

บทที่ ๘

เครื่องมือและวิธีการทดลอง



๘.๑ เครื่องมือ

เครื่องมือสำหรับการศึกษาการถ่ายเทมวลสารของแอมโมเนียใช้เครื่องมือจากการศึกษาภาคแรกนำมาดัดแปลงเล็กน้อย เครื่องก็ประกอบด้วย หอทดลอง เครื่องกรองน้ำ ถังพัก เครื่องอัดอากาศ เม็ดของแข็ง ส่วนที่เพิ่มมีแก๊สแอมโมเนีย และกรดเกลือมาตรฐาน

๘.๑.๑ ก๊าซแอมโมเนีย

ก๊าซแอมโมเนียบรรจุอยู่ในถังภายใต้ความดันสูง ถังหนึ่งสามารถบรรจุแอมโมเนียได้ ๑๐๐ กิโลกรัม

๘.๑.๒ เครื่องมือผนวก

๘.๑.๒.๑ ขวดเก็บตัวอย่าง

เป็นขวดแก้วใสรูปกรวย ขนาดจ ๒๕๐ ลูกบาศก์เซนติเมตร (มิลลิลิตร) พร้อมลูกยาง

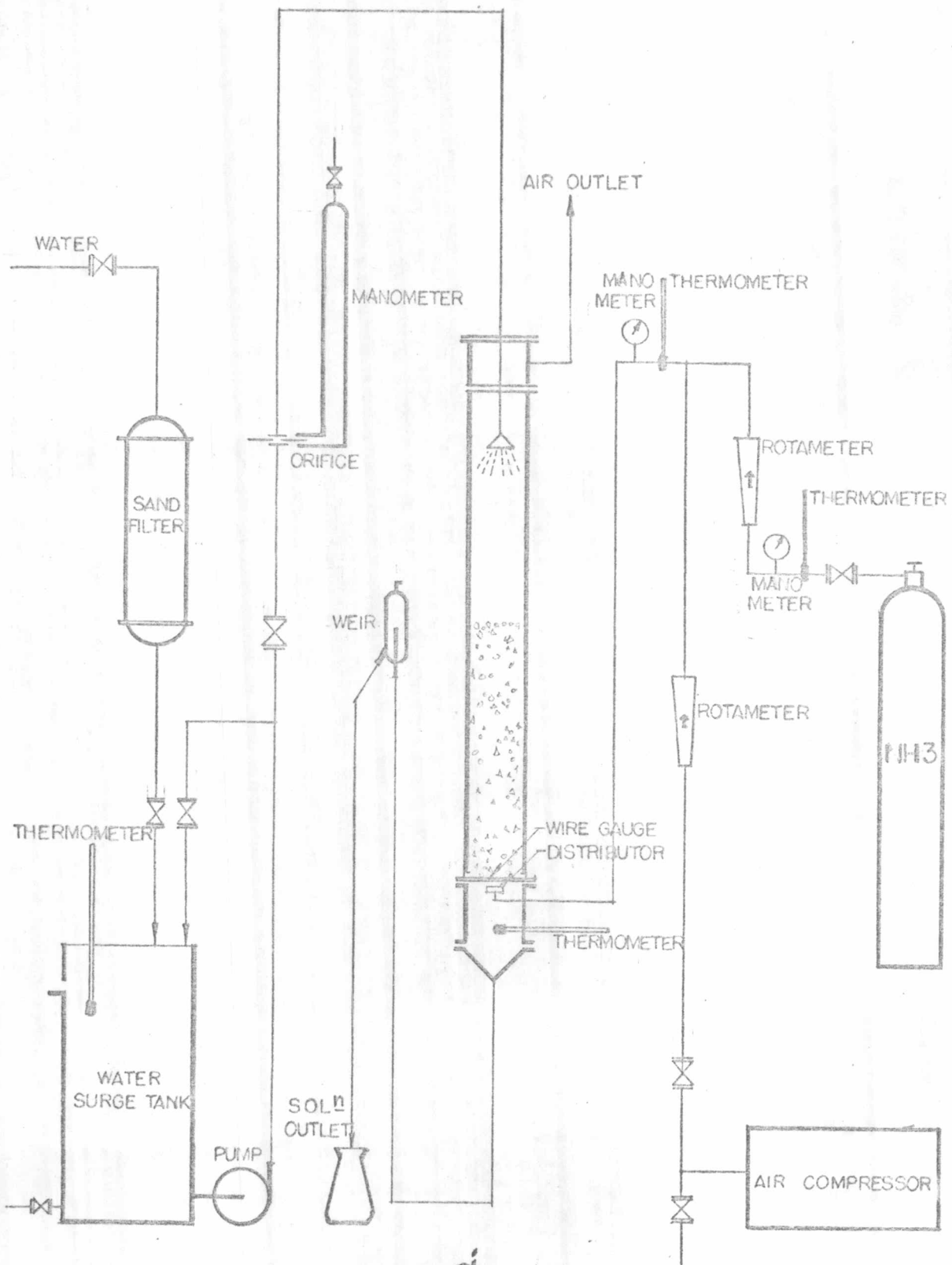
๘.๑.๒.๒ กรดเกลือมาตรฐาน

เตรียมกรดเกลือมาตรฐานเข้มข้น ๐.๑ นอร์มอล ด้วยวิธีของ VOGEL (48) จากกรดเกลือเข้มข้นสามารถตรวจหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานนั้นด้วย anhydrous sodium carbonate สารละลายที่ได้เก็บไว้ในถังขนาด ๒๐ ลิตร

๘.๒ วิธีทดลอง

๘.๒.๑ การไหลเวียนของน้ำ

ระบบการไหลเวียนของน้ำก็เหมือนกับการศึกษาในภาคแรก คือ น้ำประปาจะถูกกรองในหม้อกรองแล้วไหลลงสู่ถังพัก จากนั้นน้ำถูกสูบด้วยเครื่องสูบน้ำไปยังส่วนบนของ



Sum. 22 .

หอทดลอง ผ่าน เบดออกทางส่วนล่างไปยังท่อน้ำทิ้ง ความเร็วของน้ำที่ใช้มีความเร็ว ตั้งแต่ ๐.๓๓๓ ถึง ๐.๔๓๖ ซม. ต่อวินาที การวัดอุณหภูมิของน้ำวัดทั้งก่อนเข้าและ หลังจากผ่านเบดแล้ว เพื่อดูความแตกต่างของอุณหภูมิโดยใช้ เทอร์โมมิเตอร์แบบ ละเอียด อุณหภูมิที่วัดได้ต่างกันไม่เกิน ๒° เซลเซียส

#### ๘.๒.๒ การไหลเวียนของก๊าซ

##### ๘.๒.๒.๑ อากาศ

อากาศจากเครื่องวัดอากาศถูกบังคับด้วย regulator เพื่อปรับความกดดันและความเร็วให้คงที่ ส่วนความเร็วของอากาศนั้นถูกวัดด้วย Rotameter เมื่อผ่านมาถึง gas distributor มันจะก่อตัวเป็นฟองลอยผ่านเบดขึ้นไป ออกทางส่วนบนของหอทดลอง อากาศก่อนผ่านเบดถูกวัดความกดดันด้วย manometer และวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์อย่างละเอียด

##### ๘.๒.๒.๒ แอมโมเนีย

แอมโมเนียจากถังเหล็ก ถูกปล่อยออกมาผ่าน regulator เพื่อปรับความเร็วและความกดดันให้พอเหมาะ วัดอุณหภูมิโดยเทอร์โมมิเตอร์อย่างละเอียด ปริมาณที่ปล่อยมานั้นถูกวัดด้วย Rotameter อีกทีหนึ่ง หลังจากนั้นจะไปผสมกับอากาศก่อน เข้าในหอทดลอง ความเข้มข้นของก๊าซผสมคิดเป็นอัตราส่วนของโมเลกุล (mole fraction) งานทดลองนี้มีค่าตั้งแต่ ๐.๑๒๔ ถึง ๐.๓๔ ความเร็วของก๊าซผสมที่ใช้ตั้งแต่ ๔.๓๔ ถึง ๑๐ ซม. ต่อวินาที

#### ๘.๒.๓ การเก็บตัวอย่างสารละลาย

หลังจากเปิดเครื่องทิ้งไว้สักครู่ ทุกอย่างในหอทดลองอยู่ในสภาวะ สมดุลย์แล้ว เริ่มเก็บตัวอย่างของสารละลายตรงทางออกส่วนล่างของหอทดลอง เวลาเก็บ พยายามให้สายยางที่เป็นทางออกอยู่ส่วนกันของขวดเก็บตัวอย่างให้มากที่สุด เพื่อกันการระเหยของแอมโมเนียไปในอากาศ เมื่อเต็มขวดเก็บตัวอย่าง รีบปิดจุกทันที การเก็บตัวอย่าง จะเก็บห่างกันประมาณ ๕ ถึง ๑๐ นาที เพื่อเป็นการตรวจสอบดูว่า การทดลองอยู่ในสภาวะ สมดุลย์จริงหรือไม่

๘.๒.๔ การตรวจหาปริมาณของแอมโมเนียในสารละลาย

ใช้สารละลายที่มีแอมโมเนีย ๒๕ ml. titrate กับ กรดเกลือ  
มาตรฐาน จากข้อ ๖.๑.๒.๒ จำนวนของแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำ คำนวณได้จาก

$$C = \frac{N_1 V_1}{25 \times 1000} \quad (82)$$

C = ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำ (mole / ซม.<sup>3</sup>)

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือ (Normal)

V = ปริมาณของกรดเกลือที่ใช้ (ml.)

๘.๒.๕ การหาค่าของสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทมวลสาร

(Mass transfer coefficient)

ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่า การถ่ายเทมวลสารของก๊าซแอมโมเนีย  
ในน้ำเป็นระบบที่ควบคุมด้วย gas film control ดังนั้นสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทจึงได้  
ชื่อว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารบนด้านก๊าซ อาจเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$k_G a = \frac{N_{NH_3}}{V \Delta P_{1n}} \quad (83)$$

หรือ

$$k_G a = \frac{Q_L (C_2 - C_1)}{V P \Delta Y_{1n}} \quad (84)$$

$N_{NH_3}$  = ปริมาณของแอมโมเนียที่ถูกดูดกลืนด้วยน้ำ (โมล/วินาที)

$k_G a$  = Volumetric mass transfer coefficient

V = ปริมาณของเบด (ซม.<sup>3</sup>)

a = specific exchange surface (ซม.<sup>2</sup>/ซม.<sup>3</sup>)

$C_1$  = ความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำ ขาเข้าหอทดลอง (โมล/ซม.<sup>3</sup>)

$C_2$  = ความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำ ขาออกจากหอทดลอง (โมล/ซม.<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} \Delta y_{\ln} &= \text{Logarithmic mean of mole fraction} \\ &= \frac{(y_1 - y_i) - (y_2 - y_i)}{\ln \frac{(y_1 - y_i)}{(y_2 - y_i)}} \end{aligned}$$

$y_i$  = จำนวนสัดส่วนของโมเลกุลของแอมโมเนียที่สมดุลย์

หรือที่จุดผิวสัมผัส

$y_1$  = จำนวนสัดส่วนของโมเลกุลของแอมโมเนียในก๊าซผสม  
ขาเข้าหอทดลอง

$y_2$  = จำนวนสัดส่วนของโมเลกุลของแอมโมเนียในก๊าซผสม  
ขาออกจากเบด

ในการทดลองครั้งนี้ ใช้แต่น้ำบริสุทธิ์ ดังนั้นความเข้มข้นของ  $c_1$  ของ  
แอมโมเนียตอนขาเข้าจึงมีค่าเป็นศูนย์แทนค่า  $c_2$  จากสมการที่ (82) ก็สามารถหาค่า  
 $k_G a$  ได้

#### ๔.๒.๔ Diffusivity of ammonia in water

มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ศึกษาถึงการแพร่กระจายของก๊าซต่าง ๆ  
ในของเหลว อาทิเช่น SCHEIBEL (49) หรือ OTHMER et al (50) หรือ  
WILKE et al (51) เป็นต้น ได้ทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิที่กว้างขวางตั้งแต่ 0°  
เซลเซียส ถึง 40° เซลเซียส WILKE et al (51) สามารถสรุปผลการทดลอง  
และเสนอเป็นสมการของ diffusivity ที่ใช้สำหรับ non-electrolytes gases  
ในของเหลว ที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ของสารที่แพร่กระจายเข้าไปในของเหลวดังนี้

$$\frac{D_f \mu_L}{T} = \frac{7.4 \times 10^{-8} (XM)^{0.5}}{V^{0.6}} \quad (85)$$

$D_f$  = diffusivity of solute at infinite dilution  
(cm/sec)

$\mu_L$  = Viscosity of liquid (centipoise)

T = temperature °K

$X$  = association parameter

$M$  = molecular weight of solvent

$V$  = molar volume of solute gas

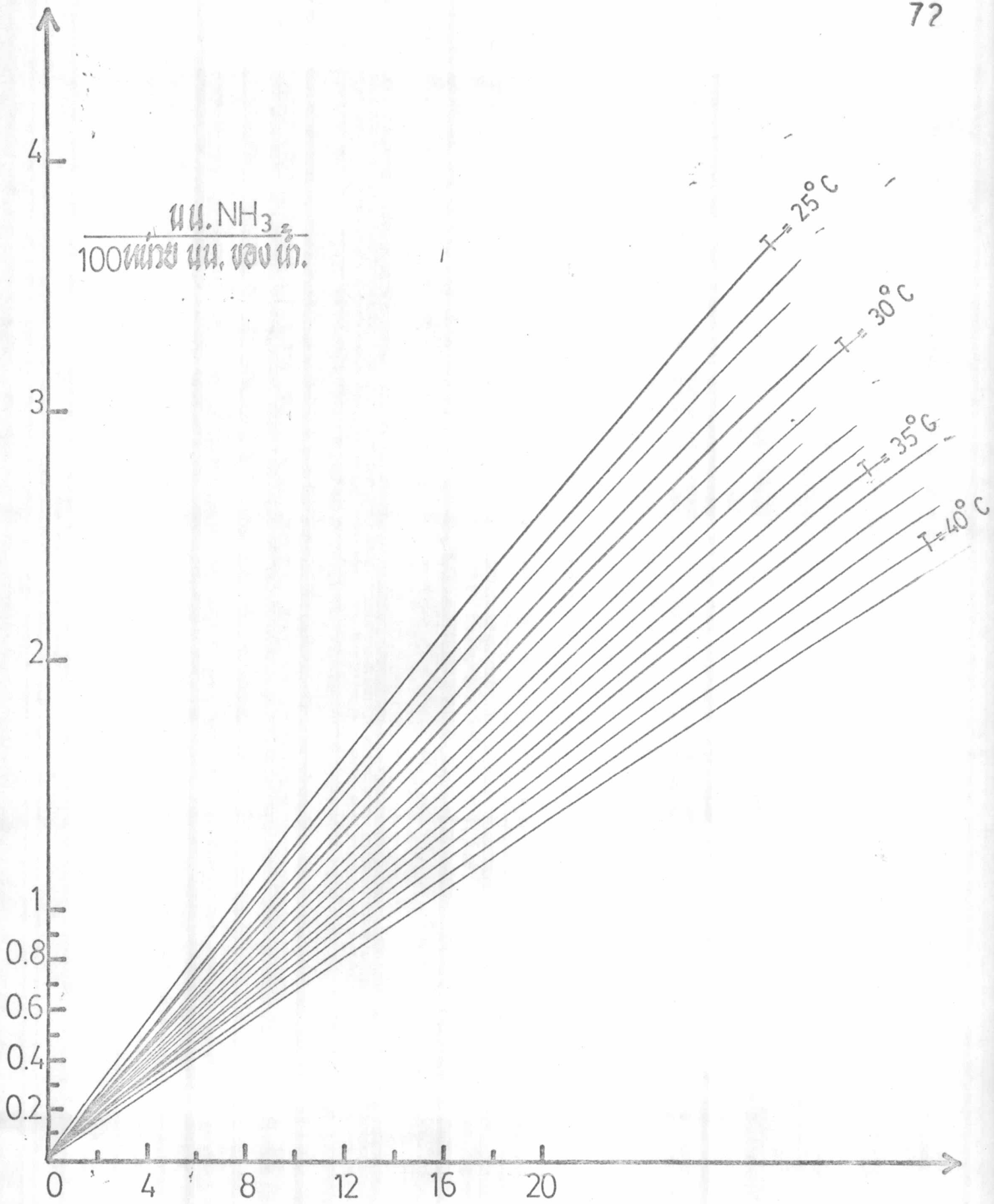
ในการทดลองครั้งนี้ ค่าของ diffusivity ของแอมโมเนีย จะใช้จากสมการของ WILKE และ CHANG ตลอด

#### ๘.๒.๖ Partial pressure ของแอมโมเนียที่ interface

Partial pressure ที่ interface ของก๊าซแอมโมเนียที่สมดุลย์ กับความเข้มข้นของแอมโมเนียในสารละลายขณะนั้น การทดลองนี้จะนำผลการทดลองที่ปรากฏ อยู่ในเอกสารอ้างอิง International Critical tables<sup>(29)</sup> มาใช้ตลอดการทดลอง ดังในรูปที่ 22' ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง partial pressure กับความเข้มข้นของ แอมโมเนียต่อน้ำ 100 ส่วนที่อุณหภูมิต่าง ๆ

#### ๘.๒.๗ คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของ Viscosity และความหนาแน่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถหีบยกค่าเหล่านี้จากเอกสารอ้างอิง International Critical tables<sup>(29)</sup>



mm.  $\text{NH}_3$   
100 mm.  $\text{H}_2\text{O}$   $\text{NH}_3$

mm.  $\text{H}_2\text{O}$   $\text{NH}_3$   
SU. 22.