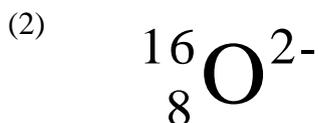
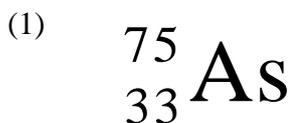


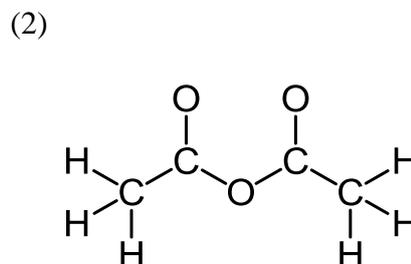
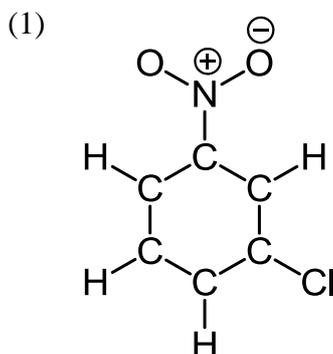
問 1 (化学の基礎知識): 以下の各原子に含まれる, 陽子, 中性子, 電子の数を全て答えよ.

(配点: 1 つの原子の陽子・中性子・電子の数が全て合っていて 2 点, 計 6 点)



問 2 (化学の基礎知識): 以下に示した分子骨格に, 適切な多重結合や非共有電子対を追加し, 8 電子則 (水素原子に関しては 2 電子) を満たすルイス構造を記せ. 非共有電子対は省略せず全て表示する事.

(配点: 各 3 点, 計 6 点)



問 3 (第 1 族元素): 第 1 族元素の Li, Na, K, Rb, Cs に関し, 以下の問いに答えよ.

(配点: 各 3 点, 計 12 点)

(1) 水との反応性が高い順に並べよ.

(2) 水との反応性がそのような順序になる理由を説明せよ.

(3) これらの元素は +1 価になりやすい. +1 価のイオン, Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ を, サイズが小さい順に並べよ.

(4) 「かなり大きな負イオン」であるヨウ化物イオン (I^-) との塩, LiI , NaI , KI , RbI , CsI を考えたとき, もっとも溶解度が低いと考えられる塩はどれか?

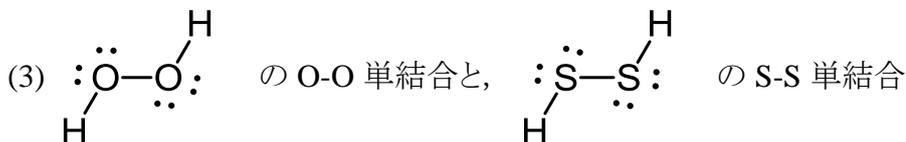
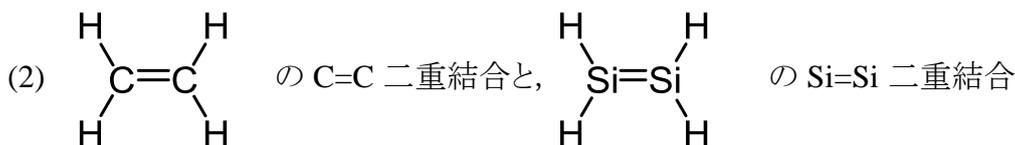
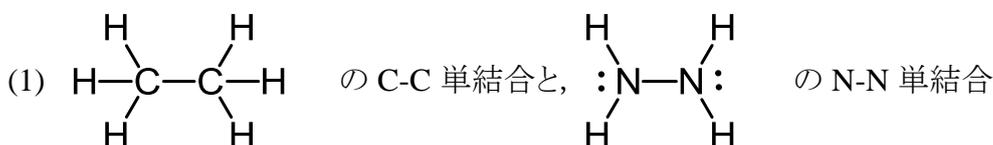
問 4(第 2 族元素):主量子数 n のある電子から見た有効核電荷が Z_{eff} である時, その電子を引き抜くのに必要なエネルギーは $E_0 \times (Z_{\text{eff}})^2 \div (n)^2$ で近似できる (E_0 は定数). この式とスレーターの規則を用い, Mg は +2 価までは比較的行きやすいが, +3 価にするにはそれに比べて非常に大きなエネルギーが必要である事を示せ.

※スレーターの規則の遮蔽定数: 同じ主量子数の電子 $\rightarrow 0.35$, 1 つ内側の電子 $\rightarrow 0.85$, 2 つ以上内側の電子 $\rightarrow 1$

(配点:7 点)

問 5(周期表と化学結合):以下に示したそれぞれ 2 つの結合に関し, どちらの結合の方が弱くて切れやすいのかを判定し, そのように判断できる理由を説明せよ.

(配点:理由まで合っていて各 3 点, 計 9 点)

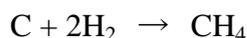


問 6(化学結合とエネルギー):以下の問いに答えよ.

(配点:各 4 点, 計 8 点)

(1) ダイヤモンド中の炭素原子からは 4 本の単結合が隣の炭素原子に伸びているが, この C-C 結合 1 mol 本の結合解離エネルギー (1 mol 本の結合を引きちぎるのに必要なエネルギー) はおよそ 357 kJ である. 炭素原子 1 mol 個からなるダイヤモンドをバラバラの原子に分解しようと思った場合, どの程度のエネルギーが必要か計算せよ.

(2) 炭素と水素分子が反応してメタンとなる反応は, 以下の反応式で書ける.



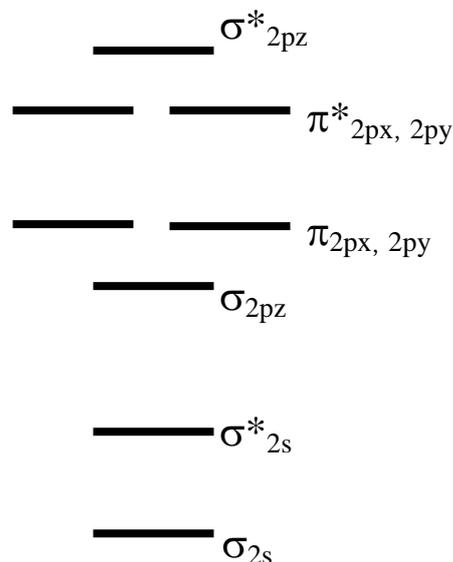
水素分子の H-H 結合を 1 mol 本切るのに必要なエネルギーは 432 kJ であり, メタン分子の C-H 結合 1 mol 本を切るのに必要なエネルギーは 413 kJ である. この値と(1)での計算結果をもとに, 「炭素原子 1mol 個からなるダイヤモンドと, 水素分子 2 mol 個が存在している状態」と,

「両者が反応して, 1 mol 個のメタン分子になった状態」のどちらがエネルギーが低いか (= 安定か) を計算せよ.

問 7(二原子分子の電子状態): フッ素分子の分子軌道のエネルギー準位は、右の図で表される(価電子のみを考え、内殻の1s軌道は省略してある。*印は反結合性軌道を示す)。

この時、フッ素分子 F_2 、フッ素分子から電子を一つ引き抜いた F_2^+ 、逆に電子を一つ加えた F_2^- の3種の分子それぞれに関し、

- ・結合性軌道に入っている電子の数
- ・反結合性軌道に入っている電子の数
- ・不対電子の数
- ・結合の次数(単結合なら1, 二重結合なら2, その中間なら1.5, など)



を答えよ。

(配点:1つの分子に関し全て正解で2点, 計6点)

問 8(希ガス元素): 希ガス元素である He は通常は分子を作らない。これに関し、以下の問いに答えよ。

(配点:各4点, 計8点)

(1) He_2 という分子が安定では無い事を、分子軌道法の考え方をを用いて説明せよ。

(2) He_2 から電子を一つ引き抜いた He_2^+ という分子が安定かどうか (He と He^+ にバラバラになった状態よりも He_2^+ の方がエネルギーが低いかどうか) を説明せよ。

問 9: 次に示すのは、第16族の水素化物のおおよその沸点を、周期表の上側の化合物から順に並べたものである。これに関し、以下の問いに答えよ。

(配点:各3点, 計9点)

H_2O (水): 100 °C H_2S : -60 °C H_2Se : -42 °C H_2Te : -2 °C

(1) 周期表の下の物質ほど沸点が高い傾向があるのだが、周期表で一番上に位置する水だけ例外的に沸点が極端に高い。これは何の効果によるものか?

(2) (1)で述べた効果が水の場合だけ強く働き、他の3つの分子ではほとんど効かない理由を説明せよ。

(3) 水と同じく(1)で述べた効果により沸点が高くなっている物質はいくつか存在する。そのような物質の例を1つ挙げよ(いろいろな化合物があるが、1つ挙げれば良い)。