

必要ならば、以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, F=19.0, Na=23.0, S=32.1, Cl=35.5,
K=39.1, Ca=40.1, Cr=52.0, Mn=54.9, Cu=63.5, Zn=65.4, Br=79.9, Ag=107.9,
Pb=207.2

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

$\sqrt{1.8} = 1.34$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$

化学（マーク解答問題）

〔I〕 つぎの（1）～（10）の文中、（ A ）、（ B ）にもっとも適合するものを、それぞれA群、B群の（ア）～（オ）から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

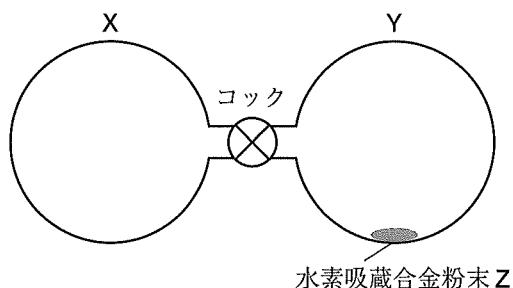
（1） 窒素を含む化合物は自然界に多数存在する。アンモニア NH_3 、硝酸 HNO_3 、一酸化窒素 NO では、それぞれの化合物中のNについての酸化数は順番に（ A ）である。窒素と同じ第15族元素にリンがある。NとPでは（ B ）が同じであり、化学的性質が似ている。

- A：（ア） +3, +5, -2 （イ） +3, -5, +2 （ウ） +3, -5, -2
 （エ） -3, +5, +2 （オ） -3, 0, -2
- B：（ア） 周期表における周期 （イ） 原子番号 （ウ） 陽子の数
 （エ） 中性子の数 （オ） 価電子の数

（2） 分子からなる物質では、構成分子の分子間力が強いほど沸点が高くなる。無極性分子からなる物質の沸点は（ A ）。同程度の分子量をもつ物質の沸点を比較すると、無極性分子からなる物質の沸点は（ B ）。

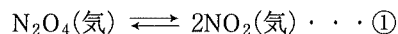
- A：（ア） 分子量が大きいほど高く、塩素の沸点はフッ素の沸点よりも高い
 （イ） 分子量が大きいほど高く、フッ素の沸点は塩素の沸点よりも高い
 （ウ） 分子量が大きいほど低く、塩素の沸点はフッ素の沸点よりも低い
 （エ） 分子量が大きいほど低く、フッ素の沸点は塩素の沸点よりも低い
 （オ） 分子量によって変わらず、フッ素の沸点と塩素の沸点はほぼ等しい
- B：（ア） 極性分子からなる物質の沸点より高く、メタンの沸点はアンモニアの沸点よりも高い
 （イ） 極性分子からなる物質の沸点より高く、アンモニアの沸点はメタンの沸点よりも高い
 （ウ） 極性分子からなる物質の沸点より低く、メタンの沸点はアンモニアの沸点よりも低い
 （エ） 極性分子からなる物質の沸点より低く、アンモニアの沸点はメタンの沸点よりも低い
 （オ） 極性分子からなる物質の沸点と変わらず、メタンの沸点とアンモニアの沸点はほぼ等しい

- (3) 耐圧容器XとYがコックで連結されていて、容器Xの容積は6.0Lである。容器Xの内圧が 4.0×10^5 Paになるように水素を入れ、容器Yを真空にしてコックを開けると、容器内の圧力が 3.0×10^5 Paになった。したがって、容器Yの容積は (A) Lである。つぎに容器Yに水素吸蔵合金粉末Zを入れて、水素吸収量を測定した。容器Xの内圧が 4.0×10^5 Paになるように水素を入れ、容器Yを真空にしてコックを開け、しばらく放置すると容器内の圧力は 2.0×10^5 Paになった。この粉末Zが吸収した水素は (B) molである。水素は理想気体としてふるまうものと仮定し、温度は25℃で一定とし、コックや水素吸蔵合金粉末Zの体積は無視できるものとする。



- A : (ア) 2.0 (イ) 4.5 (ウ) 6.0 (エ) 8.0 (オ) 10
 B : (ア) 0.16 (イ) 0.32 (ウ) 0.65 (エ) 0.81 (オ) 0.97

- (4) 四酸化二窒素 N_2O_4 (気)は無色、二酸化窒素 NO_2 (気)は褐色である。内部が見える体積一定の容器に N_2O_4 (気)だけを1.0 mol入れ、温度を一定にしたまましばらく放置すると、最初に入れた N_2O_4 の20%が解離し、下記の反応式にしたがって平衡状態に達した。このとき、全圧は 1.0×10^5 Paとなった。



この温度における圧平衡定数は (A) Paと計算できる。つぎに、この平衡状態にあった温度からゆっくりと高温にすると、褐色が濃くなった。このような変化から考えると、①の反応で (B)。

- A : (ア) 1.3×10^5 (イ) 1.7×10^4 (ウ) 5.0×10^3
 (エ) 2.0 (オ) 5.0×10^{-2}
 B : (ア) 温度を高くすると平衡は左に移動し、右向き反応は吸熱反応である
 (イ) 温度を高くすると平衡は左に移動し、右向き反応は発熱反応である
 (ウ) 温度を高くすると平衡は右に移動し、右向き反応は吸熱反応である
 (エ) 温度を高くすると平衡は右に移動し、右向き反応は発熱反応である
 (オ) 温度を高くしても平衡は移動しない

- (5) 銅と濃硫酸の混合物を加熱することにより生成した化合物を水に溶かし、その水溶液から結晶を析出させると、化合物Wが得られる。化合物W 10 gを150℃以上で加熱すると、水和水(結晶水)を含まない化合物X (A) gが得られる。一方、銅を空気中で加熱すると化合物Yとなる。化合物Yをさらに1000℃以上で加熱すると化合物Zとなる。ここで、化合物XおよびY、Zの色はそれぞれ (B) である。

- A : (ア) 6.4 (イ) 6.9 (ウ) 7.5 (エ) 8.2 (オ) 9.0
 B : (ア) 白, 黒, 緑 (イ) 緑, 赤, 黒 (ウ) 白, 赤, 黒
 (エ) 黒, 緑, 赤 (オ) 白, 黒, 赤

(6) AgCl の溶解度積 $K_{sp}(\text{AgCl})$ は $1.8 \times 10^{-10}(\text{mol/L})^2$ であるから、AgCl の飽和水溶液中の Ag^+ の濃度は (A) mol/L である。AgCl の飽和水溶液に K_2CrO_4 の水溶液を加えて CrO_4^{2-} の濃度を (B) mol/L 以上にしたところ、 Ag_2CrO_4 の沈澱が生成した。ただし、 Ag_2CrO_4 の溶解度積 $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ は $4.0 \times 10^{-12}(\text{mol/L})^3$ であり、 K_2CrO_4 の水溶液を加えたときの体積変化は無視してよい。

- A : (ア) 1.8×10^{-10} (イ) 1.3×10^{-5} (ウ) 4.2×10^{-5}
 (エ) 1.3×10^{-4} (オ) 4.2×10^{-4}
 B : (ア) 9.5×10^{-8} (イ) 3.1×10^{-7} (ウ) 2.3×10^{-3}
 (エ) 2.3×10^{-2} (オ) 2.3×10^{-1}

(7) つぎの①～⑤の反応では、いずれも気体が発生する。これらの反応が完結するとき、発生する気体（水を除く）の物質量が最も小さい反応は (A) である。また、発生する気体が単体である反応は (B) 個ある。

- ① 1 mol の CaF_2 と過剰の濃硫酸を加熱する反応
- ② 1 mol の Zn と過剰の NaOH 水溶液の反応
- ③ 1 mol の NH_4NO_2 の熱分解反応
- ④ 1 mol の Cu と過剰の希硝酸の反応
- ⑤ 1 mol の KClO_3 を少量の MnO_2 と加熱する反応

- A : (ア) ① (イ) ② (ウ) ③ (エ) ④ (オ) ⑤
 B : (ア) 1 (イ) 2 (ウ) 3 (エ) 4 (オ) 5

(8) エタノールとフェノールはいずれもヒドロキシ基をもち、両者には共通する性質もあるが、異なる性質もある。以下に示す①～⑦の記述の中で、エタノールにあてはまる記述は (A) 個あり、フェノールにあてはまる記述は (B) 個ある。

- ① 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において液体として存在する。
- ② 水と任意の割合で混じりあう。
- ③ 酸化によりカルボン酸を生成する。
- ④ ナトリウムと反応して水素を発生する。
- ⑤ 水酸化ナトリウム水溶液を加えると反応し、塩を生成する。
- ⑥ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液に入れると紫色に呈色する。
- ⑦ 過剰量の臭素水と反応して白色沈澱を生成する。

- A : (ア) 2 (イ) 3 (ウ) 4 (エ) 5 (オ) 6
 B : (ア) 2 (イ) 3 (ウ) 4 (エ) 5 (オ) 6

(9) スクロースはショ糖とも呼ばれ、サトウキビやテンサイに含まれている。スクロースはインペルターゼで加水分解されて (A) となり、それらはいずれも (B)。

- A : (ア) ガラクトースとグルコース (イ) ガラクトースとフルクトース
(ウ) ガラクトースとマルトース (エ) グルコースとフルクトース
(オ) グルコースとマルトース
- B : (ア) 水に溶けない
(イ) 銀鏡反応を示さない
(ウ) グリコシド結合をもつ
(エ) α 型のみである
(オ) 酵母菌に含まれる酵素によりエタノールと二酸化炭素になる

(10) アミノ酸 X 3.00 g が脱水縮合することによってポリマー Y 2.70 g が生成した。このアミノ酸 X は (A) である。また、以下に示す①～⑤の記述の中で、アミノ酸 X が示す性質を表しているものは (B) である。

- ① 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色する。
② フェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿を生成する。
③ 酢酸鉛(Ⅱ)を加えると黒色沈殿を生成する。
④ 薄い水酸化ナトリウム水溶液と薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を少量加えると赤紫色に呈色する。
⑤ 薄いニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると紫色に呈色する。

- A : (ア) グリシン (分子量 75) (イ) アラニン (分子量 89)
(ウ) システイン (分子量 121) (エ) グルタミン酸 (分子量 147)
(オ) チロシン (分子量 181)
- B : (ア) ①と⑤ (イ) ②と③ (ウ) ②と⑤ (エ) ③と④ (オ) ④と⑤

化学（マーク・記述解答問題）

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、問3、問4、問10の答をマーク解答用紙の該当欄にマークし、その他の答を記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

- (1) 図1のように、素焼き板で仕切った実験容器の左側に電極として銅板を浸した1.0 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、右側に電極として亜鉛板を浸した1.0 mol/Lの硫酸亜鉛(Ⅱ)水溶液を入れた。直流電圧計のマイナス端子を銅板につけ、プラス端子を亜鉛板につけて電位差（電圧）を測定したところ、 -1.10 V であった。直流電圧計のマイナス端子とプラス端子を逆に接続すると電圧は 1.10 V であった。表1のように、容器の左側と右側に電極として金属を浸した水溶液を入れて、直流電圧計のマイナス端子を左側電極に、プラス端子を右側電極につけて電圧を測定した。

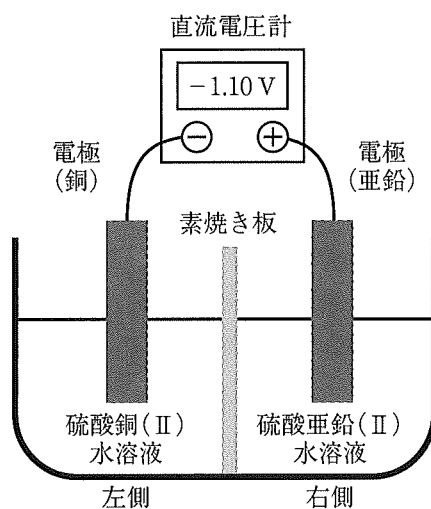


図1 実験装置（実験例）の模式図

表1 実験装置の構成

実験	実験容器の左側		実験容器の右側		電圧 (V)
	電極	溶液 (濃度 1.0 mol/L)	電極	溶液 (濃度 1.0 mol/L)	
例	銅	硫酸銅(Ⅱ)水溶液	亜鉛	硫酸亜鉛(Ⅱ)水溶液	-1.10
(1)	マンガン	硫酸マンガン(Ⅱ)水溶液	銅	硫酸銅(Ⅱ)水溶液	1.52
(2)	銀	硝酸銀水溶液	銅	硫酸銅(Ⅱ)水溶液	-0.46
(3)	銅	硫酸銅(Ⅱ)水溶液	鉛	硝酸鉛(Ⅱ)水溶液	-0.47
(4)	マンガン	硫酸マンガン(Ⅱ)水溶液	鉛	硝酸鉛(Ⅱ)水溶液	1.05
(5)	鉛	硝酸鉛(Ⅱ)水溶液	銀	硝酸銀水溶液	問5

問1 実験(1)～(4)で正極の金属を元素記号で答えなさい。

問2 実験(2)の負極と正極で起こっている変化を、それぞれ電子 e^- を用いたイオン反応式で示しなさい。

問3 銅、鉛、マンガンについて、還元剤としての強さを不等号で表す。つぎの(ア)～(カ)から正しいものを選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- (ア) 銅>鉛>マンガン (イ) 銅>マンガン>鉛 (ウ) 鉛>マンガン>銅
(エ) 鉛>銅>マンガン (オ) マンガン>銅>鉛 (カ) マンガン>鉛>銅

問4 亜鉛、銀、銅、マンガンのうち塩酸と反応して水素を発生するものをつぎの(ア)～(エ)からすべて選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- (ア) 亜鉛 (イ) 銀 (ウ) 銅 (エ) マンガン

問5 実験(5)の電圧(V)を小数点以下2桁で答えなさい。

- (2) 固体高分子膜の両側に触媒を含む電極をつけた装置を図2に示す。この装置を77℃に保って、 1.0×10^5 Paで、左側から水素 H_2 を毎分 0.50 L の速さで供給し、右側から酸素 O_2 を毎分 0.50 L の速さで供給すると、右側から水が発生して外部回路に電流が流れた。負極と正極の間の電圧は 0.73 V であった。反応する間、電圧は変化しないこととする。また、反応は完全に進行し、発生した電子はすべて電流として流れることとする。

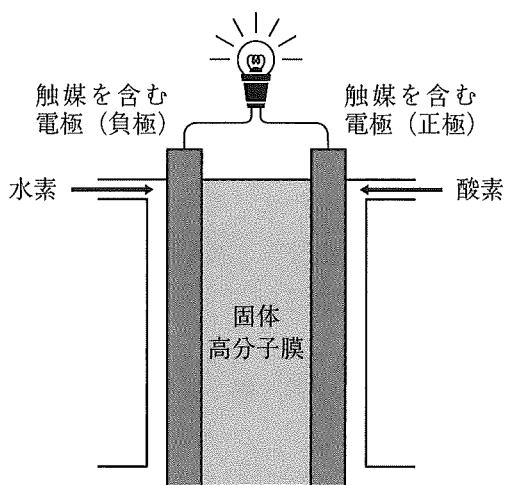


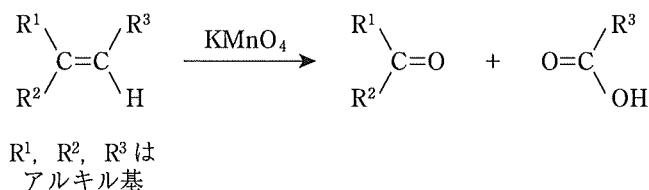
図2 実験装置の模式図

- 問6 この装置を1.0分間使用するとき、反応に使われた水素の物質質量 (mol) を有効数字2桁で答えなさい。
- 問7 この装置を1.0分間使用するとき流れる電気量 (C) を有効数字2桁で答えなさい。
- 問8 この装置を1.0分間使用するとき得られる電気エネルギー (J) を有効数字2桁で答えなさい。ただし、電気エネルギー (J) = 電気量 (C) × 電圧 (V) である。
- 問9 水素の燃焼熱に対する水素 1.0 mol から得られる電気エネルギーの割合 (%) を変換効率とよぶ。この装置の変換効率を有効数字2桁で答えなさい。ただし、水素の燃焼熱は 286 kJ/mol である。
- 問10 固体高分子膜の役割に関する記述として適切な文章をつぎの (ア) ~ (オ) から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。
- (ア) 電子のみを通す。
 - (イ) 水素イオンのみを通す。
 - (ウ) 水酸化物イオンのみを通す。
 - (エ) 電子と水素イオンを通す。
 - (オ) 電子と水酸化物イオンを通す。
- 問11 温度 77℃ で実験装置の左側から水素の代わりにメタノールと水を、右側から酸素を供給すると、左側から二酸化炭素が、右側から水が発生した。負極と正極で起こる変化を、それぞれ電子 e^- を用いたイオン反応式で書きなさい。

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、問4の答をマーク解答用紙の該当欄にマークし、その他の答を記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

(1) 有機化合物の中で、炭素と水素のみからできている化合物を炭化水素という。さらに炭化水素は、炭素原子間の結合が全て単結合である飽和炭化水素と、二重結合や三重結合を含む不飽和炭化水素に分類される。また、炭素原子が鎖状に結合した鎖式炭化水素と、環状に結合した環式炭化水素に分類することができる。

そして、二重結合の有無や位置に関する情報を得るために、過マンガン酸カリウムにより二重結合を反応させる方法がある。例えば、下記のアルケンを通マンガン酸カリウムと反応させると、ケトンとカルボン酸が得られる。



5員環あるいは6員環の環式炭化水素で分子量が120以下の化合物A～Cの構造を調べるために、実験1-1～1-4を行った。

実験1-1：化合物A～Cそれぞれ12.3 mgを完全燃焼させたところ、いずれからとも、二酸化炭素39.6 mgと水13.5 mgが生じた。

実験1-2：化合物A～Cに対して、過マンガン酸カリウムを反応させたところ、AからはD、BからはE、CからはFがそれぞれ得られた。さらに、DとEにはメチル基があり、化合物Eは不斉炭素原子をもつことがわかった。

実験1-3：化合物Dに、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、黄色沈殿の生成が確認できた。

実験1-4：化合物Fとヘキサメチレンジアミンを加熱しながら水を除去すると、縮合重合が進行し、アミド結合を有する鎖状の高分子化合物Gが得られた。

問1 化合物A～Cに共通する分子式を書きなさい。

問2 化合物Aの構造を「水素Hの価標を省略して簡略化した構造式」*で書きなさい。

*「水素Hの価標を省略して簡略化した構造式」でプロパンを書いた場合



問3 化合物Eの構造を「水素Hの価標を省略して簡略化した構造式」*で書きなさい。

問4 縮合を含む過程により合成する高分子化合物をつぎの(ア)～(オ)からすべて選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

(ア) デンプン

(イ) フェノール樹脂

(ウ) ポリエチレン

(エ) ポリエチレンテレフタレート

(オ) ポリ酢酸ビニル

問5 分子量 4.52×10^4 の高分子化合物Gの1分子中では、ヘキサメチレンジアミンが何分子結合しているか有効数字3桁で答えなさい。また、アミド結合の数を有効数字3桁で答えなさい。

(2) 水素, 炭素, 酸素からなる化合物 **S** は 2 つのエステル結合をもっている。化合物 **S** に関して実験 2-1 ~ 2-6 を行った。

実験 2-1 : 化合物 **S** を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解した後, 塩酸を加えて酸性としたところ, 複数のヒドロキシ基をもつアルコール **T** に加えて, カルボン酸 **U** とカルボン酸 **V** が得られた。カルボン酸 **U** と **V** はどちらも枝分かれ構造をもたない鎖式炭化水素鎖をもっていた。

実験 2-2 : アルコール **T** 2.30 g を酸触媒存在下にて無水酢酸と反応させて, すべてのヒドロキシ基をアセチル化したところ, 分子量 218 の化合物 **W** 5.45 g が得られた。

実験 2-3 : カルボン酸 **U** 5.68 g に脱水剤を加えて加熱したところ, 完全に反応が進行し, 酸無水物 **X** 5.50 g が得られた。

実験 2-4 : カルボン酸 **V** を触媒存在下で十分な量の水素と反応させたところ, カルボン酸 **U** が得られた。

実験 2-5 : カルボン酸 **V** 1.39 g を十分な量の臭素水と完全に反応させたところ, 臭素が付加した化合物 **Y** 3.79 g が得られた。

実験 2-6 : 化合物 **S** を触媒存在下で十分な量の水素と反応させたところ, 不斉炭素原子をもたないエステル **Z** が得られた。

問 6 アルコール **T** の分子式を書きなさい。

問 7 実験 2-2 の反応の化学反応式を書きなさい。ただし, アルコール **T** の一つの炭素に結合するヒドロキシ基の数は一つ以下である。また, 化学反応式中の有機化合物は示性式で書きなさい。

問 8 カルボン酸 **U** の示性式を書きなさい。

問 9 カルボン酸 **V** の分子式を書きなさい。

問 10 エステル **Z** の示性式を書きなさい。

[以 下 余 白]