

○

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	(1)	[ア] 同位体 (アイソトープ)	[イ] β線	[ウ] 放射性同位体 (ラジオアイソトープ)
		[エ] 半減期	[オ] 同素体	[カ] オゾン(O ₃)
	(2)	[計算過程] 仮定より，自然界の水では9998 molのH₂Oに対して、 2 molの割合でDHOが含まれている。 90 gの水の中に含まれるDHOの物質量をA (mol) と置くと、 19 × A + 18 × 9998 ÷ 2 × A = 90 90001 A = 90 A ≒ 1.0 × 10⁻³ (mol) よってDHOの質量は 19 × 1.0 × 10⁻³ = 0.019 (g)		
	(3)	生存している生物中の¹⁴C 伐採されてからの年数 [年]		
		[計算過程] 1/16 = (1/2)⁴なので、 半減期を4回経ていることがわかる。 よって4 × 5730 = 22920 (年)		
	(4)	[伐採されてからの年数] 22920 年		
	(5)	ダイヤモンド	黒鉛 (グラファイト)	フラーレン
				カーボン ナノチューブ

第 1 問	第 2 問	第 3 問	合 計

問 2	(1)	[キ] アルミナ	[ク] 熔融塩電解 (融解塩電解)	[ケ] 陰	[コ] 陽
	(2)	[金属] Na	[水との化学反応式] $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$ (Naの代わりにLi, K, Ca, Baを用いた式でも可)		
	(3)	[理由] アルミニウムAlと水素Hのイオン化傾向を比較すると, Alの方が大きい。したがって, 水溶液の状態では電気分解を行うと, 溶媒中の水素イオンの方が陰極からの電子 e^- を受け取って単体の水素 H_2 を発生し, 単体のAlを得ることが困難になるため。			
	(4)	[下線部②のイオン反応式] $\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Al}$			
		[下線部③のイオン反応式] $\text{C} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO} + 2e^-$ (または $\text{C} + 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 4e^-$)			
	(5)	[法則の内容] 電気分解において, 電極で変化する物質の物質量は流れた電気量に比例する。			
	(6)	[計算過程] 流れた電気量は, $Q(\text{C}) = I(\text{A}) \times t(\text{s})$ より, $2.0 \times 10^4 \times 12 \times 60 \times 60 = 8.64 \times 10^8 (\text{C})$ 問題文に記載のファラデー定数の値 ($9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$)より, $8.64 \times 10^8 \div 9.6 \times 10^4$ $= 9.0 \times 10^3 (\text{mol})$			[流れた電子の物質量] 9.0×10^3 mol
(7)	[計算過程] 陰極の反応式(下線部(b)の反応式)より, 電子3 molが流れると, 単体のAlが1 molが生成する。 したがって, 陰極で生成するAlの質量は, $27.0 \text{ g/mol} \times 9.0 \times 10^3 \text{ mol} \div 3 \text{ mol} \div 1000 = 81 (\text{kg})$			[金属アルミニウムの質量] 81 kg	

○

化学

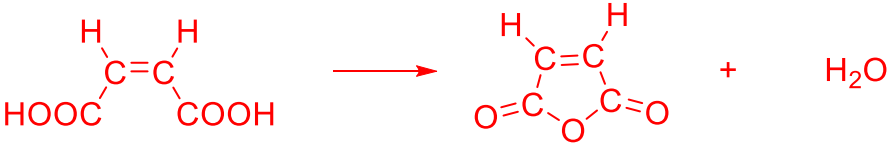
○

(その 2)

解 答 用 紙

第 2 問

点

問1	(1)	[化合物1～7の一般名(分類名)] 芳香族 (化合物)	[化合物1, 2, 8の一般名(分類名)] 炭化水素
	(2)	[化合物番号] 6, 7, 9, 14	[気体の物質名] 二酸化炭素
	(3)	[化合物番号] 3, 8	
	(4)	[化合物番号] 4, 8, 14	
	(5)	[構造異性体の関係にある化合物の組み合わせ] 1－2, 9－15, 11－12－16, 13－17	
	(6)	[化合物番号] 3, 5, 11	
	(7)	[化学反応式] 	
問2		[化合物番号] 7, 10, 11, 12	
	(1)	[ア] アミド	[イ] 縮合
	(2)	[化学反応式] $n \text{ HOOC}-(\text{CH}_2)_4\text{COOH} + n \text{ H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2 \longrightarrow$$\left[\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_4-\text{C}(=\text{O})-\text{N}(\text{H})-(\text{CH}_2)_6-\text{N}(\text{H}) \right]_n + 2n \text{ H}_2\text{O}$	

問2	(3)	[計算過程] ナイロン66の分子量は $n \times \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_2\text{N}_2$ すなわち, $226\ n$ これを100 kg合成するにはアジピン酸 $n \times \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$, すなわち$146\ n$ およびヘキサメチレンジアミン$n \times \text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2$, すなわち$116\ n$を反応させる必要がある。 $226\ n = 100\ \text{kg},\ n = 100 \div 226 = 0.4425$ $146\ n = 64.61\ \text{kg} \doteq 65\ \text{kg},\ 116\ n = 51.33\ \text{kg} \doteq 51\ \text{kg}$ したがって, アジピン酸は $65\ \text{kg}$, ヘキサメチレンジアミンは $51\ \text{kg}$ 必要である。	
		[アジピン酸の質量] 65 kg	[ヘキサメチレンジアミンの質量] 51 kg

化学 (その3)

解答用紙

第3問

点

問 1

〔計算過程〕

140 gの飽和水溶液について、表3-1より、塩化ナトリウムは80 °Cにて水100 gに40 g溶解している。これを20 °Cに冷却すると、水100 gに37.8 gの塩化ナトリウムが溶解することになる。

よって、析出量は
 $40.0 - 37.8 = 2.2 \text{ g}$

〔塩化ナトリウムの質量〕

2.2

g

〔計算過程〕

混合粉末中に含まれる塩化ナトリウムと硝酸カリウムは、それぞれ

 $\text{塩化ナトリウム } 160 \times 0.05 = 8 \text{ g}$ $\text{硝酸カリウム } 160 \times 0.95 = 152 \text{ g}$

80 °Cにおいて、表3-1より塩化ナトリウムの溶解度は40.0g/水100g、

硝酸カリウムの溶解度は169g/水100gなので、水200 gに塩化ナトリウムと硝酸カリウムは全て溶解している。

40 °Cでは、塩化ナトリウムの溶解度は38.3 g/水100 gなので、塩化ナトリウムは水200 gに全て溶解している。このため、析出したのは硝酸カリウムのみである。硝酸カリウムの溶解度は P g/水100gなので、水200gでは $2P$ g溶解する。

析出量は水200 gに対して24.0 g
なので、 $24.0 + 2P = 152$ となり、 $P = 64.0 = 64$ になる。

〔 P に当てはまる数値〕

64

〔計算過程〕

1.16 gの塩化ナトリウムの物質量は、 $1.16 / (23 + 35) = 0.02 \text{ mol}$
完全に電離しているので水溶液に溶解しているイオンの物質量は、 $0.02 \times 2 = 0.04 \text{ mol}$ である。浸透圧 π は、浸透圧の式 $\pi V = nRT$ より
 $\pi = 0.04 \times (8.3 \times 10^3) \times (273 + 27) / (300 / 1000)$

 $= 3.32 \times 10^5$ $= 3.3 \times 10^5 \text{ Pa}$

〔浸透圧〕

 3.3×10^5

Pa

〔高くなった側〕

左

〔計算過程〕

浸透圧 は、 $30 \times 100 = 3 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、

浸透圧の式 $\pi = cRT$ より、浸透圧に関係する化学種の濃度は $3 \times 10^3 = c (8.3 \times 10^3) \times 300$ から、 $c = 1.20 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

これは、塩化ナトリウムが完全に電離しているイオンとしての濃度
なので、塩化ナトリウムそのものの濃度は、

 $0.5 \times 1.20 \times 10^{-3}$ $= 6.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

〔塩化ナトリウム水溶液の濃度〕

 6.0×10^{-4}

mol/L

問2	(1)	[ア] 15	[イ] 分留		
		[ウ] ハーバー・ボッシュ	[エ] 鉄 (Fe、四酸化三鉄, Fe ₃ O ₄ なども可)		
	(2)	(a)	[計算過程] 全圧 x はボイル・シャルルの法則より $1.0 \times 10^7 \text{ Pa} / (273+27)$ $K = x \text{ Pa} / (273+447)$ $K, x = 2.4 \times 10^7 \text{ Pa}$ 全圧と、窒素および水素の物質量と全体の物質量を考慮して、 窒素の分圧 $2.4 \times 10^7 \times 1 / (1+3) = 6.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ 水素の分圧 $2.4 \times 10^7 \times 3 / (1+3) = 1.8 \times 10^7 \text{ Pa}$		
			[全圧] 2.4×10^7 Pa	[窒素の分圧] 6.0×10^6 Pa	[水素の分圧] 1.8×10^7 Pa
		(b)	$K = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} p_{\text{H}_2}^3}$		
		(c)	[計算過程] 得られたアンモニアの物質量は $114 / (14+1 \times 3) = 6.7 \text{ mol}$ $447 \text{ }^\circ\text{C}$, 10.0 L におけるアンモニアの分圧は、 $p_{\text{NH}_3} = 6.7 \times (8.3 \times 10^3) \times (273+447) / 10 = 4.00 \times 10^6 = 4.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ アンモニア生成の反応式は $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ であるから、生成したアンモニアの物質量の $1/2=0.5$ が窒素由来、 $3/2=1.5$ が水素由来である。よって、 窒素分圧は、 $p_{\text{N}_2} = 6.0 \times 10^6 - 0.5 \times 4.0 \times 10^6 = 4.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ 水素分圧は、 $p_{\text{H}_2} = 1.8 \times 10^7 - 1.5 \times 4.0 \times 10^6 = 1.2 \times 10^7 \text{ Pa}$ よって、圧平衡定数 K は $K = (4.0 \times 10^6)^2 / \{ (4.0 \times 10^6) (1.2 \times 10^7)^3 \}$ $= 1/432 \times 10^{-12} = 2.3 \times 10^{-15} \text{ Pa}^{-2}$		
			[窒素の分圧] 4.0×10^6 Pa	[水素の分圧] 1.2×10^7 Pa	[アンモニアの分圧] 4.0×10^6 Pa
			[圧平衡定数] 2.3×10^{-15}		[圧平衡定数の単位] Pa^{-2}
	(3)	(a)	オストワルト法		
		(b)	[過程 (i)] $-3 \rightarrow +2$		[過程 (ii)] $+2 \rightarrow +4$

○ 化学 ○
(その 4)
解 答 用 紙

第 3 問

--

点

問2	(4)	[計算過程] 式 (3-1) と式 (3-2) より、燃焼に必要なアンモニアの物質量はメタンの物質量に対して $8.9/3.8=2.34$ 倍。 同じ容積の容器なので、アンモニアの分圧は $(1.0 \times 10^4) \times 2.34 = 2.34 \times 10^4 = 2.3 \times 10^4$ Pa また、この時の完全燃焼に必要な酸素は、式 (3-2) よりアンモニアの物質量の $3/4=0.75$ 倍であるから、酸素の分圧は $2.34 \times 10^4 \times 0.75 = 1.76 \times 10^4 = 1.8 \times 10^4$ Pa	
		[アンモニアの分圧] 2.3×10^4 Pa	[酸素の分圧] 1.8×10^4 Pa