

# 化 学 (問題用紙 1)

必要があれば、次の値を使用せよ。気体定数  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ，原子量：H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0，Na = 23.0，Mg = 24.3

I 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 中和滴定法で食酢中の酢酸濃度を決定するために次の実験を行った。以下の設問(a)～(e)に答えよ。有効数字3桁で答えよ。

(実験) シュウ酸結晶  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  を ( A ) g 秤量し、これを 100 mL ビーカーに移した後、蒸留水約 50 mL で溶解させた。b. これを 100 mL メスフラスコに移し、標線まで蒸留水を加え、0.100 mol/L のシュウ酸標準溶液を調製した。 このシュウ酸標準溶液を、15.00 mL ホールピペットを用いて三角フラスコに移し、フェノールフタレインを指示薬として 3 滴加えた。濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れ滴定したところ、16.70 mL を要した。次に、食酢を 10.00 倍に薄めた溶液 15.00 mL を、この水酸化ナトリウム水溶液を用いて同様に滴定したところ 5.40 mL を要した。

- (a) 0.100 mol/L のシュウ酸標準溶液 100 mL を調製するには、シュウ酸結晶は何 g 必要か。( A ) にあてはまる数値を答えよ。
- (b) この実験で用いる 5 つのガラス器具の中で、使用前にその内壁が蒸留水で濡れている場合に、そのまま使用して良いガラス器具はどれか。あてはまるものに○をつけよ。それ以外のガラス器具については、乾燥させないで用いるとすれば、どのような操作が必要か。必要な操作を記述せよ。
- (c) 実験の精度を高める上で、下線部 B の操作において、気をつけなければならないことを記述せよ。
- (d) この水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度はいくらか。
- (e) 食酢の密度を 1.05 g/mL とし、この食酢中に含まれる酸が全て酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  であるとして、その含有量(質量パーセント濃度)を求めよ。

問(2) 次の説明(a)～(h)は、原子番号36までの元素のうち、8種類の元素(あ)～(く)の性質を表したものである。これらをもとにして、元素名をそれぞれ答えよ。

- (a) (あ)にはいくつかの同素体が存在する。(あ)の酸化物は白色粉末で、水に溶け酸性を示す。
- (b) (い)を空气中で加熱すると黒色の酸化物が生成し、これをさらに1000°C以上に加熱すると赤色の酸化物が生成する。
- (c) (う)の酸化物は白色粉末で、酸にも強塩基の水溶液にも溶ける。
- (d) (え)と(お)からなる化合物は水によく溶け、強酸性を示す。
- (e) (か)と(お)からなる化合物は水によく溶け、弱酸性を示す。
- (f) (き)と(お)からなる化合物は水によく溶け、弱塩基性を示す。
- (g) (く)は常温の水とは反応しないが、熱水と反応して気体を発生する。
- (h) これらの元素の中で(か)、(う)、(あ)、(い)、(え)の原子番号はこの順に増加する。

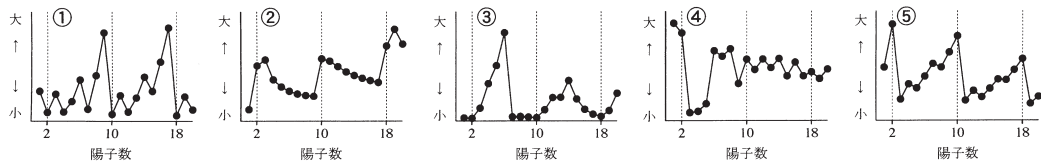
# 化 学 (問題用紙2)

II 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 原子構造に関する次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。

原子には、陽子の数が同じで中性子の数が異なるものが存在する場合があります、これらを互いに元素の (ア) という。原子に含まれる陽子の数と中性子の数の和を、原子の (イ) という。原子の相対質量は、(イ) が12である炭素原子の質量の12分の1を基準として表される。ある元素について、各 (ア) の相対質量に存在比をかけて平均した値を、元素の (ウ) という。マグネシウムには、相対質量が24.0、25.0、26.0である $^{24}\text{Mg}$ 、 $^{25}\text{Mg}$ 、 $^{26}\text{Mg}$ の3種類が存在し、1.00 molのマグネシウムの質量は24.3 gである。マグネシウムに占める $^{25}\text{Mg}$ の存在比が10.0%であるとする、 $^{24}\text{Mg}$ の存在比は (A) %である。

原子は電子を放出して正に帯電したイオンを生成する。真空中で原子から電子を1個取り去るのに必要なエネルギーを (エ) という。同じ電子殻に収容されている電子で比較すると、原子核との間に働く静電的な引力は、陽子の数とともに大きくなるため、(エ) の値は、同周期の元素の中で第 (オ) 族が最も小さく、第 (カ) 族が最大となる。(エ) の値を縦軸にとり、陽子の数に対してプロットしたグラフが (B) である。一方、原子が真空中で電子を1個受け取って負に帯電したイオンを生成するとき放出するエネルギーを (キ) といい、この値が大きい原子ほど陰イオンになりやすい。(キ) の値を縦軸にとり、陽子の数に対してプロットしたグラフが (C) である。



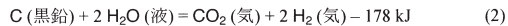
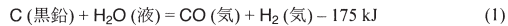
- (a) (ア) ～ (キ) にあてはまる最も適切な語句または数字を答えよ。  
 (b) (A) にあてはまる数値を計算し、有効数字2桁で答えよ。  
 (c) (B) と (C) にあてはまるグラフを①～⑤から1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

問(2) 次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。気体はすべて理想気体として振る舞い、体積は標準状態 ( $0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$ ,  $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$ ) での値を表すものとする。反応の途中で水に溶けて失われる気体はないものとして考えよ。必要ならば、黒鉛の燃焼熱  $394\text{ kJ/mol}$ 、一酸化炭素の燃焼熱  $283\text{ kJ/mol}$ 、メタノールの燃焼熱  $726\text{ kJ/mol}$ 、メタノールの密度  $0.792\text{ g/cm}^3$  を用いよ。

水性ガスは、木炭や石炭から生成される可燃性ガスとして、かつては都市ガスに使われた。現在は、メタノールの化学合成などに利用されている。いま、高温に熱した黒鉛に水を反応させたところ、 $\text{A}$  水性ガス1000 Lが得られ、その体積組成は次の通りであった。

$\text{H}_2$  51.6%,  $\text{CO}$  45.2%,  $\text{CO}_2$  3.2% (水性ガス)

この過程で、一酸化炭素は次に示す(1)式の反応から、二酸化炭素は(2)式の反応からそれぞれ生じたものとする。



この水性ガスを、水とともに高温に熱した鉄を含む触媒に接触させると、 $\text{B}$  一酸化炭素を二酸化炭素に変化させることができる。

一方、鉄以外の化合物を含む触媒を用いると、水性ガスに含まれる $\text{C}$ 一酸化炭素と水素からメタノールを生成することができる。

- (a) 下線部 A の水性ガスについて、(1)式および(2)式の反応で消費された黒鉛の重量はそれぞれいくらか。  
 (b) 下線部 A の水性ガスに含まれる水素のうち、(2)式の反応で生じた水素は何パーセントか。  
 (c) 下線部 B の反応の熱化学方程式を記せ。  
 (d) 下線部 C の反応の熱化学方程式を記せ。  
 (e) 下線部 A の水性ガスから、下線部 C の反応で得られる液体のメタノールの体積は、最大でいくらか。

# 化 学 (問題用紙 3)

Ⅲ 次の問(1)と問(2)に答えよ。有機化合物の構造式は、右の例にならって示せ。

問(1) 染料に関する次の文章を読み、以下の設問(a)と(b)に答えよ。

可視光線の一部を吸収し、残りの光を透過して固有の色を示す物質を (ア) という。

(ア)のうち、水などの溶媒に溶け、繊維の染色に用いられるものを (イ) といい、溶媒に溶けず、絵の具などに用いられるものを (ウ) という。(イ)には、天然の植物や動物などから得られる (エ) と、石炭や石油などを原料に化学的に作られる (オ) がある。現在使用されている (イ) のほとんどが (オ) であり、分子内に (カ) 基 (-N=N-) をもつ (キ) が大部分を占める。

図1にオレンジⅡの合成経路を、図2にその染色のしくみを示してある。繊維が染色されるためには、有機化合物が繊維のすき間に入り込むだけでなく、繊維と結合をすることが必要である。これを染着という。染着は、図2に示されるような (ク) 結合、(ケ) 結合、ファンデルワールス力などによって起こる。

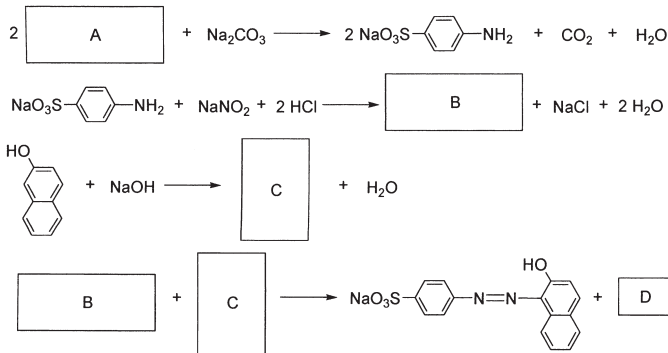
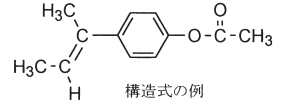


図1. オレンジⅡの合成経路.

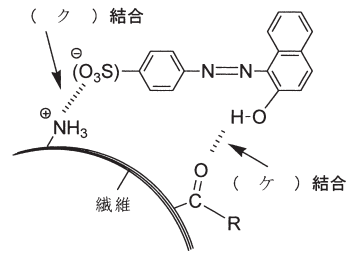


図2. オレンジⅡの染色のしくみ.

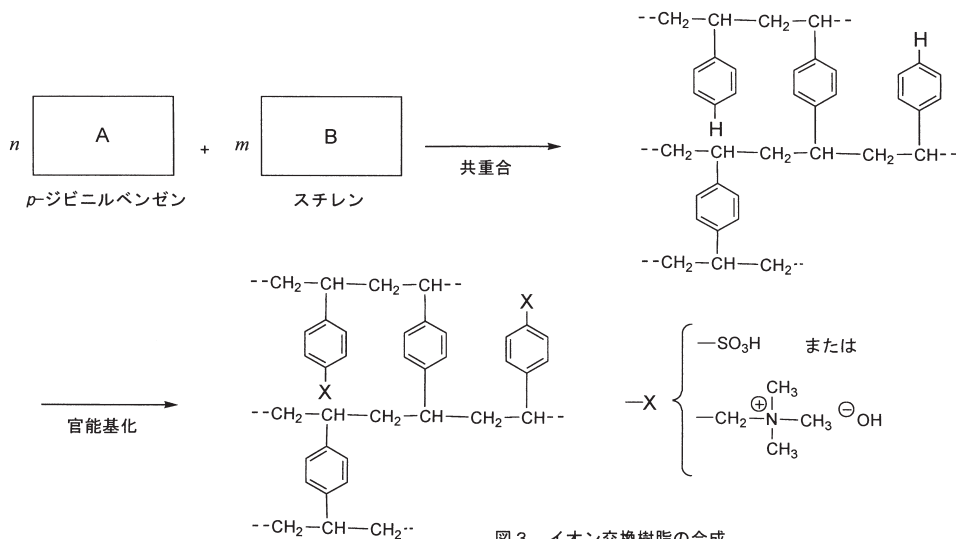
- (a) (ア) ~ (ケ) にもっとも適切な語句を入れよ。  
 (b) 図1のA ~ Dに構造式を入れ、化学反応式を完成させよ。

<問(2)は問題用紙4にある>

# 化 学 (問題用紙 4)

問(2) イオン交換樹脂に関する次の文章を読み、以下の設問(a)~(e)に答えよ。

溶液中のイオンを別のイオンと交換するはたらきをもつ合成樹脂を、イオン交換樹脂という。図3に示すように、スチレンに少量の*p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると、2本のポリスチレン鎖が*p*-ジビニルベンゼンによって架橋され、立体網目構造の高分子ができる。この中のベンゼン環の-Hを、酸性または塩基性の官能基(-X)で置換すると、イオン交換樹脂が得られる。



官能基(-X)として(ア)基(-SO<sub>3</sub>H)などの酸性の官能基を導入したものを、(イ)交換樹脂(樹脂1)という。樹脂1に、塩化ナトリウム水溶液を入れると次式のような反応が起こり、1:1の割合で(イ)が交換される。



一方、官能基(-X)として次式のような塩基性の官能基を導入したものを、(ウ)交換樹脂(樹脂2)という。樹脂2に塩化ナトリウム水溶液を入れると次式のような反応が起こり、1:1の割合で(ウ)が交換される。



いま、筒状のガラス容器(カラム)に十分な量の<sub>A</sub>イオン交換樹脂をつめ、<sub>B</sub>濃度不明の硫酸マグネシウム水溶液20 mLを通した。その後、樹脂を純水で完全に水洗いし、得られた流出液をすべて集めた。集めた溶液に0.20 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を50 mL加えたところ、水溶液は塩基性になった。この水溶液を0.10 mol/Lの塩酸で中和滴定したところ、中和までに52 mLを必要とした。

- (a) 図3のAとBに構造式を入れよ。
- (b) (ア)~(ウ)に適切な語句を入れよ。
- (c) C~Fに適切な官能基、分子式、または、部分構造式を入れ、化学反応式を完成させよ。
- (d) 下線部Aに示すイオン交換樹脂は、実験結果から判断すると、樹脂1または樹脂2のどちらと考えられるか。
- (e) 下線部Bに示す濃度不明の硫酸マグネシウム水溶液のモル濃度を求めよ。答えは、有効数字2桁で示せ。