หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕

เคมี
เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๕๘.-

ตารางธาตุ

- โลหะ
- อโลหะ
- กึ่งโลหะ

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIIIB	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1 H hydrogen 1.01																	2 He helium 4.00
3 Li lithium 6.94	4 Be beryllium 9.01											5 B boron 10.81	6 C carbon 12.01	7 N nitrogen 14.01	8 O oxygen 16.00	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.30											13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon 28.08	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur 32.06	17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.95
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.97	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids *	72 Hf hafnium 178.49	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.20	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids **	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

กลุ่มธาตุ *แลนทานอยด์	57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
กลุ่มธาตุ **แอกทินอยด์	89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

หนังสือเรียน

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เคมี

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ.๒๕๖๖

สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของ สสวท. ได้ที่ http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๑ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม ๑ – เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ แล้วก็สามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๑ ได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม ๔ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วยเรื่อง กรด-เบส และเคมีไฟฟ้า ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริงผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย

ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่งจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม ๔ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ชูกิจ ลิมปิจำนงค์

(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

คำถามสำคัญ

คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหานั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

ชวนคิด

คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

ตรวจสอบความเข้าใจ

คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

แบบฝึกหัด

คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยเสริมให้เกิดทักษะและความรู้ในบทเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบความเข้าใจของเนื้อหาและฝึกฝนตนเองให้มีทักษะที่จำเป็นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ตัวอย่าง

การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนสามารถศึกษาเพื่อให้มีความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น

ความรู้เพิ่มเติม

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

รู้หรือไม่

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

สื่อ AR (Augmented Reality)

สื่อเสริมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี AR ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน "AR วิทย์ ม.ปลาย"

ศัพท์น่ารู้

ความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เพิ่มเติม และสอดคล้องกับเนื้อหาภายในบทเรียน

สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

แบบฝึกหัดท้ายบท

คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งนักเรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

สารบัญ

10

pH

กรด-เบส

บทที่ 10 กรด-เบส	1
10.1 ทฤษฎีกรด-เบส	4
10.2 คู่กรด-เบส	9
10.3 การแตกตัวของกรด เบส และน้ำ	14
10.4 สมบัติกรด-เบสของเกลือ	30
10.5 pH ของสารละลายกรดและเบส	33
10.6 ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดและเบส	49
10.7 การไทเทรตกรด-เบส	51
10.8 สารละลายบัฟเฟอร์	64
10.9 การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส	70
แบบฝึกหัดท้ายบท	75

11

เคมีไฟฟ้า

บทที่ 11 เคมีไฟฟ้า	79
11.1 เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	83
11.2 การดุลสมการรีดอกซ์	94
11.3 เซลล์เคมีไฟฟ้า	107
11.4 ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	128
11.5 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า	149
แบบฝึกหัดท้ายบท	153

สารบัญ

ภาคผนวก

คำศัพท์ในหนังสือเรียน เคมี เล่ม 4	156
ชื่อธาตุ	158
บรรณานุกรม	161
ที่มาของรูป	162
คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	163

บทที่ 10 | กรด-เบส

ipst.me/8878

พืชหรือดอกไม้บางชนิด เช่น ดอกอัญชัน มีสารสีที่สามารถเปลี่ยนสีได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีสมบัติกรด-เบส หรือสารละลายที่มี pH ต่างกัน สารสกัดจากพืชหรือดอกไม้บางชนิดจึงใช้เป็นอินดิเคเตอร์บ่งบอก pH ของสารละลายได้

คำถามสำคัญ

1. การระบุว่าสารเป็นกรดหรือเบสพิจารณาได้อย่างไร
2. ความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบสแต่ละชนิดแตกต่างกันหรือไม่
3. ค่า pH สัมพันธ์กับความเป็นกรด-เบสของสารละลายอย่างไร
4. ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดและเบสให้เกลือที่มีสมบัติเป็นอย่างไร
5. การไทเทรตกรด-เบสมีวิธีการอย่างไร และนำไปใช้ประโยชน์ใดได้บ้าง
6. สารละลายบัฟเฟอร์คืออะไร ทำหน้าที่ควบคุม pH ได้อย่างไร
7. ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสสามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี
3. บอกความหมายและระบุว่าสารเป็นกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน และเบสอ่อน
4. คำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน ร้อยละการแตกตัวและค่าคงที่การแตกตัวของกรดและเบส
5. เปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
6. อธิบายการเกิดไฮโดรลิซิสของเกลือและเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ
7. ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
8. คำนวณความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน หรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
9. คำนวณค่า pH ของสารละลายกรดและเบส
10. บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากช่วง pH ของอินดิเคเตอร์
11. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน
12. ระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน

13. ทดลองและอธิบายหลักการการไทเทรต
14. เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
15. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
16. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
17. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด–เบส

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

1. ดุลสมการเคมีต่อไปนี้
   1.1 $CaO(s) + H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(aq)$
   1.2 $SO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$
   1.3 $H_2SO_4(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$
   1.4 $Na_2CO_3(s) + CH_3COOH(aq) \longrightarrow CH_3COONa(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

2. ใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง
   .... 2.1 สารละลายที่มี pH 3.5 เป็นสารละลายกรด
   .... 2.2 เมื่อนำน้ำทะเลไปทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสพบว่าเปลี่ยนจากสีแดงเป็นน้ำเงิน แสดงว่าน้ำทะเลเป็นเบส
   .... 2.3 สารละลาย NaCl มีสมบัติเป็นกลางและมี pH 7
   .... 2.4 $MgSO_4$ เมื่อละลายน้ำแตกตัวได้ Mg^{2+} และ SO_4^{2-}
   .... 2.5 $CaCl_2$ 1 โมล เมื่อละลายน้ำ แตกตัวให้ Ca^{2+} และ Cl^- อย่างละ 1 โมล
   .... 2.6 HCl 1.0 mol/L ปริมาตร 150 mL มี HCl 1.50 mol

3. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้
   $HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons F^-(aq) + H_3O^+(aq)$ กำหนดให้ $K = 6.4 \times 10^{-4}$
   3.1 เขียนค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาในรูปอัตราส่วนความเข้มข้นของสาร
   3.2 ถ้าที่สมดุลมีความเข้มข้นของ HF 0.10 mol/L และความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับ F^- จงคำนวณความเข้มข้นของ H_3O^+

สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดอาจมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส เช่น ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว น้ำส้มสายชู และน้ำอัดลมเป็นกรด ส่วนสบู่ ยาลดกรด และปุ๋ยยูเรียเป็นเบส สารเหล่านี้มีสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกันดังจะได้ศึกษาต่อไปในบทเรียนนี้

สารละลายกรดนำไฟฟ้า มีรสเปรี้ยว มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิดให้แก๊สไฮโดรเจน เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง และมี pH น้อยกว่า 7 กรดแบ่งเป็น 2 ประเภทตามธาตุองค์ประกอบ คือ

1. กรดทวิภาค (binary acids) เป็นกรดที่ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนกับธาตุอโลหะอีกชนิดหนึ่ง ชื่อกรดส่วนใหญ่ขึ้นต้นด้วยคำว่า “ไฮโดร-” เช่น กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดไฮโดรซัลฟิวริก (H_2S)

2. กรดออกซี (oxyacids) เป็นกรดที่ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจน และธาตุอโลหะ เช่น กรดแอซีติก (CH_3COOH) กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)

สารละลายเบสนำไฟฟ้า มีรสฝาด มีฤทธิ์กัดกร่อน รู้สึกลื่นมือเมื่อสัมผัส เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน และมี pH มากกว่า 7 เบสที่พบได้บ่อยและควรรู้จัก เช่น แอมโมเนีย (NH_3) โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปูนขาวหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) โซดาซักผ้าหรือโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เบคกิ้งโซดาหรือหรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)

นอกจากสมบัติข้างต้นแล้ว การระบุว่าสารเป็นกรดหรือเบสพิจารณาได้อย่างไร

10.1 ทฤษฎีกรด-เบส

10.1.1 ทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส

ในปี พ.ศ. 2430 อาร์เรเนียส, สวันเต เอากุสต์ (Arrhenius, Svante August) ได้ศึกษาสมบัติและสูตรเคมีของสารที่แสดงสมบัติกรดและเบส และตั้งเป็นทฤษฎีที่มีชื่อว่า **ทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส** (Arrhenius theory) ซึ่งกำหนดว่า กรดคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) เบสคือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เขียนสมการเคมีได้ดังนี้

กรด	เบส
สมการทั่วไป $HA \longrightarrow H^+ + A^-$	สมการทั่วไป $BOH \longrightarrow B^+ + OH^-$
ตัวอย่าง $HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$ $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$	ตัวอย่าง $NaOH(s) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$ $Ca(OH)_2(s) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$

ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ไม่ได้อยู่เป็นอิสระในน้ำ แต่จะรวมตัวกับน้ำเกิดเป็นไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) การแตกตัวเป็นไอออนของกรดในน้ำจึงสามารถเขียนสมการเคมีได้ดังนี้

$$HA(aq) + H_2O(l) \longrightarrow A^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า กรดตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียสคือสารที่เมื่อละลายน้ำจะเพิ่มความเข้มข้นของ H_3O^+ ส่วนเบสคือสารที่เมื่อละลายน้ำจะเพิ่มความเข้มข้นของ OH^-

ก ฮ ศัพท์น่ารู้

โปรตอน (proton) เป็นชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่อยู่ในน้ำหรือสารละลาย

ไฮดรอกโซเนียมไอออน (hydroxonium ion) เป็นชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+)

ตรวจสอบความเข้าใจ

จงเติมข้อมูลในช่องว่างให้สมบูรณ์

สมการเคมี	กรด/เบส
$HClO_4(aq) \longrightarrow$................. (aq) + ... (aq)	กรด
$LiOH(aq) \longrightarrow$................. (aq) + ... (aq)	เบส
.... (aq) + ... (l) $\longrightarrow HSO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$	
.... (aq) $\longrightarrow Sr^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$	
$HNO_3(aq) + H_2O(l) \longrightarrow$ .... (aq) + ... (aq)	

เนื่องจากทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียสกำหนดว่า สารที่เป็นกรดหรือเบสต้องเป็นสารที่ละลายในน้ำเท่านั้น ดังนั้นสารที่ไม่ละลายน้ำหรือปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ได้เกิดขึ้นในน้ำ จะไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นกรดหรือเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส จึงเกิดทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี ซึ่งให้นิยามกรดและเบสที่กว้างขึ้นและไม่จำเป็นต้องมีน้ำเป็นตัวทำละลาย

10.1.2 ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี

ในปี พ.ศ. 2466 เบรินสเตด, โยฮันเนส นิโคเลาส์ (Brønsted, Johannes Nicolaus) และ ลาวรี, ทอมัส มาร์ติน (Lowry, Thomas Martin) ได้เสนอ **ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี** (Brønsted – Lowry theory) โดยให้นิยามว่า กรดคือสารที่ให้โปรตอน และเบสคือสารที่รับโปรตอน ทฤษฎีนี้พิจารณาความเป็นกรดและเบสของสารจากการถ่ายโอนโปรตอน เช่น

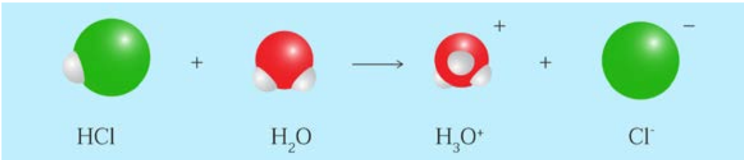
ปฏิกิริยาของแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์กับแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ได้เกิดขึ้นในน้ำ สามารถเขียนสมการเคมี ได้ดังนี้

$$HCl(g) + NH_3(g) \longrightarrow NH_4Cl(s)$$

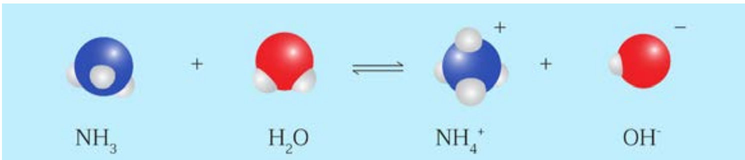
ในปฏิกิริยานี้ HCl ให้โปรตอนกับ NH_3 เกิดเป็น Cl^- และ NH_4^+ ซึ่งยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกเกิดเป็น NH_4Cl ดังนั้น HCl เป็นกรด และ NH_3 เป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี

นอกจากนี้ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรียังสามารถใช้พิจารณาความเป็นกรด-เบสของสารที่เกิดปฏิกิริยาในน้ำได้ด้วย เช่น

$$HCl(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$



$$NH_3(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$



จากปฏิกิริยาข้างต้นแสดงว่า HCl เป็นกรด เพราะให้โปรตอนกับ H_2O ส่วน NH_3 เป็นเบส เพราะรับโปรตอนจาก H_2O

ตรวจสอบความเข้าใจ

พิจารณาปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้

$$CH_3COONa(s) \longrightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$$

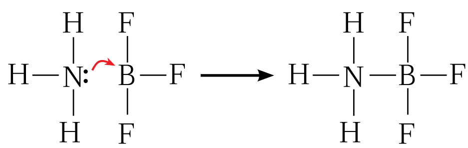
$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$$

ตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี สารละลายโซเดียมแอซีเตต (CH_3COONa) มีสมบัติเป็นกรดหรือเบส เพราะเหตุใด

10.1.3 ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส

ในปี พ.ศ. 2466 ลิวอิส, กิลเบิร์ต นิวตัน (Lewis, Gilbert Newton) ได้เสนอ**ทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส** (Lewis theory) โดยให้นิยามว่า กรดคือสารที่รับคู่อิเล็กตรอน และเบสคือสารที่ให้คู่อิเล็กตรอน ทฤษฎีนี้พิจารณาความเป็นกรดและเบสของสารจากการให้และรับคู่อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาที่เกิดพันธะเคมีขึ้นใหม่ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนีย (NH_3) กับโบรอนไตรฟลูออไรด์ (BF_3)

$$NH_3(g) + BF_3(g) \longrightarrow H_3N{:}BF_3(s)$$



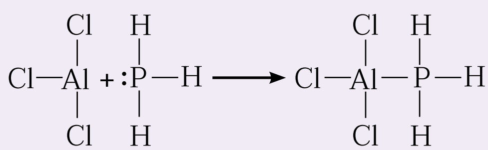
ศัพท์น่ารู้

กรดลิวอิส (Lewis acid) คือสารที่รับคู่อิเล็กตรอน
เบสลิวอิส (Lewis base) คือสารที่ให้คู่อิเล็กตรอน

ในปฏิกิริยานี้ NH_3 ใช้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในการเกิดพันธะเคมีร่วมกับ BF_3 จึงถือว่า NH_3 ให้คู่อิเล็กตรอน ดังนั้น NH_3 จึงเป็นเบส ส่วน BF_3 รับคู่อิเล็กตรอนจึงเป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส

ตรวจสอบความเข้าใจ

พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ พร้อมระบุว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส

1.


2.