

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 เคมีอินทรีย์	1
1.1 พันธะของสารอินทรีย์และโครงสร้างของสารอินทรีย์	3
1.1.1 พันธะไอออนิก	4
1.1.2 พันธะโคเวเลนต์	4
1.1.3 ฟอर्मัลชาร์จ	6
1.1.4 การเขียนโครงสร้างทางเคมีของสารอินทรีย์	7
1.1.5 กลศาสตร์ควอนตัมและโครงสร้างอะตอม	9
1.1.6 อะตอมมิกออร์บิทัล	10
1.1.7 โมเลกุลาร์ออร์บิทัลและพันธะ	12
1.1.8 พันธะซิกมาและพันธะไพ	14
1.1.9 ไฮบริคออร์บิทัล	15
1.1.10 แรงกระทำระหว่างโมเลกุล และสมบัติทางกายภาพ	25
1.1.11 แรงกระทำภายในโมเลกุล	32
1.1.12 โครงสร้างโมเลกุล	33
1.2 การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์	41
1.2.1 การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ระบบสามัญ	41
1.2.2 การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ระบบสากล	44
1.3 สเตอริโอเคมี	86
1.3.1 ไอโซเมอร์	89
1.3.2 คอนฟิเจอร์ชันสัมบูรณ์	102
1.3.3 สเตอริโอไอโซเมอร์	110
1.3.4 สารไครัลและสมบัติทางชีวภาพ	125
1.3.5 การเกิดสารไครัลในธรรมชาติและ การสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	129
1.3.6 การแยกสารไอโซเมอร์ออปติคัล	130
1.4 กรด-เบสและปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์	132
1.4.1 กรดอินทรีย์ และ เบสอินทรีย์	133
1.4.2 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างต่อความเป็นกรดของสารประกอบอินทรีย์	137
1.4.3 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างต่อความเป็นเบสของสารประกอบอินทรีย์	150
1.5 ปฏิกิริยาทางเคมีอินทรีย์	154
1.5.1 ประเภทของปฏิกิริยาในเคมีอินทรีย์	156
1.5.2 ประเภทของการแตกพันธะโคเวเลนต์	159
1.5.3 สารตัวกลางในปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์	160
1.5.4 ตัวทำปฏิกิริยาเคมี	165

	หน้า	
1.5.5	การเขียนกลไกปฏิกิริยาเคมี	168
1.5.6	กลไกการเกิดปฏิกิริยา	170
1.6	ปฏิกิริยาพื้นฐานทางเคมีอินทรีย์	174
1.7	ปฏิกิริยาการเพิ่มด้วยนิวคลีโอไฟล์ที่หมู่คาร์บอนิล	175
1.7.1	กลไกการเกิดปฏิกิริยา	175
1.7.2	ปฏิกิริยาการเพิ่มด้วยนิวคลีโอไฟล์ชนิดต่างๆ ที่หมู่คาร์บอนิลของแอลดีไฮด์และคีโตน	181
1.8	ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ที่หมู่เอซิลของกรดคาร์บอกซิลิกและอนุพันธ์	214
1.8.1	กลไกการเกิดปฏิกิริยา	215
1.8.2	ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ชนิดต่างๆ ที่หมู่เอซิลของกรดคาร์บอกซิลิกและอนุพันธ์	217
1.9	ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ที่คาร์บอนอิ่มตัว	237
1.9.1	กลไกการเกิดปฏิกิริยา	238
1.9.2	ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ชนิดต่างๆ ที่คาร์บอนอิ่มตัว	250
1.10	ปฏิกิริยาการจัด	265
1.10.1	กลไกการเกิดปฏิกิริยา	266
1.10.2	ปฏิกิริยาการจัดหมู่ต่างๆ	273
1.11	ปฏิกิริยาการเพิ่มด้วยอิเล็กโตรไฟล์ที่คาร์บอนไม่อิ่มตัว	280
1.11.1	กลไกการเกิดปฏิกิริยา	281
1.11.2	ปฏิกิริยาการเพิ่มด้วยอิเล็กโตรไฟล์ชนิดต่างๆ ที่คาร์บอนไม่อิ่มตัว	287
1.12	ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์ของสารประกอบอะโรมาติก	309
1.12.1	คุณสมบัติความเป็นอะโรมาติก	309
1.12.2	กลไกการเกิดปฏิกิริยา	320
1.12.3	ปฏิกิริยาการแทนที่บนวงอะโรมาติกด้วยอิเล็กโตรไฟล์ชนิดต่างๆ	328
1.13	ปฏิกิริยาเรดิคัล	339
1.13.1	ปฏิกิริยาแทนที่แบบเรดิคัลของสารแอลเคนด้วยฮาโลเจน	342
1.13.2	ปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบฮาโลเจนแบบเรดิคัล	347
1.13.3	ปฏิกิริยาการเพิ่มแบบเรดิคัลของสารประกอบแอลคีน	348
1.13.4	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเรดิคัลของแอลคีน	350
1.13.5	ปฏิกิริยารีดักชัน	350
1.13.6	ปฏิกิริยาเรดิคัลชนิดอื่นๆ ที่สำคัญ	357

เลขที่	หัวข้อ	หน้า
	แบบฝึกหัดบทที่ 1	360
	เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 1	378
	บทที่ 2 ชีวโมเลกุล	401
2.1	กรดอะมิโน เพปไทด์ และโปรตีน	402
2.1.1	กรดอะมิโน	403
2.1.2	เพปไทด์	414
2.1.3	โปรตีน	416
2.1.4	ปฏิกิริยาเคมีของกรดอะมิโน เพปไทด์ และ โปรตีน	423
2.2	คาร์โบไฮเดรต	427
2.2.1	มอนอแซ็กคาไรด์	428
2.2.2	ตัวอย่างมอนอแซ็กคาไรด์	434
2.2.3	ปฏิกิริยาของมอนอแซ็กคาไรด์	436
2.2.4	ออลิโกแซ็กคาไรด์	443
2.2.5	พอลิแซ็กคาไรด์	448
2.2.6	พอลิแซ็กคาไรด์สะสม	449
2.2.7	พอลิแซ็กคาไรด์ที่มีหน้าที่เป็นโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต	453
2.2.8	ไกลโคโปรตีน	460
2.3	ลิพิด	464
2.3.1	กรดไขมัน	464
2.3.2	ลิพิดไม่มีขั้ว	471
2.3.3	ลิพิดมีขั้ว	482
2.3.4	สเตอรอยด์	489
2.4	กรดนิวคลีอิก	497
2.4.1	โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก	497
2.4.2	คุณสมบัติทางเคมีของกรดนิวคลีอิก	506
2.4.3	คุณสมบัติทางสเปกโทรสโกปีของกรดนิวคลีอิกและผลของความร้อนที่มีต่อกรดนิวคลีอิก	508
	แบบฝึกหัดบทที่ 2	513
	เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 2	515

	หน้า
บทที่ 3 สเปกโทรสโกปี	518
3.1 สมบัติของแสงและการดูดกลืนแสง	519
3.1.1 สมบัติของแสง	519
3.1.2 กฎของการดูดกลืนแสง	521
3.1.3 การดูดกลืนแสงของสารอินทรีย์	522
3.2 อุลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี	524
3.2.1 ทรานซิชันของอิเล็กตรอน	524
3.2.2 หลักการของเครื่องมือ	526
3.2.3 การเตรียมสารตัวอย่าง	528
3.2.4 การดูดกลืนแสง	528
3.2.5 หมู่ฟังก์ชันที่ดูดกลืนแสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	529
3.2.6 การวิเคราะห์สารจากสเปกตรัม	534
3.3 อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	537
3.3.1 การสั่นของพันธะ	538
3.3.2 อินฟราเรดสเปกตรัม	543
3.3.3 หลักการเครื่องมือและสารตัวอย่าง	544
3.3.4 การวิเคราะห์สารอินทรีย์จากอินฟราเรดสเปกตรัม	547
3.4 นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี	567
3.4.1 ปรากฏการณ์นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์	568
3.4.2 เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรมิเตอร์	574
3.4.3 การส่งสารตัวอย่างวิเคราะห์ ^1H NMR สเปกตรัม	577
3.4.4 การวิเคราะห์ ^1H NMR สเปกตรัม	578
3.4.5 การวิเคราะห์หาโครงสร้างสารจาก NMR สเปกตรัม	588
3.4.6 การประยุกต์นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ทางการแพทย์	595
3.5 แมสสเปกโตรเมตรี	597
3.5.1 หลักการและองค์ประกอบของเครื่องแมสสเปกโตรเมตรี	598
3.5.2 ไอออนโมเลกุล	599
3.5.3 ไอออนย่อย	601
3.5.4 แมสสเปกตรัม	602
3.5.5 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแมสสเปกตรัม	602
3.5.6 กลไกการแตกตัวของไอออน	607
3.5.7 การวิเคราะห์สูตรโครงสร้างจากแมสสเปกตรัม	610

บทที่	หัวข้อ	หน้า
	เอกสารอ้างอิง	675
	ดัชนี	677
3.6	การประยุกต์ของเมสสเปกโทรเมตรีแบบสี่ดัดบทที่ 3	621
	เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 3	623
	เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 3	629
บทที่ 4	ปฏิบัติการทางเคมีอินทรีย์	630
4.1	การตกผลึก	630
4.1.1	หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวทำละลาย	634
4.1.2	ขั้นตอนการตกผลึก	635
4.1.3	การทดลอง	640
4.2	การกลั่น	642
4.2.1	จุดเดือดของของเหลวบริสุทธิ์	642
4.2.2	จุดเดือดของสารละลายที่ตัวถูกละลายระเหยกลายเป็นไอได้น้อยหรือไม่ระเหย	644
4.2.3	จุดเดือดของสารละลายที่ตัวถูกละลายเป็นของเหลวที่ระเหยได้	644
4.2.4	การกลั่นอย่างง่าย	650
4.2.5	การกลั่นด้วยไอน้ำ	653
4.2.6	การทดลอง	654
4.3	การสกัด	659
4.3.1	การสกัดสารจากของแข็งด้วยตัวทำละลาย	659
4.3.2	การสกัดสารจากของเหลวด้วยตัวทำละลาย	660
4.3.3	การทดลอง	663
4.4	การจำแนกหมู่ฟังก์ชันสารประกอบอินทรีย์	665
4.4.1	การทดลองการละลายของสารอินทรีย์	665
4.4.2	ปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ตามชนิดของหมู่ฟังก์ชัน	668
4.4.3	การทดลอง	672

คำนำ

ตำราวิชาเคมี เล่มที่ 4 เป็นตำราที่เรียบเรียงขึ้นตามสาระเนื้อหาในหัวข้อเรื่องเคมีอินทรีย์ สเปกโทรสโกปี และชีวเคมีในเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับสารชีวโมเลกุลต่างๆ โดยอิงเนื้อหาหลักสูตรการแข่งขันเคมีโอลิมปิกระหว่างประเทศ (International Chemistry Olympiad, IChO) และหลักสูตรสาขาวิชาเคมีของ สอวน

ผู้เรียบเรียงได้จัดทำตำราขึ้นโดยมีความมุ่งหวังเพื่อที่จะให้นักเรียนใช้เป็นคู่มือเตรียมความพร้อมในการเรียนตามหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและเสริมเนื้อหาที่จำเป็นต่อการเตรียมความพร้อมในการเข้าร่วมแข่งขันเคมีโอลิมปิกวิชาการระดับประเทศและระหว่างประเทศด้วย ดังนั้นจึงมีเนื้อหาของวิชาเคมีเพิ่มเติมจากหลักสูตรปกติ การศึกษาวิชาเคมียังจำเป็นที่ต้องมีการฝึกปฏิบัติในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับภาคทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้วย เพื่อเพิ่มความเข้าใจให้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นและเป็นการเตรียมทักษะที่จำเป็นต่อการแข่งขันทางวิชาการ

ผู้เรียบเรียงอาจคงใช้ศัพท์เทคนิค (technical terms) บางอย่างไว้โดยไม่แปลเป็นภาษาไทยเพื่อช่วยให้ผู้อ่านได้เข้าใจในสาระของวิชามากยิ่งขึ้น หรืออาจบัญญัติศัพท์ใหม่ขึ้นมาใช้เพราะเห็นว่าผู้อ่านจะเข้าใจได้ดีกว่า

ผู้เรียบเรียงขอขอบพระคุณ มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการจัดทำตำราวิชาเคมีเล่ม 4 นี้ ผู้เรียบเรียงหวังว่าตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนใน ส่วนที่ต้องการศึกษาตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายและผู้ที่ต้องการเตรียมความพร้อมในการเข้าค่าย สอวน

เลขหมู่ 540
ค 56
2554
เลขทะเบียน 18769
วันที่ 17 ก.พ. 2555

113660

ISBN 978-616-551-400-2

สงวนลิขสิทธิ์

จัดพิมพ์โดย มูลนิธิ สอวน.

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2554 (2011)

ออกแบบปก หน้ารองปก

โดย รศ.ดร. พินิติ ระตะนานุกุล

นางสาวแพรวพรรณ กาศรุณ

ศิลปกรรม: รศ.ดร. พินิติ ระตะนานุกุล

พิมพ์ที่ บริษัทด้านสุทธนาการพิมพ์ จำกัด

แยกสี เฟลท บริษัทอีเล็ฟแวนด์คัลเลอร์ส จำกัด

จัดทำหน่วยโดย ศูนย์หนังสือกลางกรมมหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

CALL CENTER โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

ร้านค้า ติดต่อที่ขายส่ง สยามสแควร์ ชั้น 14 โทร. 02218-9889-90 โทรสาร 0-2254-9495

คณะผู้จัดทำ

รองศาสตราจารย์ ดร. พินิติ ระตะนานุกุล

Ph.D. (Organic Chemistry) National University of Ireland,

University College Cork

รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต ศิวานิ้ม

Ph.D. (Biochemistry) University of New South Wales

รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีรินทร์ ชัยวิสุทธางกูร

Ph.D. (Molecular and Cell Biology) University of Connecticut

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนันทา วิบูลย์จันทร์

Ph.D. (Organic Chemistry) National University of Ireland,

University College Cork

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุติมา คุณหากาญจน์

Ph.D. (Chemistry) University of Wisconsin-Madison