เตรียมสอบ
เด็กสายวิทย์

Think Beyond

COMPLETE

CHEMISTRY มัธยมปลาย

สรุปเข้ม เน้นข้อสอบ

หลักสูตร
ปรับปรุงใหม่
2560

สรุปเนื้อหาแบบเข้มข้น ครอบคลุมใช้สอบเข้ามหาวิทยาลัย
ตะลุยโจทย์ พร้อมเฉลยละเอียด อ่านเข้าใจง่าย

พร้อมทุกสนามสอบ O-NET • 9 วิชาสามัญ
• สอบตรง • โควตา • TCAS

ศักดา จันทร์กลั่น

จัดจำหน่ายโดย IDC PREMIER

คำนำ

หนังสือ **“Complete Chemistry มัธยมปลาย สรุปเข้ม เน้นข้อสอบ”** เล่มนี้ เป็นส่วนหนึ่งของวิชาเคมี ซึ่งเป็นการรวบรวมเนื้อหาทุกบทที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โดยมีการสรุปเนื้อหา ประเด็นสำคัญ เทคนิคการจำ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของนักเรียน อีกทั้งยังมีการรวบรวมข้อสอบจากสนามสอบต่างๆ ไว้ในแต่ละบท นักเรียนจะได้ฝึกทำโจทย์ พร้อมตรวจเฉลยแบบละเอียดทุกขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งหนังสือเล่มนี้เหมาะเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต้องการทบทวนเนื้อหาความรู้ของวิชาเคมีในทุกเรื่องที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเป็นการเตรียมความพร้อมสู่การสอบแข่งขันและสอบเข้ามหาวิทยาลัยในทุกสนามสอบได้เป็นอย่างดี

ครูผู้สอนได้สรุปเนื้อหาสำคัญ โดยรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการศึกษาค้นคว้า สุดท้ายต้องขอขอบคุณทุกแหล่งอ้างอิงที่ครูได้รวบรวมและนำมาเป็นข้อมูลในการทำหนังสือเล่มนี้ ครูหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ในวิชาเคมีสู่การสอบเข้ามหาวิทยาลัยได้ และประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาเคมีต่อไป

นายศักดา จันทร์กลั่น (ครูอ๊ึด)

ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่ 1 สารและการเปลี่ยนแปลง 2

การจำแนกสาร 3

การแยกสาร 8

พลังงานกับการเปลี่ยนแปลง 13

แนวข้อสอบเรื่องสารและการเปลี่ยนแปลง 15

เฉลยเรื่องสารและการเปลี่ยนแปลง 24

บทที่ 2 อะตอมและตารางธาตุ 28

แบบจำลองอะตอม 28

อนุภาคมูลฐานของอะตอม 34

การจัดอิเล็กตรอนในอะตอม 35

แนวข้อสอบเรื่องอะตอมและตารางธาตุ 39

เฉลยเรื่องอะตอมและตารางธาตุ 45

บทที่ 3 สมบัติของธาตุและสารประกอบ 48

ตารางธาตุในปัจจุบัน 48

แนวโน้มต่างๆ ในตารางธาตุ 49

เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number) 52

สารประกอบของธาตุคาบ 2 คาบ 3 54

ธาตุและสารประกอบในหมู่ต่างๆ 55

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ 63

แนวข้อสอบเรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ 66

เฉลยเรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ 72

บทที่ 4 พันธะเคมี 76

แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล 76

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล 97

แนวข้อสอบเรื่องพันธะเคมี 99

เฉลยเรื่องพันธะเคมี 105

บทที่ 5 ปริมาณสารสัมพันธ์ 110

มวลอะตอม 110

มวลโมเลกุล 112

โมล (Mole) 113

ความเข้มข้นของสารละลาย 115

การเตรียมสารละลาย 118

สมบัติบางประการของสารละลาย 121

การคำนวณสูตรอย่างง่าย 122

การคำนวณสูตรโมเลกุล 124

การดุลสมการเคมี 124

กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay Lussac's Law) 125

กฎของอาโวกาโดร (Avogadro's Law) 125

การคำนวณปริมาณสารในสมการเคมี 126

แนวข้อสอบเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ชุดที่ 1 133

แนวข้อสอบเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ชุดที่ 2 138

เฉลยเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ชุดที่ 1 142

เฉลยเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ชุดที่ 2 146

บทที่ 6 ของแข็ง ของเหลว แก๊ส 156

ของแข็ง 156

ของเหลว 158

แก๊ส 161

ตัวอย่าง

แนวข้อสอบเรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส 172
เฉลยเรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส 179

บทที่ 7 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 186
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 186
กฎอัตรา 197
แนวข้อสอบเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 199
เฉลยเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 205

บทที่ 8 สมดุลเคมี 210
การเกิดสมดุลเคมี 210
ค่าคงที่สมดุล 212
การรบกวนสมดุล 218
แนวข้อสอบเรื่องสมดุลเคมี 223
เฉลยเรื่องสมดุลเคมี 228

บทที่ 9 กรด-เบส 236
ทฤษฎีกรด - เบส 236
สารละลายอิเล็กโทรไลต์ 238
การแตกตัวของกรด - เบส 238
สมบัติของกรด – เบส 249
ค่า pH ของสารละลาย 250
อินดิเคเตอร์ 254
ปฏิกิริยาของกรด - เบส 255
การไทเทรต 258
สารละลายบัฟเฟอร์ 262
สารละลายกรด - เบสในชีวิตประจำวัน 266
แนวข้อสอบเรื่องกรด - เบส 267
เฉลยเรื่องกรด - เบส 272

ตัวอย่าง

บทที่ 10 ไฟฟ้าเคมี 276
ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) 276
เซลล์ไฟฟ้าเคมี 279
แนวข้อสอบเรื่องไฟฟ้าเคมี 289
เฉลยเรื่องไฟฟ้าเคมี 295

บทที่ 11 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน 300
การเขียนสูตรโครงสร้าง 302
การเรียกชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 304
ไฮโดรคาร์บอนแบบไม่มีหมู่ฟังก์ชัน 304
ไฮโดรคาร์บอนแบบมีหมู่ฟังก์ชัน 314
แนวข้อสอบเรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 326
เฉลยเรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 331

บทที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ 336
เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ 336
ปิโตรเคมีภัณฑ์ 343
มลพิษ 349
แนวข้อสอบเรื่องเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ 352
เฉลยเรื่องเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ 358

บทที่ 13 สารชีวโมเลกุล 362
โปรตีน 362
คาร์โบไฮเดรต 367
ลิพิด 372
กรดนิวคลีอิก 376
แนวข้อสอบเรื่องสารชีวโมเลกุล 380
เฉลยเรื่องสารชีวโมเลกุล 384

สารและการเปลี่ยนแปลง

สสาร (Matter) คือ สิ่งที่อยู่รอบตัวของเรา มีตัวตน ต้องการที่อยู่ ซึ่งอาจจะมองเห็นหรือมองไม่เห็นก็ได้ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งแวดล้อม อากาศ เป็นต้น สสารมีอยู่ด้วยกันหลายสถานะ แทบทุกชนิดสามารถเปลี่ยนสถานะไปมาได้

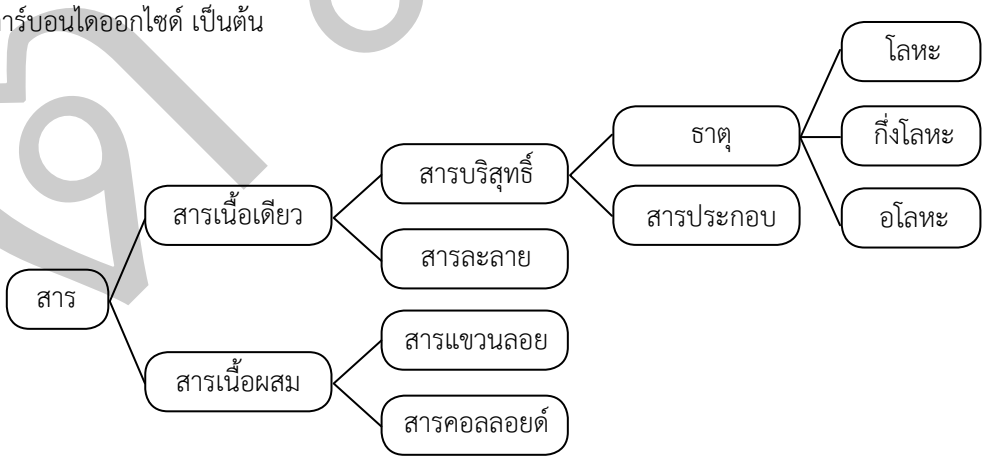
สาร คือ สสารที่รู้ชนิดชัดเจน ต้องการที่อยู่ มีมวล สามารถแบ่งสถานะของสารออกเป็น 3 สถานะ คือ **1) ของแข็ง 2) ของเหลว 3) แก๊ส**

สมบัติของสาร

สมบัติทางกายภาพ	สมบัติทางเคมี
● สมบัติที่บอกถึงสี กลิ่น รส การละลาย ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด หรือสามารถมองเห็นและสัมผัสได้ เช่น เมื่อสัมผัสน้ำตาลด้วยมือพบว่ามีความแข็งเป็นก้อน แสดงว่าน้ำตาลเป็นของแข็ง เป็นต้น	● เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีและส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ● เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการเกิดปฏิกิริยาเคมี จะมีสารใหม่เกิดขึ้น ซึ่งสารใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีสมบัติแตกต่างไปจากเดิม เช่น การเป็นสนิม การติดไฟ การเน่าของผัก ผลไม้ เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

เป็นการเปลี่ยนแปลงของสารซึ่งมีผลต่อองค์ประกอบภายใน ทำให้สารมีสมบัติทางเคมีต่างไปจากเดิม นั่นคือการเกิดสารใหม่ เช่น กรดไฮโดรคลอริกทำปฏิกิริยากับหินปูน เกิดสารใหม่ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น



การจำแนกสาร

1. สารเนื้อเดียว

เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารผสมกลมกลืนกันเป็นเนื้อเดียว มองเห็นเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทุกส่วน ถ้านำส่วนใดส่วนหนึ่งของสารเนื้อเดียวไปทดสอบจะมีสมบัติเหมือนกันทุกประการ เช่น น้ำกลั่น เกลือแกง คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น สารเนื้อเดียวสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ **สารบริสุทธิ์และสารละลาย**

1.1 สารบริสุทธิ์

สารบริสุทธิ์ คือ สารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบทางเคมีคงที่และเหมือนกันในทุกๆ สถานะ มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวคงที่ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ **ธาตุ และสารประกอบ**

1 **ธาตุ** คือ สารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกันหมด ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ด้วยวิธีทางเคมีธรรมดา ในปัจจุบันมีธาตุมากกว่า 100 ชนิด แบ่งออกเป็น **โลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ**

ตารางสรุปคุณสมบัติที่แตกต่างของโลหะและอโลหะ

สมบัติทางกายภาพ	โลหะ	อโลหะ
1. สถานะ	ของแข็ง ยกเว้นปรอท	มี 3 สถานะ
2. การนำความร้อนและไฟฟ้า	นำได้ดี	ไม่นำ
3. การขัดเป็นเงา	ได้	ไม่ได้
4. ตีเป็นแผ่น ดึงเป็นเส้น	ได้	ไม่ได้ เปราะ
5. จุดเดือดและจุดหลอมเหลว	สูง	ต่ำ
6. ความหนาแน่น	สูง	ต่ำ
7. ความถ่วงจำเพาะ	โลหะหนักความถ่วงจำเพาะสูง โลหะเบาความถ่วงจำเพาะต่ำ	ต่ำ

ธาตุกึ่งโลหะ คือ ธาตุที่มีสมบัติอยู่ระหว่างโลหะกับอโลหะ มีอยู่ด้วยกัน 8 ธาตุ ได้แก่

- โบรอน (B)
- ซิลิคอน (Si)
- เจอร์เมเนียม (Ge)
- สารหนู (As)
- พลวง (Sb)
- เทลลูเรียม (Te)
- พอโลเนียม (Po)
- แอสทาทีน (At)

การเรียกชื่อธาตุ

ชื่อธาตุโดยทั่วไปจะเรียกเป็นภาษาอังกฤษ สัญลักษณ์ธาตุบางธาตุกับชื่อที่เรียกไม่เหมือนกัน เช่น โซเดียม (Sodium) ไม่ได้ใช้สัญลักษณ์ S หรือ So แต่มีสัญลักษณ์เป็น Na เป็นต้น

การเขียนสัญลักษณ์ของธาตุ มีหลักการดังนี้

1. ถ้าธาตุมีชื่อในภาษาละตินให้ใช้อักษรตัวแรกเป็นสัญลักษณ์ โดยเขียนเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่

2. ถ้าธาตุนั้นไม่มีชื่อในภาษาละติน ให้ใช้อักษรตัวแรกของชื่อในภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เป็นสัญลักษณ์

3. ในกรณีภาษาละตินและภาษาอังกฤษมีอักษรตัวแรกเหมือนกัน ให้ใช้ตัวถัดไปเพิ่มเข้าไปอีกตัวหนึ่งด้วยตัวพิมพ์เล็ก

ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาละติน	สัญลักษณ์
Carbon	-	C
Calcium	-	Ca
Sodium	Natrium	Na
Tungsten	Wolfram	W

2 **สารประกอบ** คือ สารบริสุทธิ์เนื้อเดียวที่เกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเป็นองค์ประกอบ มารวมตัวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางเคมีในอัตราส่วนที่แน่นอน สามารถแยกให้เกิดเป็นสารใหม่หรือกลับคืนเป็นธาตุเดิมได้ เช่น กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$), หินปูน ($CaCO_3$), สนิมเหล็ก (Fe_2O_3) และปูนขาว (CaO) เป็นต้น

การตรวจสอบสารเนื้อเดียว

การตรวจสอบสารเนื้อเดียวว่าเป็นสารบริสุทธิ์ (ธาตุ, สารประกอบ) หรือไม่บริสุทธิ์ (สารละลาย) โดยวิธีต่อไปนี้

1. นำไประเหยจนแห้ง ถ้ามีของแข็งเหลืออยู่จะเป็นสารไม่บริสุทธิ์ ถ้าไม่มีอะไรเหลืออยู่เลยจะเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่บริสุทธิ์ก็ได้ ต้องตรวจสอบด้วยวิธีหาจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่อไป

2. หาจุดเดือดและจุดหลอมเหลว ถ้าช่วงอุณหภูมิที่สารเดือดหรือหลอมเหลวแคบหรือมีจุดเดียวจัดเป็นสารบริสุทธิ์ ถ้ามีช่วงกว้างหรือหลายจุดจัดเป็นสารไม่บริสุทธิ์

1.2 สารละลาย

สารละลาย (Solution) หมายถึง สารเนื้อเดียวที่ไม่บริสุทธิ์ เกิดจากสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกันในอัตราส่วนต่างๆ กันไป สารละลายแบ่งส่วนประกอบได้ 2 ส่วน คือ

1 **ตัวทำละลาย** (Solvent) คือ สารที่มีปริมาณมากกว่าตัวถูกละลาย และเป็นสารที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายโดยไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารนั้น

2 **ตัวถูกละลาย** (Solute) คือ สารที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายโดยไม่ทำปฏิกิริยาเคมีต่อกัน

ชนิดของสารละลาย

1. สารละลายอิ่มตัว (Saturated Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่อย่างเต็มที่ ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย และไม่สามารถละลายเพิ่มเข้าไปได้อีก ณ อุณหภูมิคงที่ที่กำหนด

2. สารละลายไม่อิ่มตัว (Unsaturated Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลาย ละลายอยู่น้อยกว่าที่มันควรจะละลายได้ ถ้าเพิ่มตัวถูกละลายเข้าไปอีก จะละลายได้อีกที่อุณหภูมิคงที่ แบ่งเป็น

1 **สารละลายเจือจาง** (Dilute Solution) หมายถึง สารละลายที่มีปริมาณตัวถูกละลายอยู่น้อย

2 **สารละลายเข้มข้น** (Concentrate Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่มาก

เกณฑ์การแบ่งสารละลาย

1. ใช้สถานะของสารละลายเป็นเกณฑ์ แบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

1 **สารละลายที่เป็นของแข็ง** หมายถึง สารละลายที่มีตัวทำละลายมีสถานะเป็นของแข็ง เช่น ทองเหลือง นาก โลหะบัดกรี สัมฤทธิ์ เป็นต้น

2 **สารละลายที่เป็นของเหลว** หมายถึง สารละลายที่มีตัวทำละลายมีสถานะเป็นของเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำหวาน น้ำเกลือ น้ำปลา น้ำส้มสายชู น้ำอัดลม เป็นต้น

3 **สารละลายที่เป็นแก๊ส** หมายถึง สารละลายที่มีตัวทำละลายมีสถานะเป็นแก๊ส เช่น อากาศ แก๊สหุงต้ม กลิ่นลูกเหม็นที่ระเหิดในอากาศ ไอน้ำในอากาศ เป็นต้น

สารละลายแต่ละชนิดจะใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนั้นจะต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันและไม่ทำปฏิกิริยาเคมีต่อกัน ตัวอย่างเช่น เกลือ น้ำตาลทราย สีผสมอาหาร จุนสี สารส้ม กรดเกลือ กรดกำมะถัน ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย หรือ โฟม ยางพารา พลาสติก ใช้น้ำมันเบนซินเป็นตัวทำละลาย

2. ใช้สถานะของตัวทำละลาย และสถานะของตัวถูกละลายเป็นเกณฑ์

3. ใช้ปริมาณของตัวถูกละลายในสารละลายเป็นเกณฑ์

ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างสารประกอบกับสารละลาย

สารประกอบ	สารละลาย
1. เป็นสารเนื้อเดียว	1. เป็นสารเนื้อเดียว
2. เป็นสารบริสุทธิ์	2. เป็นสารไม่บริสุทธิ์
3. เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของธาตุตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไป	3. เกิดจากการรวมกันของสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป
4. อัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่มีองค์ประกอบคงที่	4. อัตราส่วนไม่แน่นอน
5. ไม่แสดงสมบัติเดิมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ	5. แสดงสมบัติเดิมของส่วนประกอบ
6. แยกออกเป็นองค์ประกอบเดิมได้ด้วยปฏิกิริยาเคมี	6. แยกออกเป็นองค์ประกอบเดิมได้ด้วยวิธีทางกายภาพ
ตัวอย่าง : น้ำ เกลือแกง เอทานอล เป็นต้น	**ตัวอย่าง** : น้ำเชื่อม น้ำเกลือ เป็นต้น

2. สารเนื้อผสม

เป็นสารที่มีลักษณะของเนื้อสารคละกัน ไม่ผสมกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน สารที่เป็นส่วนผสมแต่ละชนิดก็ยังคงแสดงสมบัติของสารเดิม เพราะเป็นการรวมกันทางกายภาพ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้น สังเกตด้วยตาเปล่าก็จะสามารถจำแนกได้ว่าสารเนื้อผสมนั้นมีองค์ประกอบใดบ้าง สารเนื้อผสมจึงแยกเนื้อสารออกจากกันได้โดยวิธีทางกายภาพธรรมดา โดยไม่ทำให้สมบัติเดิมเปลี่ยนแปลงไป

2.1 สารแขวนลอย

เป็นสารเนื้อผสมที่มีของแข็งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10^{-4} เซนติเมตร แขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว สังเกตด้วยตาเปล่าได้ เพราะอนุภาคของสารแขวนลอยไม่ละลายในของเหลว ซึ่งโดยปกติจะทำให้ของเหลวนั้นขุ่น และเมื่อตั้งทิ้งไว้จะตกตะกอน เช่น น้ำโคลน น้ำแป้งมัน เป็นต้น สามารถแยกออกจากกันด้วยการกรองได้ เพราะอนุภาคของสารแขวนลอยไม่สามารถผ่านรูกระดาษกรองได้

2.2 คอลลอยด์

มีลักษณะเนื้อสารกึ่งกลางระหว่างสารเนื้อเดียวและสารเนื้อผสม ที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $10^{-7} - 10^{-4}$ เซนติเมตร กระจายปนอยู่ทั่วไปในตัวกลาง จึงสามารถลอดผ่านรูของกระดาษกรองได้ แต่ไม่สามารถลอดผ่านกระดาษเซลโลเฟนได้ เมื่อผ่านลำแสงเข้าไปในสารคอลลอยด์จะเกิดปรากฏการณ์ทินดอลล์ได้ เช่น น้ำนม น้ำสบู่ เป็นต้น

1 **สารอิมัลชัน** คือ คอลลอยด์ที่มีองค์ประกอบเป็นสารในสถานะของเหลว 2 ชนิดผสมกัน โดยที่ปกติแล้วสารทั้งสองชนิดไม่ละลายซึ่งกันและกัน เมื่อเขย่าด้วยแรงที่มากพอก็จะทำให้สารรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ แต่เมื่อทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง สารจะแยกตัวออกจากกันเป็นชั้นๆ อีกครั้ง จึงต้องมีตัวประสานเพื่อให้สารสามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้เป็นระยะเวลานาน

2 อิมัลซิฟายเออร์ คือ สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานในสารอิมัลชัน ให้สารนั้นเป็นเนื้อเดียวกัน และอยู่ตัว เช่น อิมัลชันของน้ำผสมน้ำมัน มีสบู่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ และอิมัลชันของน้ำมันพืชผสมน้ำส้มสายชูในน้ำสลัด มีไข่แดงเป็นอิมัลซิฟายเออร์

3 โฮโมจีไนเซชัน คือ กระบวนการที่ทำให้ไขมันในน้ำนม และโมเลกุลของน้ำอยู่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยการอัดน้ำนมผ่านช่องเล็กๆ ด้วยความดันสูงๆ ทำให้ไขมันน้ำนมแตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กลง และกระจายในน้ำอย่างสม่ำเสมอโดยไม่ต้องใช้อิมัลซิฟายเออร์

ปรากฏการณ์ทินดอลล์

เป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของคอลลอยด์ เกิดขึ้นเมื่อลำแสงผ่านตัวกลางที่เป็นดอลลอยด์ แล้วเกิดการกระเจิงของแสง ทำให้สามารถเห็นลำแสงนั้นได้

ชนิดของคอลลอยด์	สถานะของคอลลอยด์	สถานะของอนุภาคคอลลอยด์	ตัวกลางที่อนุภาคคอลลอยด์	ตัวอย่างของคอลลอยด์
ซอล	ของเหลว	ของแข็ง	ของเหลว	Milk of Magnesia, น้ำแป้ง, S ในน้ำ
เจล	ของแข็ง	ของแข็ง	ของเหลว	แป้งเปียก, โปรตีน, แยม, วุ้น, กาว, เยลลี
แอโรซอล	แก๊ส	ของแข็ง	แก๊ส	ฝุ่นละออง, ควันไฟ สเปรย์, เมฆ
อิมัลชัน	ของเหลว	ของเหลว	ของเหลว	น้ำมัน, น้ำสลัด
โฟมของเหลว	ของเหลว	แก๊ส	ของเหลว	ฟองสบู่, ครีมทาขนม
โฟมของแข็ง	ของแข็ง	แก๊ส	ของแข็ง	สบู่ก้อน, ฟองน้ำ

ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างสารละลาย คอลลอยด์ และสารแขวนลอย

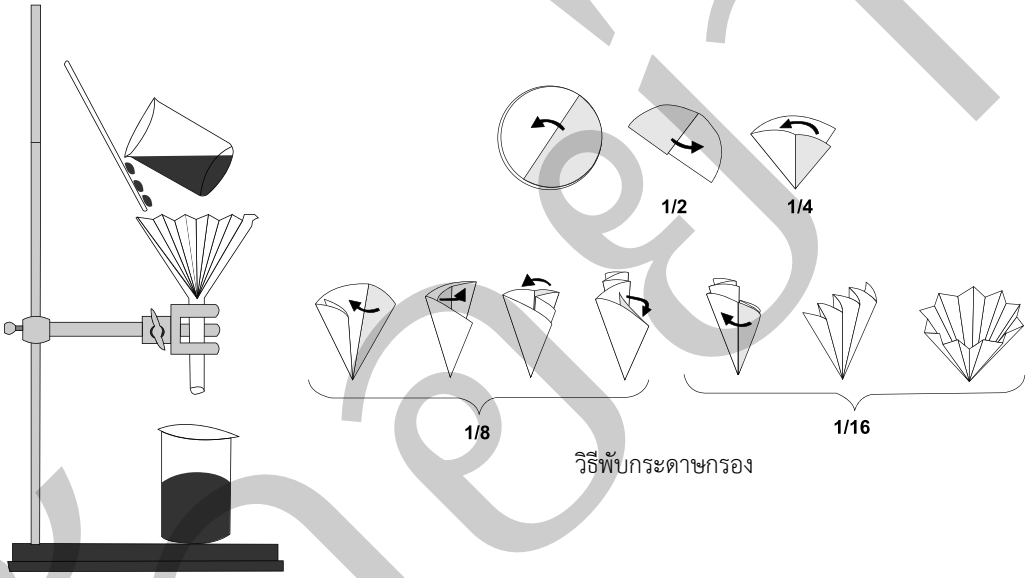
สมบัติ	สารละลาย	คอลลอยด์	สารแขวนลอย
1. เนื้อสาร	เนื้อเดียว	เนื้อเดียว เนื้อผสม	เนื้อผสม
2. ขนาดอนุภาค (เส้นผ่านศูนย์กลาง)	เล็กกว่า 10^{-7} cm	10^{-7} - 10^{-4} cm	ใหญ่กว่า 10^{-4}cm
3. การผ่านกระดาษกรอง	ได้	ได้	ไม่ได้
4. การผ่านกระดาษเซลโลเฟน	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
5. ปรากฏการณ์ทินดอลล์	ไม่เกิด	เกิด	ไม่เกิด

การแยกสาร

การแยกสารเป็นการแยกสารบริสุทธิ์ออกจากสารไม่บริสุทธิ์ โดยสารที่ไม่บริสุทธิ์ต้องมีองค์ประกอบผสมหรือคลุกเคล้ากันอยู่ในสภาพเดิม

1. การกรอง

ใช้สำหรับการแยกของแข็งออกจากของเหลว เช่น สารแขวนลอย หรือคอลลอยด์ สำหรับการแยกสารแขวนลอยใช้กระดาษกรอง ถ้าเป็นการแยกคอลลอยด์ใช้กระดาษเซลโลเฟน การกรองทำได้โดยการนำเอาสารที่มีสิ่งเจือปนที่ต้องการแยกมาเทผ่านกระดาษกรองที่พับวางบนกรวยกรอง ของแข็งที่ไม่สามารถผ่านรูของกระดาษกรองได้ก็จะค้างอยู่บนกระดาษกรอง



วิธีพับกระดาษกรอง

2. การกลั่น

ใช้สำหรับแยกของเหลวออกจากสารละลาย โดยอาศัยสมบัติที่ว่าสารแต่ละตัวมีจุดเดือดไม่เท่ากัน หลักการทั่วไปของการกลั่นคือให้ความร้อนแก่สาร เมื่อสารได้รับความร้อนจนถึงจุดเดือดจะเดือดกลายเป็นไอ จากนั้นไอจะกระทบกับความเย็นเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว สารแต่ละตัวมีจุดเดือดต่างกันจะกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่างกัน ทำให้แยกสารต่างๆ ออกจากกันได้ การกลั่นมี 3 ชนิด คือ

2.1 การกลั่นแบบธรรมดา ใช้แยกสารที่ระเหยง่ายออกจากสารที่ระเหยยาก กล่าวคือมีจุดเดือดต่างกันมาก เช่น น้ำเกลือ คุณสมบัติของสารที่จะสามารถแยกโดยการกลั่นแบบธรรมดา มีดังนี้

- ตัวทำละลายต้องเป็นของเหลวระเหยง่าย มีจุดเดือดต่ำ (สถานะของเหลว)
- ตัวถูกละลายเป็นสารที่มีจุดเดือดสูง ระเหยยาก (สถานะมักเป็นของแข็ง)
- ตัวทำละลายและตัวถูกละลายควรมีจุดเดือดต่างกันมากกว่า $80^{\circ}C$

เทอร์มอมิเตอร์

น้ำไหลออก

เครื่องควบแน่น

น้ำเกลือ

น้ำไหลเข้า

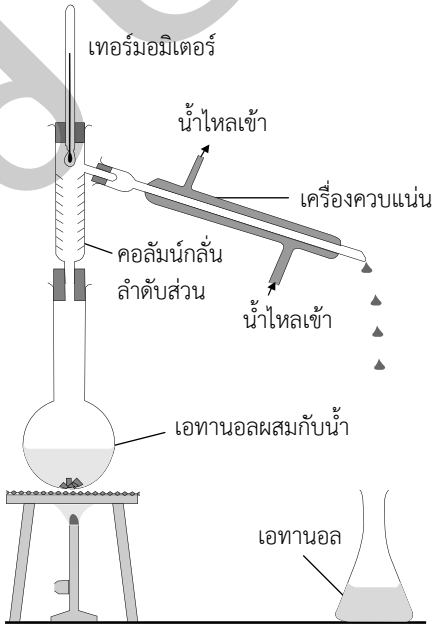
ความร้อน

น้ำบริสุทธิ์

สรุป

การกลั่นแบบธรรมดา ใช้แยกตัวถูกละลายที่มีสถานะเดิมเป็นของแข็งออกจากตัวทำละลายสถานะของเหลว เช่น แยกสารละลายของสารไอออนิกในน้ำ เช่น สารละลาย NaCl สารละลาย $MgSO_4$ สารละลาย $CuSO_4$ สารละลาย NH_4Cl สารละลาย NaOH เป็นต้น

2.2 การกลั่นลำดับส่วน ใช้แยกสารที่ระเหยง่ายตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปออกจากกัน หลักการคล้ายกับการกลั่นธรรมดา เพียงแต่ว่าการกลั่นลำดับส่วนนั้นจะเพิ่มคอลัมน์กลั่นลำดับส่วนขึ้นมา ซึ่งทำให้ไอที่ระเหยขึ้นมาควบแน่นกลับลงไปจึงเกิดการกลั่นซ้ำและควบแน่นกลับไปเรื่อยๆ จนกว่าไอของสารจะลอยพ้นคอลัมน์กลั่นลำดับส่วน และควบแน่นที่เครื่องควบแน่น จึงสามารถแยกสารที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกันออกจากกันได้ เช่น การกลั่นน้ำมันดิบ

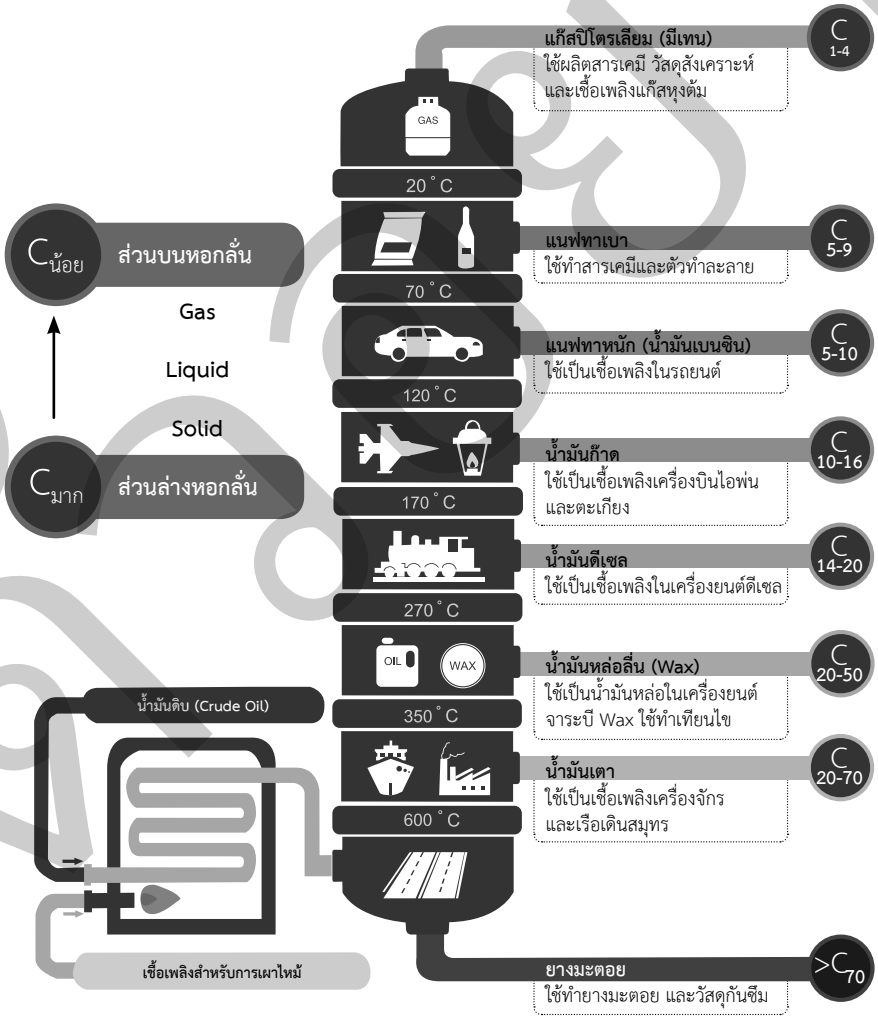


ประโยชน์ของการกลั่นลำดับส่วน

1. แยกสารละลายที่ตัวทำละลาย และตัวถูกละลายมีสถานะเป็นของเหลว เช่น สารละลายเอทานอล สารละลายเมทานอล สารละลายกรดแอซิติก สารละลายเบนซินในโทลูอีน
2. การกลั่นแยกแก๊สธรรมชาติ
3. การกลั่นแยกอากาศ
4. การกลั่นแยกน้ำมันดิบ ลำดับจากจุดเดือดจากต่ำไปสูงของน้ำมันที่กลั่นได้ ดังนี้

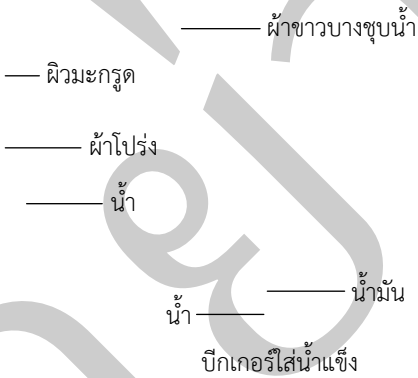
หลักการกลั่นลำดับส่วน (Oil Refinery)

การแยกน้ำมันดิบอาศัยหลักการที่ส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำมันมีจุดเดือดและจุดควบแน่นที่แตกต่างกันตามจำนวน C ในโมเลกุล จะระเหยขึ้นไป และควบแน่นเป็นของเหลวในชั้นที่อยู่ส่วนบนของหอกลั่น ส่วนสารประกอบที่มี C มากกว่าและจุดเดือดสูงกว่าจะควบแน่นอยู่ในชั้นที่ต่ำลงมาตามช่วงอุณหภูมิของจุดเดือด



2.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ ใช้แยกหรือสกัดสารที่ระเหยง่าย ออกจากของผสม โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวพาสารที่เป็นองค์ประกอบออกมา ส่วนที่กลั่นได้จึงมีน้ำออกมาด้วย ต้องมีการแยกน้ำออกจากองค์ประกอบโดยใช้กรวยแยก การกลั่นชนิดนี้ใช้กลั่นได้ทั้งสารที่มีจุดเดือดสูงและต่ำ (ทุกจุดเดือด) แต่สารนั้นต้องไม่ละลายน้ำ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ

วิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยาก เพราะต้องใช้ไอน้ำ และแยกน้ำออกไปในที่สุด ดังนั้นสารที่มีจุดเดือดต่ำและไม่ละลายน้ำ จึงนิยมใช้วิธีการกลั่นอย่างง่ายมากกว่า เนื่องจากสะดวกกว่า การกลั่นด้วยไอน้ำนิยมใช้กลั่นน้ำมันหอมระเหย เนื่องจากสลายตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง



3. การสกัดด้วยตัวทำละลาย

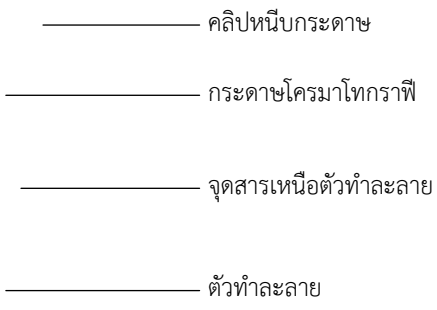
ใช้แยกสารโดยอาศัยสมบัติในการละลายของสารแต่ละชนิด โดยการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ตัวทำละลายจะละลายสารที่ต้องการออกมาพร้อมตัวทำละลาย จากนั้นจึงแยกตัวทำละลายออกด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น กลั่น หรือระเหยแห้งออกไป ก็จะได้สารที่ต้องการ

ตัวทำละลายที่เหมาะสมมีสมบัติ ดังนี้

1. ละลายสารในสารที่ไม่บริสุทธิ์ได้เพียงตัวเดียว
2. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการจะสกัด
3. ไม่มีกลิ่นรบกวน
4. จุดเดือดต่ำ เอาออกจากตัวถูกสกัดได้ง่าย
5. หาง่าย ราคาถูก

4. วิธีโครมาโทกราฟี

ใช้แยกสารผสมที่มีสีหรือสามารถทำให้เกิดสีได้ โดยอาศัยหลักการที่ว่า ในตัวทำละลายเดียวกันจะละลายสารแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบได้ไม่เท่ากัน และตัวดูดซับเดียวกันจะดูดซับสารละลายได้ไม่เท่ากัน วิธีโครมาโทกราฟีประกอบด้วยตัวเคลื่อนที่ (ตัวทำละลาย) กับตัวอยู่กับที่ (ตัวดูดซับ) เช่น กระดาษโครมาโทกราฟี ตัวดูดซับคือกระดาษกรอง ตัวเคลื่อนที่คือตัวทำละลาย



วิธีการแยกด้วยโครมาโทกราฟี

นำสารที่ไม่บริสุทธิ์มาจุดลงตรงปลายกระดาษ แล้วนำกระดาษนี้ไปจุ่มในตัวทำละลายที่เหมาะสม ตัวทำละลายจะซึมขึ้นไปผ่านจุดที่ได้จุดสารไว้ แล้วจะพาสารหรือละลายสารขึ้นไปด้วยระยะทางที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในสารบริสุทธิ์ แล้วนำกระดาษกรองออกจากตัวทำละลายมาตัดเป็นส่วนๆ นำไปสกัดในตัวทำละลายที่เหมาะสมจะได้ส่วนประกอบที่ต้องการ

นอกจากโครมาโทกราฟีกระดาษแล้วยังมีโครมาโทกราฟีชนิดอื่นๆ อีก เช่น โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส-ของเหลว โครมาโทกราฟีแผ่นบาง เป็นต้น

ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ได้ในตัวทำละลายหนึ่งๆ นิยมวัดเป็นค่า R_f (Rate of Flow)

ลักษณะของค่า R_f

1. ไม่มีหน่วย
2. มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1
3. ในตัวทำละลายเดียวกัน สารชนิดเดียวกันจะมีค่า R_f เท่ากัน

ประโยชน์ของวิธีโครมาโทกราฟี

1. ใช้พิสูจน์สารว่าสารตัวใดเป็นตัวเดียวกัน : ดูจากค่า R_f สารตัวเดียวกันในตัวทำละลายเดียวกันจะมีค่า R_f ใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน

2. ใช้ตรวจสอบความสามารถในการละลาย : จากค่า R_f จะบอกได้ว่าสารมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลาย และมีความสามารถในการถูกดูดซับมากน้อยเพียงใด

ถ้า $R_f > 0.5$ ละลายในตัวทำละลายได้ดี	ถูกดูดซับได้ไม่ดี
ถ้า $R_f = 0.5$ ละลายในตัวทำละลายได้ไม่ดี	ถูกดูดซับได้ไม่ดี
ถ้า $R_f < 0.5$ ละลายในตัวทำละลายได้ไม่ดี	ถูกดูดซับได้ดี

3. ใช้แยกสารออกจากกัน : สารที่มีองค์ประกอบจะแยกออกจากกันได้ต้องมีค่า R_f ต่างกันอย่างน้อย 0.1 ขึ้นไปในตัวทำละลายเดียวกัน

ข้อดีของวิธีโครมาโทกราฟี

1. ใช้วิเคราะห์หาสารที่เป็นองค์ประกอบได้ทุกตัว
2. ใช้ได้ทั้งด้านปริมาณวิเคราะห์ (หาปริมาณสาร) และคุณภาพวิเคราะห์ (หาจำนวนองค์ประกอบ)
3. ใช้ได้กับสารที่มีจุดเดือดต่ำและสูง
4. ใช้แยกสารปริมาณน้อยได้

ในการแยกสาร สารไม่บริสุทธิ์ตัวหนึ่งอาจมีวิธีเดียว หรือบางตัวอาจมีหลายวิธีด้วยกัน วิธีที่สะดวกที่สุดและประหยัดเวลาที่สุดถือว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแยกสารนั้นๆ

พลังงานกับการเปลี่ยนแปลง

สารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ 2 แบบ คือ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	การเปลี่ยนแปลงทางเคมี
1. ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น	1. มีสารใหม่เกิดขึ้น
2. รูปร่าง สถานะ ขนาด กลิ่น และสีอาจเปลี่ยนแปลงได้	2. รูปร่าง สถานะ ขนาด กลิ่น และสีเปลี่ยนแปลง
3. เป็นการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว สามารถทำกลับมาเป็นสภาพเดิมด้วยวิธีทางกายภาพ	3. เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร ไม่สามารถทำกลับมาเป็นสภาพเดิมได้ด้วยวิธีทางเคมีหรือปฏิกิริยาเคมี
4. ไม่มีการสลายและสร้างพันธะระหว่างอะตอม	4. มีการสลายพันธะและสร้างพันธะใหม่ระหว่างอะตอม

การเปลี่ยนแปลงของสารมี 3 ชนิด คือ

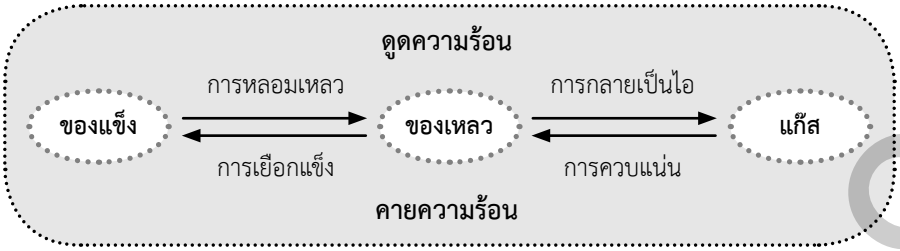
1. การเปลี่ยนสถานะ

2. การละลาย

3. การเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเปลี่ยนแปลงของสารทั้ง 3 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานควบคู่ไปด้วย โดยการเปลี่ยนแปลงที่มีการสลายตัวออกไปเรียกว่า การเปลี่ยนแปลงประเภทดูดพลังงาน หรือดูดความร้อน และการเปลี่ยนแปลงที่มีการสร้างบางอย่างเกิดขึ้นมาเรียกว่า การเปลี่ยนแปลงประเภทคายพลังงาน หรือคายความร้อน

1. การเปลี่ยนสถานะ



การเปลี่ยนสถานะจาก **ของแข็ง → ของเหลว → แก๊ส** เรียกว่า เปลี่ยนไปข้างหน้า (ดูดพลังงาน) เช่น การระเหย การหลอมเหลว การเดือด การระเหิด

การเปลี่ยนสถานะจาก **แก๊ส → ของเหลว → ของแข็ง** เรียกว่า เปลี่ยนแบบถอยหลัง (คายพลังงาน) เช่น การเกิดฝน การเกิดน้ำค้าง การเกิดหิมะ

2. การละลายน้ำของของแข็งไอออนิก

ในการละลายน้ำของสารมี 2 ขั้นตอน คือ

1. โมเลกุลของตัวถูกละลายแตกตัวออกเป็นไอออนในสถานะแก๊ส โดยดูดพลังงานหรือใช้พลังงานที่เรียกว่า **พลังงานแลตทิชหรือพลังงานโครงร่างผลึก**

2. ไอออนในสถานะแก๊สรวมตัวกับน้ำจะคายพลังงานหรือให้พลังงานออกมา เรียกว่า **พลังงานไฮเดรชัน**

- ถ้าการละลายมีพลังงานแลตทิช (ดูดพลังงาน) > พลังงานไฮเดรชัน (คายพลังงาน) การละลายน้ำเป็นแบบดูดพลังงาน
- ถ้าการละลายมีพลังงานไฮเดรชัน (คายพลังงาน) > พลังงานแลตทิช (ดูดพลังงาน) การละลายน้ำเป็นแบบคายพลังงาน

สร้าง = คาย
สลาย = ดูด

การละลายน้ำของสารที่อุณหภูมิห้องเป็นแบบดูดหรือคายพลังงานจะมีผลต่อความสามารถในการละลายเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ

3. การเกิดปฏิกิริยาเคมี

ในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากสารตั้งต้นให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์หรือสารใหม่ ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากเดิม สังเกตจากสีที่เปลี่ยนไป มีแก๊สเกิดขึ้น มีตะกอน มีกลิ่น สามารถแสดงได้ด้วยสมการเคมี ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีการดูดและคายพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น การเผาไหม้ของวัตถุที่เป็นเชื้อเพลิง การย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร การสึกกร่อนของอาคารบ้านเรือน การบูดเน่าของอาหาร เป็นต้น

แนวข้อสอบเรื่องสารและการเปลี่ยนแปลง (30 ข้อ)

1. ธาตุต่อไปนี้มีทั้งอโลหะ โลหะ และเมตัลลอยด์ (กึ่งโลหะ-กึ่งอโลหะ) ธาตุในข้อใดที่เป็นประเภทเดียวกันทั้งหมด

ก. Ca, Zn, P, Hg
ข. K, I, B, C
ค. Cs, Cr, Cl, Co
ง. Sb, Si, At, As

2. สาร A, B, C และ D มีสมบัติต่างๆ ดังแสดง

	ความหนาแน่น (g/ml)	จุดหลอมเหลว (°C)	สี	จำนวนธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
A	3.12	-7	น้ำตาลแดง	1
B	8.94	1,083	น้ำตาล	1
C	2.11	334	ขาว	3
D	5.68	398	ส้ม	3

สมบัติที่ใช้ในการจำแนกสารเหล่านี้ออกเป็นธาตุหรือสารประกอบข้อใดถูกต้อง

ข้อ	สาร	ธาตุหรือสารประกอบ	สมบัติที่ใช้
1	A	ธาตุ	จุดหลอมเหลว
2	B	ธาตุ	ความหนาแน่น
3	C	สารประกอบ	สี
4	D	สารประกอบ	จำนวนธาตุที่เป็นองค์ประกอบ

ก. 1
ข. 2
ค. 3
ง. 4

3. ถ้าจะทดสอบว่าสารชนิดหนึ่งเป็นคอลลอยด์หรือไม่ วิธีทดสอบที่ดีที่สุดคือข้อใด

ก. ดูด้วยตาเปล่าว่าขุ่นหรือไม่
ข. เติมกรดแอซิติกแล้วดูว่ามีตะกอนหรือไม่
ค. ฉายลำแสงผ่านดูว่ามีการกระเจิงแสงหรือไม่
ง. ใส่ถุงเซลโลเฟนแล้วดูว่ามีสารผ่านออกมาหรือไม่

4. สารกลุ่มใดที่จัดเป็นพวกคอลลอยด์ได้<u>ไม่หมดทุกชนิด</u>

ก. แยม ไอศกรีม น้ำเต้าหู้ น้ำกะทิ
ข. ควัน หมอก สีทาบ้าน น้ำทะเล
ค. กาว แป้งเปียก สลัดครีม น้ำซาวข้าว
ง. วุ้น นม น้ำโซดา น้ำยางพารา

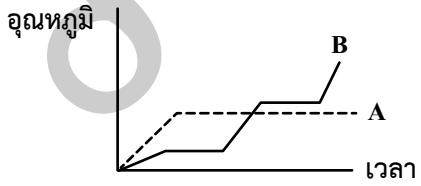
5. นำของเหลว A, B และ C มาทดสอบได้ผลดังนี้

สาร	ลักษณะ	การทดสอบและผล
A	ใส สีม่วง มีกลิ่น	กลั่นได้ของเหลวสีเดิมแต่ถ้าปิดฝาครอบภาชนะไว้นานๆ จะพบเกล็ดสีม่วงที่ฝา ซึ่งละลายใน CCl_4 ได้สารละลายสีม่วง
B	ใส สีน้ำตาล มีกลิ่น	กลั่นได้ของเหลวสีเดิม แต่ถ้าปิดฝาครอบภาชนะไว้นานๆ จะพบเกล็ดสีม่วงที่ฝา ซึ่งละลายใน CCl_4 ได้สารละลายสีม่วง
C	ใส สีม่วง ไม่มีกลิ่น	กลั่นได้ของเหลว ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ของแข็งที่เหลือในขวดกลั่นมีสีม่วง

ข้อสรุปในข้อใดถูกต้องสมเหตุสมผล

ก. A เป็นสารบริสุทธิ์ ส่วน B และ C เป็นสารละลายซึ่งมีตัวถูกละลายชนิดเดียวกัน
ข. A เป็นสารบริสุทธิ์ ส่วน B และ C เป็นสารละลายซึ่งมีตัวถูกละลายต่างชนิดกัน
ค. A และ B เป็นสารละลายที่มีตัวถูกละลายชนิดเดียวกัน ส่วน C เป็นสารละลายที่มีตัวถูกละลายและตัวทำละลายต่างชนิดกับ A และ B
ง. A, B และ C เป็นสารละลายที่มีตัวถูกละลาย และตัวทำละลายต่างชนิดกันทั้งหมด

6. เมื่อนำของเหลว 2 ชนิด A และ B มากลั่น แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา จะได้กราฟดังรูป

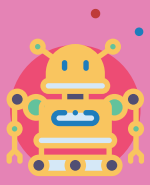


ข้อสรุปใดต่อไปนี้ ถูกต้องที่สุด

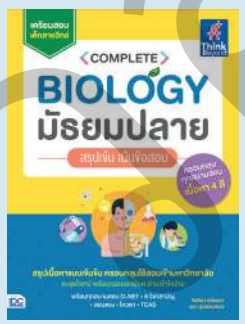
ก. ของเหลว A เป็นสารละลายเนื้อผสม
ข. ของเหลว B เป็นสารละลายเนื้อผสม
ค. ของเหลว A ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์อย่างน้อย 2 ชนิด
ง. ของเหลว B ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์อย่างน้อย 2 ชนิด

ทบทวนความรู้ ความเข้าใจ

เคมี ม.ปลาย



สรุปเนื้อหาครบถ้วน ตรงตามหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560
แนวข้อสอบ พร้อมเฉลยละเอียดมากกว่า 200 ข้อ
เหมาะสำหรับนักเรียนที่ต้องการเตรียมความพร้อมในทุกสนามสอบ
ครอบคลุมการสอบตรงเข้ามหาวิทยาลัย O-NET PAT2
9 วิชาสามัญ สอบตรง โควตา Admission และ TCAS



COMPLETE BIOLOGY
มัธยมปลาย
สรุปเข้ม เน้นข้อสอบ

COMPLETE MATH
มัธยมปลาย
สรุปเข้ม เน้นข้อสอบ

ISBN(eBook) : 885-909-931-244-8

ราคา 285 บาท

ซื้อสะดวก ส่งถึงบ้านที่ Shopee และ Lazada หรือผ่านทาง
ร้านหนังสือออนไลน์ www.thinkbeyondbook.com
thinkbeyond books