

(令 3 前)

理 科

	ページ
物 理……………	1～ 6
化 学……………	7～17
生 物……………	18～25
地 学……………	26～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

化 学

計算のために必要であれば、以下の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0 Na 23.0 S 32.1

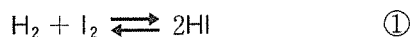
Cl 35.5 I 127.0

絶対零度： $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，気体定数： $R = 8300\text{ L}\cdot\text{Pa}/(\text{mol}\cdot\text{K}) = 8.3\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ ，ファラデー定数： $9.65 \times 10^4\text{ C}/\text{mol}$

- I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうとする。(配点19点)

ヨウ化水素(HI)は数百 $^{\circ}\text{C}$ の高温下で、下記の平衡関係に基づき、水素(H_2)とヨウ素(I_2)から生成される。



式①の正反応の速度 v_1 は I_2 および H_2 の濃度にそれぞれ比例し、 $v_1 = k_1[\text{I}_2][\text{H}_2]$ として書き表すことができる。 H_2 と I_2 からHIが生成される反応の反応開始直後には、HIの生成速度 v_{HI} と v_1 には $v_{\text{HI}} = 2v_1$ の関係があることがわかっている。また、式①の逆反応の速度 v_2 はHIのモル濃度の2乗に比例し、 $v_2 = k_2[\text{HI}]^2$ として書き表すことができる。HIから H_2 と I_2 が生成される反応の反応開始直後には、 I_2 の生成速度 v_{I_2} と v_2 には $v_{\text{I}_2} = v_2$ の関係があることがわかっている。ここで、 k_1 および k_2 はそれぞれ、正反応および逆反応の速度定数であり、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{HI}]$ はそれぞれ、 I_2 、 H_2 、HIのモル濃度である。

体積が一定で変化しない50Lの反応容器Aにおいて、次の実験1～4を行った。

実験 1: 1000 K において, HI は存在せず, I_2 および H_2 の初濃度がいずれも 2.00 mol/L のとき, 反応開始直後の HI の生成速度は $1.60 \times 10^4 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ であった。

実験 2: 1000 K において, I_2 および H_2 は存在せず, HI の初濃度が $x[\text{mol/L}]$ のとき, 反応開始直後の I_2 の生成速度は $7.20 \times 10^2 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ であった。

実験 3: 303 K において, 反応容器 A に I_2 (固体) を 762 g 入れ, H_2 を大気圧 ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) まで充填した後, 容器に栓をして密閉した。その後, 反応容器 A の温度を上げ, 1000 K において HI の生成反応を行ったところ, その平衡定数は 25 であった。なお, 1000 K において, I_2 はすべて気体として存在する。

実験 4: 実験 3 で, 1000 K において式①の反応が平衡になった後に, 温度を 1250 K に上げ, 再度, 平衡状態とした。1250 K における式①の反応の平衡定数を決定したところ, その平衡定数は 20 であった。

問 1 式①の反応の 1000 K における正反応の速度定数 $k_1[\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{s})]$ および逆反応の速度定数 $k_2[\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{s})]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。

問 2 実験 2 において, 反応開始時の HI 濃度 $x[\text{mol/L}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。

問 3 実験 3 において, 反応容器 A に入れた I_2 および H_2 の物質質量 $[\text{mol}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。なお, ここでは固体の I_2 の占有体積は容器体積に比べて非常に小さいため, 考慮しなくてよい。

問 4 実験 3 において, 1000 K にて式①の反応が平衡になったときの全圧 $[\text{Pa}]$ および H_2 の分圧 $[\text{Pa}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 以下の ～ にあてはまる語句を下記の語群の中から選びなさい。

実験 1～4 の結果から、温度が高いほど が小さくなっていることより、平衡状態では、温度が高いほど の濃度が増大し、 の濃度が減少していることがわかる。よって、式①の正反応は 反応である。

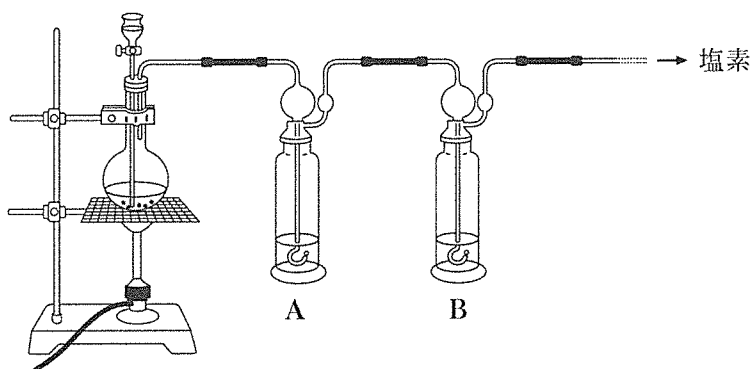
(語群)

反応速度定数 活性化エネルギー 平衡定数
I₂ および H₂ HI 発熱 吸熱

Ⅱ 次の文章を読んで、問1～9に答えなさい。(配点19点)

ハロゲンの単体のうち、フッ素は水と激しく反応し、塩素と臭素は一部が水と反応する。ヨウ素は、水に①溶けにくいが、ヨウ化カリウム水溶液には②新たにイオンを生じて溶ける。

塩素は、実験室では、酸化マンガン(IV)を入れたフラスコに濃塩酸を加え、加熱③することにより得られる(下図)。フラスコ内より発生した気体は、④二つの洗気びんAとBを順に通った後に、ア置換により捕集される(下図には描かれていない)。また、塩素は、工業的には、陰極側と陽極側とをイ膜で仕切り、⑤塩化ナトリウム水溶液を電気分解することにより得られる。



問1 下線部①について、化学反応式を答えなさい。

問2 塩素の水溶液を塩素水と呼ぶ。塩素水に存在する物質のうち、最も酸化数が大きい塩素を含むものを物質名で答えなさい。また、その物質における塩素の酸化数を答えなさい。

問3 臭素の水溶液を臭素水と呼ぶ。 C_2H_6 、 C_2H_4 、 C_2H_2 の分子式で表される炭化水素のうち、十分量を臭素水に通しても臭素水を脱色することができない炭化水素をすべて答えなさい。

問 4 下線部②について，新たに生じるイオンの化学式を答えなさい。

問 5 下線部③について，化学反応式を答えなさい。

問 6 下線部④について，洗気びん A と B に入れる液体は何か，物質名を答えなさい。また，その理由をそれぞれ 14 文字以内で答えなさい。

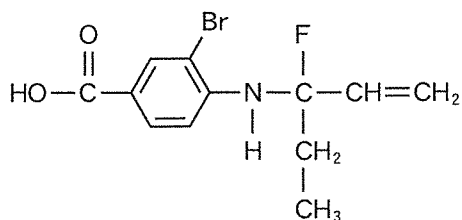
問 7 と に入る適切な語句を答えなさい。

問 8 下線部⑤について，陰極と陽極で起こる変化を，それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で答えなさい。

問 9 塩化ナトリウム水溶液を 2.00 A の電流で電気分解したところ，水酸化ナトリウムが 800 mg 生成した。電流を流した時間は何秒か，有効数字 3 桁で答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～7に答えなさい。構造式は以下の例にならって書きなさい。文中のA～Kはすべて有機化合物である。(配点18点)

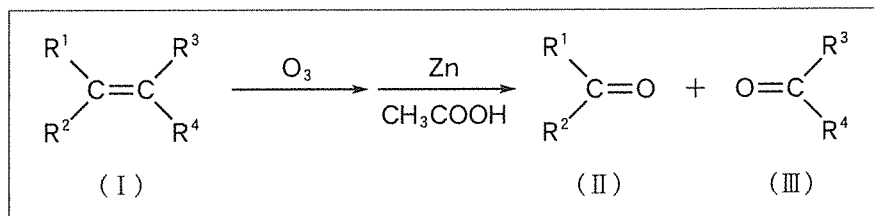
(構造式の例)



実験1：A～Cは同じ分子式 $C_{14}H_{20}$ であり、互いに構造の異なる化合物である。

A～Cのオゾン分解を行ったところ、AからはDとGが、BからはEとHが、CからはFとHが生じた。ただし、ベンゼン環はオゾン分解されないとする。

(補足) 以下の式に示すように、構造式(I)であらわされるアルケンをオゾンで酸化した後に、酢酸中で亜鉛と反応させると、炭素原子間の二重結合が切断されカルボニル化合物(II)と(III)が得られる。この反応をオゾン分解という。



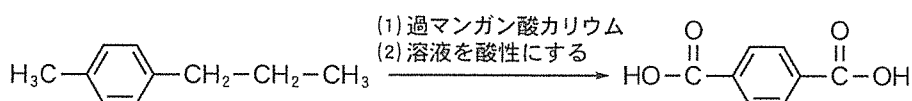
オゾン分解

実験2：D, E, Fは互いに異性体であった。その分子量は134でありいずれもベンゼン環をもっていた。元素分析を行ったところ、質量組成は炭素80.6%、水素7.5%であった。D, E, Fをそれぞれアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて温めると、いずれの反応でも銀が析出した。

実験 3: **G** と **H** は互いに異性体であった。**G** と **H** をそれぞれアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて温めると、いずれの反応でも銀は析出しなかった。**G** と **H** をそれぞれヨウ素と水酸化ナトリウムを含む水溶液に加えたところ、**G** を用いた反応からはヨードホルムが生じたが、**H** を用いた反応からはヨードホルムは生じなかった。

実験 4: **D**, **E**, **F** をそれぞれ二クロム酸カリウムで酸化して得た化合物を、さらに過マンガン酸カリウムと反応させた後に溶液を酸性にすると、それぞれから芳香族化合物 **I**, **J**, **K** が得られた。**I**, **J**, **K** は互いに異性体であり、その分子量は 210 であった。また、**I**, **J**, **K** は同じ数のカルボキシ基をもち、210 mg の **I** は 120 mg の水酸化ナトリウムと反応した。

(補足) 下の式に示すように、過マンガン酸カリウムはベンゼン環に結合した炭化水素基(側鎖)をカルボキシ基に酸化する反応剤である。



実験 1 ~ 4 の結果をまとめると図 1 のようになる。

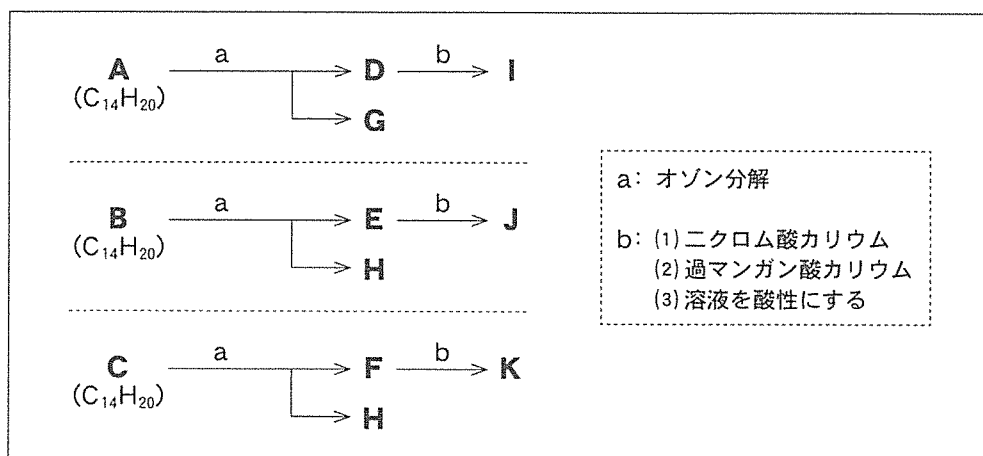
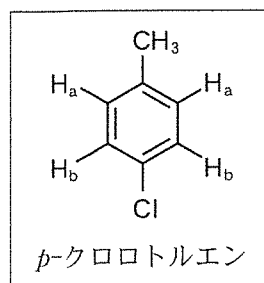


図 1

実験 5：機器分析実験により、ベンゼン環に直接結合している水素原子のうち、互いに性質の異なる水素原子が何種類あるかを知ることができる。たとえば、*p*-クロロトルエンのメチル基のオルト位にある 2 個の水素原子 (H_a) は、分子の対称性から考えて性質は同じである。一方、 H_a と H_b は互いに性質が異なる。したがって *p*-クロロトルエンを分析すると、ベンゼン環に直接結合していて互いに性質が異なる水素原子は、 H_a 、 H_b の 2 種類存在するという分析結果が得られる。



同様の方法で **D**、**E**、**F**、**I**、**J**、**K** を分析したところ、ベンゼン環に直接結合していて互いに性質の異なる水素原子は、**D** には 3 種類、**E**、**F**、**I**、**J** にはそれぞれ 2 種類あり、**K** のベンゼン環に直接結合している水素原子はすべて性質が同じであることがわかった。

問 1 ヨードホルムの分子式を書きなさい。

問 2 下線部の記述から、**D**、**E**、**F** に含まれる共通の官能基を書きなさい。

問 3 **D**、**E**、**F** の分子式を書きなさい。

問 4 **G**、**H** の分子式を書きなさい。

問 5 **G** として考えられる構造式をすべて書きなさい。

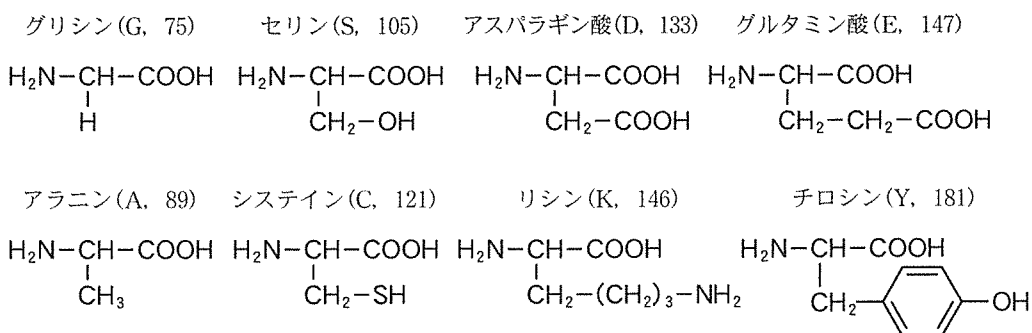
問 6 **H** として考えられる構造式をすべて書きなさい。

問 7 **D**、**E**、**F** の構造式をそれぞれ書きなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～7に答えなさい。(配点19点)

ペプチドは、ひとつのアミノ酸のカルボキシ基と別のアミノ酸のアミノ基が脱水縮合してアミド結合(ペプチド結合)したものであり、アミノ酸が2, 3, 4, 5分子連なったものを、順にジペプチド、トリペプチド、テトラペプチド、ペンタペプチドと呼ぶ。

あるペンタペプチドは、以下の8つの α -アミノ酸(一般式 $R-CH(NH_2)-COOH$)のうち異なる5つが直鎖状にペプチド結合している。ただし、括弧内の大文字アルファベットは各アミノ酸の一文字記号、数字は分子量を示している。



このペンタペプチドを複数条件で加水分解し、様々なアミノ酸とペプチドを得た。それらの中からペプチド①～③を選んだところ、いずれもジペプチドまたはトリペプチドであり、実験1～6から以下の情報が得られた。

実験1：各ペプチドの水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱後、酢酸鉛(II)を加えたところ、ペプチド②を構成するアミノ酸の側鎖R中の ア が反応して黒色沈殿が生じた。

実験2：各ペプチド水溶液に濃硝酸を加えて加熱したところ、ペプチド①と②の両方に含まれるアミノ酸の側鎖Rがもつ イ が ウ 化されて黄色になり、分子量が n_1 増加した。

実験 3：各ペプチドのエタノール溶液に触媒として少量の濃硫酸を加えて加熱し、
エ 基のすべてを オ 化したところ、すべてのペプチドで分子量が増加した。ただし、ペプチド②の分子量増加数 n_2 に対し、
 ペプチド①はその 2 倍、ペプチド③はその 3 倍だった。

実験 4：各ペプチドの水溶液に水酸化ナトリウムを加え、さらに少量の硫酸銅(II)水溶液を加えたところ、ペプチド②のみ赤紫色に発色した。

実験 1～4 の結果を整理すると以下の表になる。

	実験 1	実験 2	実験 3	実験 4
	黒色沈殿	分子量増加数	分子量増加数	発色
ペプチド①	なし	n_1	n_2 の 2 倍	なし
ペプチド②	あり	n_1	n_2	あり
ペプチド③	なし	変化なし	n_2 の 3 倍	なし

実験 5：ペプチド①と③の分子量を測定したところ、両者の差は 48 であった。

実験 6：ペプタペプチドの N 末端のアミノ酸は、アミノ基を カ 基に置換すると乳酸になった。

以上の情報から、このペプタペプチドのアミノ酸配列が特定できた。

問 1 ア ～ カ にあてはまる適切な語句を書きなさい。

問 2 実験 1 と実験 2 から、ペプチド②に含まれる 2 つのアミノ酸を一文字記号で書きなさい。

問 3 実験 2 で、ペプチド①と②の分子量増加分である整数 n_1 はいくつか答えなさい。

問 4 実験 3 で、ペプチド②の分子量増加分である整数 n_2 はいくつか答えなさい。

問 5 実験 3 の分子量増加分について、ペプチド③はペプチド②の 3 倍であることから、ペプチド③を構成するアミノ酸について何がわかるか。句読点を含めて 30 字以内で説明しなさい。

問 6 実験 1 ～ 5 の結果を考え合わせると、ペプチド①の分子量はいくつか、整数で答えなさい。

問 7 実験 6 に注意して、ペプタペプチドのアミノ酸配列を N 末端側から順に一文字記号で書きなさい。