

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	6
บทที่ 1. ทฤษฎี	7
เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ในตัวอย่างที่ไม่ใช่น้ำ	7
ความเป็นกรดเบสในตัวอย่าง	7
สมมูลของกรดเบสในตัวอย่างที่ไม่ใช่น้ำ	10
สิ่งสำคัญในการทำ Potentiometric Titration ในตัวอย่างที่ไม่ใช่น้ำ	17
บทที่ 2. การทดลอง	20
วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	20
การเตรียมสารต่างๆที่ใช้ในการทำ Potentiometric Titration	21
บทที่ 3. ผลการทดลอง	23
การวิเคราะห์กรดเบสในกรณีเชื่อมะขี้ติง	23
การเปรียบเทียบการใช้เซลล์ไฟฟ้าในการวิเคราะห์เบื้องต้น	29
การเปรียบเทียบการวิเคราะห์สารละลายกรด 2 ชนิดกับกรดเปอร์คลอริก	31
การเปรียบเทียบการวิเคราะห์เบื้องต้นในตัวอย่างชนิดต่างๆ	33
การวิเคราะห์กรดอ่อนในอะซีโตนไตรล	37
การเปรียบเทียบการใช้เซลล์ไฟฟ้าในการวิเคราะห์เบื้องต้น	39
การเปรียบเทียบการวิเคราะห์เบื้องต้นในตัวอย่างชนิดต่างๆ	41
บทที่ 4. การวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	45
สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดลองกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	50
การประเมินผล	51
References	55
ประวัติการศึกษาและประสบการณ์การสอน	56

รายการตารางประกอบ

	หน้า
ตารางที่ 1. ตัวอย่างของอ็อนบวกและอ็อนลบของตัวทำละลายชนิดต่างๆ	2
ตารางที่ 2. แสดงการตีเตรีตรรกเบสโดยเลือกดิแตรนต์และตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยใช้วิธีโพนทิโอเมตรี	4
ตารางที่ 3. แสดงการตีเตรีตรระหว่างสารละลายอนิไลน์ 0.01 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับสารละลายกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตร โดยใช้เกรเซียลอะซีติกเป็นตัวทำละลาย	23
ตารางที่ 4. แสดงการตีเตรีตรระหว่างสารละลายไพรีน 0.01 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับสารละลายกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตร โดยใช้เกรเซียลอะซีติกเป็นตัวทำละลาย	24
ตารางที่ 5. แสดงการตีเตรีตรระหว่างสารละลายอนิไลน์ 0.01 โมล/ลิตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับสารละลายกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตร โดยใช้อะซีไคโนไตร์ลเป็นตัวทำละลายใช้เซลล์ไฟฟ้าแบบที่ 1 และแบบที่ 2	29
ตารางที่ 6. แสดงการตีเตรีตรเปรียบเทียบระหว่างสารละลายอนิไลน์ 0.01 โมล/ลิตรกับสารละลายไพรีน 0.01 โมล/ลิตรอย่างละ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรตีเตรีตรกับสารละลายกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตรใช้เซลล์ไฟฟ้าแบบที่ 2	31
ตารางที่ 7. แสดงการตีเตรีตรสารละลายอนิไลน์ 0.01 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตรในตัวทำละลายชนิดต่างๆ	33
ตารางที่ 8. แสดงการตีเตรีตรสารละลายไพรีน 0.01 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตรในตัวทำละลายชนิดต่างๆ	34
ตารางที่ 9. แสดงการตีเตรีตรเปรียบเทียบระหว่างสารละลายกรดซาลิซิลิก 0.002 โมล/ลิตรกับสารละลายกรดไคโนไตร์เบนโซอิก 0.002 โมล/ลิตรอย่างละ 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรใช้อะซีไคโนไตร์ลเป็นตัวทำละลายและใช้สารละลาย TBAH 0.01 โมล/ลิตรเป็นดิแตรนต์	37

- ตารางที่ 10. แสดงการวิเคราะห์สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.002 โมล/ลิตรกับสารละลาย TBAH 0.01 โมล/ลิตรในอะซีโตนไนโตรล์ โดยใช้เซลล์ไฟฟ้าแบบที่ 1 และแบบที่ 2 39
- ตารางที่ 11. แสดงการวิเคราะห์ระหว่างสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.002 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับสารละลาย TBAH 0.01 โมล/ลิตร ในตัวทำละลายชนิดต่างๆ 41
- ตารางที่ 12. แสดงการวิเคราะห์ระหว่างสารละลายกรดไนโตรเบนโซอิก 0.002 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับสารละลาย TBAH 0.01 โมล/ลิตร ในตัวทำละลายชนิดต่างๆ 42
- ตารางที่ 13. แสดงค่า pH เปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่วัดได้จากการทดลองวิเคราะห์สารละลายโพธิ์ดิน 0.01 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์-
เซนติเมตรกับกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตรโดยใช้กระดาษลิตมัส
เป็นตัวทำละลาย 49

รายการภาพประกอบ

	หน้า
รูปที่ 1. เครื่องมือในการทำ Potentiometric Titration	8
รูปที่ 2. ทิศรขัณเตีรพีระหว้างบส B กับ HClO_4 ใน Glacial HOAc	12
รูปที่ 3. กราฟแสดงจุดยุติของการติเตรตสารละลายอนิลีน 0.01 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตรโดยใช้เกรเซี่ยลอะซีติกเป็นตัวทำละลาย	25
รูปที่ 4. differential titration curve ของรูปที่ 3	26
รูปที่ 5. กราฟแสดงจุดยุติของการติเตรตสารละลายไพรีดีน 0.01 โมล/ลิตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตรกับกรดเปอร์คลอริก 0.05 โมล/ลิตรโดยใช้เกรเซี่ยลอะซีติกเป็นตัวทำละลาย	27
รูปที่ 6. differential titration curve ของรูปที่ 5	28
รูปที่ 7. กราฟแสดงการติเตรตสารละลายอนิลีนกับกรดเปอร์คลอริกเพื่อเปรียบเทียบการใช้เซลล์ไฟฟ้า 2 แบบ	30
รูปที่ 8. กราฟแสดงผลการติเตรตเปรียบเทียบระหว่างสารละลายอนิลีนกับสารละลายไพรีดีนโดยใช้กรดเปอร์คลอริกเป็นติเตรนต์	32
รูปที่ 9. กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการติเตรตสารละลายอนิลีนกับกรดเปอร์คลอริกในตัวทำละลายชนิดต่างๆ	35
รูปที่ 10. กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการติเตรตสารละลายไพรีดีนกับกรดเปอร์คลอริกในตัวทำละลายชนิดต่างๆ	
รูปที่ 11. กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการติเตรตสารละลายกรดซาลิซิลิกกับสารละลายกรดไดโนโตรเบนโซอิกโดยใช้สารละลาย TBAH เป็นติเตรนต์	38
รูปที่ 12. กราฟแสดงการเปรียบเทียบการติเตรตสารละลายกรดซาลิซิลิกกับสารละลาย TBAH โดยใช้เซลล์ไฟฟ้า 2 แบบ	40

- รูปที่ 13. กราฟแสดงการตีเทรตสารละลายกรดซัลฟิวริกกับสารละลาย TBAH
ในตัวทำละลายชนิดต่างๆ 43
- รูปที่ 14. กราฟแสดงการตีเทรตสารละลายกรดไคโนโทรเบนโซอิกกับสารละลาย TBAH
ในตัวทำละลายชนิดต่างๆ 44



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

บทนำ

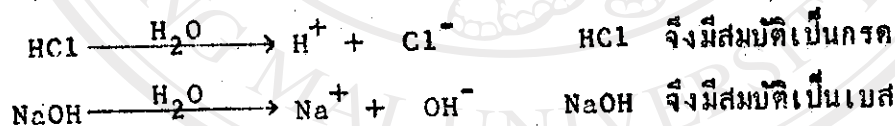
ในการศึกษาเรื่องกรดเบสก่อนศตวรรษที่ 18 ได้มีการอธิบายกรดเบสตามสมบัติมัน เช่น สารที่เป็นกรดจะมีรสเปรี้ยวเปลี่ยนสีลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง และเบสมีรสฝาดเปลี่ยนลิตมัสตรงข้ามกับกรดเมื่อกรดและเบสทำปฏิกิริยากันสมบัติเหล่านี้จะหายไป จึงมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพยายามที่จะตั้งทฤษฎีเพื่อให้ความหมายที่แน่นอนของกรดและเบสเพื่อให้ครอบคลุมตลอดจนอธิบายสมบัติของกรดและเบสเหล่านั้น ลาวัวซิเยอร์เป็นผู้ริเริ่มให้ความหมายของกรดเบสราวศตวรรษที่ 18 เขากล่าวว่ากรดหมายถึงสารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งต่อมาถูกคัดค้านจากนักวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น เดวีย์ซึ่งยกตัวอย่างว่า HCl และ HCN ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบแต่มีสมบัติของกรดครบถ้วน เดวีย์จึงเสนอแนวความคิดว่า กรดหมายถึงสารที่มีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ต่อมาจึงมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ตั้งทฤษฎีเพื่อจะให้ความหมายของกรดเบสกระจ่างชัดขึ้นที่สำคัญมีดังนี้

1. ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส (Arrhenius ' Theory)

กรดหมายถึงสารที่สามารถแตกตัวในน้ำให้ไฮโดรเจนอออน

เบสหมายถึงสารที่สามารถแตกตัวในน้ำให้ไฮดรอกไซด์อออน

ตัวอย่างเช่น



2. ทฤษฎีกรด-เบสตามระบบตัวทำละลาย (The Solvent System 's Theory)

ความหมายของกรดเบสตามทฤษฎีนี้จะคล้ายคลึงกับของอาร์เรเนียสเพียงแต่ขยายแนวความคิดไปถึงตัวทำละลายอื่นๆที่ไม่ใช่น้ำโดยให้ความหมายของกรดเบสดังนี้

กรดหมายถึงสารที่ไปเพิ่มอออนบวกของตัวทำละลาย (Solvent Cation)

เบสหมายถึงสารที่ไปเพิ่มอออนลบของตัวทำละลาย (Solvent Anion)

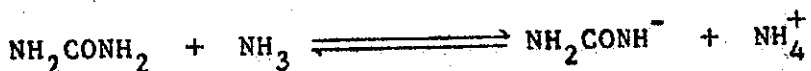
ตัวอย่างกรดเบสตามระบบตัวทำละลาย



Base

Solvent

Solvent Anion



Acid

Solvent

Solvent Cation

ตารางที่ 1. ตัวอย่างของไอออนบวกและไอออนลบของตัวทำละลายชนิดต่างๆ (คัดจาก Reference ที่ 1)

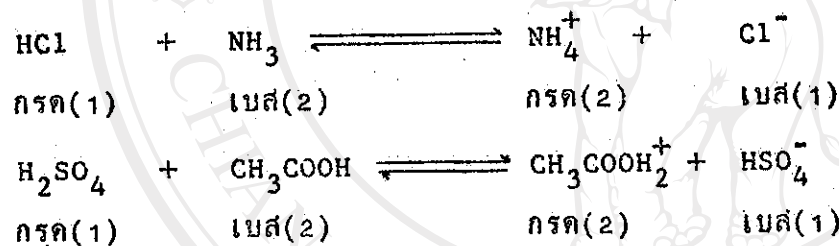
ตัวทำละลาย	ไอออนบวก	ไอออนลบ
น้ำ (H ₂ O)	H ₃ O ⁺	OH ⁻
เมทานอล (CH ₃ OH)	CH ₃ OH ₂ ⁺	CH ₃ O ⁻
แอมโมเนีย (NH ₃)	NH ₄ ⁺	NH ₂ ⁻
กรดอะซิติก (CH ₃ COOH)	CH ₃ COOH ₂ ⁺	CH ₃ COO ⁻
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	SO ²⁺	SO ₃ ²⁻

3. ทฤษฎีกรด-เบสของบรอนสเตด-เลาว์รี (Bronsted-Lowry's Theory)

กรดหมายถึงสารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น (Proton doner)

เบสหมายถึงสารที่รับโปรตอนจากสารอื่น (Proton accepter)

ตัวอย่างกรดเบสตามทฤษฎีของบรอนสเตด-เลาว์รี



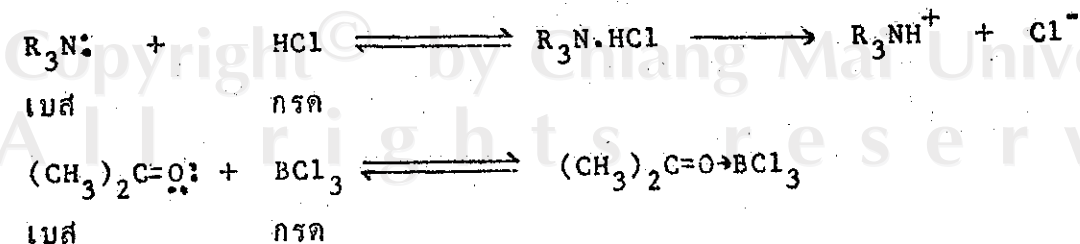
กรด(1)และเบส(1)หรือกรด(2)และเบส(2)เรียกรวมกันเป็นกรด-เบสคู่ (Conjugated acid&base)

4. ทฤษฎีกรด-เบสของเลวิส (Lewis' Theory)

กรดหมายถึงสารที่จะรับอิเล็กตรอนคู่จากสารอื่น

เบสหมายถึงสารซึ่งมีอิเล็กตรอนคู่ซึ่งสามารถใช้ในการรวมกับอะตอมอื่น

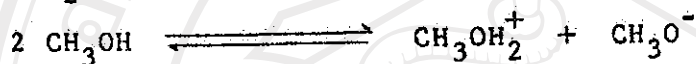
ตัวอย่างกรดเบสตามทฤษฎีของเลวิส



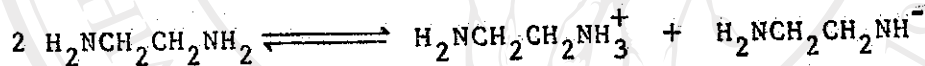
จากทฤษฎีกรด-เบสที่กล่าวมาจะเห็นว่าแต่ละทฤษฎีมีความหมายครอบคลุมชนิดของกรดเบสได้ไม่เท่ากัน เช่น ทฤษฎีของอาร์เรเนียสเป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีของบรอนสเตด-เลาว์รีเท่านั้น และทฤษฎีของเลวิสเป็นทฤษฎีที่ครอบคลุมทฤษฎีอื่นๆ ได้เกือบทั้งหมดหรืออธิบายปฏิกิริยากรดเบสที่ทฤษฎีอื่นๆ

$$\text{HS} + \text{HS} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}^+ + \text{S}^-$$

1.1. ตัวทำละลายที่มีสมบัติของกรดและเบสเท่ากันหรือเกือบเท่ากัน เช่น น้ำ, เมทานอลและเอทานอล


$$2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}_2^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$$

1.3. ตัวทำละลายที่มีสมบัติของเบสมากกว่ากรด เช่น Ethylenediamine, liquid ammonia ฯลฯ



Class 2. Aprotic Solvents หรือ Inert Solvents หมายถึงตัวทำละลายซึ่งไม่

Class 3. Basic Solvents หมายถึงตัวทำละลายที่ไม่เกิดการแตกตัวแต่สามารถรับ

$$\text{Pyridine} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Pyridinium}^+ + \text{OH}^-$$

acid

จากการจำแนกชนิดของตัวทำละลายจะเห็นได้ว่าตัวทำละลายแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันไป

ดังนั้นในการศึกษากรดเบสในตัวทำละลายชนิดหนึ่งทำได้ยาก แต่อาจศึกษาได้ดีในอีกตัวทำละลายหนึ่ง

ถ้าศึกษาโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย น้ำจะปรับความแรง

ของกรดทั้งสามนี้ให้อยู่ในระดับเดียวกันซึ่งหาความแตกต่างความแรงของกรดไม่ได้ เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Leveling effect ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุว่าเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลายกรดทั้งสามจะเป็นกรดที่แก่กว่าอ็อนบวกของน้ำคือไฮโดรเนียมอ็อนมาก หรือกล่าวในทางกลับกันว่าอ็อนลบของกรดทั้งสามเป็นเบสอ่อนกว่าน้ำมากปฏิกิริยาจึงเลื่อนไปทางขวามากกว่าทางซ้ายมากตัวอย่างเช่น



ในการศึกษากรด HCl , HClO_4 และ HNO_3 ในตัวทำละลายอื่นเช่นเกรเซียมคลอไรด์ ทิศทางการเลื่อนของปฏิกิริยาจะมาทางซ้ายมากขึ้น หรือกล่าวได้ว่า Leveling effect ลดลง นั่นคือค่า Leveling effect ของตัวทำละลายขึ้นกับสมบัติความเป็นกรดหรือเบสของตัวทำละลายซึ่งสัมพันธ์กับตัวถูกละลายที่อยู่ในตัวทำละลายนั้นเป็นสำคัญ ดังนั้นในการวิเคราะห์ระหว่างกรดกับเบสที่ศึกษาในน้ำไม่ได้จึงสามารถทำได้โดยเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมดังตารางแสดงการวิเคราะห์กรด-เบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำซึ่งมีผู้ทำการศึกษาวิจัยมาแล้วที่แสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ตารางแสดงการวิเคราะห์กรด-เบสโดยเลือกดิแตรนต์และตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยใช้วิธี

Potentiometry (คัดจาก Reference ที่ 6)

สารประกอบที่เป็นดิแตรนต์	ตัวทำละลาย/ ดิแตรนต์
Amides	$\text{HOAc} / \text{HClO}_4$ $\text{Ac}_2\text{O} / \text{HClO}_4$
1° Amines	$(\text{CH}_3)_2\text{CO} / \text{HClO}_4$ $\text{HOAc} / \text{HClO}_4$
2° Amines	$\text{CH}_3\text{CN} / \text{HClO}_4$ $\text{HOAc} / \text{HClO}_4$
3° Amines	$\text{CH}_3\text{CN} / \text{HClO}_4$ $\text{Ac}_2\text{O} / \text{HClO}_4$ $\text{Ac}_2\text{O} / \text{HClO}_4$
Amino acids	$\text{CH}_3\text{CN} / \text{HClO}_4$ $\text{CH}_3\text{OH} / \text{NaOH}$ $\text{HOAc} / \text{HClO}_4$ $\text{CH}_3\text{CH} / \text{HOAc}$

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สารประกอบที่เป็นดิแครนต์	ตัวทำละลาย / ดิแครนต์
Ammonium salts	HOAc / HClO_4 CH_3CN / HClO_4
Benzoic acids	MeOH / Et_4NOH $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ / KOH

นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษากรด-เบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำชนิดอื่นๆอีก เช่น

Wuelfing, Fitzgerald และ Richtol ได้ศึกษาการติเตตรพวกอัมมोनในสารละลาย

กลอโรฟอร์มโดยวิธี Coulometric Titration (8)

Jolly และ Boyle ได้ศึกษาการติเตตรกรดอ่อนในอัมโมเนียเหลวโดยวิธี

Coulometric Potentiometric Titrations (9)

จากการศึกษากรด-เบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำจะทำให้เราทราบความแรงของกรด-เบส
บางชนิดที่ศึกษาไม่ได้ในน้ำเนื่องจากเกิด differentiating effect คือตัวทำละลายที่สามารถแยก
กรดเบสแต่ละชนิดให้มีความแรงแตกต่างกันได้.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่อง " การศึกษาการติเตตรกรด-เบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช้น้ำ "

เมื่อศึกษาเรื่องนี้จบแล้วควรจะสามารถ

1. อธิบายความหมายของเรื่องต่อไปนี้โดยให้มีความลึกซึ้งภายในเนื้อหาของเรื่องต่อไปนี้ กรด-เบส, ตัวทำละลายที่ไม่ใช้น้ำ, การแตกตัวด้วยตนเอง, ความแรงของกรดเบส, ดีเตรนค์, ดีเตรนค์, การติเตตรโดยใช้โพเทนทิโอเมตริก, pK_a และ pK_b
2. บอกสมบัติและลักษณะที่สำคัญของตัวทำละลายที่ไม่ใช้น้ำบางตัวได้เช่น เกรเชียลอะซีติก, อัมโมเนียเหลว, อะซีโตนไทรล ฯลฯ
3. ระบุเหตุผลที่ใช้ในการสรุปว่าสมบัติของกรดเบสในตัวทำละลายต่าง ๆ นั้นคือการรับจ่ายโปรตอนของสารนั้นๆ
4. แลกเปลี่ยนกรดเบสของอาร์เรเนียส, บรอนสเตด-เลาว์รี, เลวิส และทฤษฎีระบบของตัวทำละลาย พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้
5. บอกได้ว่ากรดและเบสเมื่อทำปฏิกิริยากันจะได้สารชนิดใด สามารถยกตัวอย่างประกอบได้
6. นำค่า K_S (Autoprotolysis constant) ของตัวทำละลายแต่ละตัวไปใช้ประกอบการพิจารณาเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการติเตตรกรดเบส
7. ระบุได้ว่าในเงื่อนไขที่กำหนดให้ กรดและเบสที่จะทำการติเตตรควรใช้ดีเตรนค์ชนิดใด
8. ระบุภาวะที่เหมาะสมในการติเตตรกรด-เบสแต่ละคู่ได้
9. คำนวณค่าความเข้มข้นของ solvated proton และ pH ของสารละลายได้
10. จัดจำพวกกรดและเบสออกเป็นพวกกรดอ่อน, กรดแก่ และเบสอ่อน, เบสแก่ ตามสมบัติการแตกตัวของกรดและเบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช้น้ำชนิดต่างๆได้
11. บรรยายวิธีดำเนินการทดลอง, ทำการทดลอง, บันทึกผลการทดลอง, วิเคราะห์และแปลผลการทดลองในเรื่องต่างๆต่อไปนี้ได้
 - 11.1. เปรียบเทียบความแรงของกรดและเบสชนิดต่างๆที่มีความเข้มข้นเท่ากันได้
 - 11.2. การติเตตรกรด-เบส
 - 11.3. การหาจุดยุติโดยใช้วิธี Potentiometric Titration
12. ระบุปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการหาจุดยุติในการติเตตรกรด-เบสได้