

化学概論第一 宿題まとめ その1 (量子論、原子軌道、周期律) 石田

- [1] ボーアモデルは教科書 p.49-51 においては水素原子で解説されている。一般的には水素類似型原子に拡大して解釈できる。原子番号=陽子数を Z として、式 (3.3.3)~(3.3.10) を書き替えよ。要するに、クーロン力の q_1q_2 項で、 $q_1 = -e, q_2 = +Ze$ を使うことになるので、 e^2 項はすべて Ze^2 に替えられる。次に、軌道半径や軌道エネルギーに与える Z 依存性を説明せよ。要するに、 $E_{n,Z} \propto -Z^2/n^2$ と $r_{n,Z} \propto n^2/Z$ となることを説明せよ。
- [2] 水素の 1s 軌道 ($Z=1, n=1$) のエネルギーは $-hcR_\infty$ (ここはエネルギー次元としたが、 $-1.097 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ または -13.6 eV)、軌道半径は $a_0 = 53 \text{ pm} = 0.53 \text{ \AA}$ である。これらは上記 [1] の結論の 2 式のそれぞれの比例係数である。次のものを 定数 hcR_∞ や a_0 を用いて 答えよ。
- (1) H のイオン化エネルギー。
 - (2) He^+ の 1s 軌道のエネルギー。
 - (3) He の第二イオン化エネルギー。
 - (4) H で主量子数 2 の軌道のエネルギー。
 - (5) Li^{2+} の主量子数 1 の軌道半径。
 - (6) C^{5+} のイオン化エネルギー (つまり C の $IE^{(6)}$)。
- [3] 波動方程式から得られた水素の原子軌道の種類と軌道の形を、 $n=3$ まで すべて 描け。動径方向に節を持つ場合にはそれとわかるようにせよ。
- [4] (教科書 p.54) 1913~14 年に Moseley は、一連の元素について特性 X 線 (K 線と L 線) の波長を測定した。K 線と L 線はそれぞれ K 殻、L 殻に関連付けられている。特性 X 線の波長から振動数 ν を求め、その平方根を原子番号 Z の順に配列したところ見事に直線上に並ぶことがわかった。これにより、原子番号が未確定であった元素、白金 : 78、金 : 79、鉛 : 82 と、次々と言いつつ、未知元素の存在も予言した。特性 X 線の放出にかかわる二つのエネルギー準位を理解するためには、当然量子論を必要とする。その当時発表されたばかりの Bohr の原子模型と調和させつつ、Moseley は実験結果を解釈した。この解釈を説明せよ。
- K 系列の場合 : $\nu^{1/2} = A_K \{(3/4)B\}^{1/2}$ $A_K = Z - 1$
 L 系列の場合 : $\nu^{1/2} = A_L \{(5/36)B\}^{1/2}$ $A_L = Z - 7.4$
- [5] 基底状態で次の原子あるいはイオンはそれぞれ何個の対電子を持っているか。 $1s^2 \dots$ の様式に従って電子配置を書いてから答えよ。
- ${}^6\text{C}, {}^{20}\text{Ca}, {}^{25}\text{Mn}, {}^{26}\text{Fe}^{3+}, {}^{29}\text{Cu}^+, {}^{34}\text{Se}^{2-}, {}^{64}\text{Gd}^{3+}$
- [6] (1) 2p 軌道には量子数の異なる 3 種類の軌道がある。この量子数の名称を答えよ。
 (2) 2p 軌道には、最大いくつまで電子が配置されるか。
 (3) 2p 軌道にはどのような量子数の組 (n, l, m) が可能か。 (n, l, m) の組をすべて記せ。
 (4) 主量子数 2 の軌道はいくつの軌道が縮重しているか。主量子数 2 の軌道に入ることのできる電子は最大でいくつか。
 (5) 方位量子数 (副量子数) 0, 1, 2, 3 の軌道の名称をそれぞれ記せ。
- [7] (1) 最外殻の電子が $(n, l, m) = (3, 0, 0)$ の軌道にのみ存在する原子の原子番号を記せ。1 つとは限らない。
 (2) 最外殻の電子配置が次のように表される原子は周期表のどの族に属するか。
 n は主量子数を、s, p は軌道を表す。

