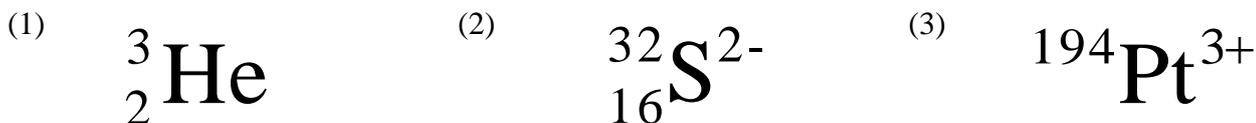


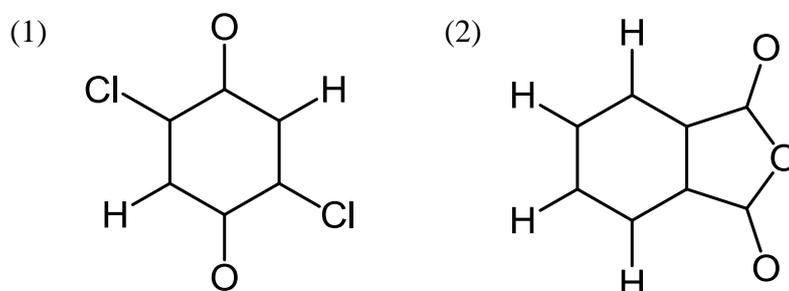
問 1 (化学の基礎知識) : 以下の各原子に含まれる, 陽子, 中性子, 電子の数を全て答えよ.

(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) : 以下に示した中性の分子の骨格に, 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にせよ. 非共有電子対は省略せず全て表示する事. なお, 見やすさのために炭素原子の元素記号 (C) については省略している.

(配点 : 各 3 点, 計 6 点)



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

(配点 : 計 16 点)

(1) これら 4 つの元素を「イオン (M^+) になりやすい順」に並べよ. (2 点)

(2) そのような順序になる理由を説明せよ. (3 点)

(3) 水とこれらの元素との反応は, $2M + 2H_2O \rightarrow H_2 + 2M^+OH^-$ と書ける. 上に示した 4 つの第 1 族元素を, 「水との反応が激しい順」に並べよ. (3 点)

(4) これら 4 つの元素のイオン (M^+) を, 「イオンのサイズの大きい順」に並べよ. (2 点)

(5) イオンのサイズが(4)で答えたような順序になる理由を説明せよ. (3 点)

(6) 「かなり小さな負イオン」であるフッ化物イオン (F^-) との塩, NaF, KF, RbF, CsF 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? (3 点)

問4 (スレーターの規則, 計6点)

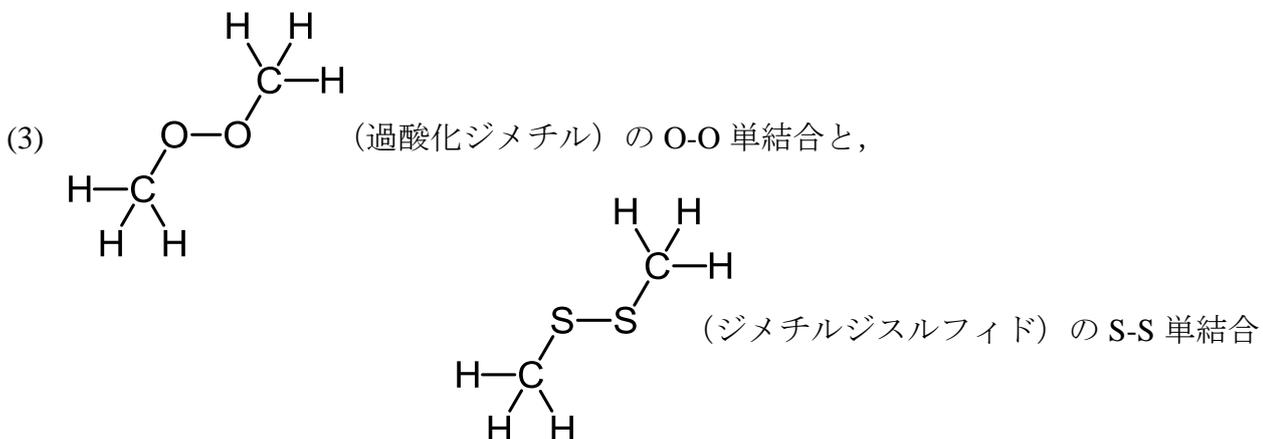
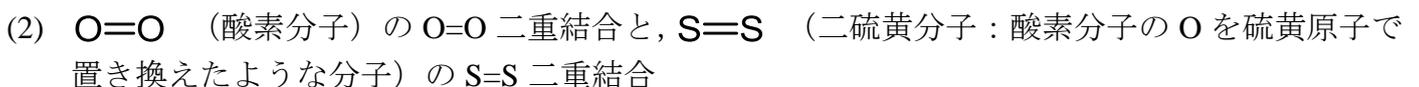
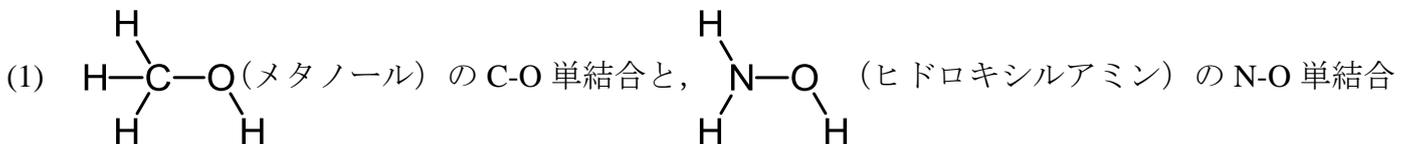
(1) Na と Mg の電子配置を, 省略せず¹に書け(希ガス配置を使った省略表記はしない, という意味).
なお, 電子配置の書き方は, 例えばヘリウムであれば $(1s)^2$ のように書くこと. (両方できて2点)

(2) Na と Mg それぞれの最外殻電子から見た有効核電荷をスレーターの規則を用いて計算せよ.
なお, その際に用いる遮蔽の大きさは,
注目している電子と同じ主量子数 $\rightarrow 0.35$, 1つ内側の電子 $\rightarrow 0.85$, 2つ以上内側の電子 $\rightarrow 1$
とする. (両方できて2点)

(3) 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). この式を用い, Na から電子を引き抜いてイオン化するよりも Mg をイオン化の方が大変である (=Mgの方がイオンになりにくい) ことを, 計算結果も含めて示せ. (2点)

問5 (周期表と化学結合): 以下の各問の左右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答え, 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) : 天然の硫黄 S は、いくつかの原子が連なったチェーン状の構造 (-S-S-S-S-S-...) を作っている (代表的には、リング状の S₈ 分子)。この硫黄と水素が反応して硫化水素となる反応は、以下の反応式で書く事ができる。



このとき、以下の問いに答えよ。(各 4 点, 計 8 点)

(1) 1 mol の硫黄原子と 1 mol の水素分子が反応する反応を考える。この時、それぞれ何 mol 本の S-S 結合および H-H 結合が切れ、何 mol 本の H-S 結合が生じるか? (3 つとも合っていて正解)

(2) S-S 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 266 kJ, 水素分子の H-H 結合 1 mol 本の結合解離エネルギーは 432 kJ であり, H₂S 分子の H-S 結合 1 mol 本の結合解離エネルギーは 368 kJ である。これらの値と(1)での計算結果をもとに、

「チェーン状に繋がった硫黄原子 1mol 個と、水素分子 1 mol 個が共存している状態」

と、

「両者が反応して、1 mol 個の H₂S 分子になった状態」

のどちらがどれだけエネルギーが低いか (=安定か) を計算せよ。

問 7 (16 族元素) : 次に示すのは、第 16 族元素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)



(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?

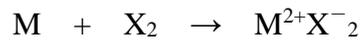
(2) この効果が水の場合だけ強く働き、他の 3 つの分子ではほとんど効かない理由を説明せよ。

(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水以外に 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)。

問 8 (第 18 族元素) : 水素原子は H_2 という分子を作って安定になるのに対し、ヘリウムは He_2 という分子を作っても安定ではないことを 分子軌道法を用いて説明せよ。(配点 : 5 点)

※「希ガスだから単原子で安定」など、分子軌道法を用いていない説明は無効である。

問 9 (第 17 族元素) : 第 17 族元素 (ハロゲン元素) X_2 と金属マグネシウムとの反応は以下の反応式で書き表される。



この反応に関し、以下の問いに答えよ。(各 3 点, 計 6 点)

(1) 4 種類のハロゲン (F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2) とマグネシウムとの反応を考える。これら 4 つのハロゲンを、マグネシウムとの反応が激しい順に並べよ。

(2) そのような順序になる理由を説明せよ。

