

化学 (その1)

解答用紙

工学部「基盤工学科」志願者は第1問～第3問を解答せよ。

農学部「生物資源科学科」, 「応用生命化学科」, 「森林科学科」志願者は第1問と第2問を解答せよ。

第1問

点

問 1	[A] CuSO₄	[B] AgNO₃	[C] ZnSO₄	[D] BaCl₂
問 2	(1)	(a)	[化学反応式] 2Cu + O₂ → 2CuO	
		(b)	[化学反応式] Cu(OH)₂ → CuO + H₂O	
		(c)	[化学反応式] CuO + H₂SO₄ → CuSO₄ + H₂O	
	(2)	[ア] 青	[イ] 白	
問 3	(1)	ウ, ケ		
	(2)	[計算過程] 硫酸銅(II)五水和物50 g中に, CuSO₄は50 × (160/250) = 32 g H₂Oは50 × (90/250) = 18 g含まれる。 水x gに溶解させた場合, 飽和水溶液では, 100 : 20 = (x + 18) : 32 よってx = 142 gの水に溶解させる必要がある。		

(問1補足)

NH₃水で沈殿するのは, Zn²⁺, Cu²⁺, Ag⁺で, 沈殿はZn(OH)₂, Cu(OH)₂, Ag₂Oである。
 これらは, 過剰のNH₃水に溶ける ([Zn(NH₃)₄]²⁺, [Cu(NH₃)₄]²⁺, [Ag(NH₃)₂]⁺)
 したがって, Aの候補は, ZnSO₄, CuSO₄, AgNO₃の3つ。

5種類の塩のうち, 相互に混合すると生じる沈殿は, BaSO₄とAgCl。したがって,
 加えるDはBaCl₂である。沈殿が生じるSO₄塩の2種類 (ZnSO₄, CuSO₄) とAg塩
 (AgNO₃) が, A, B, Cのいずれかになる。

Dを加えてできる沈殿 (BaSO₄, AgCl) のうち, 過剰のNH₃水で溶けるものはAgCl。
 AgCl + 2NH₃ → [Ag(NH₃)₂]⁺ + Cl⁻ したがって, BはAgNO₃

以上から, AとCはZnSO₄か, CuSO₄

pHに関係なく硫化物が沈殿するのは, CuS (黒)。塩基性～中性で硫化物が沈殿
 (ZnS (白) するが, 酸性では沈殿しないものはZn²⁺)

したがって, CはZnSO₄, AはCuSO₄

第1問	第2問	第3問	合計

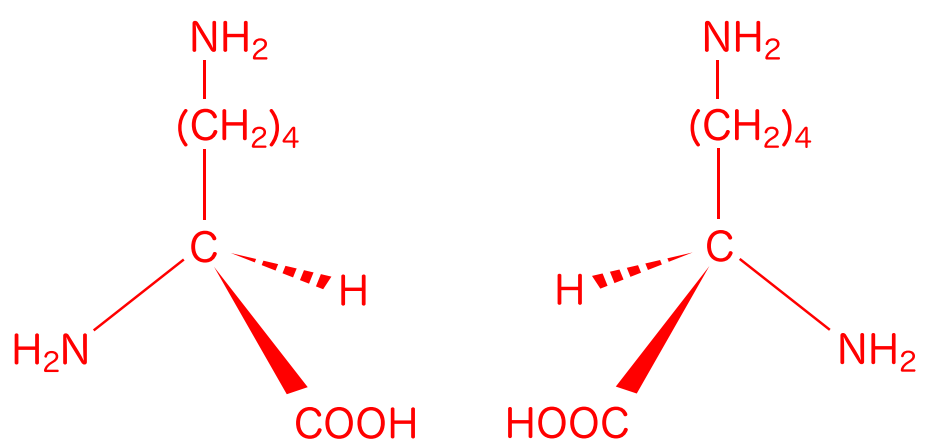
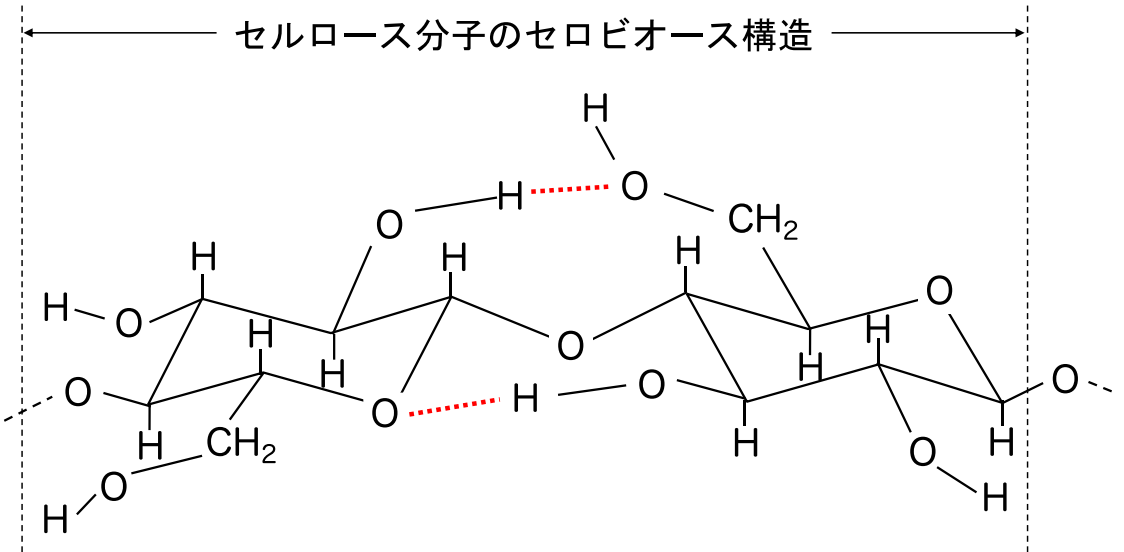
問 3	(3)	<p>[計算過程]</p> <p>20°Cの飽和水溶液60gに溶解した硫酸銅(II)の質量をxとすると, $100 : 20 = (60 - x) : x \quad \therefore x = 10 \text{ (g)}$ よって元の水溶液には50 gの水と10 gの硫酸銅(II)が存在する。</p> <p>無水硫酸銅(II)の質量をyとしたときの60°Cにおける飽和水溶液は, $100 : 40 = 50 : (10 + y) \quad \therefore y = 10 \text{ (g)}$ よって60°Cで沈殿が生じるためには $X > 10$ でなければならない</p> <p>無水硫酸銅(II)の質量をzとしたときの80°Cにおける飽和水溶液は, $100 : 56 = 50 : (10 + z) \quad \therefore z = 18 \text{ (g)}$ よって80°Cで完全に溶解するためには $X \leq 18$ でなければならない</p> <p>以上より、Xが取りうる値は $10 < X \leq 18$</p>	<p>[Xの値の範囲]</p> <p>$10 < X \leq 18$</p>
	(1)	<p>[計算過程]</p> $K = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2$ <p>よって, $K = 1.0 \times 10^{-7} \times 1.2 \times 10^{-14}$ $= 1.2 \times 10^{-21}$</p>	<p>[電離定数Kの値]</p> <p>1.2×10^{-21}</p>
問 4	(2)	<p>[計算過程]</p> <p>pH = 2.0より$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 題意より$[\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L}$ (1)の式に代入すると, $1.2 \times 10^{-21} = \frac{(1.0 \times 10^{-2})^2 \times [\text{S}^{2-}]}{0.10}$ $\therefore [\text{S}^{2-}] = 1.2 \times 10^{-18}$</p>	<p>[S²⁻の濃度]</p> <p>$1.2 \times 10^{-18} \text{ mol/L}$</p>
	(3)	<p>[計算過程]</p> <p>$K_{\text{sp}} = [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 6.0 \times 10^{-36}$より, $[\text{Cu}^{2+}] \times 1.2 \times 10^{-18} = 6.0 \times 10^{-36}$ よって, $[\text{Cu}^{2+}] = 6.0 \times 10^{-36} / 1.2 \times 10^{-18}$ $= 5.0 \times 10^{-18} \text{ mol/L}$</p>	<p>[Cu²⁺の濃度]</p> <p>$5.0 \times 10^{-18} \text{ mol/L}$</p>
	(4)	<p>[必要な操作]</p> <p>例えば、$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$を加えることで$\text{CaCO}_3$として沈殿させる。</p>	



第2問

点

	<p>[銀鏡反応を示さない理由]</p> <p>下の図中の線で囲んだ部分がグルコースとフルクトースのそれぞれが還元性を示す構造を作る部分である。スクロース分子は、これらの還元性を示す部分（ヘミアセタール構造）どうして脱水縮合しているの、還元性を失っているため。</p>	
問1	<p>[銀鏡反応を示す構造を作る部分]</p> <p>スクロース $\xrightarrow{\text{スクラーゼ}}$ α-グルコース + β-フルクトース</p>	
問2	<p>[アルコール発酵を表す化学反応式]</p> $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$	
問3	<p>[化学反応式]</p> $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \left[\text{H}_2\text{C}=\text{CH}(\text{OH}) \right] \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$ <p style="text-align: center;">アセチレン ビニルアルコール (不安定) アセトアルデヒド</p>	
	<p>[化合物Aが生じる理由]</p> <p>アセチレンに水を付加させると、不安定なビニルアルコールを経て、直ちにアセトアルデヒドに変わるため。</p>	
問4	<p>[化合物Bの名称]</p> <p style="text-align: center;">1,2-ジクロロエタン</p>	<p>[化合物Cの名称]</p> <p style="text-align: center;">塩化ビニル</p>
	<p>[化合物Bの構造式]</p>	<p>[化合物Cの構造式]</p>
問5	<p>[計算過程]</p> <p>炭素 : $264 \times 12.0/44.0 = 72.0 \text{ mg}$ 水素 : $126 \times 2.0/18.0 = 14.0 \text{ mg}$ $\text{C}:\text{H} = 72.0/12:14.0/1 = 6:14 = 3:7$ 主鎖のC原子が2つ、H原子が4つであることから、 アミノ酸分子のC:Hの比が3:7となる側鎖Rは、 ② : $-\text{CH}_3$, ⑤ : $-\text{CH}_3\text{O}$, ⑥ : $-\text{CH}_3\text{S}$, ⑩ : $-\text{C}_4\text{H}_{10}\text{N}$ の4つとなる。</p>	
	<p>[α-アミノ酸の番号]</p> <p style="text-align: center;">②, ⑤, ⑥, ⑩</p>	

問6	<p>[2つの鏡像異性体の構造式]</p> 
問7	<p>[反応の名称] ビウレット反応</p> <p>[呈色しない理由] ビウレット反応では、ペプチド結合部位でCu²⁺と配位結合を形成して赤紫色になる。この反応は、2個以上のペプチド結合をもつ分子でみられるため。</p>
問8	<p>[融点が高い理由] 一般に、脂肪酸の融点は、炭素原子の数が同じであれば、C=C結合が多くなるほど低くなるから。</p> <p>[脂肪酸Eの示性式] C₁₇H₃₅COOH または CH₃-(CH₂)₁₆-COOH</p>
問9	<p>セルロース分子のセロビオース構造</p> 

○ 化 学 ○ (その3)

解 答 用 紙

第3問

点

問 1	(1)	[a] 極性	[b] イオンどうし
		[c] イオンと水分子	[d] グルコース
		[e] ヨウ素	[f] 無極性溶媒
問 2	(1)	[あ] $\frac{V_1}{RT}$	
	(2)	[い] $n_2 + x$	
	(3)	[う] $P_1 - \frac{P_2}{2}$	
	(4)	[N ₂ の物質質量] $2x$ mol	[O ₂ の物質質量] 3.5×10^{-5} mol
	(5)	<p>[計算過程]</p> <p>それぞれの分圧が1.013×10^5 Paのとき , 0.10 Lの水に溶解するN₂, O₂の物質質量はそれぞれ7.1×10^{-5} mol, 1.4×10^{-4} molである。混合気体におけるN₂, O₂の分圧はそれぞれ, 全圧の$\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$ である。 従って, 水に溶解したN₂, O₂の物質質量は次式で求められる。</p> <p>N₂ : $7.1 \times 10^{-5} \times \frac{3}{4} = 5.33 \times 10^{-5}$ mol</p> <p>O₂ : $1.4 \times 10^{-4} \times \frac{1}{4} = 0.350 \times 10^{-4} = 3.50 \times 10^{-5}$ mol</p>	
	[N ₂ の物質質量] 5.3×10^{-5} mol	[O ₂ の物質質量] 3.5×10^{-5} mol	

問 2	(6)	<p>[計算過程]</p> <p>水に溶解したN_2の物質量は $5.3 \times 10^{-5} \text{ mol}$ である。</p> <p>標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L であるので</p> $5.3 \times 10^{-5} \times 22.4 = 118 \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-3}$	<p>[N_2の体積]</p> 1.2×10^{-3} <p>L</p>
	(7)	<p>[主な理由]</p> <p>塩化水素は水への溶解度が大きい気体である。ヘンリーの法則は水に溶けにくく溶解度の小さい気体に対して成り立つ。</p>	
問 3	(1)	過冷却	
	(2)	A	
	(3)	C	
	(4)	<p>[理由]</p> <p>溶液を冷却するとまず溶媒のみが凝固するので、残った溶液の濃度が上昇し、凝固点降下が大きくなるため。</p>	
	(5)	<p>[計算過程]</p> <p>グルコース（分子量180）水溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] は、</p> $m \text{ [mol/kg]} = (3.6/180) \text{ mol} / 0.10 \text{ kg} = 0.20 \text{ mol/kg}$ <p>よって、</p> $\Delta t_f \text{ [K]} = K_f \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]} \times m \text{ [mol/kg]}$ $0.37 \text{ K} = K_f \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]} \times 0.20 \text{ (mol/kg)}$ $K_f \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]} = 0.37 \text{ K} / 0.20 \text{ (mol/kg)}$ $= 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$	<p>[水のモル凝固点降下]</p> 1.9 <p>K·kg/mol</p>



○ 化 学 ○ (その4)

解 答 用 紙

第3問

点

問 3		<p>[塩化カルシウム水溶液に対する蒸気圧曲線の記号]</p> <p style="text-align: center;">(c)</p> <p>[理由]</p> <p>グルコース水溶液，塩化カルシウム水溶液ともに溶媒は水であることからモル沸点上昇K_bは同じ値であり，沸点上昇は電離して存在する全ての溶質粒子（分子やイオン）の質量モル濃度に比例することになる。</p> <p>塩化カルシウム（CaCl_2，モル質量110 g/mol）は，その水溶液中で $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ と完全に電離していることから，塩化カルシウム水溶液における溶質粒子の質量モル濃度 m [mol/kg] は，</p> <p>(6) m [mol/kg] = $(1.48/110) \times 3 \text{ mol} / 0.10 \text{ kg} = 0.40 \text{ mol/kg}$</p> <p>となり，(5)の水溶液におけるグルコースの質量モル濃度より大きい。以上より，沸点上昇は，塩化カルシウム水溶液の方が大きくなる。よって，沸点は，水，グルコース水溶液，塩化カルシウム水溶液の順で高くなる。</p> <p>一方，沸騰は，液体の蒸気圧が外圧と等しくなったときに起こることから，図3-4の液体の沸点は，(a)(b)(c)の順で高くなる。</p> <p>したがって，曲線(c)が塩化カルシウム水溶液に対する蒸気圧曲線である。</p>		
		<p>[計算過程]</p> <p>氷180 g は，$180 \text{ g} / 18 \text{ (g/mol)} = 10 \text{ mol}$</p> <p>氷180 gを0 °Cで全て水にするために必要な熱量は</p> <p>$q_1 = 6.0 \text{ kJ/mol} \times 10 \text{ mol} = 60 \text{ kJ}$</p> <p>水180 gを0 °Cから100 °Cに加熱するために必要な熱量は</p> <p>$q_2 = 4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times 180 \text{ g} \times 100 \text{ K} = 75600 \text{ J} = 75.6 \text{ kJ}$</p> <p>(7) 水180 gを100 °Cで全て水蒸気にするために必要な熱量は</p> <p>$q_3 = 41 \text{ kJ/mol} \times 10 \text{ mol} = 410 \text{ kJ}$</p> <p>$q_1 + q_2 + q_3 = 60 + 75.6 + 410 \text{ kJ}$ $= 545.6 \text{ kJ}$</p>		
		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <tr> <td style="padding: 5px;">[熱量]</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">5.5×10^2</td> </tr> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 5px;">kJ</p>	[熱量]	5.5×10^2
[熱量]	5.5×10^2			