

※解答用紙は、最後に全てまとめてホチキス(ステープラー)で固定し、回収します。

問 1. 「5d 軌道」および「5p 軌道」の大まかな形を、形の特徴や位相(波動関数のプラスマイナス)の変化がわかるようにそれぞれ描け。なお、5d 軌道および 5p 軌道は実際には複数個存在するが、それぞれ 1 つずつ描けば良い。(配点:3 点×2, 計 6 点)

問 2. 以下に示した原子やイオンについて、それぞれ「陽子数」、「中性子数」、「電子数」、「最外殻の電子の主量子数」を答えよ。(1 つの原子・イオンについて 4 つとも合っていて正解。配点:3 点×3, 計 9 点)



問 3. 必要に応じてスレーター規則を用い、以下の問い(1)~(3)に答えよ。ただしここでは、スレーターの規則は以下のようなものとする。(配点:計 8 点)

- (a) 自分(=注目している電子)より主量子数が大きい電子は自分より外側に居るので、遮蔽効果はゼロ。
- (b) 自分と同じ主量子数の電子による遮蔽効果は、1 電子につき 0.35。  
(本来は、1s 電子同士の反発の係数は特別に 0.30 だが、その差はここでは無視しておく)
- (c) 自分より主量子数が 1 小さい電子 1 つによる遮蔽は 0.85。
- (d) 自分より 2 以上主量子数が小さい電子はによる遮蔽は、1 電子につき 1。

(1) 中性のナトリウム原子(Na)の電子配置を書け。なお、書き方としては $(1s)^2(2s)^2$ (例として、Be の電子配置)という書き方で、内殻電子も省略せずに書くこと。(配点:2 点)

(2) Na の最外殻電子から見た有効核電荷を計算せよ。(配点:2 点)

(3) ある電子から見た有効核電荷が  $Z_{\text{eff}}$ 、その電子の主量子数が  $n$  であるとき、その電子を引き抜くのに必要なエネルギーは  $E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$  で近似できる( $E_0$  はある正の定数)。これを使って、「Na を  $\text{Na}^+$  にするのに必要なエネルギー」と「K を  $\text{K}^+$  にするのに必要なエネルギー」を比べることで、Na と K のどちらの原子のほうがイオン化しやすいのかを計算せよ(計算も簡単に記すこと)。(配点:4 点)

問 4. 原子やイオンの大きさに関する以下の問いに答えよ。(配点:計 6 点)

(1) 第 2 周期の元素である C, O, F の 3 種の原子を半徑が大きい順に並べるとどのような順序になるか? そのような順序になる理由も答えよ。(理由まで合っていて 3 点)

(2) 炭素原子とそのイオンである C,  $\text{C}^{2+}$ ,  $\text{C}^{4+}$ ,  $\text{C}^{2-}$  の 4 つを、半徑が大きい順に並べるとどのような順序になると考えられるか? そのような順序になると考えられる理由も答えよ。(理由まで合っていて 3 点)

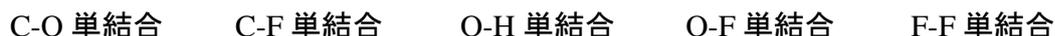
問 5. 結合の分極に関する以下の問いに答えよ。(配点:9 点)

(1) F, Cl, I, Br の 4 種類の元素を組み合わせてできる二原子分子には, 以下の 10 種類が存在する.



この中で, 最も結合の分極が大きいと考えられる分子を記し, どの原子が負になっているのかを答えよ。(両方合っていて 4 点)

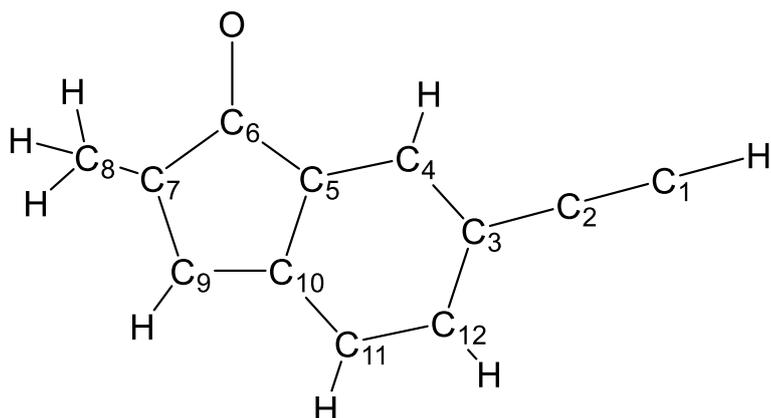
(2) 以下の 5 つの単結合に関し, どちらの原子が負に分極しているのか(または分極が存在しないのか)をそれぞれ答えよ。(1 つにつき 1 点, 計 5 点)



問 6. ルイス構造, 酸化数, 混成軌道に関する以下の問いに答えよ。(配点:14)

(1) 以下の分子の骨格に多重結合や非共有電子対を追加し, 8 電子則を満たし, しかも全原子の形式電荷がゼロであるようなルイス構造を完成させよ. なお, 非共有電子対は省略せず, 全て記載すること.(5 点)

※炭素の右下の 1~12 は各原子を区別するために付けてあるだけであり, それ以上の意味は無い.



(2) 得られたルイス構造をもとに, C<sub>1</sub>~C<sub>12</sub> の各炭素原子および酸素原子の酸化数をそれぞれ求めよ. なお, H に関しては酸化数を答える必要は無い.(全て正解できて 5 点)

(3) C<sub>1</sub>~C<sub>12</sub> までの炭素原子および酸素原子を, 「sp 混成軌道となっているもの」「sp<sup>2</sup> 混成軌道となっているもの」「sp<sup>3</sup> 混成軌道となっているもの」に分類せよ(全て正解できて 4 点)

問 7. Be<sub>2</sub> という 2 原子分子に関し, 以下の問いに答えよ. なお, 簡略化のため, 2s 軌道と 2p 軌道の間での結合や軌道の混ざり合いは無視して良い。(配点:10 点)

(1) この分子が存在できるかどうかを, 分子軌道法の考え方により判断し説明せよ.(2 点)

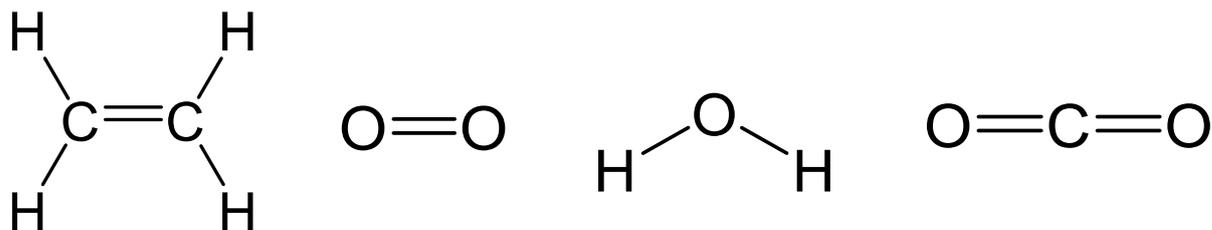
(2) 電子が一つ少ない Be<sub>2</sub><sup>+</sup> の場合はどうかを, 分子軌道法の考え方により説明せよ.(3 点)

(3) 電子が一つ多い Be<sub>2</sub><sup>-</sup> の場合はどうかを, 分子軌道法の考え方により説明せよ.(5 点)

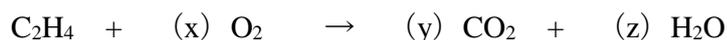
問 8. 希ガス元素は、正イオンにも負イオンにもなりにくい。正イオンになりにくい理由と、負イオンになりにくい理由をそれぞれ説明せよ。(配点:それぞれの理由ごとに4点,計8点)

※ただし、「希ガス元素で安定だから」だとか「閉殻で安定だから」などというのは全く説明になっていないので、回答として認められない。

問 9. エチレン分子と酸素とが反応して水と二酸化炭素になる燃焼反応に関する以下の問いに答えよ。なお、各分子の構造は以下の通りである。(配点:計10点)



(1) この燃焼の反応式は、以下のように書ける。式中の係数  $x$ ,  $y$ ,  $z$  を求めよ。(2点)



(2) エチレン分子 1 mol, 酸素分子 1 mol, 水分子 1 mol, 二酸化炭素 1 mol の4つに関し、結合をすべて引きちぎってバラバラな原子にするために必要なエネルギーをそれぞれ求めよ。なお、結合解離エンタルピー(結合を引きちぎって原子同士をバラバラにするのに必要なエネルギー)としては以下の値を用いる事。(3点)

各結合のおおよその結合解離エンタルピー

C-H 単結合 : 412 kJ/mol

C=C 二重結合 : 612 kJ/mol

O=O 二重結合 : 497 kJ/mol

O-H 単結合 : 463 kJ/mol

C=O 二重結合 : 804 kJ/mol

(3) 上記の(2)で求めた結果を用いて、エチレン 1 mol が燃焼した時に発生する熱(の近似値)を計算せよ。(5点)