

北九州工業高等専門学校

令和6年度 専攻科学力選抜試験 検査問題

## V群

(物理化学, 化学工学)

(配点)	<table border="1"><tr><td>1</td><td>100点</td></tr></table>	1	100点	<table border="1"><tr><td>2</td><td>100点</td></tr></table>	2	100点
1	100点					
2	100点					

### (注意事項)

1. 問題は指示があるまで開かないこと。
2. 問題は本紙を除き3枚あるため、検査開始の合図のあとに枚数を確認すること。
3. 検査中に問題の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気づいた場合、静かに手を高く上げて監督者に知らせること。
4. 解答用紙すべてに受験番号、氏名を記入すること。
5. 解答用紙のホッチキス留めは外さないこと。

( 3 枚中 1 枚)

北九州工業高等専門学校  
令和6年度 専攻科学力選抜試験 検査問題  
V 群 (物理化学, 化学工学)

1 次の物理化学に関する問いに答えなさい。特に断らない限り、気体は全て完全気体であり、系の圧力は1 [bar]とする。(配点 100 点)

問1 次の説明の下線部が正しければ○、誤りがあれば×を記入しなさい。

- (1) 気体分子の間で引力的な相互作用が強く働いている実在気体 X がある。この実在気体 X の圧縮因子  $Z$  は 1 より 小さい 値を示す。
- (2) 気体の膨張仕事を考える。最大の膨張仕事となるのは系が 可逆的に 変化する時である。
- (3) 気体が 等温膨張 する系においては、系の内部エネルギー変化  $\Delta U = 0$  である。
- (4)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  の標準反応エンタルピー  $\Delta_r H^\ominus$  は 温度に依存せず一定 である。
- (5) 同じ体積で温度が異なる 2 つの水に対して、同じ量のエネルギーを熱として加えた場合の系のエントロピー変化  $\Delta S$  を比較すると、元の温度が 高い 水の方が  $\Delta S$  は大きい。
- (6) 温度変化に対する固体、液体、気体状態のモルギブズエネルギー変化が図1のようであったなら、この物質は 昇華する 性質を持つ。

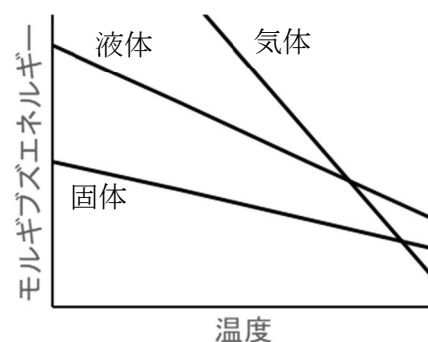


図1 ある物質の固体・液体・気体状態のモルギブズエネルギー変化

問2 安息香酸の酸解離平衡反応  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$  に関する次の問いに答えなさい。

- (1) 表1の熱力学データを用いて、298.15 [K]における標準反応ギブズエネルギー  $\Delta_r G^\ominus$  を求めなさい。気体定数  $R = 8.314 \text{ [J/(K mol)]}$
- (2) 問(1)の解を使って上記反応の298.15 [K]における平衡定数  $K$  を求めなさい。
- (3) 問(2)の解を使って298.15 [K]における0.10 [mol/dm<sup>3</sup>]安息香酸水溶液のpHを求めなさい。

表1 熱力学データ (298.15 [K])

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})$	$\text{H}^+(\text{aq})$
$\Delta_f G^\ominus / \text{[kJ/mol]}$	-245.3	-222.5	0

問3 ある化合物 A は水溶液中で1次反応速度式に従って化合物 P に変化する。反応開始時および30分後の化合物 A の濃度はそれぞれ0.200 [mol/dm<sup>3</sup>]、0.130 [mol/dm<sup>3</sup>]であった。次の問いに答えなさい。

- (1) この反応の反応速度定数  $k_r$  [1/s]を求めなさい。
- (2) この反応の半減期  $t_{1/2}$  [s]を求めなさい。
- (3) 化合物 A の濃度が初濃度の25%となるのは、反応開始から何分後か求めなさい。

( 3 枚中 2 枚)

北九州工業高等専門学校  
令和6年度 専攻科学力選抜試験 検査問題  
V 群 (物理化学, 化学工学)

2 次の化学工学に関する問いに答えなさい。(配点 100 点)

問1 蒸留における物質収支式と気液平衡曲線の式をそれぞれ以下に示す。低沸点成分 A および高沸点成分 B からなる系 ( $z=0.400$ ,  $\alpha=3.00$ ) の原料を  $100[\text{mol/h}]$  で供給し大気圧下でフラッシュ蒸留を留出流量  $50.0[\text{mol/h}]$  で行ったときの缶出液の低沸点成分組成を求めなさい。ただし、四則演算記号や根号 ( $\sqrt{\quad}$ ), 分数を含む式のままで良い。 $x$ ,  $y$ ,  $z$  はそれぞれ液相, 気相, 原料中の低沸点成分のモル分率[-],  $D$ は留出流量 $[\text{mol/h}]$ ,  $W$ は缶出流量 $[\text{mol/h}]$ ,  $\alpha$ は相対揮発度[-]を表す。

$$(y - z) = -\frac{W}{D}(x - z)$$

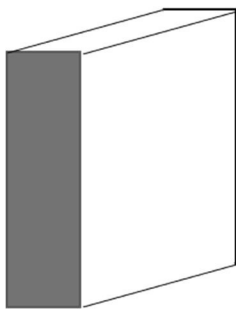
$$y = \frac{x\alpha}{(\alpha - 1)x + 1}$$

問2 以下の式は形状の違いによる伝熱量 $Q$  [W]の計算式を示している。各式が適用できる形状を図2より選びなさい。ただし、 $A$ は伝熱面積 $[\text{m}^2]$ ,  $b$ は熱が伝わる長さ $[\text{m}]$ ,  $T$ は伝熱物質の壁の温度 $[\text{C}]$ ,  $k$ は熱伝導度 $[\text{W}/(\text{m K})]$ を表す。また、添え字 1, 2 は熱が伝わる両端を表す。(着色部分を熱が伝わる)

$$(1) \quad Q = \frac{k}{b} \frac{A_2 - A_1}{\ln(A_2/A_1)} (T_1 - T_2)$$

$$(2) \quad Q = \frac{k}{b} \sqrt{A_1 A_2} (T_1 - T_2)$$

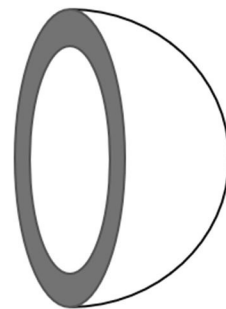
$$(3) \quad Q = \frac{k}{b} A (T_1 - T_2)$$



(ア) 平板



(イ) 円筒



(ウ) 球殻

図2 伝熱材の形状

( 3 枚中 3 枚)

北九州工業高等専門学校  
令和6年度 専攻科学力選抜試験 検査問題  
V 群 (物理化学, 化学工学)

問3 10[vol%]の  $\text{SO}_2$  を含むガスを 500[mol/h]で塔底に導入し, 最小液流量の水と向流接触させて  $\text{SO}_2$  を 95[%]除去したい。以下の間に答えなさい。また, 図3は気液平衡曲線を示し, 物質収支は以下の式で表される。式中の  $x$ ,  $y$ ,  $z$  はそれぞれ液相, 気相, 原料中の吸収物質のモル分率[-],  $G_i$ ,  $L_i$ はそれぞれ非吸収物質の気体流量[mol/h], 非吸収物質の液体流量[mol/h], 添え字 1, 2は塔底, 塔頂を表す。以下の間に答えなさい。

$$G_i \left( \frac{y_1}{1-y_1} - \frac{y_2}{1-y_2} \right) = L_i \left( \frac{x_1}{1-x_1} - \frac{x_2}{1-x_2} \right)$$

- (1) 出口における水中の  $\text{SO}_2$  モル分率  $x_1$  を求めなさい。
- (2) 問題の条件における  $G_i$ [mol/h]を求めなさい。

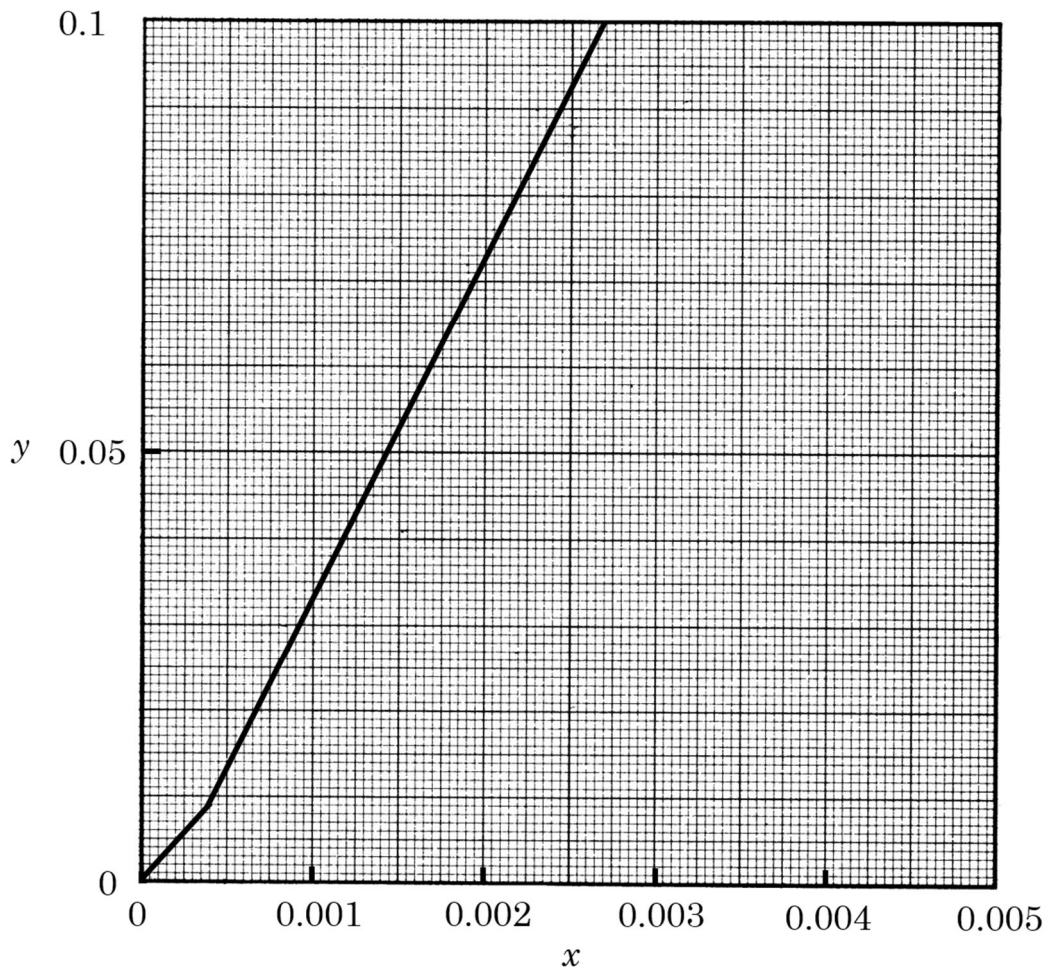


図3 気液平衡曲線