

無機化学 1 2024 年度期末試験 (1 枚目 28 点, 2 枚目 34 点, 3 枚目 29 点, 計 91 点)

1. 原子の性質に関する以下の問い (1) ~ (3) に答えよ (各 3 点×3, 計 9 点)

- (1) 第 1 族元素の Li, Na, K, Rb, Cs を水との反応が激しい順に並べ (※解答では, 反応が激しいものほど左に書くこと), そのような順序を生む原因を説明せよ.
- (2) 第三周期の元素 Na, Al, Cl を電気陰性度の大きい順に並べ (※解答では, 電気陰性度の大きいものほど左に書くこと), そのような順序を生む原因を説明せよ.
- (3) 第三周期の元素 S, Cl, Ar をアニオンになりやすい順に並べ (※解答では, アニオンになりやすいものほど左に書くこと), そのような順序を生む原因を説明せよ.

2. ルイス酸に関する以下の問い (1), (2) に答えよ (計 10 点)

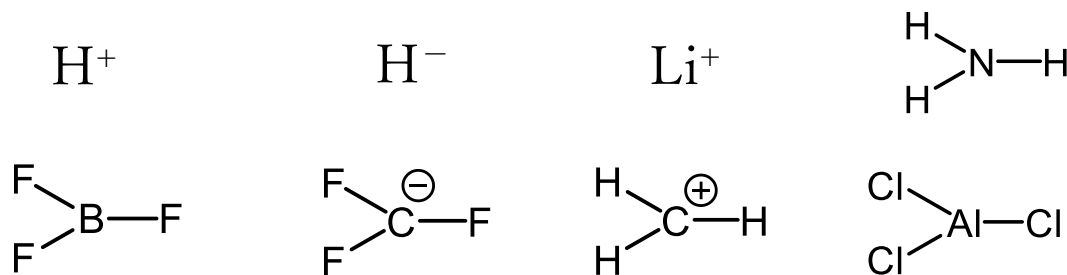
(1) ルイス酸とはどんなものなのかを簡単に説明せよ (5 点)

(2) 以下に示した 8 つのイオンや分子を,

(a) どちらかと言えばルイス酸性の強いもの

(b) どちらかと言えばルイス塩基性の強いもの

の二種類に分類せよ. ただし, 以下に示してある構造は実際の分子の立体的な構造とは無関係であり, また非共有電子対も非表示としてある. (全て合っていて 5 点)



3. ハロゲンの単体 X_2 に関する以下の問い (1) ~ (3) に答えよ (各 3 点×3, 計 9 点).

- (1) F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 の 4 つの物質を「水素との反応が激しい順」に並べ (※解答では, 激しいものほど左に書くこと), そのような順序を生む原因を説明せよ.
- (2) F_2 は Cl_2 よりも結合エネルギーがかなり小さい. この原因を説明せよ.
- (3) I_2 は Cl_2 よりも結合エネルギーがだいぶ小さい. この原因を説明せよ.

4. 放射性同位体である ^{14}C の半減期を 5730 年とし、以下の問いに答えよ。(計 10 点)

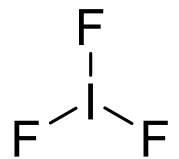
- (1) ある物体に最初に含まれていた ^{14}C の量を N_0 とするとき、 T 年後の ^{14}C の量はどのような式で表すことができるか？ (5 点)
- (2) 遺跡から発掘された残飯中の ^{14}C の量を調べたところ、もともと入っていたと考えられる ^{14}C の 11% にまで減少していることがわかった。この遺跡は約何年前のものだと考えられるか？有効数字 2 桁で答えよ。(5 点)

5. 硫黄原子 S とその 1 価および 2 価の負イオン S , S^- , S^{2-} の 3 つを「電子 1 つを取り除く ($\text{S} \rightarrow \text{S}^+$, $\text{S}^- \rightarrow \text{S}$, $\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S}^-$) ときに必要なエネルギーが大きい順」に並べるとともに (※左側ほど必要なエネルギーが大きい = 電子を引き抜きにくいものとして解答すること)、そのような順序を生む原因を説明せよ。(5 点)

6. 貴ガス元素に関する次の問い (1) ~ (3) に答えよ。(3 点×3, 計 9 点)

- (1) 多層化したガラスの中に空気の代わりに Xe を充填すると、熱伝導性が低下し断熱性の高いガラスを作ることができる。Xe が空気より熱を伝えにくい理由を説明せよ。
- (2) 貴ガス元素は、同周期で比べると最も陽イオンになりにくい。この原因を説明せよ。
- (3) 貴ガス元素は、非常に負イオンになりにくい元素である。この原因を説明せよ。

7. 中心のヨウ素原子に 3 つの F が結合した IF_3 という分子が存在する (右図。ただしこの図の正三角形形状の構造が、分子の正しい形状とは限らない)。この分子について、いかの問い (1), (2) に答えよ。(計 10 点)



- (1) 中心のヨウ素原子に、非共有電子対はいくつ存在するか (4 点)
- (2) この分子がどのような形状なのかを、VSEPR に基づき予測せよ (6 点)

8. 硫黄原子 S が 1 mol あった場合、鎖状に繋がった S_{∞} ($\cdots-S-S-S-S\cdots$) となった場合と、二原子分子 S_2 ($S=S$) となった場合とでは、どちらがどれだけ安定なのかを結合エネルギーから計算したい。以下の問い (1) ~ (3) に答えよ。(計 9 点)
- (1) 1 mol の S がすべて S_{∞} となった場合、S-S 単結合は何 mol 存在するか。(2 点)
- (2) 1 mol の S がすべて S_2 となった場合、S=S 二重結合は何 mol 存在するか。(2 点)
- (3) 1 mol の S が S_{∞} となった場合と S_2 となった場合を比較すると、どちらの構造の方がどれだけ安定なのかを計算し答えよ (どちらが安定なのか明記すること!)。ただし安定性は結合エネルギーのみで決まるものとし、結合エネルギーは S-S 単結合: 260 kJ/mol, S=S 二重結合: 352 kJ/mol とする。(5 点)
9. フッ化水素 HF の沸点は 20 °C であり、他のハロゲン化水素の沸点 (HCl: -85 °C, HBr: -67 °C, HI: -35 °C) と比べ沸点が顕著に高い。HF の沸点が何の効果により高くなっているのかを解答するとともに、同じ効果により沸点が高くなっている分子を一つ挙げよ。(各 5 点, 計 10 点)
10. 原子やイオンから電子を引き抜くのに必要なエネルギー E が、最外殻電子に対する有効核電荷 Z_{eff} , 最外殻電子の主量子数 n , ある正の定数 E_0 を用いて $E = E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$ と表せるものとする。このとき、 Na^+ から電子を引き抜くのに必要なエネルギーは、電氣的に中性な Na から電子を引き抜くのに必要なエネルギーの何倍になるのかを計算せよ。(10 点)