

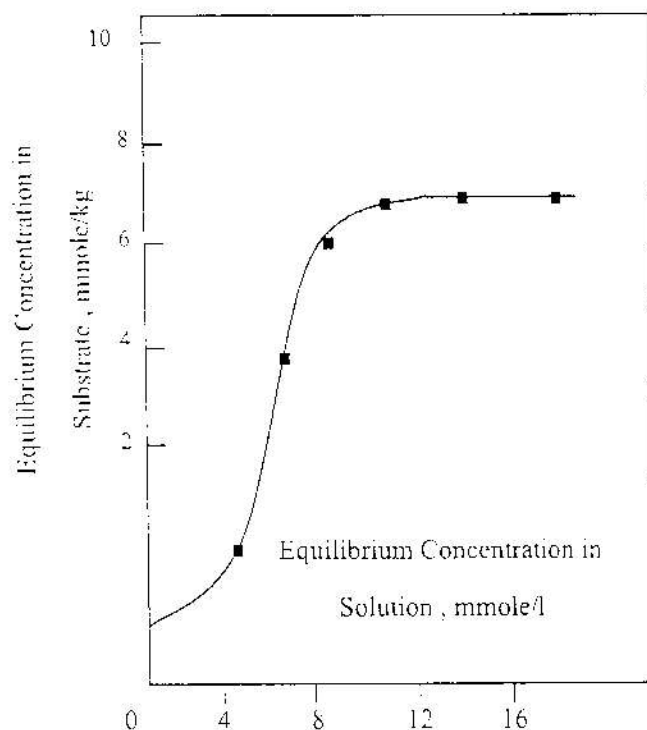
บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไกลส์และคณะ¹ ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาไอโซเทอร์มชนิดต่าง ๆ โดยใช้ตัวดูดซับอะลูมินา กราไฟต์และซิลิกา 0.0500 กรัมกับตัวถูกดูดซับเช่น สารละลายสี สารละลายพาราไนโตรฟินอล และสารละลายอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน โดยการคนสารละลายที่แช่ตัวดูดซับแต่ละชนิดที่ อุณหภูมิห้อง และปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเอาสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตริก เพื่อหาจำนวนตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับ จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาสร้างไอโซเทอร์ม เพื่อศึกษา ชนิดของไอโซเทอร์ม และได้เสนอรูปแบบต่างๆ ของไอโซเทอร์ม ดังนี้

1. ศึกษาการดูดซับของพาราไนโตรฟินอลในเบนซีนด้วยซิลิกาจะได้ไอโซเทอร์มดัง

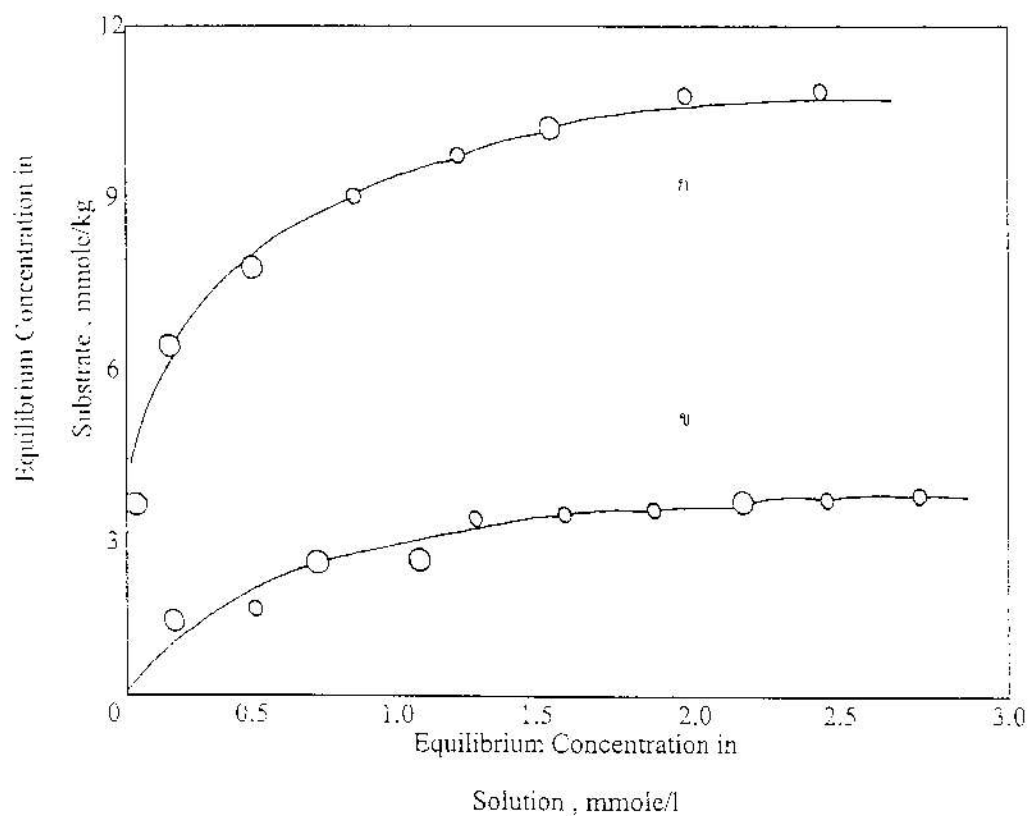
รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ไอโซเทอร์มของพาราไนโตรฟินอลในเบนซีนบนซิลิกา¹

จากรูปที่ 2.1 ไอโซเทอร์มที่ได้จะมีลักษณะว่าความชันเริ่มต้นน้อย จัดเป็นไอโซเทอร์มชนิดเอส แสดงให้เห็นว่าแรงดึงดูดระหว่างซิติลากับพาราไนโตรฟีนอลมีค่าน้อยกว่าแรงดึงดูดระหว่างซิติลากับเบนซีน การดูดซับเริ่มต้นจึงมีค่าน้อย และจะดูดซับได้มากขึ้นเมื่อสารถูกดูดซับได้เริ่มต้นที่จะดูดซับลงบนซิติลได้บางส่วนแล้ว

2. ศึกษาการดูดซับของสารละลายพาราไนโตรฟีนอลในน้ำ และในเบนซีน ด้วยกราฟต์ จะได้ไอโซเทอร์ม ดังรูปที่ 2.2



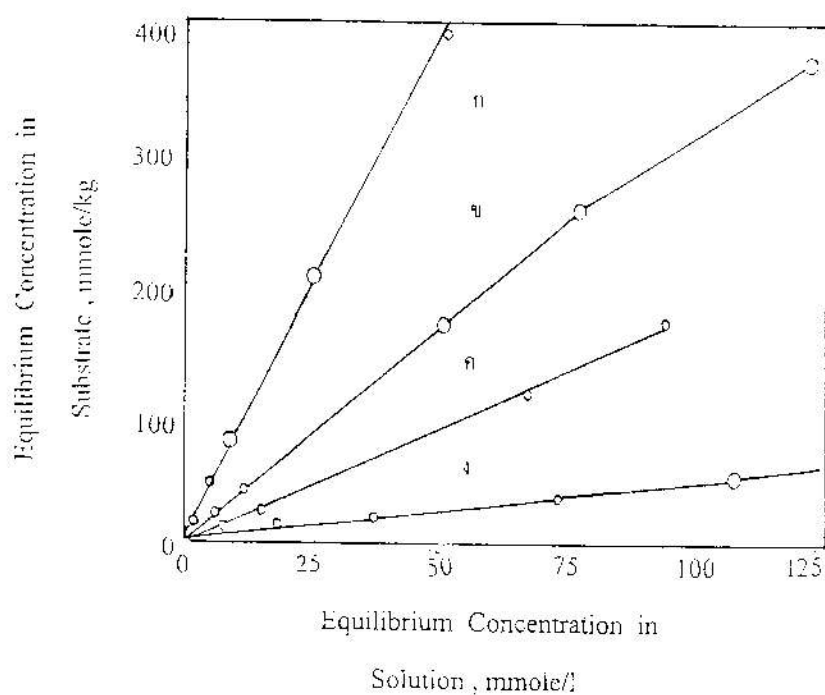
รูปที่ 2.2 แสดงไอโซเทอร์มของพาราไนโตรฟีนอลบนกราฟต์

ก พาราไนโตรฟีนอลในน้ำ

ข พาราไนโตรฟีนอลในเบนซีน

จากรูปที่ 2.2 ไอโซเทอร์มรูป ข มีลักษณะและความชันเริ่มต้นน้อยกว่ารูป ก จัดเป็นไอโซเทอร์มชนิดแอต ในขณะที่ ก จัดเป็นไอโซเทอร์มชนิดเอช เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไอโซเทอร์ม ก และ ข จะเห็นได้ว่าในไอโซเทอร์ม ก แรงดึงดูดระหว่างกราไฟต์และพาราไนโตรฟินอลมีค่าสูง ส่วนไอโซเทอร์ม ข แรงดึงดูดระหว่างกราไฟต์กับพาราไนโตรฟินอลจะมีค่าลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากบทบาทของตัวทำละลาย ตัวทำละลายเบนซีนมีแรงดึงดูดกับพาราไนโตรฟินอลมากกว่าตัวทำละลายน้ำ ดังนั้นเบนซีนจึงดึงดูดพาราไนโตรฟินอลไว้ ทำให้ดูดซับบนกราไฟต์ได้น้อยกว่า

3. ศึกษาการดูดซับของสารละลายกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ บนแคลเซียมมอนต์มอริลโลไนต์ จะได้ไอโซเทอร์มดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงไอโซเทอร์มของกรดอะมิโนบนแคลเซียมมอนต์มอริลโลไนต์

- ก ไตรไกลซิลไกลซีน
- ข ไดไกลซิลไกลซีน
- ค ไกลซิลไกลซีน
- ง ไกลซีน

จากรูปที่ 2.3 ไอโซเทอร์มมีลักษณะเป็นเส้นตรง จัดเป็นไอโซเทอร์มชนิดซี แสดงให้เห็นว่าโมเลกุลของกรดอะมิโนทั้ง 4 ชนิดซึ่งมีขนาดเล็กจะถูกดูดซับ โดยซึมผ่านเข้าไปในรูขนาดเล็กของเคลเซียมมอนต์มอริลโลไนต์ และแรงดึงดูดระหว่างกรดอะมิโนกับเคลเซียมมอนต์มอริลโลไนต์จะมากกว่าแรงดึงดูดที่เกิดจากน้ำกับเคลเซียมมอนต์มอริลโลไนต์

ริชาร์ดและโปป (Richards และ Pope)³ ได้ทำการศึกษาไอโซเทอร์มของสารละลายเมทธิลีนบลูในน้ำที่ 25 °C บนตัวดูดซับซีโอไลท์อีกซ์ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีไฮโดรเทอร์มอล และพบว่าเมทธิลีนบลูจะดูดซับลงบนพื้นผิวภายนอกของซีโอไลท์อีกซ์เท่านั้น โดยสร้างชั้นการดูดซับแบบชั้นเดียว และโมเลกุลของเมทธิลีนบลูจะไม่แทรกเข้าไปในรูภายในของซีโอไลท์อีกซ์ เนื่องจากโมเลกุลมีขนาดใหญ่ และอาจมีการจับกลุ่มกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เช่น ไคเมอร์หรือไตรเมอร์ ดังนั้นจึงสามารถศึกษาได้เฉพาะพื้นผิวภายนอกของตัวดูดซับ และเมื่อศึกษาสมบัติของตัวดูดซับที่สังเคราะห์ได้ในแต่ละช่วงเวลาจากฟลูอิดไรทราสฟอรั่มอินฟราเรดสเปกตรัม พบว่าซีโอไลท์ที่สังเคราะห์ได้เป็นนิวเคลียสขนาดเล็ก และมีสมบัติที่แตกต่างไปจากอะมอร์ฟัสเจลและผลึกสมบูรณ์ของซีโอไลท์อีกซ์

บรินาและบัตติสตี (Brina และ Battisti)⁴ ได้ทำการศึกษาการดูดซับสีเมทธิลีนบลู คริสตัลไวโอเลตด้วยตัวดูดซับไพเร็กซ์ไมโครบีด และผงแทนทาลัมออกไซด์ พบว่าโมเลกุลของสีจะจับกลุ่มเป็นไมเซลล์บนผิวตัวดูดซับ และได้เสนอแนะแนวทางการสร้างโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวดูดซับจาก

$$S = M_{\max} \cdot N \cdot s/n$$

เมื่อ

S คือพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวดูดซับ (m^2/g)

$M_{\max}$ คือจำนวนโมลของสีต่อกรัมของตัวดูดซับที่เพียงพอต่อการสร้างชั้นการดูดซับแบบชั้น

เดียว

N คือเลขอาวคาโดรมีค่าเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล

s คือพื้นที่ผิวที่ถูกปกคลุมโดยไอออนของสี 1 โมเลกุล (เมทธิลีนบลูมีค่า s เท่ากับ $120 (\text{\AA})^2$ คริสตัลไวโอเลตมีค่า s เท่ากับ $225 (\text{\AA})^2$)

n คือจำนวนการรวมกลุ่มเป็นไมเซลล์เล็ก ๆ ของสี ซึ่งพบว่าเมทธิลีนบลูมีค่า n เท่ากับ 2.0 และคริสตัลไวโอเลตมีค่า n เท่ากับ 3.6

ไกลล์และซิลวา (Giles และ Silva)⁵ ได้วิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวดูดซับที่มีขนาดของรูพรุนระหว่าง 20 - 200 Å โดยวิธีการดูดซับสี่และพาราไนโตรฟินอล ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือซับซ้อนและให้ผลสอดคล้องกับวิธีที่มีความซับซ้อนสูง เช่นการดูดซับก๊าซ แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวดูดซับด้านกระดูก (ชนิด N , A , B , C และ D ซึ่งกันด้านกระดูกที่แตกต่างกันในขั้นตอนการเตรียม) ซิลิกา (ชนิดกาซิล ซอรับซิล) อะลูมินา และถ่านกัมมันต์ด้วยการดูดซับสี่ชนิดต่าง ๆ และพาราไนโตรฟินอล เปรียบเทียบกับการดูดซับก๊าซได้ดังตารางที่ 2.1 ตารางที่ 2.1 แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะปรากฏของตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้ตัวดูดซับ

ที่แตกต่างกัน

ตัวดูดซับ	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m ² /g)								
	ด้านกระดูก					ซิลิกา		อะลูมินา	ถ่านกัมมันต์
	N	A	B	C	D	กาซิล	ซอรับซิล		
ประเภทก๊าซ									
ไนโตรเจน		81.5	-	83	184	426	574	100	1120
เบนซีน		80	85.1	72.6	-	425	368		1000
ประเภทสารละลาย									
พาราไนโตรฟินอล	1.0	88	78	76.8	188	135(x)	945(x)	65(x)	636
เมทิลีนบลู	1.95	40.7	40.1	52.6	10.2	11.7	6.5	7.2	289 , 254 *
ซาฟรานีน	2.4	26.3	26.7	30.8	65.8	7.8		6.8	
ออร์เรนจ์	3.0	240	21.7	26.6	51.8				
แบพทาซินเรดเจ	3.3	23.3	21.6	24.6	58.9				
บริลเลียนเบลล์ - เรดบี	3.5						7.3		242
โซลวอยล์ยูสคราบลู บี	5.6	7.7	9.2	10.5	24.6				
โคลอยเรียเพียว เดค บลู บีไท	9.0	7.0	7.0	11.6	10.7	5.6	2.8	8.3	78
โรดามีนบี	1.0							9	

หมายเหตุ ตัวดูดซับประเภทสารละลายทุกตัวละลายในน้ำ ยกเว้นที่แสดง (x) จะละลายในพาราไนโตร

* แสดงผลที่ได้เมื่อทำการคนสารละลายอย่างเดียว

จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เทคนิคการดูดซับด้วยก๊าซ เช่นไนโตรเจนหรือเบนซีน ผลการทดลองจะได้พื้นที่ผิวจำเพาะปรากฏที่สูงกว่าการวิเคราะห์โดยใช้การดูดซับของโมเลกุลของสี ทั้งนี้เนื่องจากก๊าซมีโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถสอดแทรกเข้าไปในรูพรุนที่มีขนาดเล็กได้ ในขณะที่โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ ไม่สามารถสอดแทรกเข้าไปในรูพรุนที่มี

ขนาดเล็กได้ ดังนั้นการศึกษาโดยอาศัยการดูดซับของโมเลกุลของสียที่มีขนาดแตกต่างกัน จะทำให้สามารถวิเคราะห์ขนาดและการกระจายของรูพรุนของสารดูดซับได้

วาน เดน ฮัล และ ลูคลีมา (Van den Hul และ Luklema)⁶ ได้ทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวดูดซับซิลเวอร์ไอโอไดด์ เสมาไทต์ และซิลิกาโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน 6 วิธี คือ การดูดซับก๊าซ (Gas Adsorption) ซึ่งวัดพื้นที่ผิวจำเพาะโดยใช้ไอโซเทอร์ม การคายก๊าซที่ถูกดูดซับ (Negative Adsorption) โดยการวัดปริมาณก๊าซที่ถูกคายออกมาหลังจากการดูดซับ วิธีทางกล้องจุลทรรศน์ (Microscopy) การแพร่ของก๊าซ (Air Permeability) การดูดซับสี (Dye Adsorption) และการวัดความจุทางไฟฟ้า (Capacity) พบว่าพื้นที่ผิวจำเพาะที่ได้จากวิธีการดูดซับก๊าซ และวิธีการคายก๊าซที่ถูกดูดซับจะให้ค่าใกล้เคียงกันสำหรับเสมาไทต์ และซิลิกา ดังตารางที่ 2.2 แต่สำหรับซิลเวอร์ไอโอไดด์วิธีการคายก๊าซที่ถูกดูดซับจะให้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่าวิธีการดูดซับก๊าซ 3.3 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะของเสมาไทต์และซิลิกา

ตัวดูดซับ	วิธีการทวงกล้องจุลทรรศน์ (m ² /g)	วิธีการดูดซับก๊าซ(m ² /g)	วิธีการคายก๊าซที่ถูกดูดซับ(m ² /g)
เสมาไทต์	20	40	35
ซิลิกา	-	56.0	34.5

ตารางที่ 2.3 แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะ (m²/g)ของซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI)^a

AgI	วิธีการดูดซับก๊าซ	วิธีการแพร่ของก๊าซ		วิธีการทวงกล้องจุลทรรศน์	วิธีการคายก๊าซที่ถูกดูดซับ	วิธีการวัดความจุทางไฟฟ้า	วิธีการดูดซับสี		อัตราส่วน ^b
		พื้นที่ผิวภายนอก	พื้นที่ผิวภายใน				MB ^c	DEC	
A ₁	0.45	-	-	0.25	1.5	1.4	0.87	0.75	3.2
A ₂	1.38	0.27	0.15	0.16	1.2	1.35	0.61	0.65	5.8
B ₁	0.52	0.34	0.51	0.32	1.6	1.5	0.96	1.03	3.1
B ₂	0.56	0.19	0.26	0.22	0.9	0.85	0.65	-	3.2
C ₁	0.97	0.48	0.88	0.45	1.5	3.5	0.15	1.92	3.6
C ₂	1.98	-	-	-	5.5	5.5	2.14	-	2.8

หมายเหตุ สัญลักษณ์

a แสดง AgI ชนิดต่าง ๆ

b แสดง เมทธีลีนบลู

c แสดง 1.1 - ไดเอทิล - 2, 2 - บิซนินโบรไมด์

d แสดง อัตราส่วนระหว่างวิธีการคายก๊าซที่ถูกดูดซับกับวิธีการดูดซับก๊าซ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการดูดซับก๊าซกับวิธีการคายก๊าซที่ถูกดูดซับ พบว่าวิธีการคายก๊าซที่ถูกดูดซับเหมาะสม และใช้ในการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะสำหรับตัวดูดซับที่กระจายอยู่ในสารละลายมากกว่าวิธีการดูดซับก๊าซ

ไกลล์และซิลวา (Giles และ Silva)⁷ ได้ศึกษาการดูดซับสีทั้งที่เป็นแคตไอออนและแอนไอออนโดยใช้ตัวดูดซับอะลูมินา ซิลิกา ถ่านกระดูก ด้วยเทคนิคจลนศาสตร์ (Electro - Kinetic) ซึ่งสีจะเกิดการรวมกลุ่มกันเป็นไมเซลล์บนผิวของตัวดูดซับ สำหรับถ่านกระดูกจะดูดซับสีด้วยแรงวานเดอร์วาลส์ชนิดแรงดิสเพอซัน และพบว่าความร้อนของการรวมกลุ่มของสีจะมีค่าเท่ากับ 0.25 - 0.7 KJ/mol และค่าความร้อนจะสูงกว่านี้หากสีที่เกิดการรวมกลุ่มเป็นสีประเภทที่มีกลุ่มไฮดรอกซิลหรืออะมิโนโมเลกุล เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้นเมื่อถูกดูดซับด้วยถ่านกระดูก ส่วนตัวดูดซับอะลูมินา ซิลิกา พฤติกรรมของการดูดซับที่เกิดขึ้นเป็นแบบเจาะจง ซึ่งศึกษาโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี พบว่าแคตไอออนจะถูกดูดซับบนกลุ่มซิลานอลที่อยู่ผิวตัวดูดซับทั้งสองชนิดนี้ จากสเปกตรัมที่ไล่จะแสดงการสั่นแบบยืดหดของหมู่ไฮดรอกซิลที่ย่านความถี่ 3750 และ 3600 cm^{-1} นอกจากนี้ยังสามารถหาจำนวนการรวมกลุ่มของสีบนผิวตัวดูดซับได้จากไอโซเทอร์ม ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่าง D_s กับ D_m (D_s คือ จำนวนตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับที่จุดกลับของไอโซเทอร์ม ส่วน D_m คือจำนวนตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับที่จุดอิ่มตัวของไอโซเทอร์ม) พบว่าจำนวนการรวมกลุ่มของสีที่หาได้จากไอโซเทอร์มนี้นี้จะมีค่ามากกว่าที่หาได้จากวิธีการวัดการแพร่ (Diffusion Measurement)

ปรีดา พิมพ์ขาว⁸ ได้ใช้วิธีการดูดซับเมทิลีนบลูในการหาพื้นที่ผิวของคอลลอยด์ของดินซึ่งมีขนาดระหว่าง 0.2 - 0.001 μm เนื่องจากดินโดยทั่วไปแล้วเมื่อกระจายตัวในน้ำจะมีคุณสมบัติเป็นอนุผสม จึงสามารถดูดซับเมทิลีนบลูซึ่งเป็นแคตไอออนได้ เมื่อใช้แท่งแก้วคนจุ่มน้ำดินในขณะที่ใส่เตรทกับเมทิลีนบลูแล้วนำมาแตะที่กระดาษกรองจะเห็นเมทิลีนบลูเกิดการแพร่กระจาย เมื่อดินดูดซับเมทิลีนบลูจนถึงจุดอิ่มตัวไม่สามารถดูดซับได้อีกแล้ว เมทิลีนบลูที่เหลืออยู่จึงเกิดการแพร่กระจายในน้ำดินเป็นสีฟ้าอมเขียว เรียก Halo มีลักษณะเป็นวงรอบจุดและจุดที่ผิวดินถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลเมทิลีนบลูทั้งหมดนี้ เรียกว่า การจับกลุ่มสูงสุด (Optimum Flocculation) และที่จุดนี้สามารถคำนวณหาพื้นที่ผิวจำเพาะต่อ 1 กรัมของดินได้ เนื่องจากดินจะดูดซับเมทิลีนบลูได้ดีเมื่อน้ำดินนั้นอยู่ในสภาวะเป็นกรด (พีเอช 3 - 4) ดังนั้นจึงต้องเติมกรดลงไปใต้น้ำดินเพื่อปรับพีเอชของน้ำดินให้มีพีเอชระหว่าง 3 - 4 ก่อนที่จะหยดเมทิลีนบลู ค่าดัชนีของเมทิลีนบลู (Methylene Blue Index (MBI)) คือค่าที่บอกว่าคุณสมบัติดินนั้นสามารถดูดซับเมทิลีนบลูได้มากน้อยเพียงใดเป็นค่าที่เชื่อมโยงไปถึงความละเอียดของวัตถุดิน ถ้าวัตถุมีความละเอียดมาก มีพื้นที่ผิวมากก็จะมีความสามารถแลกเปลี่ยนอนุผลได้มาก จากการศึกษาพบว่าดินดำมีค่าดัชนีของเมทิลีนบลูสูงกว่าดินขาว นั้นแสดงว่าดินดำมีความละเอียดและมีพื้นที่ผิวมากกว่าดินขาวจึงทำให้ดินดำมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุผล (ดูดซับเมทิลีนบลู) ได้มากกว่าดินขาว เพราะว่า

ใช้ดินดำเพียง 2 กรัมก็สามารถดูดซับเมทธิลีนบลูได้ถึง 14.75 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในขณะที่ต้องใช้ดินขาวถึง 5 กรัมในการดูดซับเมทธิลีนบลูได้เพียง 19 ลูกบาศก์เซนติเมตรเท่านั้น เนื่องจากดินดำมีความละเอียดมากกว่าดินขาวจึงทำให้ดินดำจับกลุ่มเป็นคอลลอยด์ได้ดีกว่าดินขาว

ฮิลลันและแมคคาย (Hillson และ McKay)⁹ ได้ใช้เทคนิคโพลาริกราฟีศึกษาการรวมกลุ่มของสีในสารละลายที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำและมีเกลือปนอยู่มากเกินพอ ทำโดยการวัดกระแสจำกัด (Limiting Current) ของสีและโลหะแคดเมียมเข้มข้นเท่ากัน ซึ่งสารทั้งคู่สามารถถูรีดิวซ์ได้ที่ขั้วไฟฟ้า แล้วคำนวณหาสัมประสิทธิ์การแพร่ของสีเทียบกับสัมประสิทธิ์การแพร่ของแคดเมียมไอออนซึ่งทราบค่าตามสมการฮิลโควิก ผลอดกราฟระหว่างค่าลอการิทึมของสัมประสิทธิ์การแพร่กับค่าลอการิทึมของน้ำหนักโมเลกุล จะให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง แล้วนำสี 4 ชนิดมาทดสอบ ได้แก่ คองโกเรด คริสตัลไวโอเลต เมทธิลีนบลู และโซว์เวียลูลตราบลู พบว่าการรวมกลุ่มของสีแต่ละประเภทที่มีความเข้มข้นของสีแตกต่างกัน คือ สีเมทธิลีนบลูที่มีความเข้มข้นต่ำ ๆ จะเป็นโมโนเมอร์และที่ความเข้มข้น 4×10^{-5} M เกิดเป็นไดเมอร์ และเกิดการรวมกลุ่มแบบไตรเมอร์เมื่อมีความเข้มข้นของสารละลายเกลือสูง สีคริสตัลไวโอเลตที่ความเข้มข้นต่ำสุดจะเป็นโมโนเมอร์และเกิดการรวมกลุ่มของสีได้ถึง 5 โมเลกุลที่ความเข้มข้นสูง แต่ระดับการรวมกลุ่มจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายเกลือ สีโซว์เวียลูลตราบลู ที่ความเข้มข้นต่ำประมาณ 6×10^{-5} M เป็นโมโนเมอร์และเกิดการรวมกลุ่มของสีได้ถึง 5 โมเลกุลที่ความเข้มข้น 2×10^{-3} M และพบว่าสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป จะมีผลทำให้การรวมกลุ่มของโมเลกุลสีชนิดนี้เกิดขึ้นช้า สำหรับสีคองโกเรดที่ความเข้มข้นต่ำประมาณ 10^{-4} M เป็นโมโนเมอร์และที่ความเข้มข้น 2.85×10^{-3} M จะเกิดการรวมกลุ่มได้ถึง 20,000 โมเลกุล

การซาร์เฟอร์รี (Calzaferrri) และคณะ¹⁰ ได้ทำการศึกษาไอโซเทอร์มแสดงการแลกเปลี่ยน (Exchange Isotherm) ของตัวดูดซับไทโอนีนซึ่งเป็นแคตไอออนโดยใช้ตัวดูดซับซีโอไลต์แอสเมื่อทำการศึกษาที่อุณหภูมิห้อง จะพบว่าการแลกเปลี่ยนแคตไอออนชนิดนี้ได้ 7.5 % โดยไทโอนีนสามารถเข้าไปในช่องของซีโอไลต์แอลดีโดยแคตไอออนชนิดนี้จะเข้าไปแทนที่ โปรแตสเซียมไอออนที่อยู่ที่ผิวตัวดูดซับ และพบว่าระยะห่างของไทโอนีน - ไทโอนีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27 Å เมื่อผสมซีโอไลต์แอลดีด้วยไทโอนีนจะเกิดการเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วง เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการรวมกลุ่มของสีพบว่าที่อุณหภูมิห้องจะใช้เวลา 2 สัปดาห์ จึงจะเกิดการรวมกลุ่มโดยสมบูรณ์ แต่ที่อุณหภูมิ 70 °C เวลาที่ใช้ในการรวมกลุ่มจะเร็วขึ้นคือ 10 ชั่วโมง วิธีเก็บสเปกตรัมที่ได้พบว่าจะแตกต่างกันตามเวลาที่ใช้ในการผสม และตามชนิดของตัวทำละลายที่เลือกใช้ด้วย

เอบีดี - อีแอล - นาเบ และตราซาสตี (ABD - EL - Nabey and Trasatti)¹¹ ได้ศึกษาการดูดซับโพธิโอไนโตรเจนที่ขั้วปรอทในสารละลาย NaF 0.25 mol.dm⁻³ ทำการวัดโดยวิธีทางเคมีไฟฟ้าโดยอาศัยขั้วไฟฟ้าปรอทขนาดเล็ก ได้ศึกษาการให้ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมมีค่าประจุตรงกันข้าม

ประจุของสารเพื่อให้ได้การดูดซับสูงสุด และจากค่าการดูดซับนำมาแสดงไอโซเทอร์มตามสมการฟรุมกิน (Frumkin) ได้ค่าการปกคลุมที่จุดอิ่มตัว (Saturation Coverage) (T_s) มีค่าเท่ากับ $5.9 \times 10^{-10} \text{ mol.cm}^{-1}$ ซึ่งจากค่า T_s ที่ได้นี้จะสอดคล้องกับค่าพื้นที่ผิวซึ่งเท่ากับ $28 \text{ \AA}$ ต่อโมเลกุล และจากตัวแปรที่ได้สามารถสร้างโมเดลการดูดซับที่ผิวเป็นชั้น ๆ ได้ด้วย

อัสมานิ (Usmani) และคณะ¹² ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากถ่านหินเกรดต่ำ โดยใช้วิธีการต้มน้ำด้วยสารเคมีชนิด ZnCl_2 พบว่าที่อุณหภูมิ 650°C อัตราส่วนสูงสุดในการแช่ถ่านหินด้วย ZnCl_2 เป็น 1:2 และแช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้ได้ตัวดูดซับที่มีคุณสมบัติในการดูดซับมีประสิทธิภาพสูง จากฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมจะพบกลุ่มคาร์บอนซิลิกบนผิวของตัวดูดซับที่ประยุกต์ใช้น้ำมันและพบว่าตัวดูดซับนี้มีค่าขนาดของรูพรุนเท่ากับ $0.46 \text{ cm}^3/\text{g}$ ความกว้างของรูโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 nm พื้นที่ผิวของรูพรุนขนาดเล็ก (micropore)(S_{mic}) มีค่าเท่ากับ $942 \text{ m}^2/\text{g}$ จะมีค่าสอดคล้องกับเมื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวโดยศึกษาจากการดูดซับไอโอไดน์ และมีค่ารูพรุนขนาดกลาง (mesopore)(S_g) เท่ากับ $142 \text{ m}^2/\text{g}$ เป็นค่าที่สอดคล้องกับเมื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวโดยศึกษาจากการดูดซับเมทธิลีนบลู

กูเซล (Guzel)¹³ ได้ศึกษาตัวดูดซับที่มีพื้นผิวมีสมบัติเป็นกรด โดยทำการศึกษาการดูดซับของตัวดูดซับชนิดนี้ด้วยเมทธิลีนบลูซึ่งเป็นแคตไอออน และเมทานิลเฮลโลซึ่งเป็นแอนไอออน แต่มีขนาดโมเลกุลเหมือนกัน คือ มีความยาว $12 \text{ \AA}$ กว้าง $9 \text{ \AA}$ ที่ 298 K จะพบว่ากลุ่มคาร์บอนซิลิกจะมีผลต่อการดูดซับ 2 สี่ที่กล่าวมานี้ โดยเมทธิลีนบลูจะถูกดึงดูดโดยกลุ่มคาร์บอนซิลิกซึ่งอยู่บนผิวตัวดูดซับ แต่โมเลกุลเมทานิลเฮลโลจะถูกผลักออกจากผิวตัวดูดซับ ส่งผลให้จากการศึกษาการดูดซับเมทธิลีนบลูด้วยตัวดูดซับนี้ จะได้ค่าพื้นที่ผิวมากกว่าเมื่อใช้ดูดซับเมทานิลเฮลโล

ทิวารี (Tiwari) และคณะ¹⁴ ได้ศึกษาตัวดูดซับประเภทถ่านแกลบที่ได้จากเปลือกข้าว ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ คือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) 76.46% คาร์บอน 10.89% ออกไซด์ของโลหะ 9.84% และอื่น ๆ อีก 2.9% ได้มีการนำตัวดูดซับประเภทนี้มาใช้ในการกำจัดโลหะหนัก เช่น ปรอท เนื่องจากว่าเป็นตัวดูดซับที่มีอยู่ในธรรมชาติมากมายและราคาถูก เมื่อเทียบกับตัวดูดซับประเภทถ่านกัมมันต์ซึ่งมีราคาสูง จึงได้ทำการศึกษาการดูดซับ Hg(II) จากสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายโดยใช้ตัวดูดซับประเภทนี้ ซึ่งทำการศึกษาทั้งแบบแช่และแบบคอลัมน์ และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ เช่น เวลาที่ Hg(II) สัมผัสกับตัวดูดซับ ขนาดอนุภาคของตัวดูดซับ พีเอช อัตราการไหลของ Hg(II) ผ่านลงไปคอลัมน์ และความสูงของตัวดูดซับที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ เป็นต้นแล้วทำการวัดปริมาณของ Hg(II) ที่เหลืออยู่ในสารละลายโดยใช้วิธีการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานเอธิลีนไดอะมีนเคตระอะซีติก แอซิด (อีดีทีเอ) จากการทดลองนี้พบว่าแบบแช่จะสามารถกำจัดปรอทได้ถึง 98% เมื่อใช้เวลาที่ Hg(II) สัมผัสกับตัวดูดซับ 3 ชั่วโมงขนาดอนุภาคของตัวดูดซับจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ $37 - 50 \text{ ไมโครเมตร}$ พีเอชมีค่าอยู่ในช่วง $4 - 6$ และใช้ความเข้มข้นของ Hg(II) เท่ากับ $100 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$ สำหรับแบบคอลัมน์พบว่ากำจัดปรอทได้อย่างมี

ประสิทธิภาพเมื่อลดอัตราการไหลของ $Hg(II)$ ผ่านลงไปในคอลัมน์ และถ้าเพิ่มความสูงของตัวดูดซับที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ทั้งแบบแท่งและแบบคอลัมน์จะได้ข้อมูลการดูดซับที่จัดเป็นแบบแลงเมียร์ ไอโซเทอร์ม (Langmuir Isotherm)

เฟิ่ง (Feng) และคณะ¹⁵ ได้ทำการสังเคราะห์หมู่ฟังก์ชันเคลือบเป็นแบบโมโนเลเยอร์บนตัวดูดซับซิลิกาที่มีรูขนาดปานกลางทำโดยการผสมซิลิกากับซิทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์จะได้ซิลิกาที่มีรูขนาดปานกลางมีพื้นที่ผิวจำเพาะ $900 \text{ m}^2/\text{g}$ ขนาดของรูมีค่าเฉลี่ย $55 \text{ \AA}$ แล้วนำมาผสมกับทริส - เมทกอกซี เมอร์แคปโทโพรพิลไซเลน จะได้หมู่ไทออลเคลือบบนผิวสามารถศึกษาการเคลือบของหมู่ฟังก์ชันนอลนี้ได้ด้วยเทคนิค NMR แบบใส่สารตัวอย่างเป็นของแข็ง นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่ผิวที่ถูกปกคลุมเป็นแบบโมโนเลเยอร์ ตั้งแต่ 25% ถึงสูงสุด 76% พบว่าพื้นที่ผิวแบบนี้สามารถจับโลหะปรอทและโลหะหนักอื่น ๆ ในน้ำเสียที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำและไม่ใช่น้ำได้ค่า K_L 340,000 (K_L คือปริมาณโลหะที่ถูกดูดซับเป็นไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมของวัสดุดูดซับดูดซับ)