

บทที่ 12

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันนัล

12.1 ความหมาย

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันนัลเป็นการศึกษาว่าสารอินทรีย์ตัวอย่างเป็นสารประเภทใด เช่น เป็นสารประเภทอะโรแมติก แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน หรือกรดคาร์บอกซิลิก อย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งอย่างก็ได้

12.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันนัล

ขั้นตอนในการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันนัลประกอบด้วย

1. การศึกษาทางสเปกโทรสโคปี ซึ่งประกอบด้วย infrared spectrum (IR) และ nuclear magnetic resonance spectrum (NMR) หมู่ฟังก์ชันนัลที่เห็นชัดใน IR คือ หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หมู่อะมิโน (-NH, -NH₂) หมู่อะเซทิลไลต์ (C≡C) และหมู่คาร์บอนิล (C=O) NMR สามารถบอกสูตรโครงสร้างของโมเลกุลและสามารถบอกชนิดของหมู่ฟังก์ชันนัลบางชนิดได้ด้วย เช่น หมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) หมู่อาร์บอกซิล (-COOH) หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และ หมู่อะมิโน (-NH, NH₂)

2. การหลอมสารอินทรีย์กับโลหะโซเดียม เป็นการทดสอบหาธาตุไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และแฮโลเจนในสารตัวอย่าง

3. การศึกษาสมบัติในการละลาย

4. การศึกษาสมบัติทางเคมี

สำหรับนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการในขั้นนี้จะได้ศึกษาการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันนัล โดยการศึกษาสมบัติในการละลายและสมบัติทางเคมี

12.2.1 การศึกษาสมบัติในการละลาย การทดสอบโดยการละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ เป็นการแยกประเภทของสารตามลักษณะของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่ใช้ทดสอบคือน้ำ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

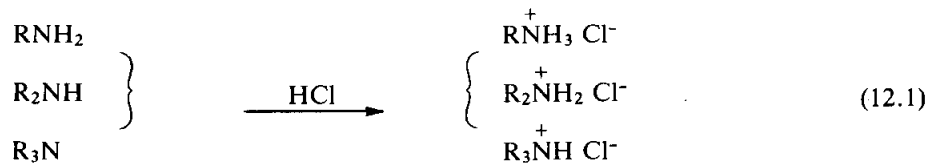
12.2.1.1 การทดสอบการละลายในน้ำ สารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำแสดงว่าเป็นสารประเภทไอออนิกหรือสารประเภทมีขั้วซึ่งสามารถถูกห้อมล้อมหรือสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ความสามารถในการละลายในน้ำขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของจำนวนหมู่ฟังก์ชันนัลและจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลนั้น สารที่ต้องการทดสอบการละลายในน้ำที่มีหมู่ไฮดรอกซิล หมู่คาร์บอนิล หมู่คาร์บอกซิล หมู่อะมิโน หรือหมู่เอไมด์ และมีจำนวนคาร์บอนไม่เกิน 4-5 อะตอมจะละลายน้ำได้ดี ถ้ามีหมู่ฟังก์ชันนัลดังกล่าวข้างต้นมากกว่าหนึ่งหมู่จะมีความสามารถในการละลายดีขึ้น

12.2.1.2 การทดสอบการละลายในเบส สารอินทรีย์ที่ละลายหรือทำปฏิกิริยากับเบสคือสารประกอบประเภทกรด เบสที่ใช้ทดสอบการละลายคือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารอินทรีย์ที่ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แสดงว่าเป็นสารประเภทกรด เช่น กรดคาร์บอกซิลิก และฟีนอล

สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต สารอินทรีย์ที่ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ไม่ละลายในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต แสดงว่าเป็นกรดอ่อน เช่น ฟีนอล สารอินทรีย์ที่ละลายได้ทั้งในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต แสดงว่าเป็นกรดแก่ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก

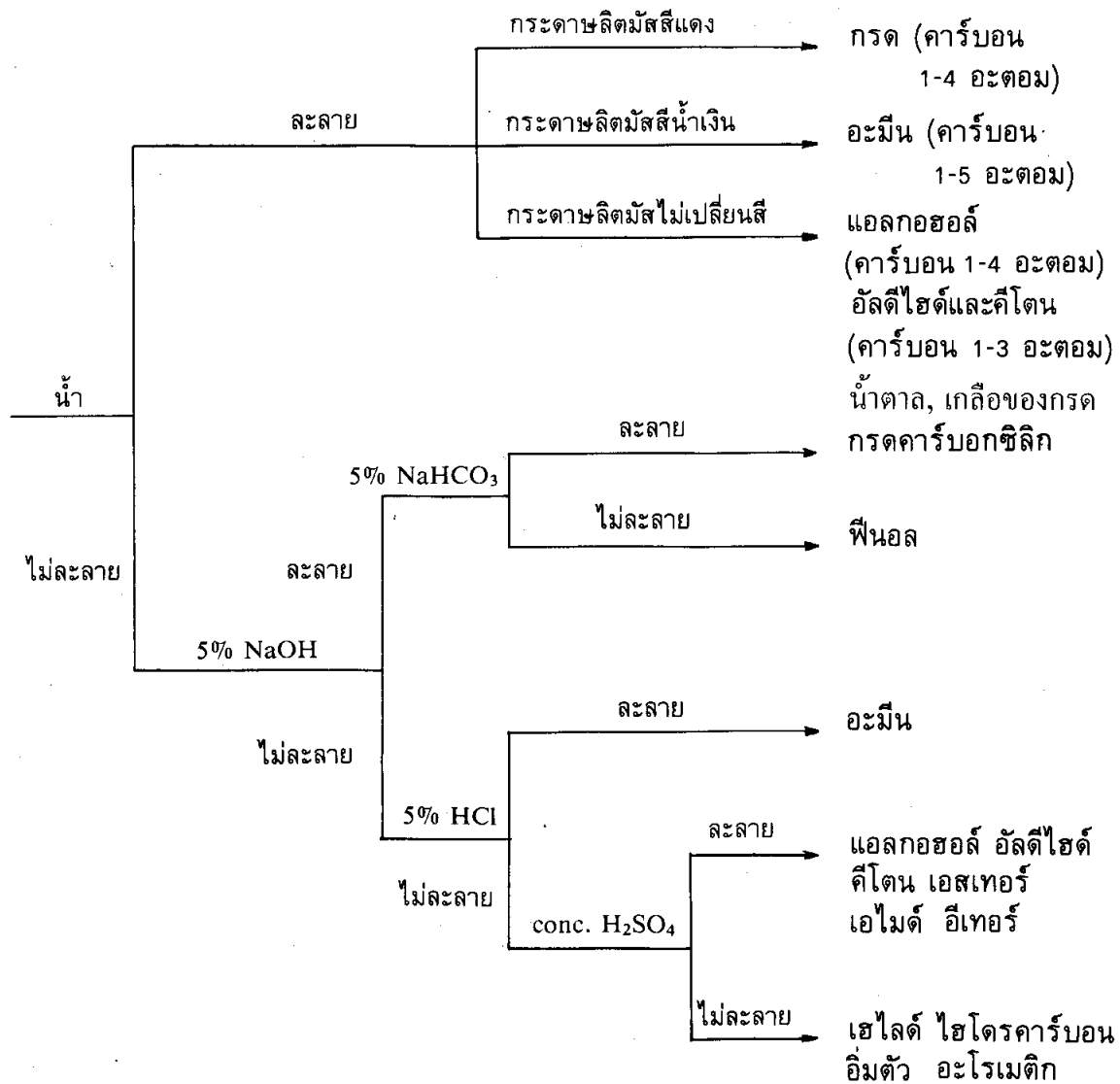
12.2.1.3 การทดสอบการละลายในกรดไฮโดรคลอริก สารอินทรีย์ที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริกคือสารประกอบประเภทอะมีนที่เป็นชนิดปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ สารประกอบอะมีนจะทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกให้สารผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของอะมีนซึ่งเป็นสารประกอบไอออนิกที่ละลายในน้ำได้ ดังสมการ 12.1



12.2.1.4 การทดสอบการละลายในกรดซัลฟูริกเข้มข้น สารประกอบทุกชนิดที่มีขนาดโมเลกุลปานกลางและมีอะตอมของไนโตรเจน หรือออกซิเจน หรือพันธะคู่ หรือพันธะสาม จะถูกเกาะโดยโปรตอนจากกรดซัลฟูริกเข้มข้น ซึ่งมีผลทำให้เกิดการละลาย สังเกตได้โดยที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ มีความร้อนเกิดขึ้น เกิดตะกอน หรือมีก๊าซเกิดขึ้น ประเภทของสารที่ละลายในกรดซัลฟูริกเข้มข้น ได้แก่ แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ เอไมด์ และอีเทอร์

สารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ละลายในตัวทำละลายใด ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วเนื่องจากไม่มีหมู่ฟังก์ชันัลที่จะทำปฏิกิริยากับตัวทำละลายเหล่านั้นได้ ได้แก่ สารประกอบเฮไลด์ ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว และอะโรเมติก

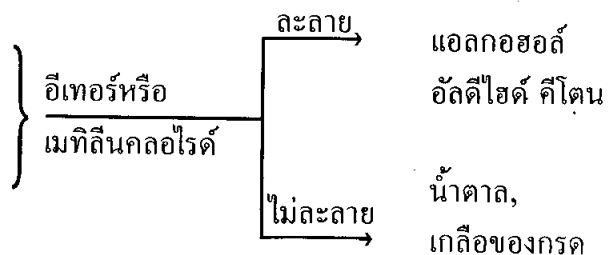
แผนผังการทดสอบการละลายได้แสดงไว้ในแผนภาพ 12.1



แผนภาพ 12.1 แผนผังของการทดสอบการละลาย

หมายเหตุ

แอลกอฮอล์ (คาร์บอน 1-4 อะตอม)
 อัลดีไฮด์, คีโตน (คาร์บอน 1-3 อะตอม)
 น้ำตาล, เกลือของกรด



การทดลองที่ 1 การทดสอบการละลาย

วิธีทำ ใส่น้ำลงไปในห้องทดลองจำนวน 3 มล. ค่อย ๆ เติมสารที่ต้องการทดสอบลงไปในห้องทดลองที่ล้นน้อยพร้อมทั้งเขย่า จนครบ 0.2 มล. (หรือ 0.1 กรัม ถ้าเป็นของแข็ง) ถ้าสารไม่ละลายก็ไม่ต้องเติมจนครบจำนวน

ถ้าไม่ละลายในน้ำให้ทดสอบการละลายในตัวทำละลายต่อไปนี้ตามลำดับ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5% สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 5% และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ถ้าหากทดสอบพบว่าสารตัวอย่างละลายได้ในตัวทำละลายตัวใดตัวหนึ่งแล้ว ก็ไม่ต้องทดสอบการละลายในตัวทำละลายตัวถัดไป ในกรณีที่สารตัวอย่างละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ทดสอบการละลายในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 5% ด้วย

หมายเหตุ

1. ในกรณีที่สารต้องการทดสอบเป็นของแข็ง ควรบดให้ละเอียดก่อนทดสอบการละลาย
2. ในกรณีที่สารที่ต้องการทดสอบเป็นของเหลวใสไม่มีสี อาจจะสังเกตการละลายได้ยาก ถ้าของเหลวไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อเขย่าแรง ๆ สารละลายมักจะขุ่น
3. ถ้าสารตัวอย่างไม่ละลายน้ำ ควรต้มในเครื่องอังน้ำ ถ้าละลายได้ในน้ำร้อนควรตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องพร้อมทั้งเขย่าเสียก่อน แล้วจึงสังเกตการละลาย
4. ถ้าสารตัวอย่างละลายได้ในน้ำ ควรทดสอบสารละลายด้วยกระดาษลิตมัสว่าสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่างหรือไม่ และบันทึกลงในผลการทดลองด้วย
5. ถ้าสารตัวอย่างละลายได้ในน้ำ ให้ทดสอบการละลายต่อไปด้วยอีเทอร์หรือเมทิลีนคลอไรด์ ถ้าไม่ละลายในอีเทอร์หรือเมทิลีนคลอไรด์แสดงว่าเป็นเกลือหรือน้ำตาล
6. ในการทดสอบการละลายในกรดหรือเบสไม่ควรให้ความร้อนแก่สารละลาย เพราะจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ เมื่อเขย่าให้สารละลายผสมกันดีแล้ว ควรสังเกตการละลายภายในเวลา 1-2 นาที

12.2.2 การศึกษาสมบัติทางเคมี เนื่องจากหมู่ฟังก์ชันชนิดต่าง ๆ จะแสดงปฏิกิริยาเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นในทางกลับกันปฏิกิริยาเคมีย่อมจะบอกชนิดของหมู่ฟังก์ชันนั้นได้ จากการทดสอบการละลาย นักศึกษาควรจะทราบอย่างคร่าว ๆ แล้วว่าหมู่ฟังก์ชันนั้นในสารตัวอย่างควรจะเป็นหมู่ฟังก์ชันใด ให้ให้นักศึกษาทดสอบปฏิกิริยาเคมีของหมู่ฟังก์ชันนั้นที่

สงสัยด้วยสารละลายที่ใช้ทดสอบหมู่ฟังก์ชันนั้นดังแสดงในตาราง 12.1 ในกรณีที่สงสัยว่า สารตัวอย่างจะเป็นอัลดีไฮด์หรือคีโตนให้ทดสอบด้วย 2,4-dinitrophenylhydrazine ก่อน ถ้าเกิดปฏิกิริยาจึงทดสอบต่อไปว่าเป็นอัลดีไฮด์หรือคีโตน ถ้าสงสัยว่าเป็นแอลกอฮอล์ให้ทดสอบด้วยสารละลายเซริกไนเตรตก่อน ถ้าเกิดปฏิกิริยาจึงทดสอบต่อไปว่าเป็นแอลกอฮอล์ชนิด 1°, 2°, หรือ 3°

การทดลองที่ 2 การทดสอบโดยปฏิกิริยาเคมี

วิธีทำ ให้นักศึกษาดูที่ตาราง 2.1 ซึ่งแสดงไว้ว่าหมู่ฟังก์ชันใดควรใช้สารละลายอะไรทดสอบ และมีวิธีทดลองอยู่ในหัวข้อใด แล้วทำการทดสอบหมู่ฟังก์ชันนั้นตามการทดลองในหัวข้อนั้น

ตารางที่ 12.1 สารละลายที่ใช้ทดสอบหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ

ประเภท	การทดสอบ	หัวข้อ	หน้า
ไฮโดรคาร์บอน ไม่อิ่มตัว	1. สารละลายโพแทสเซียม- เปอร์แมงกาเนต	6.3.3	105
	2. โบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์	6.3.2.1	102
อะโรเมติก	1. ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน	7.3.1.3	121
เฮไลด์	1. สารละลายเงินไนเตรตใน แอลกอฮอล์	8.4.1.2	142
	2. โซเดียมไอโอไดด์ในแอซีโตน	8.4.1.1	141
แอลกอฮอล์	1. สารละลายเซริกไนเตรต	9.3.3.3	159
	2. สารละลายลูคัส	9.3.4.1	160
	3. ออกซิเดชันด้วยกรดโครมิก	9.3.3.2	158
	4. ปฏิกิริยาไอโอโดฟอร์ม	9.3.4.2	161
ฟีนอล	1. น้ำโบรมีน	9.3.5.1	163
	2. สารละลายเฟริกคลอไรด์	9.3.5.2	163

ประเภท	การทดสอบ	หัวข้อ	หน้า
อัลดีไฮด์และคีโตน	1. 2,4-dinitrophenylhydrazine	10.3.1.2	178
	2. สารละลายไซเดียมไบซัลไฟต์	10.3.1.1	176
	3. ปฏิกริยาไอโอโดฟอร์ม	10.3.2.5	184
อัลดีไฮด์	1. สารละลายทอลเลนส์	10.3.2.2	181
	2. สารละลายเบนเนดิกต์	10.3.2.4	183
	หรือสารละลายเฟห์ลิง	10.3.2.3	182
กรดเฮไลต์	1. ปฏิกริยากับไฮดรอกซิลอะมีน	11.3.3	202
เอไมด์	1. สารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์	11.3.2.3	201
กรดคาร์บอกซิลิก	1. ความเป็นกรด (ปฏิกริยากับเบส)	11.2.2	196

12.2.3 การคำนวณหาครชนีการขาดไฮโดรเจน ครชนีการขาดไฮโดรเจน (Index of hydrogen deficiency) คือจำนวนคู่ของไฮโดรเจนอะตอมที่หลุดออกจากไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (C_nH_{2n+2}) เพื่อสร้างวง พันธะคู่ หรือพันธะสาม ดังนั้นครชนีการขาดไฮโดรเจนจึงเท่ากับผลรวมของจำนวนวง (rings) กับจำนวนพันธะคู่ (double bonds) ซึ่งมีวิธีคำนวณดังนี้

$$\text{Index} = \text{rings} + \text{double bonds} = C - \frac{H}{2} - \frac{X}{2} + \frac{N}{2} + 1$$

เมื่อ C, H, X, N คือจำนวนอะตอมของคาร์บอน ไฮโดรเจน ฮาโลเจน และไนโตรเจน ในสารอินทรีย์
หมายเหตุ พันธะสามเท่ากับพันธะคู่ 2 คู่

ตัวอย่าง ครชนีการขาดไฮโดรเจนของอะเซทิลีน $(C_2H_2) = 2 - \frac{2}{2} + 1 = 2$

ครชนีการขาดไฮโดรเจนของไซโคลเฮกเซน $(C_6H_{12}) = 6 - \frac{12}{2} + 1 = 1$

ครชนีการขาดไฮโดรเจนของเบนซีน $(C_6H_6) = 6 - \frac{6}{2} + 1 = 4$

คำถามบทที่ 12

12.1 สารประกอบ ก. มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_8H_{10}O$ ทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ และให้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

12.1.1 กับโซเดียม ให้ฟองก๊าซช้า ๆ

12.1.2 กับ acetic anhydride ให้สารผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหอม

12.1.3 กับ CrO_3 ใน H_2SO_4 ให้ตะกอนสีเขียวอมฟ้า

12.1.4 กับ Br_2/CCl_4 ไม่เกิดการฟอกสี

12.1.5 กับ $I_2/NaOH$ ให้ตะกอนสีเหลือง

จงเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบ ก. และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

12.2 จงบอกชื่อสารเคมีและการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เพื่อบอกความแตกต่างของสารประกอบแต่ละคู่ต่อไปนี้

12.2.1 propionaldehyde และ ethyl ketone

12.2.2 2-pentanone และ 2-pentanol

12.2.3 2-pentanone และ 3-pentanone

12.2.4 acetic anhydride และ i-butanol

12.2.5 propionic acid และ methyl acetate

12.3 จงบอกวิธีแยกสารประกอบในของผสมต่อไปนี้ออกจากกันโดยใช้สมการเคมีประกอบคำอธิบาย

12.3.1 กรดเบนโซอิก และ ethyl benzoate

12.3.2 ammonium benzoate และ benzamide

12.3.3 formaldehyde และ ethyl ketone

12.3.4 phenol และ เบนซีน

12.3.5 2-methylpropanoic acid และ 1-hexanol

12.4 สารประกอบ ข. มีสูตรโมเลกุลเป็น C_6H_6O ไม่ละลายในน้ำ ไม่ละลายในกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง ไม่ละลายในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเจือจาง แต่ละลายใน

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง เมื่อให้สารประกอบนี้ทำปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน จะได้สารผลิตภัณฑ์ที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_6H_3OBr_3$ จงเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบ ข. และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

12.5 สารละลายต่อไปนี้ใช้ทดสอบหมู่ฟังก์ชันอะไรบ้าง? จงเขียนสมการเคมีประกอบคำอธิบาย

12.5.1 สารละลายลูกลัส

12.5.2 สารละลายทอลเลนส์

12.5.3 สารละลายไอโอดีนในโซเดียมไฮดรอกไซด์

12.5.4 สารละลายเบนเนดิกต์

12.5.5 สารละลายโซเดียมไบซัลไฟด์

แบบรายงานการทดลองบทที่ 12

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันนัล

ผู้เขียนรายงาน..... รหัส.....
 ผู้ร่วมงาน..... รหัส.....
 วันที่ทำการทดลอง..... กลุ่ม.....

ข้อมูลของสารตัวอย่าง

สารตัวอย่าง	สูตรโมเลกุล	สถานะ	สี
.....
.....
.....

การทดลองที่ 1 การทดสอบการละลาย

หมายเลข ของสาร ตัวอย่าง	ตัวทำละลาย							หมู่ฟังก์ชันนัล ที่เป็นไปได้
	น้ำ	กรดอะซิติก หรือ ลิตมัส	อีเทอร์ หรือ CH ₂ Cl ₂	NaOH	NaHCO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	
.....
.....
.....
.....
.....

- หมายเหตุ
1. ใช้เครื่องหมาย + แทนคำว่า “ละลาย”
 2. ใช้เครื่องหมาย - แทนคำว่า “ไม่ละลาย”
 3. ถ้าไม่ได้ทดสอบ ให้เว้นว่างไว้

สมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น :

.....
.....

ตอบคำถาม

.....
.....
.....
.....

