

プリント⑥【原子スペクトル】左ページ解答

- 1) スペクトルとはある光（電磁波）の強度が波長によってどのように異なるか（波長依存性）をグラフ等であらわしたものである。光を波長で分ける装置は分光器といい、かつては屈折率が波長により異なることを利用してプリズムが使われたが、現在は回折格子が使われる。スペクトルには物質が出す光を分析する発光スペクトルと、物質がどの波長の光を吸収するかを調べる吸収スペクトルがある。1 年次物理学実験の「光のスペクトル」は発光スペクトル、化学実験の「赤外線スペクトル」「紫外線スペクトル」は吸収スペクトルである。
- 2) 原子のエネルギー準位（エネルギーの高さ）は原子核と電子の間のクーロン力で決まるから、その間の距離にのみ依存する。K 殻と L 殻はそれぞれ（高校では）同心円であるから、それぞれのエネルギー準位 E_2 、 E_1 は一定の値のみとることができる。遷移の波長 λ は $\lambda = (E_2 - E_1) / hc$ であるからただ 1 つの値しかとることができないので、ナトリウムランプの輝線は単色光となる。以上を一言で表現するなら、スペクトルが不連続なのは、エネルギー準位が不連続なためである。
- 3) Na ランプの輝線は E_2 から E_1 へ、暗線は逆に E_1 から E_2 への遷移である。その 2 種類の遷移の波長は λ はどちらの場合も E_1 と E_2 のエネルギー差でのみ決まるから、等しい。
- 5) $E_3 - E_2 = hc / \lambda_{32}$ 、 $E_2 - E_1 = hc / \lambda_{21}$ \therefore 両辺をたすと $E_3 - E_1 = hc / \lambda_{32} + hc / \lambda_{21}$ 一方で $E_3 - E_1 = hc / \lambda_{31}$ $\therefore hc / \lambda_{31} = hc / \lambda_{32} + hc / \lambda_{21}$ $\therefore 1 / \lambda_{31} = 1 / \lambda_{32} + 1 / \lambda_{21}$ この問題のポイント：エネルギーは加成性が成立する（足したり、引いたりの意味がある）が、波長では成立しない。
- ★6) 5) の答えの式に数値を代入する。 $\lambda = 103 \text{ nm}$
- ★7) エネルギー準位が 4 つのとき、遷移の組合せは 6。遷移の組合せは n 個から 2 個をとる組合せの数になっているので、 ${}_n C_2 = n(n-1) / 2$
- 8) 9) 略

⑥【原子スペクトル】右ページ解答

- 1) バルマー系列とは、 $n_1 \geq 3$ から $n_2 = 2$ の軌道への遷移の発光。 H_α はそのうちでもっとも長波長、 \therefore エネルギー差がもっとも小さい遷移であるから、 $n_1 = 3$ になる。教科書 p.25 の (2.1) 式に $n_2 = 2$ 、 $n_1 = 3$ を代入し、さらに $\lambda = c / \nu$ より $\lambda = 6.56 \times 10^{-7} \text{ m} = 656 \text{ nm}$ （実測値も 656 nm）
- ★2) バルマー系列で波長が 6 番目に長いのは、 $n_1 = 8$ になる（ $\therefore n_2 = 3$ からの遷移が 1 番目、 $n_2 = 4$ からの遷移が 2 番目……）。以下 1) と同様にして $\lambda = 389 \text{ nm}$
- 3) 1) と同工異曲： $\lambda = 486 \text{ nm}$
- ★4) $\Delta E = h\nu$ (Δ は差の意味) に、1) の計算のときの ν を代入する。 $\Delta E = 3.03 \times 10^{-19} \text{ J}$

§ 2.3 波動としての電子（教科書 p.27）

ポイント：現代の軌道の考え方

古典力学と原子の世界の違い

	太陽系	ボーア	原子の世界
力学	古典力学	古典力学	量子力学
粒子性/波動性	惑星は粒子	電子は粒子	電子は波動
軌道、エネルギー	連続	不連続（離散的）	不連続（離散的）
存在位置	確実（軌道計算可）	確実	不確定（確率）
	19 世紀	1914 ノーベル賞	20 世紀（1920 頃）

- 物質波：すべての物体は波としての性質を持つ
- 不確定性原理 (Heisenberg)：電子の位置と運動量 (速度) を同時に決定することは原理的に不可能である ⇒ 電子の位置は確率としてしか表せない。⇒ 電子雲表示
- 波動方程式 (Schrödinger)
$$-\frac{\hbar^2}{8\pi^2 m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \psi + U\psi = E\psi$$

ψ : 波動関数、 ψ^2 : 電子の存在確率 (電子密度、電子雲)

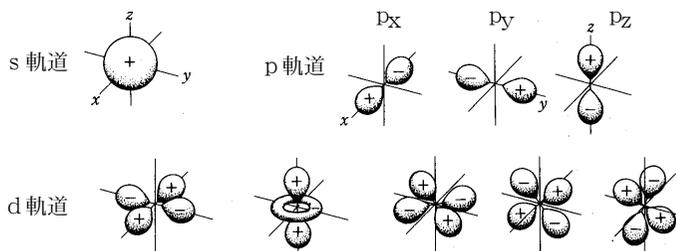
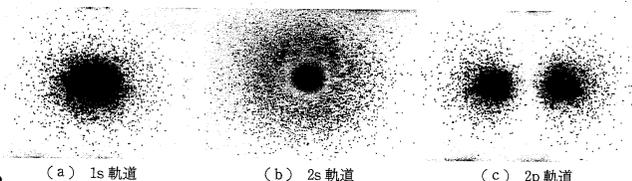
★演習 1) 波動方程式、波動関数、電子雲、電子の確率分布というキーワードが入った文章 (3 行程度) を書け

★演習 2) 高校の物理や化学でならった古典的 (ボーア) 軌道の概念と、現代の量子力学 (量子化学) に基づく軌道 (オービタル) の概念はどのように違うか。

§ 2.4 量子論と軌道関数 (教科書 p.29)

ポイント

- 軌道とは波動方程式の解である。
- 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。
- 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
- スピン量子数とは何か。



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)

(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

Q&A

Q: 電子が存在しなくても。軌道はあるのか?

A: 例えて言えば軌道は電車の座席、電子は乗客のようなもの。客がいなくても電車は走る。電子が存在しない軌道を空軌道という。電子が空軌道へ励起される。



なまえぬ (現せ〜の) 1992.6.8 号より→

人間の心の内面を鋭く抉る!