

化学の問題は12～19ページに記載されている

このページは下書きに使用してよい。

必要ならば、以下の原子量および数値を用いなさい。

H=1.0, Li=6.9, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, Si=28.1, P=31.0,
S=32.1, Cl=35.5, K=39.1, Ca=40.1, Cr=52.0, Mn=54.9, Fe=55.9,
Cu=63.6, Zn=65.4, Ag=107.9, Sn=118.7, Pt=195.1, Au=197.0,
Pb=207.2

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

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

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

化学（マーク解答問題）

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

- （1） 天然のホウ素には $^{10}_5\text{B}$ が約20%、 $^{11}_5\text{B}$ が約80%含まれている。 $^{10}_5\text{B}$ と $^{11}_5\text{B}$ を互いに（ A ）という。 $^{10}_5\text{B}$ と $^{11}_5\text{B}$ に含まれる中性子の数はそれぞれ（ B ）である。原子の相対質量はその質量数とほぼ等しいので、ホウ素の原子量は約（ C ）である。

- | | | |
|-------------|------------|--------------------------------|
| A：（イ） 同素体 | （ロ） 同位体 | （ハ） 異性体 |
| （ニ） ラセミ体 | （ホ） 同族体 | |
| B：（イ） 5個と5個 | （ロ） 5個と6個 | （ハ） 10個と5個 |
| （ニ） 10個と11個 | （ホ） 5個と11個 | |
| C：（イ） 10.0 | （ロ） 10.2 | （ハ） 10.5 （ニ） 10.8 （ホ） 11.0 |

- （2） 次の①～⑤の反応で原料10gが完全に消失したとき、発生する気体の標準状態での体積がもっとも大きいものは（ A ）、もっとも小さいものは（ B ）である。また②の反応で発生する気体は（ C ）である。

- ① 10gの H_2O_2 と過剰の MnO_2
② 10gの HCl と過剰の MnO_2 （加熱）
③ 10gの CaC_2 と過剰の H_2O
④ 10gの Cu と過剰の熱濃硫酸
⑤ 10gの $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と過剰の熱濃硫酸（170℃）

- | | | | | |
|--------------------|------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| A：（イ） ① | （ロ） ② | （ハ） ③ | （ニ） ④ | （ホ） ⑤ |
| B：（イ） ① | （ロ） ② | （ハ） ③ | （ニ） ④ | （ホ） ⑤ |
| C：（イ） H_2 | （ロ） O_2 | （ハ） H_2O_2 | （ニ） HClO | （ホ） Cl_2 |

- (3) 炭酸ナトリウムは酸と二段階で反応する。このとき、炭酸ナトリウムは強塩基としてはたらくが、一段階目の反応により生成する炭酸水素ナトリウムは弱塩基としてはたらく。水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを含む水溶液 10 mL に少量のフェノールフタレインを加えて 0.10 mol/L の塩酸を滴下したところ、10 mL 加えたところで (A) に変化した。この溶液にメチルオレンジを加えてさらに塩酸を滴下したところ、3.5 mL 加えたところで黄色から赤色に変化した。最初の水溶液に含まれていた水酸化ナトリウムの濃度は (B) mol/L, 炭酸ナトリウムの濃度は (C) mol/L である。

- A : (イ) 赤色から黄色 (ロ) 無色から赤色 (ハ) 赤色から無色
 (ニ) 黄色から無色 (ホ) 無色から黄色
 B : (イ) 0.015 (ロ) 0.035 (ハ) 0.050 (ニ) 0.065 (ホ) 0.10
 C : (イ) 0.015 (ロ) 0.035 (ハ) 0.050 (ニ) 0.065 (ホ) 0.10

- (4) 金属の表面を他の金属で覆うことを (A) という。ブリキは鉄(鋼板)に (B) を (A) したものである。鉄に比べて (B) のほうが (C) ので、ブリキは鉄よりもさびにくい。しかし、表面の金属に傷がつくと鉄が腐食されるため、ブリキは傷のつきにくい場所に用いられる。

- A : (イ) 合金 (ロ) 塗装 (ハ) めっき (ニ) 印刷 (ホ) 凝析
 B : (イ) 亜鉛 (ロ) 金 (ハ) スズ
 (ニ) 酸化鉄(II) (ホ) 酸化鉄(III)
 C : (イ) イオン化傾向が小さい (ロ) イオン化傾向が大きい (ハ) 酸化数が大きい
 (ニ) 酸化数が小さい (ホ) 酸化被膜を作りやすい

- (5) β -シクロデキストリンは、 α -グルコースが複数結合した環状のデキストリンであり、その分子量は 1134 である。したがって、 β -シクロデキストリンは (A) 分子の α -グルコースが (B) した構造である。 β -シクロデキストリンの水溶液に、フェーリング液およびアンモニア性硝酸銀水溶液をそれぞれ別々に加えた場合、(C)。

- A : (イ) 5 (ロ) 6 (ハ) 7 (ニ) 8 (ホ) 9
 B : (イ) 縮合重合 (ロ) 加水分解 (ハ) 付加重合
 (ニ) 電気分解 (ホ) 開環重合
 C : (イ) 片方に赤色沈殿が生じ、片方に銀が析出する
 (ロ) 片方に青色沈殿が生じ、片方に銀が析出する
 (ハ) 片方に沈殿が生じるが、片方に銀は析出しない
 (ニ) 片方に沈殿は生じないが、片方に銀が析出する
 (ホ) いずれにも沈殿や銀の析出は観察されない

(6) 一酸化炭素(気)と酸素(気)が反応して二酸化炭素(気)を生じる際の反応熱は (A) と呼ばれ、窒素(気)と酸素(気)が反応して一酸化窒素(気)を生じる際の反応熱は (B) と呼ばれる。たとえば、二酸化炭素(気)の (B) が 394 kJ/mol, 一酸化炭素(気)の (A) が 283 kJ/mol のとき、一酸化炭素(気)の (B) は (C) kJ/mol になる。

- A : (イ) 燃焼熱 (ロ) 生成熱 (ハ) 溶解熱 (ニ) 中和熱 (ホ) 昇華熱
 B : (イ) 燃焼熱 (ロ) 生成熱 (ハ) 溶解熱 (ニ) 中和熱 (ホ) 昇華熱
 C : (イ) 86 (ロ) 111 (ハ) 172 (ニ) 480 (ホ) 677

(7) 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、グリセリンと (A) になる。グリセリンのように分子中に 3 個のヒドロキシ基を有するものは (B) アルコールと呼ばれる。一方、ヒドロキシ基が結合する炭素原子が、3 個の炭素原子と結合している場合は (C) アルコールと呼ばれ、酸化されにくい性質を有する。

- A : (イ) エステル (ロ) セッケン (ハ) デンブレン
 (ニ) エーテル (ホ) アルコール
 B : (イ) 第三級 (ロ) 3 族 (ハ) 高級 (ニ) 3 価 (ホ) 三重
 C : (イ) 第三級 (ロ) 3 族 (ハ) 高級 (ニ) 3 価 (ホ) 三重

(8) 酢酸は弱酸であり、濃度 c mol/L 酢酸水溶液の電離度 α が 1 に比べて著しく小さく、水素イオン濃度を $c\alpha$ mol/L とみなせるとき、その電離定数 K_a の値は (A) で表される。0.1 mol/L の酢酸水溶液 100 mL と、0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 50 mL を混ぜた水溶液の pH は、(B) で表される。この水溶液は (C) として用いることができる。

- A : (イ) $c(1 - \alpha)$ (ロ) $c\alpha$ (ハ) $c\alpha^2$
 (ニ) $c^2\alpha$ (ホ) $c^2\alpha^2$
 B : (イ) $-\log_{10} K_a$ (ロ) $-\log_{10} (2K_a)$ (ハ) $-\log_{10} \alpha$
 (ニ) $-\log_{10} (2\alpha)$ (ホ) $-\log_{10} (K_a/\alpha)$
 C : (イ) 還元液 (ロ) 緩衝液 (ハ) 懸濁液
 (ニ) コロイド溶液 (ホ) pH 指示薬

(9) 二酸化ケイ素は石英や水晶の主成分であり、 SiO_2 の単位構造が繰り返された (A) を形成する。この結晶中では 1 個の Si 原子は (B) 個の酸素原子に取り囲まれている。ガラスは SiO_2 が形成する立体構造の中に Na^+ や Ca^{2+} が入り込んだもので、構成粒子の配列が不規則な (C) となっているため、一定の融点を示さない。

- A : (イ) 共有結合の結晶 (ロ) 金属結晶 (ハ) イオン結晶
 (ニ) 分子結晶 (ホ) 複塩の結晶
 B : (イ) 2 (ロ) 3 (ハ) 4 (ニ) 5 (ホ) 6
 C : (イ) 非晶質 (アモルファス) (ロ) コロイド (ハ) 乳濁液 (エマルション)
 (ニ) 半導体 (ホ) 不動態

- (10) リチウムおよびその化合物は電池や軽量合金に使用されている。リチウムとナトリウムは (A) であり、化学的性質が類似している。リチウムを室温で水と接触させると激しく反応し、引火性のある (B) が発生する。また、反応後の溶液を白金線につけガスバーナーの外炎に入れると、炎は (C) 色を示す。

- A : (イ) 同族元素 (ロ) 同周期の元素 (ハ) 遷移元素
 (ニ) アルカリ土類金属 (ホ) 希土類元素
- B : (イ) 水素 (ロ) アセチレン (ハ) 酸素
 (ニ) 過酸化水素 (ホ) オゾン
- C : (イ) 紫 (ロ) 青緑 (ハ) 黄緑 (ニ) 黄 (ホ) 赤

化学（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

- (1) 硫黄を含む種々の化合物は、自然界での多様な変化に関わっている。一例として、硫化水素を含む河川水に二酸化硫黄が溶け込むことにより、単体の硫黄が生成して濁りを生じる。また、自然界での種々の作用によって硫化水素や硫黄から硫酸が生成すると、炭酸カルシウムを含む水との反応によりセッコウが生成することがある。セッコウは固体状なので、思わぬところで結晶が析出したり土が盛り上がる原因となる。

硫化水素や二酸化硫黄は有毒なので注意して扱う必要があるが、実験室で性質を調べることができる。硫化水素を含む気体を酢酸鉛(Ⅱ)水溶液に通じると、目に見える変化が観察されるので、硫化水素の存在を確認することができる。一方、二酸化硫黄を水に溶解すると亜硫酸が生成する。さらに、亜硫酸の水溶液に過酸化水素水を加えると、水溶液の酸性が強くなることがわかる。

問1 (i) 硫化水素、(ii) 単体の硫黄、のそれぞれに含まれる硫黄原子の酸化数を答えなさい。

問2 該当部分に相当する反応を「炭酸カルシウムと硫酸が反応してセッコウが生成する反応」と考え、セッコウの化学式を CaSO_4 として、化学反応式を書きなさい。

問3 観察される「目に見える変化」を、化学式を使わずに10字以内（句読点不要）で書きなさい。

問4 該当部分で、水溶液の酸性が強くなる理由を説明した以下の説明文で、空欄①～④に該当するもっとも適切な酸化数や語句を記入しなさい。

(説明文) 亜硫酸を含む水溶液に過酸化水素水を加えると硫酸が生成する。この反応では、硫黄原子の酸化数が反応前は (①) であったものが反応後は (②) に変化しており、この反応では (③) が還元剤としてはたらいだことがわかる。反応の前後で比較すると、水溶液中で亜硫酸は一部が (④) して H^+ を生じるため溶液は弱い酸性を示す。一方、反応後に生成した硫酸は水溶液中でそのほとんどが (④) しているため、溶液は強い酸性を示す。

- (2) 社会活動はエネルギー消費とともに成り立っている。将来のエネルギー運搬・貯蔵手段の一つとして水素エネルギーが注目されはじめている。

水素は水の電気分解を行うことで発生させることができる。室温 20°C 、気圧 $1.03 \times 10^5 \text{ Pa}$ の実験室で以下の実験を行った。希硫酸を電解質溶液として、水の電気分解によって水素を発生させた。十分な量の電解質溶液を用意し、2本の白金電極をそれぞれ陰極と陽極とし、直流電源を用いて図1のように電気分解装置を組み立てた。電流を流して電気分解を行うと、陰極および陽極の表面から気体が発生した。5.00 A の電流を流し、水上置換によって水蒸気で飽和した水素を捕集した。水素側のガラス管内の液面と外側の液面の高さが一致した時点で電流を止めた。捕集した気体の体積は 20°C で $1.13 \times 10^{-1} \text{ L}$ であった。捕集した気体から、乾燥管を通して注射器に大気圧下で $5.00 \times 10^{-2} \text{ L}$ の水素を入れた。次に、注射器の先を圧力計につないで封じた。注射器に圧力をかけて内部の体積を $3.00 \times 10^{-2} \text{ L}$ まで圧縮したところ、注射器内の水素の圧力は $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。

水素を燃料電池に導入すると、空気中の酸素を消費しながら、酸化還元反応に伴うエネルギーを電気エネルギーに変換し、電力として利用することができる。

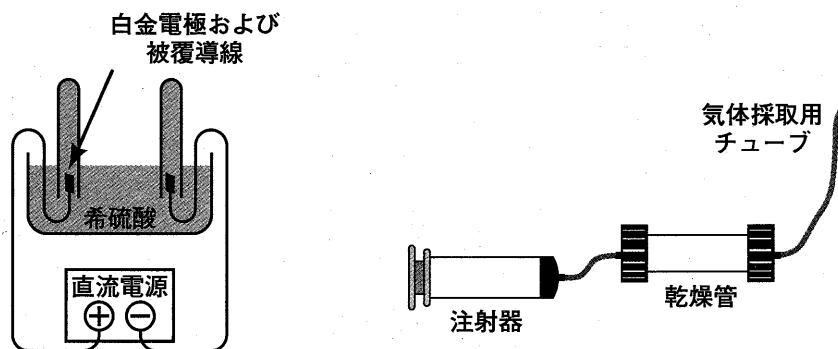


図1 (A) 電気分解装置

(B) ガス取り分け用乾燥管付き注射器

電気分解によって発生した気体を試験管に捕集する。試験管にチューブを差し込み、乾燥管を通して注射器に取り分ける。

問5 この電気分解で、陰極と陽極における主な反応物（反応物のうちもっとも多いもの）をそれぞれ選び、その記号を答えなさい。

(イ) H_3O^+ (ロ) OH^- (ハ) O_2 (ニ) H_2 (ホ) H_2O (ヘ) SO_4^{2-} (ト) H_2SO_4

問6 電気分解のために電流を流した時間は何秒か。小数点以下を四捨五入して答えなさい。ただし、流した電流はすべて水素の発生に使われ、水素の電解質溶液への溶解量は無視できるものとする。水の飽和蒸気圧は20℃のとき $2.34 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

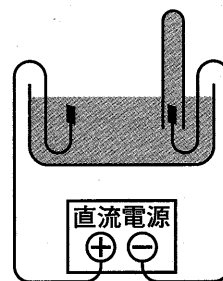
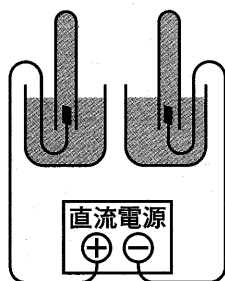
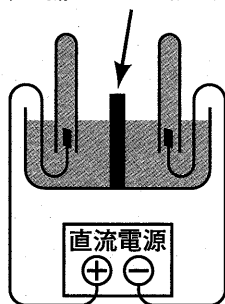
問7 このときの注射器内部の水素の温度は何℃か。水素から注射器への熱の移動は無視できるものとして、小数点以下を四捨五入して答えなさい。

問8 この実験と同様に、水蒸気以外の不純物を含まない水素を捕集できる水の電気分解装置を考えた。(イ)～(ホ)の模式図の中から適切でないものをすべて選び、その記号を答えなさい。

(イ) 陽イオン交換膜

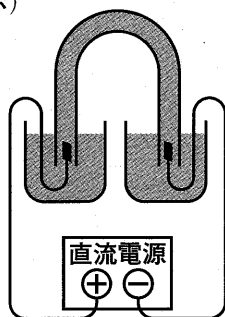
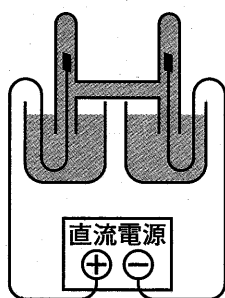
(ロ)

(ハ)

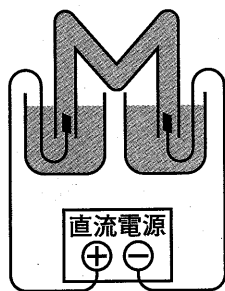


(ニ)

(ホ)

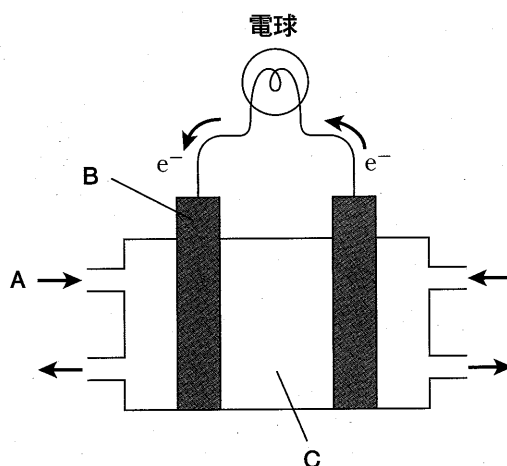


問9 下図の電気分解装置を組み立てて、先の実験と同様に水の電気分解を行った。電流を流し続けたところ、ある時点で気体の発生が停止した。そのときの M 字管内の液面を、解答用紙に実線で描きなさい。



問10 下図はリン酸形燃料電池の断面模式図である。A～Cに該当するものを次の中から選び、その記号を答えなさい。

- | | | | |
|-------------|--------|--------|------------|
| (イ) 空気 (酸素) | (ロ) 水素 | (ハ) 窒素 | (ニ) リン酸水溶液 |
| (ホ) 負極 | (ヘ) 正極 | (ト) 陰極 | (チ) 陽極 |



〔Ⅲ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

炭素および水素、酸素、窒素のすべて、もしくは一部を構成元素とする三種類の化合物X、Y、Zがある。これらの混合物 9.00 g に、^(問1) ジエチルエーテルとうすい水酸化ナトリウム水溶液を加え、よく混合して静置すると、二層に分かれた。その後、^(問2) 有機層を分離してジエチルエーテルを蒸発させたところ、Xのみがすべて回収された。残りの水層 (溶液Ⅰ) は次の実験まで保存した。

得られたXの4分の1を分け取り、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えたところ、黒色の物質へと変化した。次に、残りのXをすべて希塩酸に溶解し、冷やしながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた。この水溶液の3分の1を分け取り (溶液Ⅱとする)、残った3分の2の水溶液を 50℃で加熱したところ、^(問3) 気体が発生し、不溶性の物質が生じた。これに水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、不溶性の物質が完全に溶解した (溶液Ⅲ)。この溶液Ⅲを二等分し、一方を溶液Ⅱに加えたところ、^(問4) ただちに赤橙色の物質が生じた。もう一方の溶液Ⅲから水を蒸発させた後に、高温・高圧で二酸化炭素と反応させた。得られた化合物に希塩酸を加えてジエチルエーテルで抽出し、有機層からジエチルエーテルを蒸発させたところ、分子量 138 のAが白色の固体として 1.38 g 得られた。このAに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、赤紫色の呈色が確認された。

保存していた溶液Ⅰに塩酸を加えて十分酸性にした後、ジエチルエーテルで抽出してYを含む有機層と、Zを含む水層に分離した。分離した有機層からジエチルエーテルを蒸発させたところ、^(問6) Yが白色の固体として回収された。

この白色の固体を塩酸中で加熱すると、徐々に酢酸が発生した。十分に反応させた後にジエチルエーテルで抽出したところ、先の実験で得られた化合物と同じAが1.38 g含まれていた。なお、Yに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても、特に色の変化は観察されなかった。

化合物Zを含む水層の一部を取り出し、(①) 水溶液を滴下したところ、白色沈殿が生じた。この水層に含まれるZ以外の溶質を除去する目的で、残りの水層をセロハンの袋に封入し、しばらく流水中に浸した。その後、袋の中から溶液の一部を取り出し、^(問10)(①) 水溶液を加えたところ、沈殿は生じなかった。その時点で、袋の中の溶液をすべて取り出し、Zの水溶液を得た。

問1 この実験操作に必要な器具としてもっとも適切なものを選び、その記号を答えなさい。

- | | | |
|-------------|-----------|-------------|
| (イ) 枝付きフラスコ | (ロ) 分液ろうと | (ハ) ふたまた試験管 |
| (ニ) ビュレット | (ホ) 蒸発皿 | |

問2 ジエチルエーテルを蒸発させる操作を、15字以内(句読点不要)で説明しなさい。

問3 発生した気体は何か、化学式で答えなさい。

問4 この赤橙色の物質が得られる反応の名称としてもっとも適切なものを選び、その記号を答えなさい。

- | | | |
|------------|-----------------|------------|
| (イ) カップリング | (ロ) 加水分解 | (ハ) 脱水縮合反応 |
| (ニ) 中和反応 | (ホ) キサントプロテイン反応 | |

問5 Xの物質名を答えなさい。

問6 Yを1.80 mg 分け取って完全燃焼させると、3.96 mg の二酸化炭素と0.72 mg の水が得られた。Yの構造式を書きなさい。

問7 最初の混合物に含まれていたXとZの質量はそれぞれ何 g か、答えなさい。

問8 空欄①に該当するもっとも適切な物質名を答えなさい。

問9 次の文章の空欄②～⑤に該当するもっとも適切な語句、または数値を答えなさい。

化合物Zは C_2H_4O を繰り返し単位とし、官能基として(②)基を含む。工業的には(③)を付加重合させた後、けん化して合成されている。化合物Zに水を加えて加熱溶解した後、酸触媒を加えてホルムアルデヒドで処理し、ろ過して水で洗浄すると、吸水性のある固形物が得られる。この固形物を合成する反応は(④)と呼ばれている。この反応を行ったところ、得られた固形物の質量は反応前のZと比べて7.5%増加していた。したがって、Zに含まれていた(②)基のうち、その数の(⑤)%が反応後の固形物に残っていたことになる。

問10 この実験操作の名称を答えなさい。

[以 下 余 白]

