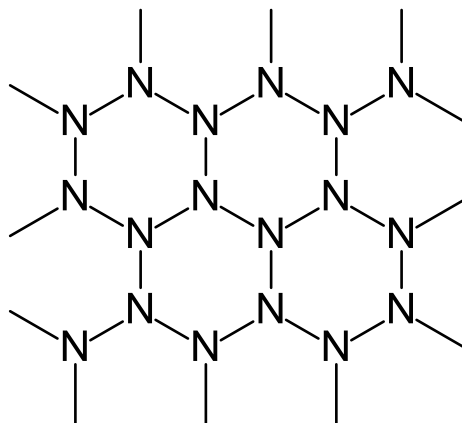
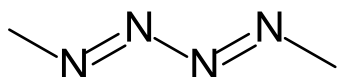


2023 年度 無機化学 2 期末試験

(1 枚目 22 点, 2 枚目 28 点, 3 枚目 32 点, 合計 82 点満点)

1. 窒素原子 2 mol (1 mol ではないので間違わないように!) が, 鎖状構造 (下図左) となった場合と, 2次元シート構造 (下図右) になった場合のどちらが安定かを考えよう. (計 12 点)



- (1) 2 mol の N が左の鎖状構造になったとき, N-N 単結合と N=N 二重結合はそれぞれ何本ずつあるか? (3 点)
- (2) 2 mol の N が右のシート構造となった場合, N-N 単結合は何本あるか. (3 点)
- (3) 2 mol の N が左の鎖状構造となった場合と右のシート構造になった場合を比べると, どちらの構造のほうがどれだけエネルギーが低いか計算せよ (単位にも気を付けること!). ただし物質のエネルギーは結合エネルギーだけで決まると近似し, 結合エネルギーは N-N : 167 kJ/mol, N=N : 418 kJ/mol とする. (6 点)
2. 貴ガス元素の Xe に 2 つの F が結合した, XeF<sub>2</sub> という分子が存在する. この分子に関し, 以下の問に答えよ. (計 10 点)
- (1) XeF<sub>2</sub> 分子のルイス構造を, 非共有電子対をすべて明記して 描け. ただし中心の Xe 原子は 8 電子則を満たさない. (4 点)
- (2) XeF<sub>2</sub> のルイス構造から, この分子の形状を VSEPR に基づき予想せよ. 解答では, VSEPR からどのように形状が予想されるのか説明すること. (6 点)

3. ある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、その原子の最外殻電子に対する有効核電荷 $Z_{\text{eff}}$ 、最外殻の主量子数 $n$ 、正の定数 $E_0$ を用いて

$$E = \left( \frac{Z_{\text{eff}}}{n} \right)^2 E_0$$

と表されたとする。このとき、 $\text{Mg}^{2+}$ から電子を引き抜いて $\text{Mg}^{3+}$ にするのに必要なエネルギーは、 $\text{Mg}^+$ から電子を引き抜いて $\text{Mg}^{2+}$ にするのに必要なエネルギーの何倍かを計算せよ。(計8点)

4. 貴ガス元素に関し、以下の問いに答えよ。(計12点)

- (1) 貴ガス元素は、同周期の他の元素と比べてカチオンになりにくい。この原因を説明せよ。(4点)
- (2) 貴ガス元素は、同周期の他の元素と比べてアニオンになりにくい。この原因を説明せよ。(4点)
- (3) 貴ガス元素のうちXeはFやOなどと比較的安定な化合物を作ることができるが、同じ貴ガス元素でもHeなどは安定な化合物は知られていない。Xeのほうが化合物を作りやすい理由を説明せよ。(4点)

5.  ${}^3\text{H}$ は半減期12.3年の不安定核種である。以下の問いに答えよ。(計8点)

- (1) ガラス管に( ${}^3\text{H}_2$ として)密閉された ${}^3\text{H}$ を考える。最初に密閉されていた ${}^3\text{H}$ 原子の数を $N_0$ とすると、 $T$ 年後に残っている(=まだ崩壊していない) ${}^3\text{H}$ 原子の数を $N$ を、 $N_0$ と $T$ を用いた式で表せ。(4点)
- (2)  ${}^3\text{H}$ を密閉してからある時間が経過した。内部の ${}^3\text{H}$ が封入時の31.0%にまで減少していたとすると、密閉してから経過した時間は何年か。有効数字3桁で解答せよ。ただし核崩壊以外での減少は無視できるものとする。(4点)

6. ハロゲンの単体  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$  の 4 種類を比較すると、最も酸化力が強く反応性が高いのは  $F_2$  である。  $F_2$  の反応性が高いのは、① F-F 単結合が弱い、② F 原子の電気陰性度が非常に大きい、という 2 つが影響している。これに関し、以下の問いに答えよ。(計 12 点)

(1) F-F 単結合が弱い原因を説明せよ。(4 点)

(2) 「F-F 単結合と同じ理由で弱くなっている単結合」をもつ分子を 1 つ挙げよ。(4 点)

(3) F 原子の電気陰性度が Cl, Br, I などより大きい原因を説明せよ。(4 点)

7. 日本のように火山灰などに由来する酸性土壌で覆われた土地では、植物がリン酸イオンを利用しにくいいためリン酸イオンを含む肥料が効果的である。なぜ酸性土壌では植物がリン酸イオンを利用しにくくなるのか、その理由を説明せよ。(6 点)

8. ハーバー・ボッシュ法では、高温・高圧下で反応が行われる。これに関し、①高温にすることでどのような利点があるのか、②高圧にすることでどのような利点があるのか、をそれぞれ説明せよ。(各 4 点、計 8 点)

9. ヘリウムは量子性を強く示し、極低温で特異な挙動がよく観察される。これに対し同じ貴ガスの単原子分子であっても Ar や Xe などとはそこまで顕著な量子性を示さない。He が量子性を示しやすい原因を挙げよ。(6 点)