

プリント⑦【ボーアの原子】解答

★1) (2.5)式に、教科書 p.248 の物理定数を代入すると、 $r = 5.29 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.529 \text{ \AA}$

オングストローム

$\text{\AA}$ ($=10^{-10}\text{m}$) は非 SI 単位。これがボーア半径 (a_0) と言われる値で、水素原子の「大きさ」はその2倍、つまりK殻の直径は約 $1 \text{ \AA}$ ということになる。

計算をするときには (1) 式をたてる (2) 使った数字を示す (3) 式の計算にも単位をつける (4) 有効数字の桁数……この問題では、問題の中に有効数字の桁数については記されていないから、自分で決めてよい (5) 答えのみは不可

定数の値をこの科目の試験のために覚える必要はない。公式はごく基本的なもの、例えば $E = h\nu$ (光 (光子) のエネルギー) とか $\Delta E = h\nu$ (電子の遷移にともなう発光または吸収のエネルギー) とか $c = \lambda\nu$

§ 2.4 量子論と軌道関数 (教科書 p.29)

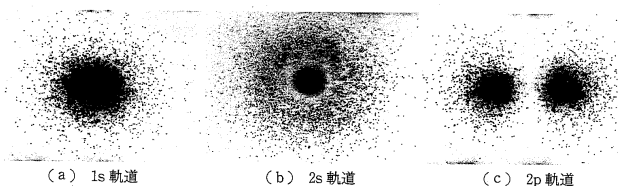
キーワード：主量子数、方位量子数、磁気量子数、スピン量子数

ポイント

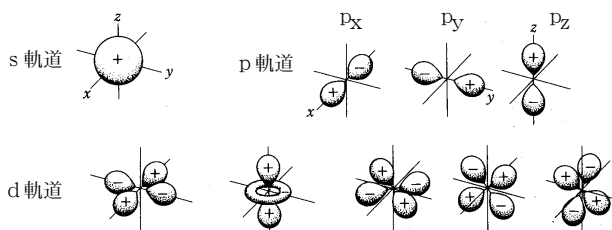
1. 軌道とは波動方程式の解である。
2. 軌道の形は3つの量子数 n (主量子数)、 l (方位量子数)、 m (磁気量子数) で決まる。
3. 上記の量子数の物理的意味と、とることができる値の範囲
4. スピン量子数とは何か。

軌道の形の表し方

電子雲表示



境界面表示

3つの量子数 n, l, m

(1) 主量子数 $n = 1, 2, 3,$

→ 軌道の広がり (電子殻)

(2) 方位量子数 $l = 0(s), 1(p), 2(d), \dots, n-1$ 計 n 個 → 軌道の形 (軌道角運動量)
s 軌道は球対称、p 軌道は軸対称をした「ダンベル」型、d 軌道は「四つ葉のクローバー」型

(3) 磁気量子数 $m = 0, \pm 1, \dots, \pm l$ 計 $(2l+1)$ 個

→ 軌道の方向性 (磁気モーメント)

もう一つおまけに

(4) スピン量子数 $s = \pm \frac{1}{2}$ 計 2 個 → 電子のスピン

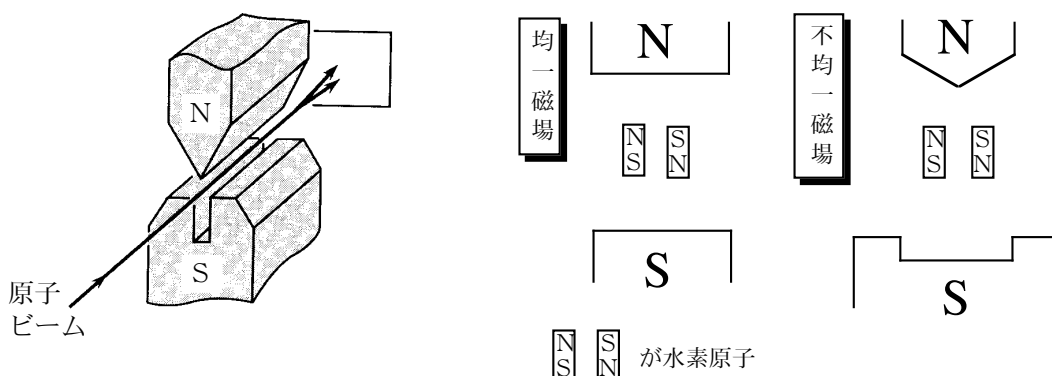
水素原子の軌道

$n=1$ (K殻) $\dots 1s$ 軌道

$n=2$ (L殻) $\dots 2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$ 軌道

$n=3$ (M殻) $\dots 3s, 3p_x, 3p_y, 3p_z, 3d_{zx}, 3d_{yz}, 3d_{xy}, 3d_{z^2}, 3d_{x^2-y^2}$ 軌道

電子にスピンがあることを示す実験：ゲルラッハの不均一磁場



- ★演習1) a) K、L、M殻に対応するのは [] 量子数である。
 b) s、p、d、fであらわされるのは [] 量子数である。
 c) 軌道の方向性を表すのは [] 量子数である。
 d) p軌道では磁気量子数は [] つの値を取り得る。
 e) スピン量子数は [] [] という2つの値に量子化されている。

★演習2) $n=3$ に対する n, l, m の許される組み合わせをすべて記せ。

演習3) $n=2$ の殻に入る電子の最大数は8であることを説明せよ。

演習4) 5f の副殻に入る電子の最大数を求めよ。

★演習5) 次の原子軌道のうち、存在するものはどれか。 6p, 3f, 6s, 1p, 4f, 2d, 5f, 4s

演習6) 主量子数 n を持つ殻には $2n^2$ の電子が存在することを示せ。

ヒント $\sum_{l=0}^{n-1} \sum_{m=-l}^l 2 = \quad \quad \quad (2 \text{ は } 2 \text{ つのスピンの状態})$
 $l=? m=?$

演習7) 軌道電子をしばしば $\bigcirc\bigcirc$ と描かず、 $\uparrow\downarrow$ のように描くのはなぜか。

このプリントの解答 (★以外)

3) $n=2$ の軌道は 2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z の4。1つの軌道に電子は2個入ることができるので $2 \times 4 = 8$

4) f軌道は $l=3$ 。 $m=-1$ から 1 までなので、軌道の数 $2l+1=7$ 。 $\therefore$ 最大電子数は 14。

$$6) \sum_{l=0}^{n-1} \sum_{m=-l}^l 2 = 2 \sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = 2 \left\{ 2 \times \frac{n(n-1)}{2} + n \right\} = 2n^2$$

最初の式で $\sum \sum$ のあとの 2 は、1つの軌道に入ることができる電子の数。

7) 電子のスピンは量子化されていて、そのとることができる値 (スピン量子数 s) は $\pm 1/2$ の2つで、それぞれ $\downarrow$ と $\uparrow$ であらわす。電子のスピンの生じる磁場の向きと考えると直感的で判りやすい。パウリの排他原理から1つの軌道に入る電子の s は等しくない (スピンの逆平行である) ので入ることができる2つの電子は $\downarrow$ と $\uparrow$ となる。

次回は原子の電子配置 (§ 2.5) とイオンの電子配置 (§ 2.6)

はみだし) 「勉強はしないよりもしておいた方がいいわ。一つでも得意なものあるはず。勉強はできるうちにしておいた方がいいわ。後になって気付いたって遅いわ。」と言っているのは誰でしょう。私 (山田) ではありません。答えは6/25以降に次を参照。

<http://www.e-one.uec.ac.jp/~shyamada/1A/1Asankou.html>