

氏名	小 坂 圭 二		
学位(専攻分野)	博 士(理 学)		
学位授与番号	博 甲 第 1018 号		
学位授与の日付	平成 4 年 3 月 28 日		
学位授与の要件	自然科学研究科物質科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文題目	遮蔽クーロンポテンシャルの束縛状態に対する相対論的WKB法		
論文審査委員	教授 中村 快三	教授 米井 克己	教授 萬成 勲
	教授 古谷洋一郎	教授 永原 賢	

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

高電離重イオン等，相対論的效果の大きい原子の電子状態を解析する手段として，遮蔽Coulombポテンシャルの束縛状態に対する相対論的WKB法を定式化し，その詳細な吟味を行うと共に，具体的な問題へ応用した。

本方法では，遮蔽Coulombポテンシャルに対する波動関数を純Coulombポテンシャルに対する波動関数の変形として捉えている。その結果この近似は既存の相対論的WKBが与え得なかった準位をも含めた，遮蔽Coulombポテンシャルの束縛状態の全ての準位に対して，解を与え得るものとなった。

この近似の妥当性の吟味として，簡単な解析的モデルポテンシャルに対して，本研究によるWKB解をDirac方程式の厳密解と比較した。その結果，本方法の与える固有値と波動関数の双方がDirac方程式の厳密解と良く一致する事を確かめた。本方法は特に低い準位で良い結果を与える。一般に高い準位になると近似が若干悪くなるが，最も悪い場合でも数%の誤差にとどまっている。

現実的な系への応用として，高電離イオン及び圧縮原子への適用を行った。有効ポテンシャルとして，相対論的Thomas-Fermi-Dirac-Weizsacker模型を定めるポテンシャルを用いた。結果として，高電離イオンの1電子状態の原子番号 Z 及び電子数 N への依存性に対する知見を得，圧縮原子の1電子エネルギーの圧縮度に対する依存性及び1電子エネルギーに対する相対論的效果を明らかにした。これらの計算により，本研究で開発した相対論的WKB法が，重イオンなどの研究に有用であることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

WKB法はSchrödinger方程式に対する有力な近似解法の一つとして、原子物理学の諸問題に適用され、多くの有用な知見を与えてきた。近年、ビームフォイル分光、プラズマ中の原子過程の研究に関連して、重イオンの電子状態に多くの関心が寄せられている。実験からの要望に応え、迅速に問題の本質を洞察するためには、適切な近似法の開発が望まれるが、重い原子やイオンに対しては、相対論的效果が重要になる。WKB法を相対論的Dirac方程式に適用する試みとこれまでいくつかなされているが、十分成功したものは無い。

本論文で申請者は、これまでの取扱いに内在する困難を明確に指摘し、事態を打開するための新しい方法を提案している。方法の核心は、①遮蔽クーロンポテンシャルに対するDirac方程式をSchrödinger型の方程式に変換し、②この変換された方程式の解が純クーロン波動関数 $Y(r)$ に若干の変形を施した $A(r)Y(R(r))$ の形をとるものと仮定して、 $A(r)$ および $R(r)$ を近似的に定めるという2点である。

上記の方針①、②に従って、申請者は、遮蔽クーロンポテンシャルに対するDirac方程式の、任意の束縛状態に適用可能なWKB解の表現を与えることに成功している。さらに、この近似の妥当性について詳しい吟味を行い、定量的にも満足すべきものであることを若干の中性原子エネルギー準位や波動関数の計算等の実例をもって示している。具体的問題への応用例として、相対論的トーマス・フェルミ模型の定める有効ポテンシャルを用いて、高電離イオン並びに圧縮原子の一電子準位の計算を行い、この方面の研究に対して有用な情報を提供している。近似の性格上、本論文の方法は電子による核電荷の遮蔽が波動関数に及ぼす影響を調べる上でも興味深い知見を与える。これらの情報は精密計算の出発値としても高い効用を持つことが期待される。

このように本論文で展開された相対論的WKB法は、比較的簡潔な手続きで、かなり精度の良い近似計算を可能とし、複雑な原子系の構造に対する見通しをつける手段になり得ることを示した。その意味で本論文は重イオンの関与する問題は勿論のこと、広く相対論的取扱いを必要とする多くの問題の解決に寄与するところが大きいと考えられる。

よって、本論文は博士の学位論文として価値あるものと認める。