

α -Particles による化學作用

陳 之 霖

1903 年 Ramsay と Soddy (1) は水がラジウム鹽の溶液に分解される事を定量的に報告し、1907 年に Bragg (2) が前記二氏の記録を用ひて α -Particles による化學作用とイオン化率(Ionizing Effect) との關係を計算して分解される水の分子の數とイオンの數は丁度相等しい事を報告した。1910 年 Bergwitz (3) は Polonium から發する α -Particles による水の分解を研究し、1913 年 Le. Blanc (4) は Bergwitz の實驗から計算した結果、 α -Particles の効果は Faraday の法則に従ふ事を論じた。1911 年 Lind (5) は初めて此の現象を氣體に付いて研究し翌年は更にこれに關する各方面の記録を集めて計算した結果(5)から α -Particles の化學作用とイオン化率の關係は矢張 Faraday's Law を改良した形のものに從ふ事を發表した。

數年の後に此の問題は Mme. Curie の研究室で大に研究され、Duane (6), Scheuer (7), Wourtsel (8) 等は α -Particles によつて酸素分子と水素分子との結合する場合には作用された氣體の分子の數はイオン對(pair of Ions)の 5.5 倍である事を發表した。Lind は此等の研究報告と彼自身の研究結果との間に餘りに大なる間隔のあることに鑑みて、1919 年から 1925 年に亘りて詳細なる研究を繰返して居る。私は主としてこの Lind の研究 (9) を紹介しやうと思ふのである。

Lind の實驗は主に Cameron 及び Ramsay (16) の方法に従ひ、水素及び酸素を硝子球の中に混じ、更らに Radium を混入し、水の生成によつて

(12)

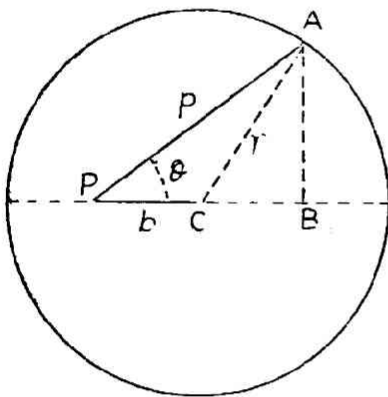
(陳之霖) α -Particles による化学作用

起る球内の壓力の降下を觀察したのである。この研究の紹介の初めに於て私は先づ Lind の提出したる Kinetic Equation (5) 及び α -Particles の Average-path とに就て述べたいと思ふ。

【1】 Average Path の計算法

Rutherford 及び Geiger (11) によると Emanation を含む小さき容積中の Ionisation を計算するには其の器の中に於ける α -Particles の Free Average Path を出さなければならぬ。Average Path は其の器中の各點から其の器の内壁上の各點までの平均距離であつて、任意の形の

圖 一 第



器に就ての Average Path を計算する事は甚だ困難である爲に今特に球の場合に就て計算す。

第一圖の圓を球の最大圓とし、一の α -Particle が圓心 C よりある距離 b なる任意の點 P から放出されるとする。此の α -Particle が内壁のある點 A に達する迄にある距離 p を通るとす。此の圓(或は球)の半径を r とし、PA と PC との爲す角を θ とすると

$$r^2 = p^2 + b^2 - 2pb \cos \theta$$

$$p^2 - 2pb \cos \theta + b^2 \cos^2 \theta = r^2 + b^2 \cos^2 \theta - b^2$$

$$(p - b \cos \theta)^2 = r^2 - b^2 + b^2 \cos^2 \theta$$

$$p = b \cos \theta \pm \sqrt{r^2 - b^2 + b^2 \cos^2 \theta}$$

$$= b \cos \theta \pm \sqrt{r^2 - b^2 \sin^2 \theta}$$

p の平均値を p_{Av} とすると

(陳之霖) α -Particle による化学作用

(83)

$$\begin{aligned}
 \bar{r}_{\text{Av}} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \left(b \cos \theta + r \sqrt{1 - \left(\frac{b}{r}\right)^2 \sin^2 \theta} \right) d\theta \\
 &= \frac{r}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{1 - \left(\frac{b}{r}\right)^2 \sin^2 \theta} d\theta \\
 &= \frac{r}{\pi} 2E
 \end{aligned}$$

但し E は Elliptic Integral である故に

$$E = \frac{\pi}{2} \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{b}{r}\right)^2 - \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \left(\frac{b}{r}\right)^4 \frac{1}{3} - \left(\frac{1.35}{2.46}\right)^2 \left(\frac{b}{r}\right)^6 \frac{1}{5} \dots \right]$$

此の式を使ひて中心 C から b なる距離にある點よりの Average Path を計算する事が出来る。今更に任意の b に對する Average Path を求めるには球の容積を十等分する様に十個の同心球をとり各々の b に就て前述の如くして Average Path を計算し更らに其の平均値を出すときは眞の Average Path に非常に近いと見てもよい。(第一表參照)

第 一 表

$r=1$

b	$E_{\text{(Elliptic)}}_{\text{(Integral)}}$	p
0.456	1.842	0.944
0.585	1.427	0.908
0.685	1.379	0.878
0.737	1.328	0.840
0.794	1.282	0.816
0.844	1.235	0.786
0.888	1.186	0.755
0.928	1.136	0.723
0.965	1.076	0.685
1.000	1.000	0.637

平均値 0.798

平衡状態に於ては Emanation RaA 及び RaC の三者何れも α -Particle

(81)

(陣之霖) α -Particles による化学作用

を出し得るが、其の内 Radium A と Radium C が小なる器内に於ては全部硝子器の内壁に附着すると考へれば平衡状態に於て放出される總ての α -Particle の Average Path p は

$$p = \frac{1}{3}(2 \times 0.637 + 0.795) = 0.691$$

で、即球の半径の 0.691 倍である。

【2】 α Particles による氣體反應を表す Kinetic Equation

上述の Average Path に基いてイオン化速度を計算すれば

$$\frac{dN}{dt} = 3 \times 3.4 \cdot 10^{10} \cdot E \cdot 2.2 \cdot 10^4 \cdot p \cdot i P / 760 \dots \dots \dots (1)$$

$3 \times 3.4 \cdot 10^{10}$ は平衡状態に於て一キュリの Emanation から一秒間に出す α -Particle の總數 E 、 $2.2 \cdot 10^4$ は平衡状態に於て時刻 t に於ける Emanation の量、 $2.2 \cdot 10^4$ は一個の α -Particle によりて一氣壓の空氣中に於て一センチの path 毎に生成せらるるイオンの數、 p は Average Path、 i は同一状態の下に空氣に對する或る氣體の比イオン化 (Specific Ionisation)、 $\frac{P}{760}$ は壓力に對する更正、 N はイオンの數である。

式(1)を書き變へて適當なる新しき恒數を用ふれば

$$\frac{dN}{dt} = k E_i P = k E_0 e^{-\lambda P} \dots \dots \dots (2)$$

λ は Radium Em. の崩壊係數 (Decay Coefficient or Decay Constant) である。

今反應系の dt 間の濃度の變化を dC で表すとイオン化と化学作用との關係は次式で表さる。

$$-\frac{dC}{dt} = \text{Const} \frac{dN}{dt}$$

濃度 C の代りに壓力 P をとれば

$$-\frac{dP}{dt} = \mu \frac{dN}{dt}$$

之と(2)式とより

$$-\frac{dP}{dt} = \mu k E_0 e^{-\lambda t} P$$

$$\frac{dP}{P} = -k E_0 \mu e^{-\lambda t} dt$$

P_0 から P まで積分すると

$$\log \frac{P}{P_0} = \frac{k\mu}{\lambda} E_0 (e^{-\lambda t} - 1) \dots\dots\dots (3)$$

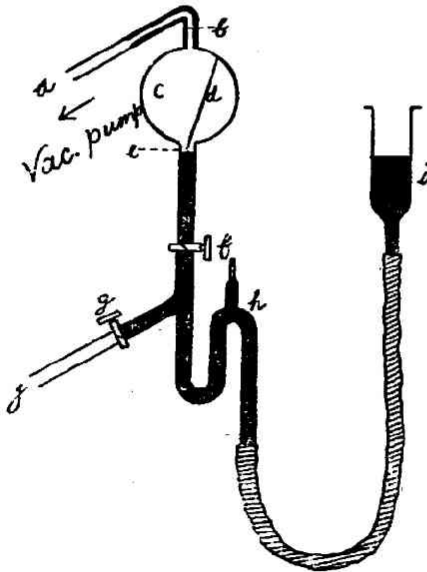
$$\frac{k\mu}{\lambda} = \log \frac{P}{P_0} / E_0 (e^{-\lambda t} - 1) \dots\dots\dots (4)$$

又 P_1 から P_2 まで積分すると

$$\left(\frac{k\mu}{\lambda} \right) = \log \frac{P_2}{P_1} / E_0 (e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2}) \dots\dots\dots (5)$$

【3】速度恒数 $\left(\frac{k\mu}{\lambda} \right)$ を決定する方法

第 二 圖



k に含まれている比イオン化 i が恒数になれば k は恒数となり従つて速度恒数 $\left(\frac{k\mu}{\lambda} \right)$ も恒数でなければならぬ。

即ち適宜に t_1 t_2 それに対応する P_1 P_2 を實驗的に定め (4) 式に入れば右邊は常に恒数を與ふべきである。Lind は此の恒数を決めると同時に其の kinetic equation を確證する爲に次の實驗を行つた。

實驗裝置は主に第二圖に示してゐる様に Ramsay 及び

(86)

(陳之霖) α -Particles による化学作用

Cameron (16) のものを少し改良したものを使ふ。硝子球 C は Average Path の計算上完全なる球を用ふ。d は水銀面を正確に C に保つ爲の青色硝子の指針である。先づ C 球を真空にし純粋なる Radium Em. を C に入れて b の處で封じる。酸素瓦斯と水素瓦斯は電解的に発生せしめ酸素 1 と水素 2 の割合で j より gfe を通して C に入れる。かくて水の生成によりて C 球内に生ずる壓の變化を水銀面 i の變化によりて定む。

その際球 C の内壁は生成物なる水を吸収さす爲にナトリウムとカリウムの酸化物を熔融して薄層として附着せしむ。尙 C 球内の Emanation の量は γ -radiation によりて定む。

以上の方法を用ひて Emantion の量と反應球の大きさを色々變へて實驗した結果が次表である。

第 二 表

寸法の違ふ反應球に於ける定容積的反應 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ による速度恒数の値(第二節の第四式)

1. 直径 = 19.25 c.m. 容積 = 3.738 c.c. $E_0 = 0.1464$ Curies

時 間		圧 力 Mm. Hg.	速度恒数 $\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)$
日	時		
0	0	433.6	..
0	4.83	887.8	22.8
0	8.58	353.0	21.8
1	0.75	248.0	22.3
1	7.67	216.8	23.1
2	0.00	155.2	23.3
2	7.67	141.2	22.6
3	0.25	111.9	22.0
4	0.53	69.7	24.3
6	0.03	42.6	24.0
8	6.00	30.4	23.5
			平均 23.4

(陳之霖) α -Particles による化学作用

(87)

2. 直径 = 3.96 c.m. 容積 = 32.53 c.c. $E_0 = 0.1396$ Curies

時 間		壓 力 Mm. Hg.	速度恒数 $\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)$
日	時		
0	0	437.1	..
0	20.67	391.1	5.29
1	20.50	351.8	5.29
2	20.75	324.7	5.38
4	0.0	297.3	5.23
5	20.33	268.9	5.20
6	23.75	247.6	5.31
9	22.53	235.8	5.37
12	20.50	222.6	5.28
15	3.50	220.6	5.24
20	2.50	215.4	5.23
31	1.00	210.3	5.55
			平均 5.30

3. 直径 = 5.912 c.m. 容積 = 92.604 c.c. $E_0 = 0.2078$ Curies

時 間		壓 力 Mm. Hg.	速度恒数 $\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)$
日	時		
0	0	504.4	..
0	21.03	465.3	2.64
1	15.58	433.9	2.82
1	23.50	425.2	2.74
2	15.33	407.1	2.73
2	23.25	397.7	2.76
3	15.50	384.8	2.71
4	16.83	365.6	2.72
6	0.33	350.2	2.62
6	15.17	344.5	2.64
7	20.42	314.0	2.62
9	19.53	321.5	2.62
14	25.53	305.2	2.61
22	21.24	297.7	2.53
			平均 2.68

(83)

(陳之霖) α Particles による化学作用

4. 長さ 4c.m. 直径 1.8c.m. の圓罐を使ふ場合
 相當なる球の半径 = 2.375 容積 = 6.787c.m. $E^0 = 0.01219$ Curies

時 間		壓 力 Mm. Hg.	速度恒数 $\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)$
日	時		
0	0	533.1	..
0	23.00	562.6	14.1
2	0.00	549.5	14.1
3	22.00	527.9	14.7
5	4.00	517.7	14.9
7	24.75	505.1	14.6
12	1.00	491.5	15.4
18	22.00	484.0	15.1
30	2.00	480.5	15.2
			平均 14.8

第二表を見ると速度恒数はよく恒数を與へ、E と P の兩項のみに關係する事が判る。C 球内瓦斯の壓と Emanation の量の比が如何に變化しても速度恒数が常に恒数である事は Kinetic Equation が如何なる場合にも適用される事を確證するものである。

實驗の終に残留物を分析すると 99% が水である。

【4】反應球の大きさの影響 (Law of the Inverse Square of the Diameter of the Sphere)

今反應球の影響を考ふれば、Average Path は球の半径 r に正比例し従つて化学作用も r に正比例す然るに同量の瓦斯が變化しても其に伴ふ壓力の變化は反應球の半径の三乗に反比例するが故に速度恒数は反應球の半径の平方に反比例することになる。第三表第五列 $\frac{k\mu}{\lambda} D^2$ はよく恒数を與へ上述の影響を如實に示すものである。(第三表)

第 三 表

反應球の容積が速度恒數に及ぼす効果

球の直径の 近似値(c.m.)	直径 D (c.m.)	球の容積 (c.c.)	$\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)$ 實體より	$\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right) \times D^2$
2	1.925	3.738	23.04	84.3
$2\frac{3}{8}$	2.375	6.787	14.76	83.3
3	2.924	13.272	9.92	84.8
4	3.963	32.55	5.90	83.2
5	4.893	61.32	3.52	84.3
$5\frac{1}{2}$	5.613	92.60	2.68	84.1
1	0.4701	0.4701	83.6	83.4
				平均 84.1

尙第三表は Average Path が速度恒數に影響することを証明するものである。

吾々は第三表の結果より

$$84.1/D^2 = \frac{k\mu}{\lambda}$$

を得。この式より速度恒數の決定によりて逆に直径 D を計算する事が出来る。

【5】酸素瓦斯と水素瓦斯の比の影響

速度恒數 $\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)$ の k は比イオン化 i に比例することは既述した通りである。この事は酸素(比イオン化 1.0), Bragg の測定による(12)及び水素(比イオン化 0.21, Bragg (12)の分壓の比を種々變化して以て混合瓦斯の比イオン化を種々變化せしめることにより、又混合瓦斯の分壓の比が水素 2 酸素 1 に非る限り混合瓦斯の比イオン化は反應の進行と共に變化すべきであるがこれ等の比イオン化の變化と速度恒數の變

(90)

(陣之雲) α -P. rticles による化学作用

化とを比較することによりて證明することが出来るのである。(第四表参照速度恒数が反應の進行と共に變化し、然も速度恒数の實驗値とその時に於ける比イオン化よりの計算値とはよく一致するを示す)

第 四 表

速度恒数に及ぼす酸素瓦斯の過剰の効果

最初の割合 ($1O_2$ — $1H_2$)

直徑=2.95 cm. 容積=13.517 c.c. $E^0=0.1401$ Curie.

時 日	間 時	全 壓 力 Mm. Hg.	水素の分壓 Mm. Hg.	$\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)$ 實測
0	0	510.4	255.2	..
0	16.00	422.0	196.3	12.0
0	23.75	336.8	172.8	12.0
1	23.75	300.7	115.4	13.0
2	17.17	254.3	84.8	13.9
3	20.03	203.9	50.3	14.2
4	20.00	123	29.8	14.6
5	20.00	150.1	15.0	14.3
6	16.00	130.6	2.0	20.4
7	0.42	127.6	0.0	9.1

Lind は更に純粹なる酸素及び水素の一方だけに就て實驗したが酸素の方は其の壓力 P の下り方は恰も露出した水銀の面積に比例する結果を得た。Lind によれば、この現象は酸素瓦斯が先づ α -Particles の作用を受けてオゾンになり、オゾンが更に水銀に作用する結果である。純粹なる水素に就ては初め壓力の低下を見るが時間の経過による著しい變化は認められなかつた。

[6]. 化學的方法による Average Path の決定

Average Path の計算に於て前に $Ra A$ 及び $Ra C$ は共に器壁に附着せ

ることを假定したが、この假定の正否は幾分の疑問を有するのであつて、他に正確なる Average Path の決定方法があればこれによるを可とするのである。この目的に向つて Lind は化學的方法を採用したのである。

即速度恒数は反應球の Average Path に比例するが故に Average Path は同一の反應球を用ひて次の二つの實驗を行へば決定することが出来る。

(a) Radium Emanation を反應球の中心にある非常に小さい硝子球の中に入れて實驗する事。

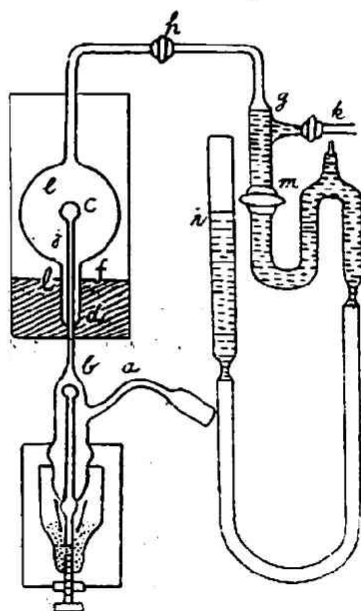
(b) Radium Emanation を反應瓦斯と混合して即ち既述の方法で實驗する事。

(a) の場合は α -Particles が皆反應球の中心から放射されるから其の Average Path は明かに球の半径に一致し従つて速度恒数も球の半径に比例す。(b) の場合は速度恒数は Average Path に比例するが故に次の關係が成立す。

$$\frac{\text{Average Path}}{\text{球の半径}} = \frac{a \text{ による速度恒数 } \left(\frac{k\mu}{\lambda} \right)}{b \text{ による速度恒数 } \left(\frac{k\mu}{\lambda} \right)}$$

Lind が上述の目的を達する爲に用ひた實驗裝置は第三圖に示す如くである。(a) の實驗に於ては Radium Em. を反應球内の小球 c に入れ、(b)

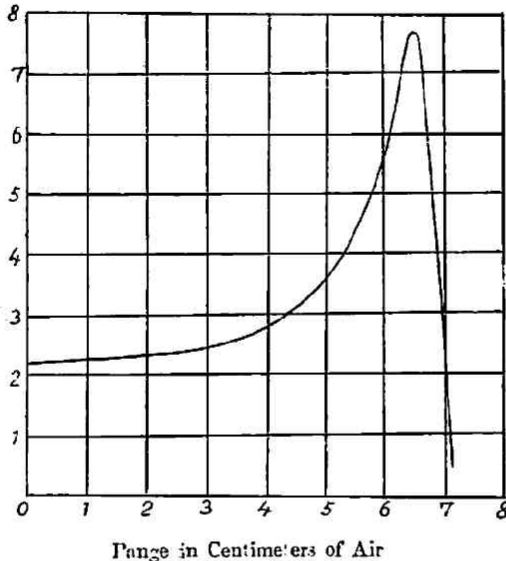
第三圖



(42)

(陳之霖) α -Particles による化学作用

第 四 圖



の實驗に於ては適當なる方法によりて、この小球 c を破りて Radium Em. を反應球内全體に擴散せしめて實驗を行ふたのである。實際の實驗に於ては尙反應球及び小球 c の形狀より來る數多の補正、Geiger の曲線 (13) (第四圖参照、一つの α -particle が放射されてより、經路の長さによりて、イオン化の強

さ (Intensity of Ionisation) の變化する様を示せる曲線より來る補正及び反應球内の壓より來る補正 (後述 Recoil Atom の項參考) を必要とするのである。Lind はかくして Average Path は半径の 0.615 倍であることを決定することを得た。

【7】 Recoil Atoms の化學的効果

反應球の容積が餘りに小さくなく又壓力も餘りに小でない場合は α -Particles のみ考ふれば足りるのであるが壓力が大に減じて反應球の容積も非常に小さくなると更に Recoil Atoms の考を入れなければならぬ。Radium A と C は α -Particles の外に更に其の $\frac{1}{50}$ の速度を有する Recoil atoms を出す。其の通達距離 (Range) は Wertenstein (14) の測定によると α -Particles の $\frac{1}{950}$ しかない爲に普通の狀態の下では其の影響はこれを無視する事が出来る。然れども Recoil Atom が有効に作

用し得る條件下に於ては上述の關係から同じ長さの Path に對するイオン化率は α -Particle の 7 倍となる。即ち壓力を減ずるか反應球の容積を小さくすれば Recoil Atoms の効果は著しく影響を持つ様になる。Lind は Recoil Atom の影響を見んとして數多の實驗を行つて居るが上述の如き條件の下では明かに Recoil Atoms が反應速度に影響を有することを確めることが出來たのである。

【8】反應機作に對する考察

前に述べた處に依りて Lind の Kinetic Equation は確かに一般的に成立し得る事を證した。次に反應機作に就て述べたいと思ふ。今 M を以て單位時間に反應に與れる氣體分子の數とすれば、 M は實驗中に降つた壓力から計算する事が出来る。即ち

$$M = -\frac{dP}{dt} \times \frac{V}{760} \times A$$

第[2]節によると

$$\frac{dP}{dt} = -\mu k P E$$

$$\therefore M = -\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right) \lambda E P \times \frac{V}{760} \times A \dots\dots\dots (1)$$

こゝに P は反應器内の壓(m.m.), V は反應器の容積 (c.c.) E は Emanation の量(キュリー), A は毎 c.c. 中に含まるゝ分子の數即ち 2.705×10^9 , λ は Emanation の崩壊係數即 $2.035 \times 10^{-6} \text{sec}^{-1}$ である。

次に毎秒間に反應球の中に出來るイオンの數を N とすると

$$N = B \times p \times F \times G \times H \times \frac{P}{760} \times E \dots\dots\dots (2)$$

となる。 B は一キュリーの Emanation が一秒間に平衡狀態に於て放射する α -Particle の數即ち 11.16×10^{10} , p は Average Path 即ち半徑の 0.61 倍, F はイオン化の平均の強さ即ち毎 c.m. 毎に平均 $2.37 \times 10^6 \text{ion}$.

(94)

(陳之霖) α -Particles による化学作用

$\dot{G}$ は Bragg の比分子イオン化, H は $\frac{\alpha+R}{\alpha}$ (α は α -Particle の効果, R は Recoil Atom の効果を α -particle のそれに換算したもの) である。

(1) と (2) とより

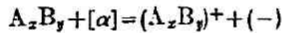
$$\frac{M}{N} = \frac{\left(\frac{k\mu}{\lambda}\right)V}{DGHF} \times 1.66 \times 10^7 \dots\dots\dots (3)$$

を得。毎秒間に生成された水の分子を M_{H_2O} とし反応に與れる水素と酸素の分子の数の和を $M_{2H_2+O_2}$ とすれば

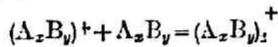
$$\frac{M_{2H_2+O_2}}{N} = 5.8$$

$$\frac{M_{H_2O}}{N} = \frac{2}{3} \times 5.8 = 3.92 = 4$$

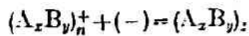
が得られる。この事を説明する爲に Lind は次の様な機構 (Mechanism) を考へた。第一段は α -Particle が中性分子と衝突して分子がイオン化されると同時に Electron が遊離されるのである。



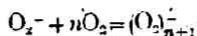
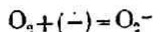
此の陽イオンが更に自分と同種類或は異種類の一つ或は幾つかの中性分子と連結して



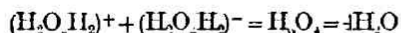
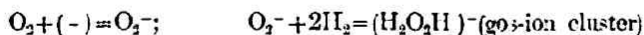
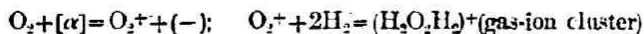
となるのである。第二段の機構は遊離 Electron によるものである。反應系中に此の遊離エレクトロンと親和力を有するものが無ければ此の Electron は陽イオンと結合して



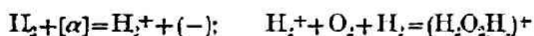
となるであらう。即ち再び中性分子を生ずるが若しこの遊離エレクトロンと親和力のある酸素分子の如きがあれば次の様な反應が起る。



此の考を水素と酸素との混合氣體に適用すれば其の間の機構を次の様に考へる事が出来る。即ち α -Particle が酸素と衝突せし場合は、



の如く考へられ、同様に水素の場合は



即ち元の一つのイオン對から水の四分子が出来る事を意味して實驗と能く一致するのである。

【9】炭素の酸化物の作用

水素と酸素に就ては上述の如くであるが、Lind は自己の主張を普遍化せんとして更に炭素の酸化物に就て α -Particle の作用を研究して居る。即ち炭酸瓦斯と一酸化炭素の酸化還元分解に就て五つの實驗をして居る。

一酸化炭素の分解に就ては Cameron 及び Ramsay (12) の實驗によれば反應後の殘留物は CO_2 , O_2 , CO , C 等であつて第八節図式の比 $\frac{M}{N}$ は 1.96 である。然るに Lind の實驗によれば反應後の殘留物中には酸素は絶対に無く CO_2 も計算數よりは少い。又反應球の壁には褐色の物が附着し此は多分炭素の過氧化物であらう。此 $\frac{-M_{\text{CO}}}{N_{\text{CO}}}$ も理論數の 2 よりは小さくて約 1.7 であつた。Emanation を小さい硝子球の中で實驗する場合比 $\frac{M_{\text{CO}}}{N_{\text{CO}}}$ は 2.35 であつたが十二時間を経過すると 1.51 になつて即 α -Particle が硝子球に附着する黒褐色の生成物の爲に妨げられたからである。

(96)

(陳之霖) α -Particles による化學作用

一酸化炭素の酸化に就ては比 $\frac{-M_{(CO+O_2)}}{N_{(CO+O_2)}}$ は約 6 であつて理論數と善く一致する事を示した。この一酸化炭素の酸化は液體空氣の温度に於てはその速度恒數は約半減するが此は比 $\frac{M}{N}$ が變るのでは無くて其の原因は多分他の處にあると思はれる。

Emanation を以て一酸化炭素を水素で還元する場合は Scheuer () によると此が中間物として Formaldehyde を經てメタンと水になると云つて居るが, Lind の實驗によるとメタンと水は無くて只白色の固體を残した。此の白色物を検査すると砂糖と Aldehyde の作用は無くして水に對しては不溶性であつて確定検査は出来なかつた。其の比 $\frac{-M_{(CO+H_2)}}{N_{(CO+H_2)}}$ は 3.52 であつて理論數よりも大きい。

Emanatoin を以て炭酸瓦斯を分解する場合は Cameron 及び Ram ay (16) の報告によると炭酸瓦斯は一酸化炭素と酸素に分解して其の酸素は更に水銀と結合する筈あるが, Wouartzel (8) は CO_2 は水銀の還元作用によつて還元されるのであつて、かゝる還元劑が無ければ、 CO_2 は Emanation の作用を受けないと主張してゐる。今 Lind の假説に従へば炭酸瓦斯は Emanation から放射される α -Particle の作用を受けて、一酸化炭素と同様に一旦イオン化されて $(CO_2)^+$ (或は $(CO_2)^+$ の如き複イオン) 及び遊離エレクトロンとなるのであるがこれ等は再び結合して元の中性炭酸瓦斯に歸るのであらうと。Lind は水素を混ぜる時は炭酸瓦斯が還元される事を實驗して自己の説を證明した。此の場合の比 $\frac{M}{N}$ は 1.65 である。

冗長を避る爲實驗記錄の大半を省略した。讀者にして必要あれば親しく文献を參考されんことを望む。

文 献

- (1) Ramsay and Soddy, Proc. Roy. Soc., 72, 201, (1903).

- (2) W. H. Bragg, *Phil. Mag.*, [6] 13, 353, (1907).
- (3) Bergwitz, *Physik. Z.*, 11, 273—5 (1910).
- (4) M. Le Blanc, *Z. Physik. Chem.*, 85, 511—12 (1913).
- (5) S. C. Lind, *Am. Chem. J.*, 47, 397—415 (1911).
J. Phys. Chem., 16, 534—613, (1912).
- (6) Daune and Scheuer, *Le Radium*, 10, 33—46, (1913).
- (7) Scheuer, *Compt. Rend.*, 159, 423—6 (1914).
 158, 1887, (1914).
- (8) E. Wourtze, *Ibid*, 157, 929—31, (1913).
Compt. Rend., 157, 316, (1913).
- (9) S. C. Lind, *J. Am. Chem. Soc.*, 41, 531—551, (1919).
 551—559, (1919).
 S. C. Lind and D. C. Bardwell, *J. Am. Chem. Soc.*, 45, 2585, (1923).
 D. C. Bardwell and H. A. Doerner, *J. Am. Chem. Soc.*, 45, 2593, (1923).
 S. C. Lind D. C. Bardwell, *J. Am. Chem. Soc.*, 46, 2003, (1924).
J. Am. Chem. Soc., 47, 2675, (1925).
- (11) Rutherford and Geiger, *Phil. Mag.* [5] 240, 698, (1910).
- (12) W.H.Bragg, "Studies in Radioactivity," 1912. P. 65
- (13) Geiger, *Proc. Roy. Soc.* 83A, 505. (1910).
- (14) L. Werten tein, Thesis, (1913), Ganthter-Villars. Paris, Publishers.
- (15) Ramsay, *Proc. Ray. Soc.* 76A, 113 (1905).
- (16) Cameron and Ramay, *J. Chem. Soc.*, 93, 966—92, (1908).
 93, 982, (1908).
 93, 966, (1908).