



บทที่ 5

การทดลองหาอัตราการคุกกลืนแอมโมเนียในสารละลายของแอมโมเนียกับน้ำ

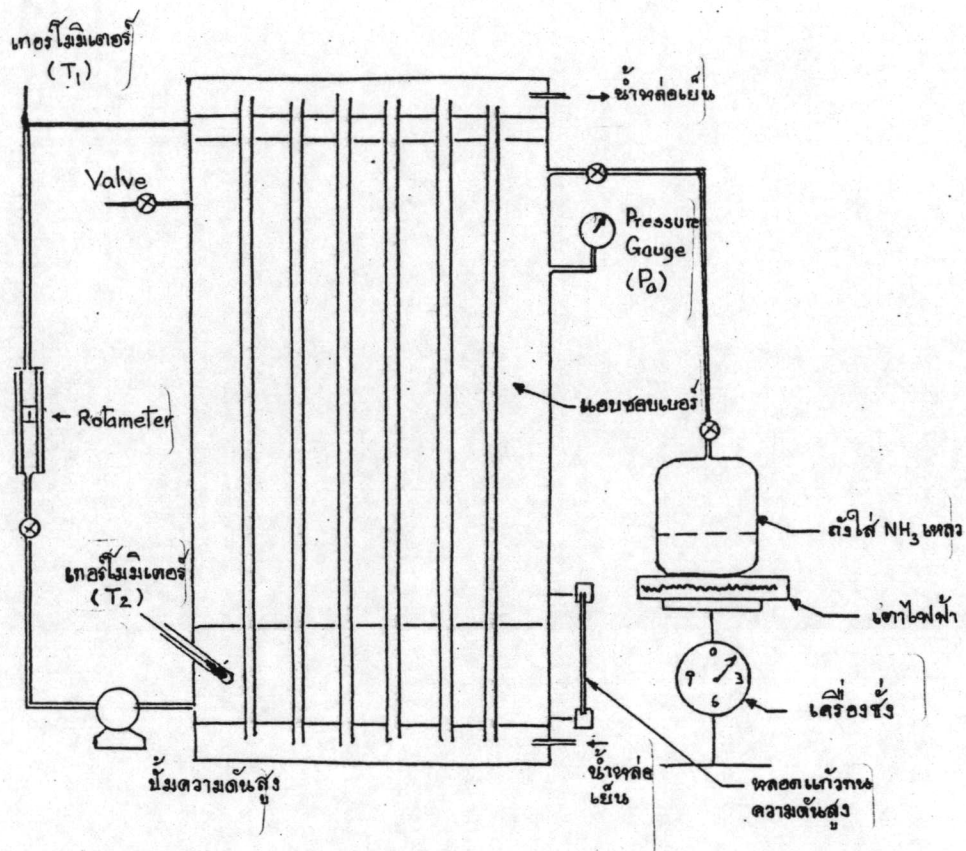
5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองหาอัตราการคุกกลืนแอมโมเนียในสารละลายของแอมโมเนียกับน้ำ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

- (1) แอบซอบเบอร์
- (2) Rotameter
- (3) บั้มความดันสูง พร้อมมอเตอร์ขนาด 1 กำลังม้า
- (4) เครื่องชั่ง
- (5) เตาไฟฟ้าขนาด 600 วัตต์
- (6) ถังใสแอมโมเนียเหลว
- (7) วาล์ว
- (8) เครื่องวัดความดันแอมโมเนีย ขนาด - 14.7 ถึง 300 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว เกจ
- (9) เทอร์โมมิเตอร์ ขนาด 0° ซ. - 100° ซ.

5.2 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

เมื่อประกอบเครื่องมือต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการทดลองตามรูปที่ 5 - 1 แล้วให้ป้อนสูญญากาศ คุกเอาอากาศออกจากแอบซอบเบอร์ประมาณ 30 นาที จนได้ความดันภายในแอบซอบเบอร์เกือบจะเป็นสูญญากาศ แล้วเติมน้ำเข้าไปในแอบซอบเบอร์ 2.64 ปอนด์ เมื่อเติมน้ำแล้วก็ให้ป้อนสูญญากาศ คุกเอาอากาศออกจากแอบซอบเบอร์อีกครั้งหนึ่งนานประมาณ 30 นาที เมื่อทำการคุกเอาอากาศออกจากแอบซอบเบอร์ครั้งที่สองนี้แล้ว ภายในแอบซอบเบอร์ไม่ควรจะมีอากาศหลงเหลืออยู่ เพราะจะถูกไล่ที่ด้วยไอของน้ำ



รูป 5 - 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองหาอัตราการนำความร้อนของแอมโมเนียในสารละลายของแอมโมเนียกับน้ำ

การเก็บข้อมูล

- (1) จดน้ำหนักของถังใส่แอมโมเนียเหลวซึ่งวางอยู่บนเครื่องชั่ง
- (2) เปิดวาล์วเพื่อให้แอมโมเนียระเหยเข้าไปในแอมบซอบเบอร์ และเริ่มจับเวลา เมื่อแอมโมเนียระเหยออกจากถัง จะทำให้ถังใส่แอมโมเนียเย็นลง จึงจำเป็นต้องใช้เตาไฟฟ้าให้ความร้อนกับถังใส่แอมโมเนีย
- (3) เมื่อมีความดันสูง ปรับระดับของลูกลอยภายใน rotameter ให้อยู่ที่คงที่ที่ rotameter reading ต่าง ๆ ที่ต้องการ

- (4) จกเวลา, อุณหภูมิ, ความดัน และน้ำหนักของแอมโมเนียเหลวบนเครื่องชั่ง เมื่อน้ำหนักของแอมโมเนียเหลวลดลงไปทุก ๆ 40 กรัม และในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้น้ำหล่อเย็นประมาณ 170 ปอนด์ต่อชั่วโมง

5.3 ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิธีการคำนวณ และผลการทดลอง

จากการทดลอง 5 ครั้ง โดยปรับให้ลูกลอยของ rotameter อยู่ที่ rotameter reading 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 100 % จะได้อัตราการไหลของสารละลายแอมโมเนียในน้ำเท่ากับเท่าใดนั้นจะดูได้จากตารางที่ 5 - 1, 5 - 2, 5 - 3, 5 - 4 และ 5 - 5 ตามลำดับ และการ calibrate rotameter ว่าที่ rotameter reading ต่าง ๆ มีอัตราการไหลของสารละลายแอมโมเนียในน้ำเท่ากับเท่าใดนั้นจะดูได้จากตารางที่ ง. - 3 ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ง.

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในตารางที่ 5 - 1 ถึง 5 - 10 มีความหมายดังต่อไปนี้

คือ

T_1	หมายถึงอุณหภูมิของสารละลายก่อนที่จะเข้าไปในแอมชอบเบอร์
T_2	หมายถึงอุณหภูมิของสารละลายภายในแอมชอบเบอร์
P_a	หมายถึงความดันที่อ่านได้ภายในแอมชอบเบอร์
W	หมายถึงน้ำหนักของแอมโมเนียบนเครื่องชั่ง
L	หมายถึงระดับของสารละลายในแอมชอบเบอร์
W_3	หมายถึงน้ำหนักของแอมโมเนียที่ถูกดูดกลืน
C_a	หมายถึงความเข้มข้นของแอมโมเนียที่อยู่ในแอมชอบเบอร์
$P_{sat.}$	หมายถึงความดันอิ่มตัวของสารละลายที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิเดียวกันกับ P_a

วิธีการคำนวณ

การคำนวณหาปริมาตรของแอมโมเนียแก๊สในแอมชอบเบอร์ (V)

$$\begin{aligned}
 V &= \text{ปริมาตรของ shell} - \text{ปริมาตรของ tube} - \text{ปริมาตรของ} \\
 &\quad \text{สารละลายใน shell} \\
 &= A_1 \times l - 11 A_2 \times l - (A_1 - 11 A_2) \times L \\
 &= (A_1 - 11 A_2)(l - L)
 \end{aligned}$$

แทนค่า l, A_1, A_2

$$\text{จะได้ } V = 0.194 (4 - L) \dots\dots\dots(5.3.1)$$

สัญลักษณ์ที่ใช้

$$\begin{aligned}
 V &= \text{ปริมาตรของแอมโมเนียแก๊สในแอบซอบเบอร์, ลบ.ฟุต} \\
 L &= \text{ระดับของสารละลายในแอบซอบเบอร์, ฟุต} \\
 l &= \text{ความยาวของ tube ในแอบซอบเบอร์, 4 ฟุต} \\
 A_1 &= \text{พื้นที่หน้าตัดภายในของ shell, ตร.ฟุต} \\
 A_2 &= \text{พื้นที่หน้าตัดภายในนอกของ tube, ตร.ฟุต}
 \end{aligned}$$

การคำนวณหาปริมาณ ของแอมโมเนียแก๊สในแอบซอบเบอร์

เนื่องจากการทดลองนี้ความดันภายในแอบซอบเบอร์อยู่ระหว่าง 0 - 100 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว - สมบูรณ์ และอุณหภูมิเท่ากับ 86° ฟ.โดยประมาณ ซึ่งสำหรับแก๊สแอมโมเนียแล้วจะมีค่า Compressibility factor ระหว่าง 0.97 - 1.0⁽⁸⁾ แสดงให้เห็นว่าสมการของกฎของแก๊สอุดมคติจะให้ผลที่ผิดพลาด

จากกฎของแก๊สอุดมคติ⁽⁸⁾

$$PV = nRT \dots\dots\dots(5.3.2)$$

$$\therefore n = \frac{PV}{RT} \dots\dots\dots(5.3.3)$$

- P = ความดันของแก๊ส, ปอนด์ต่อตร.นิ้วสมบูรณ์
 V = ปริมาตรของแก๊ส, ลบ.ฟุต
 R = ค่าคงที่ของแก๊ส, 10.73 ปอนด์ต่อตร.นิ้วสมบูรณ์.ลบ.ฟุต/ปอนด์-
 โมล.แรงกิ้น (8)
 T = อุณหภูมิสมบูรณ์, แรงกิ้น
 n = จำนวนโมลของแก๊ส, ปอนด์-โมล

เนื่องจากสัดส่วนของความดันของน้ำมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสัดส่วนของความดันของแอมโมเนีย ดังนั้นในการคำนวณจะไม่คำนึงถึงสัดส่วนของความดันของน้ำ โดยจะถือว่า สัดส่วนของความดันของแอมโมเนีย เท่ากับความดันรวม

ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลบรรทัดที่ 10 ของการทดลองครั้งที่ 1 (ตารางที่ 5 - 1) แทนค่า

$$L = 0.262 \text{ ฟุต ในสมการที่ (5.3.1) และ } P = 34.7 \text{ ปอนด์ต่อตร.นิ้วสมบูรณ์,}$$

$$T = 569.7 \text{ แรงกิ้นในสมการที่ (5.3.3) จะได้}$$

$$V = 0.194 (4 - 0.262) \quad \text{ลบ.ฟุต}$$

$$= 0.725 \quad \text{ลบ.ฟุต}$$

$$n = \frac{34.7 \times 0.725}{10.73 \times 569.7}$$

$$= 4.11 \times 10^3 \quad \text{ปอนด์-โมล}$$

$$\text{ดังนั้นจะได้ } W_1 = 4.11 \times 10^3 \times 17 \quad \text{ปอนด์}$$

$$= 0.070 \quad \text{ปอนด์}$$

$$W_3 = W_2 - W_1$$

$$= 1.102 - 0.070$$

$$= 1.032 \quad \text{ปอนด์}$$

$$\text{ซึ่ง } W_1 = \text{น้ำหนักของแอมโมเนียส่วนที่เป็นแก๊สซึ่งอยู่ภายในแอมชอมเบอร์, ปอนด์}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักที่ลดลงไปของแอมโมเนียบนเครื่องชั่ง, ปอนด์}$$

ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้อาจจากการทดลอง 5 ครั้ง ตามตารางที่ 5 - 1 ถึงตารางที่ 5 - 5 จะได้อผลการคำนวณตามตารางที่ 5 - 6 ถึงตารางที่ 5 - 10 ตามลำดับ

ผลการคำนวณตามตารางที่ 5 - 6 ถึงตารางที่ 5 - 10 นำไปเขียนกราฟระหว่าง น้ำหนักของแอมโมเนียที่ถูกดูดกลืนกับเวลา จะได้อความสัมพันธ์ตามรูปที่ 5 - 2 ถึง 5 - 6 ตามลำดับ

ซึ่งจะได้อค่าอัตราการดูดกลืนแอมโมเนียที่อัตราการไหลของสารละลายต่าง ๆ ดังนี้คือ

อัตราการดูดกลืนแอมโมเนียเท่ากับ 1.83 ปอนด์ต่อชม. ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 129.8 - 143.7 ปอนด์ต่อชม.

อัตราการดูดกลืนแอมโมเนียเท่ากับ 2.09 ปอนด์ต่อชม. ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 151.2 - 167.3 ปอนด์ต่อชม.

อัตราการดูดกลืนแอมโมเนียเท่ากับ 2.16 ปอนด์ต่อชม. ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 176.1 - 194.8 ปอนด์ต่อชม.

อัตราการดูดกลืนแอมโมเนียเท่ากับ 2.30 ปอนด์ต่อชม. ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 195.6 - 216.5 ปอนด์ต่อชม.

อัตราการดูดกลืนแอมโมเนียเท่ากับ 2.45 ปอนด์ต่อชม. ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 263.2 - 291.2 ปอนด์ต่อชม.

ตารางที่ 5-1

การทดลองหาอัตราการควบกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
129.8 - 143.7 ปอนด์/ชม.

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
18.15:00	-	-	-	5,240	-
18.15:15	-	-	-	5,220	-
18.17:45	-	-	-	5,120	-
18.19:20	-	-	-	5,000	-
18.19:45	43	50	17	4,960	-
18.20:55	39	49	18	4,900	6.0
18.21:55	39	49	19	4,880	6.5
18.24:20	47	46	20	4,840	7.0
18.27:10	46	45	20	4,800	7.5
18.30:10	44	43	20	4,760	8.0
18.33:10	40	39	20	4,720	8.5
18.35:55	38	37	20	4,680	9.0
18.38:55	37	36	22	4,640	9.5
18.41:43	37	36	24	4,600	10.0
18.44:20	36	36	26	4,560	10.5
18.47:10	36	35	29	4,520	11.0
18.50:00	35	34	30	4,480	11.5
18.52:45	35	34	35	4,440	12.0

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

เวลา ชม.นาท.:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ซม.
18.55:45	35	34	38	4,400	12.0
18.58:20	35	34	40	4,360	12.0
19.00:52	35	34	43	4,320	12.5
19.03:25	35	34	48	4,280	12.5
19.05:47	35	39	50	4,240	13.0
19.08:32	35	34	51	4,200	13.0
19.11:15	35	34	53	4,160	13.5
19.15:32	35	34	58	4,120	13.5
19.18:27	35	34	60	4,480	13.5
19.21:09	35	34	62	4,040	13.5
19.24:15	35	34	65	4,000	14.0
19.26:55	35	34	68	3,960	14.0
19.29:56	35	34	70	3,920	14.0
19.32:26	35	34	71	3,880	14.5
19.34:56	35	34	72	3,840	14.5
19.37:28	35	34	75	3,800	15.0
19.40:03	35	34	78	3,760	15.0
19.43:00	35	34	80	3,720	15.5
19.45:56	35	34	80	3,680	16.0
19.48:31	35	34	82	3,640	16.0
19.51:11	35	34	83	3,600	16.5

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ป้อนคตอ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ซม.
19.53:56	35	34	85	3,560	16.5
19.56:46	35	34	86	3,520	17.0
19.59:39	35	34	87	3,480	17.0
20.02:37	35	34	88	3,440	17.5
20.05:40	35	34	90	3,400	17.5

ตารางที่ 5-2

การทดลองหาอัตราการกुकกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
151.2 - 167.3 ปอนกต่อชม.

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °C.	T ₂ °C.	P _a ปอนกต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
6.55:30	30	30	-	6,570	-
6.56:30	31	39	100	6,440	-
6.58:00	44	50	41	6,260	-
6.59:00	48	49	35	6,200	-
7.00:25	46.5	46.5	27	6,140	6.5
7.01:50	44.0	43	21	6,100	6.5
7.03:45	40.5	40.5	20	6,060	7.0
7.05:20	38.5	38	20	6,020	7.0
7.07:50	37	36.5	20	5,980	7.5
7.10:20	36	35.5	20	5,940	8.0
7.12:30	35	35	21	5,900	8.0
7.14:50	34.5	34.5	24	5,860	8.5
7.17:50	34.5	34	28	5,820	9.0
7.20:50	34	34	30	5,780	9.0
7.23:40	34	34	31	5,740	9.0
7.27:00	34	34	36	5,700	9.5
7.29:00	34	34	39	5,660	10.0
7.32:20	34	34	40	5,620	10.0
7.34:45	34	34	42	5,580	10.0

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ซม.
7.37:15	34	34	46	5,540	10.5
7.39:10	34	34	48	5,500	10.5
7.41:00	34	34	50	5,460	10.5
7.43:20	34	34	53	5,420	11.0
7.45:30	34	34	56	5,380	11.0
7.48:10	34	34	59	5,340	11.5
7.50:40	34	34	60	5,300	12.0
7.53:05	34	34	62	5,260	12.5
7.55:25	34	34	64	5,220	12.5
7.57:30	34	34	66	5,180	13.0
8.00:00	34	34	69	5,140	13.0
8.02:04	34	34	70	5,100	13.5
8.05:20	34	34	72	5,060	14.0
8.07:30	34	34	75	5,020	14.5
8.10:00	34	34	78	4,980	15.0
8.12:40	34	34	79	4,940	15.5
8.15:30	34	34	80	4,900	16.0
8.17:30	34	34	81	4,860	16.0
8.20:10	34	34	83	4,820	16.5
8.23:00	34	34	85	4,780	17.0
8.25:30	34	34	88	4,740	17.5

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

เวลา ชม. นาที. วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ซม.
8.28:15	34	34	89	4,700	17.5
8.30:55	34	34	90	4,660	18.0
8.33:55	34	34	91	4,620	18.5

ตารางที่ 5-3

การทดลองหาอัตราการคูกกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
176.1 - 194.8 ปอนก/ชม.

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนกต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
8.56:00	28	28.0	0	6,960	-
8.56:50	29	42.0	100	6,800	-
8.57:40	32	62.0	50	6,720	-
8.58:40	44	62.0	40	6,600	-
8.59:00	50	58.0	40	6,550	-
9.00:40	53	52.0	30	6,500	6.0
9.02:10	50	47.0	26	6,460	6.0
9.03:55	45	43.0	22	6,420	6.0
9.05:55	42	40.0	20	6,380	7.0
9.08:34	38	38.0	20	6,340	8.0
9.10:59	36	35.5	22	6,300	8.0
9.13:19	35	34.0	24	6,260	8.0
9.15:49	34	34.0	26	6,220	8.0
9.17:19	34	33.0	29	6,180	8.5
9.19:39	33	33.0	30	6,140	9.0
9.21:54	33	32.5	32	6,100	9.0
9.23:54	33	32.5	35	6,060	9.5
9.26:09	33	32.5	39	6,020	10.0
9.28:09	33	32.5	40	5,980	10.5

ตารางที่ 5-3 (ต่อ)

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a , ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ซม.
9.30:09	33	32.5	44	5,940	10.5
9.32:14	33	32.5	46	5,900	10.5
9.34:24	33	32.5	49	5,860	10.5
9.36:44	33.0	32.5	50	5,820	11.0
9.39:09	34.0	33.0	54	5,780	11.0
9.41:14	34.0	33.0	57	5,740	11.0
9.43:29	34.0	33.5	58	5,700	11.5
9.46:01	34.0	33.5	60	5,660	12.0
9.48:26	34.0	33.5	64	5,620	12.0
9.51:01	34.0	35.5	65	5,580	12.5
9.53:06	34.0	33.5	68	5,540	13.0
9.55:36	34.0	33.5	68	5,500	13.0
9.58:01	34.0	33.5	72	5,460	13.5
10.00:21	33.5	33.0	74	5,420	14.0
10.02:41	33.5	33.0	76	5,380	14.0
10.05:07	33.5	33.0	77	5,340	14.5
10.07:27	33.5	33.0	79	5,300	15.0
10.10:07	33.5	33.0	80	5,260	15.0
10.12:32	33.5	33.0	82	5,220	15.5
10.15:12	33.5	33.0	83	5,180	16.0
10.17:42	33.5	33.0	85	5,140	16.5

ตารางที่ 5-3 (ต่อ)

เวลา ชม.นาที่:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ป้อนคอก ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
10.20:07	33.5	33.0	86	5,100	17.0
10.22:37	33.5	33.0	87	5,060	17.5
10.25:27	33.5	33.0	89	5,020	18.0
10.28:22	33.5	33.0	90	5,000	19.0

ตารางที่ 5-4

การทดลองหาอัตราการดูดกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
195.6 - 216.5 ปอนด์/ชม.

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
21.06:30	28.0	28.0	0	6,760	-
21.06:45	28.0	31.0	90	6,700	-
21.08:00	39.0	48.0	40	6,500	-
21.09:20	46.0	51.0	30	6,420	6.0
21.11:00	49.0	52.0	25	6,380	7.0
21.13:15	51.0	51.0	24	6,340	7.0
21.15:25	50.0	50.0	20	6,300	7.0
21.17:55	46.0	46.0	19	6,260	7.5
21.20:25	44.0	44.0	20	6,220	7.5
21.22:40	44.0	44.0	23	6,180	8.0
21.45:00	44.0	44.0	28	6,140	8.5
21.47:40	44.5	44.5	30	6,100	9.0
21.50:05	45.0	45.0	35	6,060	9.0
21.52:35	45.0	45.0	40	6,020	9.0
21.55:00	46.0	46.0	45	5,980	9.5
21.57:10	46.5	46.5	51	5,940	9.5
21.59:15	47.0	47.0	57	5,900	10.0
22.01:05	48.0	48.0	60	5,860	10.0

ตารางที่ 5-4 (ต่อ)

เวลา ชม.นาฬิกา:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนคคอก ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ซม.
22.03:20	48.5	48.5	64	5,820	10.0
22.05:40	49.0	49.0	69	5,780	10.5
22.08:10	50.0	50.0	74	5,740	11.0
22.10:10	49.0	49.0	74	5,700	11.0
22.12:35	48.0	48.0	73	5,660	11.5
22.14:45	45.0	45.0	73	5,620	11.5
22.17:00	44.0	44.0	72	5,580	12.0
22.18:20	43.0	43.0	72	5,540	12.5
22.21:20	42.0	42.0	73	5,500	13.0
22.23:20	41.0	41.0	74	5,460	13.0
22.25:40	40.0	40.0	75	5,420	13.5
22.27:45	40.0	40.0	76	5,380	13.5
22.29:45	39.5	39.5	79	5,340	14.0
22.32:05	39.0	39.0	80	5,300	14.5
22.34:15	39.0	39.0	80	5,260	14.5
22.36:30	38.0	38.0	80	5,220	15.0
22.38:45	37.0	37.0	80	5,180	15.5
22.40:55	37.0	37.0	81	5,140	16.0
22.43:25	36.5	36.5	82	5,100	16.5
22.45:35	36.0	36.0	83	5,060	16.5
22.47:50	35.5	35.5	83	5,020	17.0

ตารางที่ 5-4 (ต่อ)

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
22.50:10	35.0	35.0	83	4,980	17.5
22.52:35	35.0	35.0	86	4,940	17.5
22.54:55	35.0	35.0	88	4,900	18.0
22.57:05	35.0	35.0	89	4,860	18.5
22.59:25	35.0	35.0	90	4,820	19.0

ตารางที่ 5-5

การทดลองหาอัตราการดูดกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
263.2 - 291.2 ปอนด์/ชม.

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
9.20:00	30.0	30.0	89	6,290	-
9.20:40	40.0	40.0	30	6,800	-
9.22:00	44.0	47.0	30	6,600	-
9.23:00	47.0	49.0	31	6,520	-
9.23:50	50.0	51.0	32	6,480	-
9.24:20	52.0	50.0	30	6,460	6.0
9.25:50	46.0	44.0	15	6,420	6.0
9.27:50	41.0	39.0	12	6,380	6.0
9.30:00	38.0	36.0	11	6,340	7.0
9.32:10	35.0	34.0	12	6,300	8.0
9.34:10	33.0	32.5	15	6,260	9.0
9.36:05	33.0	32.0	18	6,220	9.0
9.38:30	33.0	32.0	20	6,180	9.0
9.40:40	33.0	32.0	22	6,140	9.0
9.42:40	32.5	31.5	24	6,100	9.0
9.44:40	32.0	31.5	28	6,060	9.5
9.46:05	32.5	32.0	30	6,020	9.5
9.48:20	32.5	32.0	32	5,980	9.5
9.50:25	32.5	32.0	35	5,940	10.0

ตารางที่ 5-5 (ต่อ)

เวลา ชม.นาที่:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ซม.
9.52:30	32.0	31.5	38	5,940	10.0
9.52:30	32.0	31.5	38	5,900	10.0
9.54:30	33.0	32.0	42	5,860	10.0
9.56:30	33.0	32.0	46	5,820	10.0
9.58:30	34.0	33.0	50	5,780	10.5
10.00:35	34.5	33.5	52	5,740	11.0
10.02:35	35.0	34.0	55	5,700	11.0
10.04:35	34.0	33.0	57	5,660	11.5
10.06:35	34.0	33.0	58	5,620	12.0
10.08:35	33.5	32.5	60	5,580	12.0
10.10:50	33.0	32.0	60	5,540	12.5
10.13:10	33.0	32.0	63	5,500	13.0
10.15:10	33.0	32.0	65	5,460	13.5
10.17:15	33.0	32.0	67	5,420	13.5
10.19:15	33.0	32.0	69	5,380	14.0
10.21:15	33.0	32.0	70	5,340	14.5
10.23:15	33.0	32.0	72	5,300	14.5
10.25:15	33.0	32.0	73	5,260	14.5
10.27:20	33.0	32.0	75	5,220	14.5
10.29:20	33.0	32.0	78	5,180	15.0

ตารางที่ 5-5 (ต่อ)

เวลา ชม. นาที:วินาที	T ₁ °ซ.	T ₂ °ซ.	P _a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วเกจ	W กรัม	L ชม.
10.31:40	33.0	32.0	80	5,140	15.5
10.33:50	33.0	32.0	83	5,100	16.0
10.36:10	33.0	32.0	85	5,060	16.5
10.38:35	32.0	31.0	86	5,020	17.0

ตารางที่ 5-6

ผลการทดลองหาอัตราการดูดกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
129.8 - 143.7 ปอนกต่อชม.

เวลา วินาที	W_3 ปอนก	P_{a_1} ปอนกต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนกต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
0	-	-	-	-
15	-	-	-	-
165	-	94.7	-	-
260	-	29.7	-	-
285	-	31.7	-	-
355	0.727	32.7	15	21.5
415	0.769	33.7	15	22.5
560	0.856	34.7	19	24.4
730	0.944	34.7	22	26.2
910	1.032	34.7	23	28.0
1,090	1.120	34.7	23	29.7
1,255	1.208	34.7	24	31.3
1,435	1.289	36.7	25	32.7
1,603	1.377	38.7	27	34.2
1,760	1.461	40.7	28	35.5
1,930	1.543	43.7	30	36.8
2,100	1.630	44.7	33	38.1
2,265	1.708	49.7	35	39.2

ตารางที่ 5-6 (ต่อ)

เวลา วินาที	w_3 ปอนด์	P_a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
2,445	1.790	52.7	38	40.3
2,600	1.874	54.7	41	41.4
2,752	1.957	57.7	42	42.5
2,905	2.035	62.7	46	43.4
3,047	2.120	64.7	48	48.4
3,212	2.206	65.7	50	45.4
3,375	2.291	67.7	55	46.4
3,572	2.373	70.7	58	47.2
3,747	2.453	74.7	60	48.1
3,909	2.538	76.7	62	48.9
4,095	2.621	79.7	65	49.7
4,255	2.703	82.7	67	50.5
4,436	2.787	84.7	68	51.3
4,586	2.874	85.7	70	52.0
4,736	2.961	86.7	75	52.8
4,888	3.044	89.7	78	53.4
5,043	3.125	92.7	79	54.0
5,220	3.211	94.7	80	54.8
5,396	3.300	94.7	82	55.5
5,551	3.384	96.7	82	56.1
5,711	3.472	97.7	85	56.7

ตารางที่ 5-6 (ต่อ)

เวลา วินาที	w_3 ปอนด์	P_a ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
5,876	3.556	99.7	87	57.3
6,046	3.643	100.7	89	57.9
6,219	3.729	101.7	90	58.5
6,397	3.817	102.7	90	59.0
6,580	3.901	109.7	92	59.5

ตารางที่ 5-7

ผลการทดลองหาอัตราการดูดกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
151.2 - 167.3 ปอนกต่อชม.

เวลา วินาที	W_3 ปอนก	P_{a_1} ปอนกต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	P_{sat} ปอนกต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
0	-	-	-	-
60	-	114.7	-	-
150	-	55.7	-	-
210	-	49.7	-	-
295	0.864	41.7	20	24.6
380	0.963	35.7	20	26.6
495	1.053	34.7	23	28.4
590	1.141	34.7	24	30.1
740	1.226	34.7	26	31.6
890	1.317	34.7	26	33.2
1,020	1.403	35.7	26	34.6
1,160	1.485	38.7	29	35.9
1,340	1.565	42.7	30	37.1
1,520	1.649	44.7	32	38.4
1,690	1.735	45.7	35	39.6
1,830	1.814	50.7	37	40.6
2,000	1.896	53.7	39	41.7
2,150	1.982	59.7	43	42.8

ตารางที่ 5-7 (ต่อ)

เวลา วินาที	w_3 ปอนด์	P_{a_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	P_{sat} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
2,295	2.067	56.7	46	43.8
2,445	2.147	60.7	48	44.7
2,560	2.231	62.7	50	45.7
2,670	2.315	64.7	52	46.6
2,810	2.398	67.7	54	47.1
2,940	2.480	70.7	57	48.3
3,100	2.563	73.7	60	49.2
3,250	2.650	74.7	62	50.0
3,395	2.735	76.7	64	50.8
3,535	2.819	78.7	66	51.5
3,660	2.904	80.7	68	52.3
3,810	2.986	83.7	70	53.0
3,970	3.073	84.7	71	53.7
4,130	3.158	86.7	73	54.4
4,260	3.241	89.7	75	55.0
4,410	3.324	92.7	78	55.6
4,570	3.411	93.7	80	56.3
4,740	3.498	94.7	82	56.9
4,860	3.584	95.7	84	57.5
5,020	3.670	97.7	86	58.1

ตารางที่ 5-7 (ต่อ)

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	P_{a_i} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	P_{sat_i} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
5,190	3.755	99.7	88	58.6
5,340	3,838	102.7	90	59.1
5,505	3,925	103.7	90	59.7
5,665	4.012	104.7	92	60.2

ตารางที่ 5-8

ผลการทดลองหาอัตราการดูดกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
176.1 - 194.8 ปอนด์ต่อชม.

เวลา วินาที	w_3 ปอนด์	P_{a_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
0	-	0	-	-
50	-	114.7	-	-
100	-	64.7	-	-
160	-	54.7	-	-
180	-	54.7	-	-
280	0.925	44.7	27	25.9
370	1.020	40.7	26	27.8
475	1.115	36.7	26	29.6
595	1.207	34.7	26	31.3
754	1.295	34.7	26	32.8
899	1.379	36.7	26	34.2
1,039	1.463	38.7	26	35.6
1,189	1.547	40.7	28	36.8
1,339	1.629	45.7	32	38.1
1,479	1.715	44.7	33	39.3
1,614	1.799	46.7	35	40.4
1,734	1.882	49.7	38	41.5
1,869	1.962	53.7	40	42.5

ตารางที่ 5-8 (ต่อ)

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	P_{a_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
1,989	2.049	54.7	42	43.6
2,109	2,128	58.7	45	44.5
2,234	2.213	60.7	47	45.5
2,364	2.295	63.7	50	46.4
2,504	2.382	64.7	52	47.3
2,649	2.462	68.7	55	48.2
2,774	2.544	71.7	58	49.0
2,909	2.631	72.7	60	49.8
3,061	2,716	74.7	63	50.6
3,206	2.796	78.7	65	51.3
3,361	2.883	79.7	68	52.1
3,486	2.966	82.7	70	52.8
3,636	3.054	82.7	71	53.5
3,781	3.135	86.7	73	54.2
3,921	3.220	88.7	75	54.8
4,061	3.304	90.7	78	55.5
4,207	3.391	91.7	80	56.1
4,347	3.476	93.7	80	56.7
4,507	3.562	94.7	82	57.3
4,652	3.647	96.7	85	57.9
4,812	3.734	97.7	88	58.5

ตารางที่ 5-8 (ต่อ)

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	P_{a_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	P_{sa_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
4,962	3,819	99.7	90	59.0
5,107	3,907	100.7	90	59.6
5,257	3,994	101.7	91	60.1
5,427	4,099	103.7	93	60.6
5,602	4,167	104.7	95	61.1

ตารางที่ 5-9

ผลการทดลองหาอัตราการดูดกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
195.6 - 216.5 ปอนด์ต่อชม.

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	P_{a_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
0	-	-	-	-
15	-	104.7	-	-
90	-	54.7	-	-
170	0.549	44.7	15	19.9
270	0.759	39.7	19	22.2
405	0.849	38.7	23	24.2
535	0.945	34.7	25	26.3
685	1.034	33.7	25	28.1
835	1.118	34.7	27	29.7
970	1.203	37.7	28	31.2
1,110	1.281	42.7	32	32.6
1,270	1.366	44.7	36	34.0
1,415	1.444	49.7	39	35.3
1,565	1.522	54.7	42	36.5
1,710	1.602	59.7	45	37.7
1,840	1.678	65.7	52	38.8
1,965	1.755	71.7	56	39.8
2,075	1.838	74.7	60	40.9

ตารางที่ 5-9 (ต่อ)

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	P_{a_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบรณ์	P_{sat} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบรณ์	C_a %
2,210	1.918	78.7	65	42.0
2,350	1.998	83.7	70	43.0
2,500	2.078	88.7	75	43.9
2,620	2.166	88.7	78	45.0
2,765	2.256	87.7	78	46.0
2,895	2.342	87.7	78	46.9
3,030	2.433	86.7	78	47.9
3,170	2.521	86.7	80	48.7
3,290	2.608	87.7	80	49.6
3,410	2.693	88.7	80	50.4
3.550	2.780	89.7	80	51.2
3,675	2.866	90.7	82	52.0
3,795	2,949	93.7	83	52.7
3,935	3.036	94.7	85	53.4
4,065	3.124	94.7	87	54.1
4,200	3.212	94.7	89	54.8
4,335	3.301	94.7	89	55.5
4,465	3.388	95.7	89	56.1
4,615	3.475	96.7	90	56.7
4,745	3.561	97.7	90	57.3

ตารางที่ 5-9 (ต่อ)

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	P_{a_i} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	P_{sat} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
4,880	3,649	97.7	90	57.9
5,020	3,741	97.7	90	58.5
5,165	3,821	100.7	93	59.0
5,305	3,906	102.7	95	59.6
5,435	3,993	103.7	95	60.1
5,575	4,036	104.7	96	60.6

ตารางที่ 5-10

ผลการทดลองหาอัตราการดูดกลืนแอมโมเนีย ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง
263.2 - 291.2 ปอนกต่อชม.

เวลา วินาที	W_3 ปอนก	P_{a_i} ปอนกต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนกต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
0	-	103.7	-	-
40	-	44.7	-	-
120	-	44.7	-	-
180	-	45.7	-	-
230	-	46.7	-	-
260	0.924	44.7	25	25.8
350	1.042	29.7	26	28.2
470	1.135	26.7	24	30.0
600	1.225	25.7	22	31.6
730	1.311	26.7	23	33.1
850	1.394	29.7	25	34.5
975	1.476	32.7	27	35.8
1,120	1.560	34.7	28	37.0
1,250	1.644	36.7	31	38.3
1,370	1.728	38.7	33	39.5
1,490	1.808	42.7	35	40.5
1,615	1.892	44.7	37	41.6
1,750	1.976	46.7	40	42.7

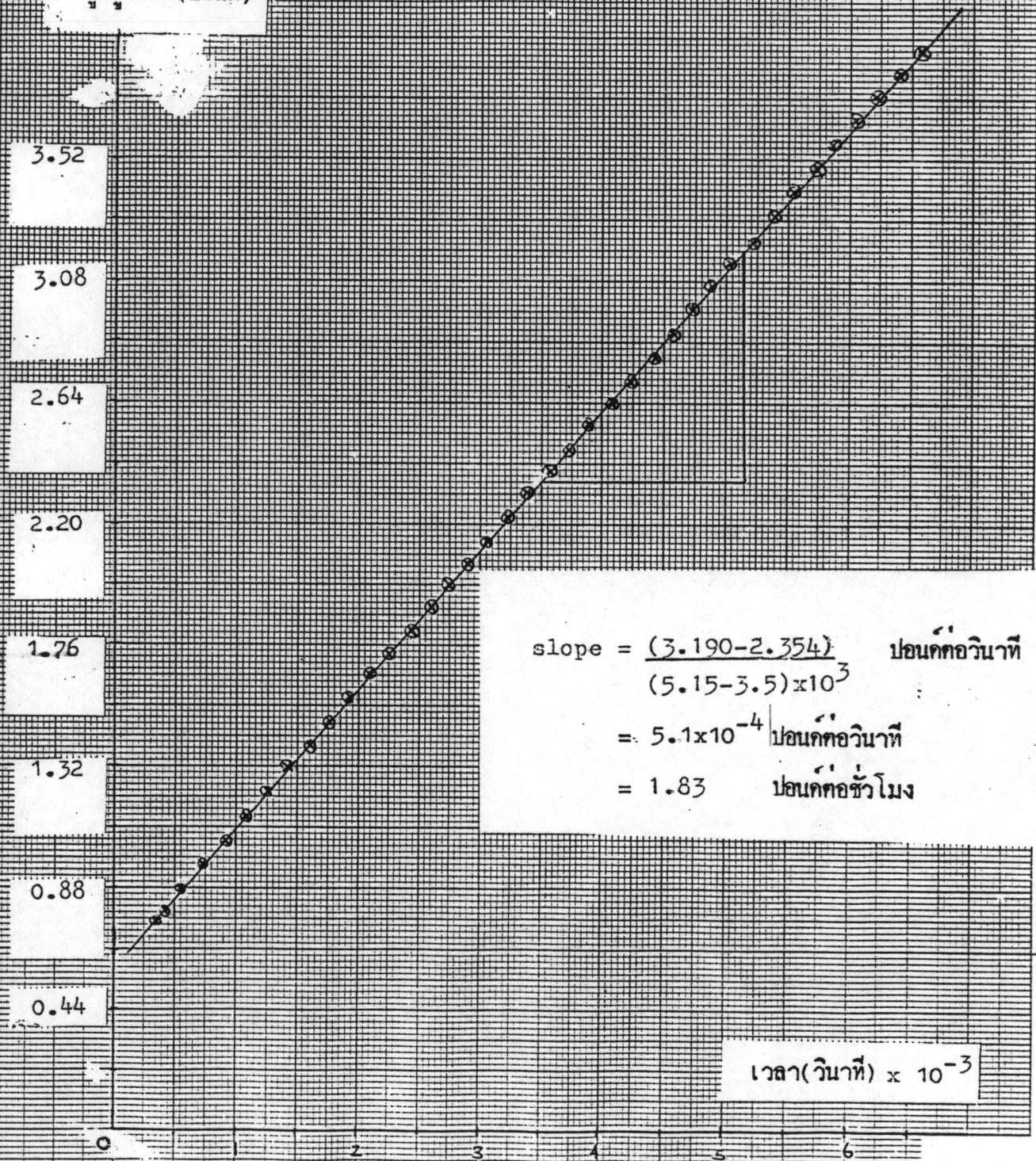
ตารางที่ 5-10 (ต่อ)

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	$P_{a,}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
1,875	2,058	49.7	42	43.7
1,990	2,140	52.7	45	44.7
2,110	2,220	56.7	47	45.6
2,230	2,300	60.7	50	46.5
2,350	2,382	64.7	52	47.3
2,475	2,466	66.7	55	48.2
2,595	2,549	69.7	60	49.0
2,715	2,633	71.7	62	49.8
2,835	2,720	72.7	65	50.6
2,955	2,804	74.7	66	51.4
3,090	2,892	74.7	66	52.2
3,230	2,975	77.7	68	52.9
3,350	3,060	77.9	69	53.6
3,475	3,144	81.7	70	54.3
3,595	3,229	83.7	72	54.9
3,725	3,316	84.7	75	55.6
3,845	3,400	86.7	78	56.2
3,965	3,487	87.7	80	56.8
4,090	3,571	89.7	81	57.4
4,210	3,654	92.7	82	58.0

ตารางที่ 5-10 (ต่อ)

เวลา วินาที	W_3 ปอนด์	P_{a_1} ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	$P_{sat.}$ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วสมบูรณ์	C_a %
4,350	3,740	94.7	85	58.5
4,480	3,822	97.7	86	59.0
4,620	3,907	99.7	88	59.6
4,765	3,995	100.7	90	60.1

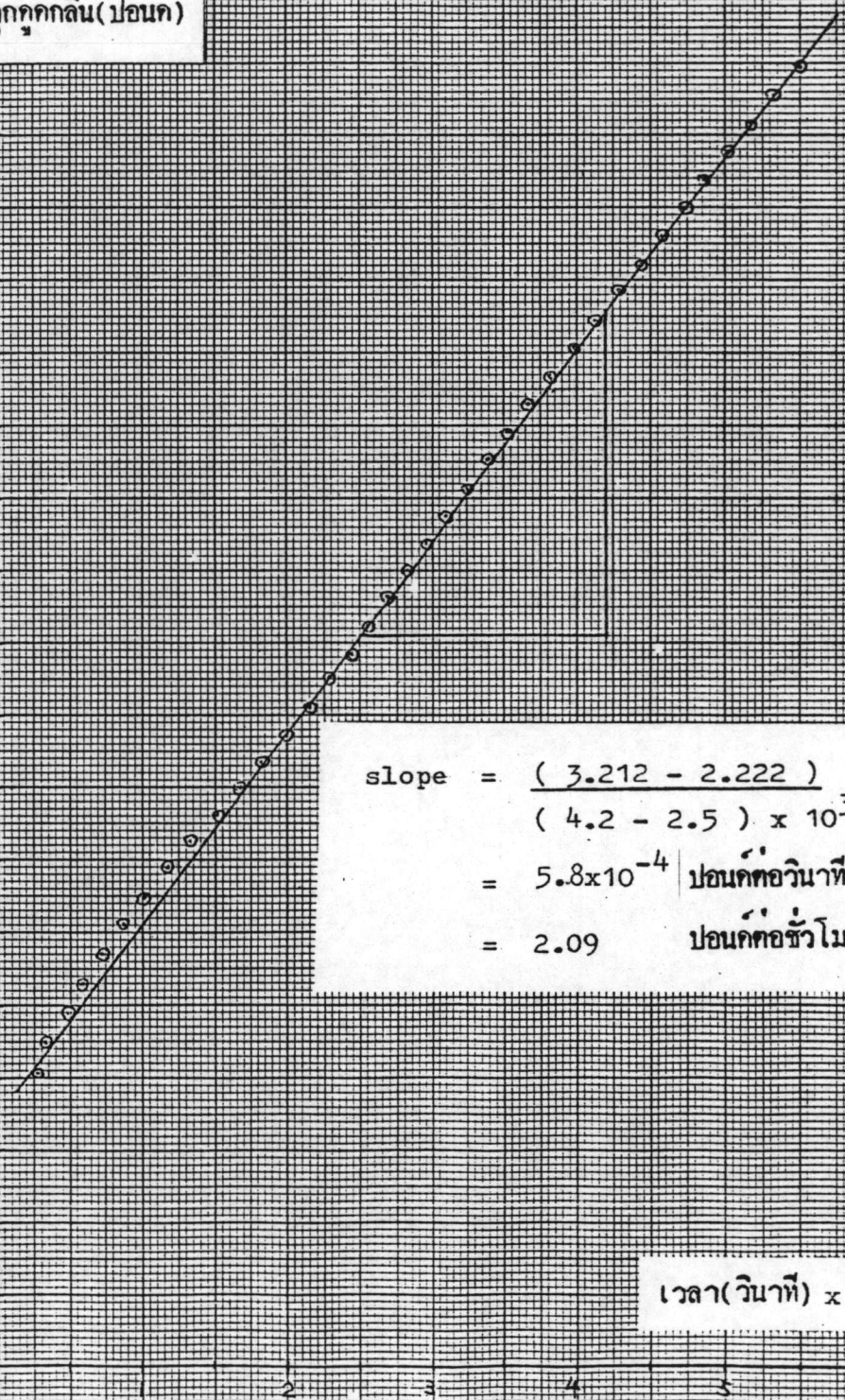
นม.แอมโมเนีย
ถูกดูดกลืน(ปอนต์)



รูปที่ 5-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแอมโมเนียถูกดูดกลืน
กับเวลา ที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 129.8-143.7
ปอนต์/ชม.

นม . แอมโมเนีย
ถูกดูดกลืน (ปอนต์)

3.52
3.08
2.64
2.20
1.76
1.32
0.88
0.44



$$\begin{aligned} \text{slope} &= \frac{(3.212 - 2.222)}{(4.2 - 2.5) \times 10^3} \text{ ปอนต์ต่อวินาที} \\ &= 5.8 \times 10^{-4} \text{ ปอนต์ต่อวินาที} \\ &= 2.09 \text{ ปอนต์ต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

เวลา(วินาที) $\times 10^{-3}$

รูปที่ 5-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแอมโมเนียถูกดูดกลืนกับเวลาที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 151.2 - 167.3 ปอนต์ต่อชั่วโมง

นน. แอมโมเนีย
ถูกดูดกลืน (ปอนต์)

3.52

3.08

2.64

2.20

1.76

1.32

0.88

0.44

$$\begin{aligned} \text{slope} &= \frac{(3.542 - 2.332)}{(4.45 - 2.45) \times 10^3} \quad \text{ปอนต์กอร์วินาที} \\ &= 6.0 \times 10^{-4} \quad \text{ปอนต์กอร์วินาที} \\ &= 2.16 \quad \text{ปอนต์กอร์ชั่วโมง} \end{aligned}$$

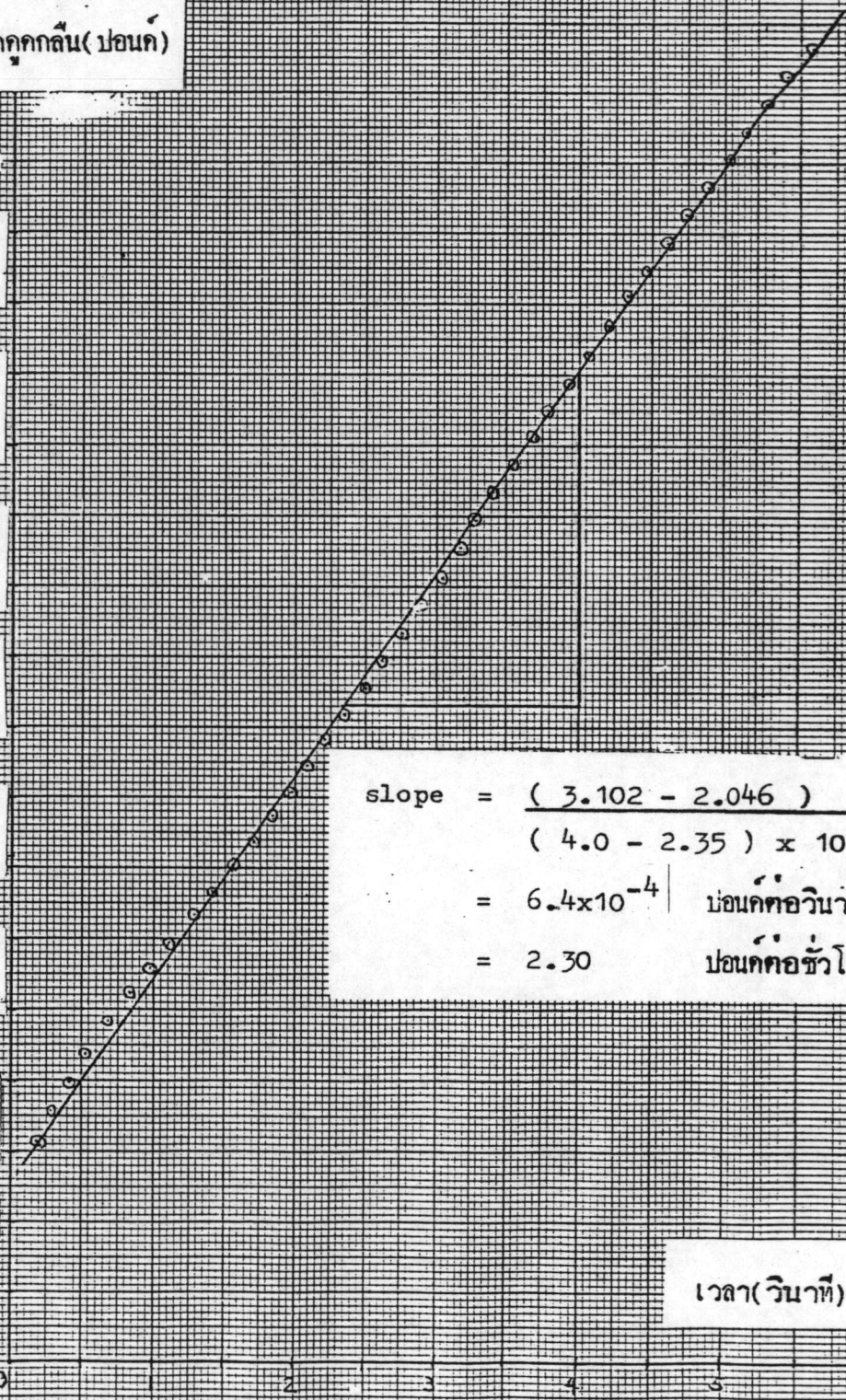
เวลา (วินาที) $\times 10^{-3}$

0 1 2 3 4 5 6

รูปที่ 5-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแอมโมเนียที่ถูกดูดกลืนกับเวลาที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 176.1 - 194.8 ปอนต์กอร์ชั่วโมง

นม แอมโมเนีย
ถูกคูกกลืน (ปอนด์)

3.52
3.08
2.64
2.20
1.76
1.32
0.88
0.44



$$\begin{aligned} \text{slope} &= \frac{(3.102 - 2.046)}{(4.0 - 2.35) \times 10^3} && \text{ปอนด์ต่อวินาที} \\ &= 6.4 \times 10^{-4} && \text{ปอนด์ต่อวินาที} \\ &= 2.30 && \text{ปอนด์ต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

เวลา (วินาที) x 10⁻³

รูปที่ 5-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแอมโมเนียที่ถูกคูกกลืนกับเวลาที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 195.6 - 216.5 ปอนด์ต่อชั่วโมง

นน. แอมโมเนีย
ถูกดูดกลืน (ปอนต์)

3.52

3.08

2.64

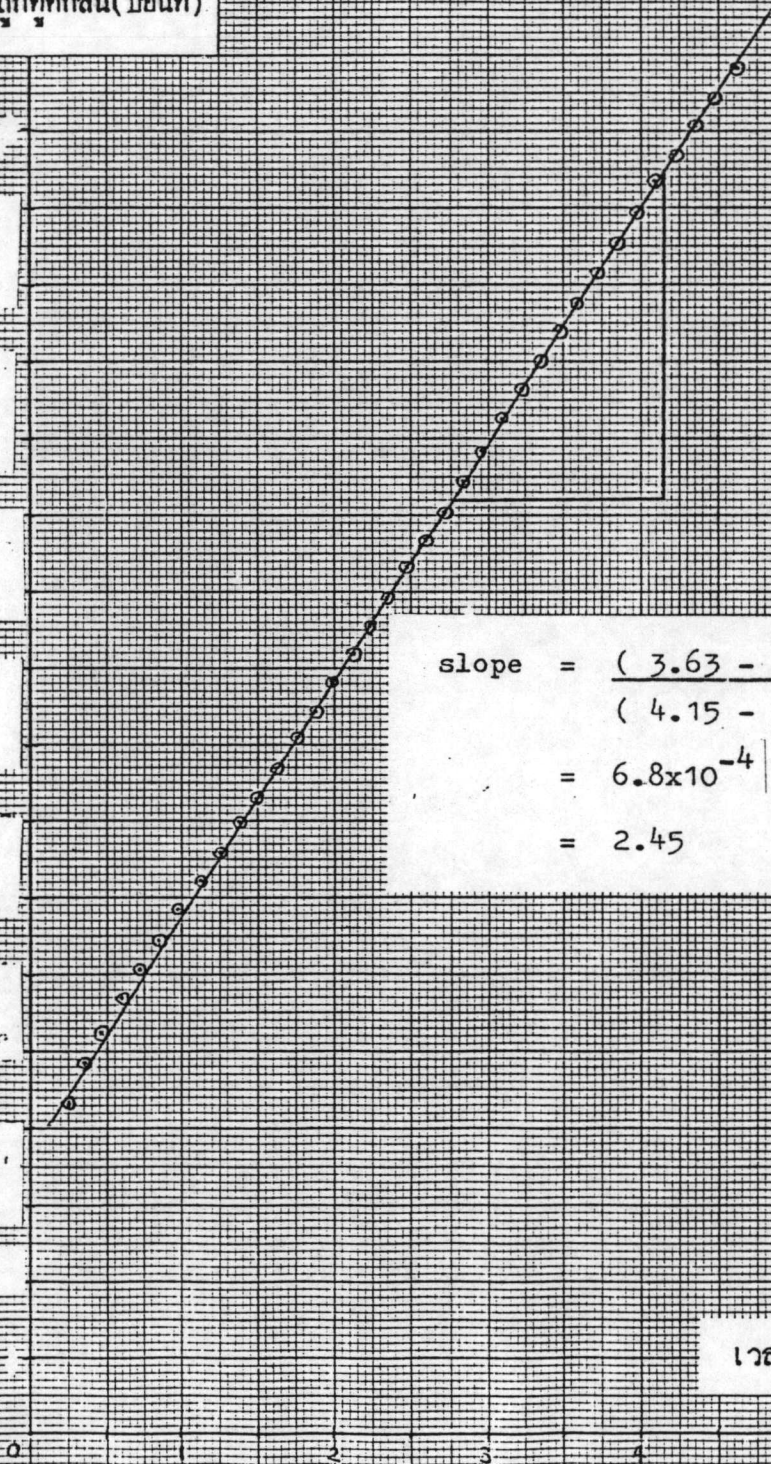
2.20

1.76

1.32

0.88

0.44



$$\begin{aligned} \text{slope} &= \frac{(3.63 - 2.684)}{(4.15 - 2.75) \times 10^3} \quad \text{ปอนต์ต่อวินาที} \\ &= 6.8 \times 10^{-4} \quad \text{ปอนต์ต่อวินาที} \\ &= 2.45 \quad \text{ปอนต์ต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

เวลา(วินาที) $\times 10^{-3}$

รูปที่ 5-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของแอมโมเนียที่ถูกดูดกลืนกับเวลาที่อัตราการไหลของสารละลายระหว่าง 263.2 - 291.2 ปอนต์ต่อชั่วโมง