

原子は人工によりて變轉す (講演)

[續 き]

臺北帝國大學教授 理學博士 荒 勝 文 策

α 粒子の衝擊による原子の破壊變轉 (其ノ一) プロトンの放出

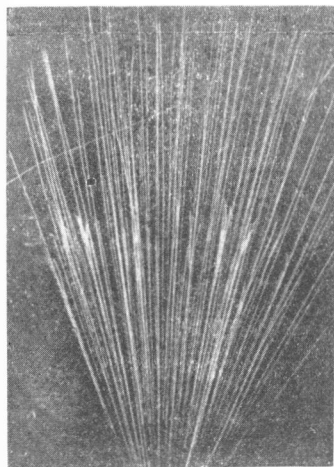
そこで、果して然らば、凡ての元素の原子核築材として Proton 又は其れと類似の物が、核中に存在してゐることを實際確められるかどうか、換言すれば、原子を何とかして攻撃破壊して、其中より此の築材を破片として取出すことが出来るや、否や。この研究は既に十數年前、Rutherford 及び Chadwick によつて初めてなされ、且つ成功したものでありますが、其れが成功に至つた経路はこうであります。

色々の物質に α 線即ち高速度 (10^9 cm/sec) の He 原子核を當てますと、普通は、丁度二つの天體が、距離の自乗に逆比例する力で、互に相反撥する際に致すでもあらう様な衝突をするものでありまして、其結果、外より見れば、α 線は原子との間に、恰も撞球の際の球の衝突の如き運動をして路を曲げられるのであります。之を α 線散亂の現象と云ひます。氏はこの α 線散亂に関する物理を研究し、原子核と He 原子核との間の引力や斥力の法則を探究して居たのであります。所が、たまに極特殊な衝突を致すと見えまして、即ち、多分これによつて、諸物質の原子核が幾分動搖を來し、其内部に於て、或種の擾亂が起つたかと思はれる様な、異狀の散亂を受けることがあつたのであります。Rutherford はこれに留意致しまして、この種の衝擊に對して、比較的敏感な原子を見付けたならば、或はこの擾亂の結果原子は崩壊し、其の破片を放出しはしないかと思ひ付きまして、愈々、原子の人工崩壊の研究に著手したのであります。氏は先づ窒素を選びました。この瓦斯に RaC から出て來る α 粒子(速度 1.922×10^9 cm/sec; 到程 7.0cm) を當てたのであります。すると、恰も氏の豫想に違はず、其原子から非常な高速度の Proton が放出されることを知つたのであります。この事は多くの専門的技術の認識法を経て確實であるのであります。引續き Al 其他多くの輕元素に就て同様の研究を致しまし

た所、可なり多くの元素(C及びOを除き) BよりKに至る凡ての元素が、この種の崩壊即ち α 線の衝撃による Proton の放出する現象を呈したのであります。Li 竝に Be に就てはこの Proton を放出すると云ふ現象は、確には観測されないのであります(この事に就ては亦後に述べたいと思ひます)。兎に角、この様に軽い元素の殆んど凡てが、其破片として、Proton を放出すると云ふことは、其原子核の築材として、これを含んでゐたと云ふことを證明するのであります。

この様に、 α 粒子を以て原子核を衝撃破壊すると云ふ有効率は、而らば、どうかと申しますと、 α 粒子竝に原子核は、共に其大いさが至つて小さく、 10^{-13}

第 二 圖



α 粒子による破壊



るのであります。Nでは、先づ百萬個の α 粒子(7cmの到達距離のもの)を以てして約20個、Alでは約8個が、この様な命中をなすものと實驗されたのであります。この率の大小は、結局、 α 粒子の到程竝に該原子核の組立ちと、新しく生ずる原子核の組織との關係から定るわけでありますから、これは原子核の組成、大さ即ち力の範圍、其安定度等を知る一つの目安であるわけでありす。従て、原子核研究上相當重要な意味を持つものであります。

此様に少い率で起る現象ではありますが、又それだけに根本的な自然現象

cm 程度の直径のものでありますと見え、この様な破壊を起さしめる程に接近して命中する率は少いのであります。大部分は只傍を走り過ぎてしまひ、小部分は前にも申上げた様に、核内に何等かの動搖を起し、自らは異狀散亂を呈し、急角度轉換をなして飛び去るのでありまして、極僅少のものが充分近接命中して核内の Proton をはぎ出しめ、又は自らが其核の中に飛込んで核の一員となり、新しい原子核を形成せんとし、爲めに核内に新しい混亂と調整が起り、其の組織革新の際に Proton を放出すると云つた様なことを起すものと見られ

でありますので、種々な天才的な方法を以て、これを研究する事が案出されて來たのであります。英國の Blackett や米國の Harkins は、Wilson の發見した雲霧實驗の方法を用ゐまして、この稀に起る現象を巧に寫眞に撮り、其際に起る經緯を眼に見せたのであります。第二圖の寫眞はそれでありまして、澤山上方に走るのは α 粒子の通過の跡であります。其中、途中で折れて右の方へ長く走つて居るのは、窒素原子核へ命中したものによる Proton 放出の状況が見えて居るのでありまして、左方へ走つて居りますのは、衝突の結果放出された Proton の足跡を寫して居るのであります。後に種々説明は致しますが、この際原子の核内に於ては $N^{14} + \alpha \rightarrow O^{17} + H^1$ なる『超化學』が行はれたものであると判定して居るのであります。又時には $N^{14} + \alpha \rightarrow O^{16} + H^2$ なる『超化學』變化の結果、原子量 2 の水素を放出する事をも見たのであります。

原子 1 個々々の質量を測る事 (其の二)

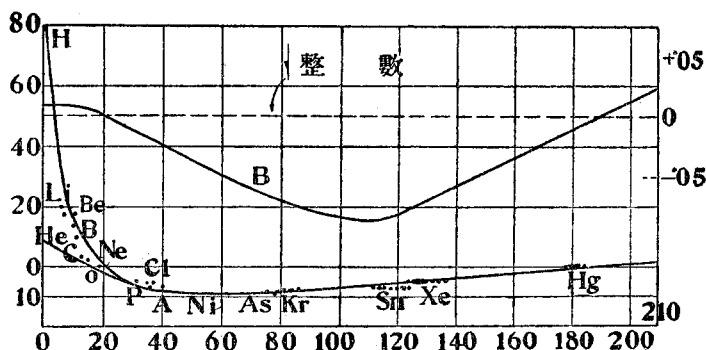
さて、斯の如く原子の人工崩壞の手續によつて、Proton が原子核築材の第

第 二 表

原 子	締め込みの率 $\times 10^4$	質 量 (O=16)	原 子	締め込みの率 $\times 10^4$	質 量 (O=16)
H ¹	77.8 $\pm$ 1.5	1.00778	A ³⁶	-6.6 $\pm$ 1.5	35.976
H ²	6.8	2.01351	Cl ³⁷	-5.0 $\pm$ 1.5	36.980
He	5.4 $\pm$ 1	4.00216	A ⁴⁰	-7.2 $\pm$ 1	39.971
Li ⁶	20.0 $\pm$ 3	6.012	As	-8.8 $\pm$ 1.5	74.934
Li ⁷	17.0 $\pm$ 3	7.012	Kr ⁷⁸	-9.4 $\pm$ 2	77.926
Be ⁹	17.2	9.0155	Br ⁷⁹	-9.0 $\pm$ 1.5	78.929
B ¹⁰	13.5 $\pm$ 1.5	10.0135	Kr ⁸⁰	-9.1 $\pm$ 2	79.926
B ¹¹	10.0 $\pm$ 1.5	11.0110	Bi ⁸¹	-8.6 $\pm$ 1.5	80.926
C	3.0 $\pm$ 1	12.0036	Kr ⁸²	-8.8 $\pm$ 1.5	81.927
N	5.7 $\pm$ 2	14.008	Kr ⁸³	-8.7 $\pm$ 1.5	82.927
O	0.0	16.0000	Kr ⁸⁴	-8.5 $\pm$ 1.5	83.928
F	0.0 $\pm$ 1	19.0000	Kr ⁸⁶	-8.2 $\pm$ 1.5	85.929
Ne ²⁰	0.2 $\pm$ 1	20.0004	Sn ¹²⁰	-7.3 $\pm$ 2	119.912
Ne ²²	(2.2 ?)	22.0048)	I ¹²⁷	-5.3 $\pm$ 2	126.932
P	-5.6 $\pm$ 1.5	30.9825	Xe ¹³⁴	-5.3 $\pm$ 2	133.929
C ³⁵	-4.8 $\pm$ 1.5	34.983	Hg ²⁰⁰	-0.8 $\pm$ 2	200.016

一要素である事を知り、又自然崩壊の経過によつて He 核(α 粒子)が又重要な副要素である事を知りました。果して然らば、凡ての原子は、正確に、丁度水素原子の整数倍の質量を有して居るか否かと云ふ問題です。それを確かめるには、前々節で申し上げました所の原子 1 個々々の質量の測定を精密にやる必要があるのであります。Aston は其方法を改良し進歩せしめまして『所謂質量スペクトル』を撮り、驚くべき精密さ(約3000分の1)を以て之を測つたのであります。今 $O=16$ と致しますと、水素は決して1とはならず、幾度測り直しても1.00778となるのでありまして、其他の原子も決して正確に整数値では表はれず、皆至つて僅少ではあります、幾分づゝそれてゐるのであります。第二表に其測定結果を示してあります。今これを、やはり「水素原子或は原子核から築き上げられたものである」と云ふ觀念を以て見てみますと、どう云ふ事になるかと云へば、水素原子或は原子核は、これが積上げられて他の原子核を構成する際、幾分宛輕くなり、質量を減少するのであらうと思はれるのであります。此の質量減少の影響の詳細なる経緯は兎に角として、各原子核内に現存すると思はれるこの水素原子核の 1 個々々が、平均して輕くなつた分量、即ち、該原子核構成に當つて、各 Proton が失つた質量を見てみますと、第三圖のようになるのであります。これは、酸素の中の Proton を標準にして、それより上下に増減した分量を 10000 倍したもので表はしてゐるのであります。比較的輕い元素の原子中の Proton は、質量の減少未だ少く、漸次原子量の大きくなるにつれて輕くなり、原子量60附近で最小となり、後漸次重くな

第 三 圖



り、200附近でO中のと同じとなり、尙ほ重元素に至るに従ひ重くなるものと見られるのであります。B 曲線は、各原子が、實際整数から離れてゐる數を表はしたものであります。これで見ますと、Proton の原子核内での坐り方が各原子で違ひます、其の違ひ方に相當規則正しいものがあると云ふ事がわかるのであります。

質量即エネルギー、エネルギー即質量の考へ

プロトンが諸原子核の築材として組立てられる際、かくの如く其質量が減ずると云ふ事は、物質不滅の考へとは一見調和しない様に思はれるのであります。所が、Einstein の相對性理論に於て主張する所の『エネルギー即質量、質量即エネルギー』の説に従ひますと、エネルギーE(エルグ)なるものの質量(m)は $m = \frac{E}{C^2}$ 瓦であり、質量m瓦なる物質の全エネルギーは $E = mc^2$ エルグであると云ふ事になるのであります。こゝで、C は眞空中に於ける光の速度 (2.998×10^{10} cm/sec)を表はして居ります。例へば、電子1個の質量は $(9.035 \pm 0.010) \times 10^{-28}$ gr. でありまして、其全エネルギーは約 0.814×10^{-6} erg. 即ち 0.511×10^6 電子ボルト(electron volt)であります。又 Proton の質量は $(1.6609 \pm 0.0017) \times 10^{-24}$ gr. で其のエネルギーは約 940000000 電子ボルトとなるのであります。今、酸素の一原子を16とすれば、原子量1に相當する粒子のエネルギーは、從て 933000000 electron volt となるのであります (即ち原子量0.001は約 930000 電子ボルトに當る)。從て物質の質量が Δm だけ變化すると云ふ事は、其物質の有する全エネルギーに於て $\Delta m \cdot c^2$ だけの變化があると云ふ事なのであります。Proton が核を組立てる際に、其質量を減じたと云ふ事は、Proton のもつ全エネルギーの幾分 ($\Delta m \cdot c^2$) が滅失したと云ふ事でありまして、該原子核構成の際、他の何等かの形のエネルギー、例へば輻射のエネルギーとなつて放散されたものであらふと解釋されます。原子量1.00724なる Proton が4個集まつて (多分二個の電子(原子量0.00055)と共に)、原子量4.0011と云ふ He 核を作つたものと思ふと、其際の質量損失 $4.0301 - 4.0011 = 0.029$ は約 27000000 電子ボルトに當り、これだけが原子生成の際放散されたのであらふと云ふ事になります。この He 核は α 粒子として、核内に於て第二次築材として組立てられて居ると思はれるのであります。これとて、核内に於て有する質量が、

核外に自由になつた時とは、必ずしも同じであると云ふわけでは無いのでありまして、放射性物質等に於ては、核内に居る方が却つて質量が大きいと云ふ様に思はれるのであります。即ち、外へ出た方がエネルギーが少なくなると見えるのであります。従つて、この α 粒子が、自然に崩壊して飛出して来る事になると思はれてゐるのであります。

全體に共通して云へば、Proton は核を形成する際、質量を減じてゐるのでありますから、本來から云へば、原子核はエネルギーをウンとつぎ込まぬ限り、完全な破壊が起り得ないわけであります。然しながら、 α 粒子が新しく入り来り、それが核内に於て質量を減少し、且つ核内先占の築材の質量にも、爲に又減少を來たすと云ふが如き組織に改まる様な場合には、それだけのエネルギーが、其築材の一つの運動のエネルギーとなつて表はれ、それを核外に放逐する結果を表すわけであります。このことが α 粒子の衝撃による原子核破壊の物理⁷と考へられてゐるのであります。前の第三圖にも見える様に、一般に、比較的軽い原子がこの種破壊の現象を起し易いのは、其核内 Proton の平均質量が、比較的大きい所からも来るものと思はれるのであります。

(此等の経緯を、Gamow は所謂「波動力学」の見地より、巧に又面白く考察論述して居りますが、この講演では『核物理』を詳論するのが目的ではありませんから、全く省略して置きます) (續く)

歐洲旅行談

新城新藏

私は昨年9月中旬からポルトガルのリスボン市に開かれたる萬國測地學及び地球物理學協會第5回大會に出席のため歐洲に參ることになり、7月28日に出發し、印度洋經由にて彼地に到り、9月15日より23日まで會議に出席し、其後英、獨、伊等を経て、再び印度洋經由にて12月15日歸着したので、往復約4ヶ月半の旅行、其内半分程は船で費し、約70日程歐洲の各地を巡遊した勘定になる。會議は3年毎に開かれる學術的の會合で、我が國からは私の外に、丁度彼地に居られた田中館博士及び在外研究員の川崎、妹澤兩氏も出席されたので、それぞれ専門の學術的事項の報告やら、今後の研究の打合はせ等に就