

ボーア模型の基本

1 導入

この講義で最重要なのは、ボーア模型は「どの軌道でもよい」のではなく、特定の軌道だけが許される、と仮定して線スペクトルを説明する模型だと捉えることです。原子の電子が古典力学どおりに自由な軌道を取れるなら、原子は連続スペクトルを出しそうです。ところが実際には離散的な線スペクトルが現れます。ボーア模型は、この事実を最小限の仮定で説明しようとした模型です。

2 用語と定義

量子条件とは、電子の角運動量が

$$mvr = n\hbar \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

を満たす、という条件です。

エネルギー準位とは、電子が取れる離散的なエネルギーの値です。

3 方針

まず、水素原子で電子が受ける力を円運動の式で書きます。そのあとボーアの量子条件を加えて、軌道半径とエネルギーが飛び飛びになることを見ます。

4 直感的な説明

ボーア模型の発想は、「電子はどんな軌道でも回れるわけではない」と割り切ることです。弦の振動で定常波だけが残ると少し似ていて、原子の中でも許された状態だけが安定に存在すると考えます。この見方を取ると、電子が高い準位から低い準位へ移るとき、その差だけのエネルギーを光として出す、という線スペクトルの説明が自然につながります。

5 厳密な説明

5.1 1. 円運動の式

水素原子では、電子に働くクーロン力が向心力になります。したがって

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{ke^2}{r^2}$$

です。

5.2 2. ボーアの量子条件

さらに

$$mvr = n\hbar$$

を課します。これによって許される軌道が離散化されます。

5.3 3. 軌道半径とエネルギー

この2つの式を組み合わせると、半径は

$$r_n \propto n^2$$

となり、エネルギーは

$$E_n \propto -\frac{1}{n^2}$$

となります。つまり、軌道もエネルギーも連続ではありません。

5.4 4. 線スペクトル

準位 m から n へ遷移するとき、

$$h\nu = E_m - E_n$$

です。これが水素原子の線スペクトルを与えます。

6 見分け方

- 水素原子、ボーア模型、線スペクトルが出たら、まず準位が離散的だと考えます。
- 半径や速さを問うなら、円運動の式と量子条件を連立します。
- 出る光の振動数や波長を問うなら、準位差と $h\nu$ を結びます。

7 最終形

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{ke^2}{r^2}$$

$$mvr = n\hbar$$

$$h\nu = E_m - E_n$$

8 一言でいうと

- ボーア模型は、許された軌道だけを認めることで、原子の線スペクトルを説明する模型です。

9 かんれん 関連リンク

→ [講義](#) [原子と量子の入口](#) [lecture](#) [physics](#) [modern](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/modern/原子と量子の入口-講義/>