สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
คำอุทิศ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 พฤติกรรมการดูดซับของสสาร	1
1.2 ไอโซเทอร์มของการดูดซับ	2
1.3 ทฤษฎีของการดูดซับ	8
1.4 การคำนวณหาพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุดูดซับโดยใช้วิธีการดูดซับสี	11
1.5 ตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ	12
1.6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	15
1.7 ขอบเขตของการวิจัย	15
1.8 คำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย	15
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	15
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 การทดลองและผลการทดลอง	26
3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี	26
3.2 การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของวัสดุดูดซับ	28
3.3 การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของตัวถูกดูดซับ	28
3.4 การศึกษาภาวะการดูดซับที่เหมาะสมของเมทธิลีนบลู	32
3.5 การศึกษาการสร้างไอโซเทอร์มของเมทธิลีนบลูในวัสดุดูดซับต่าง ๆ	39
3.6 การศึกษาสมบัติของเมทธิลีนบลูในวัสดุดูดซับต่าง ๆ	43
3.7 การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของโลหะหนักบางชนิดในวัสดุดูดซับต่าง ๆ	52
3.8 การคำนวณหาพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุดูดซับ	66
บทที่ 4 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	68
4.1 การศึกษาไอโซเทอร์มของสีเมทธิลีนบลูในวัสดุดูดซับ	68
4.2 การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของโลหะโครเมียม ละลั่วและเงิน	75

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3 สรุปผลการทดลอง 78

4.4 ข้อเสนอแนะ 79

เอกสารอ้างอิง 86

ภาคผนวก 82

ภาคผนวก ก. การคำนวณเกี่ยวกับการเตรียมสารเคมี 83

ภาคผนวก ข. การคำนวณปริมาณสารที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับ (g/g) และเปอร์เซนต์การดูดซับ 87

ภาคผนวก ค. การคำนวณ Molar Absorptivity 91

ภาคผนวก ง. แสดงสภาวะการทดลองใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin – Elmer Model 2380) สำหรับวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ 93

ประวัติผู้เขียน 95

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะปรากฏของตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้ตัวดูดซับที่แตกต่างกัน	20
ตารางที่ 2.2	แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะของเฮมาไทต์และซิลิกา	21
ตารางที่ 2.3	แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะ (m^2/g) ของซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI^a)	21
ตารางที่ 3.1	แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์	26
ตารางที่ 3.2	แสดงสารเคมี	27
ตารางที่ 3.3	แสดงน้ำหนักสารประกอบที่ใช้ในการเตรียมสารละลายสต็อกโลหะหนัก	29
ตารางที่ 3.4	แสดงค่าพีเอชของสารละลายตัวถูกดูดซับ	29
ตารางที่ 3.5	แสดงความเข้มข้นของเมทธิลีนบลู (c) กับค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (A)	30
ตารางที่ 3.6	แสดงความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) ของสารละลายเมทธิลีนบลูในสารละลายบัฟเฟอร์ที่พีเอชต่าง ๆ	31
ตารางที่ 3.7	แสดงความยาวคลื่นสูงสุดเมื่อแช่วัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ ด้วยสารละลายเมทธิลีนบลู	31
ตารางที่ 3.8	แสดงค่าพีเอชของสารละลายโครเมียม ตะกั่วและเงินหลังจากใช้แช่วัสดุดูดซับ	32
ตารางที่ 3.9	แสดงข้อมูลประกอบการศึกษาความเข้มข้นของเมทธิลีนบลูที่เหมาะสมกับน้ำหนักวัสดุดูดซับ	33
ตารางที่ 3.10	แสดงความเข้มข้นของเมทธิลีนบลู (ppm) ที่เหมาะสมกับน้ำหนักวัสดุดูดซับ	33
ตารางที่ 3.11	แสดงผลของเวลา (t) ที่มีต่อปริมาณสีที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับแต่ละชนิด (g/g)	34

สารบัญตาราง(ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 3.12	แสดงเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับของวัสดุดูดซับต่าง ๆ	35
ตารางที่ 3.13	แสดงผลของอุณหภูมิ (T) ที่มีต่อปริมาณสีที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับแต่ละชนิด (g/g)	36
ตารางที่ 3.14	แสดงข้อมูลต่าง ๆ ประกอบการศึกษาตัวทำละลายที่ใช้ในการดูดซับ	38
ตารางที่ 3.15	แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสมของเมทธิลีนบลูในวัสดุดูดซับต่าง ๆ	38
ตารางที่ 3.16	แสดงข้อมูลประกอบการสร้างไอโซเทอร์มของเมทธิลีนบลูในวัสดุดูดซับแต่ละชนิด	40
ตารางที่ 3.17	แสดงข้อมูลประกอบการศึกษาความเข้มข้นของโลหะที่เหมาะสมกับน้ำหนักวัสดุดูดซับ	52
ตารางที่ 3.18	แสดงความเข้มข้นของโลหะที่เหมาะสมกับวัสดุดูดซับแต่ละชนิด	53
ตารางที่ 3.19	แสดงข้อมูลประกอบการศึกษาผลของเวลา	53
ตารางที่ 3.20	แสดงผลของเวลาที่มีต่อปริมาณโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับแต่ละชนิด (g/g)	54
ตารางที่ 3.21	แสดงเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะหนัก	57
ตารางที่ 3.22	แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อตัวดูดซับแต่ละชนิด (g/g)	57
ตารางที่ 3.23	แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสมของโลหะหนักในวัสดุดูดซับต่าง ๆ	61
ตารางที่ 3.24	แสดงข้อมูลประกอบการทดลองในการศึกษาการสร้างไอโซเทอร์ม	61
ตารางที่ 3.25	แสดงข้อมูลประกอบในการสร้างไอโซเทอร์มของโลหะหนักในวัสดุดูดซับแต่ละชนิด	62
ตารางที่ 3.26	แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ โดยใช้วิธีการดูดซับสี	67
ตารางที่ 4.1	แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสมในการสร้างไอโซเทอร์มของเมทธิลีนบลูในวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ	69

สารบัญตาราง(ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4.2	แสดงความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดที่เหมาะสม (C) กับวัสดุดูดซับแต่ละชนิด	76
ตารางที่ 4.3	แสดงเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด	77
ตารางที่ 4.4	แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสมของโลหะหนักในวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ	77
ตารางที่ ผ-1	แสดงภาวะการทดลองใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin – Elmer Model 2380) สำหรับวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ	94
ตารางที่ ผ-2	แสดงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานในการศึกษาตัวถูกดูดซับโลหะหนัก	94

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	แสดงไอโซเทอร์มของบรูเนาร์	2
รูปที่ 1.2	แสดงไอโซเทอร์มของไกลส์และคณะ	5
รูปที่ 1.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง M กับ C	9
รูปที่ 1.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{V}$ กับ $\frac{1}{C}$	9
รูปที่ 1.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง M กับ C	10
รูปที่ 1.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{C}{M(C_s-C)}$ กับ $\frac{C}{C_s}$	11
รูปที่ 1.7	แสดงโครงสร้างของดินขาว	13
รูปที่ 1.8	แสดงโครงสร้างของเมทธิลีนบลู	14
รูปที่ 2.1	แสดงไอโซเทอร์มของพาราไนโตรฟีนอลในเบนซีนบนซิลิกา	16
รูปที่ 2.2	แสดงไอโซเทอร์มของพาราไนโตรฟีนอลบนกราไฟต์	17
รูปที่ 2.3	แสดงไอโซเทอร์มของกรดอะมิโนบนแคลเซียมมอนต์มอริลโลไนต์	18
รูปที่ 3.1	แสดงสเปตรัมของสารละลายเมทธิลีนบลู	30
รูปที่ 3.2	แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายเมทธิลีนบลู	30
รูปที่ 3.3	แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับสีของวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ	34
รูปที่ 3.4	แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับสีของวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ	36
รูปที่ 3.5	แสดงไอโซเทอร์มของสีเมทธิลีนบลูบนถ่านกัมมันต์	41
รูปที่ 3.6	แสดงไอโซเทอร์มของสีเมทธิลีนบลูบนดินขาว	41
รูปที่ 3.7	แสดงไอโซเทอร์มของสีเมทธิลีนบลูบนถ่านแกลบ	42
รูปที่ 3.8	แสดงไอโซเทอร์มของสีเมทธิลีนบลูบนถ่านแกลบเผา	42
รูปที่ 3.9	แสดงรีเฟลคแตนต์สเปคตราของถ่านกัมมันต์ เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในถ่านกัมมันต์	44
รูปที่ 3.10	แสดงรีเฟลคแตนต์สเปคตราของดินขาว เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในดินขาว	45
รูปที่ 3.11	แสดงรีเฟลคแตนต์สเปคตราของถ่านแกลบ เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในถ่านแกลบ	46
รูปที่ 3.12	แสดงรีเฟลคแตนต์สเปคตราของถ่านแกลบเผา เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในถ่านแกลบเผา	47

สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.13	แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคตราของถ่านกัมมันต์ เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในถ่านกัมมันต์	48
รูปที่ 3.14	แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคตราของดินขาว เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในดินขาว	49
รูปที่ 3.15	แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคตราของถ่านแกลบ เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในถ่านแกลบ	50
รูปที่ 3.16	แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคตราของถ่านแกลบเผา เมทธิลีนบลูและเมทธิลีนบลูในถ่านแกลบเผา	51
รูปที่ 3.17	แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านกัมมันต์	55
รูปที่ 3.18	แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของดินขาว	55
รูปที่ 3.19	แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านแกลบ	56
รูปที่ 3.20	แสดงผลของเวลาที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านแกลบเผา	56
รูปที่ 3.21	แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านกัมมันต์	59
รูปที่ 3.22	แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของดินขาว	59
รูปที่ 3.23	แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านแกลบ	60
รูปที่ 3.24	แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านแกลบเผา	60
รูปที่ 3.25	แสดงไอโซเทอร์มของโลหะหนักบนถ่านกัมมันต์	64
รูปที่ 3.26	แสดงไอโซเทอร์มของโลหะหนักบนดินขาว	64
รูปที่ 3.27	แสดงไอโซเทอร์มของโลหะหนักบนถ่านแกลบ	65
รูปที่ 3.28	แสดงไอโซเทอร์มของโลหะหนักบนถ่านแกลบเผา	65
รูปที่ 3.29	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{C_e}$ กับ $\frac{1}{C}$ของการดูดซับสีบนวัสดุดูดซับชนิดต่าง ๆ	66

สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.1	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนของถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์ที่ดูดซับเมทธิลีนบลู	72
รูปที่ 4.2	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนของดินขาว	73
รูปที่ 4.3	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบของแกลบดิบ ถ่านแกลบ ถ่านแกลบเผา	74
รูปที่ 4.4	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนของถ่านแกลบขยายให้เห็นชั้นบางๆ ที่ปิดรูพรุน	75