

第三回:『水素原子のスペクトル, 量子論誕生』(提出先:29 号館 1104 号室)

水素原子中の電子のエネルギーは以下の式で表され, 正の整数  $n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) によって区別される離散的な状態をとる(真空中に電子が単独で存在するときのエネルギーをゼロとするので, 原子核との間のクーロン引力で安定になっている水素原子中の電子のエネルギーは, ゼロより小さい負の値になる).

$$E = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

$m$  は電子の質量,  $e$  は電子や水素原子核(プロトン)の電荷の大きさ(素電荷),  $\epsilon_0$  は真空の誘電率,  $h$  はプランク定数であり, 以下のような値である.

$$m = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg (キログラム)}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C (クーロン)}$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m (= C/Vm) (ファラッド/メートル)(=クーロン/(ボルト×メートル))}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s (ジュール×秒)}$$

※エネルギーの単位[J](ジュール)は, [C・V](クーロン×ボルト)や[ $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ ](キログラム×メートル<sup>2</sup>/秒<sup>2</sup>)と同じものを指す. つまり 1 J のエネルギーは 1 C・V や 1  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$  とまったく同じである.

以下の問に答えよ. なお, ここで与えている各種の物理量は有効数字を 4 桁としているので, それ以上の桁数を計算しても意味が無い(誤差の方が大きい). 従って答えは有効数字 4 桁で答える事. また, 非常に小さな数値を扱うため, 電卓の種類によっては桁が小さすぎて正しい答が出ない場合がある. そういう場合は Google の電卓機能や EXCEL を利用する事. (先に  $me^4/8\epsilon_0^2 h^2$  を計算し, 数字として出しておくこと).

問 1. もっとも電子のエネルギーが低くなる  $n$  の値と, その時のエネルギーを求めよ. 単位を忘れずに!  
(0.75 点)

問 2. もっとも電子のエネルギーが高くなる  $n$  はどのような値か? その時のエネルギーはどうなるか?  
(0.75 点)

問 3.  $n = 3$  の状態にいた電子が,  $n = 2$  の状態に変わる時に出てくるエネルギーを求めよ(単位も付ける).  
(0.75 点)

問 4. 問 3 で求めたエネルギーが光として放出されたなら, どんな波長の光になるのかを計算し, ナノメートル単位で表せ. ただしここで, 波長  $\lambda$  (単位:メートル)の光の持つエネルギー(単位:ジュール)は以下の式で表される( $c$ :光速度, 約  $2.998 \times 10^8$  m/s). 桁の間違いや, メートル単位での解答は誤答と見なす. (0.75 点)

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

※1 nm =  $10^{-9}$  m である(逆に言えば, 1 m =  $10^9$  nm). よって, 解答が X [m]であるなら,

$$X [\text{m}] = X \times 1 [\text{m}] = X \times 10^9 [\text{nm}]$$

と, nm 単位の値に変換できる.