

บทที่ 17

กรดและเบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ (Acids and Bases in nonaqueous solvents)

17. กรดและเบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ

17.1. บทนำ

ในการไทเทรต และปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไปมักจะทำในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ปัญหาของกรดและเบสอินทรีย์ส่วนมากที่ละลายได้ในน้ำมักจะมีสภาพเป็นกรด หรือเบสอ่อนมากๆ ทำให้ทำการไทเทรตหาปริมาณในตัวทำละลายที่เป็นน้ำไม่ได้ผล ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีอยู่ส่วนมากสามารถนำมาใช้แทนน้ำได้ ในกรณีที่สารประกอบและสารมาตรฐานของกรด หรือเบสสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ความแรงของอิเล็กโทรไลต์อ่อนเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นในตัวทำละลายอินทรีย์ที่แน่นอน และทำการไทเทรตได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ในการไทเทรตโดยทั่วไปนั้น ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาการสะเทินจะเพิ่มเมื่อค่าคงที่ของการแตกตัว (K_a หรือ K_b) ของสารที่นำมาทำการไทเทรตเพิ่ม และ เมื่อค่าคงที่ของการเกิดออโตโปรโตไลซิสของตัวทำละลายลด ในการคำนวณที่เกี่ยวกับการไทเทรตแบบนี้จะคล้ายคลึงกับการคำนวณในการไทเทรตในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ

17.2. ปัญหาของการศึกษาการไทเทรตระหว่างกรดและเบสในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ

ในการไทเทรตระหว่างกรดและเบสในตัวทำละลายที่เป็นน้ำไม่สามารถทำได้ในทุกกรณี มีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. สารที่สนใจไม่ละลายหรือละลายได้น้อยมากในน้ำ เช่น กรด และเบสอินทรีย์บางชนิด
2. ปฏิกิริยาการสะเทินเกิดไม่สมบูรณ์ เนื่องจากความแรงของกรด หรือเบสของสารที่สนใจ

3. สารประกอบของกรดหรือเบสที่อ่อนมากเกินไปที่จะทำการไทเทรตในน้ำ สามารถไทเทรตได้ถูกต้องสูงกว่าในตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม

17.3. บทบาทของตัวทำละลาย

ในทางทฤษฎีของ เบรินสเตด-ลอรี กล่าวว่า ความเป็นกรดหรือเบสที่สังเกตได้ ขึ้นกับตัวทำละลาย (ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ หรือให้โปรตอน และแยกประจุออกจากกัน) ความแตกต่างของสมมูลของกรดและเบสในตัวทำละลายที่เป็นน้ำและไม่ใช่น้ำ โดยทั่วไปสมมูลของกรดและเบสในน้ำไม่ยุ่งยาก และค่าคงที่สมมูลของทุกปฏิกิริยาหาได้ แต่สำหรับในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ สมมูลของกรดและเบสจะมีความยุ่งยากมากกว่าและค่าคงที่สมมูลที่สำคัญหลายๆตัวไม่ทราบค่า ทำให้การคำนวณหาข้อมูลเพื่อสร้างเคอร์ฟของการไทเทรตทางทฤษฎีเป็นไปได้ยาก

17.4. เทอมของ pH และ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน $[H^+]$

หมายถึง โปรตอนที่ถูกล้อมรอบด้วยตัวทำละลาย ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ไฮโดรเจนไอออน หมายถึง H_3O^+ (H_2OH^+)

ในตัวทำละลายที่เป็นกรดอะซิติก ไฮโดรเจนไอออน หมายถึง $CH_3CO_2H_2^+$ ($CH_3CO_2HH^+$)

17.5. ตัวทำละลาย (Solvents)

โดยอาศัยสมบัติการเป็นกรด-เบส เราสามารถแบ่งตัวทำละลายออกเป็น 3 ชนิดคือ

(1) แอมฟิโปรติก (Amphiprotic Solvent)

เป็นตัวทำละลายที่แสดงลักษณะเป็นทั้งกรด และ เบส และเกิดปรากฏการณ์การแตกตัวเองหรือออโตโปรโตไลซิส (self-ionisation หรือ autoprotolysis)

โตโปรโตไลซิส (self-ionisation หรือ autoprotolysis)

(2) เบสิก (Basic Solvent)

เป็นตัวทำละลายที่สามารถรับโปรตอนได้ แต่ไม่ให้โปรตอน ไม่เกิดปรากฏการณ์การแตกตัวเองหรือ
ออโตโปรโตไลซิส (self-ionisation หรือ autoprotolysis)

(3) อะโปรติก (Aprotic Solvent)

เป็นตัวทำละลายที่ไม่แสดงลักษณะเป็นทั้งกรด และ เบส และ ไม่เกิดปรากฏการณ์การแตกตัวเอง
หรือออโตโปรโตไลซิส (self-ionisation หรือ autoprotolysis)

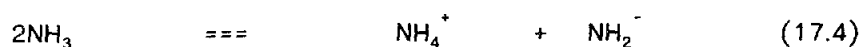
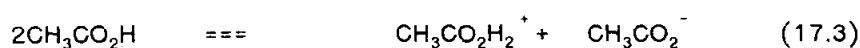
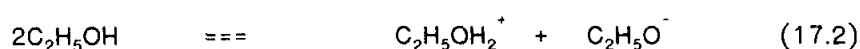
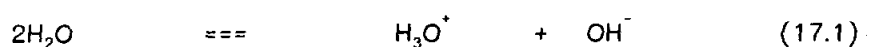
ตารางที่ 17.1. สมบัติของตัวทำละลายที่ใช้โดยทั่วไป

ตัวทำละลาย	ค่าคงที่ของการเกิดออโตโปรโตไลซิส, pK_{HS}	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก
แอมฟิโปรติก		
กรดอะซิติก	14.45	6.1
อะซิโตนไนไตร์	32.2	36.0
แอมโมเนีย	33	22
เอทานอล	19.5	24.3
เอทิลีนไดอะมีน	15.3	12.9
เมทานอล	16.7	32.6
น้ำ	14.00	78.5
อะโปรติก หรือเบสิก		
เบนซีน		
ไดเมทิลฟอร์มาไมด์		2.3
ไดออกเซน	-	36.7
เฮกเซน	-	2.2
เมทิลไอโซบิวทิลคีโตน	-	1.9
ไพรีดีน	-	13.1
		12.3

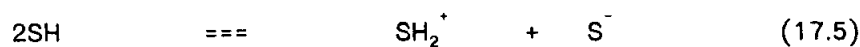
17.6. ปรากฏการณ์การแตกตัวเองหรือออโตโปรโตไลซิส (self-ionisation หรือ autoprotolysis)

คือปรากฏการณ์การแตกตัวได้เองของตัวทำละลายชนิดแอมฟิโปรติกบิสูทรี หรือปฏิกิริยากรด-เบสระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายที่เหมือนกัน ซึ่งจะมีพฤติกรรมเหมือนกับกรด และเบสอื่นๆ ขนาดของการแตกตัวได้เองหรือการเกิดออโตโปรโตไลซิส จะแทนด้วยค่าคงที่ของการเกิดออโตโปรโตไลซิส (autoprotolysis constant, K_{SH})

พิจารณาปฏิกิริยาในตัวทำละลายบิสูทรีบางชนิดที่เกิดออโตโปรโตไลซิส ดังต่อไปนี้



สามารถเขียนได้ในรูปโดยทั่วไปคือ



$$K_{SH} = [SH_2^+][S^-] \quad (17.6)$$

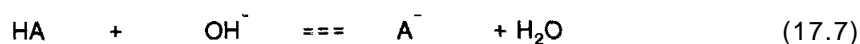
SH_2^+ หมายถึง ไลโอเนียมไอออน (lyonium ion)

S^- หมายถึง ไลเอทไอออน (lyate ion)

ความสำคัญของค่าคงที่ของการเกิดออโตโปรโตไลซิสต่อความสมบูรณ์ของการไทเทรตจะอธิบายได้ดังนี้

กรณีที่ 1. เมื่อทำการไทเทรตกรดอ่อน (HA) ด้วยเบสแก่ (NaOH) ในน้ำ

ปฏิกิริยาการไทเทรตคือ



สมการ (17.7) เป็นสมการผันกลับของปฏิกิริยาการแตกตัวของเบส A^- ดังนั้น

$$K_{\text{eq}} = \frac{1}{K_b} = \frac{K_a}{K_w} \quad (17.8)$$

กรณีที่ 2. เมื่อทำการไทเทรตกรดอ่อน (HA) ด้วยเบสแก่ (C_2H_5ONa) ในเอทานอล

ปฏิกิริยาการไทเทรตคือ



$$K_{\text{eq}} = \frac{1}{K_b'} = \frac{K_a'}{K_{\text{SH}}} \quad (17.10)$$

เมื่อค่า K_a' และ K_b' เป็นค่าคงที่การแตกตัวของกรด และเบสในเอทานอล

จากสมการที่ (17.8) และ (17.10) พบว่า เมื่อ K_{SH} เพิ่ม K_{eq} ลดลง หมายความว่า ปฏิกิริยาการไทเทรตเกิดไม่สมบูรณ์ ในการไทเทรตที่สมบูรณ์จะได้เคอร์ฟของการไทเทรตที่คมชัด (กว้างและมีความชันสูงสุดที่จุดยุติ) นั่นคือจะนิยมเลือกตัวทำละลายที่มีค่าคงที่ของการเกิดอโตโปรโตไลซิสต่ำ

ในกรณีการไทเทรตเบสอ่อนด้วยกรดแก่ในตัวทำละลายต่างๆ สามารถอธิบายได้ในลักษณะคล้ายคลึงกัน

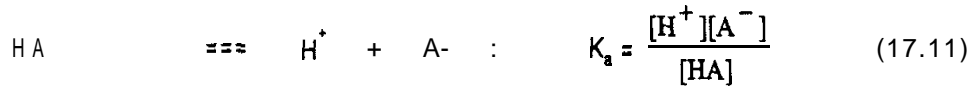
17.7. ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาการสะเทินในตัวทำละลายที่ไม่ใช่ น้ำ

ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาการไทเทรตระหว่างกรดและเบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่ น้ำขึ้นอยู่กับ

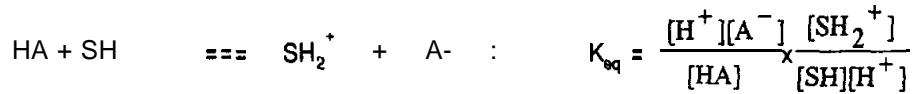
- (1) ความแรงของกรด หรือเบสของสารที่สนใจ
- (2) สมบัติทั้ง 3 ของตัวทำละลาย (แอมฟิโปรติก, เบสิก หรือ อะโปรติก)

17.7.1. สมบัติของกรด และเบส

จากแนวคิดของเบรินสเตด-ลอรี พิจารณาการแตกตัวของกรดอ่อน (HA) ในตัวทำละลาย (SH) จะเป็นผลรวมของ 2 ครึ่งปฏิกิริยา คือ

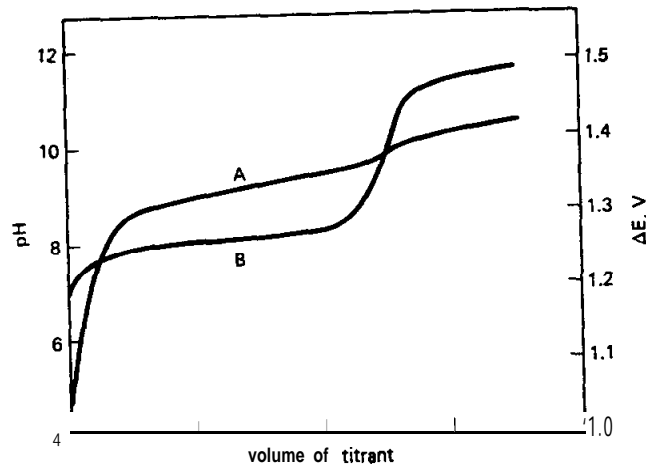


(17.11) + (17.12) :



จากสมการนี้แสดงให้เห็นถึง ความสำคัญของสภาพความเป็นเบสของสารละลายที่มีต่อการหาค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน

เมื่อพิจารณาจากค่า K_{aq} จะพบว่า ในตัวทำละลายที่มีสภาพเป็นเบสสูง จะเพิ่มความเป็นกรดของกรดอ่อน ในทำนองเดียวกัน ในตัวทำละลายที่มีสภาพเป็นกรดสูง จะเพิ่มความเป็นเบสของเบสอ่อน ตัวอย่างเช่น ฟีนอล เป็นกรดอ่อนมาก จะไม่ไทเทรตในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ แต่จะทำการไทเทรตในตัวทำละลายที่มีสภาพเป็นเบส เช่น เอทิลีนไดอะมีน (ethylenediamine) ดังแสดงในรูปที่ 16.1



รูปที่ 16.1 การไทเทรตฟีนอล

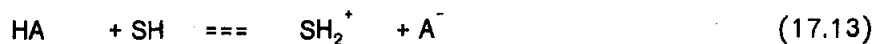
(A) ในน้ำที่มี Sodium Hydroxide เป็นตัวติเตรนท์ (แกนตั้งใช้ค่า pH)

(B) ใน เอทิลีนไดอะมีนที่มี Sodium Aminoethoxide เป็นตัวติเตรนท์ (แกนตั้งใช้ค่า ΔE)

17.8. ปรากฏการณ์ Leveling effects

ลักษณะความเป็นกรดและเบสของตัวทำละลายยังมีผลต่อ สภาพความเป็นกรด หรือเบสสูงสุดของ ตัวถูกละลายที่จะสามารถแสดงออกมาได้ในตัวทำละลาย ถ้าตัวถูกละลายเป็นกรด (HA) สามารถให้โปรตอน ได้ดีกว่า ตัวทำละลายจะมีโปรตอนมาล้อมรอบ

ปฏิกิริยาการแตกตัวแสดงได้ดังนี้



เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์ ตัวถูกละลายเป็นกรดทั้งหมดจะถูกแทนที่ด้วยกรดที่อ่อนกว่าคือ SH_2^+ นักเคมีเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Leveling effects ในทำนองเดียวกันกับเบสแก่จะเกิดผลเช่นเดียวกันนี้ในแอนไอออนของตัวทำละลาย (S^-) ตัวอย่างของผลกระทบนี้อาจเห็นได้จากพฤติกรรมของกรดต่างๆ ดังนี้

กรดเปอร์คลอริก(HClO_4) กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดไนตริก (HNO_3)

ในน้ำ กรดทั้ง 3 ชนิดนี้จะแตกตัวได้อย่างสมบูรณ์ แต่สำหรับในตัวทำละลายที่รับโปรตอนได้น้อยกว่าน้ำ

เช่น กรดอะซิติก กรดทั้ง 3 ชนิดนี้จะแตกตัวได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า กรดอะซิติกแสดง

Leveling effect ของกรดต่ำกว่าในน้ำ โดยทั่วไป ถ้าสภาพความเป็นกรด หรือเบสของตัวทำละลายลดลง

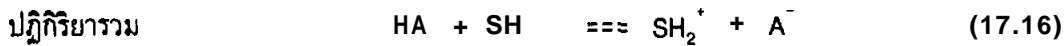
Leveling effect สำหรับกรด และเบสจะลดลงด้วย

17.9. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric constant)

พฤติกรรมของกรด และเบสทั้งหลายในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ มีกระบวนการแตกตัวประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. การเคลื่อนย้ายโปรตอน (Proton Transfer)
2. การแตกตัว (Dissociation)

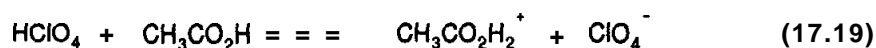
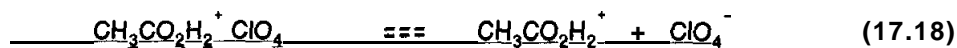
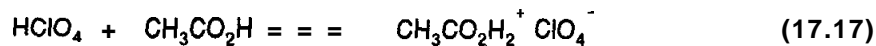
สำหรับกรด HA ในตัวทำละลาย SH เราจะเขียนได้ว่า



ขอบเขตของขั้นตอนที่ 1 (17.13) กำหนดโดยสมบัติความเป็นกรด-เบสของตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย และค่า K_{SH} ขอบเขตของขั้นตอนที่ 2 (17.14) กำหนดโดยประจุของไอออน และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของตัวทำละลาย

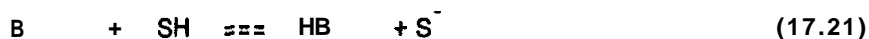
ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก เป็นการวัดความสามารถหรือความจุของตัวทำละลายในการแยกอนุภาคที่มีประจุค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่ามาก หมายถึงมีการแยกดีมาก จากตารางที่ 17.1. จะเห็นว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงสุด (78.5) สำหรับกรดอะซิติก ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเพียง 6.2 จะมีประสิทธิภาพไม่ดีในการแยกคู่อิออนออกจากกัน

เมื่อนำกรดเปอร์คลอริก (HClO_4) ละลายในตัวทำละลายกรดอะซิติก จะได้



ค่าคงที่สมดุลของกระบวนการทั้งหมดมีค่าประมาณ 10^{-5} นักเคมีบางท่านสรุปว่า กรดเปอร์คลอริกเป็นกรดอ่อนในตัวทำละลายนี้ แต่จากการศึกษาพบว่า ในขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโปรตอน เกิดอย่างสมบูรณ์ นั่นคือ กรดเปอร์คลอริกเป็นกรดแก่ เหตุที่ค่าคงที่สมดุลมีค่าน้อย เนื่องจากกรดอะซิติกไม่สามารถแยกไอออนคู่ที่

เกิดขึ้นในขั้นตอนแรก แต่ก็ยังมีกรดและเบสบางตัวภายใต้ปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายโปรตอนที่ไม่ให้อิออนคู่ ยกตัวอย่างเช่น



ในกรณีเช่นนี้ ความแรงของกรดจะไม่ถูกรบกวนโดยค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของตัวทำละลาย

17.10. ความหมายของค่า pH

โดยทั่วไปในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ สารละลายที่มี pH 3 จะมีความเป็นกรดมากกว่าสารละลายที่มี pH 4 สิบเท่า แต่สำหรับในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ไม่มีมาตราสากลของค่า pH สำหรับตัวทำละลายทุกชนิด ดังนั้น เราไม่สามารถสรุปได้ง่ายๆว่า ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย pH 6 จะเป็นกรดแก่กว่าสารละลาย pH 7 ที่มีเอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยการสรุปง่ายๆจาก 6 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 7 วิธีที่ง่ายที่สุดคือ ต้องเปรียบเทียบ pH ที่เป็นกลางสำหรับตัวทำละลายหลายๆชนิด (ตารางที่ 17.2) ค่านี้คำนวณได้ง่ายๆ เพราะในตัวทำละลายบริสุทธิ์ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน มีค่าเท่ากับรากที่สองของค่าคงที่ของการเกิดอโตโปรโตไลซิส

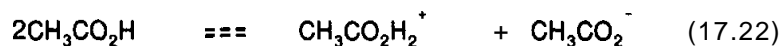
ตารางที่ 17.2. pH ที่เป็นกลางของตัวทำละลายต่างๆที่อุณหภูมิ 25°C

ตัวทำละลาย	pK_{SH}	pH ที่เป็นกลาง
กรดอะซิติก	14.45	7.23
เอทานอล	19.5	9.8
เอทิลีนไดอะมีน	15.3	7.7
เมทานอล	16.7	8.4
น้ำ	14.00	7.00

ตัวอย่างที่ 17.1

กรดอะซิติกมีค่าคงที่การเกิดอโตโปรโตไลซิสเท่ากับ 3.55×10^{-15} จงหาค่า pH ของกรดอะซิติกบริสุทธิ์

วิธีทำ ปฏิกริยาอโตโปรโตไลซิสเป็นแหล่งให้ ไฮโดรเจนไอออน



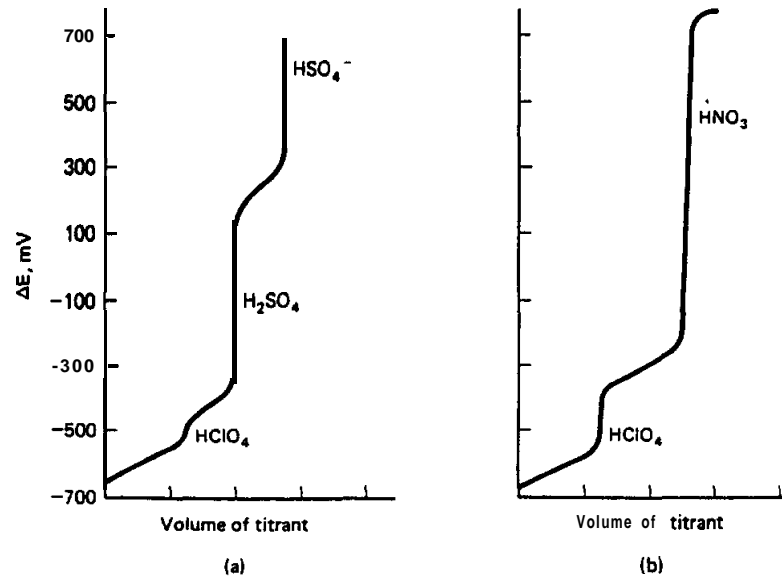
$$K_{\text{SH}} = \frac{[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_2^+][\text{CH}_3\text{CO}_2^-]}{[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}]^2} \quad (17.23)$$

เนื่องจากไม่มีแหล่งอื่นๆให้ไอออนเหล่านี้ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_2^+] &= [\text{CH}_3\text{CO}_2^-] \\ K_{\text{SH}} &= \frac{[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_2^+]^2}{[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}]^2} \\ [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_2^+] &= \sqrt{K_{\text{SH}}} \\ &= \sqrt{3.55 \times 10^{-15}} = 5.96 \times 10^{-8} \\ \text{pH} &= -\log(5.96 \times 10^{-8}) = 7.225 \end{aligned}$$

17.11. ลักษณะที่สำคัญของตัวทำละลายชนิดอะโปรติก

ในตัวทำละลายชนิดนี้ จะไม่เกิดอโตโปรโตไลซิส และแข่งขันเข้ารับโปรตอนกับสารอื่นๆในการไทเทรต ผลคือ ไม่เกิด Leveling effect และปฏิกริยาการสะเทินเกิดขึ้นได้สมบูรณ์กว่า กรดที่ได้รับผลของ Leveling effect ในน้ำ สามารถไทเทรตเป็นขั้นๆในตัวทำละลายชนิดอะโปรติก (เมทิลไอโซบิวทิลโทลีน) ดังรูปที่ 17.2



รูปที่ 17.2 แสดงเคอร์ฟของกรไทเทรตของสารละลายผสมของกรดแก่ 2 ชนิดในเมทิลไอโซบิวทิลดีโธน ด้วย Tetrabutylammonium Hydroxide (a) $\text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (b) $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$

ข้อเสียของตัวทำละลายชนิดอะโปรติก

1. ไม่สามารถละลายกรด หรือเบสทั่วไปได้ดี
2. มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำมาก ๆ

17.12. การเลือกตัวทำละลาย (Choosing the solvents)

ในการเลือกตัวทำละลายที่มีสมบัติตามต้องการสำหรับการไทเทรตระหว่างกรดและเบส สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

- (1) กลุ่มที่ช่วยปรับปรุงรูปร่างเคอร์ฟของกรไทเทรต ทำให้มีความชัดเจนในการหาจุดสมมูล
- (2) กลุ่มที่ช่วยปรับปรุงในแง่การปฏิบัติเกี่ยวกับการไทเทรต

โดยมากตัวทำละลายในกลุ่มแรกจะได้รับความสนใจมากกว่า ดังนั้นตัวทำละลายควรมีสมบัติดังนี้

1. เป็นตัวรับโปรตอนที่ดี ถ้าสารที่สนใจเป็นกรด หรือ เป็นตัวให้โปรตอนที่ดี ถ้าสารที่สนใจเป็นเบส
2. มีค่าคงที่ของการเกิดอโตะไฮโดรไลซิสต่ำ เพื่อลด Leveling effect
3. มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูง เพื่อช่วยในการแยกไอออนคู่

สมบัติเหล่านี้กำหนดขีดจำกัดทางทฤษฎีที่ต้องมีในการไทเทรตในตัวทำละลาย ส่วนในทางปฏิบัติ ตัวทำละลายที่ต้องการคือ

1. ต้องสามารถละลายทั้งสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และอินดิเคเตอร์
2. ง่าย สะดวก และปลอดภัยในการใช้

แต่อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มียตัวทำละลายชนิดใดที่ดีที่สุดสำหรับทุก ๆ กรณีของการใช้ แต่น้ำก็จัดได้ว่าดีที่สุดและนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวทำละลายมากที่สุด ส่วนตัวทำละลายที่ไม่ใช้น้ำจะใช้เมื่อสารที่สนใจจะอ่อนเกินไป หรือละลายน้ำได้น้อยมาก ทำให้ทำการไทเทรตไม่ได้ผล ในบางครั้งตัวทำละลายเหล่านี้ให้ความแตกต่างได้ดีกว่าน้ำ จะถูกใช้ในการไทเทรตที่ละชั้นสำหรับกรด 2 ชนิด (หรือเบส) ที่มีความแรงใกล้เคียงกัน

17.12.1. ตัวทำละลายที่เลือก

(1) กรดอะซิติก

เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับการไทเทรตเบสที่อ่อนมากๆ เพราะสามารถให้โปรตอนได้ดี กรดอะซิติก มีค่า $pK_{SH} = 14.45$ ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำ แต่ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก = 6.1 ต่ำกว่าของน้ำมาก ซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบ จะใช้มากในการไทเทรตแอนไอออนของเบส เมื่อค่าคงที่ไดอิเล็กทริกนั้นไม่มีความสำคัญต่อการแตกตัว มีกรด และเบสหลายชนิดที่สามารถละลายได้ในกรดอะซิติก และเป็นตัวทำละลายที่ใช้ง่าย

(2) เอทิลีนไดเอมีน ($H_2NCH_2CH_2NH_2$) ตัวย่อคือ en

เป็นตัวทำละลายที่เป็นเบส เอทิลีนไดเอมีน มีค่า $pK_{SH} = 15.3$ ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำ แต่ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเป็น 2 เท่าของกรดอะซิติก แต่ต่ำกว่าของน้ำ จะใช้มากในการไทเทรตกรดที่อ่อนมากๆ และเป็นตัวทำละลายที่ใช้ง่าย

(3) ไดมethylฟอร์มาไมด์ (HCON (CH₃)₂)

เป็นตัวทำละลายที่เป็นเบสเป็นเบสที่อ่อนกว่าเอทิลีนไดเอมีนมากๆ แต่นิยมมากกว่า เพราะมีค่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูง (D = 36) และสามารถละลายกรดได้หลายชนิด รวมทั้งเกลือ และพอลิเมอร์ การไทเทรตในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ จะมีความจำเพาะเจาะจงสูงกว่าการไทเทรตในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ

17.12.2. ตัวตัวดิแตรนทร์ที่เลือก

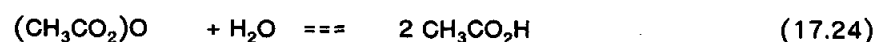
ดังแสดงในตารางที่ 17.3

ตารางที่ 17.3 ตัวอย่างตัวดิแตรนทร์ที่ใช้ในการไทเทรตในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ

ตัวดิแตรนทร์ที่เป็นกรด	ตัวดิแตรนทร์ที่เป็นเบส
กรดเปอร์คลอริก	เตตระบิวทิลแอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์
กรด p-ทอลูอินซัลโฟนิก	โซเดียม อะซีเตต
กรด 2,4-ไดไนโตรเบนซีนซัลโฟนิก	โบตัสเซียม เมทอกไซด์
	โซเดียม อะมิโนเอทอกไซด์

1. กรดเปอร์คลอริก (HClO₄) เป็นกรดแก่เข้มข้น 72% มีน้ำ 28% (ตัวปัญหา)

โดยมีการอะซิติก และไดออกเซนเป็นตัวทำละลาย ไดออกเซนที่ปราศจากน้ำจะให้จุดยุติชัดเจนกว่ากรดอะซิติก แต่เป็นการยากที่จะเอาน้ำออกจากตัวทำละลาย กรดอะซิติก จะใช้ในรูปแบบอะซิติกแอนไฮไดร (CH₃CO₂)₂O ซึ่งจะไปรวมตัวกับน้ำในกรด



เกลือเปอร์คลอเรตที่เกิดขึ้นในการไทเทรตโดยมากไม่ละลายในกรดอะซิติก และจะบดบังการมองเห็นที่จุดยุติ หรือรบกวนการทำงานของขั้วไฟฟ้าเมื่อทำการหาจุดยุติโดยวิธีโพเทนชิโอเมตรี

2. เติตระบิวทิลแอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์

เป็นตัวติเตรนท์ถูกนำมาใช้มากที่สุด แม้จะมีขีดจำกัดเรื่องการละลายในแอลกอฮอล์ และ แอลกอฮอล์/ เบนซีน

แต่ก็ละลายได้สูงพอที่ใช้ในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงพอ

ข้อดี เป็นเบสแก่ และผลิตภัณฑ์จากการไทเทรตละลายได้

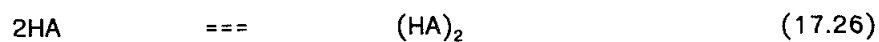
17.12.3: สารมาตรฐานเบสปฐมภูมิสำหรับกรดเปอร์คลอริกในตัวทำละลายกรดอะซิติก

คือ โปตัสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Pot. hydrogen phthalate, KHP) และ ทริซ(ไฮดรอกซีเมทิล) อะมิโนมีเทน (tris-(hydroxymethyl) aminomethane) KHP โดยปกติใช้ในการปรับเทียบมาตรฐานของ เบสในน้ำ KHP ไอออน เป็นสารแอมฟิโปรติก และในตัวทำละลายกรดอะซิติก จะมีความเป็นเบสเพียงพอ ปฏิกริยากับกรดเปอร์คลอริกคือ

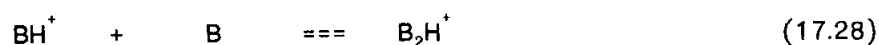
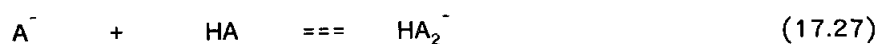


17.13. เคอร์ฟของการไทเทรต (Titration Curve)

พฤติกรรมที่สภาวะสมดุลของกรด และเบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่ น้ำจะมีความซับซ้อนมาก ซึ่งเราทราบมาแล้วว่า การรวมตัวของไอออนคู่มีความซับซ้อนมากในตัวทำละลายที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำ นอกจากนี้ยังมีแบบอื่น ๆ ของปฏิกริยารวมตัวเกิดขึ้นเหมือนกัน เช่น เกิดการรวมตัวเอง (self-association)



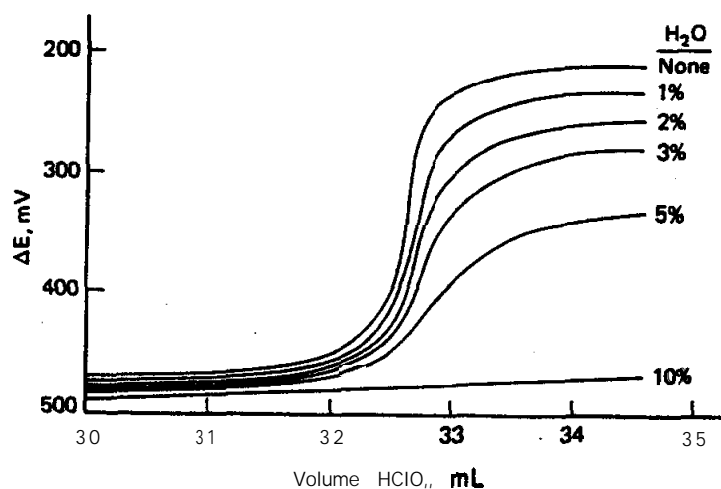
ในตัวทำละลายที่ไม่โพลาร์มาก ไอออนของสารที่สนใจถูกล้อมรอบด้วยตัวทำละลายน้อยมาก และมันจะพยายามทำให้ตัวเองเสถียรโดยพยายามจับกับคู่ควบที่เหมือนกัน



แม้ว่าจะสามารถทำการคำนวณในแง่ปริมาณจะเป็นไปได้ที่สภาวะสมดุล แต่ก็มีการรวมเอาสมมุติฐานต่างๆไว้ และจะมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าการคำนวณที่สอดคล้องกันในระบบที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำ เนื่องจากความยุ่งยากในการสร้างเคอร์ฟของการไทเทรตทางทฤษฎีโดยการคำนวณ โดยมากในการไทเทรตในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำจะทำโดยการลองผิดและลองถูก โดยการสร้างสมมุติฐานอย่างมีเหตุผลจากตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อรูปร่างของเคอร์ฟการไทเทรตในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ก็จะมีผลเช่นเดียวกันต่อรูปร่างของเคอร์ฟการไทเทรตในตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำ

17.13.1. ผลของน้ำ (Effect of water)

น้ำจะประพฤติเป็นเบสอ่อนในตัวทำละลายที่เป็นกรด และเป็นกรดอ่อนในตัวทำละลายที่เป็นเบส ผลทำให้เกิดการแข่งขันกับตัวทำละลายในการให้ หรือรับโปรตอน ทำให้เกิด Leveling effect ผลสุทธิคือการไทเทรตไม่ได้ผลตามต้องการ เนื่องจากมีค่าความแตกต่างของค่า pH (pH break) ที่จุดสมมูล ปริมาณน้ำสามารถรบกวนขึ้นกับความแรงของกรด หรือเบสที่ถูกไทเทรตดังรูปที่ 17.3



รูปที่ 17.3 ผลของน้ำที่มีต่อการไทเทรตระหว่าง Asterol (amine acetate salt) กับ HClO₄ ในกรดอะซิติก

17.13.2. การหาจุดสมมูล (Determination of the equivalent point)

มีอินดิเคเตอร์หลายชนิดที่ใช้ในการไทเทรตในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ สามารถนำมาใช้ได้ แต่ข้อมูลเกี่ยวกับสมมูลไม่สามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นข้อมูลต่างๆที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบจึงไม่มีให้ และการเลือกอินดิเคเตอร์สำหรับการประยุกต์เฉพาะจะอาศัยการลองผิดลองถูก มีบางตัวอย่างในตารางที่ 17.4

ตารางที่ 17.4 ตัวอย่างอินดิเคเตอร์ที่ใช้ในการไทเทรตของกรด-เบสในตัวทำละลายที่ไม่ใช่ น้ำ

สำหรับการไทเทรตกรด	สำหรับการไทเทรตเบส
Azo violet	methyl orange
o-nitroaniline	Methyl red
thymol blue	Methyl violet

ในการเลือกใช้ต้องระลึกอยู่เสมอว่า อินดิเคเตอร์เหล่านี้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับตัวทำละลายทั้งหมด หรือกับตัวดิแตรนทร์ทุกชนิด เนื่องจากความยุ่งยากในการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่มองเห็น โดยมากจะใช้เทคนิคโพเทนชิโอเมตรี โดยใช้ขั้วไฟฟ้าแก้ว จุดยุติหาได้จากเคอร์ฟของการไทเทรต

ตัวอย่างที่ 17.2

สารตัวอย่าง 3.000 g ประกอบฟีนอล และสารเจือปนอื่นๆ ทำการละลายในเอทิลีนไดอะมีน และทำการไทเทรตกับ โซเดียม อะมิโนเอทอกไซด์เข้มข้น 0.0400M จำนวน 16.40 mL เพื่อให้งถึงจุดยุติ
จงคำนวณหาฟีนอลในสารตัวอย่าง

วิธีทำ

ปฏิกิริยาของการไทเทรตคือ



จากปฏิกิริยาที่ดุลแล้ว

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณของฟีนอล} &= \text{ปริมาณของตัวติเตรนท์} \times 1/1 \\ &= (16.40 \text{ cm}^3)(0.04000\text{M}) \times 1 / 1 \\ &= 0.6560 \text{ mmol} \end{aligned}$$

เปลี่ยนเป็นน้ำหนัก

$$\begin{aligned} &= 0.6560 \text{ mmol} \times 94.11 \text{ mg/mmol} \\ &= 61.74 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ phenol} &= \frac{\text{weight phenol (mg)}}{\text{weight sample (mg)}} \times 100 \\ &= \frac{61.74 \text{ mg}}{3000\text{mg}} \times 100 = 2.058 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 17.3

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย aniline, N-ethylaniline และ N,N-diethylaniline และสารเจือยที่ไม่ทำปฏิกิริยากับ HClO_4 โดยปฏิบัติดังต่อไปนี้

ซึ่งสารตัวอย่างมา 1.000 g ทำการละลายในกรดอะซิติก แล้วนำสารละลายที่ได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่ากัน คือ สารละลาย A, B, C และ D จากนั้นนำแต่ละส่วนมาทำปฏิกิริยาต่อ สารละลายที่ได้ทำการไทเทรตกับกรด HClO_4 เข้มข้น 0.1000M

สารละลาย A ไทเทรตโดยใช้กรด HClO_4 จำนวน 18.05 mL ในกรดอะซิติก

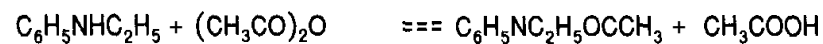
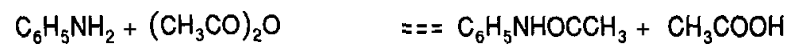
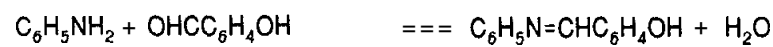
สารละลาย B นำมาทำปฏิกิริยากับอะซิติกแอนไฮไดรด์ แล้วไทเทรตโดยใช้กรด HClO_4 จำนวน 11.62 mL

สารละลาย C นำมาทำปฏิกิริยากับซาลิไซลิกแอซิดแล้วไทเทรตโดยใช้กรด HClO_4 จำนวน 15.50 mL

จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบในสารตัวอย่าง

วิธีทำ

ในแต่ละสารละลายจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

สารละลาย A**สารละลาย B****สารละลาย C**

เมื่อพิจารณาปฏิกิริยาในสารละลายทั้ง 3

ปริมาณของ $HClO_4$ ที่ใช้กับ $C_6H_5N(C_2H_5)_2$ เท่ากับ 11.62 mL

จากสารละลาย A และ C หาปริมาณของ $HClO_4$ ที่ใช้กับ $C_6H_5NH_2$ ได้เท่ากับ $18.05 - 15.50 = 2.55$ mL

และ ปริมาณของ $HClO_4$ ที่ใช้กับ $C_6H_5NHC_2H_5$ เท่ากับ $18.05 - 11.62 - 2.55 = 3.88$ mL

ปริมาณของกรดข้างบนใช้ในการไทเทรตกับ 1/4 ของปริมาณสารตัวอย่าง

ดังนั้นในตัวอย่างจะประกอบด้วย

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 = \frac{(2.55 \text{ mL} \times 0.1000 \text{ mmol/mL} \times 93.13 \text{ mg/mmol}) \times 4}{1000 \text{ mg}} \times 100 = 9.50\%$$

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 = \frac{(3.88 \text{ mL} \times 0.1000 \text{ mmol/mL} \times 121.18 \text{ mg/mmol}) \times 4}{1000 \text{ mg}} \times 100 = 18.81\%$$

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2 = \frac{(11.62 \text{ mL} \times 0.1000 \text{ mmol/mL} \times 149.24 \text{ mg/mmol}) \times 4}{1000 \text{ mg}} \times 100 = 69.37\%$$

$$\text{และสารเจือย} = 100 - (9.50 + 18.81 + 69.37) = 2.32\%$$

ตัวอย่างที่ 17.4

จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ NH_4^+ ที่ยังคงเหลืออยู่ที่จุดสมมูล ในการไทเทรตต่อไปนี้

ก) สารละลายของ NH_4^+ เข้มข้น 0.1000 M ด้วย สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1000 M โดยทั้งคู่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย

ข) สารละลายของ NH_4^+ เข้มข้น 0.1000 M ด้วย สารละลาย $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$ เข้มข้น 0.1000 M โดยทั้งคู่มีเอทานอลเป็นตัวทำละลาย กำหนดว่า

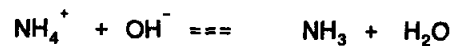
ค่าคงที่การแตกตัวของ NH_4^+ ในเอทานอล มีค่าเท่ากับ 1×10^{-10}

ค่าคงที่ของการเกิดออกโตโปรโตไลซิสของเอทานอล มีค่าเท่ากับ $K_a = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_2^+][\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-] = 3 \times 10^{-20}$

จงเปรียบเทียบความเหมาะสมในการเป็นตัวทำละลายระหว่างน้ำ และ เอทานอลในการไทเทรตหา NH_4^+

วิธีทำ

(ก) ในน้ำ ปฏิกริยาของการไทเทรตคือ



ที่จุดเริ่มต้น 0 0 0.0500M

ที่จุดสมมูล $[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-]$ $0.0500 - [\text{NH}_4^+] \approx 0.0500$

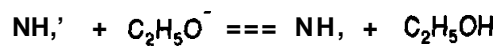
$$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{1}{K_b} = \frac{K_a}{K_w} = \frac{4.8 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-14}} = 4.8 \times 10^9 \approx 5.6 \times 10^4$$

$$\frac{0.05000}{[\text{NH}_4^+]^2} = 5.6 \times 10^4$$

$$[\text{NH}_4^+] = 9.4 \times 10^{-4}$$

ดังนั้น ปริมาณของ NH_3 ที่ไม่เกิดปฏิกิริยา = $\frac{9.4 \times 10^{-4}}{0.0500} \times 100 \approx 1.9\%$

(ข) ในเอทานอล ปฏิกิริยาของการไทเทรตคือ



ที่จุดเริ่มต้น 0 0 0.0500M

ที่จุดสมมูล $[\text{NH}_3] = [\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-]$ $0.0500 - [\text{NH}_4^+] \approx 0.0500$

$$K = \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+][\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-]} = \frac{1}{K_b} = \frac{K_a}{K_{SH}} = \frac{1 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-20}} = 3.3 \times 10^9$$

$$\frac{0.05000}{[\text{NH}_4^+]^2} = 3.3 \times 10^9$$

$$[\text{NH}_4^+] = 3.9 \times 10^{-6}$$

ดังนั้น ปริมาณของ NH_4^+ ที่ไม่เกิดปฏิกิริยา = $\frac{3.9 \times 10^{-6}}{0.0500} \times 100 = 0.008\%$

ในการไทเทรตหาปริมาณ NH_4^+ เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ดีกว่าน้ำ

คำถามเพิ่มเติมท้ายบท

17.1. จงให้นิยามของชนิดตัวทำละลายต่อไปนี้

(ก) Amphiprotic

(ข) Nonionisable

(ค) Aprotic (inert)

17.2. จงเขียนปฏิกิริยาการสลายโปรตอนด้วยตัวเอง (Autoprotolysis) และสมการเคมีที่สภาวะสมดุลของตัวทำละลายแต่ละชนิดต่อไปนี้

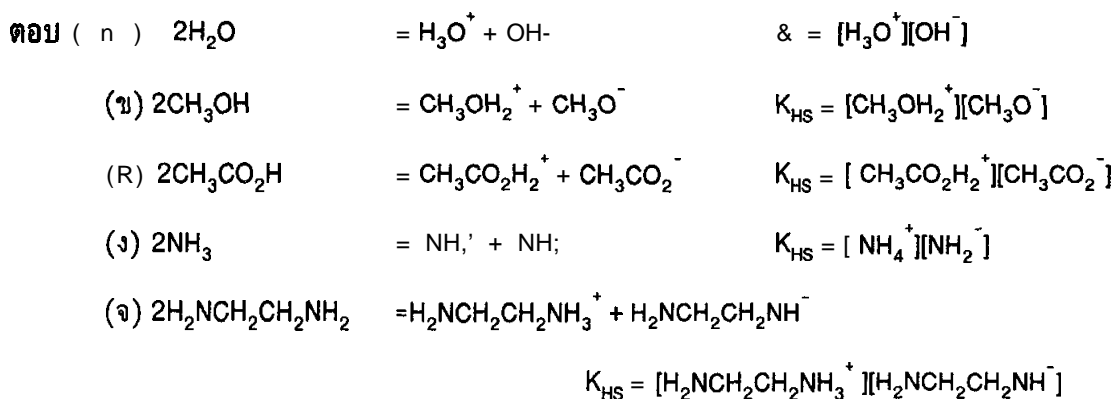
(ก) H_2O

(ข) CH_3OH

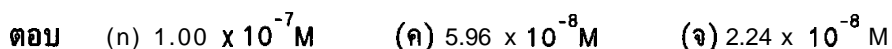
(ค) CH_3CO_2H

(ง) NH_3

(จ) $H_2NCH_2CH_2NH_2$



17.3. จงคำนวณหาความเข้มข้นของ Protonated Solvent จากโจทย์ข้อ 17.2 ข้อ ก, ค, จ



17.4. โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเบสแก่ในน้ำ และใช้โดยทั่วไปในการไทเทรตระหว่างกรดและเบส ถ้าหากเป็นการไทเทรตในกรดอะซิติก เบสของโซเดียมที่ควรเลือกใช้คืออะไร

ตอบ โซเดียมอะซิเตต

17.5. ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลของ $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_2^+$ ใน 0.100M HCl ในกรดอะซิติก มีค่าประมาณ 1.7×10^{-5} M แม้กระนั้นก็ตามจัดว่า HCl เป็นกรดแก่ในตัวทำละลายชนิดนี้

(ก) จงคำนวณค่าคงที่สมดุลสำหรับสมดุลระหว่าง HCl และไอออนของมันในตัวทำละลายชนิดนี้

(ข) จงอธิบายว่า HCl จัดเป็นกรดแก่ในตัวทำละลายชนิดนี้ได้อย่างไร

ตอบ (ก) 2.9×10^{-9} M

(ข) การแตกตัวอาจเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แต่การแยกคู่ของไอออนที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์

17.6. ค่า pK_a สำหรับ HBr ในเอทิลีนไดอะมีนมีค่าเท่ากับ 4.2×10^{-3} จงคำนวณหาค่า pH ของสารละลายต่าง ๆ ต่อไปนี้ในเอทิลีนไดอะมีน

(ก) 9.5×10^{-3} M HBr

(ข) 9.5×10^{-3} M HBr + 6.00×10^{-3} M CaBr_2

(ค) 6.00×10^{-3} M CaBr_2

ตอบ (ก) 2.20 (ข) 2.48 (ค) 7.89

17.7. แอมโมเนียมอะซิเตต ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) ไม่สามารถใช้ในการไทเทรตเป็นกรด หรือเบสในสารละลายเอเคียส แต่สามารถใช้ในการไทเทรตเป็นกรด หรือเบสในสารละลายที่ไม่ใช่ น้ำได้ จงแสดงปฏิกิริยาเคมีและเงื่อนไขสำหรับการไทเทรตที่ใช้ แอมโมเนียมอะซิเตต ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) เป็นกรดในสารละลายที่ไม่ใช่ น้ำ และในกรณีที่แอมโมเนียมอะซิเตต ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) เป็นเบส

ตอบ $\text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{OH}^- = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COO}^-$ ($\text{Bu}_4\text{N}^+\text{OH}$ ใน 2-PrOH)

$\text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{H}^+ = \text{NH}_3 + \text{CH}_3\text{COOH}$ (HClO_4 ใน dioxane)

17.8. จงคำนวณค่า pH ของสารละลายหลังจากที่เติมกรดเปอร์คลอริกในเมทานอลเข้มข้น 0.1047 M ในปริมาตรที่กำหนดให้ลงในโซเดียมเมทอกไซด์ในเมทานอลเข้มข้น 0.1103 M

(n) 0 mL

(ข) 26.34 mL

(ค) 35.00 mL

(J) 10.00 mL

m u (n) 15.74 (Y) 15.39 (ค) 8.35 (J) 1.821

17.9. นำสารตัวอย่างที่ประกอบด้วย p-bromoaniline ละลายในกรดน้ำส้ม ทำการไทเทรตด้วย

กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 0.01250 M ในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน พบว่าต้องใช้ 16.47 mL จึงจะถึงจุดยุติ จงคำนวณหาปริมาณเป็นร้อยละของ p-bromoaniline ในสารตัวอย่าง

ตอบ 16.83%

17.10. จงคำนวณหาร้อยละของ NH_4^+ ที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยา ที่จุดสมมูล ในการไทเทรต

(n) สารละลายเอเควียสของ 0.1000 M NH_4^+ ด้วยสารละลายเอเควียส 0.1000 M NaOH

(Y) สารละลายของ 0.1000 M NH_4^+ ด้วยสารละลาย 0.1000 M NaOH ทั้งคู่ในละลาย

ในเอทานอล

(กำหนดให้ค่าคงที่การแตกตัวของ NH_4^+ ในเอทานอลมีค่าเท่ากับ 1×10^{-10} และค่าคงที่การสลาย

โปรตอนด้วยตัวเอง (Autoprotolysis constant มีค่าเท่ากับ $K_{\text{HS}} = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_2^+][\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-] =$

3×10^{-20}) จงเปรียบเทียบความเหมาะสมของการใช้น้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายในการ

ไทเทรตของ NH_4^+ ไอออน

ตอบ (n) 1.9% NH_4^+ ที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยา

(ข) 0.008% NH_4^+ ที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยา

ในการไทเทรตของ NH_4^+ ไอออน เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมกว่าน้ำ

17.12. สารตัวอย่างหนัก 0.0941 g ประกอบด้วย เมทานอลและเอทานอลในอะซีติกแอนไฮไดรด์

ในการไทเทรตต้องใช้ 0.1000 M NaOH ในเอทานอลจำนวน 20.96 mL และในแบลงค์พบว่า
ต้องใช้เบส 45.96 mL จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ เมทานอลและเอทานอลในตัวอย่าง

ตอบ 51.1% เมทานอลและ 48.9% เอทานอล

17.13. ในกรณีต่างๆต่อไปนี้ มีกรณีใดบ้างที่เบสสามารถถูกไทเทรตในน้ำที่มีความถูกต้อง 99.9% ด้วยสาร
ละลายกรดมาตรฐานเข้มข้น 0.1M ถ้าไม่ได้จงบอกชนิดตัวทำละลายและตัวไตเตรนต์ที่เหมาะสม

(ก) Aniline ($K_b = 4.20 \times 10^{-10}$)

(ข) Ethylenediamine ($K_1 = 1.28 \times 10^{-4}$, $K_2 = 2.0 \times 10^{-7}$)

(ค) Hydrazine ($K_b = 1.00 \times 10^{-6}$)

(ง) Pyridine ($K_b = 1.49 \times 10^{-9}$)

ตอบ (ก) ไม่ได้ ใช้ กรดอะซีติก และ HClO_4 ในกรดอะซีติก

(ข) ได้

(ค) ได้

(ง) ไม่ได้ ใช้ กรดอะซีติก และ HClO_4 ในกรดอะซีติก

17.14. สารตัวอย่างอะโรมาติกแอลกอฮอล์ซึ่งมี หมู่ -OH 1 หมู่ นำมาละลายด้วยตัวทำละลาย

เฉื่อยและเติมอะซีติกแอนไฮไดรด์ นำสารละลายที่ได้มาเจือจางด้วยน้ำแล้วไทเทรตด้วยสารละลาย

0.2000 M NaOH ในเอทานอลจำนวน 36.20 mL ในการทำแบลงค์โดยเติมอะซีติกแอนไฮไดรด์

ในปริมาณที่เท่ากัน พบว่าใช้เบส 6.20 mL จงคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของแอลกอฮอล์

ตอบ 108.1 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$)

17.15. เบสในแต่ละข้อต่อไปนี้สามารถถูกไทเทรตด้วยกรดที่ระดับความเข้มข้น 0.1 M ในน้ำได้อย่าง

ถูกต้อง 99.9% หรือไม่ ถ้าไม่ได้จงบอกตัวทำละลายและตัวไทแทรนต์ที่เหมาะสม

(ก) Aniline , $K_b = 1.4 \times 10^{-10}$

(ข) Ethylenediamine, $K_{a1} = 1.28 \times 10^{-4}$, $K_{a2} = 2.0 \times 10^{-7}$

(ก) Hydrazine, $K_b = 1.0 \times 10^{-6}$

(ง) Pyridine, $K_b = 1.49 \times 10^{-9}$

ตอบ (ก) ไม่ได้, acetic Acid, HClO_4 ใน acetic Acid

(ข) ได้

(ค) ได้

(ง) ไม่ได้, acetic Acid, HClO_4 ใน acetic Acid