

化

化学

化学 問題 I

次の(1), (2)を読み, 問1~問8に答えよ。

(1) 以下に示した操作1~操作8の実験を行った。

操作1: 沸騰している水に塩化鉄(III)水溶液を少しずつ加えたところ, 赤褐色の溶液Xとなった。

操作2: 溶液Xに横から強い光をあてると, 光の進路が明るく光って見えた。

操作3: 図1に示すように, 溶液Xをセロハンチューブに封入し, チューブをビーカー内の水に浸し, ときどき水を静かにかき混ぜた。十分に水に浸した後にセロハンチューブを取り出した。

操作4: セロハンチューブが入っていたビーカー内の水の一部を採り, 試験管Iおよび試験管IIにそれぞれ入れた。

操作5: 試験管Iに 試薬④の水溶液を加えたところ沈殿が生じ, さらに ⑥濃アンモニア水を加えたところ沈殿は溶解した。

操作6: 試験管IIに 試薬③の水溶液を加えたところ沈殿が生じたが, 加熱したところ沈殿は溶解した。

操作7: ビーカー内に残っている水のpHを測定したところ, (⑩)を示した。

操作8: あらかじめ適量の水を入れたU字管の底部に, 取り出したセロハンチューブ内の赤褐色の溶液Xを水と混合しないように静かに移し, 図2のように白金電極をU字管の両端に取り付けた。一方の電極を陽極(+), 他方の電極を陰極(-)とし, それぞれを導線で直流電源の正極と負極に接続した。電流を流したところ, (⑪)。

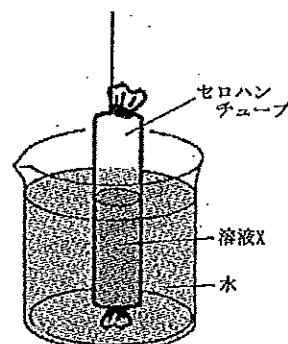


図1.

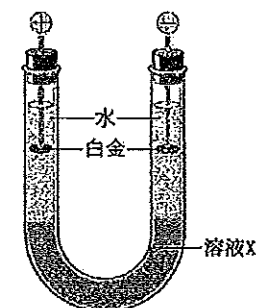


図2.

(2) 操作1により塩化鉄(III)から生じた粒子はふつうの分子やイオンより大きく, この粒子の直径は(⑫)である。このように沈殿しないで水の中に分散している粒子を(⑬)粒子といい, その溶液を(⑭)溶液という。通常, (⑬)粒子は電荷を帯びており互いに反発しあうため, 集まって沈殿することなく安定に存在している。どのような物質でも粒子の大きさを(⑫)程度にして, 液体中に分散させると(⑬)溶液になる。

操作2で観測された現象は(⑮)という。この現象は(⑬)粒子が光を散乱させることにより起こる。操作5および操作6で沈殿が生じたことから, 操作3により溶液Xからセロハンを通して物質が移動していることが分かる。操作3で行った操作を(⑯)という。また, 操作8で直流電流を流すことにより見られる現象を(⑰)という。

粘土や溶液X中に生じている(⑬)粒子は水との親和力が小さいので(⑱)という。これに対して, デンプンやタンパク質の(⑬)粒子は水との親和力が大きいので(⑲)という。(⑲)の溶液に少量の電解質を加えると, ⑳沈殿を生じる。この現象を(㉑)という。一方, (⑲)の溶液に少量の電解質を加えても沈殿しないが, 多量の電解質を加えると沈殿を生じる。この現象を(㉒)という。

問1. (⑬)~(⑲)に当てはまる適当な化学用語を記せ。ただし, 同じ化学用語を重複して解答欄に記入してはならない。

問2. 操作1により生じた変化を化学反応式で表せ。

問3. 下線部の試薬④および試薬③として最も適した物質を, 次の(ア)~(コ)のうちからそれぞれ選び, 記号で答えよ。

- | | | | | |
|---------------------|--------------------------------|--|--|---------------------|
| (ア) AgNO_3 | (イ) CuSO_4 | (ウ) H_2SO_4 | (エ) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ | (オ) KSCN |
| (カ) NaOH | (キ) $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ | (ク) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ | (ケ) SnCl_2 | (コ) ZnSO_4 |

問4. 下線部⑥で生じた変化を化学反応式で表せ。

問5. (⑩)に最も適したものを, 次の(ア)~(ウ)のうちから選び, 記号で答えよ。

- (ア) 酸性 (イ) 塩基性 (ウ) 中性

問6. (⑪)に最も適したものを, 次の(ア)~(オ)のうちから選び, 記号で答えよ。

- (ア) 赤褐色が消えた (イ) 赤褐色の物質が陽極の方へ移動した (ウ) 赤褐色の物質が陰極の方へ移動した
(エ) 赤褐色の物質が陽極と陰極の両方に分かれて移動した (オ) 赤褐色の物質がU字管の底部に集まった

問7. (⑫)に最も適したものを, 次の(ア)~(オ)のうちから選び, 記号で答えよ。

- (ア) $10^{-11} \sim 10^{-9} \text{ m}$ (イ) $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$ (ウ) $10^{-7} \sim 10^{-5} \text{ m}$ (エ) $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{ m}$ (オ) $10^{-6} \sim 10^{-3} \text{ m}$

問8. 次の(ア)~(カ)のイオンが同濃度で含まれている6種類の水溶液のうち, 最も少量で下線部③の沈殿を生じさせるものはどれか, 記号で答えよ。

- (ア) Na^+ (イ) Mg^{2+} (ウ) Al^{3+} (エ) NO_3^- (オ) SO_4^{2-} (カ) PO_4^{3-}

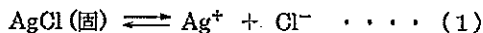
化

化学

化学 問題 II

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。ただし、25℃における塩化銀 AgCl 、クロム酸銀 Ag_2CrO_4 の溶解度積をそれぞれ $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.8 \times 10^{-10} \text{ (mol}^2/\text{l}^2)$ 、 $[\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = 1.9 \times 10^{-12} \text{ (mol}^3/\text{l}^3)$ とし、 $[M]$ は M のモル濃度 (mol/l) を表す。また、必要があれば、 $\sqrt{1.5} = 1.22$ 、 $\sqrt{1.7} = 1.30$ 、 $\sqrt{1.9} = 1.38$ を使うこと。

AgCl の飽和水溶液中では、次のような溶解平衡が成り立つ。



この平衡に化学平衡の法則（質量作用の法則）を適用すると、(2) 式のように表わされる。ここで、 K は平衡定数である。

$$\frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl (固)}]} = K \text{ (一定)} \quad \dots (2)$$

純粋な固体では $[\text{AgCl (固)}]$ の値は一定として定数 K に含ませることができるので、新しい定数 K_{sp} を次の (3) 式のように表すことができる。

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K[\text{AgCl (固)}] = K_{\text{sp}} \quad \dots (3)$$

K_{sp} を AgCl の溶解度積といい、一定温度のとき一定の値となる。溶解度積は、飽和水溶液中の沈殿と共存するイオンについて、そのイオン濃度の積の (1) 値を示している。従って、水溶液中のイオン濃度の積が、そのイオンから成る塩の溶解度積より (2) になるとその塩が沈殿し、溶解度積に等しくなったときに沈殿はそれ以上生じなくなる。例えば、 AgCl の沈殿を含む飽和水溶液に Ag^+ または Cl^- を加えると、(3) により (1) 式の平衡は (3) へ移動し、 AgCl の沈殿の量はわずかではあるが (4) することにより、 $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_{\text{sp}}$ の関係を維持する。

2 種類のイオンの反応で沈殿が生成することを利用する滴定を沈殿滴定と呼ぶ。試料溶液中の $[\text{Cl}^-]$ を測定する沈殿滴定では、濃度が分かっている硝酸銀 AgNO_3 標準溶液を用いて滴定する。この場合、指示薬としてクロム酸カリウム K_2CrO_4 を用いることによって、正確に滴定の終点を判定することができる。

いま、1.0 l 中に塩化カリウム KCl $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ と K_2CrO_4 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ を含む混合水溶液の一定量を (5) を用いて正確にはかりとり、コニカルビーカーに入れる。このとき、溶液中の $[\text{Cl}^-]$ は (6) (mol/l) である。この溶液に (6) を用いて AgNO_3 標準溶液を少しずつ加えていく。コニカルビーカーの溶液中の $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ の積が溶解度積より (2) になると、(4) AgCl が沈殿し、溶液中の $[\text{Cl}^-]$ の値は (7) なる。さらに AgNO_3 溶液を加え、 Cl^- のほぼ全量が AgCl として沈殿した後に、(8) 色の (4) Ag_2CrO_4 の沈殿が生じ始めるから、この点を滴定の終点とする。

滴定の終点は、加えた AgNO_3 の物質量が KCl の物質量と等しくなる点であり、このとき、コニカルビーカーの溶液中に含まれる Cl^- の物質量は、 AgNO_3 溶液を加える前に存在していた Cl^- の物質量の (6) % に過ぎない。これによって、 Ag_2CrO_4 の沈殿が生じ始める点を滴定の終点としてよいことが分かる。

ただし、以下の計算において、 AgNO_3 溶液を加えたことによるコニカルビーカーの溶液の体積変化は無視できるものとする。また、温度は 25℃ とする。

問1. (1)～(8) に最も適したものを、次の (ア)～(ト) のうちからそれぞれ選び、記号で答えよ。

(ア) 白 (イ) 黄緑 (ウ) 紫 (エ) 黄褐 (オ) 赤褐 (カ) 最小 (キ) 平均 (ク) 最大

(ケ) 大きく (コ) 小さく (サ) 等しく (シ) 減少 (ス) 増加 (セ) 右 (ソ) 左

(タ) 駒込ピペット (チ) ホールピペット (ツ) メスシリンダー (テ) ビュレット (ト) メスフラスコ

問2. (3) に当てはまる原理の名称を記せ。

問3. 下線部(4)で、 AgCl の沈殿が生じ始めるとき、溶液中の $[\text{Ag}^+]$ は何 mol/l か。有効数字 2 桁で答えよ。

問4. 下線部(6)で、 Ag_2CrO_4 の沈殿が生じ始めるとき、

(1) 溶液中の $[\text{Ag}^+]$ は何 mol/l か。有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 溶液中の $[\text{Cl}^-]$ は何 mol/l か。有効数字 2 桁で答えよ。

問5. (6)、(7) に当てはまる適当な数値を有効数字 2 桁で答えよ。

化

化学

化学問題 III

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。ただし、原子量は次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

カルボン酸とアルコールが反応すると(①)と水が生成する。例えば、④ 酢酸とエタノールの混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、化合物Xと水が生成する。(①)に希硫酸を加えて加熱すると、もとのカルボン酸とアルコールが生じる。この反応を(①)の(②)という。(①)に水酸化ナトリウム水溶液などの塩基を加えて加熱しても(②)が起こり、この反応を特に(③)という。

油脂は、高級脂肪酸(炭素原子の数の多い脂肪酸)とグリセリン(1,2,3-プロパントリオール) $C_3H_5(OH)_3$ との(①)である。常温で固体の油脂を脂肪といい、一方、常温で液体の油脂を脂肪油という。脂肪油には構成脂肪酸として(④)脂肪酸が多く含まれている。⑤ 脂肪油にニッケル存在下で水素を付加させると固体となり、このようにして生成した油脂を(⑤)という。

⑥ 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、セッケンとグリセリンが生じる。セッケンは(⑥)性の部分と(⑦)性の部分からなり、(⑥)性の部分が繊維などについた垢などの油の汚れを取り囲み、微細な小滴となって分散する。この現象を(⑧)という。

テレフタル酸は、工業的には(⑨)を酸化してつくられる。⑩ テレフタル酸とエチレングリコールとの(⑩)重合によって化合物Yがつくられ、この物質は合成繊維や合成樹脂として利用される。

問1. (①)～(⑩)に当てはまる適当な化学用語または物質の名称を記せ。

問2. 下線部④の反応を化学反応式で表せ。また、化合物Xの名称を記せ。

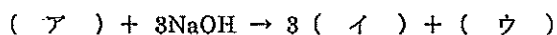
問3. 下線部④の反応で生じた化合物Xについて、その2.12 gを完全燃焼させるために理論上必要な酸素の物質量は何 mol か。有効数字2桁で答えよ。

問4. 次の1)～3)の高級脂肪酸1分子中に含まれる炭素-炭素原子間の二重結合の数を答えよ。

1) リノレン酸 $C_{17}H_{29}COOH$ 2) ステアリン酸 $C_{17}H_{35}COOH$ 3) パルミチン酸 $C_{15}H_{31}COOH$

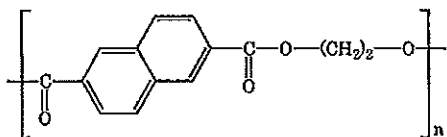
問5. 下線部⑤の反応において、構成脂肪酸としてリノール酸($C_{17}H_{31}COOH$)のみを含む脂肪油20 gを反応させた場合、理論上必要となる水素は標準状態で何 l か。有効数字2桁で答えよ。

問6. 下線部⑥の反応について、次の(ア)～(ウ)に示性式を記せ。ただし、有機化合物については炭化水素基はRで示せ。

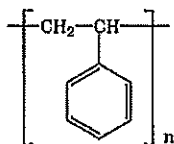


問7. 下線部⑩の反応で得られる化合物Yの名称を記せ。また、化合物Yの構造を、次の(ア)～(カ)のうちから選び、記号で答えよ。

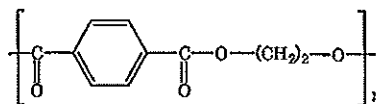
(ア)



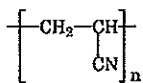
(イ)



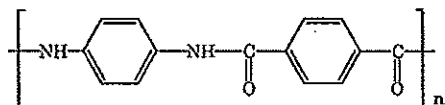
(ウ)



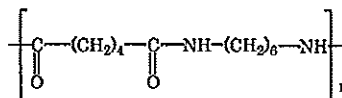
(エ)



(オ)



(カ)



化学 問題 IV

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

α -グルコースを水に溶かすと、その一部が鎖状グルコースを経て β -グルコースにもなり、3つの構造が一定の割合で存在し、図1に示すような平衡が成り立っている。環状構造の α -および β -グルコースには、いずれも(①)個の不斉炭素原子が存在し、鎖状グルコースには(②)個の不斉炭素原子が存在する。グルコースの水溶液が還元性を示すのは、鎖状グルコースに(③)基が存在するためである。

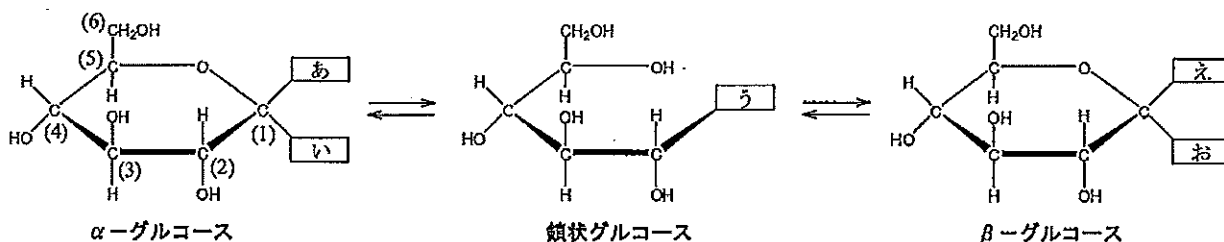


図1. 水溶液中のグルコースの構造 (構造式中の(1)～(6)は炭素原子の位置番号を示す)

フルクトースを水に溶かすと、六員環構造、五員環構造(いずれも主に β 型として存在する)および鎖状構造との間で、図2に示すような平衡が成り立っている。鎖状フルクトースの水溶液は還元性を(④)。

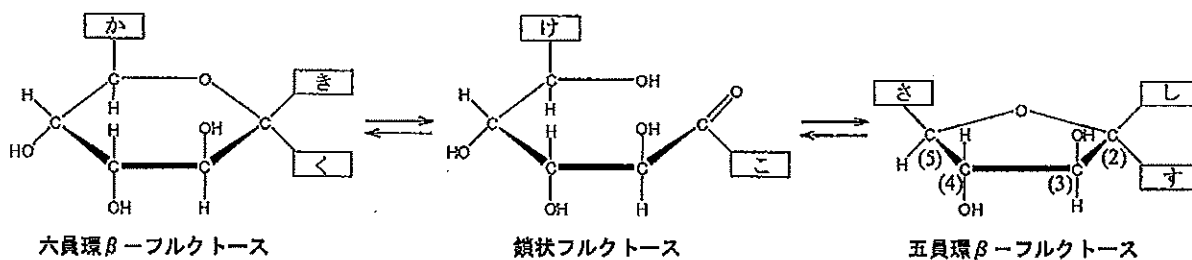


図2. 水溶液中のフルクトースの構造 (構造式中の(2)～(5)は炭素原子の位置番号を示す)

図3に二糖類であるスクロースの構造を示す。スクロースは、図1の α -グルコースの位置番号(④)の炭素原子Cが、図2の五員環 β -フルクトースの位置番号(⑤)の炭素原子Cと酸素原子Oをはさんで結合している。そのため、スクロースの水溶液は還元性を(⑤)。スクロースを希酸または酵素インベルターゼで加水分解すると、グルコースとフルクトースの等量混合物が得られる。この等量混合物は転化糖と呼ばれ、その水溶液は還元性を(⑥)。

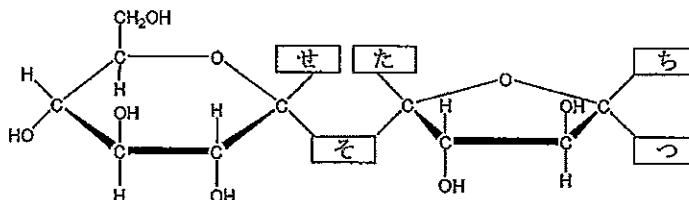


図3. スクロースの構造

化

化学

問1. (①) ~ (⑥) に当てはまる適当な語句または数値を記せ。

問2. (㉔) ~ (㉞) に当てはまる語句の組み合わせとして適当なものを、次の(ア) ~ (ク)のうちから選び、記号で答えよ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
㉔	示す	示す	示す	示す	示さない	示さない	示さない	示さない
㉕	示す	示す	示さない	示さない	示す	示す	示さない	示さない
㉖	示す	示さない	示す	示さない	示す	示さない	示す	示さない

問3. 図1の あ ~ お に当てはまる原子、原子団の組み合わせとして適当なものを、次の(ア) ~ (ク)のうちから選び、記号で答えよ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
あ	H	H	H	H	OH	OH	OH	OH
い	OH	OH	OH	OH	H	H	H	H
う	OH	OH	CHO	CHO	OH	OH	CHO	CHO
え	H	OH	H	OH	H	OH	H	OH
お	OH	H	OH	H	OH	H	OH	H

問4. 図2の か ~ く に当てはまる原子、原子団の組み合わせとして適当なものを、次の(ア) ~ (ク)のうちから選び、記号で答えよ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
か	H	H	H	OH	OH	OH	OH	OH
き	H	OH	OH	H	H	OH	OH	OH
く	CHO	OCH ₃	CH ₂ OH	OCH ₃	CH ₂ OH	H	CHO	OCH ₃

問5. 図2の け および こ に当てはまる原子、原子団の組み合わせとして適当なものを、次の(ア) ~ (ク)のうちから選び、記号で答えよ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
け	H	H	H	OH	OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH
こ	OH	OCH ₃	CH ₂ OH	H	CH ₂ OH	H	OH	OCH ₃

問6. 図2の さ ~ す に当てはまる原子、原子団の組み合わせとして適当なものを、次の(ア) ~ (ク)のうちから選び、記号で答えよ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
さ	OH	OH	OH	OH	OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH
し	H	H	OH	OH	OH	OH	OH	CH ₂ OH
す	OH	CH ₂ OH	H	OCH ₃	CH ₂ OH	OCH ₃	CH ₂ OH	OH

問7. 図3の せ ~ つ に当てはまる原子、原子団の組み合わせとして適当なものを、次の(ア) ~ (ク)のうちから選び、記号で答えよ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
せ	H	H	H	H	H	OH	OH	OH
そ	O	O	O	O	OCH ₂	OCH ₂	OCH ₂	OCH ₂
た	OH	OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH	OH	OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH
ち	CH ₂ OH	CH ₂ OH	H	CH ₂ OH	OH	CH ₂ OH	H	OH
つ	OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH	H	CH ₂ OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH	CH ₂ OH