

氏名	中原康明 なか はら やす あき
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第452号
学位授与の日付	昭和46年9月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	Thermal Neutron Scattering from Simple Liquid Metals (単純な液体金属による熱中性子散乱)
論文調査委員	(主査) 教授 西原 宏 教授 岐美 格 教授 柴田 俊一

論文内容の要旨

この論文は、液体ナトリウムのような単純な単原子液体金属による熱中性子微分散乱断面積とその計算法についての研究をまとめたもので、6章および付録から成っている。

第I章は序論で、先ず熱中性子散乱則の一般論を要約し、つぎに液体金属による散乱則に関する研究の現状と問題点を示し、さらにこの研究の目的と方針をやや詳しく述べている。

第II章は干渉散乱の古典理論による取り扱いである。先ず、液体金属を Coulomb 力で相互作用する完全電離のイオン・電子2成分系と考え、Vlasov 方程式を適用し、線型化と線型応答理論によって、微分散乱断面積を決定する散乱則の計算式を導いている。Nelkin と Ranganathan は、中性原子集団に対する Vlasov 方程式から出発し、2次モーメント定理を満足する Perkus-Zwanzig 実効ポテンシャルを用いて散乱則を導いている。著者は、液体ナトリウム (100°C) について数値計算を行なって両散乱則を比較し、イオン・電子モデルによって散乱則が改良されることを示している。

第III章は、実効ポテンシャルおよび伝導電子の量子効果が干渉散乱に与える影響を検討したものである。すなわち第II章で用いた Coulomb ポテンシャルは、2次モーメント定理を満足しないので、この定理を満足する自己矛盾のない実効ポテンシャルを求め、電子の構造因子には Hartree-Fock 近似を用いて散乱則の干渉項を導いている。つぎに Balescu による量子力学的 Vlasov 方程式を電子に適用し、伝導電子の量子効果を取り入れた式を示している。著者は上記のポテンシャルと量子効果の影響を調べる目的で、100°C の液体ナトリウムについて数値計算を行ない、つぎのような結論を得ている。(1) 実効ポテンシャルと Coulomb ポテンシャルの差は、熱中性子散乱に関する限り小さい。(2) 伝導電子の量子性の熱中性子散乱則への影響は、固体金属の場合ほど重要でない。

第IV章では、液体による熱中性子非干渉散乱が取り扱われている。全散乱則を求めるためには、すでに導いた散乱則のほかに、非干渉散乱によるその自己成分を知らねばならないが、Vlasov 方程式を用いる方法ではこの成分を正しく求めることが困難である。そこで著者は、液体中の粒子運動の振動数分布から

散乱則を計算する方法を採用し、イオンの振動数分布を実効幅モデルで記述される拡散モードと調和振動モデルで記述される調和振動モードに分け、それぞれに対する中間散乱関数を合成して自己成分を求めている。その際、拡散モードの振動数分布は Egelstaff-Schofield の実効幅モデルから導いた式を用い、全振動数振分布には、著者が巡回振動子モデルを用いて求めた一般化された振動数分布の式を使用している。

第V章は、Randolph によって測定された液体ナトリウム (100°C) の全散乱則および著者が種々のモデルに対して導いた式を用いた計算結果の検討にあてられている。一般化された振動数分布のパラメータを適当な値にえらぶと、電子の量子効果を考慮した電離モデルが、実験値と最もよい一致を示す。散乱による中性子エネルギーの変化が液体の熱エネルギーに近いときは、計算値は実験値にくらべて非常に大きくなっている。著者はその原因が、Vlasov 方程式から導いた散乱則に含まれる非干渉成分にあると指摘している。

第VI章は、結果の要約と検討である。

付録には、一般化された振動数分布の誘導と、著者の作成した計算コード SCALIQ-1 のリストが示されている。

論文審査の結果の要旨

液体金属による中性子微分散乱断面積の研究は原子炉物理学および原子炉工学において重要であるのみならず、この断面積を決定する液体の構造を調べるための有力な手段ともなっている。著者はこのような観点から、液体ナトリウムのような単純な単原子液体金属について、熱中性子散乱則を詳しく検討し、相当の成果を得ている。その主なものを示せばつぎの通りである。

(1) 液体金属を完全電離のイオン・電子2成分系と考え連立 Vlasov 方程式を適用して熱中性子散乱則の計算式を導いた。この電離モデルは、従来の Nelkin-Ranganathan による中性モデルに比較して、干渉散乱による散乱則の微細構造をよく記述できる。特に散乱による中性子運動量変化の小さい領域では、プラズマ振動の寄与によって、実測値との一致は著しくよくなる。

(2) イオンおよび電子の相互作用のポテンシャルとして、2次モーメント定理を満足する実効ポテンシャルと Coulomb ポテンシャルを用いて計算を行ない、両者の与える差は小さいことを見出した。

(3) Balescu による量子力学的 Vlasov 方程式を電子に適用し、伝導電子の量子性を考慮することによって散乱則は改善されるが、その効果は小さく、実用上は古典理論で十分であることを示した。また電子の構造因子に Hartree 近似および Hartree-Fock 近似を用いた結果にはほとんど差が認められないことを明らかにした。

(4) 非干渉散乱断面積については、電離モデルに Vlasov 方程式を適用する方法でよい結果を得ることは困難であるため、Egelstaff-Schofield の実効幅モデルから求めた拡散モードの振動数分布と、巡回振動子モデルから求めた振動数分布を用いて計算式を導いた。この方法で得た散乱則の非干渉成分と、電離モデルから導いた散乱則を合成して得られる全散乱則は、Randolph による液体ナトリウム (100°C) の測定値と、例外的な場合を除いてよく一致する。全散乱則の概形は非干渉散乱できまる。

(5) 前項(4)の例外は、散乱による中性子エネルギーの変化が液体の熱エネルギーに近い場合で、計算は実験よりかなり大きな値を与える。著者はこの不一致の原因を詳しく検討し、イオンの拡散モードの取り扱いを改良することが、計算値と測定値の一致をよくするために重要であることを指摘した。

(6) 従来、原子炉解析に用いる減速材散乱核は、非干渉散乱近似によっていたが、干渉散乱による微細構造をもよく記述できる散乱断面積の計算式を導びき、この式による計算コードを作成した。

以上述べたように、この研究は、単純な液体金属による熱中性子散乱則について多くの知見を加え、微分散断面積の新しい計算法を見出し、原子炉材料として重要な液体ナトリウムについてその計算法が有用なことを明らかにしたものであって、学術上実際上寄与するところが少なくない。

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。