化　　学（問題用紙１）　問題用紙は３枚

必要があれば，次の値を使用せよ。アボガドロ定数 $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ /mol，気体定数 $R = 8.314 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol) = 8.314 J/(K·mol)，原子量：H = 1.00，C = 12.0，N = 14.0，O = 16.0，Na = 23.0，Mg = 24.3，S = 32.0，Ca = 40.0，$\log_{10} 2 = 0.301$，$\log_{10} 3 = 0.477$，$\log_{10} 4 = 0.602$，自然対数の底 $e = 2.718$，$\log_e 2 = 0.693$，$\log_e 3 = 1.10$，$\log_e 4 = 1.39$，$\log_{10} e = 0.434$，$\sqrt{2} = 1.41$，$\sqrt{3} = 1.73$，$\sqrt{5} = 2.24$

Ⅰ　次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1)　室温において次の(a)～(e)の反応を起こす物質を，それぞれの①～⑤からすべて選び，番号で答えよ。それらの中で最も小さい番号の物質との反応を化学反応式で表せ。

(a)　希硝酸と反応して一酸化窒素を与える。

① 金　② 銀　③ 白金　④ 水銀　⑤ 鉛

(b)　塩素水と反応して塩化物を与える。

① 金　② フッ化カリウム　③ 臭化ナトリウム　④ ヨウ素　⑤ ヨウ化カリウム

(c)　希硫酸と反応して硫化水素を与える。

① 硫化鉄(Ⅱ)　② 硫黄　③ ヨウ化カリウム　④ 水素　⑤ 硫化鉛(Ⅱ)

(d)　硫酸酸性の過酸化水素水を還元する。

① 過マンガン酸カリウム　② ヨウ化ナトリウム　③ヨウ素　④ ヨウ化カリウム　⑤ 塩素

(e)　塩基性水溶液中で硫化水素と反応して，黒色沈殿を与える。

① 塩化カドミウム　② 塩化鉛(Ⅱ)　③ 塩化鉄(Ⅱ)　④ 塩化亜鉛　⑤ 塩化銅(Ⅱ)

問(2)　アルカリ土類金属Aの炭酸塩は，難溶性のものが多く知られている。それらの溶解度積定数 $K_{sp}(ACO_3) = [A^{2+}][CO_3^{2-}]$は，化学平衡の法則により一定に保たれる。

$$ACO_3\ (固) \rightleftharpoons A^{2+} + CO_3^{2-}$$

いま，ある温度において $K_{sp}(MgCO_3) = 1.0 \times 10^{-6}$ (mol/L)^2，$K_{sp}(CaCO_3) = 6.4 \times 10^{-5}$ (mol/L)^{2}とするとき，以下の(a)～(d)の溶液について，沈殿が生成するかしないかを判断せよ。沈殿が生成するものについては，生じる沈殿の質量を有効数字2桁で求めよ。ただし，溶解度積定数は他のイオンの存在によって変化せず，混合溶液の体積は混合する前の体積の和に等しいものとする。

(a)　4.0×10^{-3} mol/Lの炭酸ナトリウム水溶液1.0 Lと4.0×10^{-3} mol/Lの塩化マグネシウム水溶液1.0 Lを混合した。

(b)　4.0×10^{-3} mol/Lの炭酸ナトリウム水溶液1.5 Lと8.0×10^{-3} mol/Lの塩化マグネシウム水溶液0.50 Lを混合した。

(c)　6.0×10^{-3} mol/Lの炭酸ナトリウム水溶液0.50 Lと2.0×10^{-2} mol/Lの塩化カルシウム水溶液1.5 Lを混合した。

(d)　0.10 mol/Lの炭酸ナトリウム水溶液1.0 Lと2.5×10^{-2} mol/Lの塩化カルシウム水溶液4.0 Lを混合した。

化　　学（問題用紙２）

Ⅱ　次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1)　次の文章を読み，以下の設問(a)～(f)に答えよ。

(1)自然界には４種類の硫黄原子，$^{32}_{16}S$，$^{33}_{16}S$，$^{34}_{16}S$，$^{36}_{16}S$が存在する。種々の硫黄酸化物のうち，(2)二酸化硫黄は亜硫酸水素ナトリウムと希硫酸の反応によって発生させることができる。いま，(3)ある混合気体に含まれる二酸化硫黄を3%過酸化水素水 300 mL により完全に反応させた後，この水溶液を 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ，10.0 mL を要した。この混合気体には，二酸化硫黄以外に窒素と酸素が 4:1 の体積比で含まれる。過酸化水素水の密度は反応の前後で変化せず 1.00 g/cm^3 とし，過酸化水素の電離は無視してよい。気体はすべて理想気体として計算し，有効数字２桁で答えよ。

(a)　下線部１の４種類の硫黄原子のうち，$^{34}_{16}S$に含まれる中性子の数およびＬ殻とＭ殻にある電子の数をそれぞれ答えよ。

(b)　下線部１の４種類の硫黄原子の関係を何とよぶか。

(c)　次の①～⑧のうち，下線部１の４種類の硫黄原子について比較した値が互いに異なるものをすべて選び，番号で答えよ。

① 原子番号	② 中性子数	③ 原子核の電荷	④ 質量数
⑤ Ｌ殻にある電子数	⑥ Ｍ殻にある電子数	⑦ 斜方硫黄としての密度	⑧ モル質量

(d)　下線部２と下線部３の反応の化学反応式を書け。

(e)　下線部３の反応後の水溶液の pH はいくらか。

(f)　下線部３の混合気体に占める二酸化硫黄の体積は，300 K，1.00×10^5 Pa においていくらか。

問(2)　次の文章を読み，以下の設問(a)～(e)に答えよ。

分子Aと分子Bの化学反応は，その溶液に触媒として加えられた金属粒子Mの表面で進行し，分子AB_2を生成する。AとBの濃度をそれぞれ[A]と[B]で表すと，この反応の化学反応式と反応速度 v は，反応速度定数を k として次のように表される。

$$A + 2B \xrightarrow[M]{k} AB_2 \qquad v = k[A][B]^2$$

また，反応速度定数 k は，絶対温度 T に対して次式のように指数関数的に変化する（e は自然対数の底）。

$$k = Ce^{-\frac{E}{RT}}$$

ここで，C は頻度因子とよばれる定数，R は気体定数，E は反応の活性化エネルギーである。

いま，分子Aと分子Bを含む溶液に，金属粒子Mの分散液を少量加えて素早くかき混ぜ，全体の体積を50.0 mLとした。反応を開始したとき，(1)AとBの濃度はそれぞれ0.100 mol/Lと0.200 mol/Lであり，反応速度は6.00×10^{-5} mol/(L·s)であった。温度を300 Kに保ちながら実験を続けたところ，ある時間経過したとき，(2)AB_2の生成量は3.00×10^{-3} molであった。この実験で得られた反応速度の時間変化を点線でグラフに描いた。次に，この実験とは条件が異なる次の5通りの実験①～⑤を行なった。

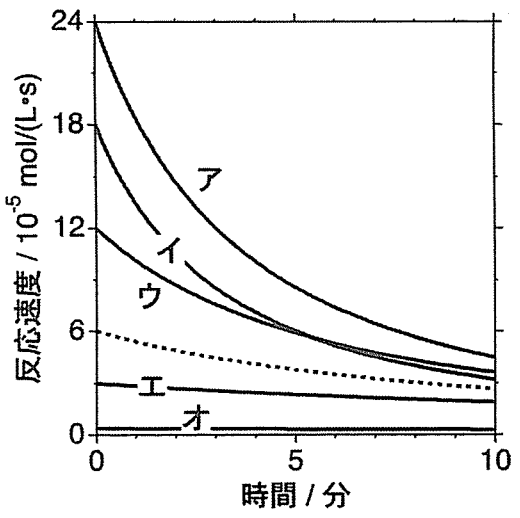
①　分子Aの濃度を2倍にして反応を開始した

②　分子Bの濃度を2倍にして反応を開始した

③　金属粒子Mの量を半分にして反応を開始した

④　溶媒を加えて全体の体積を100 mLにして反応を開始した

⑤　温度を310 Kに保ちながら実験した



実験①～⑤で得られた反応速度の時間変化を実線でグラフに描き，図に**ア**～**オ**で示した。計算結果は有効数字2桁の数値と単位で示せ。

(a)　下線部１のとき，反応速度定数 k はいくらか。

(b)　下線部２のとき，反応速度 v はいくらか。

(c)　**ア**と**オ**のグラフに対応する実験を①～⑤からそれぞれ一つ選び，番号で答えよ。

(d)　実験⑤に対応するグラフを**ア**～**オ**から一つ選び，記号で答えよ。また，その反応開始時の反応速度は，下線部１の何倍か。

(e)　この化学反応の活性化エネルギーは何 kJ/mol か。

化　　学（問題用紙３）

Ⅲ　次の問(1)～問(3)に答えよ。

問(1)　次の文章を読み，以下の設問(a)～(d)に答えよ。

2－プロパノールの水溶液にヨウ素I_2と水酸化ナトリウム水溶液を少量加えて温めると，ヨードホルムの黄色結晶が生じる。この反応では，2－プロパノールは［ 1 ］され，［ 2 ］基をもつ化合物［ 3 ］を生じることで，反応が進行する。化合物［ 3 ］は，クメン法において，フェノールを生じる際の副生成物でもある。

(a)　空欄［ 1 ］～［ 2 ］にあてはまる適切な語句を，［ 3 ］には化合物の名称を答えよ。

(b)　下線部の化学反応式をかけ。有機化合物は示性式で記述すること。

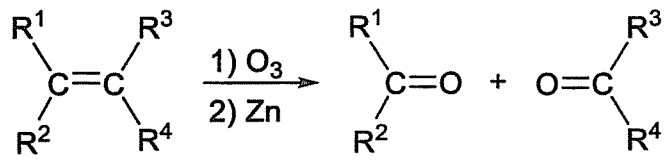
(c)　2－プロパノール1.0 gを用いてヨードホルム反応を完全に起こすには，水酸化ナトリウムの質量は少なくとも何g必要か。解答欄には，計算結果を有効数字2桁で示せ。

(d)　次の①～⑤の化合物のうち，ヨードホルム反応を示さないものをすべて選び，記号で答えよ。

①　メタノール　　②　エタノール　　③　1－プロパノール　　④　乳酸　　⑤　ジエチルエーテル

問(2)　次の文章を読み，空欄［ 4 ］～［ 6 ］および［ 8 ］には適切な数字を，［ 7 ］には化合物の名称を答えよ。

環状構造をもたない有機化合物C_5H_{10}には，幾何異性体も区別すると，［ 4 ］種類の異性体が存在する。それらのうち，5つの炭素原子が常に同一平面上にあるものは［ 5 ］種類存在する。また，臭素Br_2を付加させた際に，2個の不斉炭素原子をもつ生成物を与えるものは［ 6 ］種類存在する。いま，すべての異性体をそれぞれ1 molずつオゾン分解し，生じたすべての有機化合物についてヨードホルム反応を行った。このとき，最も多くのヨウ素I_2を必要としたものは［ 7 ］であり，ヨウ素I_2は少なくとも［ 8 ］ mol必要であった。なお，オゾン分解の一般式は次の通りである。



ただし，R^1, R^2, R^3, R^4はアルキル基またはHとする。

問(3)　次の文を読み，以下の設問(a)と(b)に答えよ。光学異性体がある場合は区別しなくてよい。

分子式が$C_9H_{12}O$で表される化合物のうち，ベンゼン環をもち，塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって呈色するものだけを考えると，ベンゼン環に結合した水素以外の置換基の数が［ 9 ］個のときに，異性体の数が最も多くなる。

(a)　空欄［ 9 ］に適切な数字を答えよ。

(b)　下線部の条件において，ベンゼン環に結合した水素以外の置換基の名称をすべて答えよ。同じ置換基が複数ある場合は，その数だけ繰り返し重複して答えよ。