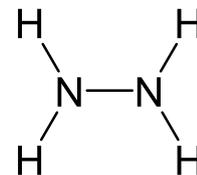


※紙媒体の資料を見たり, 関数電卓などの計算機を使用したりしても構わない. ただし, 通信機能のある機器類 (携帯電話, パソコン等) の使用は禁止する.

1. 窒素を含む化合物にヒドラジンと呼ばれる化合物 (N_2H_4 , 右図)

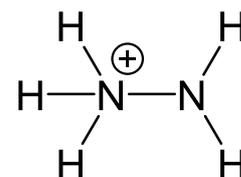


がある. この分子に関し, 以下の問いに答えよ. (計 9 点)

(1) 「 N_2 分子が 1 mol と H_2 分子が 2 mol」の状態と, 「ヒドラジン 1 mol」となっている状態を比較すると, どちらの分子がどの程度エネルギーが低いか (=安定か) を平均結合エンタルピーから計算して答えよ. 平均結合エンタルピーとしては教科書の値を用いること (第 4 版なら 59 ページ, 第 6 版なら 67 ページ). (3 点)

(2) そのような差を生む最大の原因は, N-N 単結合が非常に弱い事にある. N-N 単結合が弱い理由を説明し, 同じ理由で弱くなっている結合を含む分子を一つ挙げよ. (3 点)

(3) ヒドラジンにプロトンが配位したヒドラジニウムイオン (右図) は, 元のヒドラジンより安定となる. この理由を推測せよ. (3 点)

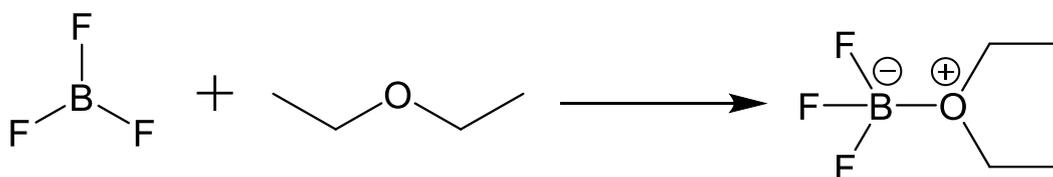


2. ルイスの酸・塩基に関し, 以下の問いに答えよ. (計 9 点)

(1) ルイス酸とは何かを説明し, 代表例を H^+ および下の(3)で出てくる分子以外で一つ挙げよ. (3 点)

(2) ルイス塩基とは何かを説明し, 代表例を OH^- および下の(3)で出てくる分子以外で一つ挙げよ. (3 点)

(3) 以下の反応において, BF_3 およびジエチルエーテル ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5$) は「ルイス酸」, 「ルイス塩基」, 「どちらでもない」, 「この問題の情報だけでは判断できない」のどれに当てはまるか? 2つの分子それぞれについて答えよ. (3 点)



3. ^{14}C 年代測定に関する以下の問いに答えよ (6 点)

^{14}C は半減期がおよそ 5730 年の放射性元素である。ある遺跡から発掘された種子中の ^{14}C の量を調べたところ、もともと存在していた量の 14.5% にまで減少している事が判明した。この種子がおよそ何年前のものなのかを、有効数字 3 桁で求めよ。

4. ある電子を引き抜くのに必要なエネルギー E が、その電子に対する有効核電荷を Z_{eff} 、その電子の主量子数を n としたとき、 $E = E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$ で近似できるものとする (E_0 はある正の定数)。この近似式を用いて、以下の問いに答えよ。(各 4 点、計 8 点)

(1) Na 原子が、+1 価にはなりやすいが、+2 価にはなりにくい事を示せ。

(2) 酸素原子は、-3 価の状態は安定ではない事を示せ。

5. アルカリ金属である Li, Na, K, Rb, Cs について、以下の問いに答えよ。(計 8 点)

(1) これらの元素を、「フッ素分子との反応が激しい順」に並べ、そのような順序になる原因を説明せよ。(4 点)

(2) フッ素との反応の結果生じるフッ化物 (LiF, NaF, KF, RbF, CsF) のうち、水への溶解度が最も低いものはどれだと考えられるか? そのように判断できる理由も記せ。(4 点)

6. 15 族元素の水素化物に関する以下の問いに答えよ (計 8 点)

(1) NH_3 の沸点は $-33\text{ }^\circ\text{C}$ と、 PH_3 ($-88\text{ }^\circ\text{C}$) や AsH_3 ($-63\text{ }^\circ\text{C}$) と比べかなり高い。この原因を説明せよ。(4 点)

(2) NH_3 と同じ理由で沸点が高くなっている分子を 2 つ挙げよ。(4 点)

7. 貴ガス元素に関する以下の問いに答えよ。ただし、「閉殻だから」とか「閉殻で安定だから」というのは何の説明にもなっていないので回答として認めない。(各4点, 計8点)

(1) 同じ周期の元素と比べ、貴ガス元素は陽イオンになりにくい。この原因を説明せよ。

(2) 貴ガス元素は陰イオンになりにくい。この原因を説明せよ。

8. 周期表において、金属元素は左下側に多く、右上に向かうほど金属性が低くなる。この理由を説明せよ。(7点)

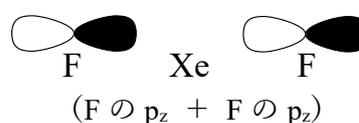
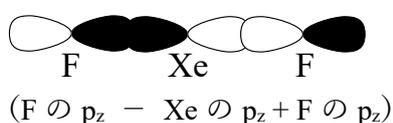
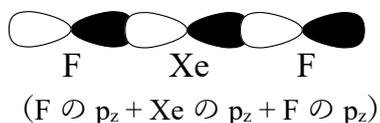
9. 貴ガスの化合物である XeF_2 に関し、以下の問いに答えよ。(計12点)

(1) XeF_2 分子 (右図) に非共有電子対を全て書き込め。ただし、 F—Xe—F
Xe 原子は8電子則を満たさないと考えて良い。(3点)

(2) XeF_2 の分子構造が直線型である事を VSEPR 則により説明せよ。ただし、90度の角度での反発は、120度の角度での反発に比べかなり強いと考えて良い。(3点)

(3) VSEPR より、Xe 原子がどのような混成軌道となっているのかを予想せよ。(3点)

(4) XeF_2 の結合は、「Xe の p_z 軌道」と「F の p_z 軌道が2つ」の3つの原子軌道を組み合わせることで生じる、下図の3つの分子軌道を用いて説明できる。これら3つの軌道を、「結合性軌道」、「反結合性軌道」、「非結合性軌道」の3つに分類せよ。(3点)



10. 炭素は常温・常圧のもとでグラファイト構造が安定であるが、ケイ素の場合はグラファイト構造は不安定で、ダイヤモンド構造の方がはるかに安定となる。このような違いを引き起こす原因を説明せよ。(7点)