 10^{-5}$ 厘，氧爲 $0,95 \times 10^{-5}$ 厘，氯化炭
 $0,65 \times 10^{-5}$ 厘。

我們欲解答此問題，即“在氣壓下一立方厘氣體內所有分子之數若干？”則前面所述平均速度與平均軌道實不可少。此項一立方厘內所有分子之數目，名爲羅斯密特數，因羅斯密特 (Loschmidt) 最先想出求之之法。與此問題相連而最有興味者，厥爲這問題，即“分子既把他看作是球形的，其半徑多長？”倘若知道了這半徑，即不難推得分子之體積，而如更將羅氏數求得，則可測知一立方厘內所有分子的體積總量。此項總體積，即可視爲與這些氣體受壓力或減少溫度成爲液體或固體後之體積相近者；蓋氣體與液體固體之別，祇在其分子與分子間距離之疏密而已。例如大氣壓下氣體的氧，其密度爲 0,001254，而液體氧的最大密度，則有至 0,854 者。這兩個數目的比，即是 $0,001254/0,854 = 0,00138$ ，名爲氧之“凝縮係數”。我們知道，當氣體時分子有他們的平均軌道，而當凝縮後，則分子與分子緊緊相接了，故分子之半徑和平均軌道之比，必略等於凝縮係數。因之，分子之半徑，可由平均軌道與凝縮係數求得之。例如氧之凝縮係數爲 0,00138，他的平均軌道爲 $0,95 \times 10^{-5}$ ，所以他的分子的半徑約略等於 $0,00138 \times 0,95 \times 10^{-5} = 1,30 \times 10^{-8}$ 厘。這不過是個近似值，所以我們只須當他是 10^{-8} 便够了。用這個方法，曾詳測得氫的分子的半徑

爲 $2,56 \times 10^{-8}$ 厘，氮分子的爲 $2,20 \times 10^{-8}$ 厘，氫爲 $3,51 \times 10^{-8}$ ，氦爲 $3,38 \times 10^{-8}$ ，氫爲 $3,41 \times 10^{-8}$ ，氫爲 $5,04 \times 10^{-8}$ ，汞爲 $5,86 \times 10^{-8}$ ，等等。

惟所欲注意者，這裏所說的半徑，不是嚴格的而言。我們須設想，每一分子之四圍有“力場”，別的分分子纔不能侵入。適纔所得半徑的數目，實即是分子所有力場之半徑之數目，以云分子本身，尙嫌太大。並且前面已經提及，原質中亦有分子祇含有一原子者，於此，分子半徑之數目，亦即是原子的半徑之數目了。至於氫，氮，氫，氫等原質，其分子含有二原子者，那末他們的原子之半徑自然還要較小一些。

分子運動論對於測定原子大小的結果，大略如此。我們現在可假定，一個球形的原子的半徑，其數目大約是 10^{-8} 厘，即是一厘之萬萬分之一。雖各不同的原子，大小有異，但相差亦不過以倍計而已。別的方法所測得的結果，亦是如此；於此姑不論。

分子之大小既測得，則羅氏數目亦即容易計算了。照計算的結果，知道在氣壓下一立方厘氣體內所有分子之數爲 $27,2 \times 10^{18}$ 。無論何種氣體所得均是如此；此與前面說過的亞佛氏定律恰合。

我們試設想立方厘內分子是均勻分配的，則每分子占一極小的立方空間，其體積爲 $1/27,2 \times 10^{18}$ 立方厘，其每邊之長爲 $1/3 \times 10^6 = 3,3 \times 10^{-7}$ 厘，即是一厘之千萬分之三至四；此即是二分子間之平均距離。從此可知，二分子間之距離，約爲

分子半徑之十倍至三十倍。

由羅氏數目,可更推得一重要數目,即所謂亞佛加德羅數目 (Avogadro'sche Zahl) 是。我們試於同壓力下取各氣體,如氫,氮,氫各一立方厘米,則其體積雖同,而質量不同。這些質量之比,如其“克分子”之比;如於前例氫,氮,氫三者即作2 : 32 : 71;但不獨此三者爲然,一切均是如此的。從可知每種氣體克分子之體積(於同壓力同溫度下)是相同的,而照亞氏定律,其所有分子亦必同。每種氣體之克分子(於大氣壓下攝氏零度)中所有分子之數,名爲亞氏數目。例如一克分子氫氣占空間22378立方厘米,故可算得其所有分子之數目爲 $60,9 \times 10^{23}$;其他氣體亦然,這就是亞氏數目。

$60,9 \times 10^{23}$ 分子(氫氣)所有質量之重既爲二克,則每個氫氣分子之質量,不難算出爲 $2/60,9 \times 10^{23} = 3,28 \times 10^{-24}$ 克了。其他如氮分子之質量,則較此大十六倍,氫分子大35,5倍。

但我們知道氫分子係由二原子所合成,故知一氫原子之質量爲前面數目的一半,即 $1,64 \times 10^{-24}$ 克。

由前所說,可知關於分子原子之數目,直教人難以設想。以長短論,原子之半徑與一耗之比,猶一耗與十杆比。至於質量,則一氫原子與一克蘭姆之比,猶之十啓羅克蘭姆重的物體與地球之重相比。但是,如此小的原子,照最近來研究所得,知道還是一個小世界;每個原子乃是一太陽系;此待以後再說。

原子向來視爲是物質之最小單位,再不能分析的了。然所謂“再不能分析”者,可有二種意義:其一,是說我們分析之力已盡,再沒有方法把原子分作更簡單之東西了,故祇得說不可分,實際上原子既占空間,安知其不是由更小的部分所合成呢?故所謂原子是物質之最小單位者,祇是就目前而論罷了。這種說法,與前所說過的普牢特之意見頗相似,不過合成原子之更小部分不一定是氫原子。照近來研究所得觀之,此項意見極合理。其二則以爲原子真的是物質之最小單位,絕對的不能再分;而其不可分之理由,并非如前此所說因我們之力已盡,乃是在於原子本身之性質上。於是這裏的問題,乃是:何以說明此項原子之本身實在不能再分析?原來物理學者赫爾姆霍斯 (Helmholtz) 曾經證明,在理想的沒有摩擦的流體中倘有了漩渦,那末這種漩渦不會再消滅,并且亦不能將其分割。根據此理,克爾文 (Lord Kelvin) 即假定以爲原子非他,乃是瀰漫太空的“以太”中之漩渦而已,自無始以來即存在,不會再消滅,而因是漩渦,故無法將其分析爲更小的單位。克氏此說雖未經採用,然其價值則殊不能否認;蓋以今日之眼光觀之,原子雖是由更小的單位所合成,即所謂“電子”者,但在電子方面仍可發生此問題,則漩渦說自終有其用處。

我們假定原子仍由更小的單位所合成,實有理由;蓋非如此即不能解釋許多現象。就中可最先提出者,如光學方面

的現象是。我們知道倘將太陽光透過三稜鏡，則可見其分成爲各色的光系，自紅經過橙黃，黃，青，等等以至於紫。經學者研究後，知道其他物體之光亦有此項光系，惟物體各各不同罷了。例如將鈉之鹽，若食鹽，用本生燈得其光而觀察之，可見其不若太陽光之有許多顏色光帶成爲一光系，而祇有黃色光帶一條，尋常即稱之爲D字線，若再用三稜鏡充分分散之，可見其含有二線，即 D_1 與 D_2 線是。經試驗後知不獨食鹽爲然，其他由鈉所化合成的鹽類都是如此，所得光帶同，於是知此光帶由鈉原子來。其他如鋰之光系，則爲二色線所成，一爲紅，一爲橙黃；鉀之光系則爲紅與紫二線，等等不一。照光學的理論，光是由振動所成，而其顏色則因於振動數之不同，於是不能不假定物質之原子在某種狀況下能作數種振動數不同的振數。其後并試驗得氫氣之光系有四色線，爲紅，藍，青，紫；氦氣有七線；氫，氯，氧等光系均極複雜。至鐵蒸氣之光系，則其線多至二千餘。由此知原子內實有各種不同的振動在，而原子本身決不是極簡單的單位了。此待以後再說。

第二章

電學上之原子

原子之理論雖化學上早已用之，但其後來之進步，則大都得自電學方面。十九世紀中葉，電學方面新現象迭有發見，一時幾使人對於電之觀念莫知適從；蓋自有許多現象觀之，電似爲一種物質，而自他方面論，則電又當爲“以太”之運動，直使人難以決定。未幾，物理學者赫次 (Hertz) 發見電波，於是電之以太運動論得了最後勝利，物理學者間對於電爲物質之說不復提及了。馬克斯維耳 (Maxwell) 之有名的理論，將一切電的現象都歸之於以太之運動或某種狀況，一時傾倒一切物理學者，再沒有人懷疑他不完全。

但一方面亦自有現象非馬氏理論所能解釋者，此中如電解現象，用以太運動之說即不能明白，反之，若假定電爲物質即不難解釋之。原來將電流通過能傳導的液體，如鹽之溶液或其他酸類等時，能將其原質分解開來，能使一種向陽極方面，一種向陰極方面游去。這種被分解開的分子之部分，曾經證明其帶有電者，名爲“游子”(Ionen)，其在陰極方面者爲陽游子，在陽極方面者爲陰游子。有名物理學者法拉第 (Faraday) 曾詳細研究過此種電解現象，他發見了定律，知道所通過的電流之量與所分解開的物質之間有一定的比例，這裏