

※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 10 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, 2 点 × 4)



(2) これら 4 つの原子のうち, 明らかに不安定な原子核を持つ原子が 1 つ存在する. どの原子が不安定なのか, およびそう判断できる理由を答えよ. (理由まで合っていて 2 点)

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 9 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, 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) カリウム(K)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)という書き方でよい. (配点:2 点)

(2) K の最外殻電子から見た有効核電荷を計算せよ. (配点:2 点)

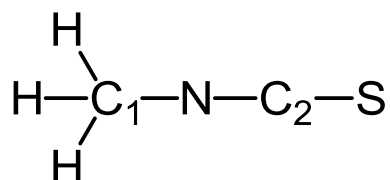
(3) K より 2 つ原子番号の小さい, Cl の最外殻電子から見た有効核電荷を計算せよ. (配点:2 点)

(4) Cl に電子が 2 つ付加した状態の Cl^{2-} を考える. この状態での最外殻電子から見た有効核電荷を計算し, それを元に Cl が -2 価のイオンにはなりにくいことを示せ. その際, K は電子を放出しやすい(+1 価になりやすい)という事実を利用して良い. (配点:3 点)

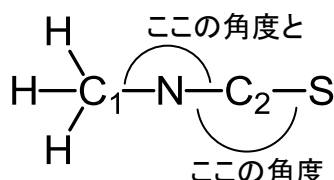
問3. 原子軌道に関する以下の問いに答えよ。(配点:計9点)

- (1) 水素原子の1s軌道, 2s軌道, 3s軌道をエネルギーの低い順に並べると, どのような順序になるか? また, 原子核から遠い順に並べるとどうなるか? (両方合っていて3点)
- (2) 水素原子の1s軌道と炭素原子の1s軌道とを比べると, どちらのエネルギーが低いか? 理由も含めて答えよ。(理由まで合っていて3点)
- (3) 炭素原子の2s軌道と, 同じく炭素原子の2p軌道を比べると, エネルギーはどうか? (どちらが低いのか? それとも同じになるか?). 理由も含めて答えよ。(理由まで合っていて3点)

問4. イソチオシアン酸メチルは, 以下のような原子の並びでできている分子である. なお, 結合角などは正確なものでは無い. また, 炭素の添え字の1と2は2箇所の炭素を区別するために記載してあるだけで, それ以上の意味は無い. この分子に関し, 以下の問いに答えよ。(配点:計9点)

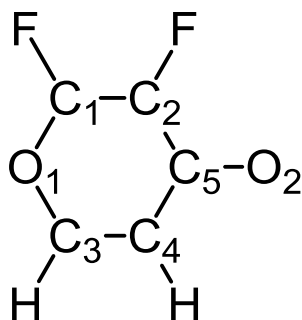


- (1) この分子に多重結合や非共有電子対を追加して, 8電子則を満たし, 全ての原子の形式電荷がゼロであるようなルイス構造を完成させよ. 非共有電子対は省略しないこと.(3点)
※共鳴構造として「形式電荷を持つ構造」も考えられるのだが, ここではそれは無視するという意味.
- (2) VSEPR則を適用して, $\text{C}_1-\text{N}-\text{C}_2$ および $\text{N}-\text{C}_2-\text{S}$ のそれぞれの結合が直線なのか, それとも曲がっているのかを説明せよ.(2つとも正解で3点. 角度を書くだけでは無く, 多少は説明も入れること)



- (3) VSEPRの結果より, C_1 , N , C_2 , S それぞれの原子の混成軌道を予想せよ.(全正解で3点)

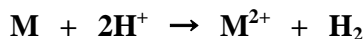
問5. 以下の分子の, 「8電子則を満たし, しかも全原子の形式電荷がゼロ」であるようなルイス構造を答えよ. さらに, そのルイス構造をもとに C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , O_1 , O_2 の酸化数を計算し答えよ. 非共有電子も省略せず全て書くこと(ルイス構造ができて3点, 酸化数が全て合っていて3点, 計6点)



問 6. Be_2 という分子が不安定である事を, 分子軌道法の考え方により説明せよ. なお, 内殻電子に関しては無視してもよい. (6 点)

問 7. 第 2 族元素である Mg, Ca, Sr, Ba と酸(H^+)との反応は, 以下のように, H^+ イオンが第 2 族元素から電子を奪う反応として書ける(反応式中の M は第 2 族元素を表す). これに関し, 以下の問いに答えよ.

(配点:6 点)



(1) これら 4 つの第 2 族元素を, 第一イオン化エネルギーの大きい順に並べるとどのような順序になるか答えよ. また, そのような順序になる理由を述べよ(周期表の上の方がイオン化しやすいから, とか, 下の方がイオン化しやすいから, というのは理由として認められない. そのような傾向が出る理由をちゃんと説明すること)
(3 点)

(2) イオン化エネルギーの大小関係から考えて, これら 4 つの元素の酸との反応性はどのような順になると予想されるか? 反応が最も激しい(=最も反応が起こりやすい)ものから順に並べて答えよ. (3 点)

問 8. 窒素分子($\text{N}\equiv\text{N}$)と酸素分子($\text{O}=\text{O}$)が反応し, 二酸化窒素($\text{O}=\text{N}=\text{O}$. なお, 記述の都合上 2 重結合と同じ「=」で表してあるが, 実際の $\text{N}=\text{O}$ 結合は 2 重結合ではなく 1.5 重結合である)が発生する反応を考える. 以下の問いに答えよ. (配点:6 点)

(1) 以下の反応式の空欄となっている係数(A)と(B)を答えよ. (2 点)



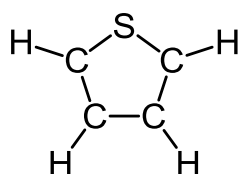
(2) $\text{N}\equiv\text{N}$ の三重結合の結合解離エンタルピーは 946 kJ/mol, $\text{O}=\text{O}$ の二重結合の結合解離エンタルピーは 498 kJ/mol, 二酸化窒素の $\text{N}=\text{O}$ 結合(二重結合のように書いてあるが, 実際には 1.5 重結合)の結合解離エンタルピーは 468 kJ/mol である. これらの値を用いて, 1 mol の窒素分子と(A) mol の酸素分子が反応(燃焼)して(B) mol の二酸化窒素が発生するときの反応熱を推定せよ.

※単位をちゃんと書くこと! 生成する mol 数が決まっているのだから, 単位は「kJ/mol」(1 mol あたりの生成熱)ではない!

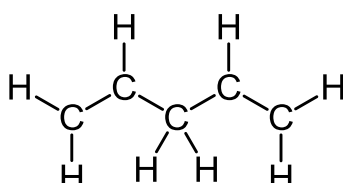
※値の正負も間違えないこと! 値が正なら発熱反応, 負なら吸熱反応を表す. 両者には大きな違いがあるので, 反応熱の正負の区別は重要である(吸熱反応は, 周囲からエネルギーを与えないと進まない). (4 点)

問 9. 以下の分子の 8 電子則を満たすルイス構造を書け. 非共有電子対も全て記入せよ. (2 点×3, 計 6 点)

(1)



(2)



(3)

