

2014 年度 「化学 A」 中間テスト問題

担当：中嶋 敦 (化学科教授)

以下の問に答えなさい。ただし次の数値を用いてよい。

プランク定数  $h=6.63 \times 10^{-34}$  Js、 リュードベリ定数  $R = 13.6$  eV、

電子の電荷  $e=1.60 \times 10^{-19}$  C、 電子の質量  $m_e=9.11 \times 10^{-31}$  kg、 光速  $c=3.00 \times 10^8$  ms<sup>-1</sup>

**問 1** 水素原子のスペクトル線のうち、Balmer の観測したスペクトル線について以下の問いに答えなさい。

- (1) Balmer 系列の中で最も長波長のスペクトル線において、始状態、終状態それぞれの量子数  $n$  の値を答えなさい。
- (2) (1) のスペクトル線の波長を、nm 単位で答えなさい。

**問 2** 規格化された水素様原子の  $2p_z$  軌道の波動関数は次のとおりである。

$$\psi_{2p_z} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left( \frac{Z}{a_0} \right)^{\frac{3}{2}} \left( \frac{Z}{a_0} r \right) \exp \left( -\frac{Z}{2a_0} r \right) \cos \theta$$

- (1)  $2p_z$  軌道の概形を模式的に表しなさい。ただし、関数値の正負を書き入れること。
- (2)  $2p_z$  軌道で電子密度が最大となる点での極座標、およびその最大値を答えなさい。

**問 3** 「一次元の箱の中の粒子」の波動関数は  $\psi_n(x) = \left( \frac{2}{a} \right)^{1/2} \sin \frac{n\pi x}{a}$ ,  $n=1, 2, 3, \dots$  である (箱の長さ  $a$  の中では  $U=0$ 、それ以外では  $U = \infty$  とする)。辺の長さの比が 1:2 の二次元の長方形の箱 ( $0 \leq x \leq a$ ,  $0 \leq y \leq 2a$  で  $U_x = U_y = 0$ 、それ以外の  $(x, y)$  で  $U_x = U_y = \infty$ ) の中の質量  $m$  の粒子について次の問いに答えなさい。

- (1) 最も低いエネルギーの量子準位の波動関数とエネルギーの大きさを答えなさい。
- (2)  $(n_x, n_y) = (1, 2)$  の量子準位において、粒子の存在確率の最も大きな座標をすべて答えなさい。
- (3) エネルギーが低い順に量子準位を列挙したときに、エネルギーがはじめて縮重する量子準位を答えなさい。(○, △) と (□, ×)、のように答えること。

**問 4** 水素原子のエネルギー準位は、 $E_n = -R/n^2$  で与えられる。次に問いに答えなさい。

- (1) 電子が 3d 状態に収容されている水素原子のイオン化エネルギーを求めなさい。
- (2) 基底状態の B 原子の第 5 イオン化エネルギーを eV 単位で求めなさい。  
(注：He  $\rightarrow$  He<sup>+</sup> を第 1 イオン化エネルギー、He<sup>+</sup>  $\rightarrow$  He<sup>2+</sup> を第 2 イオン化エネルギーなどという) 以上。