

原 報

1. 17 Mev 並に 6.1 Mev γ 線の二, 三物質による 吸収係数の測定*

植 村 吉 明

Measurements of Absorption Coefficients of 17 Mev and 6.1 Mev γ -Rays in Several Elements.

Yoshiaki Uemura

The γ -ray absorption coefficients of Pb, Sn, Cu, and Al were measured for the 17.6 Mev and 6.1 Mev γ -rays produced at the first proton resonance of the (Li-p) and (F-p) reactions respectively.

The experimental arrangement used is shown in Fig. 1. In order to obtain the homogeneity of γ -rays, a filter to absorb the x-rays from the target by proton bombardment was not used near the target and each sample used had a diameter which was enough to cover the outside of the canalizing lead slit. Therefore, to detect the γ -rays, a thick lead plate was used in front of the window of the G-M counter of end-window type. The thickness of the plate was 7.5mm and 5.9mm for the 17.6 Mev and 6.1 Mev γ -rays respectively.

To exclude the stray radiation, a set of canalizing lead slit and plug was placed upon the lead counter which was housed in a large lead box.

Then the difference of counts with and without the lead plug for each sample is taken to be the true decrement of the γ -rays through the canal due to the absorption by the substance.

Furthermore, in order to monitor the γ -ray intensity, a 6.5 mm lead counter shielded by a lead cylinder was placed in such a position that suffers no effect by the conditions of the sample.

The absorption coefficients obtained under these conditions are given as follows :

γ -ray source	Pb ₈₂	Sn ₅₀	Cu ₂₉	Al ₁₃
(Li-p) γ -ray	0.58 ± 0.02	0.34 ± 0.01	0.28 ± 0.01	0.062 ± 0.007
(F-p) γ -ray	0.50 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.27 ± 0.01	—

Analysing these experimental data, the absorption due to the creation

of electron pairs seems to be proportional to Z^2 in the case of the 17.6 Mev γ -rays. However, it is to be noted that the absorption coefficient of Al for the 17.6 Mev γ -rays is found to be larger than the theoretical value.

1 緒 言

$\text{Li}(p,\gamma)$, $\text{F}(p,\gamma)$ γ 線等の高エネルギー γ 線の吸収係数を定める事は実験技術上相当困難な事であつて，その測定値は測定の際の幾何学的条件により著しく支配されることは既に良く知られている事である．測定実験の際用いられた物質による散亂に伴つて起る γ 線量子のエネルギー減少等複雑な経緯を伴うので，それ等の影響を除去する爲には測定装置は必要な幾何学的条件を満たさなければならない．然るにこの幾何学的条件は γ 線の強さ，測定器の感度によつてさえも制限せられるので，測定に際しては細心な然も調和した技術的注意が必要となるものである．

この種高エネルギー γ 線の吸収係数の測定が文献上に現れたのは1933年 γ 線による陰陽電子対創生現象が発見され¹⁾，その理論的取扱が発展した²⁾1934年以後の事である．(Table 2参照)

1934年，Crane 氏等³⁻²⁾は $\text{Li}(p,\gamma)$, $\text{F}(p,\gamma)$ の核反應によつて生ずる γ 線に対する鉛並に銅による吸収係数を測定し，理論計算値と対照する事によりこれ等の γ 線のエネルギーを推定した．然しその際には前述の測定上の困難性があるために大膽な補正を施さざるを得なかつた．

McMillan氏³⁻³⁾は $\text{F}(p,\gamma)$ γ 線に対する鉛，錫，銅，アルミニウム等の吸収係数を測定し，原子番号 Z との関係を考察したが，前述の困難性のためかなりの補正を試みなければならなかつた．

これ等の研究者によつて行われた補正はいずれも低エネルギーの Ra γ 線に対する吸収係数を測定することによつてなされたものである．然し $\text{Li}(p,\gamma)$, $\text{F}(p,\gamma)$ γ 線の様な高エネルギーの現象に対しておける低エネルギー γ 線の現象によつて補正を試みることは適正とは思われない．

次で Crane 氏の協同研究者 Delsasso 氏等³⁻⁴⁾は1937年 Wilson 霧箱によつて再び観測を行つている．

1941年，Haxby 氏等³⁻⁵⁾は $\text{F}(p,\gamma)$ γ 線によるウラニウム核分裂現象を発見し，この現象が各種物質の γ 線に対する吸収係数に対応して減少する事を見たが，吸収係数の測定法と

* 昭和24年 4月27日 日本物理学会年會に於て一部講演．

昭和24年 6月4日 京都大学化学研究所業績発表講演會に於て一部講演．

してこの種現象を利用する事も結局は前述の様な測定上の困難は除き得ない、更に高エネルギー $\text{Li}(p, \gamma)$ γ 線の場合は一層困難になるものと考えられる。

1947年, McDaniel 氏等³⁻⁶⁾は γ 線のエネルギー測定法として創生電子対に着目し, 卓越せる γ 線分析器を用い, $\text{Li}(p, \gamma)$ γ 線に対する鉛, アルミニウムの吸収係数を測定し, 鉛の吸収係数値は現在得られているうち最も大きい値を得ている。この際電子対発生板の薄い場合程高い値を得ていることは特に注意すべきことである。この方法は Wilson 霧函による測定法よりも実効観測時間を増すことが出来るが, 測定誤差は γ 線の強さに制限せられ, 精密なる測定を行うには長時間に亘り観測する必要が生じ, ために多くの物質に就て試みる事は困難であると思われる。

猶以上全ての測定者は Table 3 に記入した様に, その所属研究室で得られる最高の条件で γ 線強度を保ち, 測定を行つたものと思われる。然しその後 Walker 氏等⁴⁾による水素イオンの加速電圧の上昇による $\text{Li}(p, \gamma)$, $\text{F}(p, \gamma)$ γ 線のエネルギー分布の変化が観測されたので, その結果と対照すると, 特に γ 線の均質に対しての注意は不充分であつた。

以上は文献上見られるものであるが, 1937年以後⁵⁾ γ 線による原子核反応例えば (γ, n) , (γ, α) , (γ, p) 等の現象が発見された後, 高エネルギー γ 線の各種物質に対する吸収に関する観測は至つて少ないのである。

吾々は過去10年に亘り Cockcroft-Walton 型高電圧発生装置を用いて $\text{Li}(p, \gamma)$, $\text{F}(p, \gamma)$ の核反応による γ 線の発生状況を綿密に観測し続けているが, 特に均質なる γ 線を得るために水素イオン加速電圧を夫々核反応の第一共鳴点以上僅々 20 Kv, 即ち 460 Kv, 350 Kv 以下に抑圧しても γ 線を測定上満足し得べき強度に発生せしめ得る様になつている。猶衝極から発生する γ 線の均質を保持するため γ 線源附近には不要な物質を置かない様に注意した。かくて比較的長時間に亘る一連の測定に対し信頼し得る均質 γ 線源を用いることが出来た。

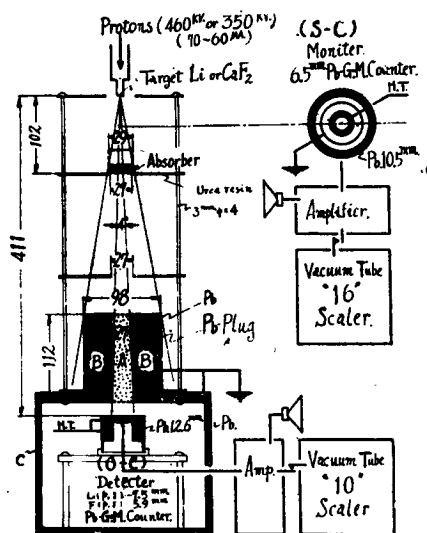
γ 線の強度測定のために吾々は従来一般に用いられていた電離電流測定の方法を避け, $\text{Li}(p, \gamma)$, $\text{F}(p, \gamma)$ γ 線に適合する鉛の 2π 型 Geiger-Müller 計数管(後述)を新に造りこれを用いた。この計数管の側壁には特に厚い鉛を用い, 前面にはその都度適当な厚さの鉛円板を置きそれを量子計数用電子発生板とした。その有効面は單純な円となつているので幾何学的配置に甚だ有利であつた。

測定技術上, 従来一般に行われて來た方法と異なるところは吸収測定の際に起る種々の複雑な経緯による計数計上を節約化するため, 鉛のスリット(円柱孔)を該計数管の前に置き γ 線の Canalization を良くし, このスリットと同一直径の鉛の Plug を抜き挿しすることによつて「零」の読みを正確に取ることにしたことである。この方法によつて観測にかゝる γ 線束を正しく制限する事が完全になり, 不規則な散亂量子による擾亂を防ぐ事が出来た。

この際 γ 線源より計数管に入射する線束の角度は4度程度にすることが出来た。

以上，測定上の諸注意のもとに，本実験に於ては鉛，錫，銅，アルミニウム等理論的に良く取扱われている物質に就て精密に測定し，理論の要求する値と対比することによつて理論の適否を検討すると共に，出来得れば諸種の核反應に帰因する吸収の程度を察知せんと試みた。

Fig.1. Arrangement for measurements of absorption coefficient by means of plug method.



2 測定装置並に準備実験

測定装置の幾何学的配置状況は Fig.1 に示されている。用いられる γ 線源のエネルギーが 17 Mev の場合も 6.1 Mev の場合にも同一配置で測定した。

γ 線源の強さの変化に対処するために用いた計数管 (S-C) は吾々の研究室で従来より常に使い慣れている 6.5mm Pb-G-M 計数管^{5-2,3)}で完全に遮蔽，地絡されたものである。高電圧発生回路に挿入されたケノトロンより発生し来る X線並に水素イオンの衝撃によつて衝極に生ずる低エネルギー X線の影響を防ぐため，この計数管は更に 10.5mm の厚さの鉛で囲まれた。猶この

S-C 計数管は Fig.1 に示す様に γ 線源と測定計数管 O-C とを結ぶ γ 線の進行方向に対して吸収物質資料の位置より90度以上後方に位せしめ，資料の有無並にその厚さの変化によつて高エネルギー γ 線の散亂等による影響を無視し得る様注意した。

吸収測定のための観測用計数管 (O-C) は内径 25mm，壁の厚さ 1mm の鐵製* G-M 計数管で，その一端 (上方) に雲母窓 (厚さ8-10mg/cm²) を有し，中心電極の一端は自由になつて居て，研究室では 2 π 型計数管と呼ばれているものである**。この計数管の上方に対する有効面積は $h\nu$ のエネルギーにより異なるものであり，460 Kev 程度の低エネルギーの場合は 25mm 直径，Li (p, γ), F(p, γ)等の高エネルギーのものに対しては 27mm 直径程度であると考えられる。吾々は 25mm，27mm の直径の孔のある鉛板を計数管の上面に置きこれを確めた。測定に際してはこの計数管の側面を厚さ 12.6mm の鉛円筒で掩つた。

* (Fe+ γ) では β 放射性物質は出来ないとの Bothe, Gentner (1937年) の報告により準備したのであるが，Baldwin, Koch (1945年) によれば 14.2Mev 以上の X線により生ずる事を報告している。吾々もこれを確めたが現在の γ 線の強さでは測定にかゝつて来なかつた。

** 清水栄氏の発案 (1946年) になるものにしてその後改良をしたものである。

後に詳説する通り、この計数管で γ 線の強度を測定するためには雲母窓の上面に適当な厚さの鉛円板を置き、 γ 線の照射によりこれより発生する電子を計数する方法を採つた。

測定部は Fig.1 の如く内径 27mm, 外径 9.8cm, 高さ 10.0cm の鉛の円筒形スリット B を O-C 計数管の上部に置き γ 線の入射通路を制限し、この孔 (A-Zone) 以外より来る Stray radiation を遮蔽するため鉛箱 C で遠く囲んだ。この箱は確実にアースされた。

さて水素イオンで弗化カルシウム又は金属リシウムを衝撃すると、加速電圧が夫々 334Kv, 440Kv に至ると共鳴的に高エネルギー γ 線が発生される。猶この高エネルギー γ 線に伴つて低エネルギーのものが相当強く発生する事が観測される。例えば $\text{CaF}_2 + \text{H}$ の場合に於て、この低エネルギー成分による O-C 計数値は非常に多く、予想される高エネルギー γ 線による計数値の数百倍にも及ぶ。今、この計数管の上面に鉛円板を重ねて行くと、この数値は急激に減少し、厚さ約 3.5mm になると略高エネルギー成分のみによると思われる計数値になることが見られた。これよりその吸収係数を概算して見ると、低エネルギー成分は主としてプロトン X 線に依るもののようである。

次に γ 線源の直接下面に厚さ 10mm の鉛をフィルターとして入れると、この低エネルギー成分は完全に吸収されてしまうはずであるが、高エネルギー γ 線の二次的効果によると思われる低エネルギーなものが新に生じて来る様に観測された。 γ 線源の近くに物質を置く事は Compton 散乱により波長の変化を受ける事も考えられるので、鉛で濾波する事は本測定には不適當と考えられた。^{*}よつて吾々はフィルターを入れる一般的方法を避け、計数管 O-C の高エネルギー成分に対する感度を増大し、低エネルギー成分に対する感度を極度に抑圧する方法を採つた。同じ事に対する深い注意が測定される資料の直径に対しても施され、 γ 線源が鉛のスリット B の上面を眺む立体角内に資料が納まる様に制限し、資料の挿入による不要の Compton 効果等二次的現象の起る事を防ぎ、O-C 計数管に達する γ 線の変質を防いだ。

即ち F (p, γ) γ 線の観測に於ては雲母窓の直上に厚さ 5.9mm の鉛円板を置いて 5.9mm Pb-計数管とし、Li (p, γ) γ 線の場合は 7.5mm Pb-計数管とした。これ等の厚さは夫々 6.1 Mev, 17.6 Mev のエネルギーを持つ電子の鉛中を走る距離⁶⁾ 2.5~3.2mm 並に 7.1~7.2mm 以上であつて、O-C Pb-計数管以外で Compton 効果並に電子対創生等により発生された電子が計数管に入るのを防ぐ事が出来る。

資料の直径を決めるため夫々 13mm (スリットの孔 A-Zone を覆う)、29mm (スリット

* 予備実験として Ra 源 γ 線の吸収係数を測定し、そのフィルターの物質によりその係数値が著しく異なる事を見出した。吾々は目下更に良い幾何学的条件の実験を準備している。G. T. P. Tarrant (Proc. Roy. Soc., 128(1930), 345.) も Th-C γ 線の測定に同じ注意を拂つた。

Bの上面を覆う), 47mm の鉛に就て測定を行つたが, 直径 29mm, 47mm のものは兩者略同じ吸収を示したので, 各資料の直径は全て29mmと一定した. 資料の厚さは 10, 20, 30mm の他に二次的現象を見るために 40, 70mm のものをも準備した. 資料の位置は資料の下面が測定器に対して同じ幾何学的条件にあるように常に測定器より一定距離 309mm とした. この距離は実験の条件並に室の状況の許し得る最大距離である.

さて上述の詳細なる諸注意のもとにこの種実験を行つて見るとスリット B の孔, 即ち A-Zone の通路以外の部分より種々の経緯を取つた γ 線が O-C 計数管に入つて来るもので, 特に資料の厚さが厚くなると顯著のようである. この強さを確めるため B の孔と同寸法の直径 27mm, 高さ 112mm の Pb-Plug を挿入し O-C 計数管の計数を測定し, これを「零」の読みとする方法を考へつた. この試みはこの種高エネルギー γ 線の吸収の測定法として誠に有効である事を経験した.

3 Plug 挿入法に依る測定

測定に際しては先づ Pb-Plug を挿入せず, 各物質を所定の位置に置き, その厚さを 0, 10, 20, 30mm (40, 70mm) と変化した場合の S-C 計数管の計数値 100 に対する O-C 計数値を記録した. この計数値は Table 1, 2 の第(1)欄に掲げた通りである.

次にスリット B に Plug を挿入し Zone A の γ 線の通路を塞ぎ前と同じ測定を繰返した. これを同 Table の第(2)欄に掲げる. この Plug を挿入したときの計数値は吸収物質の無い場合 Li(p, γ), F(p, γ) いずれのときも Plug の無い第(1)欄の計数値の約 2 ~ 4 % であつた.

前に述べた如くスリット B の孔を通過し O-C 計数管に感ずる線束を A-Zone によるものとし, これ以外より感ずるものを B-Zone によるものと名付けると, Plug の無い場合の一連の測定値は (A+B)-Zone によるものであり, Plug を挿入した場合の測定値は (Pb-Plug を透過したもの+B)-Zone によるものである. これ等の測定値より A-Zone のみの計数値を求めるには吸収物質の眞の吸収係数を求め Pb-Plug の透過量を知る必要がある. 吾々は近似値として (A+B)-Zone による測定値より次の如く求める事を行つた. 先づ第(1)欄の 0, 10, 20, 30mm の 4 測定点に就て最小自乗法により第 1 近似としての吸収実験式を出し, 次にこれより得た吸収係数の第 1 近似 τ' 値を用いて資料並に Pb-Plug を透過して O-C 計数管に感ずる強さを評價した. この強さを $I_{x, \text{through Plug}}$, 初めの強さを I_0 で表すと, それは

$$I_{x, \text{through Plug}} = I_0 e^{-\tau'_{\text{Pb(Sn, Cu, Al)}} \cdot x} e^{-\tau'_{\text{Pb}} \cdot 11.2} \dots\dots\dots (1)$$

で計算される. この算出値を第(2)欄の Plug 挿入の実測値より引去れば B-Zone よりの

Table 1. Measurement for F (p,γ) γ-rays

(CaF ₂ +H) 350Kv.		5.9mm Pb-G-M Counter		
Method of Meas.	Thickness mm	82. Pb	50. Sn	29. Cu
(1) O-C Counts per S-C 100 Counts (A+B)-Zone	0	173.4±4.5	173.4±4.5	173.4±4.5
	10	108.0±4.1	136.5±6.3	127.3±4.5
	20	73.3±4.4	108.0±5.3	103.0±5.6
	30	39.4±2.3	87.1±3.7	76.4±3.7
	40	28.0±2.2	62.4±3.7	61.4±4.1
	70	8.1 ₈ ±1.0 ₉	34.1±2.2	30.9±1.6
(2) With Pb-Plug, ditto (1) (Pb-Plug+B)-Zone	0	4.05±0.52	4.05±0.52	4.05±0.52
	10	3.01±0.60	—	—
	30	1.93±0.58	—	—
	70	0.93±0.48	1.15±0.61	0.47±0.62
(3) Approximate Value τ' cm ⁻¹ (Cal. from (A+B)-Zone)		0.48 ₃	0.23 ₉	0.26 ₇
(4) Total Abs. Coefficient τ cm ⁻¹ (A-Zone, Cal. by formula(3))		0.50 ₄ ±0.01 ₂	0.23 ₁ ±0.006	0.26 ₇ ±0.009
(5) Density ρ (by Takemura)		11.3 ₆	7.31	8.39
(6) τ/ρ cm ² /gr		0.044 ₄	0.031 ₆	0.030 ₉
(7) No. of Atoms /cm ³		3.302 × 10 ²²	3.709 × 10 ²²	8.420 × 10 ²²
(8) Abs. Cross-Section, σ_{Atom} cm ²		1.53 × 10 ⁻²³	0.623 × 10 ⁻²³	0.317 × 10 ⁻²³
(9) σ_{Atom}/Z cm ²		1.87 × 10 ⁻²⁵	1.25 × 10 ⁻²⁵	1.09 × 10 ⁻²⁵

Table 2. Measurement for Li(p, γ) γ -rays.

(Li+H) 460Kv		7.5mm Pb-G-M Counter			
Method of Meas.	Thickness mm	82. Fb	50. Sn	29. Cn	13. Al
(1) O-C Counts per S-C 100 Counts	0	119.9 $\pm$ 3.4	119.9 $\pm$ 3.4	119.9 $\pm$ 3.4	119.9 $\pm$ 3.4
	10	58.4 $\pm$ 4.0	100.0 $\pm$ 6.0	92.2 $\pm$ 5.6	117.2 $\pm$ 6.5
	20	40.3 $\pm$ 2.5	61.5 $\pm$ 3.1	74.8 $\pm$ 3.8	107.5 $\pm$ 4.8
	30	26.7 $\pm$ 2.4	46.3 $\pm$ 2.8	50.7 $\pm$ 3.4	93.5 $\pm$ 5.1
(A+B)-Zone	70	25.6 $\pm$ 0.7 ₈	14.9 $\pm$ 1.6	17.8 $\pm$ 1.3	*81.4 $\pm$ 4.1
(2) With Pb-Plug, ditto (1)	0	4.61 $\pm$ 0.46	4.61 $\pm$ 0.46	4.61 $\pm$ 0.46	4.61 $\pm$ 0.46
(Pb-Plug+B)-Zone	70	1.30 $\pm$ 0.55	1.63 $\pm$ 0.65	1.18 $\pm$ 1.15	4.94 $\pm$ 0.84
(3) Approximate Value τ' cm ⁻¹ (cal from(A+B)-Zone)		0.51 ₁	0.32 ₁	0.27 ₄	0.058 ₄
(4) Total Abs. Coeff. τ cm ⁻¹ (A-Zone: Cal2, equ(3))		0.57 ₉ $\pm$ 0.018	0.33 ₆ $\pm$ 0.009	0.27 ₉ $\pm$ 0.011	0.062 ₁ $\pm$ 0.007
(5) Density ρ (by Takemura)		11.3 ₅	7.31	8.89	2.71
(6) τ/ρ cm ² /gr		0.051 ₀	0.045 ₉	0.030 ₀	0.022 ₈
(7) No. of Atoms /cm ³		3.302 $\times 10^{22}$	3.709 $\times 10^{22}$	8.420 $\times 10^{22}$	6.053 $\times 10^{22}$
(8) Abs. Cross-Section, σ_{Atom} cm ²		1.75 $\times 10^{-23}$	0.906 $\times 10^{-23}$	0.331 $\times 10^{-23}$	0.103 $\times 10^{-23}$
(9) σ_{Atom}/Z cm ²		2.14 $\times 10^{-25}$	1.81 $\times 10^{-25}$	1.14 $\times 10^{-25}$	0.792 $\times 10^{-25}$

* τ'_{Al} の算出に70も用いた.

強さ I_x , B-Zone が求め得られる. 即ち

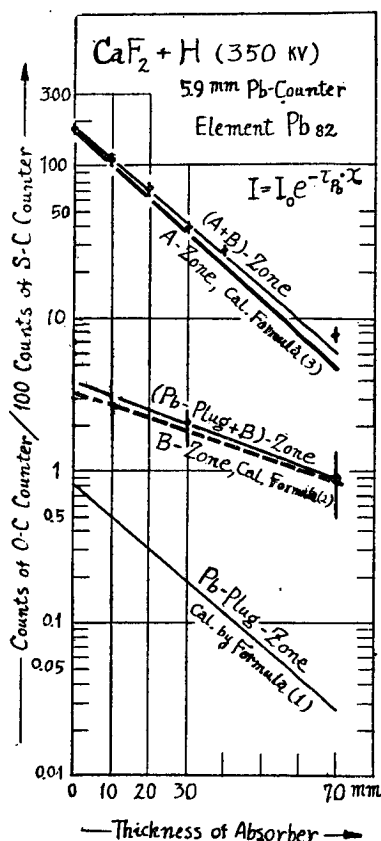
$$I_x, \text{B-Zone} = I_x, \text{plug} - I_x, \text{through Plug} \dots\dots\dots(2)$$

である. A-Zone のみによる強さ I_x , A-Zone は

$$\begin{aligned} I_x, \text{A-Zone} &= I_x, (\text{A+B})\text{-Zone} - I_x, \text{B-Zone} \\ &= I_x, (\text{A+B})\text{-Zone} - (I_x, \text{Plug} - I_0 e^{-\tau'_{\text{Pb}}(\text{Sn, Cu, Al}) \cdot x} e^{-\tau'_{\text{Pb}} \cdot 11.2}) \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

により容易に求め得られる. F(p, γ) γ 線の場合に就てこの解析法の一例を Fig.2 に示す.

Fig. 2. Absorption of (F-p) γ -rays in lead, plotted logarithmically.



この制限した A-Zone のみから入つて来る γ 線の量の測定より求めた全吸収係数 τ は Table 1, 2 の第(4)欄に示されている。猶 Plug 挿入に於ける測定は 0 及び 70mm の資料で行つたので計算の便宜上、第 1 近似の実験式によつて資料 0, 70mm の点に於ける強さを算出し、全てこの 0, 70mm の点で前述の計算を行つた。

この測定に用いた Plug 挿入法は測定器の観測面積を自由に変え γ 線の線束を制限する事が出来る可能性を示して居り、各種の吸収測定の基本方法となり得るものである。

この Plug を挿入する事により γ 線と物質との相互作用の挙動が見られる。例えば (2) 式より求めた B-Zone の算出値と (A+B)-Zone の測定値との比を求めて見ると Fig. 3 の如くであつて、 $F(p, i) - Cu$ の場合を除き、吸収物質の厚さの増加、物質の原子番号 Z の増大と共に大きく、猶エネルギーが高くなると大きくなつてゐる。これは γ 線が物質のためにその波長、方向を変化される度合が著しく異なる事を示していると考えられる。しかしこの問題にふれる事は測定の精度を一段高めて後行いたい。

4 測定値に対する考察

以上の諸注意の下で今日迄随分苦心して測定実験を行つて見たが、それでも其の得た結果は未だ吾々の満足する程度の精度には至つて居ない。その確率誤差は Table 1, 2 の程度である。

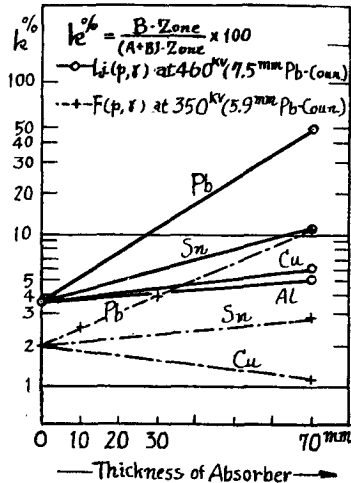
今物質の原子番号 Z と原子吸収断面積 σ_{Atom} との関係をみると Fig. 4 に示される通り、

$$\sigma_{Atom} = aZ + bZ^2$$

の式で表される。 aZ の項は Compton 吸収と考えられるので、陰陽電子対創生のための断面積は 17MeV, 6.1MeV^{*} の高エネルギー γ 線いづれの場合に於ても、2.6MeV γ 線の場合に於けると同様⁷⁾、その物質の原子番号 Z の 2 乗に比例していると見られるようである。猶

* 6.1MeV に就ては McMillan (3-3) も同様の結果を得てゐる。

Fig. 3. Secondary effects of elements for γ -rays.



5 結 言

以上得た結果は吾々としては未だ満足する程度の精度に達してはいないが、測定方法に新工夫を施し、Geiger-Müller 計数管によりこの種の精密測定が可能である事を見出し得たので一應今日迄得た測定結果を報告して置く次第である。この値は文献に現われた多くの他の研究者の値に比し精密度に於て決して低いものでは無く信頼の度はより高いものと信じている。

終りに臨み本実験中終始御指導の労を取られた荒勝文策教授に厚く御礼を申し上げると共に、種々有益なる御助言を與えられた木村毅一教授に対して感謝の意を表したい。又理学士清水栄氏、同安見眞次郎氏、同佐治淑夫氏、同武藤二郎氏、同石割隆太郎氏、同湯浅一經氏等の御協力に対して深く感謝する。特に安見氏の本研究全般に亘る積極的

御協力と γ 線源強度の定常維持に対する御助力に対して感謝する。

尙本研究は文部省科学研究費により行われたものである。

吾々の特に注意して測定した錫と銅の吸収係数を比較して見ると、

F(p, γ) 6.1Mev γ 線に対しては $\tau_{\text{Cu}} > \tau_{\text{Sn}}$

Li(p, γ) 17.6Mev γ 線に対しては $\tau_{\text{Cu}} < \tau_{\text{Sn}}$

である。これは理論計算で予想される結果⁸⁾と一致している。

今回吾々によつて測定された数値と既に文献に現われたものとの比較一覧表を Table 3 に掲げて置いた。これを見ると吾々の測定値は一般に理論値より小さな値を示してゐるにもかかわらず Li(p, γ) の Al の吸収係数は大きく、その吸収断面積は $1.0 \times 10^{-24} \text{cm}^2$ である。この事が γ 線の照射による核反応、例えば (γ, α) 及び (γ, p) 等の存在によるものかどうかには就ては今後検討したいと思つてゐる。

Fig. 4. Relation between absorption cross-section σ_{Atom} and atomic number Z for (Li-p), (F-p) γ -rays.

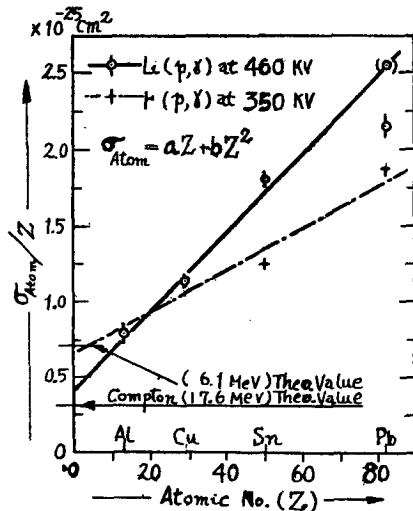


Table 3. Total Absorption Coefficients for γ -rays (cm^{-1})

Observers	Li (P, γ) γ -rays				F (P, γ) γ -rays						Remark
	Pbz	Snso	Cu ₂₉	Al ₁₃	Pbz	Snso	Cu ₂₉	Fe ₂₆	Al ₁₃	Para- ffin	
Lauritsen, Crane 1934	0.6										LiF+H 0.6 Mev. Ioni.-Chamber
Crane, Others 1934	0.55		0.27		0.52		0.26				LiCl+H 0.8 Mev. CaF ₂ +H 0.8 Mev. Ioni.-Chamber Ra = γ + 10%
McMillan 1934					0.49	0.24	0.27		0.073		1.15Mev: Ioni.-Chamber Ra = γ + 6%
Delassaso, Others 1937	0.66 $\pm$ 0.07				0.4 $\pm$ 0.1						Wilson-Chamber
Haxby, Others 1941					0.53 $\pm$ 0.08			0.28 $\pm$ 0.07	0.14 $\pm$ 0.07	0.01 $\pm$ 0.07	CaF ₂ +H 3.4Mev U(γ -Fission)
3-6)	0.062 $\pm$ 0.003 cm ² /g (0.68)			0.024 $\pm$ 0.003 cm ² /g (0.065)							Cyclotron γ -Ray Spectrometer
McDaniel, Others 1947	0.067 $\pm$ 0.004 cm ² /g (0.74)										
Arakatsu's Laboratory 1949	0.58 $\pm$ 0.02	0.34 $\pm$ 0.01	0.28 $\pm$ 0.01	0.062 $\pm$ 0.007	0.50 $\pm$ 0.01	0.23 $\pm$ 0.01	0.27 $\pm$ 0.01				Li+H 0.46 Mev. CaF ₂ +H 0.35 Mev. Pb-G-M-Counter
Theoretical Values.	0.773	0.348	0.302	0.056	0.500	0.257	0.273		0.074		

* 特に他の実験者の測定値並に理論計算値より小さい値を示してゐる。

今 $n = \frac{I_{Sn}}{I_{Pb}} = \frac{I_{e^{-\tau'_{Sn}x}}}{I_{e^{-\tau'_{Pb}x}}} = e^{(\tau'_{Pb} - \tau'_{Sn})x}$ $\tau'_{Pb} - \tau'_{Sn} = \frac{\log e^n}{x}$ (4)

により Table 2 の近似値を求める $\tau'_{Pb} - \tau'_{Sn} = 0.251$ となる。 $\tau'_{Sn} = 0.321$ を加えると $\tau'_{Pb} = 0.572$ が求められる。これを A-Zone に於けるものに換算すると $\tau_{Pb} = 0.69$ となりこの値より大きくなる。この値は測定を繰返えて後検討する。他の値はこの方法によつても是認される値である。

補 遺

R. L. Walker 氏⁹⁾ は最近 17.6Mev γ 線の C, Al, Cu, Sn, 並に Pb 等の吸収を測定し次表の結果を得ている。

Table 4. Results of R.L. Walker and Y. Uemura.

		C	Al	Cu	Sn	Pb
R. L. Walker	Theoretical Cross-Sections (10^{-24}cm^2)	0.3213	0.966	3.517	9.10	22.58
	Experimental Abs. Cross-Sections (10^{-24}cm^2)	$0.323 \pm 1.4\%$	$0.972 \pm 1.1\%$	$3.62 \pm 0.6\%$	$8.96 \pm 1.0\%$	$20.56 \pm 0.6\%$
	Difference %	+0.5	+0.6	+2.9	-1.5	-9.8
Y.U.	Exp. Abs. Cross-sections Table 2 (10^{-24}cm^2)		$1.03 \pm 11\%$	$3.31 \pm 3.9\%$	$9.06 \pm 2.7\%$	$17.5 \pm 3.7\%$

この際プロトンの加速電圧は 460Kv 以下に抑圧し、吾々と同様に均質な γ 線の発生に注意している。 γ 線の測定器は緒言に述べた γ 線分析器を用いている。

この精度の良い測定結果により、 γ 線の吸収は Compton 効果並に核場による電子対の創生以外に C, Al 等の Z の小さい物質に対しては電子場による電子対創生の吸収、Cu に対しては更に (γ, n) による核吸収の存在を推察している。

文 献

- 1) I. Curie and F. Joliot, Comp. Rend., **196** (1933), 1105, 1581.
J. Chadwick, P. M. S. Blackett, and G. P. S. Occhialini, Nature, **131** (1933), 473.
L. Meitner and K. Philipp, Naturwiss., **21** (1933), 286., **24** (1933), 468.
Anderson and Neddermeyer, Science, **77** (1933), 432, Phys. Rev., **43** (1933), 1034.
- 2) J. R. Oppenheimer and M. S. Plesset, Phys. Rev., **44** (1933), 53.
H. Bethe and W. Heitler, Proc. Roy. Soc., **146** (1934), 83.
- 3)
 - 1) C. C. Lauritsen and H. R. Crane, Phys. Rev., **45** (1934), 63.
 - 2) H. R. Crane, L. A. Delsasso, W. A. Fowler, and C. C. Lauritsen, Phys. Rev., **46** (1934), 531.
 - 3) E. McMillan, Phys. Rev., **46** (1934), 868.
 - 4) L. A. Delsasso, W. A. Fowler, and C. C. Lauritsen, Phys. Rev., **51** (1937), 391, 527.
 - 5) R. O. Haxby, W. E. Shoupp, W. E. Stepheems, and W. H. Wells, Phys. Rev., **59** (1941), 57.
 - 6) B. D. McDaniel, Guy VonDardel, and R. L. Walker, Phys. Rev., **72** (1947), 985.
- 4) R. L. Walker and B. D. McDaniel, Phys. Rev., **74** (1948), 315.

5)

- 1) (γ, n) W. Bothe and W. Gentner, ZS. f. Phys., **106** (1937), 236.
Naturwiss., **25** (1937), 90, 126, 191.
G. C. Baldwin and H. W. Koch, Phys. Rev., **67**, (1945), 1.
- 2) (γ , Fission) R. O. Haxby and Others, op. cit (3-5),
B. Arakatsu and Others, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan, **23** (1941), 440.
- 3) (γ, α) B. Arakatsu and Others, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan, **25** (1943), 173.
J. Phys. Soc. Japan, **1** (1946), 24.
- 4) (γ, p) O. Hirzel and H. Wäffler, Helv. Phys. Acta., **20** (1947), 373.
- 6) S. C. Curran, P. I. Dee, and V. Petržilka, Proc. Roy. Soc., (A) . **169** (1938), 269.
W. Heitler, The Quantum Theory of Radiation, OXFORD (1936).
- 7) Th Heiting, ZS. f. Phys., **87** (1933), 127.
S. de Benedetti, Compt. Rend., **200** (1935), 1389.
- 8) W. Heitler, Op. cit (6)
G. J. Sizoo and H. Willensen, Physica, **5** (1938), 100.
- 9) R. L. Walker, Phys. Rev., **76** (1949), 527.

(昭和25年7月8日受理)