

図 1: フランク・ヘルツの実験装置の原理図

1 目的

本実験の目的は、原子が離散的なエネルギー状態を持つことを電子ビームと Ne 原子の非弾性衝突の実験によって確認し、Ne 原子の最低励起エネルギーを求めることである。

2 原理

2.1 背景となる原理

2.1.1 Bohr の量子仮説

Bohr の量子仮説によると、原子にはとびとびのエネルギー値を持った状態（定常状態）のみが許され、定常状態から定常状態に遷移するときのみエネルギーの変化が起きる。また、状態 n から m への遷移が起こる時に放出または吸収される電磁波の振動数 μ は、プランク定数を h とすると、

$$h\mu = |E_n - E_m|$$

を満たす。

2.1.2 フランク・ヘルツの実験

電子を加速電圧 V_{ACC} によって加速することを考えると、その電子の運動エネルギーは電子ボルト単位 eV で $eV_{ACC}[\text{eV}]$ と表される。ただし、 e は電気素量である。この電子が原子に衝突した時、その運動エネルギーが原子の最低励起エネルギーを超えていれば非弾性衝突が起こり、原子のエネルギー状態が遷移する。この時、その原子の基底状態のエネルギーを $eV_0[\text{eV}]$ 、そのすぐ上の励起状態のエネルギーを $eV_1[\text{eV}]$ とすると、その原子の最低励起エネルギー V_E は、

$$V_E = V_1 - V_0$$

となる。

2.2 測定原理

2.2.1 フランク・ヘルツの実験

図 1 のような装置を用いる。カソード K をヒーターによって加熱し、Ne ガスを封入した 4 極管にて電子を放出する。放出された電子をグリッド G_1 、 G_2 の間で加速する。

加速電圧 V_{ACC} を 0V から増加させると、最初、電子は Ne 原子と衝突しても非弾性衝突を起こさない。そのため電子はエネルギーを失わずプレート P に到達する。このとき、カソード K から流れる電流は熱電子管の電圧-電流特性で決まり、単調に増加する。ただし、グリッド G_2 とプレート P の間には約 6V の逆電圧が印加されているため、プレート電流 I_P は、 V_{ACC} が約 6V になるあたりから増加し始める。

さらに V_{ACC} を増加させ電子のエネルギーが eV_E 付近になると電子と Ne 原子の非弾性衝突が起こりはじめ、電子のエネルギーが失われる。プレート P には逆電圧が印加されているため、逆電圧に対応するエネルギー以下になった電子はプレート P に到達できず、 I_P は急激に減少する。さらに V_{ACC} を増加させると、非弾性衝突をしたあとの電子のエネルギーが逆電圧に対応するエネルギーを超え、再び I_P は増大する。

これを繰り返すことにより、 V_{ACC} が V_E だけ増加するごとに I_P は極大値を示す。

2.2.2 励起発光の観測

Ne の最低励起エネルギーは 16.7V であり、対応する光は紫外線領域である。従って、人間の目でこれを観測することはできない。しかし、実験中に 4 極管を覗くと赤色系の光を観測することができる。この光は、Ne 原子の価電子 1 個が 3p 軌道から 3s 軌道に遷移する際に放出される光 (波長 585.2488nm) であると考えられ、そのエネルギーは 2.11eV である。

このことは、Ne 原子が基底状態から直接 3p などへ励起されるか、一旦 3s に励起された Ne 原子が続けて 3p などに励起され、その後 3p から 3s へと発光を伴った遷移が発生したことを示唆している。

3 装置

4 方法

5 データ

6 解析

7 考察

8 結論