

Title	液体ヘリウムII中の荷電粒子の輸送現象
Author(s)	豊川, 和治
Citation	大阪大学, 1974, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31145
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【 6 】

氏名・(本籍)	豊 ^{とよ} 川 ^{かわ} 和 ^{かず} 治 ^{はる}
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	第 3 2 3 6 号
学位授与の日付	昭和 49 年 12 月 16 日
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	液体ヘリウム II 中の荷電粒子の輸送現象
論文審査委員	(主査) 教授 伊達 宗行 (副査) 教授 川村 肇 教授 金森順次郎 教授 西山 敏之 講師 本河 光博

論 文 内 容 の 要 旨

液体ヘリウム中の荷電粒子の研究は、最近10年以上にわたって、現在に至るまで、実験・理論の両面から活発に行われて来た。我々は液体ヘリウム中の赤熱タングステン・フィラメントの熱電子放射を用いて、液体ヘリウム中に負イオンを生成し、その輸送現象を系統的に研究した。

まず静的な電流-電圧特性の液温保存性を測定し、その結果をモーピリティ・モデルを用いて解析し、負イオンの易動度 μ を電場 E 及び液温 T の関数として求めた。 $(\mu = \mu(E, T))$ この結果は今まで提唱されてきたイオンと液体ヘリウムとの相互作用、①フォノン及びロトンとの衝突、②乱流によるイオンの捕獲、③イオンによるロトン生成、だけを考慮して説明することは不可能で、新たに④イオンによる量子化された渦輪の生成、を考慮することにより、よく理解されることがわかった。この④の過程についてはまだ満足の微視的理論がないが、我々はイオン及びイオンを捕獲した渦輪の分散関係の混成を考えることにより、この過程に関する種々の実験事実がよく理解できることを示唆した。

次にパルス電圧を印加した時の動的な電流-電圧特性を測定したときに、新たに液温及び電場に依存した電流の振動が現れる事を見出し、この振動数を液温及び電場の函数として実験的に求めた。先に求めた負イオンの易動度 $\mu(E, T)$ を用いて、イオンのパルス電場下の運動のコンピューター・シミュレーションを行った結果、振動発生の機構は半導体にみられるガン発振と類似して、振動発生にともない、イオンの空間的な収束が起っていることがわかった。

最後に、赤熱タングステン・フィラメントを用いて、負イオンだけでなく陽イオンも生成可能であることを実験的に示した。フィラメントに逆電圧を印加すると、熱電子放出は抑制されて、電流は流れないが、或る臨界電圧以上で急に電流が流れることを見出した。この現象はフィラメント周辺の

ガスの鞘の内部で放電が起り、生じた陽イオンが液中に入射して電流に寄与していることを検証した。液中に生成されている陽イオン濃度は $\sim 10^{10}$ /cc程で、他の方法に比べ $10\sim 10^3$ 倍大きい。従って、赤熱タングステンを用いる方法は、陽イオンを研究するにも有効であることがわかった。

論文の審査結果の要旨

本論文は、液体 He 中の荷電の輸送現象の3つの新しい現象についての結果をまとめたものである。その第一の内容は、超流動 He 中の負イオンが 5 kV/cm 以上の高い電場の下では、今まで考えられていた単純にロトンを生成しながら運動していくというモデルでは、不完全であることを指摘し、ボルテックスリングの生成も行いながら運動するというモデルで説明がつくことを示している。第二の内容は、 10 kV/cm 以上の高い電場の領域では、液体 He 中の負イオンは、電圧を上げてもイオンの速度が遅くなるという負抵抗の領域ができることに注目し、パルス的に高い電場をかけることにより、空間的に電荷の粗密ができるいわゆるバンチング効果があらわれることを発見したもので、これは今まで研究されてきた電流-電圧特性のような定常流の研究から更に発展したダイナミカルな研究である。第三の内容は、液体 He 中にプラスイオンの荷電を大量に生成する方法の開発研究である。それは、タングステンフィラメントを赤熱させて直径 100μ 程度のガスのサヤをそのまわりに作り、このタングステンフィラメントに対し、プレートに負の高電圧をかけることにより、その中に放電をおこさせるというユニークな考え方に基づいている。この研究は上の第二の研究からもわかるように、多くの荷電の集団運動を通じた新たなダイナミカルな研究のための展望を開くものである。

以上3つの研究によって、負イオンの高電場領域でのふるまい及びそのダイナミカルな一つの性質を明確にしたことと、更にプラスイオンについてもそのような研究の可能性への道を開いたという点で、高く評価され、理学博士の学位論文として充分価値あるものと認める。