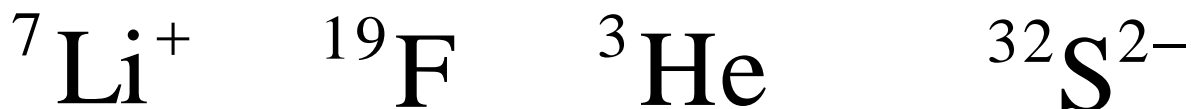


※解答用紙は、最後に全てまとめてホチキス(ステープラー)で固定し、回収します。

問 1. (配点:計 12 点)

(1) 以下の記号で示される原子やイオンに含まれる中性子, 陽子, 電子の数をそれぞれ答えよ。

(配点: 中性子・陽子・電子全て合っていて正解, 1 点×4)



(2) これら 4 つのイオンや中性原子の, 最外殻電子の主量子数をそれぞれ答えよ(イオンに関しては, そのイオンになっている状態で, 最も外側の電子の主量子数を答えること. 2 点×4)。

問 2. 必要に応じてスレーターの規則を用い, 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 10 点)

(a) 自分(=注目している電子)より主量子数が高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, 自分に比べてものすごく原子核に近いところに居るので, 遮蔽効果は 1 電子につき 1 (つまり, 1 つの電子で, 原子核の電荷 1 をちょうど打ち消せる)。

(1) 中性のカルシウム原子(Ca)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) Ca 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_{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 はある定数). これを使って, 「Ca を Ca^{2+} にするのに必要なエネルギー (Ca から電子引き抜き, さらに Ca^+ からもう一つ電子を引き抜くのに必要なトータルのエネルギー)」と「 Ca^{2+} を Ca^{3+} にするのに必要なエネルギー (Ca^{2+} から電子を 1 つ引き抜くエネルギー)」を比べることで, Ca^{3+} にするのが非常に困難である事を示せ. (配点:6 点)

※「示せ」なのだから, 読んでいる人間が理解しやすいように書くこと!

問3. 第一イオン化エネルギーに関する以下の問いに答えよ。(配点:計6点)

(1) 周期表で縦に並んだ「Ne, Ar, Kr, Xe」を第一イオン化エネルギーが小さい順に並べ, そのような順序になる理由を説明せよ(説明まで合っていて3点).

(2) 周期表で横に並んだ「O, F, Ne」を第一イオン化エネルギーが小さい順に並べ, そのような順序になる理由を説明せよ(説明まで合っていて3点).

問4. 電気陰性度に関する以下の問いに答えよ。(配点:計7点)

(1) 「O, F, Si, P」の4つの元素を, 電気陰性度が大きい順に並べよ(3点)

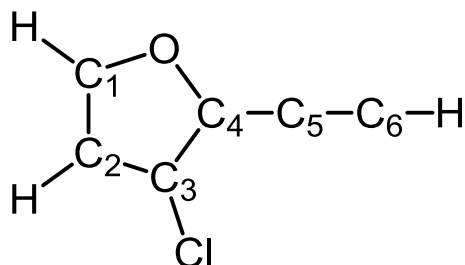
(2) 以下の単結合のうち, 結合の分極が最も大きいものはどれだと予想できるか? (4点)

O-O F-F Si-Si P-P O-F O-Si O-P F-Si F-P Si-P

問5. 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:12)

(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. (4点)

※炭素の右下の1~6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.



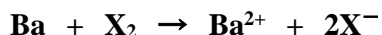
(2) 得られたルイス構造をもとに, C₁~C₆の各炭素原子, O, Clの各原子の酸化数を求めよ. なお, Hに関しては酸化数を答える必要は無い. (全て正解できて4点)

(3) 得られたルイス構造にVSEPR則を適用することで, C₁~C₆の各炭素原子, O, Clの各原子の軌道がそれぞれ sp 混成軌道, sp² 混成軌道, sp³ 混成軌道のどれになっているのかを推測し答えよ(どの混成軌道なのかだけ答えれば良く, そう判断した理由や経緯まで細かく書く必要は無い). (全て正解できて4点)

問 6. Li-Be という 2 原子分子が存在できる事を, 分子軌道法の考え方により説明し(内殻の軌道である 1s は無視して良い), 結合の次数がいくつになるのかを答えよ. なお, 本当なら Li と Be では軌道のエネルギーが異なるのだが, 簡単のためそれらのエネルギーは等しいとする. (配点: 説明 4 点, 次数 3 点, 計 7 点)

※ここで言う「存在できる」とは, 2 つの原子がバラバラにいるよりも, Li-Be という分子を作った方がエネルギーが低い, という意味である.

問 7. 第 2 族元素である Ba とハロゲン(F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2)との反応は, 以下のように, ハロゲンが Ba から電子を奪う反応として書ける. これに関し, 以下の問いに答えよ. (配点: 6 点)



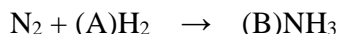
(1) F, Cl, Br, I を電子親和力が大きい順に並べ, そうなる理由を答えよ. (理由まで合っていて 3 点)

(3) Ba と, どのハロゲン(F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2)を組み合わせた場合が最も激しく反応すると考えられか? (3 点)

問 8. 希ガス元素の一つ「Ne」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: 両方できて 7 点, 片方なら 3 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. 「希ガスだと(閉殻だと)なぜ安定なのか」を説明すること.

問 9. 窒素(N_2)と水素(H_2)からアンモニア(NH_3)が出来る反応を単純化して書くと, 以下のようになる. この時, 以下の問いに答えよ. (配点: 計 8 点)



(1) 式中の係数(A)と(B)を求めよ. (2 点)

(2) 反応式の両辺, つまり「 N_2 分子が 1 mol と H_2 分子が(A) mol」でいる状態と「 NH_3 分子が(B) mol」となっている状態を比べると, どちらのエネルギーが低い (=安定に) のかを, 以下の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) を用いて計算せよ. 途中の計算も記すこと. (6 点)

各結合のおおよその結合解離エネルギー

$N \equiv N$ 三重結合 : 942 kJ/mol

H-H 単結合 : 436 kJ/mol

N-H 単結合 : 390 kJ/mol