

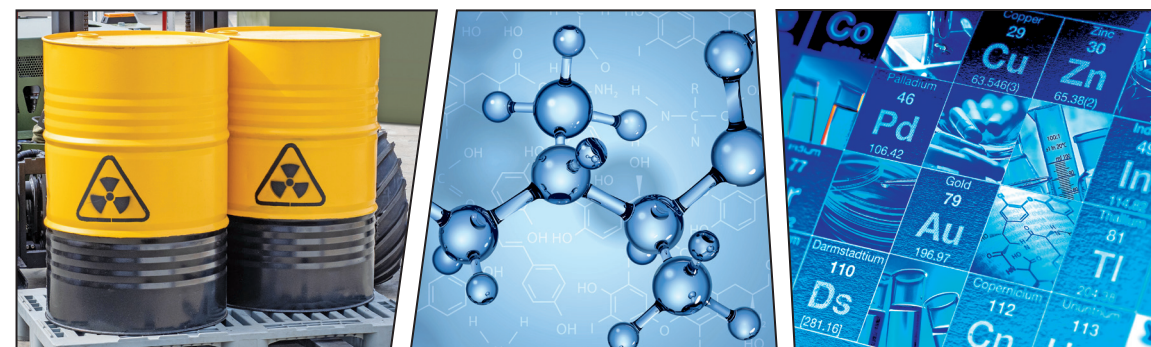
วิทยาศาสตร์กายภาพ สารและสมบัติของสาร

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

๕

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑



ผู้เรียบเรียง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติกร อ่อนโยน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตตรี พละกุล

อาจารย์กนกพร ศักดิ์ศิริคุณ

ผู้ตรวจ

รองศาสตราจารย์ ดร.มนภัทร วงษ์บุตร

รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตต์ ศิริศักดิ์สุนทร

ดร.ศุภกาญจน์ รัตนกร

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์

รองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เพ็งปรีชา

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.)

๑๒๕๖/๙ ถนนนครไชยศรี แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

โทร. ๐-๒๒๔๓-๘๐๐๐ (อัตโนมัติ ๑๕ สาย), ๐-๒๒๔๑-๘๙๙๙

แฟกซ์ : ทุกหมายเลข, แฟกซ์อัตโนมัติ : ๐-๒๒๔๑-๔๑๓๑, ๐-๒๒๔๓-๗๖๖๖

website : www.iadth.com

สงวนลิขสิทธิ์

บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด

พ.ศ. ๒๕๖๘

พิมพ์ครั้งที่ ๑ จำนวน ๑๐,๐๐๐ เล่ม

ISBN : 978-616-05-5175-0



คำนำ



QR CODE

คำชี้แจง
กระบวนการ
เรียนรู้

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ได้กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ดังนี้ “คนไทยทุกคนได้รับการศึกษา และเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุข สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21” เป้าหมายด้านผู้เรียน โดยมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ทักษะพื้นฐาน อ่านออกเขียนได้และคิดเลขเป็น และทักษะ สำคัญอีก 8 ประการ ดังนี้ 1. ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา 2. ทักษะด้าน การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3. ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมและต่างกระบวนทัศน์ 4. ทักษะด้าน ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 5. ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ 6. ทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 7. ทักษะอาชีพและทักษะการเรียนรู้ และ 8. ความมีเมตตา กรุณา มีวินัย มีคุณธรรมและจริยธรรม

ผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ของการศึกษา พ.ศ. 2561 หมายถึง คุณลักษณะของคนไทย 4.0 ที่ตอบสนอง วิสัยทัศน์การพัฒนาประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน โดยคนไทย 4.0 จะต้องธำรงความเป็นไทย และแข่งขัน ได้ในเวทีโลก นั่นคือเป็นคนดี มีคุณธรรม ยึดค่านิยมร่วมของสังคมเป็นฐานในการพัฒนาตนให้เป็นบุคคล ที่มีลักษณะ 3 ด้าน โดยเป็นคุณลักษณะขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้ 1. ผู้เรียนรู้ เป็นผู้มีความเพียร ใฝ่เรียนรู้ และมีทักษะ การเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อก้าวทันโลกยุคดิจิทัลและโลกในอนาคต และมีสมรรถนะ 2. ผู้ร่วมสร้างสรรค์ นวัตกรรม เป็นผู้มีความทักษะทางปัญญา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ และ 3. พลเมืองที่เข้มแข็ง เป็นผู้มีความรักชาติ รักท้องถิ่น มีจิตอาสา ก่อปรด้วยค่านิยมร่วม 4 ประการ คือ 1. ความเพียรอันบริสุทธิ์ 2. ความพอเพียง 3. วิถีประชาธิปไตย และ 4. ความเท่าเทียม

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ สารและสมบัติของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จัดทำตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีเนื้อหา และกระบวนการสอดคล้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เน้นการเสริมสร้างการสืบสอบ การทำโครงการ และสะเต็ม ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ เสริมสร้างสมรรถนะสำคัญตามหลักสูตร และบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เป็นหนังสือเรียนที่มีลักษณะเฉพาะ คือ ให้ผู้เรียนเรียนรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับเนื้อหาที่เน้นองค์ความรู้ (body of knowledge) พัฒนาให้ผู้เรียน เป็นผู้เรียนรู้ เป็นนักคิด และเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง พร้อมกับมีสมรรถนะสำคัญตามหลักสูตร

ผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จะได้เรียนรู้เรื่อง อะตอม ตารางธาตุ พันธะเคมี สารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ ปฏิริยาเคมีและอัตราการเกิดปฏิริยาเคมี

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน เพื่อเรียนดี มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และความสุขก่อก่อด้วยคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.)



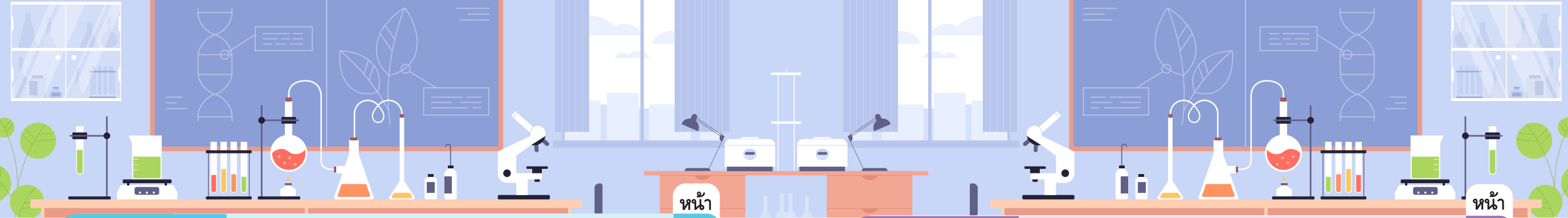
สารบัญ

นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์กันอย่างไร

หน้า
6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	อะตอม	10
	1. พัฒนาการของแบบจำลองอะตอม	11
	2. อนุภาคมูลฐานภายในอะตอม	16
	3. สัญลักษณ์นิวเคลียร์	18
	4. ไอโซโทป	20
	5. ไอออนของธาตุ	22
	คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อะตอม	24

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	ตารางธาตุ	26
	1. วิวัฒนาการของตารางธาตุ	27
	1.1 ตารางธาตุในปัจจุบัน	29
	1.2 การเรียกชื่อธาตุ	31
	1.3 ธาตุแอฟริกันเทททิฟและธาตุแตรนซิชั่น	32
	2. ธาตุโลหะและธาตุอโลหะ	36
	3. ธาตุกัมมันตรังสี	38
	3.1 สมการนิวเคลียร์	41
	3.2 ปฏิริยานิวเคลียร์	42
	3.3 ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี	44
	3.4 ประโยชน์และการป้องกันอันตรายจากธาตุกัมมันตรังสี	46
	4. ธาตุและสารประกอบ	48
	คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ตารางธาตุ	50



หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พันธะเคมี 53

1. การเกิดพันธะเคมี 54
2. พันธะไอออนิก 57
 - 2.1 การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก 59
 - 2.2 การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิก 60
 - 2.3 การละลายของสารประกอบไอออนิก 61
3. พันธะโคเวเลนต์ 64
 - 3.1 การวาดสูตรโครงสร้างสารประกอบโคเวเลนต์ 66
 - 3.2 การอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ 67
 - 3.3 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 68
 - 3.4 สมบัติของสารโคเวเลนต์ 71
4. พันธะโลหะ 73

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พันธะเคมี 74

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ 79

1. สารประกอบอินทรีย์ 80
 - 1.1 ธาตุคาร์บอนกับโครงสร้างและประเภทของสารประกอบอินทรีย์ 81
 - 1.2 การจำแนกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 84
 - 1.3 สมบัติความเป็นกรด-เบสของสารประกอบอินทรีย์ 87
 - 1.4 สมบัติการละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ของสารประกอบอินทรีย์ 91
2. พอลิเมอร์ 94
 - 2.1 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ 94
 - 2.2 โครงสร้างและสมบัติของพลาสติก 100
 - 2.3 ผลกระทบของการใช้ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ต่อสิ่งแวดล้อม 104
 - 2.4 วัสดุยืดหยุ่น 107
 - 2.5 เส้นใยสังเคราะห์ 108

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ 109

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ปฏิกิริยาเคมีและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 113

1. การเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี 114
 - 1.1 การเกิดปฏิกิริยาเคมี 114
 - 1.2 สมการเคมี 118
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 121
 - 2.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 123
3. การนำปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปใช้ประโยชน์ 134
 - 3.1 การบ่มผลไม้ 134
 - 3.2 กระบวนการผลิตเอทานอล 135
 - 3.3 การสังเคราะห์แอมโมเนียด้วยวิธีฮาเบอร์ 135
 - 3.4 เครื่องฟอกโอโซนเชิงเร่งปฏิกิริยา 137
4. ปฏิกิริยารีดอกซ์และปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ 139
 - 4.1 ปฏิกิริยารีดอกซ์ 139
 - 4.2 ปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ 141

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ปฏิกิริยาเคมีและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 142

บรรณานุกรม 144

นักเรียนเรียนรู้

วิทยาศาสตร์กันอย่างไร

ทักษะพื้นฐาน



ทักษะขั้นสูง



มีนิสัยความเป็น
หรือมี

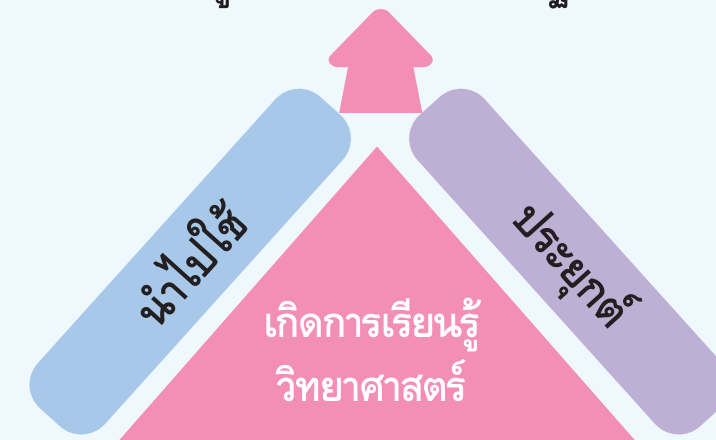
นักวิทยาศาสตร์
จิตวิทยาศาสตร์

- นักสังเกต ■ ช่างคิด ช่างวิเคราะห์
- มีความเพียร ความอดทน ■ รักธรรมชาติ

- นักริเริ่มสร้างสรรค์ ■ เชื้อหลักฐานเชิงประจักษ์
- มีภาวะผู้นำ ร่วมทำงานเป็นทีมและมีความพอเพียง

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method)

ได้ผลการเรียนรู้ตามตัวชี้วัดของมาตรฐานการเรียนรู้

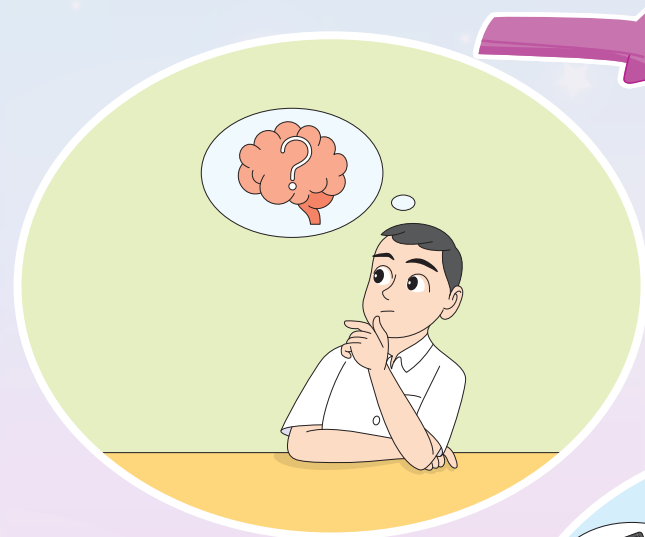


สรุปหรือสร้างความรู้

รวบรวมข้อมูลเพื่อหาคำตอบ

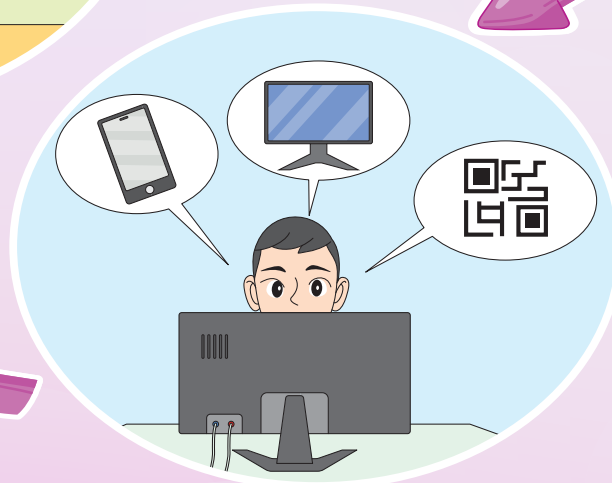
สังเกตและระบุคำถามสำคัญ

เมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ทั้งสภาพจริงหรือสภาพจำลองซึ่งเป็นสิ่งเร้า นักเรียนมีการสังเกตด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ทำให้เกิดความสงสัย คือ สงสัยเกิดภาวะสมดุล นักเรียนจะระบุคำถามสำคัญแล้วจะคาดคะเนคำตอบ ครูจะให้นักเรียนตั้งสมมุติฐาน จากนั้นนักเรียนจะทำกิจกรรมหรือทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลอย่างพากเพียรและรอบคอบ ได้ประสบการณ์ใหม่ จากนั้นนักเรียนจะเชื่อมประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิม ได้ความรู้ใหม่ที่สร้างด้วยตนเอง เป็นความรู้เข้าใจที่คงทน พร้อมทั้งได้รับการพัฒนาความสามารถ ทักษะ และกระบวนการ รวมทั้งอุปนิสัยความเป็นนักวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความพร้อมที่จะนำไปใช้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการทำงาน ทำให้ได้ผลผลิต (product) หรือภาระงาน (task) อันสะท้อนความมีสมรรถนะสำคัญ และสามารถเผยแพร่ผลงาน เป็นการให้บริการและตอบแทนสังคมอันก่อให้เกิดผู้มีจิตอาสา



นักเรียนเกิดความสงสัย
และระบุคำถามสำคัญ

นักเรียนมีสมรรถนะ
และจิตอาสา



นักเรียนเผยแพร่ผลงาน

นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์



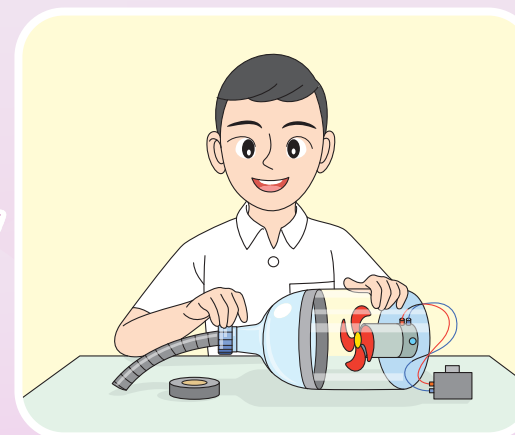
นักเรียนทดลองเพื่อแสวงหาคำตอบ



นักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบ



นักเรียนนำการเรียนรู้ไปใช้



อันก่อให้เกิดความเป็นผู้มีสมรรถนะ



นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

อะตอม

แผนผังหัวข้อหน่วยการเรียนรู้



ตัวชี้วัดระหว่างทาง

- เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองอะตอมของโบร์กับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก (ว 2.1 ม.5/2)
- ระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอม และไอออนที่เกิดจากอะตอมเดียว (ว 2.1 ม.5/3)
- เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุการเป็นไอโซโทป (ว 2.1 ม.5/4)

ศัพท์สำคัญ

แบบจำลองอะตอม (atomic model)	สัญลักษณ์ธาตุ (element symbol)
สัญลักษณ์นิวเคลียร์ (nuclear symbol)	ไอโซโทป (isotope)

1. พัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

อะตอม (atom) เป็นภาษากรีก แปลว่า แบ่งแยกไม่ได้ เป็นคำที่ใช้แทนอนุภาคที่เล็กที่สุดของสสาร โดยนักปรัชญาชาวกรีกชื่อ ดีโมคริตัส (Democritus) ได้เสนอแนวคิดไว้ขณะนั้นว่า สสารประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุด ซึ่งไม่สามารถแบ่งแยกให้เล็กต่อไปได้ และเรียกอนุภาคที่เล็กที่สุดนี้ว่า อะตอม

? หน่วยที่เล็กที่สุดของน้ำตาลทรายจะมีลักษณะเป็นอย่างไร

คำถามสำคัญ

แบบจำลองอะตอมมีพัฒนาการอย่างไร



กิจกรรมที่

1.1

พัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

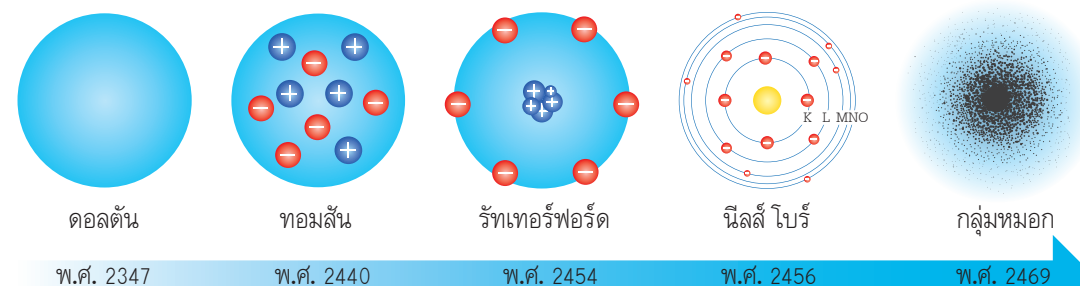


วิธีทำ

แบ่งกลุ่ม แต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการของแบบจำลองอะตอมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และให้นำเสนอด้วยผังกราฟิก

- ? แบบจำลองอะตอมหมายถึงอะไร
- ? แบบจำลองอะตอมมีพัฒนาการอย่างไร
- ? แบบจำลองอะตอมของโบร์และแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
- ? สรุปผลการทำกิจกรรมนี้ได้อย่างไร

แบบจำลองอะตอม



ภาพที่ 1.1 พัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

แบบจำลองอะตอมของดอลตัน

จอห์น ดอลตัน (John Dalton) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ และเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ได้รวบรวมเรื่องราวเกี่ยวกับอะตอม และทำให้เราเข้าใจเกี่ยวกับอะตอมในช่วง พ.ศ. 2347 สรุปได้ ดังนี้

1. สารประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุด เรียกว่า อะตอม ไม่สามารถแบ่งแยก สร้างขึ้น หรือทำลายได้
2. อะตอมของธาตุเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน และแตกต่างจากธาตุชนิดอื่น
3. สารประกอบเกิดจากการรวมกันระหว่างอะตอมของธาตุ 2 ชนิด หรือมากกว่า 2 ชนิด โดยมีจำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดเป็นจำนวนแน่นอนในสารประกอบนั้น



ภาพที่ 1.2 แบบจำลองอะตอมของดอลตัน

อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลมตัน มีขนาดเล็กมาก
ซึ่งจะแบ่งแยก สร้างขึ้น หรือทำให้สลายไม่ได้

ต่อมาได้มีการค้นพบว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กกว่าลงไปอีก คือ อนุภาคโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน อะตอมจึงไม่ใช่อนุภาคที่เล็กที่สุดและยังสามารถแบ่งแยกให้เล็กต่อไปได้อีก

แบบจำลองอะตอมเป็นมโนภาพที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น
โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่ออธิบายเกี่ยวกับ
โครงสร้างของอะตอม



QR CODE
ใบความรู้
การค้นพบอนุภาค
มูลฐานของอะตอม

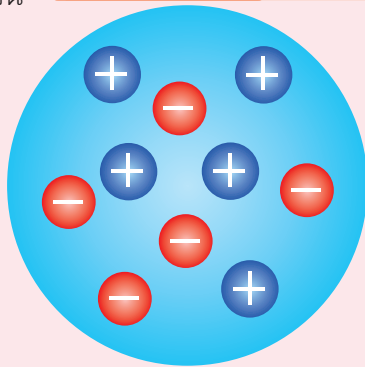
แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

เซอร์โจเซฟ จอห์น ทอมสัน (Sir Joseph John Thomson) ได้ทำการทดลองโดยใช้หลอดรังสีแคโทด เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในอะตอม และจากข้อค้นพบจึงได้เสนอแบบจำลองอะตอมขึ้นใหม่ ดังนี้



QR CODE
ใบความรู้
หลอดรังสี
แคโทด

อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม ประกอบด้วย
อนุภาคโปรตอนที่มีประจุ +1 และอนุภาคอิเล็กตรอน
ที่มีประจุ -1 อะตอมปกติมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า
ทอมสันจึงเสนอว่า อนุภาคโปรตอนและอนุภาคอิเล็กตรอน
มีจำนวนเท่ากันกระจายอยู่ทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ
ดังภาพที่ 1.3

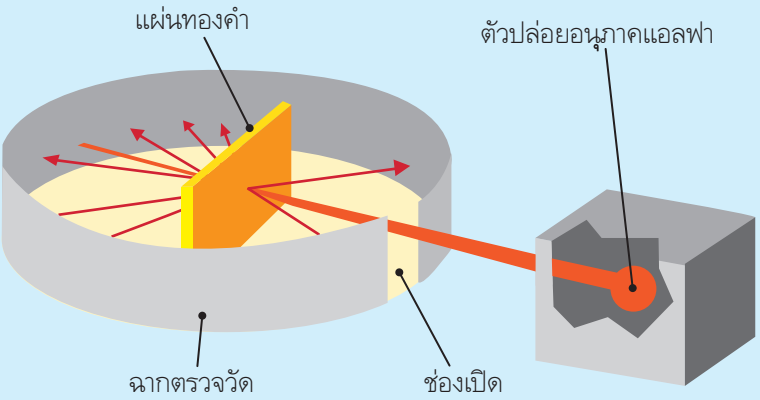


ภาพที่ 1.3 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

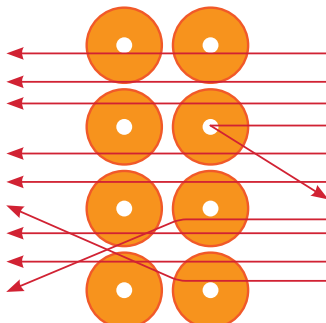
แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

ลอร์ดเอิร์นเนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Lord Ernest Rutherford) ได้ศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับอะตอม โดยทำการทดลองยิงอนุภาคแอลฟา ซึ่งมีประจุบวกและมีมวลมากเข้าไปยังแผ่นทองคำที่บางมากและใช้ฉากที่เคลือบสารเรืองแสง (ซิงค์ซัลไฟด์, ZnS) กันเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟา ปรากฏว่า อนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปที่ฉากเรืองแสงเป็นเส้นตรง มีการเบี่ยงเบนเกิดขึ้นบ้าง และน้อยครั้งที่เกิดการสะท้อนกลับ ดังภาพที่ 1.4

การทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด



ภาพที่ 1.4 การทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด

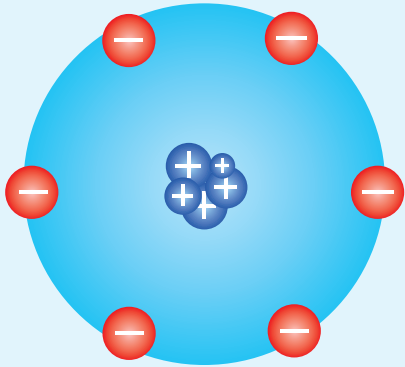


การใช้แบบจำลองอธิบาย
ผลการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด

ภาพที่ 1.5 ขยายแผ่นทองคำแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่
ของอนุภาคแอลฟา

จากการทดลองพบว่า อนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่ทะลุผ่านแผ่นทองคำเป็นเส้นตรง อนุภาคแอลฟาบางส่วนทะลุผ่านแผ่นทองคำโดยเบี่ยงเบนเล็กน้อยไปจากทิศทางเดิม และมีอนุภาคแอลฟาจำนวนน้อยมากที่สะท้อนกลับทิศทางเดิม ดังภาพที่ 1.4 และ 1.5

รัทเทอร์ฟอร์ดจึงสรุปผลการทดลองว่า ภายในอะตอมส่วนใหญ่เป็นที่ว่าง อนุภาคแอลฟาส่วนใหญ่ จึงทะลุผ่านเป็นเส้นตรง อนุภาคโปรตอนจะอยู่รวมกันเป็นบริเวณที่เล็กมากและมีมวลมาก เรียกว่า นิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนมีมวลน้อยมาก เคลื่อนที่อยู่รอบนิวเคลียส แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ดังภาพที่ 1.6



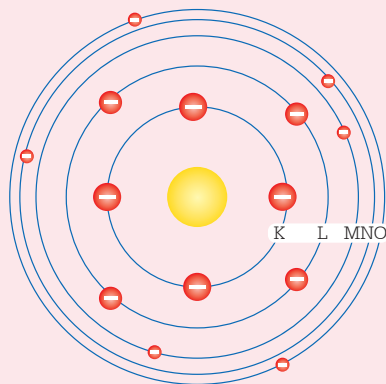
ภาพที่ 1.6 แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

อะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีโปรตอน รวมกันอยู่ตรงกลาง และมีอิเล็กตรอนวิ่งรอบ ๆ นิวเคลียส นิวเคลียสมีขนาดเล็ก แต่มีมวลมากและมีประจุบวก ส่วนอิเล็กตรอนมีมวลน้อยมากและมีประจุลบ จำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนโปรตอน

แบบจำลองอะตอมของโบร์

แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดมีข้อสงสัยว่า อิเล็กตรอนที่อยู่รอบนิวเคลียสนั้น มีลักษณะใด นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับอะตอมจากสเปกตรัมของแสงที่ได้จากการเผา สารประกอบ ซึ่งได้ข้อค้นพบสำคัญ คือ เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจะถูกกระตุ้นแล้วเลื่อนขึ้นไปสู่ระดับพลังงานที่สูงขึ้น แต่เนื่องจากไม่เสถียร จึงกลับสู่ระดับพลังงานที่ต่ำกว่าพร้อมกับคายพลังงานออกมา ดังนั้น จึงทำให้ทราบว่า อิเล็กตรอนที่อยู่รอบ ๆ นิวเคลียสนั้นไม่ได้อยู่รวมกันที่เดียวทั้งหมด แต่อยู่เป็น ระดับพลังงานรอบนิวเคลียส จึงสร้างสมมุติฐานเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมขึ้นมาใหม่ โดยแบบจำลอง อะตอมใหม่จะเป็นระดับพลังงานที่มีค่าพลังงานเฉพาะคล้าย ๆ กับวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ และเรียกอิเล็กตรอนชั้นที่อยู่ใกล้นิวเคลียสที่สุดและมีพลังงานต่ำสุดว่า ระดับพลังงาน K หรือ $n = 1$ และ เรียกระดับพลังงาน L M N ที่อยู่ถัดไป $n = 2$ $n = 3$ และ $n = 4$ ตามลำดับ ดังภาพที่ 1.7

ลักษณะคล้ายกับแบบจำลองอะตอมของ รัทเทอร์ฟอร์ด แต่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงโคจร ในแต่ละระดับพลังงานเหมือนการเคลื่อนที่ของ ดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์



ภาพที่ 1.7 แบบจำลองอะตอมของโบร์

แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมทำให้ได้ข้อมูลที่เชื่อได้ว่าอิเล็กตรอนไม่ได้เคลื่อนที่เป็นวงกลมและเป็นชั้นตามแบบจำลองอะตอมของโบร์ แต่เคลื่อนที่เป็นรูปทรงต่าง ๆ ตามระดับพลังงาน ของอิเล็กตรอน ตลอดจนอิเล็กตรอนมีขนาดเล็กมากและเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วตลอดเวลาไปทั่วทั้งอะตอม จึงไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอนได้ แต่มีโอกาที่จะพบอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส บางบริเวณเท่านั้น ทำให้สร้างมโนภาพได้ว่าอะตอมประกอบด้วยกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส ดังภาพที่ 1.8

อิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานเคลื่อนที่ อย่างรวดเร็วตลอดเวลา จึงไม่สามารถบอกตำแหน่ง ที่แน่นอนได้ บอกได้เพียงโอกาสที่พบอิเล็กตรอน เท่านั้น โดยบริเวณที่กลุ่มหมอกหนาที่บจะมีโอกาส พบอิเล็กตรอนได้มากกว่า

ภาพที่ 1.8 แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก



ทักษะชีวิตและอาชีพ

นักวิทยาศาสตร์ (scientist) คือ บุคคลผู้มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งสาขา เช่น เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และใช้หลักวิธีทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าวิจัย เพื่อสร้างนวัตกรรมอันเป็น ประโยชน์ต่อชีวิต

2.อนุภาคมูลฐานภายในอะตอม

จากการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอมซึ่งมีข้อมูลต่าง ๆ จากการทดลองมาสนับสนุนมากมายสรุปได้ว่า อะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานที่สำคัญ 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน (electron) โปรตอน (proton) และนิวตรอน (neutron)

- ?

ใครเสนออนุภาคนิวตรอน
- ?

ลองจินตนาการ และวาดรูปของอะตอมในความคิดขึ้นมา โดยให้มีองค์ประกอบทั้งอิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอนครบถ้วน



คำถามสำคัญ อนุภาคมูลฐานภายในอะตอมแต่ละชนิดมีสมบัติเป็นอย่างไร

กิจกรรมที่ 1.2 อนุภาคมูลฐานภายในอะตอม



วิธีทำ

แบ่งกลุ่ม แต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับอนุภาคมูลฐานภายในอะตอม ตลอดจนสมบัติพื้นฐานของอนุภาคมูลฐานแต่ละชนิดจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นนำเสนอด้วยผังกราฟิก

- ?

ภายในนิวเคลียสของอะตอมมีอนุภาคมูลฐานอะไรบ้าง
- ?

อะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะมีจำนวนอนุภาคมูลฐานแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- ?

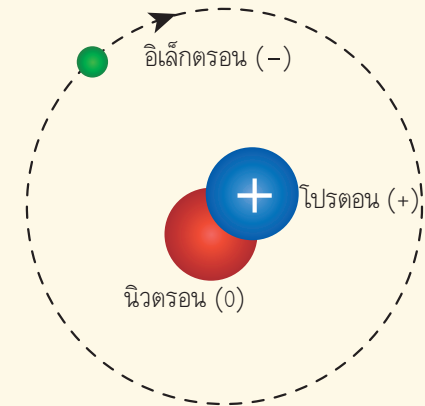
อนุภาคมูลฐานแต่ละชนิดมีสมบัติเป็นอย่างไร
- ?

สรุปผลการทำกิจกรรมนี้ได้อย่างไร

หลังทำกิจกรรมแล้ว
สิ่งที่เพื่อน ๆ ได้เรียนรู้
มีอะไรบ้าง



อะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานที่สำคัญ 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน (electron) โปรตอน (proton) และนิวตรอน (neutron) โดยอนุภาคโปรตอนกับอนุภาคนิวตรอนอยู่ด้วยกันอย่างหนาแน่นในบริเวณเล็ก ๆ ตรงใจกลางของอะตอม เรียกบริเวณนี้ว่า นิวเคลียส (nucleus) และมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสด้วยความเร็วสูง จึงมีลักษณะคล้ายกับมีกลุ่มหมอกของประจุลบปกคลุมอยู่โดยรอบ ดังภาพที่ 1.9



ภาพที่ 1.9 อะตอมและอนุภาคมูลฐานที่พบในอะตอม

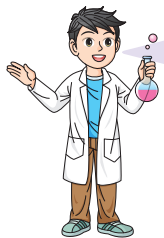
ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์ มวล และประจุของอนุภาคมูลฐานภายในอะตอม

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล (g)	ประจุ	
			คูลอมป์	ค่าประจุ
อิเล็กตรอน	e	9.109×10^{-28}	1.602×10^{-19}	-1
โปรตอน	p	1.67×10^{-24}	1.602×10^{-19}	+1
นิวตรอน	n	1.67×10^{-24}	0	0

อะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะมีจำนวนอนุภาคมูลฐานทั้งจำนวนโปรตอน อิเล็กตรอน และนิวตรอนแตกต่างกันไป โดยจำนวนโปรตอนจะเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของธาตุแต่ละชนิด

3. สัญลักษณ์นิวเคลียร์

อะตอมของธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญจำนวน 3 ชนิด คือ อนุภาคโปรตอน อนุภาคนิวตรอน และอนุภาคอิเล็กตรอน ซึ่งธาตุแต่ละชนิดจะมีจำนวนอนุภาคมูลฐานเหล่านี้แตกต่างกันไป



คำถามสำคัญ นักวิทยาศาสตร์สามารถแสดงจำนวนอนุภาคมูลฐานในอะตอมของธาตุแต่ละชนิดได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 1.3 สัญลักษณ์นิวเคลียร์



- วิธีทำ**
- แบ่งกลุ่ม แต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของสัญลักษณ์นิวเคลียร์ และวิธีการเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ
 - นำความรู้ที่ได้จากข้อ 1 เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ดังนี้

ตารางที่ 1.2 เลขอะตอม เลขมวล ชนิดและจำนวนอนุภาคมูลฐานของธาตุบางชนิด

ธาตุ	เลขอะตอม	โปรตอน	นิวตรอน	อิเล็กตรอน	เลขมวล	สัญลักษณ์นิวเคลียร์
Ne	10				20	
P		15	16	15		
O		8	8	8		
Ca		20	20			
F		9	10			

- ? องค์ประกอบของสัญลักษณ์นิวเคลียร์มีอะไรบ้าง
- ? การเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ตามหลักสากลมีหลักการอย่างไร
- ? สรุปผลการทำกิจกรรมนี้ได้อย่างไร

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ต้องการจะให้ข้อมูลรายละเอียดของธาตุใด ๆ ก็เขียนเป็นสัญลักษณ์ โดยในยุคแรกช่วงประมาณ พ.ศ. 2463 นักวิทยาศาสตร์ได้คิดสัญลักษณ์ของธาตุด้วยภาพต่าง ๆ แต่ต่อมามีการค้นพบธาตุใหม่เพิ่มมากขึ้น จึงได้เปลี่ยนมาใช้สัญลักษณ์แทน เรียกว่า **สัญลักษณ์นิวเคลียร์** (nuclear symbol) เพื่อแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับอนุภาคมูลฐานภายในอะตอม ดังนั้นสัญลักษณ์นิวเคลียร์จึงเป็นสิ่งที่เขียนแทนชื่อธาตุพร้อมแสดงเลขอะตอมและเลขมวล ซึ่งจะบอกรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนอนุภาคมูลฐานภายในอะตอมนั้นเอง

วิธีเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ตามหลักสากล มีดังนี้

- เขียนเลขอะตอมไว้มุมล่างซ้าย
- เขียนเลขมวลไว้มุมบนซ้ายของสัญลักษณ์ธาตุ

เลขมวล

เลขอะตอม

→

A

Z

สัญลักษณ์

X

A

Z

ความหมาย

สัญลักษณ์ธาตุ (element symbol)

เลขมวล = จำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียส

เลขอะตอม = จำนวนโปรตอนในนิวเคลียส

เลขอะตอม (atomic number) คือ ตัวเลขที่แสดงจำนวนโปรตอนที่อยู่ในนิวเคลียสของธาตุ แทนด้วยสัญลักษณ์ Z ซึ่งธาตุชนิดเดียวกันต้องมีจำนวนโปรตอนหรือเลขอะตอมเท่ากัน ในขณะเดียวกันเลขอะตอมยังบ่งบอกถึงจำนวนอิเล็กตรอน เมื่ออะตอมมีสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้า กล่าวคือ มีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน

เลขมวล (mass number) คือ ผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียส เลขมวลไม่ใช่ผลรวมอะตอม และมีจำนวนเต็มเสมอ แทนด้วยสัญลักษณ์ A

ตัวอย่าง

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ที่กำหนดให้ $^{19}_{9}\text{F}$ มีจำนวนโปรตอน อิเล็กตรอน และนิวตรอน จำนวนเท่าใด

ธาตุ F	จำนวนโปรตอน (Z)	=	9
	จำนวนอิเล็กตรอน	=	จำนวนโปรตอน = 9
	จำนวนนิวตรอน	=	A - Z
		=	19 - 9
		=	10

4. ไอโซโทป

อะตอมของธาตุโดยทั่วไปจะเป็นกลางทางไฟฟ้า ซึ่งมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน ภายหลังต่อมา เฟอร์เดอริก ซอดดี (Frederick Soddy) นักเคมีชาวอังกฤษ ได้ค้นพบว่า มีธาตุชนิดเดียวกัน แต่มีจำนวนนิวตรอนที่แตกต่างกัน



คำถามสำคัญ อะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน แต่มีจำนวนนิวตรอนไม่เท่ากันเรียกว่าอะไร

กิจกรรมที่

1.4 ไอโซโทป



วิธีทำ

แบ่งกลุ่ม แต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไอโซโทปของธาตุจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นนำเสนอด้วยผังกราฟิกประเภทผังความคิด

- ? ไอโซโทปคืออะไร
- ? สรุปผลการทำกิจกรรมนี้ได้อย่างไร
- ? ยกตัวอย่างธาตุที่เป็นไอโซโทปกัน

ไอโซโทป (isotope) หมายถึง อะตอมของธาตุเดียวกันที่มี**จำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน** แต่**จำนวนนิวตรอนต่างกัน** นั่นคือ เป็นอะตอมที่มีเลขอะตอมเหมือนกัน แต่มีเลขมวลต่างกัน เช่น



การอ่านชื่อไอโซโทป ให้เรียกชื่อธาตุ แล้วตามด้วยเลขมวล ดังนี้

- $^{16}_8\text{O}$ อ่านว่า ออกซิเจน 16
- $^{17}_8\text{O}$ อ่านว่า ออกซิเจน 17
- $^{18}_8\text{O}$ อ่านว่า ออกซิเจน 18

ตารางที่ 1.3 ไอโซโทปของธาตุต่าง ๆ

ธาตุ	สัญลักษณ์นิวเคลียร์	เลขอะตอม (Z)	เลขมวล (A)	จำนวน		
				โปรตอน (p)	นิวตรอน (n)	อิเล็กตรอน (e)
คาร์บอน	$^{12}_6\text{C}$	6	12	6	6	6
	$^{13}_6\text{C}$	6	13	6	7	6
	$^{14}_6\text{C}$	6	14	6	8	6
ออกซิเจน	$^{16}_8\text{O}$	8	16	8	8	8
	$^{17}_8\text{O}$	8	17	8	9	8
	$^{18}_8\text{O}$	8	18	8	10	8
คลอรีน	$^{35}_{17}\text{Cl}$	17	35	17	18	17
	$^{37}_{17}\text{Cl}$	17	37	17	20	17

อย่างไรก็ตามสำหรับไอโซโทปที่สำคัญ ๆ บางตัวจะมีชื่อเรียกเฉพาะ เช่น อะตอมของไฮโดรเจน มีจำนวน 3 ไอโซโทป ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ชื่อ จำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจน

สัญลักษณ์นิวเคลียร์	ชื่อ	จำนวน		
		โปรตอน (p)	นิวตรอน (n)	อิเล็กตรอน (e)
^1_1H	ไฮโดรเจน (hydrogen) หรือโปรเทียม (protium)	1	0	1
^2_1H	ดิวทีเรียม (deuterium)	1	1	1
^3_1H	ทริเทียม (tritium)	1	2	1

ประโยชน์ของไอโซโทป

- ปัจจุบันได้มีการนำไอโซโทปของธาตุกัมมันตรังสีต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ เช่น
- I-131 ใช้รักษามะเร็งหรือติดตามความผิดปกติที่ต่อมไทรอยด์
- Co-60 ใช้ถนอมอาหารโดยใช้รังสีแกมมาฆ่าเชื้อที่มากับอาหาร
- C-14 ใช้ในการคำนวณหาอายุของวัตถุโบราณ
- P-32 ใช้ในการควบคุมโรคที่เกิดจากไขกระดูกผลิตเม็ดเลือดแดงมากเกินไป



5. ไอออนของธาตุ

อะตอมของธาตุโดยทั่วไปจะมีสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้า กล่าวคือ มีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน แต่หากอะตอมของธาตุมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนไม่เท่ากัน จะเกิดสภาวะที่ไม่เป็นกลางทางไฟฟ้าเกิดขึ้น เรียกว่า **ไอออน** (ion) ซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งไอออนบวก (cation) และไอออนลบ (anion)



คำสำคัญ

ไอออนบวกและไอออนลบเกิดขึ้นได้อย่างไร

กิจกรรมที่

1.5

ไอออนของธาตุ



วัสดุอุปกรณ์

- ดินน้ำมัน 5 ก้อน
- กระดาษแข็งสีขาว 2 แผ่น



วิธีทำ

- แบ่งกลุ่ม แต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดไอออนของธาตุจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นเขียนบันทึกด้วยแผนภาพความคิด
- แต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผน ออกแบบ และสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงการเกิดไอออนบวกและไอออนลบของธาตุ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ให้

? อะตอมโดยทั่วไปมีสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้า หมายความว่าอย่างไร

? Mg^{2+} ซึ่งเป็นไอออนบวกเกิดขึ้นได้อย่างไร

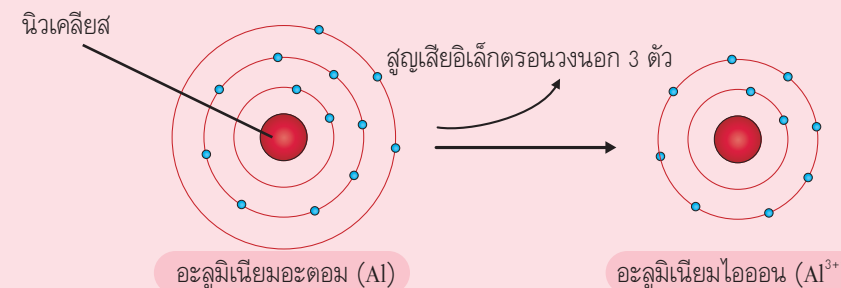
? O^{2-} ซึ่งเป็นไอออนลบเกิดขึ้นได้อย่างไร

? สรุปผลการทำกิจกรรมนี้ได้อย่างไร

เพื่อน ๆ มีแนวคิด
ในการออกแบบแบบจำลอง
เรื่องนี้หรือไม่อย่างไร



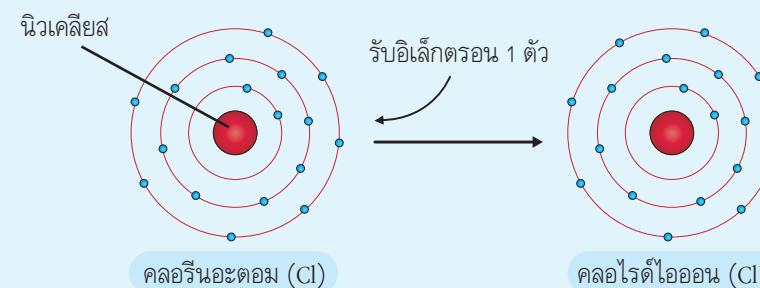
ไอออนบวก (cation) เกิดจากอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอนออกไปจากอะตอม เพื่อให้จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตัว ตามกฎออกเตต (octet rule) ซึ่งจะเกิดกับธาตุในกลุ่มโลหะซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของตารางธาตุ โดยถ้าอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอนจำนวน 1 ตัว อะตอมนั้นจะกลายเป็นไอออนที่มีประจุ +1 แต่ถ้าสูญเสียอิเล็กตรอนมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป จะมีจำนวนประจุของไอออนตามจำนวนอิเล็กตรอนที่สูญเสียไป เช่น อะลูมิเนียมซึ่งมีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ คือ $^{27}_{13}Al$



จำนวนโปรตอน	=	13
จำนวนนิวตรอน	=	14
จำนวนอิเล็กตรอน	=	13
ประจุ	=	0

จำนวนโปรตอน	=	13
จำนวนนิวตรอน	=	14
จำนวนอิเล็กตรอน	=	10
ประจุ	=	+3

ไอออนลบ (anion) เกิดจากอะตอมรับอิเล็กตรอนเข้ามาในอะตอม เพื่อให้จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตัว ตามกฎออกเตต (octet rule) ทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนในอะตอมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเกิดกับธาตุในกลุ่มโลหะซึ่งอยู่ทางด้านขวาของตารางธาตุ โดยถ้าอะตอมรับอิเล็กตรอนเข้ามาจำนวน 1 ตัว อะตอมนั้นจะกลายเป็นไอออนที่มีประจุ -1 แต่ถ้ารับอิเล็กตรอนมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป จะมีจำนวนประจุของไอออนตามจำนวนอิเล็กตรอนที่รับเข้ามา เช่น คลอรีนซึ่งมีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ คือ $^{35}_{17}Cl$



จำนวนโปรตอน	=	17
จำนวนนิวตรอน	=	18
จำนวนอิเล็กตรอน	=	17
ประจุ	=	0

จำนวนโปรตอน	=	17
จำนวนนิวตรอน	=	18
จำนวนอิเล็กตรอน	=	18
ประจุ	=	-1



คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่

อะตอม

1. แบบจำลองอะตอมของดอลตันและแบบจำลองอะตอมของทอมสันมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง
2. แบบจำลองอะตอมของทอมสันและแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง
3. แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดและแบบจำลองอะตอมของโบร์มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง
4. อะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจะมีจำนวนอนุภาคใดเท่ากัน เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
5. ใช้ข้อมูลสัญลักษณ์นิวเคลียร์ต่อไปนี้ $^{40}_{20}\text{Ca}$ $^{36}_{18}\text{Kr}$ $^{35}_{17}\text{Cl}$ แล้วตอบคำถามข้อ 5.1-5.3
 - 5.1 ธาตุชนิดใดมีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน
 - 5.2 ธาตุใดที่เป็นไอโซโทปกัน เพราะเหตุใด
 - 5.3 ธาตุชนิดใดมีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยที่สุด
6. เติมข้อมูลลงในตารางให้สมบูรณ์

ตารางที่ 1.5 สัญลักษณ์นิวเคลียร์ สัญลักษณ์ธาตุ เลขอะตอม เลขมวล ชนิดและจำนวนอนุภาคมูลฐานของไอออนบางชนิด

ไอออน	สัญลักษณ์นิวเคลียร์	สัญลักษณ์ธาตุ	เลขอะตอม	เลขมวล	จำนวน		
					โปรตอน	นิวตรอน	อิเล็กตรอน
F^-				19		10	
Al^{3+}				27			10
O^{2-}			8	16			
Ba^{2+}			56			81	
N^{3-}			7	14			

7. $^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ มีจำนวนอนุภาคมูลฐานแต่ละชนิดเป็นเท่าใด
8. ไอออนใดมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน $^{23}_{11}\text{Na}^+$ $^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$ $^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$
9. ธาตุ $^{80}_{35}\text{Br}$ รับอิเล็กตรอน จำนวน 1 ตัว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอนุภาคมูลฐานในอะตอมอย่างไร
10. ไอออนคืออะไร มีกี่ชนิด และแต่ละชนิดเกิดขึ้นได้อย่างไร



สื่อสารและนำเสนอ

นักเรียนร่วมกันนำเสนอการเรียนรู้เรื่อง อะตอม เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้และตรวจสอบความถูกต้องร่วมกัน



แบบประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง บอกสัญลักษณ์ที่ตรงกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของตนเอง



รายการ	ระดับความสามารถ			
	ดีเยี่ยม	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1. มีความรู้ ความเข้าใจอย่างชัดเจนเรื่อง อะตอม				
2. มีการสังเกตสิ่งแวดล้อม เกิดคำถามหรือสงสัยแล้วได้คาดคะเนคำตอบ				
3. รวมพลังคิดและปฏิบัติกิจกรรมหรือทดลองเพื่อหาคำตอบของคำถาม				
4. ได้รับการบ่มเพาะให้มีนิสัยความเป็นนักวิทยาศาสตร์				
5. มีการสร้างผลผลิตและ/หรือนวัตกรรมหลังเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์				
6. มีโอกาสเผยแพร่ผลผลิตสู่สาธารณะ				



โครงการสู่นวัตกรรม



นักเรียนแบ่งกลุ่ม แต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการของแบบจำลองอะตอมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นร่วมกันวางแผน ออกแบบ และสร้างแบบจำลองอะตอมจากวัสดุในท้องถิ่น นำผลงานมาจัดแสดงเป็นมุมศึกษาในชั้นเรียน