

ผลของเงินในหินภูเขาไฟพื้มีชต์ต่อการดูดซับของแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจน

นางสาว อัญชลี จันทใช้



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-030-277-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF SILVER IN PUMICE VOLCANIC ROCKS ON ADSORPTION
OF NITROGEN AND OXYGEN GASES

Miss Anchalee Chanthachai



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-030-277-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของเงินในหินภูเขาไฟพืชมิมซ์ต่อการดูดซับของแก๊สไนโตรเจน
และออกซิเจน

โดย

นางสาว อัญชลี จันทไช้

สาขาวิชา

วิศวกรรมเคมี


อาจารย์ที่ปรึกษา


ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดชา จัตรศิริเวช

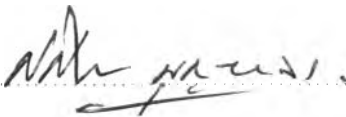
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสณี)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดชา จัตรศิริเวช)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร บุญหลง)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วรรษุ แต่ไพสิฐพงษ์)

อัญชลี จันทใช้ : ผลของเงินในหินภูเขาไฟพัมมิชต่อการดูดซับของแก๊ส
ไนโตรเจนและออกซิเจน . (EFFECT OF SILVER IN PUMICE VOLCANIC
ROCKS ON ADSORPTION OF NITROGEN AND OXYGEN GASES) อ. ที่ปรึกษา :
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช, 92 หน้า. ISBN 974-030-277-7.

ตัวดูดซับชนิดหินพัมมิชเตรียมได้จากการแลกเปลี่ยนไอออนกับสารละลายเกลือไนเตรตของ
โลหะเงิน พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนได้
จะเพิ่มขึ้นแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างคงที่จนถึง 12.8 มิลลิโมลต่อกิโลกรัมหรือร้อยละของการแลกเปลี่ยน
ไอออนเท่ากับ 5.5 เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสูงกว่า 80 กรัมต่อลิตร และเมื่อเพิ่ม
อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน ปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

สำหรับการดูดซับแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจนที่อุณหภูมิ 0 และ 28 องศาเซลเซียส แบบ
จำลองสมดุลการดูดซับทั้งหมดสอดคล้องกับแบบจำลองการดูดซับของเฮนรีและแลงเมียร์ พบว่าค่าคง
ที่สมดุลการดูดซับของเฮนรีจะเพิ่มขึ้นเป็น 7 เท่าสำหรับแก๊สไนโตรเจนและ 6 เท่าสำหรับแก๊ส
ออกซิเจนและค่าคงที่สมดุลการดูดซับของแลงเมียร์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าสำหรับทั้งแก๊สไนโตรเจนและ
แก๊สออกซิเจน ขณะที่ความจุของการดูดซับจะเพิ่มขึ้นเป็น 5 เท่าสำหรับทั้งแก๊สไนโตรเจนและแก๊ส
ออกซิเจน

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี . . .
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี . . .
ปีการศึกษา 2544 . . .

ลายมือชื่อนิสิต..... อัญชลี จันทใช้
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4270658821 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: ADSORPTION / NITROGEN / OXYGEN / PUMICE / VOLCANIC ROCKS

ANCHALEE CHANTHACHAI : EFFECT OF SILVER IN PUMICE VOLCANIC ROCKS ON ADSORPTION OF NITROGEN AND OXYGEN GASES. THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DEACHA CHATSIRIWECH, Ph.D., 92 pp. ISBN 974-030-277-7.

Pumice adsorbents were modified by ion-exchanging with silver nitrate solution. The amount of silver exchanged was increased with increasing solution concentration. However, it tended to be limited at 12.8 mmol/kg or 5.5 %exchanged when the concentration of solution exceeded 80 g/L. The amount of silver on pumice was increased slightly with an increase in temperature for ion-exchanging.

For nitrogen and oxygen adsorption at 0 and 28 degree celcius, the adsorption isotherms agree very well with Henry's and Langmuir's models. Both Henry and Langmuir adsorption equilibrium constants were quite proportional to the amount of silver on modified pumices. The Henry's constants were improved about sevenfold for nitrogen and sixfold for oxygen. While the Langmuir's constants for both nitrogen and oxygen were improved about twofold of the origin pumice. In addition, the adsorption capacity of the modified pumice were improved upto fivefold.

Department Chemical Engineering . . .
Field of study Chemical Engineering . . .
Academic year, 2001 . . .

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ



ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช ที่กรุณาให้ความเอาใจใส่และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสณี และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร บุญ-หลง และ อาจารย์ ดร. วรัญ แต่ไพสิฐพงษ์ สำหรับความช่วยเหลือ ตั้งแต่การตรวจสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณพิบูลย์ เกิดโภคทรัพย์ เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อน ๆ ที่ช่วยสนับสนุน และเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

สารบัญ

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูป	ญ
สารบัญตาราง	ฅ
สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ด
1 บทนำ	1
2 ทฤษฎี	6
2.1 ตัวดูดซับ	6
2.1.1 ตัวดูดซับในอุตสาหกรรม	6
2.1.2 ตัวดูดซับในธรรมชาติ	10
2.2 ทฤษฎีการดูดซับแก๊ส	20
2.2.1 สมดุลการดูดซับแก๊ส	20
2.2.2 การวัดสมดุลการดูดซับ	25
2.3 กลไกการดูดซับ	27
2.3.1 การแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม	28
2.3.2 การแพร่ผ่านรูพรุน	29
2.4 การฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับ	30

3	การทดลอง	32
3.1	การเตรียมตัวดูดซับ	32
3.1.1	วัสดุและอุปกรณ์	32
3.1.2	การแลกเปลี่ยนไอออนของหินพัมมิช.	33
3.1.3	วิธีการตรวจสอบลักษณะสมบัติของตัวดูดซับหินพัมมิช	33
3.2	การวัดสมมูลการดูดซับ	34
3.2.1	วัสดุและอุปกรณ์	34
3.2.2	การวัดสมมูลด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือ	34
4	ผลการทดลองและการวิเคราะห์	37
4.1	ลักษณะสมบัติของหินพัมมิชที่แลกเปลี่ยนไอออนกับโลหะเงิน	37
4.1.1	ผลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือไนเตรต ของโลหะเงิน	38
4.1.2	ผลของการอุณหภูมิของการแลกเปลี่ยนไอออน	40
4.2	การดูดซับ	40
4.2.1	ปริมาณการดูดซับแก๊ส	42
4.2.2	สมมูลการดูดซับแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจน	42
4.2.3	แบบจำลองของแลงเมียร์และเฮนรี	43
4.2.4	การอธิบายสมมูลการดูดซับด้วยแบบจำลองสมมูลการ ดูดซับของแลงเมียร์และแบบจำลองการดูดซับของเฮนรี	45
4.2.5	การเปรียบเทียบผลกับงานวิจัยอื่น	53
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	57
5.1	บทสรุป	57
5.2	ข้อเสนอแนะ	58
	รายการอ้างอิง	59

ภาคผนวก	.....	62
ภาคผนวก ก	ตัวอย่างการคำนวณ	..... 63
ก.1	การ digest หินฟอสเฟต	..... 63
ก.2	วิธีการคำนวณหาปริมาณการดูดซับ	..... 64
ก.3	การตรวจสอบเครื่องมือตรวจวัดสมดุลการดูดซับ	..... 65
ภาคผนวก ข	ข้อมูลการทดลอง	..... 67
ภาคผนวก ค	ไอโซเทอมการดูดซับ	..... 75
ประวัติผู้เขียน	.....	92

สารบัญรูป

2.1	โครงสร้างของซีไอไลต์	8
2.2	สมดุลการดูดซับของไนโตรเจนและออกซิเจนของซีไอไลต์	9
2.3	การกระจายขนาดรูพรุนของซีไอไลต์และคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ	9
2.4	สมดุลการดูดซับและอัตราการดูดซับของแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจน ของคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ	10
2.5	โครงสร้างฟิลโลซิลิเกต	12
2.6	โครงสร้างของผลึกทรงสี่หน้า	15
2.7	โครงสร้างของผลึกทรงแปดหน้า	16
2.8	โครงสร้างของแร่มอนท์โมริลโลไนท์	18
2.9	การจัดเรียงอะตอมในหน่วยเซลล์ของ tree layer mineral.	19
2.10	ลักษณะสมดุลการดูดซับแก๊ส	21
2.11	สมดุลการดูดซับเชิงเส้น	22
2.12	ชุดอุปกรณ์วัดปริมาณแก๊สที่ถูกดูดซับด้วยวัดปริมาณแก๊สที่เหลือ.	25
2.13	ชุดอุปกรณ์วัดปริมาณแก๊สที่ถูกดูดซับด้วยวัดปริมาณน้ำหนัก	26
2.14	ขั้นตอนการแพร่ของโมเลกุลของตัวดูดซับ.	28
3.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือ	36
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะเงินในหินพัมมิชกับความเข้มข้น ของสารละลายเกลือไนเตรตของโลหะเงิน ในการแลกเปลี่ยนไอออน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	39
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของความดันกับ อุณหภูมิ.	41
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของการดูดซับลดลงกับ ความสูงของปรอท	41

4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันของระบบกับปริมาตรของแก๊ส ที่ฉีดเข้าระบบ	42
4.5	ความสัมพันธ์เชิงเส้นของแบบจำลองการดูดซับของเฮนรี ของ ข้อมูลสมดุลการดูดซับแก๊สไนโตรเจนบนหินพัมมิชที่แลกเปลี่ยนไอออน กับ AgNO_3 80 g/L , 70 °C ณ สภาวะอุณหภูมิ 0 °C	43
4.6	ความสัมพันธ์เชิงเส้นของแบบจำลองการดูดซับของแลงเมียร์ของ ข้อมูลสมดุลการดูดซับแก๊สไนโตรเจนบนหินพัมมิชที่แลกเปลี่ยนไอออน กับ AgNO_3 80 g/L , 70 °C ณ สภาวะอุณหภูมิ 0 °C	44
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนกับ ค่าคงที่ของเฮนรีของการดูดซับ (ก) ไนโตรเจน (ข) ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออนต่าง ๆ	47
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนกับ ค่าคงที่ของเฮนรีของการดูดซับ (ก) ไนโตรเจน (ข) ออกซิเจน ที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออนต่าง ๆ	48
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนกับ ค่าคงที่ของแลงเมียร์ของการดูดซับ (ก) ไนโตรเจน (ข) ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 0 °C ที่อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออนต่าง ๆ	49
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนกับ ค่าคงที่ของแลงเมียร์ของการดูดซับ (ก) ไนโตรเจน (ข) ออกซิเจน ที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออนต่าง ๆ	50
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนกับค่าปริมาณ การดูดซับสูงสุดของการดูดซับ (ก) ไนโตรเจน (ข) ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออนต่าง ๆ	51
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโลหะเงินที่แลกเปลี่ยนไอออนกับค่าปริมาณ การดูดซับสูงสุดของการดูดซับ (ก) ไนโตรเจน (ข) ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออนต่าง ๆ	52
4.13	การเปรียบเทียบแบบจำลองสมดุลการดูดซับของแลงเมียร์ของแก๊สไนโตรเจน บนหินพัมมิชที่ยังไม่แลกเปลี่ยนไอออนกับแลกเปลี่ยนไอออน 100 g/L 90 °C กับ ตัวดูดซับชนิดซีโอไลต์ AgXLiX , LiAgX ณ สภาวะอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	54

- 4.14 การเปรียบเทียบแบบจำลองสมดุลการดูดซับของเฮนรีของแก๊สไนโตรเจนบนหิน
 พัมมิชที่ยังไม่แลกเปลี่ยนไอออนกับแลกเปลี่ยนไอออน 100 g/L 90 °C กับตัวดูดซับ
 ชนิดซีโอไลต์ 13X5A , 4A ณ สภาวะอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส55
- 4.15 การเปรียบเทียบแบบจำลองสมดุลการดูดซับของเฮนรีของแก๊สไนโตรเจนบนหิน
 พัมมิชที่ยังไม่แลกเปลี่ยนไอออนกับแลกเปลี่ยนไอออน 100 g/L 90 °C กับตัวดูดซับ
 ชนิดซีโอไลต์ 5A4A ณ สภาวะอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส55
- 4.16 การเปรียบเทียบแบบจำลองสมดุลการดูดซับของเฮนรีของแก๊สออกซิเจนบนหิน
 พัมมิชที่ยังไม่แลกเปลี่ยนไอออนกับแลกเปลี่ยนไอออน 100 g/L 90 °C กับตัวดูดซับ
 ชนิดซีโอไลต์ AgXLiX , LiAgX , 13X , 5A , 4A ณ สภาวะอุณหภูมิ
 28 องศาเซลเซียส 56
- 4.17 การเปรียบเทียบแบบจำลองสมดุลการดูดซับของเฮนรีของแก๊สออกซิเจนบนหิน
 พัมมิชที่ยังไม่แลกเปลี่ยนไอออนกับแลกเปลี่ยนไอออน 100 g/L 90 °C กับตัวดูดซับ
 ชนิดซีโอไลต์ 4A5A ณ สภาวะอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส56
- ค.1 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน
 ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 30 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร (เฮนรี)
 ณ อุณหภูมิ 28 °C แก๊สไนโตรเจน75
- ค.2 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน
 ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 30 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร (เฮนรี)
 ณ อุณหภูมิ 28 °C แก๊สออกซิเจน76
- ค.3 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน
 ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 30 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร (เฮนรี)
 ณ อุณหภูมิ 0 °C77
- ค.4 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน (เฮนรี)
 ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 50 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร
 ณ อุณหภูมิ 28 °C78
- ค.5 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน (เฮนรี)
 ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 50 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร
 ณ อุณหภูมิ 0 °C79

- ค.15 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน
ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 70 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร (แลงเมียร์)
ณ อุณหภูมิ 28 °C89
- ค.16 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน
ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 70 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร (แลงเมียร์)
ณ อุณหภูมิ 0 °C90
- ค.17 สมดุลการดูดซับด้วยหินพัมมิชซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนกับเงินในอัตราส่วน
ต่าง ๆ อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนไอออน 90 °C โดยวิธีเชิงปริมาตร (แลงเมียร์)
ณ อุณหภูมิ 28 °C91

สารบัญตาราง

1.1	การประยุกต์ใช้แก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนในกระบวนการผลิต	1
2.1	ตัวดูดซับในอุตสาหกรรม	6
2.2	ตัวดูดซับที่นิยมใช้ในกระบวนการแยกอากาศ.	7
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของหินเพอร์ไลต์และหินพัมมิช.	12
4.1	ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E_0) ของปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะเงินกับโลหะบางชนิด ในหินพัมมิช	37
4.2	ร้อยละ สัดส่วนองค์ประกอบโลหะของหินพัมมิชก่อนและหลังการแลกเปลี่ยน ไอออน	38
ก.1	แสดงค่า compressibility factor (Z) ที่สภาวะต่างๆ ในการทดลอง.	64
ข.1	ปริมาณโลหะเงินที่อยู่ในหินพัมมิช	67
ข.2	พื้นที่ผิวของหินพัมมิช	67
ข.3	มวลของตัวดูดซับ	68
ข.4	ปริมาตรของชุดอุปกรณ์การทดลองหลังจากบรรจุตัวดูดซับ	68
ข.5	ค่าคงที่ในแบบจำลองของเฮนรีของการดูดซับแก๊สไนโตรเจนโดยการ ดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	69
ข.6	ค่าคงที่ในแบบจำลองของเฮนรีของการดูดซับแก๊สไนโตรเจนโดยการ ดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ $28\text{ }^{\circ}\text{C}$	69
ข.7	ค่าคงที่ในแบบจำลองของเฮนรีของการดูดซับแก๊สออกซิเจนโดยการ ดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	70
ข.8	ค่าคงที่ในแบบจำลองของเฮนรีของการดูดซับแก๊สออกซิเจนโดยการ ดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	70

ข.9	ค่าคงที่ในแบบจำลองของแลงเมียร์ของการดูดซับแก๊สไนโตรเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 0 °C.....	71
ข.10	ค่าคงที่ในแบบจำลองของแลงเมียร์ของการดูดซับแก๊สไนโตรเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 28 °C.....	71
ข.11	ค่าคงที่ในแบบจำลองของแลงเมียร์ของการดูดซับแก๊สออกซิเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 0 °C.....	72
ข.12	ค่าคงที่ในแบบจำลองของแลงเมียร์ของการดูดซับแก๊สออกซิเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 28 °C.....	72
ข.13	ปริมาณการดูดซับสูงสุดของการดูดซับแก๊สไนโตรเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 0 °C.....	73
ข.14	ปริมาณการดูดซับสูงสุดของการดูดซับแก๊สไนโตรเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 28 °C.....	73
ข.15	ปริมาณการดูดซับสูงสุดของการดูดซับแก๊สออกซิเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 0 °C.....	74
ข.16	ปริมาณการดูดซับสูงสุดของการดูดซับแก๊สออกซิเจนโดยการดูดซับด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือในระบบ ที่อุณหภูมิ 28 °C.....	74

สัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์

a	พื้นที่ผิวจำเพาะ (cm^2/g)
c	ความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับ (mol)
D_K	ค่าความสามารถในการแพร่แบบนิตเซน (Knudsen diffusivity, cm^2/sec)
D_m	ค่าความสามารถในการแพร่แบบโมเลกุล (molecular diffusivity, cm^2/sec)
E^0	ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของขั้วไฟฟ้า (V)
G	superficial mass or molar flux
ΔG	Gibbs free energy (kJ/mol)
ΔH_{ads}	ค่าความร้อนของการดูดซับ (kJ/mol)
k_f	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลแพร่ผ่านชั้นฟิล์มภายนอก (cm/sec)
k_0	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวม (cm/sec)
k_{pore}	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลแพร่ผ่านรูพรุน (cm/sec)
K	ค่าคงที่สมดุล
K_{BET}	ค่าคงที่ของ BET
K_F	ค่าคงที่การดูดซับของฟรอยดลิช ($\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{atm}^{1/n}$)
K_H	ค่าคงที่การดูดซับของเฮนรี ($\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$)
K_L	ค่าคงที่ของแลงเมียร์ (atm^{-1})
M	มวลโมเลกุล
P	ความดัน (atm)
q	ปริมาณที่ถูกดูดซับ (mmol/g)
q_s	ปริมาณที่ถูกดูดซับสูงสุด (mmol/g)
R	ค่าคงที่ของแก๊ส ($\text{cm}^3\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$)
R_p	รัศมีของตัวดูดซับ (cm)
T	อุณหภูมิ (K)

อักษรกรีก

ε	ความพรุนของส่วนที่บรรจุตัวดูดซับ
ρ_s	ความหนาแน่นของตัวดูดซับ (g/cm^3)
μ	ความหนืดของของไหล (poises , $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

กลุ่มไร้หน่วย

Re	เรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynold Number)
Sc	เชอริมิดนัมเบอร์ (Schmidt Number)