

平成 28 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	化 学	11

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙(両面)の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、志望学部及び受験番号、解答のほかは、いっさい記入しないこと。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

必要があれば，次の値を使うこと。

H 1.0 Li 6.9 C 12.0 N 14.0 O 16.0 S 32.1
Cl 35.5 Cu 63.6 Br 79.9 Ag 108 Pt 195 Pb 207

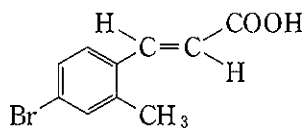
$\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$, $\log 5 = 0.699$

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

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

有機化合物の構造式は，以下の例にならって示すこと。

例



〔Ⅰ〕 問 1 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

グラファイト(黒鉛)は、炭素原子が正六角形につながった平面的な構造が、互いに層状に重なり合った多層構造をもつ化合物である(図1)。炭素原子からなる化合物には、この他にダイヤモンド、フラーレン(図2)、カーボンナノチューブ、無定形炭素などが知られている。黒鉛と、フラーレンのように同じ元素の単体で性質の異なる物質を互いに(ア)という。図1に示すように、グラファイトは、平面網目構造をしており、結晶構造をつくる層間距離は約0.335 nm、ひとつの層を構成する正六角形の一辺の長さは約0.142 nmである。この事実から、各層の面内の炭素原子どうしは強い(イ)でつながっているが、層と層の間(面間)は比較的弱い(ウ)で結合していると考えられる。

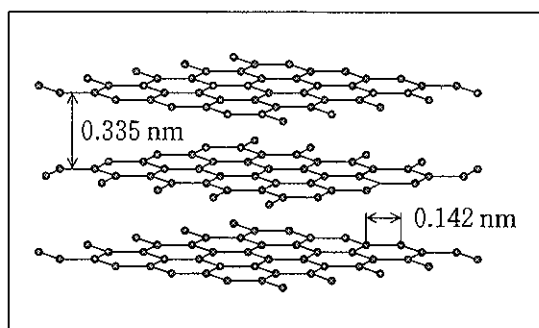


図1 グラファイト(黒鉛)の構造

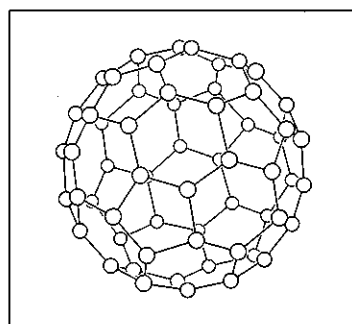


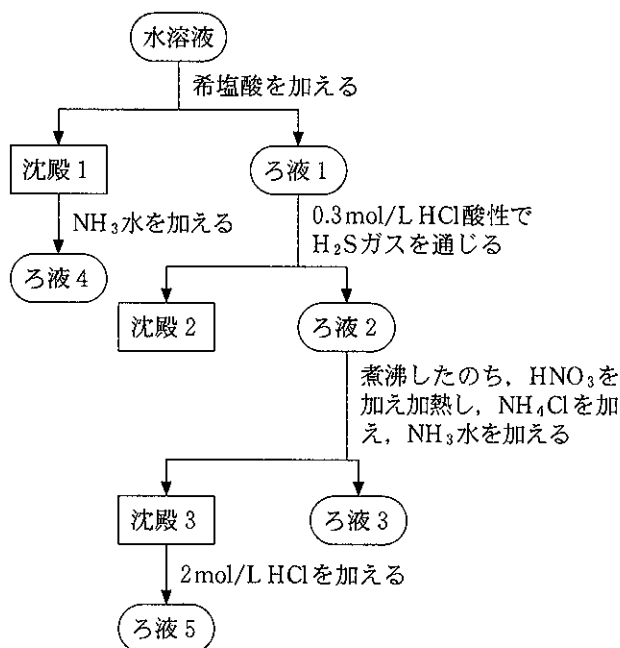
図2 フラーレンの構造

- (1) 文章中の(ア)～(ウ)に適切な語句を記入しなさい。
- (2) 図1より、グラファイトの基本単位は、6個の炭素原子からなる正六角形の骨格構造であることが分かる。問題文の説明と、図1から予想されるグラファイトの性質について80字程度で説明しなさい。

- (3) 図 2 に示した球状分子フラーレンは、60 個の炭素原子からなる最も代表的なフラーレン(C_{60})である。このフラーレンは炭素原子で構成される五員環と六員環から構成されていて、五員環が 12 個、六員環が 20 個存在する。五員環の周りは 5 つの六員環で囲まれており、五員環同士が接することはない。六員環と六員環の間に存在する結合([6, 6]結合)と六員環と五員環の間に存在する結合([5, 6]結合)は、それぞれ何本あるか答えなさい。また、フラーレンの性質について説明しなさい。

問 2 Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ag^{+} を含む水溶液から、各イオンを分離する操作を下図に示した。次の各問いに答えなさい。

- (1) 沈殿 1, 2, 3 の化学式を示しなさい。また、それぞれの色を示しなさい。
- (2) ろ液 1 に含まれる陽イオンのイオン式を示しなさい。
- (3) ろ液 4 に含まれる錯イオンの化学式を示しなさい。
- (4) ろ液 5 に含まれる陽イオンのイオン式を示しなさい。また、そのイオンが何であるかを調べる方法を 80 字程度で答えなさい。

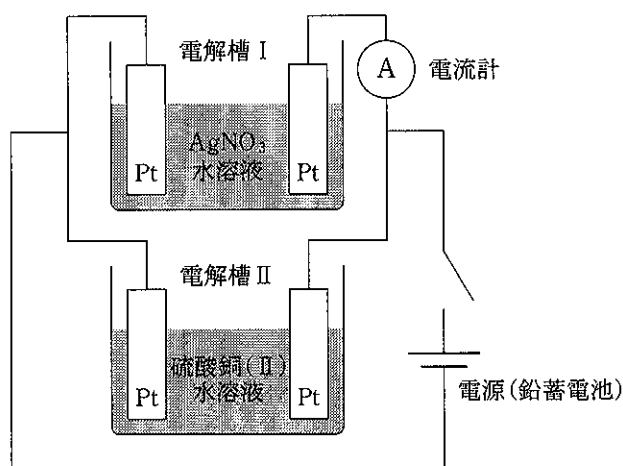


〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。ただし、電気分解の電流効率は100%であり、その前後での電解液の体積変化は無視できるとする。

電池から電気エネルギーを取り出すことを(ア)といい、電気エネルギーを取り出すと元の状態に戻すことが出来ない電池を一次電池という。一方、外部から電気エネルギーを与えて、電気エネルギーを取り出したときと逆向きの反応を起こすことを(イ)といい、(イ)できる電池を二次電池、あるいは蓄電池という。鉛蓄電池^①は、代表的な二次電池である。電極の活物質は鉛Pbおよび酸化鉛(Ⅳ)PbO₂であり、電解質には希硫酸H₂SO₄を用い、起電力は約2.1Vである。

一方、電解質の水溶液などに2つの電極を浸し、外部から直流電流をかけると、電流が流れ、酸化還元反応が電極で起こる。これを電気分解という。このとき、酸化反応が起こる電極を(ウ)極といい、還元反応が起こる電極を(エ)極という。

鉛蓄電池を電源として、下図に示した白金(Pt)電極を用いた装置を組み立て、60分間電気分解を行ったところ、鉛蓄電池の負極の質量が1.5g増加した。このとき、電解槽Ⅰにそなえつけられた電流計は一定値482mAを示し、電解槽Ⅰの一方の白金電極に銀Agが析出し、もう一方の白金電極から気体が発生した。^③^④



問 1 文章中の(ア)～(エ)に、適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部①に示した鉛蓄電池について、電池から電気エネルギーを取り出すときに、正極および負極で進む反応を、それぞれ e^- をふくむイオン反応式で示しなさい。

問 3 下線部②に示した変化について、鉛蓄電池から回路全体に流れた電気量(C)を答えなさい。

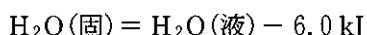
問 4 電解槽Ⅰの電極で起こっている下線部③および下線部④に示した変化について、それぞれ e^- をふくむイオン反応式で示しなさい。

問 5 下線部④に示した変化について、大気圧($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)、300 Kにおける発生した気体の体積(L)を答えなさい。なお、気体は理想気体としてふるまい、電解液への溶解は無視できるとする。

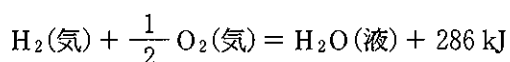
問 6 電解槽Ⅱには、電解液として0.010 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液1.0 Lが加えてあった。60分の電気分解を行った後の、電解液中の水素イオン濃度(mol/L)を答えなさい。また、計算過程も示しなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

物質が状態変化するとき、熱の放出、または吸収が生じる。この状態変化は、熱化学方程式で表すことができる。たとえば、 0°C で 1 mol の固体(氷)の水が融解して液体になるときは、以下の熱化学方程式で記述できる。



100°C で水素(気体)と酸素(気体)の反応により、水(液体)が生じる反応は、以下のように記述できる。



100°C で 0.5 mol の水素(気体)が、燃焼して水蒸気ができるとき、 121 kJ の熱が発生する。このことから、気体の水素と酸素が反応して、水蒸気になる熱化学方程式は、以下のように表せる。

ア

イ

イの法則により、液体 1 mol の水が蒸発して気体になるときの熱化学方程式は、以下のように表せる。



同様に、各物質の生成熱を用いて反応熱も計算可能である。たとえば、グルコース($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{固})$)の生成熱が 1272 kJ/mol 、エタノール($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{液})$)の生成熱 275 kJ/mol 、黒鉛($\text{C}(\text{固})$)の燃焼熱 395 kJ/mol とした場合、以下のようなグルコースからエタノールが生成する反応の反応熱を求めることが可能である。



問 1 文章中の ア , イ , ウ に適切な語句, または熱化学方程式を記入しなさい。

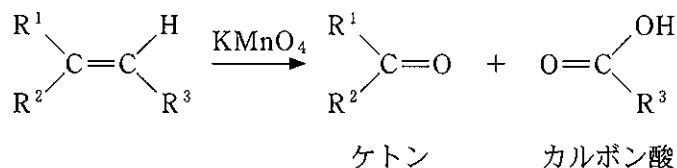
問 2 0℃ の氷 30.6 g を 100℃ の水蒸気にするには, 何 kJ の熱量が必要か。
水(液体)の比熱は $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とし, 0℃ から 100℃ まで一定とする。熱量は, kJ の単位で計算し, 有効数字 3 桁 で答えなさい。また, 計算過程も示しなさい。

問 3 エ の反応熱を求めなさい。反応は, グルコース(固)からエタノール(液)が生成する反応である。また, 計算過程も示しなさい。

〔Ⅳ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字3桁で答えなさい。

油脂は、1分子の多価(ア)と(イ)分子の(ウ)が(エ)結合した化合物である。油脂の「油」は常温(室温)で液体の、「脂」は常温で固体の「あぶら」を意味し、この違いは、油脂を構成する成分のうち(ウ)の構造の違いによるものである。分子量882の油脂Aにニッケルを触媒として水素付加を行った結果、油脂Bが得られた。この時、油脂A 44.1 mg あたり 4.48 mL(0℃, 1気圧における体積)の水素を吸収した。油脂Aを水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解^①すると、化合物Cと2種類のナトリウム塩が生成した。反応液を酸性にした後、適当な有機溶媒で抽出すると、抽出液から2種類の化合物D, Eが得られた。一方、油脂Bに同じ操作を行うと、1種類の化合物Fが得られた。油脂Aは三重結合や連続した二重結合を含まず、化合物D, E, Fは枝分かれ構造を持たなかった。

アルケンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に加えて加熱すると、下式に示すようにケトンまたはカルボン酸を生じる(過マンガン酸カリウムによる酸化開裂)。



化合物Dに上述の過マンガン酸カリウムによる酸化開裂反応を行った結果、化合物G, Hが得られた。化合物Gは2つの官能基を持ち、分子量は188であった。一方、化合物Eに同じ反応を行うと、化合物G, I, Jが得られた。化合物Jの分子量は116であった。

化合物 C は、油脂からバイオディーゼル燃料(生物由来油脂から作られるディーゼルエンジン用燃料の総称)を生産する際の副産物でもあり、その有効利用が求められている。化合物 C の分子内脱水反応により生じる化合物 K は、様々な化合物を合成する際の原料として利用できる。化合物 K を臭素と反応させると、臭素が付加した化合物 L が生成した。化合物 L の分子量は、化合物 K の分子量の約 3.9 倍であった。また、化合物 K をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱すると、容器の表面が鏡のようになった。

問 1 文章中の(ア)～(エ)に適切な語句あるいは数値を記入し、下線部①に示す加水分解反応を特に何というか答えなさい。

問 2 1 分子の油脂 A に存在する炭素原子間二重結合の数を答えなさい。また、計算過程も示しなさい。

問 3 化合物 F の分子量を求め、示性式を示しなさい。また、計算過程も示しなさい。

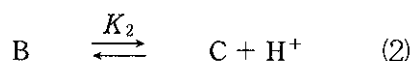
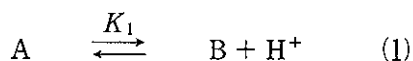
問 4 化合物 I の構造式を示しなさい。また、その理由を説明しなさい。

問 5 化合物 C から化合物 K が生成する反応を、構造式を用いて示しなさい。

〔V〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

タンパク質の構成単位はアミノ酸である。アミノ酸は分子内に酸性の(ア)基と塩基性の(イ)基の両方をもち、酸・塩基のいずれとも反応する(ウ)電解質である。その結晶は分子量が同程度のカルボン酸やアミンに比べて融点が高^①く、常温で固体として存在する。

最も単純な構造をもつアミノ酸であるグリシンは、水溶液中では3種類のイオンA, B, Cとして存在する。その電離平衡は以下の式(1), (2)で表される。



問 1 文章中の(ア)～(ウ)に適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部①の理由を説明しなさい。

問 3 イオンA, B, Cの構造式を示しなさい。

問 4 電離定数 K_1 , K_2 を、各イオンのモル濃度 $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[H^+]$ を用いて表しなさい。

問 5 グリシンの水溶液に酸あるいは塩基を加えて、pHが3および9の2種類の溶液を調製した。溶液中に存在する各イオンの濃度比を $[A] : [B] : [C] = 1 : x : y$ で表したとき、pH3および9の溶液のそれぞれの x , y の値を求めなさい。 $K_1 = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $K_2 = 2.5 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とする。

問 6 下図のように、pH 9 の緩衝液で湿らせたろ紙の両端に電極をつけ、ろ紙の中心には少量のグリシン水溶液を塗布した。これに直流電圧をかけ、電気泳動を行った結果、グリシンはどのように移動したか、答えなさい。また、問 5 の解答を踏まえて理由を説明しなさい。

