คู่มือ แม็ค

CORE รับตรง เคมี เล่ม 2

เหมาะสำหรับ

- มุ่งสอบ**รับตรง** และ **Clearing house**
- **ครอบคลุมเนื้อหา**ตามที่ สทศ. กำหนดครบถ้วน
- **ทบทวนความรู้ เพิ่มพูนความเข้าใจ**

ปรากฏการณ์ใหม่ เมื่อติวเตอร์อยู่ในรูปแบบฉบับพกพา

หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษดับเบิ้ล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ

รศ. ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์
รศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์

Core รับตรง

เคมี เล่ม 2

ตัวอย่าง

รศ. ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์
รศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์

Core รับตรง เคมี เล่ม 2

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์.
Core รับตรง เคมี เล่ม 2--กรุงเทพฯ : แม็คเอ็ดดูเคชั่น, 2556.
848 หน้า.

1. เคมี. I. คณิตา ตังคณานุรักษ์, ผู้แต่งร่วม. I. ชื่อเรื่อง.

540
ISBN 978-616-274-260-6

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

MACEDUCATION

ผู้เขียน : รศ. ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ รศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์
สงวนลิขสิทธิ์ : กรกฎาคม 2556
ราคาจำหน่าย : 340 บาท
การสั่งซื้อ : ส่งธนาณัติสั่งจ่าย **ไปรษณีย์ลาดพร้าว 10310** ในนาม **บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด**
เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทรเกษม
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028
www.MACeducation.com
พิมพ์ที่ : H.N. GROUP CO., LTD.

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาต)

หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษดับเบิ้ล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ

คำนำ

หนังสือคู่มือ **ชุด Core รับตรง** จัดทำขึ้นสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่จะต้องสอบเข้ามหาวิทยาลัยในระบบรับตรง ทั้งระบบรับตรงที่มหาวิทยาลัยเป็นผู้ดำเนินการจัดสอบและระบบรับตรงที่ สทศ. เป็นผู้ดำเนินการจัดสอบ โดยผ่านเคลียริ่งเฮาส์ (Clearing house) รวมทั้งการสอบ O-NET และ PAT ในระบบแอดมิสชั่นส์ (Admissions) อีกด้วย หนังสือคู่มือชุดนี้จำแนกตามรายวิชาสามัญที่ สทศ. เป็นผู้ดำเนินการจัดสอบ ซึ่งมีทั้งหมด 8 เล่ม ดังนี้

1. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง ภาษาไทย**
2. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง สังคมศึกษา**
3. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง ภาษาอังกฤษ**
4. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง คณิตศาสตร์**
5. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง เคมี เล่ม 1**
6. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง เคมี เล่ม 2**
7. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง ฟิสิกส์**
8. **หนังสือคู่มือ Core รับตรง ชีววิทยา**

หนังสือคู่มือชุดนี้ แต่ละเล่มประกอบด้วยเนื้อหาโดยสรุปและข้อสอบพร้อมเฉลยอย่างละเอียด ซึ่งนักเรียนสามารถฝึกทำข้อสอบในทุกเรื่องจนเกิดความเข้าใจได้ด้วยตนเอง เพื่อเตรียมพร้อมก่อนสอบจริง นอกจากนี้ นักเรียนยังได้ทบทวนเนื้อหาในคำอธิบายของคำตอบจากเฉลยของข้อสอบ ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจให้มากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจและพร้อมที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการสอบจริงได้ต่อไป

ทั้งนี้ **บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด** หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือคู่มือ ชุด Core รับตรง จะอำนวยประโยชน์ให้แก่ผู้อ่านได้เป็นอย่างดี และหากมีข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับหนังสือคู่มือชุดนี้ กรุณาติดต่อได้ที่ บริษัท แม็คเอ็ดดูชั่น จำกัด เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาหนังสือคู่มือเล่มต่อไปในอนาคต

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

ตัวอย่าง

กลุ่มสาระการเรียนรู้
เคมี เล่ม 2

สาระที่ 3
สารและสมบัติของสาร

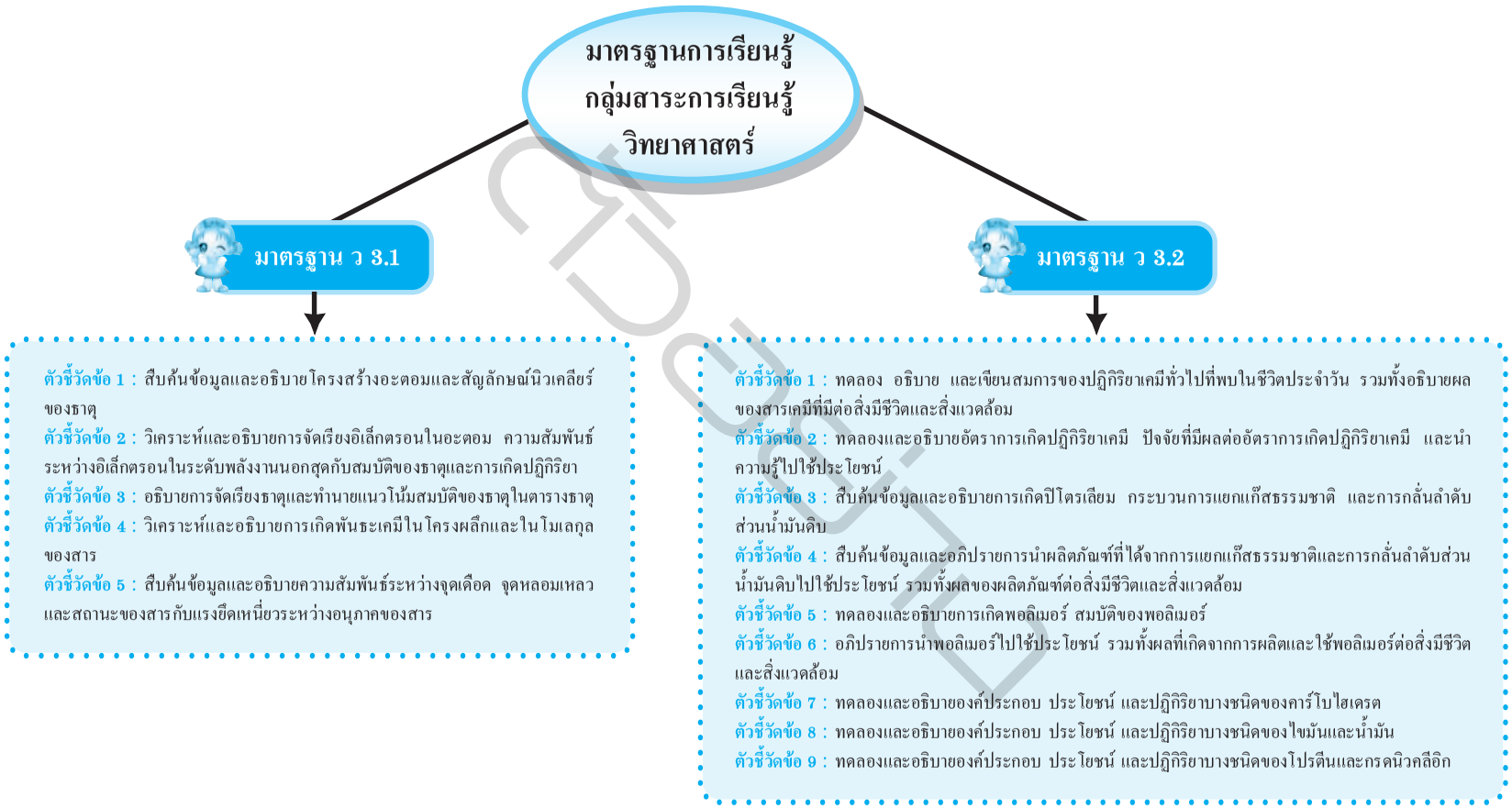
มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดข้อ 1, 2, 3, 4 และ 5

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดข้อ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9

ตัวอย่าง


มาตรฐานการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์
มาตรฐาน ว 3.1
ตัวชี้วัดข้อ 1 : สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอมและสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ
ตัวชี้วัดข้อ 2 : วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุและการเกิดปฏิกิริยา
ตัวชี้วัดข้อ 3 : อธิบายการจัดเรียงธาตุและทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ
ตัวชี้วัดข้อ 4 : วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและในโมเลกุลของสาร
ตัวชี้วัดข้อ 5 : สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร
มาตรฐาน ว 3.2
ตัวชี้วัดข้อ 1 : ทดลอง อธิบาย และเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งอธิบายผลของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
ตัวชี้วัดข้อ 2 : ทดลองและอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
ตัวชี้วัดข้อ 3 : สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดปิโตรเลียม กระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ
ตัวชี้วัดข้อ 4 : สืบค้นข้อมูลและอภิปรายการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
ตัวชี้วัดข้อ 5 : ทดลองและอธิบายการเกิดพอลิเมอร์ สมบัติของพอลิเมอร์
ตัวชี้วัดข้อ 6 : อภิปรายการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลที่เกิดจากการผลิตและใช้พอลิเมอร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
ตัวชี้วัดข้อ 7 : ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์ และปฏิกิริยาบางชนิดของคาร์โบไฮเดรต
ตัวชี้วัดข้อ 8 : ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์ และปฏิกิริยาบางชนิดของไขมันและน้ำมัน
ตัวชี้วัดข้อ 9 : ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์ และปฏิกิริยาบางชนิดของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 กรด-เบส **1**

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2 สาระเพิ่มเติม)

- อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ 1
- กรด 2
- เบส 12
- ทฤษฎีกรด-เบส 15
- ค่าคงที่การแตกตัวของกรดและของเบส 23
- การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์ 34
- อินดิเคเตอร์ 45
- ปฏิกิริยากรด-เบส 50
- ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส 52
- สารละลายบัฟเฟอร์ 59
- การไทเทรตกรด-เบส 68

โจทย์ทดสอบ 91

หน่วยการเรียนรู้ที่ 9 ไฟฟ้าเคมี **169**

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2 สาระเพิ่มเติม)

- ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีหรือปฏิกิริยารีดอกซ์ 169
- เซลล์ไฟฟ้าเคมี 180

โจทย์ทดสอบ 239

โจทย์ทดสอบ (เกินหลักสูตร) 291

หน่วยการเรียนรู้ที่ 10 ธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม **301**

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2 สาระเพิ่มเติม)

โจทย์ทดสอบ 341

ตัวอย่าง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 เคมีอินทรีย์ **364**

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2 ตัวชี้วัดข้อ 1 และ 2)

- ูตรเคมีของสารประกอบอินทรีย์ 364
- การอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์ตามระบบ IUPAC 374
- การเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแบบพันธะไฮโดรเจนของกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ เอมีน และเอไมด์ 406
- ความแรงกรดของกรดอินทรีย์ 408
- ภาพละลายได้ของสารอินทรีย์ในน้ำ 410
- แลคโทนและแลคแทม 412
- ปฏิกิริยาที่สำคัญของสารอินทรีย์ 419
- ารอินทรีย์ที่พบในธรรมชาติ 453
- ตัวอย่างการแยกสารอินทรีย์ที่ผสมกันห้องปฏิบัติการ 459

โจทย์ทดสอบ 463

หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรและผลิตภัณฑ์ **523**

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2 ตัวชี้วัดข้อ 3, 4, 5 และ 6)

- พอลิเมอร์ 564
- ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน 566
- พอลิโอเลฟิน 569

โจทย์ทดสอบ 607

หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 สารชีวโมเลกุล **649**

(ตรงตามมาตรฐาน ว 3.2 ข้อ 7, 8 และ 9)

- โปรตีน 649
- คาร์โบไฮเดรต 697
- ลิพิด 727

โจทย์ทดสอบ 771

กรด-เบส

อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์

อิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) เป็นสารที่เมื่ออยู่ในรูปสารละลายแล้วนำไฟฟ้าได้ เป็นสารที่แตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในสารละลาย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. อิเล็กโทรไลต์แก่ (strong electrolytes) เป็นสารเมื่ออยู่ในรูปสารละลายและแตกตัวให้ไอออนอิสระได้หมด ใช้ $\longrightarrow$ แทนการแตกตัวของอิเล็กโทรไลต์แก่ (ไม่เกิดสมดุลเคมี) ได้แก่ เกลือ (สารประกอบไอออนิก) ที่ละลายน้ำ กรดแก่ และเบสแก่

เกลือ $\longrightarrow$ ไอออนบวก + ไอออนลบ

กรดแก่ $\longrightarrow$ H^+ + คู่เบสของกรดแก่

เบสแก่ $\longrightarrow$ H^+ + คู่กรดของเบสแก่

2. อิเล็กโทรไลต์อ่อน (weak electrolytes) เป็นสารเมื่ออยู่ในรูปสารละลายและแตกตัวให้ไอออนอิสระได้บางส่วน ใช้ $\rightleftharpoons$ แทนการแตกตัวของอิเล็กโทรไลต์อ่อน (เกิดสมดุลเคมี) ได้แก่ กรดอ่อนและเบสอ่อน

กรดอ่อน $\rightleftharpoons$ H^+ + คู่เบสของกรดอ่อน

เบสอ่อน $\rightleftharpoons$ OH^- + คู่กรดของเบสอ่อน

นอนอิเล็กโทรไลต์ (non-electrolyte) เป็นสารที่เมื่ออยู่ในรูปสารละลายแล้วไม่นำไฟฟ้าเป็นสารที่ไม่แตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบในสารละลาย ได้แก่ โมเลกุลโคเวเลนต์ ยกเว้นโมเลกุลโคเวเลนต์ของกรดและเบส

ตัวอย่างของอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ เช่น

อิเล็กโทรไลต์แก่ เช่น NaCl K_2SO_4 KNO_3 Na_2SO_4 $CaCl_2$

นอนอิเล็กโทรไลต์ เช่น $C_6H_{12}O_6$ C_2H_5OH $C_{12}H_{22}O_{11}$ HCHO CH_3COCH_3

อิเล็กโทรไลต์แก่ (กรดแก่) เช่น HI HBr H_2SO_4 HNO_3 HCl $HClO_3$ $HClO_4$

อิเล็กโทรไลต์แก่ (เบสแก่) เช่น NaOH KOH $Ca(OH)_2$ $Ba(OH)_2$ LiOH

อิเล็กโทรไลต์อ่อน (เบสอ่อน) เช่น CH_3NH_2 NH_2CONH_2 NH_3

อิเล็กโทรไลต์อ่อน (กรดอ่อน) เช่น HNO_2 CH_3COOH HCOOH H_2CO_3 H_2SO_3

ตัวอย่าง

กรด

กรด (acids) เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ที่เมื่ออยู่ในรูปสารละลายจะแตกตัวให้โปรตอน (H^+ ไม่มีอิเล็กตรอน ไม่มีนิวตรอน มีเพียง 1 โปรตอนเท่านั้น มีขนาดเล็กมาก และเล็กกว่าไอออนชนิดอื่นๆ)

กรดมีสมบัติ ดังนี้

- มีรสเปรี้ยว
- เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง หรือเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์
- ทำปฏิกิริยากับโลหะให้แก๊สไฮโดรเจน
- เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ นำไฟฟ้าได้
- ทำปฏิกิริยากับเกลือไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) และเกลือคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
- เกิดปฏิกิริยาสะเทินกับเบส

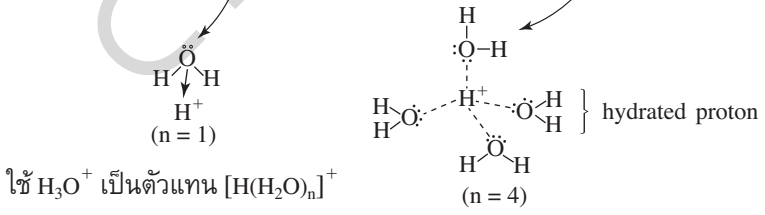
H^+ ไอออนมีขนาดเล็กมากๆ จะถูกล้อมรอบด้วยน้ำ (ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย) เรียกว่า ไฮเดรตโปรตอน (hydrated proton)

$$H^+ + nH_2O \longrightarrow [H(H_2O)_n]^+$$

ไฮโดรเนียมไอออน (hydronium ion)

หรือไฮเดรตไอออน (hydrated ion) n มีค่า 1–4

$H^+ \longrightarrow H_3O^+$ หรือ $H_5O_2^+$ หรือ $H_7O_3^+$ หรือ $H_9O_4^+$



ใช้ H_3O^+ เป็นตัวแทน $[H(H_2O)_n]^+$

สารละลายกรดทุกชนิดมีไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) เป็นองค์ประกอบ แสดงสมบัติความเป็นกรด เช่น มีรสเปรี้ยว เปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ ทำปฏิกิริยากับโลหะ

กรดตามนิยามอิเล็กโทรไลต์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กรดแก่และกรดอ่อน

1. กรดแก่ (strong acids) เป็นกรดที่แตกตัวให้ไอออนอิสระได้อย่างสมบูรณ์ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (ไม่เกิดสมดุลเคมี)

กรดแก่(aq) $\longrightarrow$ $H^+(aq)$ + คู่เบสของกรดแก่ (มีประจุลบ)

ค่าคงที่การแตกตัวของกรด $K_a = \dfrac{[H^+][\text{คู่เบสของกรดแก่}]}{[\text{กรดแก่}]}$

โดย K_a ของกรดแก่มีค่าสูงมากจนวัดไม่ได้

จะได้ $C_{\text{กรดแก่}} = [\text{กรดแก่}] = [H_3O^+]$ .....หน่วยโมลาร์

กรดแก่ประกอบด้วย กรดไฮโดรเฮลิก (hydrohalic acids) ได้แก่ HCl HBr และ HI รวมทั้ง H_2SO_4 HNO_3 $HClO_3$ และ $HClO_4$ (HCl H_2SO_4 และ HNO_3 นิยมเรียกว่า กรดแร่ (mineral acid))

$HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$

กรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ)

$HBr(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Br^-(aq)$

กรดไฮโดรโบรมิก

$HI(aq) \longrightarrow H^+(aq) + I^-(aq)$

กรดไฮโดรไอโอดิก

$HNO_3(aq) \longrightarrow H^+(aq) + NO_3^-(aq)$

กรดไนตริก (กรดดินประสิว)

$HClO_3(aq) \longrightarrow H^+(aq) + ClO_3^-(aq)$

กรดคลอริก

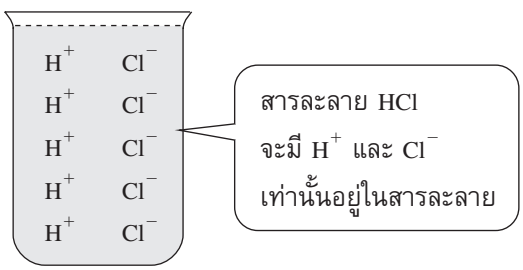
$HClO_4(aq) \longrightarrow H^+(aq) + ClO_4^-(aq)$

กรดเปอร์คลอริก

$H_2SO_4(aq) \longrightarrow H^+(aq) + HSO_4^-(aq)$

กรดซัลฟิวริก (กรดกำมะถัน)

ในสารละลายกรดแก่จะมีเฉพาะ H^+ และคู่เบสของกรดแก่เท่านั้น ไม่มีโมเลกุลของกรดแก่อยู่ในสารละลาย



- สารละลาย HCl 0.20 M มี $[H_3O^+] = [Cl^-] = 0.20$ M
- สารละลาย HNO_3 มี $[H^+] = 0.10$ M $[HNO_3] = C_{HNO_3} = [H^+] = 0.10$ M

● ผลึก $HClO_4$ 10.05 กรัม ทำเป็นสารละลาย 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร (มวลโมเลกุล $HClO_4$ = 100.5)

$$C_{HClO_4} = [HClO_4] = \left(\frac{10.05}{100.5}\right)\left(\frac{1000}{250}\right)$$

$$= 0.4\ M = [H_3O^+]$$

2. กรดอ่อน (weak acids) เป็นกรดที่แตกตัวให้ไอออนอิสระไม่สมบูรณ์ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (เกิดสมดุลเคมี)

กรดอ่อน $\rightleftharpoons$ H^+ + คู่เบสของกรดอ่อน

กรดอ่อนโดยทั่วๆ ไป มี $K_a < 1\times10^{-3}$

$$K_a = \frac{[H^+][\text{คู่เบสของกรดอ่อน}]}{[\text{กรดอ่อน}]}$$

ค่า K_a ของกรดอ่อน มีค่าวัดได้ $K_a = 10^{-x}$ x เป็นเลขจำนวนเต็ม

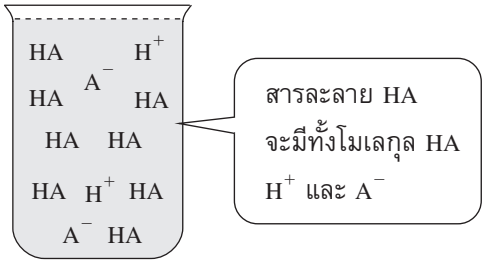
นอกเหนือจากกรดแก่ 7 ชนิด จะเป็นกรดอ่อน

ในสารละลายกรดอ่อนจะมีทั้ง H^+ คู่เบสของกรดอ่อน และโมเลกุลของกรดอ่อนอยู่ในสภาวะสมดุล

กรดอ่อนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. กรดอ่อนชนิดมอนอโปรติก (monoprotic acids) จัดเป็นกรดอ่อนที่แตกตัวให้โปรตอน 1 ตัว HA แทนกรดอ่อนชนิดมอนอโปรติก

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq) \quad K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$



C_0 ⟶ ความเข้มข้นเริ่มต้นของ HA หน่วยโมลาร์

$$\text{ร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน HA} = \frac{[H^+]\text{ ที่ได้จากการแตกตัว}}{C_0}\times100$$

ตัวอย่างการแตกตัวของกรดอ่อนชนิดมอนอโปรติกที่ 25 องศาเซลเซียส เช่น

$HF(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + F^-(aq)$; $K_a = 3.5\times10^{-4}$

กรดไฮโดรฟลูออริก

$HCOOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCOO^-(aq)$; $K_a = 1.8\times10^{-4}$

กรดฟอร์มิก

$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$; $K_a = 1.8\times10^{-5}$

กรดแอซีติก

$HCN(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CN^-(aq)$; $K_a = 4.9\times10^{-10}$

กรดไซยานิก

เน้น การคำนวณ $[H^+]$ หรือ $[H_3O^+]$ ของสารละลายกรดอ่อน HA

ให้ HA แตกตัวได้ a โมลาร์

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

I	$\longrightarrow$	C_0	0	0
C	$\longrightarrow$	$-a$	$+a$	$+a$
E	$\longrightarrow$	C_0-a	a	a

ต้องการหา $[H^+]$ ที่แตกตัวออกมาจากกรด HA แทน a ด้วย $[H^+]$

$C_0-[H^+]$ $[H^+]$ $[H^+]$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(a)(a)}{(C_0-a)} = \frac{[H^+]^2}{C_0-[H^+]}$$

ถ้ากรดอ่อน HA มีร้อยละการแตกตัวได้มากกว่า 5 คำนวณ $[H^+]$ จากสูตรรากกำลังสอง

$$[H^+]^2 + K_a[H^+] - C_0K_a = 0$$

ถ้ากรดอ่อน HA มีร้อยละการแตกตัวได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ถือว่า HA แตกตัวออกมาได้น้อยมาก

$$C_0-[H^+] = C_0$$

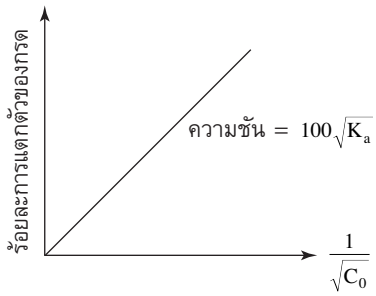
คำนวณ $[H^+]$ หรือ $[H_3O^+]$ จากสูตร “root” a “C_0K_a”

(beer) (Cola)

$$[H^+] = \sqrt{C_0K_a}$$

$$\%\text{การแตกตัวของ HA} = \frac{\sqrt{C_0K_a}}{C_0}\times100$$

$$= \sqrt{\frac{K_a}{C_0}}\times100$$



ตัวอย่างที่ 1 ก. สารละลายกรดแอซีติก (CH_3COOH) เข้มข้น 0.25 โมลาร์ (K_a ของ CH_3COOH เท่ากับ 1.8×10^{-5}) จงคำนวณ $[H^+]$ และร้อยละของการแตกตัวของกรด

ข. สารละลายกรดอ่อน HA เข้มข้น 0.350 โมลาร์ แตกตัวได้ร้อยละ 7.36 ค่าคงที่การแตกตัวของกรด HA (K_a) มีค่าเท่าไร

วิธีทำ ก.
$$[H^+] = \sqrt{C_0K_a}$$
$$= \sqrt{0.25(1.8\times10^{-5})} = 2.1\times10^{-3}\ M$$
$$\text{ร้อยละการแตกตัวของกรด HA} = \frac{[H^+]}{C_0}\times100$$
$$= \frac{2.1\times10^{-3}(100)}{0.25}$$
$$= 0.85$$ **ตอบ**

ข.
$$\text{ร้อยละการแตกตัวของ HA} = \frac{[H^+]}{C_0}\times100$$
$$[H^+] = \frac{7.36(0.35)}{100} = 0.026\ M$$
$$[H^+]^2+K_a[H^+]-C_0K_a = 0$$
$$K_a(C_0-[H^+] = [H^+]^2$$
$$K_a = \frac{(0.026)^2}{(0.35-0.026)}$$
$$K_a = 2.05\times10^{-3}$$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2 ก. K_a ของ CH_2ClCO_2H เท่ากับ 1.4×10^{-4} สารละลาย CH_2ClCO_2H เข้มข้น 0.0550 โมลาร์ แตกตัวได้ร้อยละเท่าไร

ข. กรดอ่อน HX เข้มข้น 1.6 โมลาร์ แตกตัวได้ร้อยละ 0.125 จะมี K_a ของ HX เท่าไร

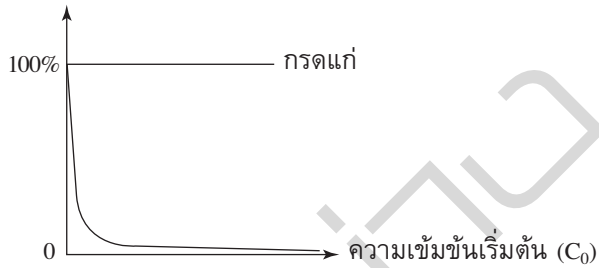
วิธีทำ ก. ร้อยละการแตกตัวของ CH_2ClCO_2H
$$= \sqrt{\frac{K_a}{C_0}}\times100$$
$$= \sqrt{\frac{1.4\times10^{-4}}{0.055}}\times100 = 5$$ **ตอบ**

ข. ร้อยละการแตกตัวของ HX $= \sqrt{\frac{K_a}{C_0}} \times 100$

$0.125 = \sqrt{\frac{K_a}{1.6}} \times 100$

$K_a = 2.5 \times 10^{-6}$ **ตอบ**

● กรดอ่อน HA ชนิดเดียวกัน (มี K_a เท่ากัน) แต่มีความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) ต่างกัน จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้น C_0 ยิ่งเจือจาง ร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน HA ยิ่งแตกตัวได้มาก ดังกราฟ



ไกลซีนมี K_a 1.7×10^{-10}	
ความเข้มข้นเริ่มต้น (M)	**ร้อยละการแตกตัว**
0.1000	0.4×10^{-2}
0.0100	1.3×10^{-2}
0.0010	4.1×10^{-2}

สารละลายกรดอ่อน HA 2 ความเข้มข้นคือ C_{0_1} และ C_{0_2} (ให้ $C_{0_1} > C_{0_2}$) ร้อยละการแตกตัวของ $C_{0_2} > C_{0_1}$

ร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน HA เข้มข้น $C_{0_1} = \sqrt{\frac{K_a}{C_{0_1}}} \times 100$

ร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน HA เข้มข้น $C_{0_2} = \sqrt{\frac{K_a}{C_{0_2}}} \times 100$

$$\frac{\text{ร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน HA เข้มข้น } C_{0_1}}{\text{ร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน HA เข้มข้น } C_{0_2}} = \sqrt{\frac{C_{0_2}}{C_{0_1}}}$$

ตัวอย่างที่ 3 สารละลายกรด HA เข้มข้น 0.1 โมลาร์ แตกตัวได้ร้อยละ 17 ถ้าสารละลายกรด HA แตกตัวได้ร้อยละ 12 จะมีความเข้มข้นกี่โมลาร์

วิธีทำ สารละลายกรด HA แตกตัวได้ร้อยละ 12 จะมีความเข้มข้นมากกว่า 0.1 M ให้มีความเข้มข้น = C_0

$$\frac{\text{ร้อยละการแตกตัว HA เข้มข้น } C_0}{\text{ร้อยละการแตกตัว HA เข้มข้น } 0.1\text{ M}} = \sqrt{\frac{0.1}{C_0}}$$

$$\frac{12}{17} = \sqrt{\frac{0.1}{C_0}}$$

$$C_0 = \frac{(0.1)}{(0.706)^2} = 0.201\text{ M}$$ **ตอบ**

2. กรดอ่อนชนิดไดโปรติก (diprotic acids) จัดเป็นกรดอ่อนที่แตกตัวให้ 2 โปรตอน โดยมีการแตกตัว 2 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนจะแตกตัวให้ 1 โปรตอน จึงมีค่าคงที่การแตกตัว 2 ค่า คือ K_{a_1} และ K_{a_2} โดย $K_{a_1} > K_{a_2}$

ให้ H_2A แทนกรดอ่อนไดโปรติก มีขั้นตอนการแตกตัวดังนี้

$$H_2A(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HA^-(aq) \;;\quad K_{a_1} = \frac{[H^+][HA^-]}{[H_2A]}$$

$$HA^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^{2-}(aq) \;;\quad K_{a_2} = \frac{[H^+][A^{2-}]}{[HA^-]}$$

$$H_2A(aq) \rightleftharpoons 2H^+(aq) + A^{2-}(aq) \;;\quad K_a = K_{a_1} \cdot K_{a_2}$$

โดยทั่วๆ ไปของกรดอ่อนชนิดไดโปรติก

- K_{a_1} มากกว่า K_{a_2}
- $[H_3O^+]$ หรือ $[H^+]$ ที่แตกตัวออกมา ถือว่าได้มาจากขั้นแรกของการแตกตัว
- ร้อยละการแตกตัวของ $H_2A \leqslant 5$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_{a_1}C_0} = [HA^-]$$

$$\text{ร้อยละการแตกตัวของ } H_2A = \frac{[H^+]}{C_0} \times 100$$

$$= \sqrt{\frac{K_{a_1}}{C_0}} \times 100$$

ให้ H_2A แตกตัว a โมลาร์

$$H_2A(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HA^-(aq)$$

ณ สมดุล $\quad C_0 - a \qquad a \qquad a$

$$K_{a_1} = \frac{(a)(a)}{C_0 - a} = \frac{a^2}{C_0 - a}$$

ตามข้อตกลง เมื่อร้อยละการแตกตัว $H_2A \leqslant 5$ $C_0 - a = C_0$

$$a = [H_3O^+] = [HA^-] = \sqrt{C_0K_{a_1}}$$

การแตกตัวขั้นที่ 2 ให้ HA^- แตกตัวไป y โมลาร์

$$HA^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^{2-}(aq)$$

ณ สมดุล $a-y$ $a+y$ y

$$K_{a_2} = \frac{(a+y)(y)}{(a-y)}$$

แต่ $K_{a_1} > K_{a_2}$ ถือว่า HA^- แตกตัวออกมาน้อยมาก จะได้ $(a+y) = a$ และ $(a-y) = a$

$$K_{a_2} = \frac{(a)(y)}{(a)} = y$$

$$y = [A^{2-}] = K_{a_2}$$

ตัวอย่างการแตกตัวของกรดอ่อนชนิดไดโปรติกที่ 25 องศาเซลเซียส เช่น

$H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$; $K_{a_1} = 4.4\times10^{-7}$

กรดคาร์บอนิก

$HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$; $K_{a_2} = 4.7\times10^{-11}$

$H_2S(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HS^-(aq)$; $K_{a_1} = 1.0\times10^{-7}$

กรดไฮโดรซัลฟิวริก

$HS^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + S^{2-}(aq)$; $K_{a_2} = 1.0\times10^{-19}$

$H_3PO_3(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + H_2PO_3^-(aq)$; $K_{a_1} = 3.7\times10^{-2}$

กรดฟอสฟอรัส

$H_2PO_3^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HPO_3^{2-}(aq)$; $K_{a_2} = 2.1\times10^{-7}$

$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+(aq) + HSO_3^-(aq)$; $K_{a_1} = 1.3\times10^{-2}$

กรดซัลฟิวรัส

$HSO_3^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + SO_3^{2-}(aq)$; $K_{a_2} = 6.2\times10^{-8}$

$H_2SO_4(aq) \longrightarrow H^+(aq) + HSO_4^-(aq)$; K_{a_1} สูงมากๆ

กรดซัลฟิวริก

$HSO_4^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$; $K_{a_2} = 1.1\times10^{-2}$

ตัวอย่างที่ 4 กรดอะดิปิกจัดเป็นกรดชนิดไดโปรติก ซึ่งเป็นกรด 50 ชนิดแรกที่มีการผลิตในปริมาณมากในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผลิตประมาณ 1 ล้านตันต่อปี เพื่อใช้ในการผลิตไนลอน มีการแตกตัวดังนี้

$$HOOC(CH_2)_4COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HOOC(CH_2)_4COO^-(aq) \; ; \; K_{a_1} = 3.9\times10^{-5}$$

$$HOOC(CH_2)_4COO^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + {}^-OOC(CH_2)_4COO^-(aq) \; ; \; K_{a_2} = 3.9\times10^{-6}$$

สารละลายอิ่มตัวของกรดอะดิปิกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จะมีความเข้มข้นของ $[HOOC(CH_2)_4COOH]$ $[H^+]$ $[HOOC(CH_2)_4COO^-]$ และ $[{}^-OOC(CH_2)_4COO^-]$ ในสารละลายและร้อยละการแตกตัวเท่าไร

วิธีทำ

$$[H^+] = [HOOC(CH_2)_4COO^-] = \sqrt{K_{a_1}C_0} = \sqrt{3.9\times10^{-5}(0.1)}$$

$$= 1.97\times10^{-3} \text{ M}$$

$$[{}^-OOC(CH_2)_4COO^-] = K_{a_2} = 3.9\times10^{-6} \text{ M}$$

$$[HOOC(CH_2)_4COOH]\text{เหลือ} = C_0 - [H^+]$$

$$= 0.1 - (1.97\times10^{-3}) \approx 0.1 \text{ M}$$

$$\text{ร้อยละการแตกตัวของกรดอะดิปิก} = \frac{1.97\times10^{-3}}{0.1}\times100 = 1.97$$

ตอบ

3. กรดอ่อนชนิดไตรโปรติก (triprotic acids) จัดเป็นกรดอ่อนที่แตกตัวให้ 3 โปรตอน โดยมีการแตกตัว 3 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนจะแตกตัวให้ 1 โปรตอน จึงมีค่าคงที่การแตกตัวของกรด 3 ค่า คือ K_{a_1} K_{a_2} และ K_{a_3} โดย $K_{a_1} > K_{a_2} >> K_{a_3}$

กรดอ่อนชนิดไตรโปรติกที่รู้จักกันคือ H_3PO_4 (กรดฟอสฟอริก) มีการแตกตัวดังนี้

$$H_3PO_4(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + H_2PO_4^-(aq) \; ; \; K_{a_1} = \frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]} = 7.1\times10^{-3}$$

$$H_2PO_4^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HPO_4^{2-}(aq) \; ; \; K_{a_2} = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = 6.3\times10^{-8}$$

$$HPO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + PO_4^{3-}(aq) \; ; \; K_{a_3} = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]} = 4.2\times10^{-13}$$

$$H_3PO_4(aq) \rightleftharpoons 3H^+(aq) + PO_4^{3-}(aq) \; ; \; K_a = K_{a_1}\cdot K_{a_2}\cdot K_{a_3} = 1.88\times10^{-22}$$

ในสารละลาย H_3PO_4 เข้มข้น C_0

$$[H^+] = [H_2PO_4^-] = \sqrt{C_0K_{a_1}}$$

$$[HPO_4^{2-}] = K_{a_2}$$

$$[PO_4^{3-}] = \frac{K_{a_2}K_{a_3}}{\sqrt{C_0K_{a_1}}}$$

$$[H_3PO_4]\text{เหลืออยู่ในสารละลาย} = C_0 - [H^+]$$

ตัวอย่างที่ 5 ก. สารละลาย H_3PO_4 3.0 โมลาร์ จะมีปริมาณ $[H^+]$ $[H_2PO_4^-]$ $[HPO_4^{2-}]$ และ $[PO_4^{3-}]$ เท่าไรในสารละลาย

ข. กรดออกซาลิก $(H_2C_2O_4)$ พบในใบของต้นไม้ จัดเป็นกรดไดโปรติก มีการแตกตัวดังนี้

$$H_2C_2O_4(aq) \rightleftharpoons HC_2O_4^-(aq) + H^+(aq) \quad ; \quad K_{a_1}$$

$$HC_2O_4^-(aq) \rightleftharpoons C_2O_4^{2-}(aq) + H^+(aq) \quad ; \quad K_{a_2}$$

ในสารละลาย $H_2C_2O_4$ เข้มข้น 1.05 โมลาร์ ให้ $[H^+]$ เท่ากับ 0.214 โมลาร์ และ $[C_2O_4^{2-}]$ เท่ากับ 5.3×10^{-5} โมลาร์ จงหาค่า K_{a_1} และ K_{a_2}

ค. สารละลาย H_2SO_4 0.5 โมลาร์ จะมีปริมาณ $[H^+]$ $[HSO_4^-]$ และ $[SO_4^{2-}]$ เท่าไรในสารละลาย

วิธีทำ ก.

$$[H^+] = [H_2PO_4^-] = \sqrt{C_0K_{a_1}}$$

$$= \sqrt{3\times(7.1\times10^{-3})} = 0.15 \text{ M}$$

$$[HPO_4^{2-}] = K_{a_2} = 6.3\times10^{-8} \text{ M}$$

$$HPO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + PO_4^{3-} \quad ; \quad K_{a_3}$$

$$K_{a_3} = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]}$$

$$4.2\times10^{-13} = \frac{(0.14)[PO_4^{3-}]}{6.3\times10^{-8}}$$

$$[PO_4^{3-}] = \frac{(4.2\times10^{-13})(6.3\times10^{-8})}{0.14} = 1.9\times10^{-19} \text{ M}$$ **ตอบ**

ข. โจทย์ให้ $[C_2O_4^{2-}] = 5.3\times10^{-5}$ M

จะได้ $K_{a_2} = [C_2O_4^{2-}] = 5.3\times10^{-5}$

โจทย์ให้ $C_0 = 1.05$ M, $[H^+] = 0.214$ M

$$[H^+] = \sqrt{C_0K_{a_1}}$$

$$K_{a_1} = \frac{(0.214)^2}{1.05}$$

$$= 4.36\times10^{-2}$$ **ตอบ**

ค.

$$H_2SO_4(aq) \longrightarrow H^+(aq) + HSO_4^-(aq)$$

$$[H^+] = [HSO_4^-] = C_0 = 0.50 \text{ M}$$

$$HSO_4^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \; ; \; K_{a_2} = 1.1\times10^{-2}$$

$$[SO_4^{2-}] = K_{a_2} = 1.1\times10^{-2} \text{ M}$$ **ตอบ**

CDed TO

เบส (bases) มีไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เป็นองค์ประกอบหลัก ($\ddot{O}-H$)

เบส มีสมบัติ ดังนี้

- ลื่น (slippery)
- มีรสขม (bitter taste)
- เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน หรือเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์
- เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ นำไฟฟ้าได้
- ทำปฏิกิริยาสะเทินกับกรด

เบสเป็นทั้งสารประกอบไอออนิกและโมเลกุลโคเวเลนต์

- ไฮดรอกไซด์ของโลหะจัดเป็นเบสประเภทสารประกอบไอออนิก เช่น NaOH $Ca(OH)_2$ จัดเป็นเบสแก่ (strong bases)
- สารเอมีน (amine) จัดเป็นเบสประเภทโมเลกุลโคเวเลนต์ (ไม่มี OH^- ในโมเลกุล) จัดเป็นเบสอ่อน (weak bases) สารเอมีนมีสูตรทั่วไปคือ NH_3 (แอมโมเนีย) $R-NH_2$ $R-\underset{\underset{R}{|}}{N}H$ และ $R-\underset{\underset{R}{|}}{N}-R$ (R คือ C_nH_{2n+1} ; n เป็นจำนวนอะตอมของคาร์บอน)

เบสตามนิยามอิเล็กโทรไลต์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เบสแก่และเบสอ่อน

1. เบสแก่ (strong bases) เป็นเบสที่แตกตัวให้ไอออนอิสระได้อย่างสมบูรณ์ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (ไม่เกิดสมดุลเคมี)

$$\text{เบสแก่ (aq)} \longrightarrow OH^-(aq) + \text{คู่กรดของเบสแก่ (มีประจุบวก)}$$

ค่าคงที่การแตกตัวของเบส $\quad K_b = \dfrac{[OH^-][\text{คู่กรดของเบสแก่}]}{[\text{เบสแก่}]}$

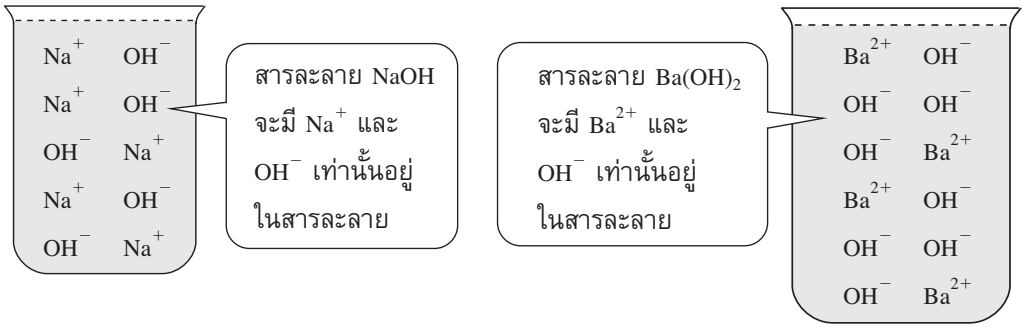
K_b ของเบสแก่สูงมากๆ จนวัดไม่ได้

$$[OH^-] = nC_{\text{เบสแก่}} \longrightarrow n \text{ เป็นจำนวนหมู่ไฮดรอกไซด์ในเบส}$$
$$[\text{คู่กรดของเบสแก่}] = C_{\text{เบสแก่}}$$

เบสแก่ ได้แก่ ไฮดรอกไซด์ของธาตุหมู่ IA และ IIA เช่น LiOH NaOH KOH RbOH CsOH $Mg(OH)_2$ $Ca(OH)_2$ $Ba(OH)_2$ $Sr(OH)_2$

$$NaOH(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$$
$$Mg(OH)_2(aq) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

● สารละลาย NaOH 0.1 M มี $[Na^+] = 0.1$ M $[OH^-] = 0.1$ M	● สารละลาย $Ba(OH)_2$ 0.1 M มี $[Ba^{2+}] = 0.1$ M $[OH^-] = 2(0.1) = 0.2$ M



2. เบสอ่อน (weak bases) เป็นเบสที่แตกตัวให้ไอออนอิสระไม่สมบูรณ์ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (เกิดสมดุลเคมี)

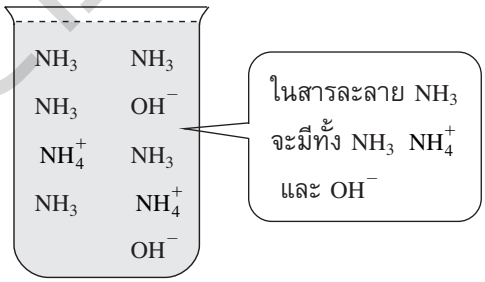
$$\text{เบสอ่อน} \rightleftharpoons OH^- + \text{คู่กรดของเบสอ่อน (มีประจุบวก)}$$

เบสอ่อนโดยทั่วไป มี $K_b < 1\times10^{-3}$

$$K_b = \frac{[OH^-][\text{คู่กรดของเบสอ่อน}]}{[\text{เบสอ่อน}]}$$

ค่า K_b ของเบสอ่อน มีค่าวัดได้ $K_b = 10^{-x}$ x เป็นเลขจำนวนเต็ม

เบสอ่อนจะรวมกับน้ำได้โมเลกุลที่มีไฮดรอกไซด์ จากนั้นจึงแตกตัวให้ OH^- และคู่กรดของเบสอ่อน เช่น NH_3 รวมกับ H_2O ได้ NH_4OH



$$NH_3(aq) + H_2O \longrightarrow NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = 1.8\times10^{-5}$$

$$CH_3NH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3NH_3OH \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$$

methylamine

$$K_b = \frac{[CH_3NH_3^+][OH^-]}{[CH_3NH_2]} = 4.2\times10^{-4}$$

การคำนวณหาปริมาณ $[OH^-]$ ในสารละลายเบสอ่อน จะเหมือนกับการหาปริมาณ $[H^+]$ ในสารละลายกรดอ่อนชนิดมอนอโปรติก

ร้อยละการแตกตัวของเบสอ่อน ≤ 5

$$[OH^-] = [\text{คู่กรดของเบสอ่อน}] = \sqrt{C_0K_b}$$

$$\text{ร้อยละการแตกตัวของเบสอ่อน} = \frac{[OH^-]}{C_0}\times 100 = \sqrt{\frac{K_b}{C_0}}\times 100$$

เบสอ่อนชนิดเดียวกัน

$$\frac{\text{ร้อยละการแตกตัวของเบสอ่อนที่ความเข้มข้น } C_{0_1}}{\text{ร้อยละการแตกตัวของเบสอ่อนที่ความเข้มข้น } C_{0_2}} = \sqrt{\frac{C_{0_2}}{C_{0_1}}}$$

ความเข้มข้น $C_{0_1} > C_{0_2}$

ตัวอย่างที่ 6 ก. BOH เป็นเบสอ่อนเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ให้ $[OH^-]$ เท่ากับ 10^{-5} โมลาร์ เบสอ่อน XOH มีค่า K_b เป็น 10 เท่าของ K_b ของเบสอ่อน BOH สารละลาย XOH เข้มข้น 0.01 โมลาร์ จะมี $[OH^-]$ กี่โมลาร์

ข. ที่ 25 องศาเซลเซียส สารละลาย NH_3 เข้มข้น 0.01 โมลาร์ แตกตัวได้ร้อยละ 4.1 จงคำนวณหา $[OH^-]$ $[NH_4^+]$ และ $[NH_3]$ ในสารละลาย และค่า K_b ของ $NH_3(aq)$

ค. เบสอ่อนชนิดหนึ่งมีค่าคงที่การแตกตัวเท่ากับ 2.5×10^{-6} สารละลายเบสอ่อนนี้เข้มข้นกี่โมลาร์ จึงจะทำให้มี $[OH^-]$ เท่ากับ 2×10^{-3} โมลาร์

วิธีทำ ก. หา K_b ของ BOH

$$[OH^-] = \sqrt{C_0K_b}$$

$$K_b = \frac{(10^{-5})^2}{0.1} = 1\times10^{-9}$$

$$K_b \text{ ของ XOH} = 10(1\times10^{-9}) = 10^{-8}$$

$$[OH^-] \text{ ของ XOH} = \sqrt{C_0K_b}$$

$$= \sqrt{10^{-8}(0.01)} = 1\times10^{-5}\ M$$ **ตอบ**

ข. ร้อยละการแตกตัวของ NH_3 $= \frac{[OH^-]}{C_0}\times 100$

$$[OH^-] = [NH_4^+] = \frac{4.1(0.01)}{100} = 0.00041\ M$$

$$[NH_3] \text{ เหลือ} = C_0 - [OH^-]$$

$$= 0.01 - 0.00041 = 0.0096\ M$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$= \frac{(0.00041)(0.00041)}{0.0096}$$

$$K_b = 1.8\times10^{-5}$$ **ตอบ**

ค. $[OH^-] = \sqrt{C_0K_b}$

$2\times10^{-3} = \sqrt{(2.5\times10^{-6})(C_0)}$

$C_0 = \frac{(2\times10^{-3})^2}{2.5\times10^{-6}} = 1.6\ M$ **ตอบ**

ทฤษฎีกรด-เบส

ทฤษฎีกรด-เบส (acid–base theories) ในที่นี้จะกล่าวถึง 3 ทฤษฎี ดังนี้

ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส

Arrhenius Theory
Svante Arrenhius
(1857–1927)

กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วให้ H^+ เช่น

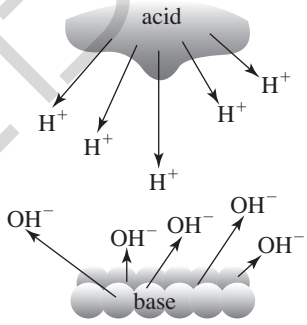
$$HCl(g) \xrightarrow{H_2O} H^+(aq) + Cl^-(g)$$

เบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วให้ OH^- เช่น

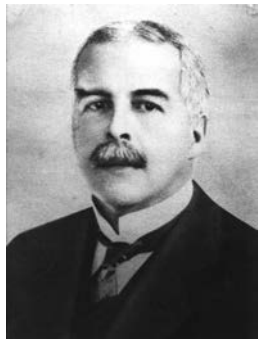
$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} OH^-(aq) + Na^+(aq)$$

ปฏิกิริยาสะเทิน

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(\ell)$$



ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส



Lewis Theory
Gilbert Lewis
(1875–1946)

กรด คือ สารที่รับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

เบส คือ สารที่ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

กรด + เบส ⟶ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า adduct

$F_3B + :NH_3 \longrightarrow F_3B : NH_3$

กรด เบส adduct

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

กรด คือ สารที่ให้ H^+ กับสารอื่น (proton donor)

เบส คือ สารที่รับ H^+ จากสารอื่น (proton acceptor)

กรดตามทฤษฎีนี้อาจเป็นกลุ่มไอออนประจุบวก (เช่น NH_4^+) กลุ่มไอออนประจุลบ (เช่น HCO_3^- HS^- HSO_3^-) หรือโมเลกุลกรด (เช่น HCl CH_3COOH HF H_3PO_4)

เบสตามทฤษฎีนี้อาจเป็นกลุ่มไอออนลบ (เช่น S^{2-} Cl^- CN^- HS^-) หรือโมเลกุลเบส (เช่น NH_3 CH_3NH_2 N_2H_4 (hydrazine))

Bronsted/Lowry Theory
Johannes Bronsted
(1879-1947)

Thomas Lowry
(1874-1936)

- กรดเมื่อให้โปรตอนออกไปแล้ว ส่วนที่เหลือจะเรียกว่า คู่เบสของกรด เช่น

กรด	คู่เบสของกรด
CH_3COOH	CH_3COO^-
HCl	Cl^-
H_3PO_4	$H_2PO_4^-$
$H_2PO_4^-$	HPO_4^{2-}
HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}

- เบสเมื่อรับโปรตอนเข้ามาจะได้ส่วนที่เรียกว่า คู่กรดของเบส

$$NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$$

เบส คู่กรดของ NH_3

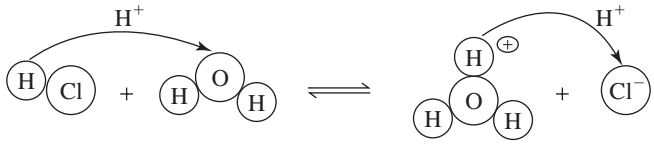
ปฏิกิริยากรด-เบส ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี จะเป็นกระบวนการถ่ายโอนโปรตอนจากซ้ายไปขวา และจากขวามาซ้ายของปฏิกิริยา ทำให้ได้คู่กรด-เบส (conjugate acid-base) 2 คู่ ดังนี้

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$

กรด$_1$ เบส$_2$ คู่กรด$_2$ คู่เบส$_1$

คู่กรด−เบส

คู่กรด−เบส



$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons OH^- + NH_4^+$$

เบส$_2$ กรด$_1$ คู่เบส$_1$ คู่กรด$_2$

คู่กรด-เบส

คู่กรด-เบส

จากตัวอย่างข้างต้น น้ำบางทีทำหน้าที่เป็นกรดและบางทีทำหน้าที่เป็นเบสคล้ายกับสัตว์บางชนิดที่อาศัยได้ทั้งบนบกและในน้ำ เรียกสัตว์ประเภทนี้ว่า สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (amphibians) ดังนั้น สารหรือกลุ่มไอออนที่ทำหน้าที่ได้ทั้งกรดและเบสจะถูกเรียกว่า amphiprotic

$$HCO_3^- + HSO_4^- \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_2CO_3$$

เบส กรด

$$HCO_3^- + HSO_4^- \rightleftharpoons H_2SO_4 + CO_3^{2-}$$

กรด เบส

$$H_2PO_4^- + HS^- \rightleftharpoons H_2S + HPO_4^{2-}$$

กรด เบส

$$H_2PO_4^- + HS^- \rightleftharpoons S^{2-} + H_3PO_4$$

เบส กรด

สรุปปฏิกิริยากรด-เบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

$$AH + B \rightleftharpoons BH^+ + A^-$$

AH ทำหน้าที่เป็นกรดโดยการให้โปรตอนกับ B ซึ่งทำหน้าที่เป็นเบส (โดยรับโปรตอน) ในทำนองเดียวกันเมื่อคิดย้อนกลับ BH^+ ทำหน้าที่เป็นกรดโดยให้โปรตอนกับ A^- ซึ่งทำหน้าที่เป็นเบส

A^- จึงเป็นคู่เบสของกรด AH

BH^+ จึงเป็นคู่กรดของเบส A

ตัวอย่างที่ 7 สารตั้งต้นใดเป็นกรดและเบส

ก. $H_2S + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 + HS^-$

ข. $HS^- + HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_2S$

ค. $HCOOH + HSO_3^- \rightleftharpoons H_2SO_3 + HCOO^-$

ง. $S^{2-} + H_2PO_4^- \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + HS^-$

จ. $H_2SO_3 + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 + HSO_3^-$

ฉ. $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_3$

ช. $NO_2^- + HIO_3 \rightleftharpoons IO_3^- + HNO_2$

ซ. $H_3BO_3 + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + H_2BO_3^-$

ตอบ

	สารตั้งต้น	
	กรด	**เบส**
ก.	H_2S	HCO_3^-
ข.	HCO_3^-	HS^-
ค.	$HCOOH$	HSO_3^-
ง.	$H_2PO_4^-$	S^{2-}
จ.	H_2SO_3	HCO_3^-
ฉ.	NH_4^+	H_2O
ช.	HIO_3	NO_2^-
ซ.	H_3BO_3	NH_3

ตัวอย่าง

การหาคู่กรด (conjugate acid) ของ something

something → เพิ่ม H 1 ตัว → เพิ่มประจุ +1 → คู่กรด

เช่น หาคู่กรดของ HSO_4^-

HSO_4^- → เพิ่ม H 1 ตัว → เพิ่มประจุ +1 → H_2SO_4

ตัวอย่างที่ 8 จงหาคู่กรดของ CH_3COO^- SO_4^{2-} H_2O O^{2-} OH^- HPO_4^{2-} $H_2PO_4^-$ และ NH_3

ตอบ CH_3COOH HSO_4^- H_3O^+ OH^- H_2O $H_2PO_4^-$ H_3PO_4 และ NH_4^+

การหาคู่เบส (conjugate base) ของ something

something → ลด H 1 ตัว → เพิ่มประจุ −1 → คู่เบส

เช่น หาคู่เบสของ $H_2PO_4^-$

$H_2PO_4^-$ → ลด H 1 ตัว → เพิ่มประจุ −1 → HPO_4^{2-}

ตัวอย่างที่ 9 จงหาคู่เบสของ HNO_3 $H_2C_2O_4$ H_2SO_3 HNO_2 $HClO_3$ H_2O OH^- และ NH_4^+

ตอบ NO_3^- $HC_2O_4^-$ HSO_3^- NO_2^- ClO_3^- OH^- O^{2-} และ NH_3

สารหรือไอออนที่เป็น amphiprotic ที่คุ้นเคย เช่น H_2O NH_3 HS^- HSO_3^- HCO_3^- $HC_2O_4^-$ $H_2PO_4^-$ $H_2BO_3^-$ HSO_4^- $H_2AsO_3^-$ $HS_2O_7^-$ (มาจากกรดโอเลียม ; $H_2S_2O_7$) HPO_4^{2-} HBO_3^{2-} $HAsO_3^-$ HSe^- HTe^- HO_2^- (จาก H_2O_2)

ข้อสังเกต amphiprotic ส่วนมากเป็นอนุมูลลบที่มีไฮโดรเจน

สรุปทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

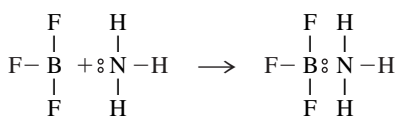
กรดลิวอิส (Lewis acids; LA) เป็นสารที่รับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ได้แก่ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนไม่ครบ 8 อิเล็กตรอน เช่น BF_3 BCl_3 BI_3 BeF_2 $BeCl_2$ และโลหะไอออน เช่น Cu^{2+} Ni^{2+} Zn^{2+}

เบสลิวอิส (Lewis bases; LB) เป็นสารที่ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ได้แก่ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่อะตอมมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว เช่น H_2O NH_3 CO และไอออนประจุลบ เช่น Cl^- Br^-

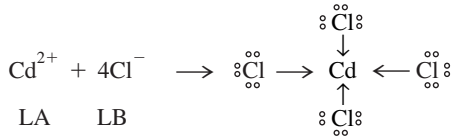
ปฏิกิริยาระหว่าง LA กับ LB จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า adduct

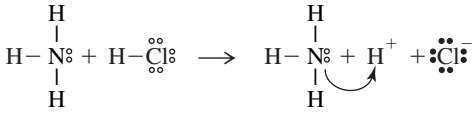
$$LA + LB \longrightarrow adduct$$

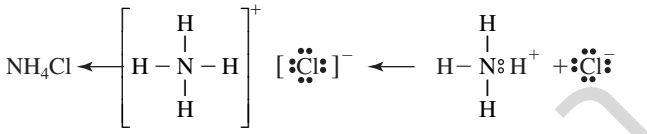
adduct มาจากภาษาละตินว่า adductus แปลว่า การเติมหรือการรวม (addition) ดังนั้น ปฏิกิริยาระหว่าง LA กับ LB จัดเป็นปฏิกิริยาการเติม (addition reaction)

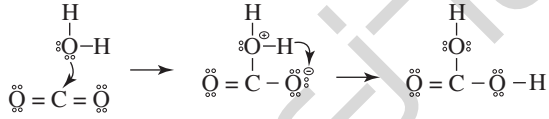


LA LB adduct







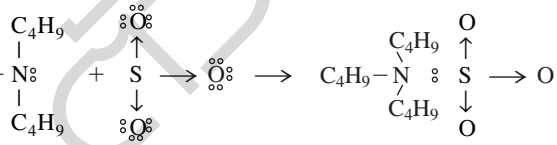


ตัวอย่างที่ 10 จงเขียนปฏิกิริยากรด–เบสของปฏิกิริยาต่อไปนี้ตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

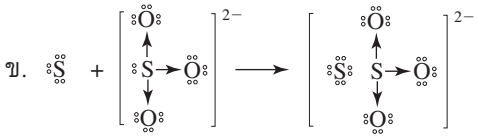
ก. $(C_4H_9)_3N + SO_3 \longrightarrow$

ข. $S + SO_3^{2-} \longrightarrow$

วิธีทำ ก.



ข.



ตัวอย่างที่ 11 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

11.1

I	PO_4^{3-}
II	HPO_4^{2-}
III	$H_2PO_4^-$
IV	H_3PO_4

amphiprotic อธิบายได้ตามข้อใด

1. I เท่านั้น
2. II และ III
3. I II และ III
4. II III และ IV

ตอบข้อ 2

11.2 คู่กรดของ $HAsO_4^{2-}$ คือข้อใด

1. H_3O^+
2. AsO_4^{3-}
3. H_3AsO_4
4. $H_2AsO_4^-$

ตอบข้อ 3

11.3 จากปฏิกิริยา $HSO_3^- + H_2PO_4^- \rightleftharpoons SO_3^{2-} + H_3PO_4$

สารหรือไอออนใดเป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

1. HSO_3^- และ SO_3^{2-}
2. $H_2PO_4^-$ และ SO_3^{2-}
3. HSO_3^- และ H_3PO_4
4. $H_2PO_4^-$ และ H_3PO_4

ตอบข้อ 2

11.4

I	HCO_3^-
II	$H_2PO_4^-$
III	CH_3COO^-

ไอออนใดจัดเป็น amphiprotic

1. I และ II
2. I และ III
3. II และ III
4. I II และ III

ตอบข้อ 1

11.5 น้ำทำหน้าที่เป็นกรดเมื่อทำปฏิกิริยากับไอออนหรือสารใด

I	CN^-
II	NH_3
III	$HClO_4$
IV	CH_3COO^-

1. I และ IV
2. II และ III
3. I II และ IV
4. II III และ IV

ตอบข้อ 3

11.6 คู่กรดของ HPO_4^{2-} และคู่เบสของ HPO_4^{2-} เป็นไปตามข้อใด

	คู่กรด	คู่เบส
1.	PO_4^{3-}	$H_2PO_4^-$
2.	$H_2PO_4^-$	PO_4^{3-}
3.	$H_2PO_4^-$	H_3PO_4
4.	H_3PO_4	PO_4^{3-}

ตอบข้อ 2

ตัวอย่างที่ 12 จะใช้ทฤษฎีกรด-เบสใดมาอธิบายปฏิกิริยาต่อไปนี้

ก. $HI + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + I^-$

ข. $HI + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + I^-$

ค. $I_2 + NH_3 \longrightarrow NH_3I^+ + I^-$

ง. $I_2 + Cl \longrightarrow ICl + I$

จ. $:X^{-1} + Y^+ \longrightarrow Y:X$

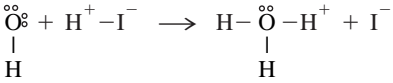
ฉ. $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$

ตอบ ก. อธิบายได้ทั้ง 3 ทฤษฎี

ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส : มี H_2O

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด–ลาวรี : HI ให้ H^+ กับ H_2O และ H_3O^+ ให้ H^+ กับ I^-

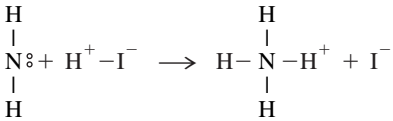
ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส :



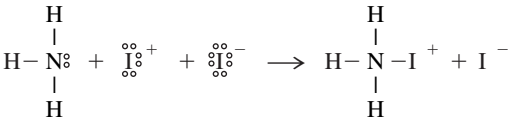
ข. อธิบายได้ทั้งทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด–ลาวรี และทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี : HI ให้ H^+ กับ NH_3 และ NH_4^+ ให้ H^+ กับ I^-

ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส :



ค. อธิบายได้เฉพาะทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส



ง. ไม่สามารถอธิบายได้ทั้ง 3 ทฤษฎีกรด-เบส

จ. อธิบายได้เฉพาะทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส

ฉ. ไม่สามารถอธิบายได้ทั้ง 3 ทฤษฎีกรด-เบส

ค่าคงที่การแตกตัวของกรดและของเบส

ค่าคงที่การแตกตัวของกรด (K_a) แต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยเทียบกับน้ำ (ตัวรับโปรตอน)

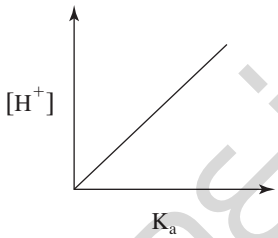
$$HA(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

อาจจะละ H_2O ก็ได้

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$



K_a มาก $[H^+]$ มาก

K_a น้อย $[H^+]$ น้อย

ค่าคงที่การแตกตัวของเบส (K_b) แต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยเทียบกับน้ำ (ตัวให้โปรตอน)

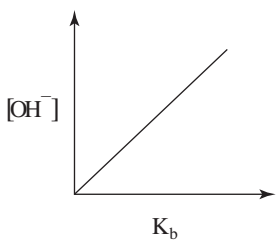
$$B(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons BH^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

ในกรณีเบส BOH เขียนการแตกตัวของเบสโดยละ H_2O ไว้ก็ได้

$$BOH(aq) \rightleftharpoons B^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$$



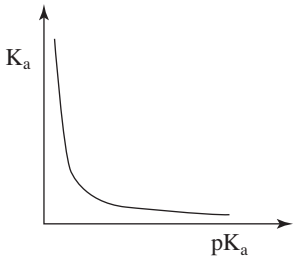
K_b มาก $[OH^-]$ มาก

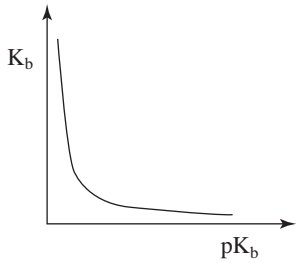
K_b น้อย $[OH^-]$ น้อย

ค่า K_a และ K_b จะมีค่าประมาณ 10^{-x} (x เป็นเลขใดๆ) อาจทำให้อยู่ในรูปตัวเลข x โดยการนำ −log เข้ามาช่วย โดยกำหนดให้

$$pK_a = -\log K_a = -\log 10^{-x} = x$$

$$pK_b = -\log K_b = -\log 10^{-x} = x$$





ตารางแสดงค่าคงที่การแตกตัวของกรด (K_a) และค่า pK_a ที่ 25 องศาเซลเซียส

กรด	HA	A^-	K_a	pK_a
ไฮโดรไอโอดิก	HI	I^-	$\sim 10^{10}$	~ -10
ไฮโดรโบรมิก	HBr	Br^-	$\sim 10^{10}$	~ -10
เปอร์คลอริก	$HClO_4$	ClO_4^-	$\sim 10^{8}$	~ -8
ไฮโดรคลอริก	HCl	Cl^-	$\sim 10^{8}$	~ -8
ซัลฟิวริก	H_2SO_4	HSO_4^-	$\sim 10^{8}$	~ -8
ไนตริก	HNO_3	NO_3^-	$\sim 10^{8}$	~ -8
ไตรคลอโรแอซีติก	Cl_3COOH	Cl_3COO^-	2×10^{-2}	0.7
ออกซาลิก	HOOCCOOH	$HOOCCOO^-$	5.9×10^{-2}	1.2
ซัลฟิวรัส	H_2SO_3	SO_3^{2-}	1.5×10^{-2}	1.8
ซัลฟิวริก (2nd H^+)	HSO_4^-	SO_4^{2-}	1.2×10^{-2}	1.9
ฟอสฟอริก	H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	7.5×10^{-3}	2.1
ไนตรัส	HNO_2	NO_2^-	4.6×10^{-4}	3.3
ไฮโดรฟลูออริก	HF	F^-	3.5×10^{-4}	3.5
ฟอร์มิก	HCOOH	$HCOO^-$	1.8×10^{-4}	3.8
เบนโซอิก	C_6H_5COOH	$C_6H_5COO^-$	6.5×10^{-5}	4.2
ออกซาลิก (2nd H^+)	$HOOCCH_2COO^-$	$^-OOCCH_2COO^-$	6.4×10^{-5}	4.2
แอซีติก	CH_3COOH	CH_3COO^-	1.7×10^{-5}	4.7
คาร์บอนิก	H_2CO_3	HCO_3^-	4.3×10^{-7}	6.4
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	H_2S	HS^-	9.1×10^{-8}	7.1
ฟอสฟอริก (2nd)	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{2-}	6.2×10^{-8}	7.2
แอมโมเนียมไอออน	NH_4^+	NH_3	5.6×10^{-10}	9.2
ไฮโดรไซยานิก	HCN	CN^-	4.9×10^{-10}	9.3

ตารางแสดงค่าคงที่การแตกตัวของเบส (K_b) และ pK_b ที่ 25 องศาเซลเซียส

เบส	สูตรเคมี	K_b	pK_b
แอมโมเนีย	NH_3	1.8×10^{-5}	4.74
แอนิลีน	$C_6H_5NH_2$	4.3×10^{-10}	9.37
ไดเมทิลลามีน	$(CH_3)_2NH$	5.4×10^{-4}	3.27
เอทิลลามีน	$C_2H_5NH_2$	6.4×10^{-4}	3.19
ไฮดราซีน	H_2NNH_2	1.3×10^{-6}	5.89
ไฮดรอกซีลามีน	$HONH_2$	1.1×10^{-8}	7.96
เมทิลลามีน	CH_3NH_2	4.4×10^{-4}	3.36
ไพริดีน	C_5H_5N	1.7×10^{-9}	8.87
ไตรเมทิลลามีน	$(CH_3)_3N$	6.4×10^{-5}	4.19

ความแรงกรด (acid strength) คือ การแตกตัวให้ H^+ ของกรด ถ้าสารละลายกรดมีความเข้มข้นเท่ากัน ความแรงกรดจะแปรตามค่า K_a

$$\text{ความแรงกรด} \propto [H^+] \propto K_a \propto \frac{1}{pK_a}$$

ความแรงเบส (base strength) คือ การแตกตัวให้ OH^- ของเบส ถ้าสารละลายเบสมีความเข้มข้นเท่ากัน ความแรงเบสจะแปรตามค่า K_b

$$\text{ความแรงเบส} \propto [OH^-] \propto K_b \propto \frac{1}{pK_b}$$

กรดมี K_a คู่เบสของกรดมี K_b

- กรดที่มีความแรงกรดสูง (K_a มาก) คู่เบสของกรดจะมีความแรงน้อย (K_b น้อย)
- กรดที่มีความแรงกรดน้อย (K_a น้อย) คู่เบสของกรดจะมีความแรงมาก (K_b มาก)

เบสมี K_b คู่กรดของเบสมี K_a

- เบสที่มีความแรงเบสสูง (K_b มาก) คู่กรดของเบสจะมีความแรงน้อย (K_a น้อย)
- เบสที่มีความแรงเบสน้อย (K_b น้อย) คู่กรดของเบสจะมีความแรงมาก (K_a มาก)

ที่ 25 องศาเซลเซียส $K_a \cdot K_b = 1\times10^{-14}$ (ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์ (K_w) ที่ 25 องศาเซลเซียส)

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1\times10^{-14}$$

ตัวอย่างที่ 13 ใช้ปฏิกิริยากรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี หาค่าต่อไปนี้

ก. K_b ของ CH_3COO^-

ข. K_b ของ PO_4^{3-}

ค. K_a ของ $C_5H_5NH^+$

ง. K_a ของ $NH_2NH_3^+$

วิธีทำ ก. $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + CH_3COOH$

$$K_b = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

$$= \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]} \cdot \frac{[H^+]}{[H^+]}$$

$$= \left(\frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-][H^+]}\right) \cdot \left([OH^-][H^+]\right)$$

$\frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-][H^+]} = \frac{1}{K_a}$, $[OH^-][H^+] = K_w$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1\times10^{-14}}{1.8\times10^{-5}} = 5.56\times10^{-10}$$ ตอบ

ข. $PO_4^{3-} + H_2O \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + OH^-$

$$K_b = \frac{[HPO_4^{2-}][OH^-]}{[PO_4^{3-}]} \cdot \frac{[H^+]}{[H^+]}$$

$$= \left(\frac{[HPO_4^{2-}]}{[PO_4^{3-}][H^+]}\right) \cdot \left([OH^-][H^+]\right)$$

$\frac{[HPO_4^{2-}]}{[PO_4^{3-}][H^+]} = \frac{1}{K_{a_3}}$, $[OH^-][H^+] = K_w$

$$= \frac{K_w}{K_{a_3}} = \frac{1\times10^{-14}}{4.2\times10^{-13}} = 0.024$$ ตอบ

ค. $C_5H_5NH^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_5H_5N$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][C_5H_5N]}{[C_5H_5NH^+]} \cdot \frac{[OH^-]}{[OH^-]}$$

$$= \left(\frac{[C_5H_5N]}{[C_2H_5NH^+][OH^-]}\right) \cdot \left([H_3O^+][OH^-]\right)$$

$\frac{[C_5H_5N]}{[C_2H_5NH^+][OH^-]} = \frac{1}{K_b}$, $[H_3O^+][OH^-] = K_w$

$$= \frac{K_w}{K_b} = \frac{1\times10^{-14}}{1.7\times10^{-9}} = 5.9\times10^{-6}$$ ตอบ

ง. $NH_2NH_3^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_2NH_2$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][NH_2NH_2]}{[NH_2NH_3^+]} \cdot \frac{[OH^-]}{[OH^-]}$$

$$= \left(\frac{[NH_2NH_2]}{[NH_2NH_3^+][OH^-]}\right) \cdot \left([H_3O^+][OH^-]\right)$$

$\frac{[NH_2NH_2]}{[NH_2NH_3^+][OH^-]} = \frac{1}{K_b}$, $[H_3O^+][OH^-] = K_w$

$$= \frac{K_w}{K_b} = \frac{1\times10^{-14}}{1.3\times10^{-6}} = 7.7\times10^{-9}$$

ตอบ

ความแรงกรด (K_a) : $CH_3COOH > C_5H_5NH^+ > NH_2NH_3^+ > HPO_4^{2-}$

ความแรงคู่เบสของกรด (K_b) : $PO_4^{3-} > NH_2NH_2 > C_5H_5N > CH_3COO^-$

ปฏิกิริยากรด-เบสตามทฤษฎีของเบรินสเตด-ลาวรี

$$HA + B \rightleftharpoons HB^+ + A^- \; ; K$$

● ถ้า $K > 1$ ปฏิกิริยาจะดำเนินจากซ้ายไปขวามากกว่า ความแรงกรด $HA > HB^+$ และความแรงเบส $B > A^-$

● ถ้า $K < 1$ ปฏิกิริยาจะดำเนินจากขวาไปซ้ายมากกว่า ความแรงกรด $HB^+ > HA$ และความแรงเบส $A^- > B$

ตัวอย่างที่ 14 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

14.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K_a และ K_b ของคู่กรด–เบสเป็นไปตามข้อใด

1. $K_a \cdot K_b = 14$
2. $K_a + K_b = 14$
3. $K_a \cdot K_b = K_w$
4. $\frac{K_a}{K_b} = K_w$

ตอบข้อ 3

14.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น $HPO_4^{2-} + H_2SO_3 \rightleftharpoons HSO_3^- + H_2PO_4^-$ ไอออนหรือสารใดมีความแรงกรดและความแรงเบสมาก

	ความแรงกรด	ความแรงเบส
1.	$H_2PO_4^-$	HSO_3^-
2.	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{2-}
3.	H_2SO_3	HSO_3^-
4.	H_2SO_3	HPO_4^{2-}

ตอบข้อ 4

เหตุผล ปฏิกิริยาดำเนินจากซ้ายไปขวา

ความแรงกรด : $H_2SO_3 > H_2PO_4^-$

ความแรงเบส : $HPO_4^- > HSO_3^-$

14.3 ค่า K_b ของ HTe^- เท่ากับ 4.8×10^{-7} ค่า K_a ของ H_2Te มีค่าเท่าไร

1. 4.8×10^{-21}
2. 2.3×10^{-13}
3. 2.1×10^{-8}
4. 4.8×10^{-7}

ตอบข้อ 3

เหตุผล $K_a \cdot K_b = 1\times10^{-14}$

$$K_a \text{ ของ } H_2Te = \frac{1\times10^{-14}}{4.8\times10^{-7}} = 2.1\times10^{-8}$$

14.4 กำหนด K_{a_1} K_{a_2} และ K_{a_3} ของ H_3PO_4 เป็น 7.1×10^{-3} 6.3×10^{-8} และ 4.2×10^{-13} ตามลำดับ ค่า K_b ของ HPO_4^{2-} มีค่าเท่าไร

1. 2.2×10^{-13}
2. 6.2×10^{-8}
3. 1.6×10^{-7}
4. 7.5×10^{-3}

ตอบข้อ 3

เหตุผล $HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + OH^-$

$$K_{a_2}\cdot K_b = 1\times10^{-14}$$

$$K_b = \frac{1\times10^{-14}}{K_{a_2}} = \frac{1\times10^{-14}}{6.3\times10^{-8}} = 1.6\times10^{-7}$$

14.5 K_a ของ $H_2AsO_4^-$ เท่ากับ 5.6×10^{-8} ค่า K_b ของ $HAsO_4^{2-}$ มีค่าเท่าไร

1. 5.6×10^{-22}
2. 3.2×10^{-14}
3. 1.8×10^{-7}
4. 2.4×10^{-4}

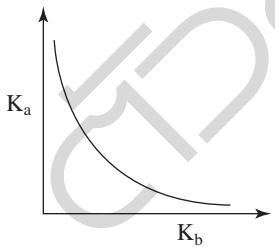
ตอบข้อ 3

เหตุผล $K_a\cdot K_b = 1\times10^{-14}$

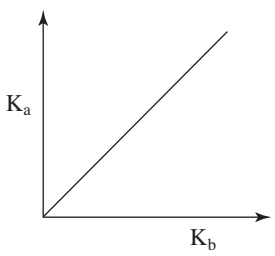
$$K_b = \frac{1\times10^{-14}}{5.6\times10^{-8}} = 1.8\times10^{-7}$$

14.6 กราฟใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_a และ K_b ของคู่กรด-เบส

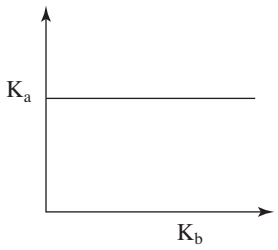
1.



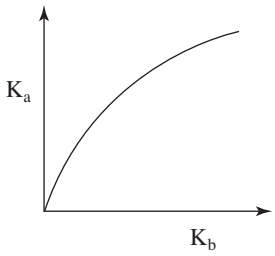
2.



3.



4.



ตอบข้อ 1

เหตุผล $K_a = \frac{K_w}{K_b}$

K_a เพิ่ม K_b ลด

K_a ลด K_b เพิ่ม

14.7 ค่าใดมีค่ามาก

1. pK_a ของกรดแก่ หรือ pK_a ของกรดอ่อน
2. K_a ของกรดแก่ หรือ K_a ของกรดอ่อน

ตอบ ข้อ 1 pK_a กรดอ่อนมีค่าตัวเลขมากกว่า pK_a กรดแก่

ข้อ 2 K_a กรดแก่มีค่าตัวเลขมากกว่า K_a กรดอ่อน

14.8 ในแต่ละคู่ของกรด กรดใดมีความแรงกรดมาก

1. กรดไพรูวิก ($pK_a = 2.49$) หรือกรดแลกติก ($pK_a = 3.08$)
2. กรดซิตริก ($pK_a = 3.08$) หรือกรดฟอสฟอริก ($pK_a = 2.10$)
3. กรดเบนโซอิก ($K_a = 6.5\times10^{-5}$) หรือกรดแลกติก ($K_a = 8.4\times10^{-4}$)
4. กรดคาร์บอนิก ($K_a = 4.3\times10^{-7}$) หรือกรดบอริก ($K_a = 7.3\times10^{-10}$)

ตอบ จากข้อ 14.7

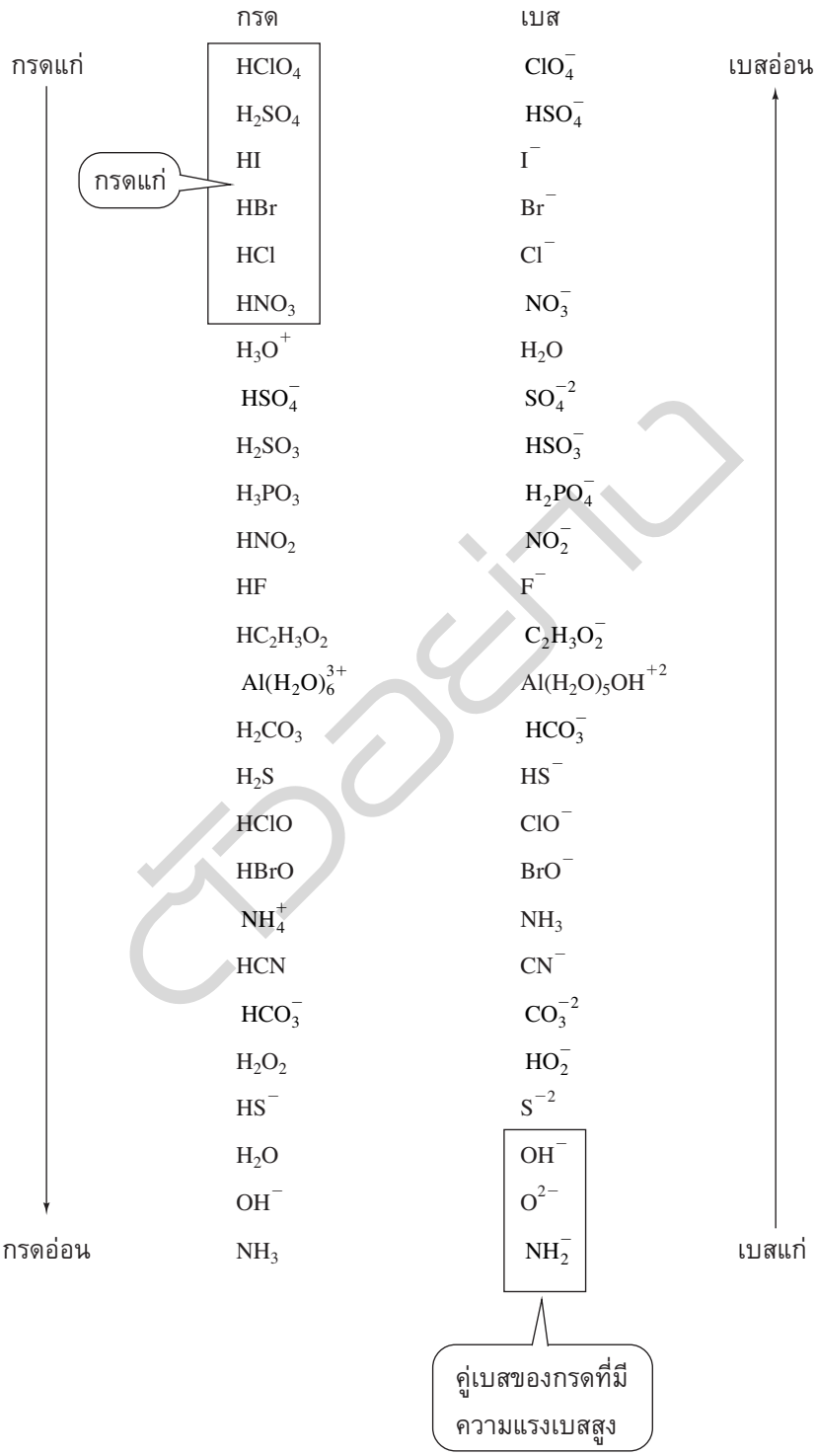
ข้อ 1 ความแรงกรด : กรดไพรูวิก > กรดแลกติก

ข้อ 2 ความแรงกรด : กรดฟอสฟอริก > กรดซิตริก

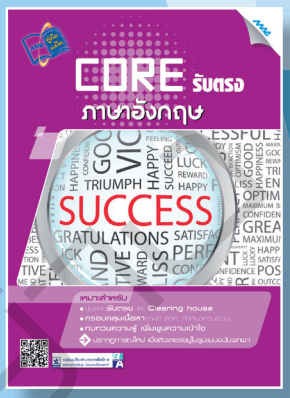
ข้อ 3 ความแรงกรด : กรดแลกติก > กรดเบนโซอิก

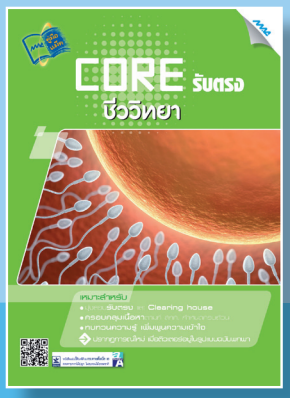
ข้อ 4 ความแรงกรด : กรดคาร์บอนิก > กรดบอริก

แผนภาพแสดงความแรงกรดและความแรงของคู่เบสของกรด



แนะนำหนังสือดี





CORE รับตรง เคมี เล่ม 2

1922503100

MACEDUCATION

www.MACeducation.com

9 786162 742606

ราคา 340 บาท