

# 化 学

〔注意〕 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量  $H = 1.0$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $Na = 23.0$ ,

$S = 32.1$ ,  $Cl = 35.5$ ,  $Ca = 40.1$ ,  $Ag = 107.9$ ,  $Pt = 195.1$

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  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$ ,  $\log_{10} 7 = 0.845$

I 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

A君は、授業で使われている白いチョークは主にカルシウム化合物からできていることを知っていたが、そのカルシウム化合物として炭酸カルシウムと硫酸カルシウムの二種類があると聞いて、実際に教室で使っているチョークがどちらの成分からなるのかを知りたくなり、以下の実験を行った。

まず、先生からチョークを分けてもらい、これを粉末にした。この粉末0.500 gをビーカーに量り取り、10 mLの水を加えたが、全く溶解する様子は見られなかった。そこで実験室にあった2.45 mol/Lの塩酸10 mLを(ア)で正確に量り取り、先のビーカーに加えたところ、泡を出して粉末はほとんど溶解した。

次に、チョーク中のカルシウムの含量を求めてみようと思い、チョーク粉末を溶かした溶液全量を容量100 mLの(イ)に移した。この(イ)の標線まで水を加えて全量を正確に100 mLとしたのち、(イ)に蓋をして、十分に攪拌した。しかし、よく見るとごく少量の不溶物が見つかったので、ろ紙とロートを使ってろ過をした。このろ液10 mLを(ア)で正確に量り取り(ウ)に入れ、指示薬を2滴加えた。あらかじめ用意した0.120 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を(エ)に入れて、このろ液を滴定した。この滴定では指示薬の色の変化が終わったところを滴定の終点とした。この滴定を3回繰り返して行い、その平均値は12.50 mLとなった。

なお、チョークには主成分以外に塩酸と反応する物質は含まれていない。

問 1 (ア)~(エ)に入る最も適切な器具の名称をそれぞれ解答欄(ア)~(エ)に答えなさい。

問 2 下線部①で起きた反応を化学反応式で答えなさい。

問 3 下線部②の操作において、最もしてはいけない事柄を下のア~オの中から選び、記号ア~オで答えなさい。

ア. ろ紙を4つ折にして、円錐形にして使用する。

イ. ろ紙の表と裏を間違えて使用する。

ウ. ろ紙を少量の水でロートに密着させて使用する。

エ. 溶液がうまくロートに注げるようガラス棒を使用する。

オ. ロートの先を、ろ液を受け取るビーカーの内壁につけて使用する。

問 4 下線部③の指示薬と下線部④の色の变化の組み合わせで、最も適切なものを下のア~カから選び、解答欄に記号ア~カで答えなさい。

	指 示 薬	色の変化
ア	フェノールフタレイン	赤 色 → 黄 色
イ	フェノールフタレイン	無 色 → 赤 色
ウ	フェノールフタレイン	赤 色 → 無 色
エ	メチルオレンジ	無 色 → 黄 色
オ	メチルオレンジ	赤 色 → 黄 色
カ	メチルオレンジ	黄 色 → 赤 色

問 5 このチョーク 0.500 g には主成分のカルシウム化合物として何 g のカルシウムが含まれていたか、有効数字 3 桁で答えなさい。なお、不溶物の体積は誤差の範囲内であり無視できるものとする。

問 6 2.45 mol/L の塩酸が 80.0 mL 残った。学校の廃液処理規定に従い、水溶液の pH が 6.0 以上 8.0 以下になるようにして廃棄したい。水で希釈するだけであれば、この塩酸を少なくとも何 L になるように希釈する必要があるか、有効数字 3 桁で答えなさい。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

1.20 mol/Lの硫酸水溶液 300 mLに鉛板と酸化鉛(IV)の板が入った電池と  
① 0.500 mol/Lの硝酸銀水溶液 1.00 Lが入ったビーカーがある。この硝酸銀水溶液  
に2枚の白金板を入れて、一方の白金板と鉛板を、他方の白金板と酸化鉛(IV)板を  
それぞれ導線でつないで、しばらくの間電流を流した。

その後、導線をはずしたところ、硝酸銀水溶液に入れた片方の白金板では、  
5.18 gの金属が析出していた。また、他方の白金板からは、電流を流している間  
② 気体が発生していた。

なお、発生した気体の水溶液への溶解度および反応に伴う水溶液量の変化はとも  
に小さく、無視できるものとする。

問1 この実験の通電中における下線部①の正極での反応を反応式で答えなさい。

問2 この実験の通電中における下線部①の負極での反応を反応式で答えなさい。

問3 下線部②の白金板は、鉛板、酸化鉛(IV)板のどちらにつながれていたか、解  
答欄(i)に答えなさい。また、この白金板で起こっていた反応を反応式で解答欄  
(ii)に答えなさい。

問4 上の実験で流れた電気量は何Cか、有効数字3桁で答えなさい。

問5 下線部②で発生した気体を27℃、1000 hPaの状態ですべて集めたとなると  
何Lになるか、有効数字3桁で答えなさい。

問6 導線をはずしたとき、下線部①の容器内の硫酸の濃度はいくらになっている  
か、有効数字3桁で答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えなさい。

【実験 1】 ある固体の有機化合物 A 0.340 mg を量りとり、これを完全に燃焼したところ、二酸化炭素と水のみがそれぞれ 0.587 mg と 0.180 mg 生成し、残渣も存在しなかった。さらに分子量を見積もる実験を行ったところ、その分子量は誤差も含めて  $100 \pm 3$  であることが分かった。また、この化合物 A には、環状構造や炭素原子間の多重結合を含んでいないことが明らかとなった。

【実験 2】 この化合物 A 0.200 g のみが、容器内の圧力と外気の圧力が同じになるように動くピストンが取り付けられた容器に入っていた。外気が 1013 hPa の状態で、この容器の温度を 25 °C から徐々に上げていくと、まず 36 °C 付近で融解が起こり、続いて 100 °C 付近で発熱を伴った反応で化合物 A は完全に分解し、容器内は気体のみになった。この間の温度上昇に伴い Q kJ の熱量が発生した。  
さらに温度を上げて 127 °C にすると、容器の体積は 129 mL となった。次に、この容器の温度を下げていくと、56 °C 付近で化合物 B の液体が生じ、R kJ の発熱があった。温度をさらに -73 °C まで下げると、この容器の体積は 32.2 mL となり、0.114 g の化合物 B の液体が存在した。最後に、この容器内に存在する物質をすべて取り出し、25 °C で燃焼したところ S kJ の発熱があった。

なお、-73 °C での化合物 B の液体としての体積および蒸気圧は無視でき、容器内に気体で存在する化合物は化合物 B の液体に溶解しないものとする。

問 1 【実験 1】から化合物 A の組成式を求めなさい。

問 2 【実験 1】から化合物 A について、考えられる構造 2 種類を構造式で書きなさい。

問 3 下線部②の状態から容器内に存在する化合物の総物質量はいくらか、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 下線部③に示した化合物 B の分子量はいくらか、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 化合物 A の 25 °C における燃焼熱は  $T$  kJ/mol であった。下線部①の  $Q$  値を  $R$ ,  $S$ ,  $T$  などを用いて答えなさい。ただし、化合物 A の分子量は、 $M$  で表しなさい。

IV 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

グリシンは最も単純な構造を持つアミノ酸で、分子内に酸としての性質を持つ(ア)と塩基としての性質を持つ(イ)が存在する。そのため、中性の水溶液中では(ウ)イオンの構造Xとなっている。しかし、強酸性水溶液中では陽イオンの構造 $Y^+$ となり、強アルカリ性水溶液中では陰イオンの構造 $Z^-$ となる。

水溶液中における、グリシンの上を示した構造間の平衡は次のように表すことができる。



平衡式(1)と(2)の25℃での平衡定数は、それぞれ $4.0 \times 10^{-3}$  mol/Lおよび $2.5 \times 10^{-10}$  mol/Lとなる。

今、25℃でpH 4.5になるよう調整された緩衝溶液にグリシンが溶解している。この緩衝溶液中での、陰イオン $Z^-$ に対する陽イオン $Y^+$ の存在比は(エ)であり、この緩衝溶液中でグリシンを電気泳動すると(オ)へ向かって移動する。また、この存在比が(カ)となる緩衝溶液中では、グリシン分子の移動は見かけ上観測されなくなる。

問1 (ア)～(カ)に入る最も適切な語句や数字を、それぞれ解答欄(ア)～(カ)に答えなさい。

問2 構造X,  $Y^+$ ,  $Z^-$ を、それぞれ解答欄(i), (ii), (iii)に示性式で答えなさい。

問3 下線部の緩衝溶液のpHはいくらか、小数点以下1桁で答えなさい。