



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



เคมี เล่ม ๒

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๕



ตารางธาตุ

1 IA	โลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ																18 VIIIA			
1 H hydrogen 1.01	2 He helium 4.00																	17 VIIA	18 VIIIA	
3 Li lithium 6.94	4 Be beryllium 9.01																	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18	
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.30																	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 *แลนทาไนด์		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 **แอกทิไนด์		89 Ac actinium 227.03	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

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

เคมี

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๒

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

จัดทำโดย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๒ ฉบับสิ่งพิมพ์ ที่จัดทำตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และ ผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม กับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ตามกฎหมาย ลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่โดยมิได้รับอนุญาต

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

คำชี้แจง

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

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๒ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๑ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม ๑ – เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ แล้วก็สามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๑ ได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม ๒ นี้มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วยเรื่อง โมลและสูตรเคมี สารละลาย และปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญและสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจสอบความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม ๒ นี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

เคมี เล่ม ๒

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

เวลา ๖๐ ชั่วโมง จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ศึกษาความหมายและคำนวณมวลอะตอม มวลอะตอมสัมพัทธ์ มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ โมล มวลต่อโมล มวลโมเลกุล และมวลสูตร ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP ศึกษากฎสัดส่วนคงที่ คำนวณอัตราส่วนโดยมวล อัตราส่วนโดยโมล ร้อยละโดยมวล สูตรโมเลกุล และสูตรเอมพิริคัล

ศึกษาหน่วยความเข้มข้นและการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมลาลิตี และเศษส่วนโมล ศึกษาการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และจากการเจือจางสารละลายเข้มข้น เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย

ศึกษาการเขียนและดุลสมการเคมี อัตราส่วนโดยโมลของสารในปฏิกิริยาเคมี แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีตามกฎทรงมวล ศึกษากฎการรวมปริมาตรแก๊สของเกย์-ลุสแซกและสมมติฐานของอาวอกาโดร คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล ความเข้มข้น และปริมาตรแก๊ส คำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ปริมาณสารเมื่อมีสารกำหนดปริมาณ และผลได้ร้อยละ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

๑. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุ และคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุล และมวลสูตร
๒. อธิบายและคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP
๓. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่
๔. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร
๕. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ
๖. อธิบายวิธีและการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด
๗. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย
๘. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด
๙. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร
๑๐. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย
๑๑. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส
๑๒. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน
๑๓. ระบุสารกำหนดปริมาณ และคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี
๑๔. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี

รวมทั้งหมด ๑๔ ผลการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญ และเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อ AR ที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนและสามารถเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์รายการสื่อเพิ่มเติมได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียนมีดังนี้

คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

จุดประสงค์การเรียนรู้



เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมดหากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหา นั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

ชวนคิด



คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่นเพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

แบบฝึกหัด



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยเสริมให้เกิดทักษะและความรู้ในบทเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบความเข้าใจของเนื้อหาและฝึกฝนตนเองให้มีทักษะที่จำเป็นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

กิจกรรม



การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ตัวอย่าง



การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนสามารถศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น

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

4



โมลและ สูตรเคมี

บทที่ 4	โมลและสูตรเคมี	1
4.1	มวลอะตอม	3
4.2	โมล	9
4.3	สูตรเคมี	25
	แบบฝึกหัดท้ายบท	42

5



สารละลาย

บทที่ 5	สารละลาย	44
5.1	ความเข้มข้นของสารละลาย	47
5.2	การเตรียมสารละลาย	64
5.3	สมบัติบางประการของสารละลาย	74
	แบบฝึกหัดท้ายบท	85

6



ปริมาณสัมพันธ

บทที่ 6	ปริมาณสัมพันธ	88
6.1	ปฏิกิริยาเคมี	91
6.2	สมการเคมี	93
6.3	การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี	108
6.4	สารกำหนดปริมาณ	139
6.5	ผลได้ร้อยละ	147
	แบบฝึกหัดท้ายบท	153

ภาคผนวก

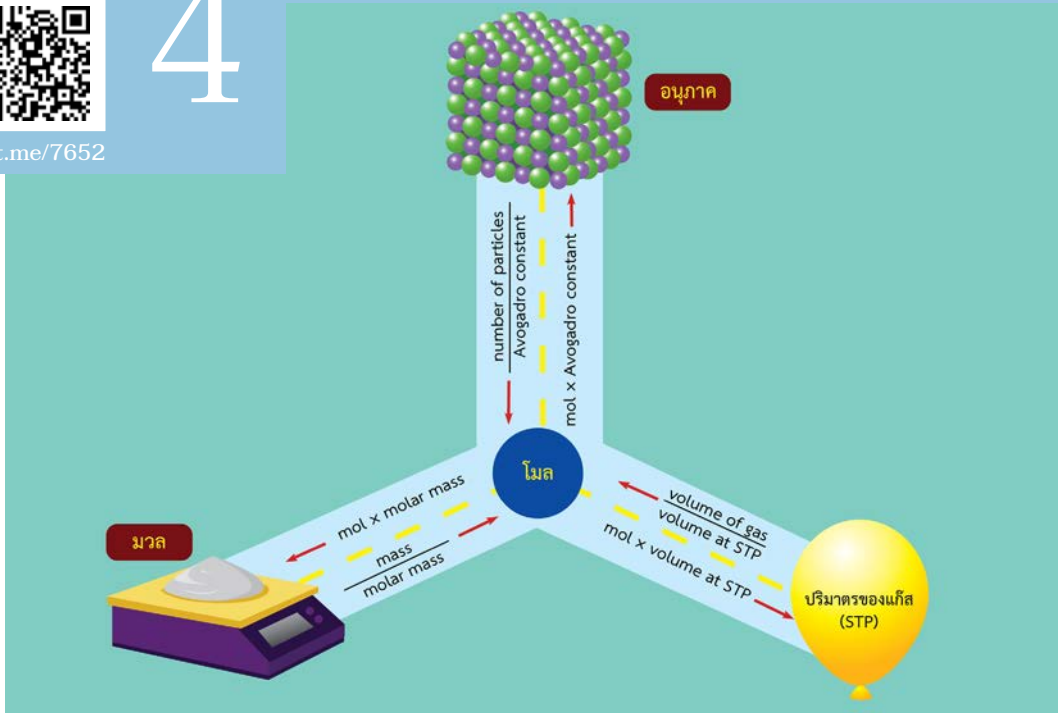
คำศัพท์ในหนังสือเรียน เคมี เล่ม 2	161
ชื่อธาตุ	164
บรรณานุกรม	167
ที่มาของรูป	167
คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	168

| โมลและสูตรเคมี

4



ipst.me/7652



ปริมาณของสารมีความสัมพันธ์กันระหว่างหน่วยของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรของแก๊สที่ STP



คำถามสำคัญ

ปริมาณของสารในหน่วยของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรของแก๊สที่ STP มีความสัมพันธ์กันอย่างไร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุ มวลอะตอมสัมพัทธ์ และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ
2. คำนวณมวลอะตอมของธาตุและมวลอะตอมสัมพัทธ์
3. คำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ

4. อธิบายความหมายของโมลและเลขอาโวกาโดร
5. คำนวณมวลโมเลกุลและมวลสูตร
6. อธิบายความสัมพันธ์ของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรของแก๊สที่ STP
7. คำนวณปริมาณสารจากความสัมพันธ์ของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรของแก๊สที่ STP
8. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่
9. อธิบายความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร
10. คำนวณมวลเป็นร้อยละของธาตุองค์ประกอบ
11. คำนวณสูตรอย่างง่ายจากอัตราส่วนโดยโมลของธาตุองค์ประกอบ
12. คำนวณสูตรโมเลกุลของสารจากสูตรอย่างง่ายและมวลโมเลกุลของสาร



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

- 1. อะตอมของธาตุประกอบด้วยอนุภาคที่สำคัญ 3 ชนิดคือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน
- 2. อิเล็กตรอนมีมวลมากกว่าโปรตอนประมาณ 1800 เท่า
- 3. โปรตอนและนิวตรอนมีมวลใกล้เคียงกัน
- 4. ${}^4_2\text{He}$ เป็นสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุฮีเลียม
- 5. ไอโซโทป หมายถึง ธาตุชนิดเดียวกันที่มีจำนวนโปรตอนไม่เท่ากัน
- 6. เมทานอลมีสูตรเคมีเป็น CH_3OH เป็นสารประกอบไอออนิก
- 7. แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เป็นสารโคเวเลนต์
- 8. เอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 1 โมเลกุลมีจำนวนธาตุองค์ประกอบเท่ากับไดเมทิลอีเทอร์ (CH_3OCH_3) 1 โมเลกุล
- 9. เอทานอลมีความหนาแน่น 0.789 กรัมต่อมิลลิลิตร ถ้าต้องการเปลี่ยนหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลิตรต้องใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$ และ $\frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$
- 10. สารประกอบไอออนิกไม่มีสูตรโมเลกุล เนื่องจากมีโครงสร้างต่อเนื่องกันไปเป็นสามมิติ

การระบุปริมาณสารในทางเคมีต้องระบุหน่วย และหน่วยที่บอกปริมาณสารมีหลายหน่วยซึ่งแต่ละหน่วยมีความสัมพันธ์กัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับหน่วยที่ใช้ในทางเคมีและความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยต่าง ๆ เช่น โมล มวล จำนวนอนุภาค ปริมาตรของแก๊สที่ STP

การคำนวณปริมาณของสาร สามารถศึกษาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตร ซึ่งการคำนวณปริมาณสารมีประโยชน์ต่อการคาดคะเนปริมาณของสารที่ต้องใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ

4.1 มวลอะตอม

มวลอะตอม (atomic mass) เป็นมวลของธาตุ 1 อะตอมซึ่งเป็นผลรวมของมวลโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แต่เนื่องจากโปรตอนและนิวตรอน มีมวลมากกว่าอิเล็กตรอนมาก (ประมาณ 1800 เท่า) ดังนั้นมวลอะตอมจึงมีค่าใกล้เคียงกับผลรวมของมวลโปรตอนและนิวตรอน ซึ่งมวลโปรตอนและนิวตรอนก็ยังถือว่ามิต่ำน้อยมาก ซึ่งไม่สะดวกต่อการกล่าวถึงและใช้งาน จึงนิยมใช้**มวลอะตอมสัมพัทธ์** (relative atomic mass) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบมวลอะตอมกับมวลอะตอมของธาตุมาตรฐาน จึงเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย

ปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ตกลงใช้ ^{12}C เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบมวล โดยกำหนดให้ ^{12}C จำนวน 1 อะตอมมีมวล 12 หน่วยมวลอะตอม (unified atomic mass unit, u^1) ดังนั้น 1 หน่วยมวลอะตอม จึงมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{12}$ มวลของ ^{12}C จำนวน 1 อะตอมซึ่งเท่ากับ 1.66×10^{-24} กรัม การเปรียบเทียบมวลอะตอมของธาตุเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้



ความรู้เพิ่มเติม

ในอดีตใช้ธาตุออกซิเจนเป็นธาตุมาตรฐานเนื่องจากทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ ได้ง่ายและมีหลายไอโซโทป คือ ^{16}O ^{17}O และ ^{18}O แต่นักเคมีกับนักฟิสิกส์กำหนดมวลอะตอมของออกซิเจนไม่เหมือนกัน โดยนักเคมีใช้มวลอะตอมเฉลี่ยของออกซิเจนทั้งสามไอโซโทป แต่นักฟิสิกส์ใช้มวลอะตอมของ ^{16}O เท่านั้น

¹หน่วย u มีค่าเท่ากับหน่วย amu (atomic mass unit) ซึ่งนักเคมีนิยมใช้ในอดีต

$$\text{มวลอะตอมสัมพัทธ์} = \frac{\text{มวลอะตอมของธาตุ}}{\frac{1}{12} \text{ มวลของ } ^{12}\text{C} \text{ 1 อะตอม}}$$

ถ้าใช้มวลอะตอมในหน่วยกรัมจะได้ความสัมพันธ์เป็น

$$\text{มวลอะตอมสัมพัทธ์} = \frac{\text{มวลอะตอมของธาตุ (g)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ (g)}}$$



ตัวอย่าง 1

ธาตุแมกนีเซียม (Mg) มีมวลอะตอมสัมพัทธ์ 24.30 ธาตุแมกนีเซียมมีมวลอะตอมเท่าใด

วิธีทำ

$$\text{มวลอะตอมสัมพัทธ์ของ Mg} = \frac{\text{มวลอะตอมของ Mg (g)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ (g)}}$$

$$\begin{aligned} \text{มวลอะตอมของ Mg (g)} &= 24.30 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ g} \\ &= 4.03 \times 10^{-23} \text{ g} \end{aligned}$$

ดังนั้น ธาตุแมกนีเซียมมีมวลอะตอม 4.03×10^{-23} กรัม



ตัวอย่าง 2

ธาตุโซเดียม (Na) 10 อะตอม มีมวล 3.82×10^{-22} กรัม มวลอะตอมสัมพัทธ์ของธาตุโซเดียมมีค่าเท่าใด

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 หามวลอะตอมของโซเดียมหรือมวลของโซเดียม 1 อะตอม

$$\begin{aligned}\text{มวลของ Na 1 อะตอม} &= \frac{3.82 \times 10^{-22} \text{ g}}{10 \text{ atom}} \\ &= 3.82 \times 10^{-23} \text{ g/atom}\end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 หามวลอะตอมสัมพัทธ์ของโซเดียม

$$\begin{aligned}\text{มวลอะตอมสัมพัทธ์ของ Na} &= \frac{\text{มวลของ Na 1 อะตอม (g)}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}} \\ &= \frac{3.82 \times 10^{-23} \text{ g}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}} \\ &= 23.0\end{aligned}$$

ดังนั้น มวลอะตอมสัมพัทธ์ของธาตุโซเดียมมีค่าเท่ากับ 23.0

เนื่องจากสารเกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมธาตุ ซึ่งในธรรมชาติธาตุแต่ละชนิดอาจมีหลายไอโซโทปในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นการคำนวณเกี่ยวกับมวลของสารจึงใช้มวลอะตอมที่ได้จากการเฉลี่ยจากค่าของมวลอะตอมของแต่ละไอโซโทปตามปริมาณที่อยู่ในธรรมชาติ ดังนี้

$$\text{มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ} = \frac{\text{ผลรวมของ } [(\% \text{ ไอโซโทป}) (\text{มวลอะตอมของไอโซโทป})]}{100}$$

มวลอะตอมเฉลี่ยที่คำนวณได้จากมวลอะตอมในหน่วย u หรือมวลอะตอมสัมพัทธ์ของไอโซโทปมีค่าเป็นตัวเลขเท่ากัน แต่มวลอะตอมเฉลี่ยที่คำนวณได้จากมวลอะตอมสัมพัทธ์จะไม่มีหน่วย

ตัวอย่างเช่น คาร์บอนมี 3 ไอโซโทป คือ ^{12}C ^{13}C และ ^{14}C ซึ่ง ^{12}C มีมวลอะตอม 12.0000 u มีปริมาณร้อยละ 98.930 ^{13}C มีมวลอะตอม 13.0034 u มีปริมาณร้อยละ 1.070 ส่วน ^{14}C เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีมีปริมาณน้อยมาก การคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของคาร์บอนทำได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{มวลอะตอมเฉลี่ยของ C} &= \frac{(98.930 \times 12.0000 \text{ u}) + (1.070 \times 13.0034 \text{ u})}{100} \\ &= \frac{1187.2 \text{ u} + 13.91 \text{ u}}{100} \\ &= 12.011 \text{ u}\end{aligned}$$

ดังนั้น มวลอะตอมเฉลี่ยของคาร์บอนมีค่าเท่ากับ 12.011 u

มวลอะตอมเฉลี่ยของคาร์บอนที่คำนวณได้นี้จะสอดคล้องกับที่ปรากฏในตารางธาตุ และค่ามวลอะตอมของธาตุอื่น ๆ ในตารางธาตุก็เป็นมวลอะตอมเฉลี่ยเช่นกัน ซึ่งค่ามวลอะตอมนี้ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณสารที่จะได้ศึกษาต่อไป

ตัวอย่างมวลอะตอมของไอโซโทป ปริมาณร้อยละของแต่ละไอโซโทปที่มีอยู่ในธรรมชาติ และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุบางชนิด แสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 มวลอะตอมของไอโซโทป ปริมาณร้อยละของไอโซโทป และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุบางชนิด

ไอโซโทป	มวลอะตอมของไอโซโทป	ปริมาณร้อยละที่พบในธรรมชาติ	มวลอะตอมเฉลี่ย*
^{14}N ^{15}N	14.0031 15.0001	99.632 0.368	14.007
^{16}O ^{17}O ^{18}O	15.9949 16.9991 17.9992	99.757 0.038 0.205	15.999
^{20}Ne ^{21}Ne ^{22}Ne	19.9924 20.9938 21.9914	90.480 0.270 9.250	20.179
^{35}Cl ^{37}Cl	34.9689 36.9659	75.780 24.220	35.452

หมายเหตุ *มวลอะตอมเฉลี่ยนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า มวลอะตอม