

# 化 学

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は 13 ページである。
3. 学部名、受験番号及び氏名は、必ず 5 枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定された所に、問題に指示してある方法で記入すること。
5. 「解答始め」の合図があったら、1 ページの説明をよく読むこと。
6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

必要があれば、次の原子量を使用しなさい。

[原子量]

H = 1.0      C = 12      O = 16

気体はすべて理想気体として扱うこと。

1 次の問1および問2に答えなさい。

問1 次の(1)~(4)の文を読み、文中の(ア)~(コ)に当てはまる語句、数値、比率または元素記号をそれぞれの選択肢の中から1つずつ選んで答えなさい。

- (1) 元素の周期表において、(ア)を除く1族の元素を(イ)元素といい、(ウ)と(エ)を除く2族の元素を(オ)元素という。また、空气中に単原子で存在するのは(カ)元素である。

選択肢

H, Li, Be, Na, Mg, K, Ca, アルカリ金属,  
アルカリ土類金属, ハロゲン, 希ガス

- (2) 炭素(固体)と一酸化炭素(気体)の燃焼熱はそれぞれ394 kJ/mol, 283 kJ/molである。このことから、一酸化炭素(気体)の生成熱は(キ)kJ/molとなる。

選択肢

677, -677, 111, -111

- (3) 塩素原子には $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ の2つの同位体が存在する。天然における $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ の存在比は約(ク)であることから、塩素の原子量は35.5となる。

選択肢

1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1

- (4)  $1.00 \times 10^{-8}$  mol/L の塩酸は( ケ )性を示す。そのことは、水溶液中の全水素イオン濃度が( コ )mol/Lとなることからわかる。水のイオン積を  $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$  mol<sup>2</sup>/L<sup>2</sup> とし、空気中の二酸化炭素の影響は無視できるものとする。また、二次方程式  $ax^2 + bx + c = 0$  (ただし、 $a \neq 0$ ) の解は  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  を用いて求めることができ、 $\sqrt{401} = 20$  と近似できるものとする。

選択肢

酸, 中, 塩基,  $0.950 \times 10^{-7}$ ,  $1.00 \times 10^{-7}$ ,  $1.05 \times 10^{-7}$ ,  
 $1.10 \times 10^{-7}$ ,  $0.950 \times 10^{-8}$ ,  $1.00 \times 10^{-8}$ ,  $1.05 \times 10^{-8}$ ,  
 $1.10 \times 10^{-8}$

問 2 次の(1)~(3)それぞれの2つの物質を識別するための最も適切な反応を下記の選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。各記号は1回のみ使用可とする。また、その反応を用いた場合に変化がみられる物質を下線の番号で答えなさい。

(1) ① メタノールとホルムアルデヒド ②

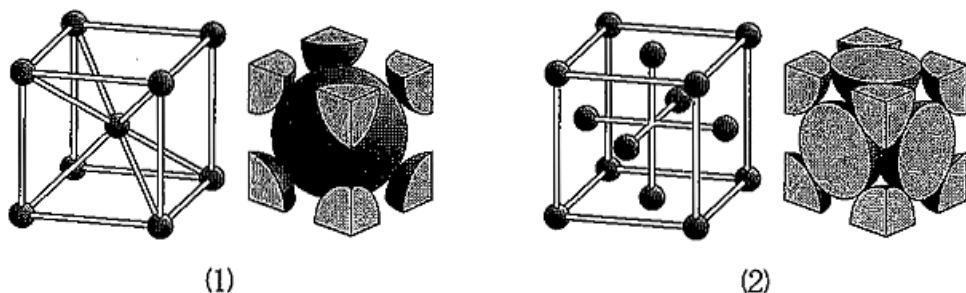
(2) ③ メタノールとエタノール ④

(3) ⑤ サリチル酸メチルとアセチルサリチル酸 ⑥

選択肢

(a) ビウレット反応 (b) 銀鏡反応 (c) ヨードホルム反応  
 (d) キサントプロテイン反応 (e) 塩化鉄(III)水溶液の呈色反応

- 2 一種類の元素からなる金属の結晶格子(1)および(2)について、次の問1～6に答えなさい。



- 問1 上記図の結晶格子(1)および(2)の名称を答えなさい。
- 問2 上記図の結晶格子(1)および(2)の単位格子中に含まれる原子の個数はいくらか、答えなさい。
- 問3 結晶格子(1)および(2)において、配位数(1個の原子に最も近接する原子の個数)はいくらか、答えなさい。
- 問4 次に示す金属のうち、結晶格子(1)および(2)をつくるものをすべて選び、元素記号で答えなさい。  
ナトリウム、マグネシウム、アルミニウム、カリウム、銅、亜鉛
- 問5 鉄は常温では(1)の結晶格子をつくる。このとき、鉄の結晶  $1\text{ cm}^3$  の中には何個の鉄原子が含まれているか。また、鉄原子1個の質量は何gになるか。いずれも計算過程を示して、有効数字2桁で答えなさい。ただし、このときの結晶格子(1)の単位格子の体積を  $2.4 \times 10^{-23}\text{ cm}^3$ 、鉄の密度を  $7.9\text{ g/cm}^3$  とする。

問 6 鉄は温度上昇に伴って、900℃付近までは(1)の結晶格子をつくるが、900～1,400℃の温度では結晶格子が(2)に変化する。鉄の結晶格子が(1)から(2)に変化したとき、鉄の密度は何倍になるか、有効数字2桁で答えなさい。ただし、鉄原子の直径を $2.5 \times 10^{-8}$  cm、鉄の結晶格子(1)および(2)における単位格子の体積をそれぞれ $2.4 \times 10^{-23}$  cm<sup>3</sup>、 $4.3 \times 10^{-23}$  cm<sup>3</sup>とする。

3 次の問 1～4 に答えなさい。

問 1 炭素、水素および酸素からなる物質 A がある。46 mg の物質 A を完全燃焼させたところ、88 mg の二酸化炭素と 54 mg の水が得られた。物質 A の組成式を答えなさい。また、その計算過程を示しなさい。

問 2 炭素、水素および酸素からなる物質 B がある。9.4 g の物質 B を完全燃焼させたところ、5.4 g の水と標準状態で 13.44 L の二酸化炭素が得られた。物質 B の組成式を答えなさい。

問 3 標準状態で 11.2 L の二酸化炭素を 1.0 mol/L の水酸化バリウム水溶液 1.0 L に完全に吸収させた。二酸化炭素の吸収により生成した不溶性物質<sup>①</sup>をろ過した後、得られたろ液 2.5 mL を採取して純水で 10 倍に希釈した。この水溶液にフェノールフタレイン溶液を加えてよくかくはんした後、0.10 mol/L の塩酸を徐々に加えてかくはんした<sup>②</sup>ところ、塩酸  $x$  [mL] を加えた<sup>③</sup>ところで水溶液の色が無色に変化した。

- (1) 下線部①の物質はどのような物質と考えられるか。その物質の組成式を答えなさい。
- (2) 生成した下線部①の物質は何 mol か、答えなさい。ただし、二酸化炭素を吸収させて速やかに生成する物質は 1 種類であり、その他の物質は生成しないものとする。また、生成した物質は水に溶解しないものとする。
- (3) 下線部②の操作の際に起こる反応の反応式を答えなさい。
- (4) 下線部③について、変化する前の色を答えなさい。
- (5)  $x$  [mL] はいくらか、答えなさい。

- 問 4 炭素、水素および酸素からなる物質Cがある。16.6 gの物質Cを完全燃焼させたところ、水と二酸化炭素が得られた。得られた水の質量は5.4 gであった。得られた二酸化炭素を0.90 mol/Lの水酸化バリウム水溶液1.0 Lに完全に吸収させた。二酸化炭素の吸収により生成した不溶性物質をろ過した後に、得られたろ液2.5 mLを採取して純水で10倍に希釈した。この水溶液にフェノールフタレイン溶液を加えてよくかくはんした後、さらに0.10 mol/Lの塩酸5.0 mLを加えたところ、水溶液の色が無色に変化した。
- (1) 物質Cの組成式を答えなさい。
- (2) 物質Cを分析した結果、酸素原子を4個有する芳香族カルボン酸であることが分かった。また、物質Cを加熱すると、分子内で脱水して酸無水物に変化した。加熱する前の物質Cの名称とその構造式を答えなさい。



4 次の〔I〕および〔II〕の文章を読み、下記の問いに答えなさい。

〔I〕 有機化合物の炭素原子間の化学結合には、単結合のほかに二重結合と三重結合がある。二重結合を1つ含む鎖式炭化水素を(ア)と呼ぶ。最も簡単な(ア)は、(イ)である。また、三重結合を1つ含む鎖式炭化水素を(ウ)と呼ぶ。最も簡単な(ウ)は、(エ)である。

二重結合を含む分子式  $C_4H_8$  で示される化合物には、数種類の構造異性体<sup>①</sup>が存在する。この構造異性体の1つである化合物Xに塩化水素を付加させると2種類の構造異性体YとZ<sup>②</sup>が得られ、このうち化合物Yには光学異性体が存在する。

問1 文中の(ア)~(エ)に入る適当な語句を答えなさい。さらに、(イ)と(エ)については化合物の構造式を書きなさい。

問2 下線部①について、考えられるすべての構造異性体の構造式を書きなさい。ただし、その中にシス・トランス異性体がある場合には、シス体とトランス体に分けて別欄に構造式を書きなさい。

問3 有機化合物の光学異性体のほとんどは、結合する4つの基(原子または原子団)がすべて異なる炭素原子を持つ。そのような炭素原子の名称を答えなさい。

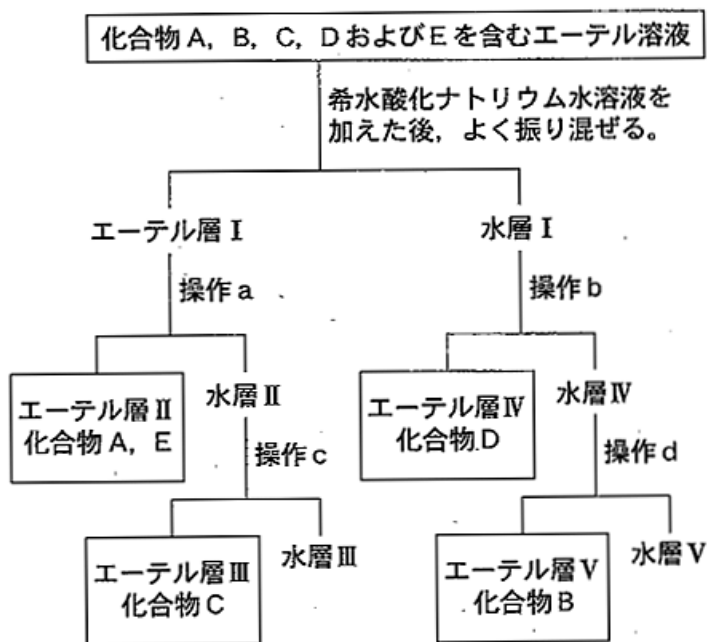
問4 下線部②について、化合物Xから化合物Zが生成する反応式を、示性式または構造式を用いて答えなさい。

〔Ⅱ〕 芳香族化合物 A, B, C, D および E について、以下の実験を行なった。

〔実験 1〕 分子式  $C_7H_8$  である化合物 A を過マンガン酸カリウムによって酸化するとカルボン酸 B が得られた。

〔実験 2〕 分子式  $C_8H_9NO$  である化合物 E は中性化合物であり、加水分解すると酢酸と化合物 C を 1 : 1 のモル比で得た。化合物 C に希塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を作用させて (オ) を生じさせた後に、化合物 D (分子式  $C_8H_6O$ ) をアルカリ性条件下で反応させると、(カ) 化合物が生じた。また、D は工業的にはクメン法で合成される。

〔実験 3〕 化合物 A, B, C, D および E の混合物を下図のようにして、エーテルと水による抽出操作によって分離したところ、エーテル層Ⅱに化合物 A と化合物 E、エーテル層Ⅲに化合物 C、エーテル層Ⅳに化合物 D、そして、エーテル層Ⅴに化合物 B が含まれていた。



問 5 文中の(オ)および(カ)に当てはまる適当な語句を下記のそれぞれの選択肢の中から1つずつ選んで答えなさい。

(オ)の選択肢

ベンゼン, ニトロベンゼン, ピクリン酸, 塩化ベンゼンジアゾニウム

(カ)の選択肢

カルボニル, ニトロ, アゾ, 脂肪族

問 6 化合物 A, B, C, D および E の名称とそれらの構造式を答えなさい。

問 7 [実験 3]の図に示された操作 a, b, c および d について, 最も適切なものを次の(あ)~(か)の中から1つずつ選び, 記号で答えなさい。各記号は1回のみ使用可とする。

(あ) 希水酸化ナトリウム水溶液を加えた後, よく振り混ぜる。

(い) 希塩酸を加えた後, よく振り混ぜる。

(う) 二酸化炭素を十分に通じた後, よく振り混ぜる。

(え) 水層がアルカリ性を示すまで水酸化ナトリウム水溶液を加えた後, エーテルを加え, よく振り混ぜる。

(お) 水層が酸性を示すまで塩酸を加えた後, エーテルを加え, よく振り混ぜる。

(か) 二酸化炭素を十分に通じた後, エーテルを加え, よく振り混ぜる。

問 8 [実験 3]の分離操作において, 水層とエーテル層の2つの液層を分離するのに最適な実験器具の名称を答えなさい。

問 9 水層 II および水層 IV に最も多く含まれている有機化合物の構造式を書きなさい。

5 次の文章を読み、問1～4に答えなさい。

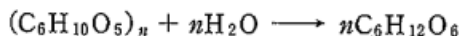
デンプンは植物の光合成で作られ、植物の種子・根・地下茎などにデンプン粒として蓄えられている。デンプンは、多数の $\alpha$ -グルコースが縮合重合してできた高分子化合物である。デンプン溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると、青～青紫色に呈色する。<sup>①</sup>デンプンは冷水には溶けにくい、温水には溶け出してコロイド溶液となる成分と、不溶の成分に分けられる。前者の成分は直鎖状の構造をしており(ア)という。後者の成分は(イ)とよばれ、分子中に多数の枝分かれ構造をもっている。デンプンが食物として体内に取り込まれると、だ液やすい液に含まれる(ウ)という酵素によって加水分解され、デンプンよりやや分子量の小さい(エ)やマルトースに分解される。さらに、マルトースは(オ)という酵素によりグルコースにまで分解される。

問1 文章中の空欄(ア)～(オ)に最も適切な語句を記入しなさい。

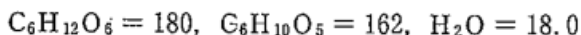
問2 下線部①の反応の名称は何か答えなさい。

問3 サツマイモに関する実験において、加熱処理をしていないサツマイモ10.0gには2.00%のグルコースを含む6.50gの水分が存在した。また、全てのデンプンがグルコースになるまでサツマイモ5.00gを加水分解すると1.40gのグルコースが得られた。

これらの実験結果から、サツマイモ100g中には何gのデンプンが含まれていると考えられるか。計算の過程も示し、有効数字3桁で答えなさい。なお、デンプンの加水分解は次の式で表され、 $n$ は十分に大きいものとする。



また、それぞれの化合物の分子量は次の値を用いなさい。



問 4 アルコール発酵によって、1 mol のグルコースから 2 mol のエタノールと 2 mol の二酸化炭素が生成する。デンプンが完全に加水分解されてグルコースになり、そのグルコースのすべてがアルコール発酵によってエタノールに変換されると仮定したとき、質量パーセント濃度 14.0 % のエタノール水溶液 230 g をつくるのに必要なデンプンは何 g か。計算の過程も示し、有効数字 3 桁で答えなさい。なお、それぞれの化合物の分子量は次の値を用いなさい。

