

氏 名	北 原 哲 夫 きた はら てつ お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 421 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 50 年 5 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 原 子 核 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	INTERNAL IONIZATION AND EXCITATION ACCOMPANYING ELECTRON CAPTURE (電子捕獲に伴う内部電離および励起)

論文調査委員 (主 査) 教 授 清 水 栄 教 授 兵 藤 知 典 教 授 片 山 泰 久

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、内殻電子の捕獲による核変換に伴ってまれに起る内殻特にK殻電子の内部電離および励起に関する理論的研究と ^{55}Fe を用いて行った実験的研究をまとめたもので、緒論および6章からなっている。

緒論では本研究の要点を述べ、研究の意図と論文全体の構成の概要を説明している。

第1章では、電子捕獲型核崩壊、特にK電子捕獲に伴うK電子の内部電離と励起についての研究の歴史を概説している。全電離確率について信頼できる実験が行われてないこと、放出K電子のエネルギー・スペクトルについて広い領域で、しかもL電子の寄与を除いたものについて観測が行われてないこと、また理論的取扱についてなお不十分な点があることなどを指摘して、著者の研究の指向するところを明確にしている。

第2章は、著者の行なった理論的研究について述べたもので、この現象をK電子捕獲とK殻内部電離とが同時に起るとする一段階過程として、遮蔽されたクーロン場の相対論的水素型波動関数を用いてK殻内部電離確率および放出電子のエネルギー分布を計算している。著者は従来の理論での低エネルギー領域における発散を取り除き、近似のない正確な式を解析的に導くことに成功している。原子内電子のクーロン相互作用を考慮するために自己無撞着場の波動関数による相対論的な遮蔽定数を使用している。計算結果より著者は、相対論的效果は内部電離確率を減少させること、また放出電子のエネルギー分布は非相対論的計算とほぼ一致していることを指摘している。これらの結果は最近の二三の実験結果とよく一致していることを確認している。また自己無撞着場の波動関数による計算結果と組み合わせることにより、K電子捕獲に伴ってK殻に二つの空孔が生ずる確率も計算している。

第3章は、前章で述べた著者が行った理論的研究の結果と対比するために、 ^{55}Fe を用いて放出K電子の広いエネルギー領域について観測を行った実験の詳細を述べたものである。L電子の寄与を除去するため、放出されたK電子と2個のMnのKX線との間で三重同時放電法による測定を行った。一つのアルミニウム箱をアルミニウムで蔽ったMylarフィルムで三つの室に分け、中央は放出K電子測定用の、両

側はX線検出用のガス・フロー型比例計数管とした特殊な三重同時放電法用の測定装置を考案製作している。中央の計数管内部に極めて薄い ^{55}Fe 線源を装填し、これより放出されるK電子を 4π 幾何学効率で測定している。

この際約 33 keV 以上のエネルギー領域の放出K電子の測定には、中央の放出電子用の計数管を約 4 kG の磁場内に配置して、放出電子をすべて計数管内に捕捉するという手段を用いている。またエレクトロニクス回路には自然の γ 線バックグラウンドによる偽同時放電を避けるために各X線チャンネルにパルス波形選別回路ユニットを挿入する等細かい実験技術上の問題がこの章に述べてある。

第4章では、この種の実験で最も注意を要する化学的に安定な非常に薄い線源の製法について述べている。著者は $^{55}\text{FeCl}_3$ の塩酸溶液よりキレート化合物 $[\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COCHCOC}_6\text{H}_5)_3]$ を作り、これを Formvar と混合して、その溶液の一滴を水面に拡げて得る薄膜を線源として使用する新しい手法を開発している。

第5章は、実際に行った測定について述べたもので、X線用ガス・フロー型比例計数管の MnKX 線に対する検出効率の測定、不可避な偶然および偽同時放電率に関する検討並びにその計測について著者の行った手段について詳細に論述している。

第6章は、実験で得られた全K殻内部電離確率および放出K電子の約 5 keV から 180 keV に至るエネルギー分布の絶対値について述べ、従来発表された理論および著者の行った理論的結果と対比して、相対論的水素型波動関数と自己無撞着場の波動関数による相対論的な遮蔽定数を用いて著者の展開した理論と最もよい一致をみたことを論じている。著者の理論と実験の長所を明確にし、更に将来の研究の指針をも示している。

付録として、m重同時放電の一般的表式の誘導について記述している。

論文審査の結果の要旨

内殻電子が核に捕獲されて起る核変換に際し、核の電荷の急激な変化により、 10^{-5} 程度の確率でその殻あるいは近くの殻の電子が放出される現象がある。これについて従来多くの理論的および実験的研究がなされてきたが、厳密な理論的取扱いがなく、実験的にも信頼すべき測定が殆んどなかった。本論文の著者はこの現象に関し、特にK電子捕獲に伴うK殻の電離と励起に関し厳密な理論を提出し、更に ^{55}Fe について放出K電子と2個の MnKX 線とを三重同時放電法で測定するという見事な実験を行い、理論と実験結果の対比を行って、この現象に関する研究に重要な寄与を加えたもので、その成果の主なものは以下のようである。

(1) K電子捕獲とK殻内部電離および励起とが同時に生ずるとする一段階過程として、遮蔽されたクーロン場の相対論的水素型波動関数を用いて、K殻内部電離確率と放出電子のエネルギー分布を計算出来る近似のない正確な式を解析的に導き出した。

(2) 原子内電子のクーロン相互作用を考慮するために相対論的自己無撞着場の波動関数と相対論的水素型波動関数を用いて遮蔽定数をきめる試みを行った。

(3) このように水素型波動関数と遮蔽定数とを共に相対論的に取扱えば、内部電離確率は従来の非相対

論的値より小さくなることを見出した。

(4) 自己無撞着場の波動関数を用いて、K電子捕獲に伴ってK殻に二つの空孔が生ずる確率を計算した。

(5) 以上の理論的研究により、従来の実験結果には予想されたより多くのL電子の関与する内部電離が含まれていることを初めて指摘した。

(6) 従来この種の実験で最大の難点であった低エネルギーの放出電子の測定に関して、極めて薄い線源を製作して電子検出用ガス・フロー型比例計数管内に装填する方法を考案した。

(7) 上記方法を ^{55}Fe に適用し、電子検出用計数管を同じ構造の2個の MnKX 線用のガス・フロー型比例計数管で挟み、三重同時放電法を用いて、この現象の精密測定に成功した。

(8) 放出電子をすべて電子検出用計数管の内部に閉じこめるため、この計数管を約 4 kG の磁場内に設置する独自の方法を試みた。

(9) 化学的に安定な非常に薄い線源の製法を研究し、 $^{55}\text{FeCl}_3$ の塩酸溶液より鉄のキレート化合物を作り、これと Formvar とを混合することによって極めて薄い(約 $4\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2$) 様な厚さの線源を調製している。キレート化合物を利用するこの方法は低エネルギー電子線源製作について新しい技術を確立したものである。

(10) この実験によって、L電子の寄与を完全に除いて、放出K電子のエネルギー分布の絶対値を約 5 keV より 180 keV の広い領域について測定することに成功し、これと全K殻内部電離確率の実験値が著者の開拓した相対論的一段階過程理論とよく一致することを実証した。

以上要するにこの論文は、K電子捕獲に伴うK殻内部電離に関する厳密な相対論的理論を提案すると共に、独創的な実験的手法を駆使して、理論の正当性を実証した研究成果で、学術上寄与するところが少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。