

量子力学 2008 : プリント (9)

担当 : 星健夫、TA : 谷川雅一

14

教科書 (原・岡崎「工科系のための現代物理学」) p.102 の演習問題 [1] を解け。

15

a, b を実定数とすると、行列

$$H = \begin{pmatrix} a & b \\ b & a \end{pmatrix}$$

の固有値・固有ベクトルを求めよ。

16

水素類似原子とは、 $+Z$ 価の原子核を持ち、電子を 1 つだけもつ系 (仮想的な原子) のことである。ここでの 1 電子のエネルギーは、主量子数を n として、以下のように書ける (参考 : これまでの講義内容、原島「初等量子力学」(14.2.23) 式);

$$E_n = -\frac{mZ^2}{2\hbar^2n^2} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 = -A \left(\frac{Z}{n} \right)^2. \quad (1)$$

ここで、電子の質量を m 、電子の電荷量の絶対値を e 、真空の誘電率を ϵ_0 、プランク定数を \hbar とした。 $A \approx 13.6\text{eV}$ はエネルギー定数である。

一方、現実の原子は全部で Z 個の電子をもつ。このうち、価電子 (最外殻電子) の個数を Z_v 個、内殻電子の個数を $Z_c (\equiv Z - Z_v)$ と書くことにする。内殻電子が原子核を完全に遮蔽すると考えると、価電子 1 個あたりのエネルギーを、

$$E_n = -A \left(\frac{Z_v}{n} \right)^2. \quad (2)$$

と考えることができる (説明不要)。すると $-E_n$ は、「価電子を 1 つ取り除くために必要なエネルギー (イオン化エネルギー)」の近似的表式をみなすことができる。

(a) Li 原子は、 $n = 2, Z_c = 1$ に相当する。 $-E_n$ を eV 単位で計算せよ。

(b) イオン化エネルギーの実験値の表が、教科書 (原・岡崎「工科系のための現代物理学」) p.85 の表 4.1 に載っている。上記の方法によるイオン化エネルギーの表式の妥当性を、検証せよ。

注 : 化学の教科書では、イオン化エネルギーの実験値を、パラメーター S を入れた式

$$I = A \left(\frac{Z - S}{n} \right)^2. \quad (3)$$

で書くことがある。 S は、I の実験値から決める定数で、遮蔽定数 (screening constant) という。

お知らせ

- サポートウェブページを以下に設けるので、随時参照すること。配布プリントのPDF ファイルも、（一部をのぞいて）載せる予定；<http://www.damp.tottori-u.ac.jp/~hoshi/edu/index.html>
- 補講（後日休講の予定があるため）：7月1日（火）5限。場所は後日掲示。

以上。