

第3章 章末問題・解答

3.1 水素原子の発光スペクトルを考える。バルマー系列のうち、 $n = 5$ からの遷移で観測されるスペクトルの波長を求め、何色のスペクトルになるか調べよ。

【解答】

式(3.1)を用いてバルマー系列 ($m = 1$) における $n = 5$ からの遷移を考えると、

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{R_{\infty}}{m^2} - \frac{R_{\infty}}{n^2} = R_{\infty} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right) = 1.097 \times 10^7 \times \frac{21}{100} \text{ m}^{-1}$$

すなわち

$$\lambda = 4.341 \times 10^{-7} \text{ m} = 434.1 \text{ nm}$$

になり、紫色のスペクトルが得られる。

3.2 主量子数 n の電子殻に収容できる電子の最大数は何個か。

【解答】

それぞれの殻が構成する軌道の種類と軌道の数は以下のとおりになる。

K 殻 ($n = 1$) : 1s → 1 個

L 殻 ($n = 2$) : 2s, 2p → 4 個

M 殻 ($n = 3$) : 3s, 3p, 3d → 9 個

...

よって、主量子数 n の殻に含まれる軌道の数は n^2 となり、1つの軌道に最大2個の電子を収容できるので、主量子数 n の電子殻に収容できる電子の最大数は $2n^2$ 個となる。

3.3 水素は主要族元素に含まれない。その理由の一つとして、どの族とも類似性が少ないという点が挙げられる。このことについて以下の問いに答えよ。

(1) 水素とアルカリ金属元素との間の共通点と相違点を挙げよ。

(2) 水素原子は $1s^2$ の電子配置をとり陰イオンとしての性質を有する場合もある (H を水素化物イオンという)。一価の陰イオンになる性質はどの族に類似しているか。

【解答】

(1) 共通点：最外殻が s 軌道で構成され、価電子数が 1 である。そのため、一価の陽イオン

を形成する傾向がある。

相違点：アルカリ金属は常温常圧下で固体の金属であるが、水素は気体であり、液体や固体になっても、通常、非金属である。また、アルカリ金属は水と反応する傾向があるが、水素は反応しない。

(2) 一価の陰イオンになるという傾向では 17 族（ハロゲン）に類似している。水素とハロゲンは 2 原子分子を形成するという点で類似しているものの、水素化物イオンとハロゲン化物イオンとで反応性が異なるなどの点で異なる。

3.4 図 3.11 によると、ガリウム原子 (${}_{31}\text{Ga}$) の第一イオン化エネルギーの方が亜鉛原子 (${}_{30}\text{Zn}$) よりも小さい。この理由を説明せよ。

【解答】

それぞれの原子の電子配置は以下のとおりである。



ガリウムでは 4s 軌道よりもエネルギー準位の高い 4p 軌道から電子が奪われることになるので、亜鉛よりもガリウムの IE_1 が小さくなる。

3.5 原子番号 Z の水素類似原子のイオン化エネルギーを求める式を書け。その式を用いてヘリウムの第二イオン化エネルギーとリチウムの第三イオン化エネルギーを求めよ。また、これらの値の文献値を調べて比較せよ。

【解答】

式(3.3)と式(3.10)より、原子番号 Z の水素類似原子のイオン化エネルギーは以下のとおり求まる。

$$IE = E_{\infty} - E_1 = \frac{Z^2 e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{Z^2 e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0}$$

すなわち、原子番号 Z の水素類似原子のイオン化エネルギーは、水素原子の第一イオン化エネルギー ($IE_1(\text{H})$) の Z^2 倍になる。

このことから、ヘリウムの第二イオン化エネルギー ($IE_2(\text{He})$) とリチウムの第三イオン化エネルギー ($IE_3(\text{Li})$) は以下のとおりとなる。

$$IE_2(\text{He}) = 13.6 \times 2^2 = 54.4 \text{ eV}$$

$$IE_3(\text{Li}) = 13.6 \times 3^2 = 122.4 \text{ eV}$$

これらの値は文献で示されている値と一致する（文献値は各自で調べよ）。