

基礎現代化学 期末試験 (担当: 増田 茂)

試験時間: 90 分, 問題用紙・答案用紙各 1 枚, ノート・プリント・参考書持込不可

問題 1

H, He⁺, Li²⁺, Be³⁺など 1 個の原子核と 1 個の電子からなる系を水素様原子という。原子番号を Z とすると、水素様原子内の電子のエネルギー準位は次式で与えられる。

$$E_n = -RhcZ^2 \frac{1}{n^2} \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

ここで、 $R(=1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1})$ はリュドベリ定数、 $h(=6.6 \times 10^{-34} \text{ Js})$ はプランク定数、 $c(=3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})$ は真空中の光速度を表す。

また、水素様原子の 1s 軌道の動径部分は、

$$R_{1s}(r) = \sqrt{\frac{4Z^3}{a_0^3}} \exp\left(-\frac{Zr}{a_0}\right)$$

で与えられる。ここで、 a_0 はボーア半径、 r は原子核からの距離を表す。以下の問に答えよ。[25 点]

1. ボーア半径の値を次の中から選べ。

① $5.3 \times 10^{-13} \text{ m}$, ② $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$, ③ $5.3 \times 10^{-9} \text{ m}$, ④ $5.3 \times 10^{-7} \text{ m}$, ⑤ $5.3 \times 10^{-5} \text{ m}$

2. H 原子において、電子が $n=3$ の状態から $n=2$ の状態に遷移するとき放出される光の波長 λ を数値で求めよ。また、この光は紫外光、可視光、赤外光のどれに属するか。

3. 水素様原子において、イオン化エネルギー I が原子番号 Z とともに大きくなることを示せ。

4. 動径分布関数は次式で定義される。

$$D(r) = 4\pi r^2 R_{1s}(r)^2$$

H 原子について、 $D(r)$ の概形をグラフに描け。また、得られたグラフについて簡単に説明せよ。

5. 水素様原子において、原子の半径は原子番号 Z とともに大きくなるか、小さくなるか、根拠とともに記せ。

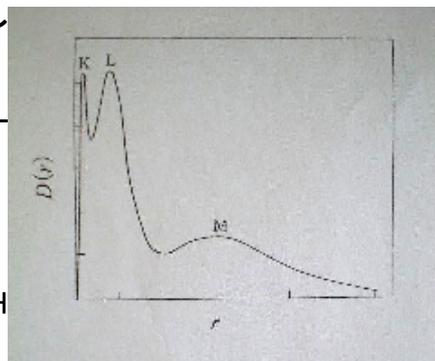
問題 2 原子の電子状態は、次の3種の量子数で規定することができる。以下の問に答えよ。[10点]

- 主量子数 $n=1,2,3,\dots$
 方位量子数 $l=0,1,2,\dots,n-1$
 磁気量子数 $m=-l,-l+1,\dots,0,\dots,l-1,l$

- $n=1,2,3$ のとき, (n,l,m) の組合せをすべて記せ。
- s 軌道, p 軌道, d 軌道は, どのような量子数に対応する原子軌道か。

問題 3 Ar 原子(原子番号:18)の電子分布を計算したところ, 右図の結果が得られた。

図の横軸は原子核からの距離 r , 縦軸は K 殻, L 殻, M 殻の電子の分布を表す。以下の問に答えよ。
 [15点]

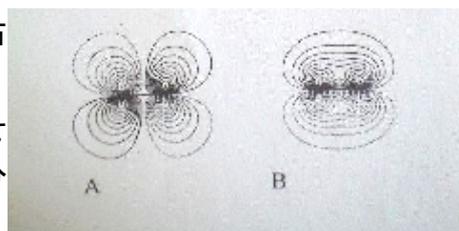


- Ar 原子の電子配置を例にならって記せ。例.H $(1s)^1$ 。
- Ar 原子の K 殻, L 殻, M 殻には何個の電子が収容されるか。また, 上問 1 の電子配置とどのような関係にあるか。
- K 殻, L 殻, M 殻の電子分布が異なる原因を「有効核電荷」に基づいて説明せよ。

問題 4 N_2 , O_2 , F_2 分子について, 以下の問に答えよ。[25点]

- 2p 軌道から形成される分子軌道の概形を描け。
- 上問 1 の分子軌道をエネルギーの低い順に記せ。また, そのようになる理由を示せ。
- N_2 の分子軌道を計算した結果, π 結合として右図の等高線が得られた。

- A,B,いずれが結合性軌道か, 根拠とともに記せ
- N_2 , O_2 , F_2 分子における化学結合の強さを, 分子軌道および電子配置の観点から説明せよ。



問題 5 CO₂による温室効果とは何か, 以下の語句を用いて説明せよ. [10 点]

語句: 黒体放射, 運動の自由度, 赤外光, 分子振動

問題 6 以下の語句を説明せよ. [15 点]

1. 放射性同位体の半減期
2. 物質波
3. 起動相互作用の原理