



2024 年度 順天堂大学

【 講 評 】

第1問は理論化学の小問集合。問1・3は完答したい。問2は水和水の分を考慮し忘れないように注意。問4は少し見慣れないかもしれないが pH の計算方法がわかっているれば取れるはず。問5は(1)~(3)を連立せず、Nに着目して解かないと時間が足りない。

第2問はラウールの法則。ここで一番差がつくであろう。問1を除いてはどれも解きにくいので時間次第でどれくらいまで解き進められるかが変わってくる。

第3問は有機化学。問2の(b)に関してはスッキリするような計算ではないため正答が導けなかったかもしれないが、それ以外に関してはそこまで難しくはないため解けるようにしたい。

記述問題（電離平衡・中和滴定）に関しては、オーソドックスな問題のため、マーク式の問題よりも案外得点しやすい。ここで高得点を取りたい。

【 解 答 】

I

第1問

問1 (a)③ (b)② (c)⑤

記号	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)	(vii)	(viii)	(ix)
化学式	HF	NH ₃	H ₂ O	CH ₄	N ₂	H ₂ S	HCN	CCl ₄	O ₂
非共有電子対	3	1	2	0	2	2	1	12	4
共有電子対	1	3	2	4	3	2	4	4	2
形	直線	三角錐	折れ線	正四面体	直線	折れ線	直線	正四面体	直線
極性の有無	有	有	有	無	無	有	有	無	無

問2 ③

$$(式) \frac{X \text{ g}}{120 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{0.1 \text{ kg}} = 2.0 \text{ mol/kg} \therefore X=24 \text{ g}$$

十水和物の水和水の分だけ溶媒が増えることに注意すると、

$$\frac{24 \text{ g}}{(120 + 10 \times 18) \text{ g/mol}} \times \frac{1}{(0.1 + \frac{24 \times 10 \times 18}{120 + 10 \times 18}) \text{ kg}} \doteq 0.70 \text{ mol/kg}$$

問3 (a) ⑥ (b) ②

1: 純溶媒 X, 2: 溶液 II (総粒子 $0.10 \times (1+0.8)=0.18\text{mol}$), 3: 溶液 I (総粒子 $0.18 \times (1+0.50)=0.27\text{mol}$) なので, $0.09 \times (0.27-0.18)/0.27=0.03$ °C

問4 (a) ③ (b) ⑤

(式) (a) $[D^+] \approx [OD^-]$ より, $pD = -\log_{10} \sqrt{1.6 \times 10^{-15}} = 8 - 2\log_{10} 2 = 7.4$

(b) $[OD^-] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ より $[D^+] = (1.6 \times 10^{-15}) / [OD^-] = 1.6 \times 10^{-13} = 2^4 \times 10^{-14}$

$\therefore pD = 14 - 4\log_{10} 2 = 12.8$

問5 (a) ③ (b) ④

(a) ① $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ③ 酸化数は NO_2 では+4, HNO_3 では+5, NO では+2

(b) $\frac{x \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = \frac{300 \text{ mL} \times 1.40 \text{ g/mL} \times \frac{60.0}{100}}{63 \text{ g/mol}}$ Nに着目すると, $\text{NH}_3 \text{ mol} = \text{HNO}_3 \text{ mol}$

$\therefore x = 89.6 \text{ L}$

第2問

問1 ①

(考え方) 溶液中の A の mol 分率を x とすると, $P_{\text{全}} = xP_A + (1-x) \times (0.50P_A) = (0.50P_A)x + 0.50P_A$ なので, 傾きと切片が両方とも $0.50P_A (>0)$ の一次関数のグラフを選べば良い。

問2 ③

(考え方) 蒸気中の A の mol 分率を y とすると, $y = \frac{xP_A}{P_{\text{全}}} = \frac{xP_A}{0.50P_A(x+1)} = \frac{2x}{x+1} = 2(1 - \frac{1}{x+1})$ であるので, $x = \frac{y}{2-y}$ 。よつ

て, $P_{\text{全}} = \frac{xP_A}{y} = \frac{P_A}{2-y}$ なお, $y=0$ については $P_{\text{全}} = \frac{P_A}{2}$, $y=1/3$ については $\frac{3P_A}{5}$, $y=2/3$ については $P_{\text{全}} = \frac{3P_A}{4}$, $y=1$ については

$P_{\text{全}} = P_A$ となるので y が大きくなるにつれ $P_{\text{全}}$ の増加率は大きくなる。

問3 (a) ⑤ (b) ③ (c) ⑤

(考え方) 47.0°C なので $P_A = 1.00 \times 10^5$ (問題文より大気圧での沸点が 47.0°C とある)。

$P_{\text{全}} = 0.50P_A(x+1) = 0.50(x+1) \times 10^5 = 8.00 \times 10^4$ なので, $x=0.60$ (\therefore mol 比=3:2)。

$xP_A : (1-x)P_B = xP_A : (1-x)(0.50P_A) = 2x : (1-x) = 1.20 : 0.40 = 3 : 1$ なので, 蒸気中の B の分圧は $8.00 \times 10^4 \times$

$1/(3+1) = 2.00 \times 10^4$ 。 $n_{\text{気}} = \frac{8.00 \times 10^4 \text{ Pa} \times 132.8 \text{ L}}{8.3 \times 10^3 \text{ Pa L} / (\text{K mol}) \times 320 \text{ K}} = 4.00 \text{ mol}$ なので, A は $4.00 \times 3/(3+1) = 3.00 \text{ mol}$ 。

問 4 (a)④ (b) ④

(考え方) 問 3 のときと A, B の mol は変わらないことに注意。(蒸気中の mol)+(溶液中の mol)は, A については $3.00+(9.00-4.00) \times 3/(3+2)=6.00$ mol, B については $4.00 \times 1/(3+1)+(9.00-4.00) \times 2/(3+2)=3.00$ mol。 $n_{\text{気}} =$

$$\frac{1.00 \times 10^5 \text{ Pa} \times 136.95 \text{ L}}{8.3 \times 10^3 \text{ Pa L}/(\text{K mol}) \times 330 \text{ K}} = 5.00 \text{ mol}$$

であるから, 蒸気中の A, B の mol 分率が $2x:(1-x)$ に注意すると, それぞれ $\frac{10x}{1+x}$

mol, $\frac{5(1-x)}{1+x}$ mol。すると, 溶液中の A は $(6 - \frac{10x}{1+x})$ mol となる。A, B 合わせた全物質量が 9.00 mol より, 溶液中の A

の物質量は $(9.00-5.00) \times x = 4.00x$ [mol]。よって $(6 - \frac{10x}{1+x}) = 4.00x$ 。これを解くと, $x = \frac{-2 + \sqrt{10}}{2} \doteq 0.58$ 。

$$P_{\text{全}} = 0.50P_A(x+1) = 0.79P_A = 1.00 \times 10^5 \text{ より } P_A = 1.26 \times 10^5$$

$$\therefore P_B = 0.50 \times (1.26 \times 10^5) = 6.32 \times 10^4 \text{ Pa}$$

問 5 ④

(考え方) A がない(A の mol 分率が 0)ときは B のみなので B の沸点 98.0°C 。A しかない(A の mol 分率が 1)のとき A の沸点 47.0°C 。 57°C のとき, A の mol 分率は 0.58 であったのでそのようになっているグラフを選べば良い。

第 3 問

問 1 (a) ④ (b) ② (c) ④ (d) ③

$$\text{C: } \frac{52.8 \text{ mg}}{44 \text{ g/mol}} = 1.20 \text{ mmol}, \text{ H: } \frac{13.5 \text{ mg}}{18 \text{ g/mol}} \times 2 = 1.50 \text{ mmol}$$

なので, C:H=1.2:1.5=4:5

分子式は $(\text{C}_4\text{H}_5)_n$ (mol 質量 $53n \text{ g/mol}$) と表せる。状態方程式より,

$$(1.00 \times 10^5) \text{ Pa} \times 1.245 \text{ L} = (3.18/53n) \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 500 \text{ K} \therefore n=2$$

C_8H_{10} の不飽和度は 4 なのでベンゼン環以外は単結合。ベンゼン環以外の C2 個については一置換体 1 種と二置換体 3 種 (*o*-, *m*-, *p*-) が存在する。ニトロ基の導入の仕方が 1 種のみなので対称性の高い A として *p*-キシレンを考える。B はテレフタル酸である。

問 2 (a) (i) ③ (ii) ④ (iii) ③ (b) (i) ⑤ (ii) ②

$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ (Iu=1: エステル結合以外は単結合)。R-COO-R' で考えられるものは以下の通り:

R- カルボン酸	-R' アルコール
H- ※カルボン酸かつ銀鏡反応陽性⇒ギ酸	-C-C-C
H- ※カルボン酸かつ銀鏡反応陽性⇒ギ酸	-C(CH ₃)-C ※ヨードホルム陽性
C-	-C-C ※ヨードホルム陽性
C-C-	-C

2 種のエステルを用意した際に「酸化によって得られたカルボン酸は加水分解で得られた 2 種類のカルボン酸と同じ」になるためには上の網掛けの組み合わせにする必要がある。上をエステル A, 下をエステル B とする。

加水分解された A, B の mol を x, y mol とすると, 全部で $(352.0-70.4) \text{ g} \div 88 \text{ g/mol} = 3.2 \text{ mol}$ あるので, $x+y=3.2 \text{ mol}$ …

①。加水分解後のアルコールを酸化する割合を α とすると, HCOOH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$, $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$, CH_3OH の分子量が 46, 74, 60, 32 であるから, $(60x+32y)(1-\alpha) = 68.0 \text{ g}$ …②, $46x+74y+74x\alpha+46y\alpha = 293.6 \text{ g}$ …③

①と②より, $(28x+102.4)(1-\alpha) = 68.0 \therefore 28x(1-\alpha) = 68-102.4(1-\alpha)$ …(*)

①と③より、 $-28x(1-\alpha)+236.8+147.2\alpha=293.6$ (*)を代入して

$$102.4(1-\alpha)-68+236.8+147.2\alpha=293.6 \quad \alpha=0.50$$

(*)に $\alpha=0.50$ を代入して、 $14x=16.8 \therefore A[\text{g}]=(16.8/14)\text{mol} \times 88\text{g/mol}=105.6\text{g}$

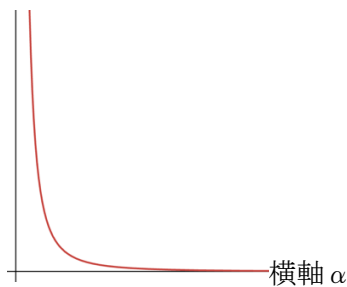
II

問1 (a) $K_a = \frac{c\alpha \times c\alpha}{c(1-\alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$ <注>この設問の時点では近似の指示がでていない。

(b) $C = \frac{K_a(1-\alpha)}{\alpha^2}$ α が非常に小的时候き： $C \cong \frac{K_a}{\alpha^2} \rightarrow$ 無限大に発散

$\alpha \rightarrow 1$ ： $C \rightarrow 0$ に注意すると以下の通り：

縦軸 C



(c) α が非常に小的时候きは、 $\alpha \cong \sqrt{\frac{K_a}{C}}$ なので、 $[\text{H}^+]=C\alpha \cong \sqrt{CK_a}$

よって、 $\text{pH}=-\log_{10}[\text{H}^+]=-\log_{10}(196^{1/2} \times 10^{-8/2})=4-\log_{10}2-\log_{10}7=2.85$

<注>対数の有効数字に関しては注意が必要(有効数字は小数点以下)。

問2 (a) ロ・ハ・ニ・ホ (b) NaOHは空気中の二酸化炭素を吸収し中和されたり、潮解性を示し水を吸収したりするため濃度が実際より小さくなる。したがって操作1の濃度の方が操作3の濃度より高い。

(c) シュウ酸溶液は $\frac{1.26\text{g}}{0.1\text{L}} = 0.1\text{mol/L}$ より、NaOH水溶液の濃度を $y\text{mol/L}$ とすると、

$$y\text{mol/L} \times 21.5\text{mL} \times 1 = 0.1\text{mol/L} \times 10\text{mL} \times 2$$

よって、溶液Aのmol濃度を $x\text{mol/L}$ とすると、

$$x\text{mol/L} \times (5/100) \times 10\text{mL} \times 1 = y\text{mol/L} \times 21.5\text{mL} \times 1 \quad \therefore x=4\text{mol/L}$$

質量パーセント濃度は、 $1\text{L}=1000\text{mL}(=1000\text{g})$ あたりで考えて、

$$4\text{mol} \times 60\text{g/mol} \div 1000\text{g} \times 100\%=24\%$$

お問い合わせは ☎0120-302-872

<https://keishu-kai.jp/>