

[第13回目] 水素原子のボーア・モデル

今日の授業の目標 学習到達目標 (7) **ボーアの水素原子モデルを理解できる。**

- ・ **原子の構造**：原子核のまわりを電子が運動している。
- ・ **原子が安定に存在できる理由**：電子が波の性質を持つ。(定常波)

ボーアの水素原子モデル

電子( $q = -e$ )は原子核( $q = +e$ )のまわりを、ニュートンの運動方程式にしたがって、等速円運動していると考える。

$$m \frac{v^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2} \quad \text{: 運動方程式}$$

$$E = K + U = -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{r} \quad \text{: 力学的エネルギー}$$

(1) **電子波が定常波となる...電子軌道の安定条件**  
(物質波の考え)

$$2\pi r = n\lambda = n \frac{h}{mv}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$r_n = \frac{1}{k} \frac{h^2}{me^2} n^2 = a_B n^2$$

ボーア半径  $a_B = 0.05 \text{ nm}$  (水素原子の半径)

$$\text{エネルギー準位 } E_n = -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{a_B} \cdot \frac{1}{n^2} = -|E_1| \frac{1}{n^2} = -13.6 \frac{1}{n^2} [\text{eV}]$$

(2) **原子が出す光の振動数  $\nu$  の条件...電子は安定な軌道の間を飛び移るとき光を出す。**  
(光子の考え)

$$h\nu = E_n - E_m$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{E_n - E_m}{hc} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

原子スペクトルの波長  $\lambda$  が説明できた

\*\*\*\*\*

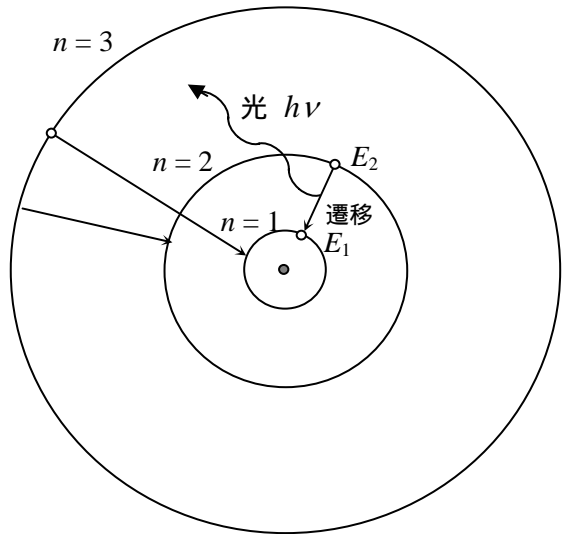
**レポート問題 第13回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)**

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつけること!

C... 問1 金属中の自由電子は、量子力学的効果により、最大で数 eV 程度の運動エネルギーをもって運動している。この自由電子の運動エネルギーを  $E = 7.0 \text{ eV}$  (銅の場合) として、電子波の波長  $\lambda$  を求めよ。[教科書の間6.5の答えを参考にせよ]

問2

- B... 水素原子を長岡モデルを用いて図で表せ。
- B... 原子の中心にある、正電荷が集まった小さなかたまりを何というか。[教科書 165 ページの上段を見よ]
- B... 電子の軌道が安定に存在できる条件は、電子波が何になるときか。[教科書 168 ページの上段の説明と図 6.10 を見よ]
- B... 水素原子の電子が、 $n = 3$  の状態 ( $E_3 = -1.5 \text{ eV}$ ) から、 $n = 2$  の状態 ( $E_2 = -3.4 \text{ eV}$ ) に遷移した。このとき放出される光子のエネルギー  $h\nu$  と、その振動数  $\nu$  と波長  $\lambda$  を求めよ。[教科書の式 (6.23) を使う]



解答用紙 ( 曜 限) 学籍番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつけること！

問1  $E = \frac{1}{2}mv^2$  より  $p = mv = \sqrt{2mE}$  をえる。(  $m = 9.1 \times 10^{-31}$  kg )単位を変換して  $E = \frac{1}{2}mv^2 = 7 \text{ eV} =$  J を用いて、

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} = \quad [ \quad ]$$

この波長をフェルミ波長という。自由電子が結晶の原子間隔(銅は  $0.36 \text{ nm} = 3.6 \times 10^{-10} \text{ m}$ )程度の波長をもつ波であることが、物質の様々な性質(金属か絶縁体かなど)を理解するために重要である。絶縁体の存在は、原子で反射した電子波が定常波を作ることと関係がある。

問2

 $h\nu = E_n - E_m$  の式から、放出される光子のエネルギー  $h\nu$  は

$$h\nu = E_3 - E_2 = \quad [ \text{eV} ]$$

$$= \quad [ \text{J} ]$$

このとき放出される光の振動数  $\nu$  は、

$$\nu = \frac{E_3 - E_2}{h} = \quad [ \text{Hz} ]$$

 $c = \lambda\nu$  の関係を用いて、波長  $\lambda$  は、

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \quad [ \text{m} ]$$

となる。(教科書 165 ページの  $\lambda_3$  と比較せよ。)

このレポートをやるのに \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分、

それ以外に基礎物理 の予習復習を \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分した。