

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

# วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

## ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.บุญล้อม รักษาทรัพย์ กศ.บ., วท.ม., วท.ด.

สุภารัตน์ หาญกว้าง วท.บ., วท.ม.

รินฤดี ต่อชีวัน วท.บ.

## ผู้ตรวจ

รศ. ดร.วารี เนื่องจำนงค์ วท.บ., วท.ม., ปร.ด.

ดิเรก หุ่นสุวรรณ กศ.บ., ค.ม.

อังคณา รังสิมันต์สกุล กศ.บ., กศ.ม.

## บรรณาธิการ

อนุวัชร นามเชื้อ วท.บ., ศษ.บ.

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย บริษัท สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด

วัฒนาพานิช  สำนักพิมพ์

216-220 ถนนปทุมเมือง แขวงสำราญราษฎร์ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200  
โทร. 02 222 9394 • 02 222 5371-2 FAX 02 225 6556 • 02 225 6557  
email: info@wpp.co.th

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

# วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามละเมิด ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่

ส่วนหนึ่งส่วนใด เว้นแต่จะได้รับอนุญาต

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.บุญล้อม รักษาทรัพย์

สุภารัตน์ หาญขว้าง

รินฤติ ต่อชีวัน

ผู้ตรวจ

รศ. ดร.วารี เนืองจ่านงค์

ดิเรก หุ่นสุวรรณ

อังคณา รังสิมนต์สกุล

บรรณาธิการ

อนุวัชร นามเชื้อ

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2568

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 20,000 เล่ม

ISBN 978-974-18-7983-0

พิมพ์ที่ บริษัท โรงพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด นายเริงชัย จงพิพัฒน์สุข กรรมการผู้จัดการ

# คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 เล่มนี้ จัดทำขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนและครูใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปีที่หลักสูตรกำหนด พัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะตามที่ต้องการ ทั้งด้านการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี ตลอดจนพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมไทยและสังคมโลกได้อย่างมีความสุข

ในการจัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 เล่มนี้ คณะผู้จัดทำซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาและการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ได้ศึกษาหลักสูตรอย่างลึกซึ้ง ทั้งด้านวิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้แกนกลาง แนวทางการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งเอกสารหลักสูตรอื่น ๆ แล้วจึงออกแบบหน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยคำถามสำคัญ ตัวชี้วัดชั้นปี ศัพท์ที่ควรรู้ นวัตกรรม ค้นหาคำตอบ ผูกเพิ่มพูนทักษะ (กิจกรรมสะเต็มศึกษา) ทบทวนความเข้าใจ ผังมโนทัศน์ สาระสำคัญประจำหน่วย และกิจกรรมประจำหน่วย และท้ายเล่มยังมีบรรณานุกรม ภาคผนวก และอภิธานศัพท์ ซึ่งองค์ประกอบของหนังสือเรียนเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างครบถ้วนตามหลักสูตร

การเสนอเนื้อหา กิจกรรม และองค์ประกอบอื่น ๆ ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 เล่มนี้ มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยคำนึงถึงศักยภาพของนักเรียน เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมบนพื้นฐานของการบูรณาการแนวคิดทางการเรียนรู้อย่างหลากหลาย จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มุ่งพัฒนาการคิด และพัฒนาการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพัฒนาการทางสมองของนักเรียน อันจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 เล่มนี้ จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนตามหลักสูตรได้เป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

# คำชี้แจง

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 ได้ออกแบบให้มียอดประกอบที่สำคัญ ดังนี้

## องค์ประกอบที่สำคัญของหน่วยการเรียนรู้

**คำถามสำคัญ** คำถามนำเพื่อให้นักเรียนค้นหาองค์ความรู้เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้

**ตัวชี้วัดชั้นปี** เป้าหมายในการพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ โดยแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่  
ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง (ตามหนังสือที่ ศธ 04010/ว 1543 ลงวันที่ 23 มิถุนายน  
พ.ศ. 2566) ซึ่งตัวชี้วัดระหว่างทางพิมพ์ด้วยตัวอักษรสีดำ ส่วนตัวชี้วัดปลายทางพิมพ์ด้วย  
ตัวอักษรสีฟ้า

**ศัพท์ที่ควรรู้** คำศัพท์วิทยาศาสตร์ที่ควรจดจำ ซึ่งเป็นคำหลักในสาระที่เรียนรู้ซึ่งจะนำไปสู่ความ  
เข้าใจที่คงทนของนักเรียน

**น่ารู้** ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดรวบยอดและสาระที่นักเรียน  
เรียนรู้ในบทเรียน

**กิจกรรม** ภาระงานที่นักเรียนฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่ความ  
เข้าใจที่คงทนของนักเรียน

**ค้นหาคำตอบ** คำถามหลักท้าทายกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้เพื่อช่วยสร้างเสริมทักษะกระบวนการทาง  
วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

**ฝึกเพิ่มพูนทักษะ** คำถามหรือกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ หรือ**กิจกรรมสะเต็มศึกษา** ให้นักเรียน  
ฝึกปฏิบัติเพื่อสร้างเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21

**ทบทวนความเข้าใจ** คำถามหลักท้าทายหัวเรื่องหลัก เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจในสาระที่นักเรียน  
ได้เรียนรู้

**ผังมโนทัศน์ (concept map)** บทสรุปความคิดหลักของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบ  
ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนและช่วยในการจดจำสิ่งที่เรียนรู้

**สาระสำคัญประจำหน่วย** สรุปแนวคิด หลักการ และความคิดรวบยอดของสาระที่นำไปสู่ความ  
เข้าใจที่คงทนของนักเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดชั้นปี

**กิจกรรมประจำหน่วย** กิจกรรมสรุปความรู้ หลักการ ความคิดรวบยอด คำศัพท์ที่ได้เรียนรู้ใน  
แต่ละหน่วยการเรียนรู้ รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

# สัญลักษณ์กระบวนการเรียนรู้

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ที่กิจกรรมนั้นมีจุดมุ่งหมายและจุดเน้นที่แตกต่างกันตามลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับธรรมชาติของกลุ่มสาระการเรียนรู้และจุดเน้นของหลักสูตร ดังนั้น สัญลักษณ์จึงเป็นแนวทางที่เอื้อประโยชน์ต่อนักเรียนที่จะศึกษาหาความรู้ตามรายละเอียดของกิจกรรม ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 ได้กำหนดสัญลักษณ์ไว้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

## สัญลักษณ์หลักของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



**การสังเกต** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจำแนก การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



**การสำรวจ** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสำรวจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



**การทดลอง** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์ความคิดรวบยอดที่เรียนรู้โดยการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และสรุปผลการทดลอง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การพยากรณ์ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง



**การสืบค้นข้อมูล** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การลงสรุปข้อมูล เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

## สัญลักษณ์เสริมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



**การพัฒนากระบวนการคิด** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด เพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง



**การปฏิบัติจริง/ฝึกทักษะ** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิด และเพิ่มพูนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



**การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนต้องนำหลักการ แนวคิดของความคิดรวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงของ ชีวิตประจำวัน



**โครงการ** เป็นกิจกรรมโครงการคัดสรรที่นำหลักการและแนวคิดของความคิด รวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหา



**การทำประโยชน์ให้สังคม** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการ เรียนรู้ไปปฏิบัติเพื่อให้ตระหนักในการทำประโยชน์ให้สังคม



**ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ สร้างภาระงานเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง



**การวิเคราะห์ข้อมูล** เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้แยกแยะหาความสัมพันธ์ หรือความเป็นเหตุเป็นผลของข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่สนใจ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ ด้วยตนเอง

# สารบัญ

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 โครงสร้างของสาร

1

|                           |    |
|---------------------------|----|
| โครงสร้างอะตอม            | 2  |
| แบบจำลองอะตอม             | 3  |
| อนุภาคในอะตอม             | 6  |
| ตารางธาตุ                 | 10 |
| ตารางธาตุและสมบัติของธาตุ | 11 |
| ประโยชน์และอันตรายจากธาตุ | 17 |
| ธาตุกัมมันตรังสี          | 21 |
| พันธะเคมี                 | 27 |
| พันธะโคเวเลนต์            | 27 |
| พันธะไอออนิก              | 36 |
| พันธะโลหะ                 | 42 |

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สารประกอบอินทรีย์

49

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| พันธะเคมีของคาร์บอน             | 50 |
| สารประกอบไฮโดรคาร์บอน           | 52 |
| สารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว    | 53 |
| สารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว | 54 |
| กรดคาร์บอกซิลิกและเอมีน         | 55 |
| กรดคาร์บอกซิลิก                 | 57 |
| เอมีน                           | 58 |
| พอลิเมอร์                       | 60 |
| ความหมายของพอลิเมอร์            | 60 |
| การเกิดพอลิเมอร์                | 61 |
| โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์  | 63 |
| พอลิเมอร์ในชีวิตประจำวัน        | 66 |
| ปัญหาที่เกิดจากการใช้พอลิเมอร์  | 68 |
| กิจกรรมสะเต็มศึกษา              | 72 |

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ปฏิกริยาเคมี

77

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| การเกิดปฏิกิริยาเคมี                      | 78 |
| สมการเคมี                                 | 83 |
| ปฏิกิริยารีดอกซ์                          | 85 |
| อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                 | 86 |
| ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 89 |

## บรรณานุกรม

104

## ภาคผนวก

105

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| ความรู้เกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็มศึกษา | 105 |
| วิธีการเตรียมสาร                   | 111 |
| อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้         | 113 |

## อภิธานศัพท์

118

## โครงสร้างของสาร

- โครงสร้างอะตอม
- ตารางธาตุ
- พันธะเคมี

### คำถามสำคัญ

1. แบบจำลองอะตอมใช้อธิบายโครงสร้างอะตอมได้อย่างไร
2. อะตอมประกอบด้วยอนุภาคใดบ้าง
3. สัญลักษณ์นิวเคลียร์คืออะไร และใช้แทนสิ่งใด
4. ธาตุในกลุ่มโลหะและกลุ่มอโลหะมีสมบัติใดที่แตกต่างกัน
5. ธาตุเรฟรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันนำมาใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
6. พันธะเคมีคืออะไร แบ่งได้กี่ชนิด อะไรบ้าง
7. เมื่อใช้สภาพขั้วเป็นเกณฑ์ สารโคเวเลนต์แบ่งเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง
8. สูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกและสารโคเวเลนต์แสดงถึงอะไร
9. สารละลายจำแนกเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์โดยใช้เกณฑ์ใด

## โครงสร้างของสาร

### ตัวชี้วัดชั้นปี

1. ระบุว่าสารเป็นธาตุหรือสารประกอบ และอยู่ในรูปอะตอม โมเลกุล หรือไอออนจากสูตรเคมี (ว 2.1 ม. 5/1)
2. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองอะตอมของโบร์กับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก (ว 2.1 ม. 5/2)
3. ระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอม และไอออนที่เกิดจากอะตอมเดียว (ว 2.1 ม. 5/3)
4. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุการเป็นไอโซโทป (ว 2.1 ม. 5/4)
5. ระบุหมู่และคาบของธาตุ และระบุว่าธาตุเป็นโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ กลุ่มธาตุเรฟรีเซนทีฟ หรือกลุ่มธาตุแทรนซิชันจากตารางธาตุ (ว 2.1 ม. 5/5)
6. เปรียบเทียบสมบัติการนำไฟฟ้า การให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างธาตุในกลุ่มโลหะกับอโลหะ (ว 2.1 ม. 5/6)
7. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์และอันตรายที่เกิดจากธาตุเรฟรีเซนทีฟและธาตุแทรนซิชัน (ว 2.1 ม. 5/7)
8. ระบุว่าพันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม และระบุจำนวนคู่อิเล็กตรอนระหว่างอะตอมคู่ร่วมพันธะจากสูตรโครงสร้าง (ว 2.1 ม. 5/8)
9. ระบุสภาพขั้วของสารที่โมเลกุลประกอบด้วย 2 อะตอม (ว 2.1 ม. 5/9)
10. ระบุสารที่เกิดพันธะไฮโดรเจนได้จากสูตรโครงสร้าง (ว 2.1 ม. 5/10)
11. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของสารโคเวเลนต์กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตามสภาพขั้วหรือการเกิดพันธะไฮโดรเจน (ว 2.1 ม. 5/11)
12. เขียนสูตรเคมีของไอออนและสารประกอบไอออนิก (ว 2.1 ม. 5/12)
13. ระบุว่าสารเกิดการละลายแบบแตกตัวหรือไม่แตกตัว พร้อมให้เหตุผลและระบุว่าสารละลายที่ได้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือนอนอิเล็กโทรไลต์ (ว 2.1 ม. 5/13)
14. อธิบายสมบัติการละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ของสาร (ว 2.1 ม. 5/17)
15. อธิบายสมบัติของสารกัมมันตรังสี และคำนวณครึ่งชีวิตและปริมาณของสารกัมมันตรังสี (ว 2.1 ม. 5/24)
16. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์ของสารกัมมันตรังสีและการป้องกันอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี (ว 2.1 ม. 5/25)

## โครงสร้างอะตอม

นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจและศึกษาโครงสร้างอะตอมโดยใช้แบบจำลองอะตอม (atom model) อธิบายโครงสร้างอะตอมว่าประกอบด้วยอะไรและมีลักษณะใด นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมได้ในหัวข้อต่อไปนี้



ศัพท์ที่ควรรู้

- แบบจำลองอะตอม

## แบบจำลองอะตอม

นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามสร้างแบบจำลองอะตอมเพื่อหาองค์ประกอบของอะตอมและแสดงตำแหน่งของอนุภาคในอะตอมขึ้นตามแนวคิดที่ได้จากการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทำให้มีแบบจำลองอะตอมเกิดขึ้นหลายรูปแบบ ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ตามข้อมูลที่ได้จากการศึกษา การค้นคว้า และการทดลองใหม่ ๆ ที่ทันสมัยมาสนับสนุนและวิวัฒนาการเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม

แบบจำลองอะตอมมีวิวัฒนาการอย่างไร



### กิจกรรมที่ 1

### สืบค้นข้อมูลการค้นพบโครงสร้างอะตอม



#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

อธิบายวิวัฒนาการของโครงสร้างอะตอมและประวัติของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้

#### ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** ประวัติและการศึกษาวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนสำคัญในการค้นพบโครงสร้างอะตอม และวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมเป็นอย่างไร

#### ขั้นตอน

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการค้นพบโครงสร้างอะตอม โดยค้นคว้าในประเด็นประวัติและการศึกษาวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนสำคัญในการค้นพบแบบจำลองอะตอม
2. นำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

#### บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

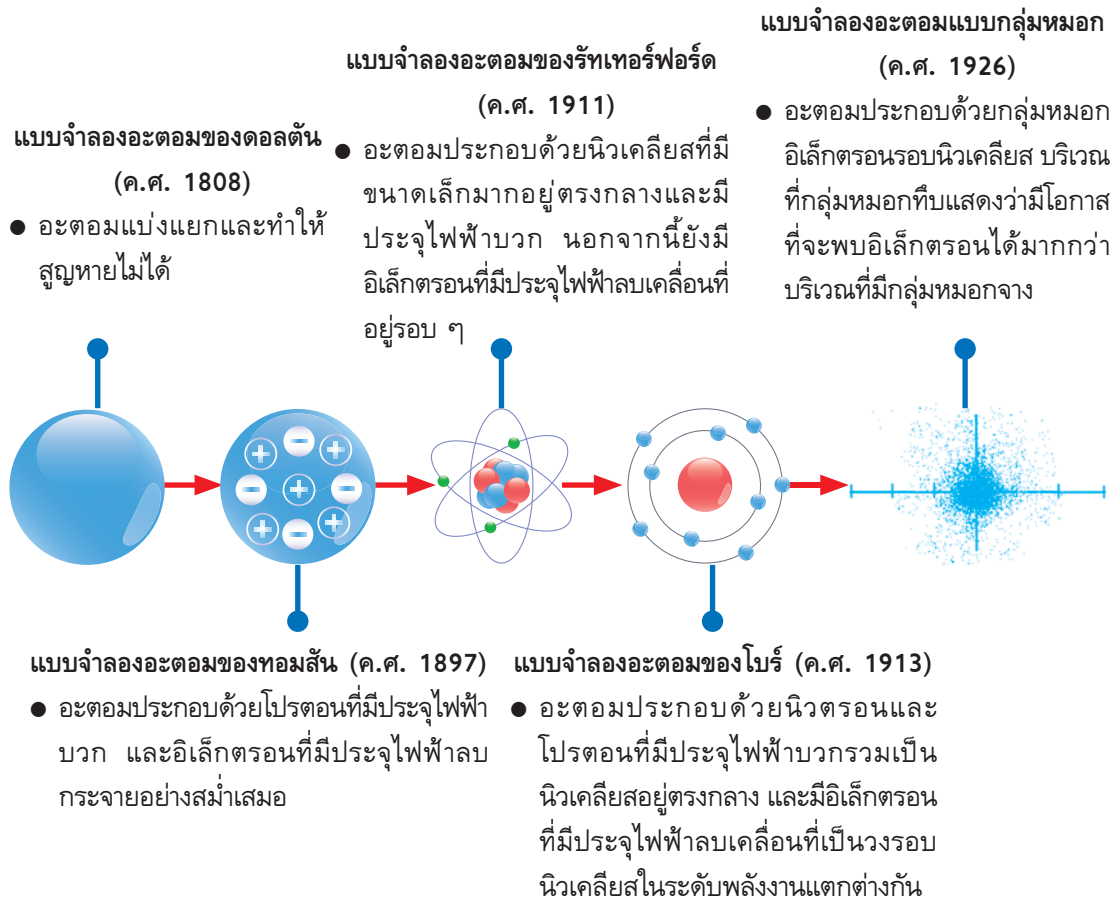
#### ผลการสืบค้นข้อมูล

ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด

#### ค้นหาคำตอบ

1. แบบจำลองอะตอมแต่ละแบบมีความแตกต่างกันในเรื่องใด
2. แบบจำลองอะตอมในอดีตมีการเปลี่ยนแปลงเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันเพราะเหตุใด

จากกิจกรรมพบว่า นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาค้นคว้าแบบจำลองอะตอมเรื่อยมาเพื่อให้เข้าใจสมบัติของธาตุต่าง ๆ มากขึ้น วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมจากอดีตจนถึงปัจจุบันเป็นดังรูปที่ 1.1



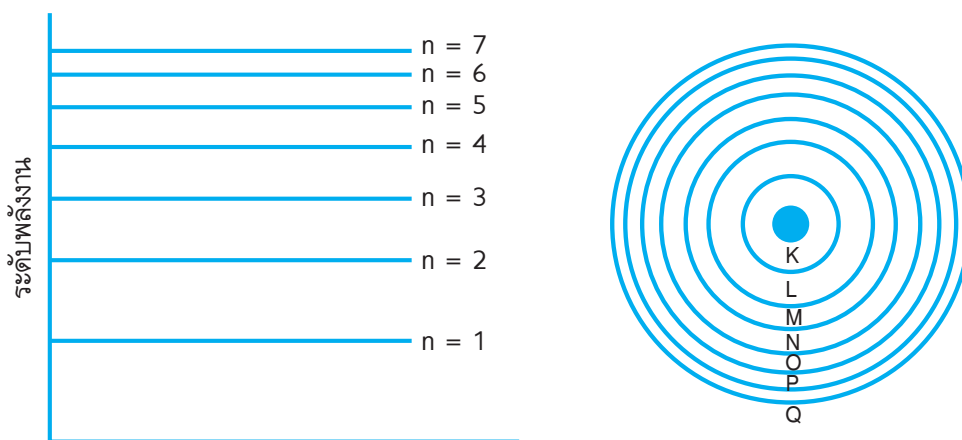
รูปที่ 1.1 วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

จากการศึกษา การค้นคว้า การสังเกต และผลการทดลองใหม่ ๆ ซึ่งปัจจุบันแบบจำลองอะตอมที่ใช้อธิบายโครงสร้างอะตอม ได้แก่ แบบจำลองอะตอมของโบร์และแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

### แบบจำลองอะตอมของโบร์

นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) นักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์ก เสนอแบบจำลองอะตอมขึ้นใหม่ โดยขยายแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดเพื่อใช้อธิบายพฤติกรรมของอิเล็กตรอนในอะตอมซึ่งอธิบายไว้ว่า “อะตอมประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนรวมกันเป็นนิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงรอบนิวเคลียส ซึ่งแต่ละวงมีระยะห่างจากนิวเคลียสและมีพลังงานแตกต่างกัน โดยอิเล็กตรอนวงนอกสุดหรือระดับพลังงานชั้นนอกสุด เรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน”

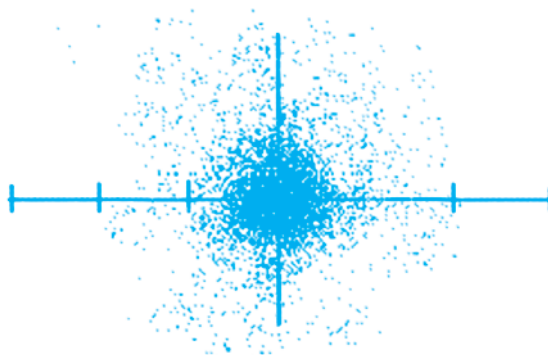
โบร์เรียกวงโคจรของอิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียสมากที่สุดและมีระดับพลังงานต่ำที่สุดว่า ระดับ K และเรียกระดับพลังงานที่อยู่ถัดออกไปซึ่งมีระดับพลังงานที่สูงขึ้นว่า ระดับ L, M, N, ... ตามลำดับ ต่อมาได้มีการใช้ตัวเลขแสดงถึงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน โดยเรียกระดับ K ว่า ระดับพลังงาน  $n = 1$  หมายถึง ระดับพลังงานที่ 1 ซึ่งอยู่ใกล้นิวเคลียสมากที่สุด และระดับ L ที่อยู่ถัดออกไป คือ ระดับพลังงาน  $n = 2$  หมายถึง ระดับพลังงานที่ 2 ต่อจากนั้นเป็นระดับ M, N, ... คือ ระดับพลังงาน  $n = 3, 4, \dots$  หมายถึง ระดับพลังงานที่ 3, 4 และระดับพลังงานที่สูงขึ้น ตามลำดับ ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ระดับพลังงานของอิเล็กตรอน

### แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

ต่อมาได้มีการศึกษาพบว่า อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ นิวเคลียสทั่วทั้งอะตอม เป็นทรงกลมหรือรูปทรงอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับอิเล็กตรอนอยู่ในระดับพลังงานใด นอกจากนี้ยังใช้ความรู้ทางด้านกลศาสตร์ควอนตัมสร้างสมการเพื่อใช้คำนวณโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ ซึ่งทำให้สามารถอธิบายเส้นสเปกตรัมของธาตุได้ถูกต้องกว่าแบบจำลองอะตอมของโบร์ เนื่องจากอิเล็กตรอนมีขนาดเล็กมากและเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วไปทุกทิศทุกทางทั่วทั้งอะตอม จึงไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนได้ แต่นักวิทยาศาสตร์พบว่ามีโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนมากที่บริเวณหนึ่งในขณะที่อาจพบอิเล็กตรอนน้อยที่บริเวณหนึ่ง ทำให้นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองอะตอมซึ่งอธิบายว่า “อะตอมประกอบด้วยกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส บริเวณที่มีกลุ่มหมอกที่บ แสดงว่ามีโอกาสพบอิเล็กตรอนได้มากกว่าบริเวณที่มีกลุ่มหมอกจาง”

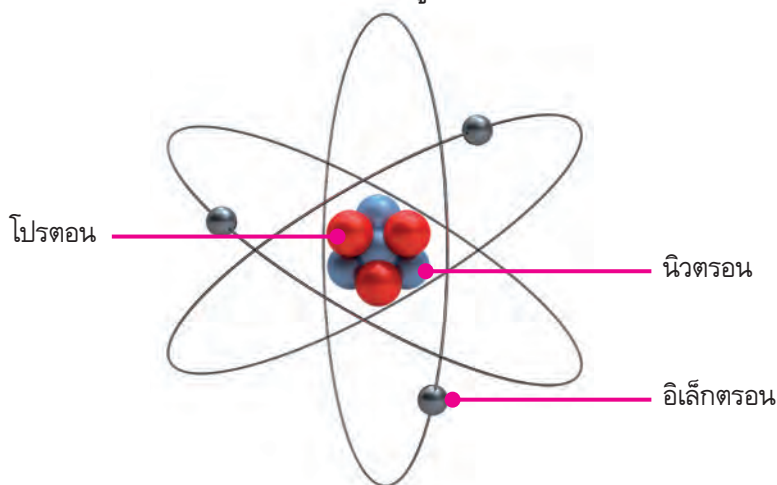


รูปที่ 1.3 แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกของไฮโดรเจนอะตอมซึ่งมี 1 อิเล็กตรอน

ปัจจุบันแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกสามารถนำไปอธิบายสมบัติต่าง ๆ ของอะตอมได้อย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังไม่ใช้อยู่ดีในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอะตอมของนักวิทยาศาสตร์

### อนุภาคในอะตอม

จากการศึกษาวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมพบว่า อะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่สำคัญ 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 อนุภาคในอะตอม

อนุภาคในอะตอมมีสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สมบัติของอนุภาคในอะตอม

| อนุภาค     | สัญลักษณ์       | มวล (กรัม)              | ประจุ (คูลอมบ์)         | ชนิดของประจุไฟฟ้า |
|------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| โปรตอน     | p หรือ $p^+$    | $1.673 \times 10^{-24}$ | $1.602 \times 10^{-19}$ | +1                |
| นิวตรอน    | n หรือ $n^0$    | $1.673 \times 10^{-24}$ | 0                       | 0                 |
| อิเล็กตรอน | e หรือ $e^{-1}$ | $9.109 \times 10^{-28}$ | $1.602 \times 10^{-19}$ | -1                |

จากตารางที่ 1.1 จะสังเกตได้ว่า โปรตอนและอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ดังนั้นจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนในอะตอมจึงมีผลต่อการแสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าของอะตอม เมื่ออะตอมมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน อะตอมจะเป็นกลางทางไฟฟ้า ซึ่งในภาวะปกติอะตอมมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนเสมอ ตัวอย่างจำนวนอนุภาคในอะตอมของธาตุบางชนิดแสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 จำนวนอนุภาคในอะตอมของธาตุบางชนิด

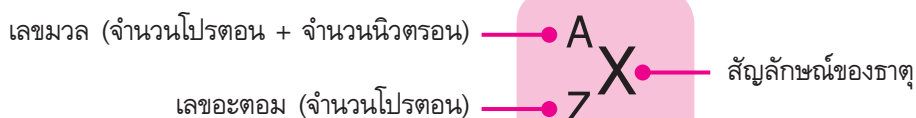
| ธาตุ     | สัญลักษณ์ | จำนวนโปรตอน | จำนวนอิเล็กตรอน | จำนวนนิวตรอน |
|----------|-----------|-------------|-----------------|--------------|
| ไฮโดรเจน | H         | 1           | 1               | 0            |
| ฮีเลียม  | He        | 2           | 2               | 2            |
| คาร์บอน  | C         | 6           | 6               | 6            |
| โซเดียม  | Na        | 11          | 11              | 12           |
| ฟอสฟอรัส | P         | 15          | 15              | 16           |

จากตารางที่ 1.2 สามารถสรุปความสัมพันธ์ของอนุภาคในอะตอมได้ว่า ธาตุมีจำนวนโปรตอนและจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากันเสมอ ส่วนจำนวนนิวตรอนจะเท่ากันหรือแตกต่างกันกับจำนวนโปรตอนหรืออิเล็กตรอนก็ได้ โดยจำนวนโปรตอนของธาตุชนิดเดียวกันต้องมีค่าเท่ากัน แต่จำนวนโปรตอนของธาตุต่างชนิดกันมีค่าไม่เท่ากัน

อะตอมของธาตุจะมีการให้หรือรับอิเล็กตรอน ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนเปลี่ยนแปลง จำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนจึงไม่เท่ากัน เกิดเป็นไอออน (ion) โดยไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโปรตอน เรียกว่า ไอออนบวก ส่วนไอออนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน เรียกว่า ไอออนลบ

### สัญลักษณ์นิวเคลียร์

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ คือ สัญลักษณ์ของธาตุที่เขียนแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนอนุภาคในอะตอม โดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เป็นสัญลักษณ์ของธาตุแทนชื่อธาตุ ใช้ตัวเลขที่มุมบนซ้ายมือของตัวอักษรแทนเลขมวล (mass number) และใช้ตัวเลขที่มุมล่างซ้ายมือของตัวอักษรแทนเลขอะตอม (atomic number)



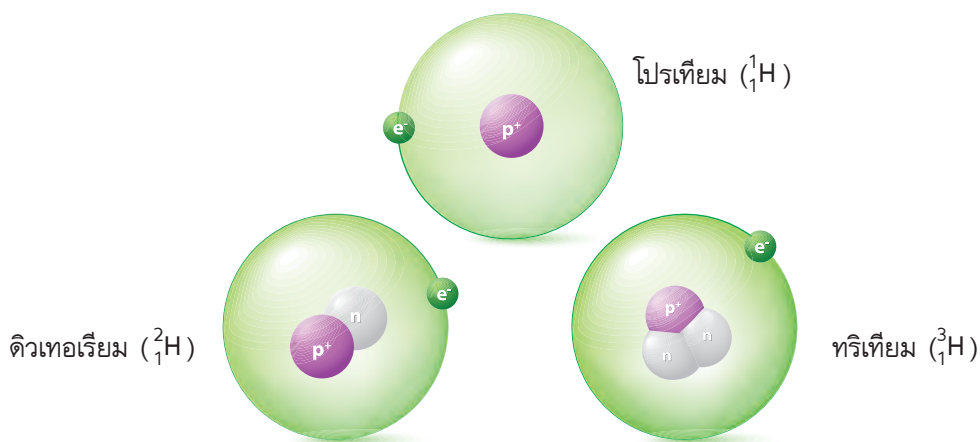
ดังนั้น ธาตุตัวอย่างในตารางที่ 1.2 สามารถเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ได้ คือ  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^4_2\text{He}$ ,  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  และ  ${}^{31}_{15}\text{P}$



### ฝึกเพิ่มพูนทักษะ

ระบุจำนวนอนุภาคในอะตอมแต่ละชนิดของธาตุต่อไปนี้  ${}^{91}_{40}\text{Zr}$ ,  ${}^{151}_{49}\text{In}$ ,  ${}^{139}_{57}\text{La}$  และ  ${}^{201}_{80}\text{Hg}$

เลขอะตอมของธาตุแต่ละชนิดเป็นตัวบ่งชี้สมบัติเฉพาะตัวของธาตุนั้น ๆ เนื่องจากธาตุที่มีเลขอะตอมและเลขมวลเหมือนกัน จะเป็นธาตุชนิดเดียวกันที่มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเหมือนกัน ส่วนธาตุที่มีเลขอะตอมเหมือนกันแต่มีเลขมวลแตกต่างกัน นั่นคือมีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่จำนวนนิวตรอนแตกต่างกัน จัดเป็นไอโซโทป (isotope) ซึ่งกันและกัน เช่น ไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทป คือ โปรเทียม (protium สัญลักษณ์ คือ H) ดิวเทอเรียม (deuterium สัญลักษณ์ คือ D) และทริเทียม (tritium สัญลักษณ์ คือ T) ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 ไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจน

ตารางที่ 1.3 ไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจน

| สัญลักษณ์นิวเคลียร์ | ชื่อเฉพาะ               | สัญลักษณ์ | จำนวนโปรตอน | จำนวนอิเล็กตรอน | จำนวนนิวตรอน |
|---------------------|-------------------------|-----------|-------------|-----------------|--------------|
| ${}^1_1\text{H}$    | โปรเทียม (protium)      | H         | 1           | 1               | 0            |
| ${}^2_1\text{H}$    | ดิวเทอเรียม (deuterium) | D         | 1           | 1               | 1            |
| ${}^3_1\text{H}$    | ทริเทียม (tritium)      | T         | 1           | 1               | 2            |

## ธาตุชนิดใดมีไอโซโทปบ้าง



## กิจกรรมที่ 2

## สืบค้นข้อมูลไอโซโทป



## จุดประสงค์ของกิจกรรม

สืบค้นข้อมูลไอโซโทปของธาตุบางชนิดและการใช้ประโยชน์จากไอโซโทปได้

## ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** ไอโซโทปของธาตุมีอนุภาคในอะตอมแตกต่างกันอย่างไร และนำมาใช้ประโยชน์อะไรบ้าง

**ขั้นตอน**

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับไอโซโทป โดยค้นคว้าในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
  - สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและไอโซโทป
  - การใช้ประโยชน์ของไอโซโทป
2. นำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

## บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

| สัญลักษณ์นิวเคลียร์ |         | การใช้ประโยชน์                   |
|---------------------|---------|----------------------------------|
| ธาตุ                | ไอโซโทป |                                  |
|                     |         | ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด |

## ค้นหาคำตอบ

1. ไอโซโทปของธาตุมีอนุภาคในอะตอมชนิดใดที่แตกต่างกัน
2. ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากไอโซโทปของธาตุ



## น่ารู้

ไอโซโทปมี 2 ชนิด คือ ไอโซโทปเสถียร ซึ่งมีนิวเคลียสที่เสถียร ไม่สลายตัว และไม่แผ่รังสี และ ไอโซโทปไม่เสถียร ซึ่งมีนิวเคลียสที่ไม่เสถียร เกิดการสลายตัวและแผ่รังสีตลอดเวลา เรียกไอโซโทปไม่เสถียรว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสีหรือสารกัมมันตรังสีนั่นเอง



### ทบทวนความเข้าใจ

1. แบบจำลองอะตอมของโบร์กับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกแตกต่างกันในลักษณะใด
2. อนุภาคในอะตอมมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
3. สัญลักษณ์นิวเคลียร์แสดงข้อมูลใดของอะตอม
4. ธาตุที่เป็นไอโซโทปซึ่งกันและกันมีสิ่งใดเหมือนและแตกต่างกัน

## ตารางธาตุ

ตั้งแต่อดีตนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบธาตุเป็นจำนวนมาก ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ย่อมมีสมบัติบางประการที่คล้ายกันหรือแตกต่างกัน ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะจดจำสมบัติของธาตุได้ทั้งหมด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามคิดวิธีจัดเรียงธาตุเป็นหมวดหมู่โดยใช้สมบัติของธาตุที่คล้ายกันเป็นเกณฑ์

ดิมิทรี อีวานโนวิช เมนเดเลเยฟ (Dimitri Ivanovich Mendelejev) นักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย ได้ศึกษารายละเอียดของธาตุต่าง ๆ และสังเกตได้ว่า ถ้าจัดเรียงธาตุตามมวลอะตอมจากน้อยไปมาก ธาตุจะมีสมบัติคล้ายคลึงกันเป็นช่วง ๆ ทำให้สามารถจัดเรียงธาตุในรูปแบบของตารางได้ เรียกว่า **ตารางธาตุ (periodic table)** โดยตารางธาตุที่เมนเดเลเยฟเสนอครั้งแรกยังไม่สมบูรณ์ มีการเว้นช่องในตารางธาตุไว้ ซึ่งเป็นตำแหน่งของธาตุที่ยังไม่ค้นพบในขณะนั้น เมนเดเลเยฟจึงได้ตั้งชื่อและทำนายสมบัติของธาตุเหล่านั้น โดยภายหลังเมื่อมีการค้นพบธาตุมากขึ้น และพบว่าธาตุเหล่านั้นมีสมบัติใกล้เคียงกับธาตุที่เมนเดเลเยฟได้ทำนายไว้



รูปที่ 1.6 ดิมิทรี อีวานโนวิช เมนเดเลเยฟ  
ที่มา: คลังภาพ วท.



ศัพท์ที่ควรรู้

- ตารางธาตุ



### น่ารู้

เมนเดเลเยฟได้ทำนายสมบัติของธาตุที่ยังไม่ค้นพบ 3 ธาตุ ให้ชื่อว่า เอคา-โบรอน เอคา-อะลูมิเนียม และเอคา-ซิลิคอน ซึ่งต่อมาได้ค้นพบธาตุสแกนเดียม แกลเลียม และเจอร์เมเนียม ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับที่เมนเดเลเยฟได้ทำนายไว้

ต่อมา เฮนรี โมสลีย์ (Henry Moseley) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้พบข้อบกพร่องบางประการในการจัดเรียงธาตุของเมนเดเลเยฟ เช่น เมื่อจัดเรียงธาตุตามมวลอะตอมจากน้อยไปมาก ทำให้ธาตุบางธาตุมีสมบัติไม่สอดคล้องกันในหมู่เดียวกัน โมสลีย์จึงเกิดแนวความคิดว่า ตำแหน่งของธาตุในตารางธาตุน่าจะขึ้นอยู่กับสมบัติต่าง ๆ ของธาตุที่มีความสัมพันธ์กับเลขอะตอมมากกว่า โมสลีย์จึงได้จัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมจากน้อยไปมาก และจัดเรียงธาตุที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันอยู่ในแถว (หมู่) เดียวกัน

### ตารางธาตุและสมบัติของธาตุ

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้จัดเรียงธาตุลงในตารางธาตุตามเลขอะตอมจากน้อยไปมาก และอาศัยสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพเป็นส่วนประกอบ โดยแบ่งธาตุเป็นแนวตั้ง เรียกว่า หมู่ (group) 18 หมู่ และแนวนอน เรียกว่า คาบ (period) 7 คาบ ซึ่งเป็นธาตุที่พบในธรรมชาติ 90 ธาตุ ที่เหลือเป็นธาตุที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น

#### การแสดง เลขหมู่ของตารางธาตุ ในปัจจุบัน

1. ระบบที่กำหนดหมู่ของธาตุด้วยเลขโรมันและกำกับด้วยตัวอักษร A และ B

2. ระบบที่กำหนดโดยสหภาพเคมีบริสุทธิ์และเคมีประยุกต์ระหว่างประเทศ (International Union of Pure and Applied Chemistry-IUPAC) ซึ่งกำหนดหมู่ของธาตุด้วยเลขอารบิก

ธาตุที่อยู่ในแนวตั้งทั้ง 18 หมู่ แบ่งเป็นหมู่ย่อย A 8 หมู่ และหมู่ย่อย B 8 หมู่ เมื่อพิจารณาสมบัติของธาตุในหมู่ย่อย A พบว่า 2 หมู่ด้านซ้ายของตารางธาตุ คือ IA และ IIA มีสมบัติเป็นโลหะ ด้านขวาของตารางธาตุ คือ VIIIA มีสมบัติเป็นอโลหะ ส่วนธาตุในหมู่ IIIA ถึง VIIA มีทั้งธาตุที่มีสมบัติเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ เราเรียกธาตุในหมู่ย่อย A นี้ว่า ธาตุเรพรีเซนเททีฟ (representative element)

ธาตุหมู่ย่อย B ทั้ง 8 หมู่ที่อยู่ตรงกลางของตารางธาตุเรียกว่า ธาตุแทรนซิชัน (transition element) เป็นกลุ่มธาตุที่มีสมบัติเป็นโลหะ ส่วนธาตุที่อยู่ในแนวนอนมีทั้งหมด 7 แถว แบ่งเป็น 7 คาบ แต่ละคาบจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมที่เพิ่มขึ้น

ਅਮਰਿਕਾ ਵਿਚ ਵੱਡੇ ਪੱਧਰ 'ਤੇ ਭੁੱਖ ਮਾਰੀ ਜਾ ਰਹੀ ਹੈ।

1792

ตัวอักษรดำ = ของแข็ง  
ตัวอักษรสีน้ำเงิน = ของเหลว  
ตัวอักษรสีแดง = แก๊ส

ตัวอย่างเช่น = ของเหลว

ตัวอักษรสีแดง = แก๊ส

ตัวอักษรสีเขียว = ชาติสังเคราะห์

คาร์บอน ————— ชีวชาติ

9

U

—สัญลักษณ์

12 011

110:71.

\* เล่นหาเน็ต

\*: แอ็กทีไนด์

รูปที่ 1.7 ตารางธาตุ

สมบัติของธาตุในกลุ่มโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะแตกต่างกันในลักษณะใด



### กิจกรรมที่ 3

สืบค้นข้อมูลสมบัติของธาตุในกลุ่มโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ



#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

อธิบายสมบัติทางกายภาพโดยทั่วไปของธาตุในกลุ่มโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะได้

#### ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** ธาตุในกลุ่มโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะมีสมบัติทางกายภาพลักษณะใด  
**ขั้นตอน**

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของธาตุในกลุ่มโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ โดยค้นคว้าในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
  - สถานะที่อุณหภูมิห้อง
  - จุดเดือดและจุดหลอมเหลว
  - การนำไฟฟ้าและการนำความร้อน
  - การให้และการรับอิเล็กตรอน
2. นำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

#### บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

##### ผลการสืบค้นข้อมูล

ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด

#### ค้นหาคำตอบ

1. ธาตุแต่ละกลุ่มมีสถานะที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกันหรือไม่ ลักษณะใด
2. ธาตุแต่ละกลุ่มมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวแตกต่างกันหรือไม่ ลักษณะใด
3. ธาตุแต่ละกลุ่มมีการนำไฟฟ้าและการนำความร้อนแตกต่างกันหรือไม่ ลักษณะใด
4. ธาตุแต่ละกลุ่มมีการให้และการรับอิเล็กตรอนแตกต่างกันหรือไม่ ลักษณะใด

จากกิจกรรมพบว่า ธาตุในกลุ่มโลหะ โลหะ และกึ่งโลหะ มีสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งธาตุที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะแสดงแนวโน้มของสมบัติเหมือนกัน ดังนี้



### ศัพท์ที่ควรรู้

- โลหะ
- โลหะ
- กึ่งโลหะ

#### กลุ่มโลหะ

- ธาตุที่มีสมบัติเป็นโลหะ (metal) หรือธาตุโลหะ ได้แก่ ธาตุหมู่ IA และ IIA ธาตุบางชนิดในหมู่ IIIA–VIIA และธาตุแทรนซิชัน
- มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ( $25^{\circ}\text{C}$ ) ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลว
- เป็นมันเงาและดึงหรือยืดเป็นเส้นได้
- จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง นำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี
- มีแนวโน้มในการให้อิเล็กตรอนได้ง่าย เมื่อให้อิเล็กตรอนแล้ว อะตอมจะกลายเป็นไอออนบวก

#### กลุ่มอโลหะ

- ธาตุที่มีสมบัติเป็นอโลหะ (non-metal) หรือธาตุอโลหะ ได้แก่ ธาตุหมู่ VIIIA และธาตุบางชนิดในหมู่ IVA–VIIA
- มีสถานะได้ทั้ง 3 สถานะที่อุณหภูมิห้อง แต่ส่วนใหญ่อยู่ในสถานะแก๊ส
- จุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำ นำไฟฟ้าและนำความร้อนไม่ดี
- มีแนวโน้มในการรับอิเล็กตรอน เมื่อรับอิเล็กตรอนแล้ว อะตอมจะกลายเป็นไอออนลบ

#### กลุ่มกึ่งโลหะ

- ธาตุที่มีสมบัติเป็นกึ่งโลหะ (metalloid) หรือธาตุกึ่งโลหะ ได้แก่ ธาตุบางชนิดในหมู่ IIIA–VIIA
- มีสมบัติทางกายภาพระหว่างธาตุโลหะและธาตุอโลหะ
- ตำแหน่งบริเวณสี่เหลี่ยมที่มีลักษณะคล้ายขั้นบันไดในตารางธาตุ
- อยู่ระหว่างรอยต่อของธาตุโลหะกับธาตุอโลหะ (ยกเว้น Al และ Ts ที่มีสมบัติเป็นโลหะ)



### น่ารู้

ธาตุบางหมู่มีการกำหนดชื่อเป็นสากล เช่น หมู่ IA เรียกว่า โลหะแอลคาไล (alkali metal) หมู่ IIA เรียกว่า โลหะแอลคาไลน์เอิร์ท (alkaline earth metal) หมู่ VIIA เรียกว่า ธาตุแฮโลเจน (halogen) และหมู่ VIIIA (ยกเว้น Og) เรียกว่า แก๊สมีสกุล (noble gas)

ธาตุหมู่ IA IIA และ IIIA เป็นธาตุโลหะที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากหรือน้อยเพียงใด



## กิจกรรมที่ 4

### สังเกตการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะบางชนิดกับน้ำ



#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

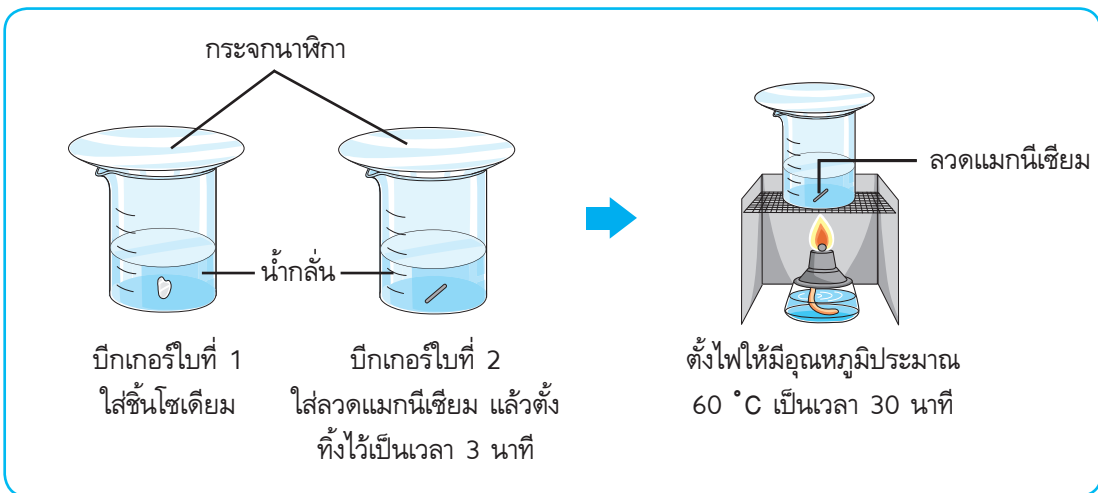
อธิบายและเปรียบเทียบความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีของธาตุหมู่ IA IIA และ IIIA กับน้ำได้

#### ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** โซเดียม แมกนีเซียม และอะลูมิเนียม ธาตุใดเกิดปฏิกิริยาเคมีกับน้ำได้เร็วกว่ากัน  
**ขั้นตอน**

1. สังเกตลักษณะภายนอกของก้อนโซเดียมที่แช่ในน้ำมัน โดยห้ามสัมผัสก้อนโซเดียมเด็ดขาด แล้วบันทึกผล
2. ใส่ น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 3 ใบ ใบละ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. ใช้ปากคีบคีบก้อนโซเดียมแล้วตัดเป็นชิ้นขนาดเท่าเม็ดถั่วเขียว สังเกตรอยตัดใหม่ ๆ แล้วซับด้วยกระดาษชำระให้แห้ง จากนั้นใส่ชิ้นโซเดียมลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 แล้วรีบปิดบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกาทันที สังเกตการเปลี่ยนแปลงจนปฏิกิริยาสิ้นสุด แล้วบันทึกผล
4. ใช้แท่งแก้วคนสารแต่ละสารละลายที่ได้จากข้อ 3 ลงบนกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน สังเกตการเปลี่ยนแปลง แล้วบันทึกผล
5. สังเกตลวดแมกนีเซียมที่ขัดสะอาดแล้ว (ดูวิธีการเตรียมสารที่ภาคผนวก) จากนั้นใส่ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 แล้วรีบปิดบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกาทันที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง แล้วบันทึกผล
6. นำบีกเกอร์จากข้อ 5 ไปตั้งไฟให้มีอุณหภูมิประมาณ  $60^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 3 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลง แล้วบันทึกผล
7. ใช้แท่งแก้วคนสารแต่ละสารละลายที่ได้จากข้อ 6 ลงบนกระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน สังเกตการเปลี่ยนแปลง แล้วบันทึกผล
8. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 5-7 แต่เปลี่ยนลวดแมกนีเซียมเป็นแผ่นอะลูมิเนียม ใส่ลงในบีกเกอร์ใบที่ 3
9. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล



รูปที่ 1.8 การสังเกตการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมและแมกนีเซียมกับน้ำ

- หมายเหตุ: 1. โซเดียมทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ นักเรียนควรสวมแว่นตานิรภัยและถุงมือทุกครั้งขณะปฏิบัติกิจกรรมและใช้ความระมัดระวังอย่างมาก
2. ให้อาจลองโลหะโซเดียมทำปฏิกิริยาจนหมด

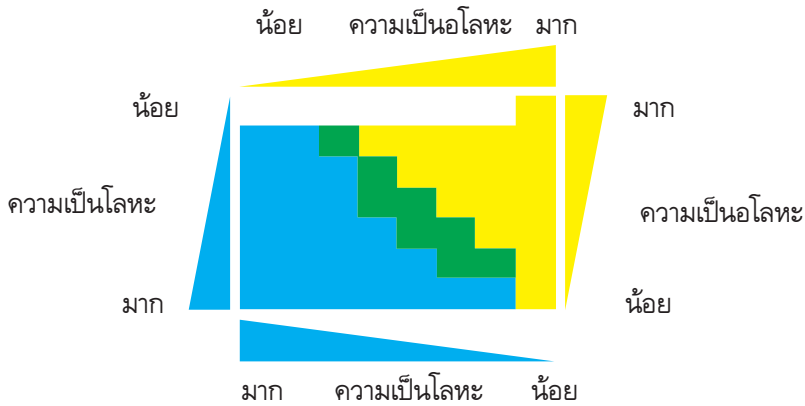
### บันทึกผลการสังเกต

| ชนิดของโลหะ | ลักษณะที่สังเกตได้ | ผลการสังเกต                |                   |
|-------------|--------------------|----------------------------|-------------------|
|             |                    | ที่อุณหภูมิห้อง            | ที่อุณหภูมิ 60 °C |
| โซเดียม     |                    |                            |                   |
| แมกนีเซียม  |                    | ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด |                   |
| อะลูมิเนียม |                    |                            |                   |

### ค้นหาคำตอบ

- เมื่อใส่ชิ้นโซเดียมลงในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด
- การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างลวดแมกนีเซียมกับน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องกับน้ำร้อนแตกต่างกันหรือไม่ ลักษณะใด
- สารละลายที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างชิ้นโซเดียมกับน้ำกลั่น ลวดแมกนีเซียมกับน้ำกลั่น และแผ่นอะลูมิเนียมกับน้ำกลั่นมีสมบัติใด สังเกตได้จากอะไร

จากกิจกรรมพบว่า ความไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างธาตุกับน้ำกลั่นลดลงจากโซเดียม แมกนีเซียม และอะลูมิเนียม แสดงว่าธาตุในคาบเดียวกันมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีลดลงจากซ้ายไปขวา หรือมีความเป็นโลหะลดลงจากซ้ายไปขวาของคาบตามลำดับ หรือความเป็นโลหะลดลงเมื่อเลขหมู่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แนวโน้มความเป็นโลหะและอโลหะของธาตุในคาบเดียวกันและหมู่เดียวกัน

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในหมู่เดียวกัน ความเป็นโลหะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาบเพิ่มขึ้น เนื่องจากโลหะมีแนวโน้มให้อิเล็กตรอนได้ง่ายขึ้น

ส่วนแนวโน้มความเป็นอโลหะของธาตุเกิดตรงกันข้ามกับความเป็นโลหะ คือ เมื่อธาตุอยู่ในคาบเดียวกัน ความเป็นอโลหะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาของคาบตามลำดับ หรือความเป็นอโลหะเพิ่มขึ้นเมื่อเลขหมู่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาในหมู่เดียวกัน ความเป็นอโลหะลดลงเมื่อจำนวนคาบเพิ่มขึ้น เนื่องจากอโลหะมีแนวโน้มรับอิเล็กตรอนได้ยากขึ้นเมื่อจำนวนคาบเพิ่มขึ้น

## ประโยชน์และอันตรายจากธาตุ

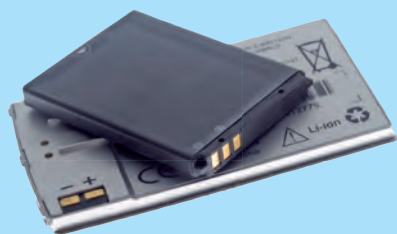
จากการศึกษาธาตุและสมบัติของธาตุที่ผ่านมาพบว่า ธาตุแต่ละกลุ่มมีสมบัติแตกต่างกัน เราสามารถนำธาตุมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากธาตุ มีดังนี้



รูปที่ 1.10 หลอดไฟฟ้า

ที่มา: คลังภาพ วพ.

โซเดียม ใช้ทำส่วนประกอบของหลอดไฟฟ้าโซเดียมเพื่อให้แสงสว่างบนท้องถนน โดยหลอดไฟฟ้าโซเดียมให้แสงสีเหลืองส้ม นอกจากนี้ยังใช้ทำสารหล่อเย็นในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ด้วย



รูปที่ 1.11 แบตเตอรี่

ที่มา: คลังภาพ วพ.

ลิเทียม ใช้ทำขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิด เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต กล้องถ่ายรูป และแบตเตอรี่



รูปที่ 1.12 รังรถไฟ  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

◀ เหล็ก ใช้ทำรั้ว รังรถไฟ อุปกรณ์การเกษตร และบรรจุภัณฑ์อาหาร



รูปที่ 1.13 ยานอวกาศ  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

◀ ไทเทเนียม ผสมกับโลหะบางชนิดใช้ผลิตยานอวกาศหรืออากาศยาน ฟันปลอม รากฟันเทียม และกระดูกเทียม



รูปที่ 1.14 สายไฟฟ้า  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

◀ ทองแดง ใช้ทำสายไฟฟ้าและส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 1.15 แก้ว  
ที่มา: คลังภาพ วพ.



รูปที่ 1.16 เซลล์สุริยะ  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

▲ ซิลิคอน สารประกอบของซิลิคอนใช้ทำแก้ว ซีเมนต์ เซรามิก และซิลิโคน หรือนำมาใช้ทำสารกึ่งตัวนำในเซลล์ไฟฟ้าและเซลล์สุริยะ



รูปที่ 1.17 หิงเจอร์ไอโอดีน  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

ไอโอดีน ไอโอดีนที่ละลายในเอทานอลเรียกว่า หิงเจอร์ไอโอดีน ใช้ทาแผลสดเพื่อฆ่าเชื้อโรค นอกจากนี้ ไอโอดีนยังเป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนไทรอกซินในต่อมไทรอยด์ ถ้าร่างกายขาดไอโอดีนจะทำให้ร่างกายแคระแกร็นและเป็นโรคคอพอก



รูปที่ 1.18 ถึงอากาศ  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

ฮีเลียม อยู่ในสถานะแก๊ส แก๊สฮีเลียมใช้ผสมกับแก๊สออกซิเจนและแก๊สไนโตรเจน เพื่อใช้บรรจุน้ำหนักประดาน้ำ

### ธาตุมีผลต่อการดำรงชีวิตของเราอย่างไร



#### กิจกรรมที่ 5

#### สืบค้นข้อมูลประโยชน์และอันตรายจากธาตุ



##### จุดประสงค์ของกิจกรรม

บอกประโยชน์และอันตรายจากธาตุที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

##### ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** ธาตุนำมาใช้ประโยชน์อะไรบ้าง และธาตุมีอันตรายอย่างไร

##### ขั้นตอน

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์และอันตรายจากธาตุ โดยค้นคว้าในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
  - การนำธาตุมาใช้ประโยชน์
  - อันตรายจากธาตุและการป้องกันอันตราย
2. นำข้อมูลที่ได้นำมาอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

## บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

### ผลการสืบค้นข้อมูล

ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด

### ค้นหาคำตอบ

1. ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากธาตุ
2. ยกตัวอย่างอันตรายและการป้องกันอันตรายจากการนำธาตุมาใช้

แม้ว่าธาตุจะถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย แต่การนำธาตุมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องศึกษาถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ธาตุ ตัวอย่างดังรูปที่ 1.19



- ▲ การใช้แบตเตอรี่ลิเทียมต้องใช้อย่างถูกวิธีเพื่อป้องกันการบวมของแบตเตอรี่และทำให้สารเคมีรั่วไหลปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม หรือเกิดระเบิดระหว่างใช้งานได้



- ▲ เหล็กขึ้นสนิมได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศ สนิมทำให้ความแข็งแรงของเหล็กลดลง ดังนั้น เราจึงต้องเคลือบเหล็กด้วยสารป้องกันสนิม หรือนำไปผสมกับธาตุชนิดอื่นเพื่อป้องกันเหล็กขึ้นสนิม



- ▲ แก๊สฮีเลียมถูกนำมาอัดลูกโป่งเพื่อให้ลูกโป่งลอยได้ เรียกว่า ลูกโป่งสวรรค์ แต่แก๊สฮีเลียมมีราคาแพง ทำให้ผู้จำหน่ายลูกโป่งสวรรค์บางรายอัดลูกโป่งโดยใช้แก๊สไฮโดรเจนที่มีราคาถูกแทน แต่แก๊สไฮโดรเจนเป็นแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย ถ้าแก๊สไฮโดรเจนรั่วไหลและถูกประกายไฟจะระเบิด ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

รูปที่ 1.19 ตัวอย่างอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ธาตุ  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

## ธาตุกัมมันตรังสี

นักเรียนได้เรียนรู้สมบัติของธาตุโลหะ ธาตุอโลหะ ธาตุกึ่งโลหะ และธาตุทรานซิชันในตารางธาตุมาแล้ว แต่ยังมีธาตุอีกกลุ่มหนึ่งที่มีสมบัติแตกต่างไปจากธาตุกลุ่มดังกล่าว เนื่องจากธาตุสามารถแผ่รังสีได้ ธาตุที่กล่าวถึงนี้ คือ ธาตุกัมมันตรังสี (radioactive element) หรือสารกัมมันตรังสี (radioactive substances) และเรียกปรากฏการณ์ที่ธาตุเหล่านี้แผ่รังสีว่า กัมมันตภาพรังสี (radioactivity) ตัวอย่างของสารกัมมันตรังสี เช่น โคบอลต์-60 ไอโอดีน-131 และยูเรเนียม-238

### การเกิดกัมมันตภาพรังสี

อะตอมของสารกัมมันตรังสีประกอบด้วยนิวเคลียสที่ไม่เสถียร นิวเคลียสที่ไม่เสถียรจะสลายตัวพร้อมกับปล่อยพลังงานออกมาในรูปของอนุภาคหรือรังสี จากนั้นสารเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นธาตุใหม่ รังสีหลักที่แผ่จากสารกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด คือ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันดังนี้

รังสีแอลฟา (alpha)  
 $\alpha$  หรือ  ${}^4_2\text{He}$

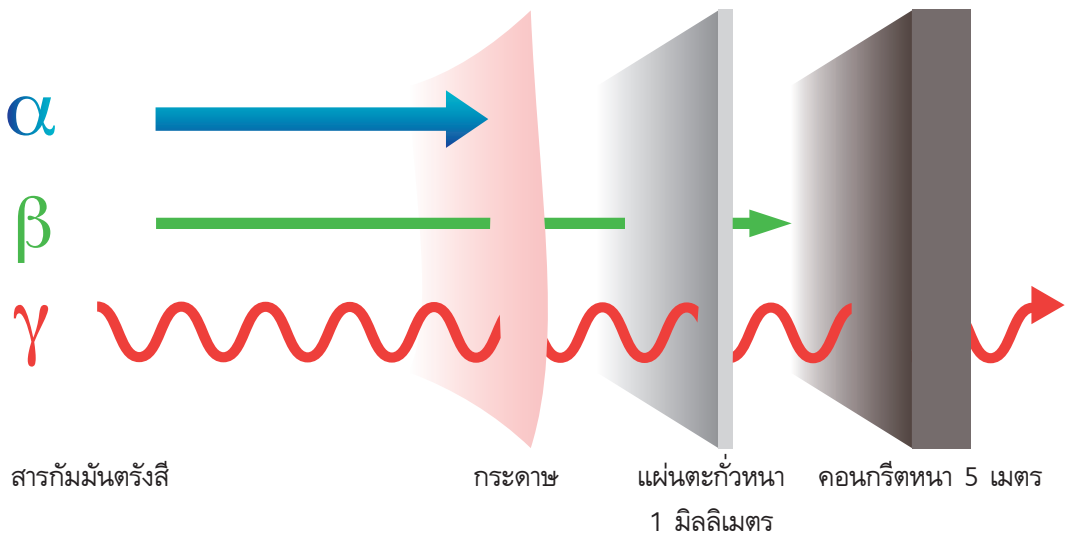
- ประกอบด้วยโปรตอน ( $p^+$ ) และนิวตรอน ( $n^0$ ) อย่างละ 2 อนุภาค
- มีประจุไฟฟ้า +2
- มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ
- ไม่สามารถผ่านกระดาษหรือแผ่นโลหะบาง ๆ ได้

รังสีบีตา (beta)  
 $\beta$  หรือ  ${}^0_{-1}\text{e}$

- มีสมบัติเหมือนอิเล็กตรอน ( $e^-$ )
- มีประจุไฟฟ้า -1
- มีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีแอลฟา 100 เท่า
- สามารถทะลุผ่านแผ่นโลหะบาง ๆ เช่น แผ่นตะกั่วหนา 1 มิลลิเมตร หรือแผ่นอะลูมิเนียมหนา 5 มิลลิเมตรได้

รังสีแกมมา (gamma)  
 $\gamma$

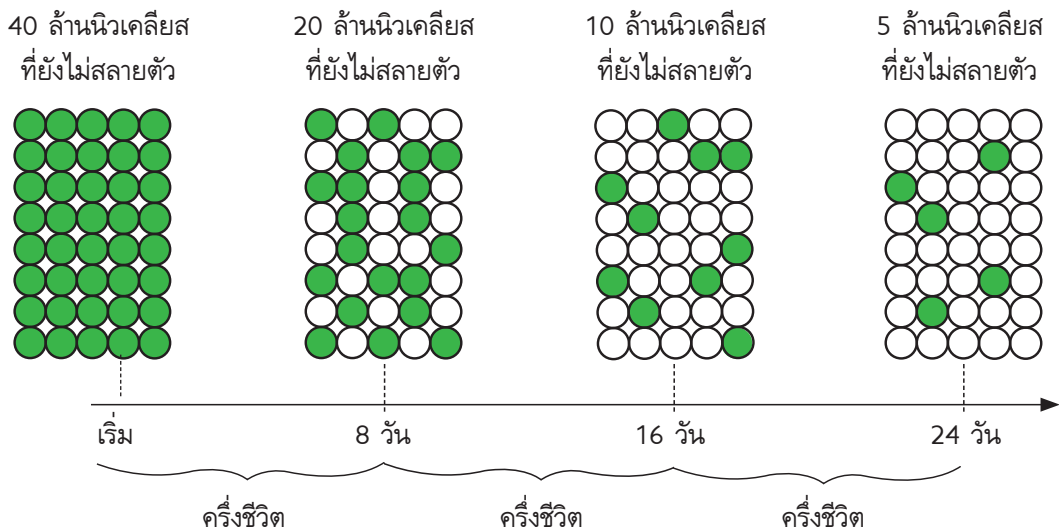
- เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10 พิโกเมตร ( $1 \times 10^{-11}$  เมตร)
- ไม่มีประจุไฟฟ้าและไม่มีมวล
- มีอำนาจทะลุทะลวงสูงมาก
- สามารถทะลุผ่านแผ่นตะกั่วหนา 8 มิลลิเมตร หรือคอนกรีตหนา 5 เมตรได้



รูปที่ 1.20 อำนาจทะลุทะลวงของรังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมาผ่านวัสดุต่าง ๆ

### การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

นิวเคลียสของสารกัมมันตรังสีสลายตัวได้ด้วยตัวเองและแผ่รังสีได้ตลอดเวลา โดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิหรือความดัน การสลายตัวและการแผ่รังสีของสารกัมมันตรังสีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอนุภาคในนิวเคลียสของสารกัมมันตรังสี โดยมีอัตราการสลายตัวคงที่เท่ากับครึ่งชีวิต ดังรูปที่ 1.21



กำหนดให้ ● แทน 1 ไล่นิวเคลียสที่ยังไม่สลายตัว: ไอโอดีน-131

○ แทน 1 ไล่นิวเคลียสใหม่: ซีซอน-131

รูปที่ 1.21 การสลายนิวเคลียสของไอโอดีน-131

จากรูปที่ 1.21 แสดงการสลายนิวเคลียสของไอโอดีน-131 ซึ่งเป็นสารกัมมันตรังสีของไอโอดีน เริ่มต้นจากไอโอดีน-131 มีนิวเคลียสเท่ากับ 40 ล้านนิวเคลียส ปริมาณ 20 กรัม เมื่อผ่านไป 8 วันหรือในวันที่ 8 นิวเคลียสจำนวนครึ่งหนึ่งสลายตัวไปเหลือ 20 ล้านนิวเคลียส ปริมาณ 10 กรัม เมื่อผ่านไปอีก 8 วันหรือในวันที่ 16 นิวเคลียสจำนวนครึ่งหนึ่งสลายตัวไปเหลือ 10 ล้านนิวเคลียส ปริมาณ 5 กรัม และเมื่อผ่านไปอีก 8 วันหรือในวันที่ 24 นิวเคลียสจำนวนครึ่งหนึ่งสลายตัวไปเหลือ 5 ล้านนิวเคลียส ปริมาณ 2.5 กรัม ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งไอโอดีน-131 สลายนิวเคลียสจนหมด เราเรียกระยะเวลาที่นิวเคลียสของสารกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิมว่า **ครึ่งชีวิต (half-life)** ใช้สัญลักษณ์  $t_{1/2}$

สารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดมีครึ่งชีวิตไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัว ดังตัวอย่างในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสีบางชนิด

| สารกัมมันตรังสี | ครึ่งชีวิต | สารกัมมันตรังสี | ครึ่งชีวิต           |
|-----------------|------------|-----------------|----------------------|
| เรดอน-220       | 52 วินาที  | คาร์บอน-14      | 5,730 ปี             |
| ไอโอดีน-128     | 28 นาที    | พลูโทเนียม-239  | 24,400 ปี            |
| เรดอน-222       | 3.8 วัน    | ยูเรเนียม-235   | $7.1 \times 10^8$ ปี |
| สตรอนเชียม-90   | 28 ปี      | ยูเรเนียม-238   | $4.5 \times 10^9$ ปี |

สารกัมมันตรังสีมีสมบัติแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของรังสีที่เกิดขึ้น ครึ่งชีวิต และอัตราการแผ่รังสี สมบัติเหล่านี้มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในหลายด้าน ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ตัวอย่างประโยชน์จากสารกัมมันตรังสีในด้านต่าง ๆ

| ประโยชน์  |                                                                                                                                          | สารกัมมันตรังสี |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| เกษตรกรรม | <ul style="list-style-type: none"> <li>ควบคุมแมลง</li> <li>ชะลอการสุกงอมของผลไม้และใช้ถนอมอาหาร</li> </ul>                               | โคบอลต์-60      |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>ใช้ศึกษาความต้องการปุ๋ยฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตของพืช</li> </ul>                                  | ฟอสฟอรัส-32     |
| การแพทย์  | <ul style="list-style-type: none"> <li>ตรวจหาอัตราการหมุนเวียนของเลือด</li> <li>ตรวจหาตำแหน่งของเนื้องอกและบริเวณที่กลืนเลือด</li> </ul> | โซเดียม-24      |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>รักษาโรคมะเร็ง</li> <li>การฆ่าเชื้อโรคของเครื่องมือแพทย์</li> </ul>                               | โคบอลต์-60      |

| ประโยชน์                    |                                                                                                                                             | สารกัมมันตรังสี |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| การแพทย์                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ตรวจสอบความผิดปกติของต่อมไทรอยด์</li> <li>● รักษาต่อมไทรอยด์เป็นพิษและมะเร็งต่อมไทรอยด์</li> </ul> | ไอโอดีน-131     |
|                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ตรวจตับและไขกระดูก</li> <li>● รักษาโรคมะเร็งผิวหนัง</li> </ul>                                     | ทองคำ-198       |
|                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● รักษาโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (ลิวคีเมีย)</li> </ul>                                                  | ฟอสฟอรัส-32     |
| อุตสาหกรรม                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ใช้วัดความหนาแน่นของวัสดุ</li> </ul>                                                               | โคบอลต์-60      |
|                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ตรวจการรั่วของน้ำจากท่อ</li> </ul>                                                                 | โซเดียม-24      |
| การศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ | <ul style="list-style-type: none"> <li>● คำนวณอายุของวัตถุโบราณหรือซากดึกดำบรรพ์</li> </ul>                                                 | คาร์บอน-14      |
|                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● คำนวณอายุของหิน</li> </ul>                                                                         | ยูเรเนียม-238   |
| พลังงาน                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์</li> </ul>      | ยูเรเนียม-238   |

ในธรรมชาติเกิดกัมมันตภาพรังสีตลอดเวลาจากธาตุที่มีอยู่ในอากาศ หิน ดิน และต้นไม้ รังสีเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อมที่เราหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งมีปริมาณน้อยและไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่ถ้าร่างกายได้รับรังสีปริมาณมากก็อาจมีอันตรายต่อร่างกายได้ เนื่องจากเนื้อเยื่อดูดกลืนพลังงานของรังสี แล้วแตกตัวเป็นไอออน ทำให้เซลล์ถูกทำลาย นอกจากนี้ รังสียังอาจทำให้เกิดโรคมะเร็งและอาจมีผลต่อสารพันธุกรรมได้ โดยเฉพาะสารกัมมันตรังสีที่อยู่ในรูปของแก๊สหรือผง ซึ่งสะสมในร่างกายได้ง่าย เซลล์จึงดูดกลืนรังสีที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา



### ฝึกเพิ่มพูนทักษะ

เทคนิคซีม-99 จำนวน 10 กรัม จะมีปริมาณเท่าใดเมื่อวางทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง โดยเทคนิคซีม-99 มีครึ่งชีวิต 6 ชั่วโมง

กัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ประโยชน์อะไรบ้าง และมีวิธีป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกัมมันตภาพรังสีได้อย่างไร



### กิจกรรมที่ 6

### สืบค้นข้อมูลกัมมันตภาพรังสี



#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

สืบค้นข้อมูลและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ และผลกระทบจากกัมมันตภาพรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

## ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** กัมมันตภาพรังสีมีผลกระทบต่อมนุษย์ในเรื่องใด

**ขั้นตอน**

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี โดยค้นคว้าในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
  - วิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม
  - การใช้ประโยชน์จากกัมมันตภาพรังสีในด้านต่าง ๆ
  - ผลของรังสีต่อร่างกายและการป้องกันอันตรายจากรังสี
2. นำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

## บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

## ผลการสืบค้นข้อมูล

ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด

## ค้นหาคำตอบ

1. การตรวจสอบรังสีมีวิธีใดบ้าง ยกตัวอย่าง
2. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับการนำรังสีที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในด้านเกษตรกรรม เพราะอะไร
3. การป้องกันอันตรายจากรังสีช่วยลดผลของรังสีต่อร่างกายได้เพราะอะไร

แม้ว่ากัมมันตภาพรังสีจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต แต่ถ้าเรารู้วิธีใช้สารกัมมันตรังสีอย่างปลอดภัยและวิธีป้องกันอันตรายจากรังสีที่เกิดขึ้น เราก็จะได้รับประโยชน์จากกัมมันตภาพรังสี การป้องกันอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี โดยทั่วไปมีหลักการดังนี้

1) ใช้วัสดุที่รังสีผ่านได้ยากมาเป็นเครื่องกำบัง เช่น ใช้ตะกั่วหรือคอนกรีตเป็นเครื่องกำบังรังสีแกมมาและรังสีบีตา

2) ปริมาณรังสีที่ได้รับแปรผันตรงกับเวลา ดังนั้น ถ้าจำเป็นต้องเข้าไปใกล้บริเวณที่มีกัมมันตภาพรังสี ควรใช้เวลาให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้

ในส่วนของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสีจะมีวิธีป้องกันที่เข้มงวดและรัดกุมมากขึ้น เช่น การพกเครื่องตรวจสอบการแผ่รังสีของสารกัมมันตรังสีขณะทำงาน การสวมใส่ชุดพิเศษ และสวมถุงมือที่มีตะกั่วเป็นวัสดุในการตัดเย็บ และการติดป้ายสัญลักษณ์รังสีในบริเวณพื้นที่ที่มีการปฏิบัติงานเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี



รูปที่ 1.22 การใช้เครื่องไกเกอร์มูลเลอร์เคาน์เตอร์ตรวจสอบการแผ่รังสีของสารกัมมันตรังสี  
ที่มา: คลังภาพ วพ.



รูปที่ 1.23 การติดป้ายสัญลักษณ์รังสีในบริเวณพื้นที่ที่มีการปฏิบัติงานเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี  
ที่มา: คลังภาพ วพ.

เนื่องจากรังสีที่เกิดจากสารกัมมันตรังสีมีผลต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ดังนั้น ผู้ที่ใช้ประโยชน์จากสารกัมมันตรังสีต้องมีการจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้นด้วย ถ้าสารกัมมันตรังสีมีปริมาณรังสีจากของเสียสูงเกินกว่าที่เกณฑ์กำหนดว่าเป็นระดับอันตรายและไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แล้ว จะเรียกว่า กากกัมมันตรังสี (**radioactive waste**) ซึ่งแบ่งได้ 3 ชนิด ตามปริมาณรังสี คือ กากกัมมันตรังสีระดับต่ำ กากกัมมันตรังสีระดับกลาง และกากกัมมันตรังสีระดับสูง

- กากกัมมันตรังสีระดับต่ำ
- กากกัมมันตรังสีระดับกลาง

วิธีกำจัด

ฝังดินบริเวณที่ไม่เป็นที่ลุ่ม ไม่มีประวัติน้ำผิวดินไหล และภูเขาไฟปะทุ และน้ำใต้ดินต้องลึกมากกว่า 10 เมตร

- กากกัมมันตรังสีระดับสูง

วิธีกำจัด

ฝังในชั้นธรณีลึกและมั่นคง โดยสภาพพื้นที่ต้องมีชั้นหินอัคนี หินแปร หรือหินชนวนอยู่ที่ระดับความลึกมากประมาณ 500–1,000 เมตร



### ทบทวนความเข้าใจ

1. ตารางธาตุในปัจจุบันแบ่งเป็นกี่กลุ่ม และธาตุแต่ละกลุ่มมีสมบัติลักษณะใดบ้าง
2. ธาตุในหมู่เดียวกันมีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด เพราะอะไร
3. ครึ่งชีวิตคืออะไร
4. ยกตัวอย่างประโยชน์จากการใช้สารกัมมันตรังสี

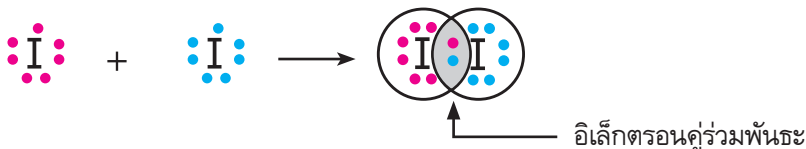
## พันธะเคมี

ในภาวะปกติ สารส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดจากอะตอมเดี่ยว ๆ แต่จะเกิดจากอะตอมที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (ยกเว้นธาตุในหมู่ VIIIA) โดยจะยึดกันเป็นกลุ่มก้อนของอะตอมจำนวนมากว่าหนึ่ง หรือที่เรียกว่า โมเลกุล ซึ่งอาจเป็นอะตอมชนิดเดียวกันหรืออะตอมต่างชนิดกันก็ได้

แรงยึดเหนี่ยวที่ทำให้อะตอมหรือไอออนอยู่ด้วยกันเป็นโมเลกุลเรียกว่า **พันธะเคมี (chemical bond)** เช่น พันธะโคเวเลนต์ (covalent bond) พันธะไอออนิก (ionic bond) และพันธะโลหะ (metallic bond) พันธะที่แตกต่างกันนี้มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของสาร เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว และการละลายในตัวทำละลายแตกต่างกัน นักเรียนสามารถเรียนรู้ลักษณะที่แตกต่างกันได้ในช่วงข้อต่อไป

### พันธะโคเวเลนต์

พันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ ๆ ของโลหะกับอโลหะเพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตต แล้วเกิดเป็นโมเลกุล เช่น พันธะระหว่างอะตอมในหมู่เดียวกันของไฮโดรเจน ( $H_2$ ) และออกซิเจน ( $O_2$ ) หรือพันธะระหว่างอะตอมในหมู่ต่างกันของมีเทน ( $CH_4$ ) และคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) เรียกสารที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมด้วยพันธะโคเวเลนต์นี้ว่า **สารโคเวเลนต์ (covalent compound)** ซึ่งนักวิทยาศาสตร์พบว่า อะตอมที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ส่วนใหญ่เป็นธาตุอโลหะ โดยพันธะเคมีที่เกิดขึ้นเป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน ดังตัวอย่างพันธะโคเวเลนต์ในไอโอดีน ( $I_2$ )



ไอโอดีน (I) 1 อะตอม มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 จึงรับได้อีก 1 อิเล็กตรอน เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ดังนั้น ไอโอดีน 1 อะตอม จึงใช้ 1 อิเล็กตรอนร่วมกับไอโอดีนอีก 1 อะตอม เพื่อให้ไอโอดีนแต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต และเรียกอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันว่า **อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (bonded pair electron)**



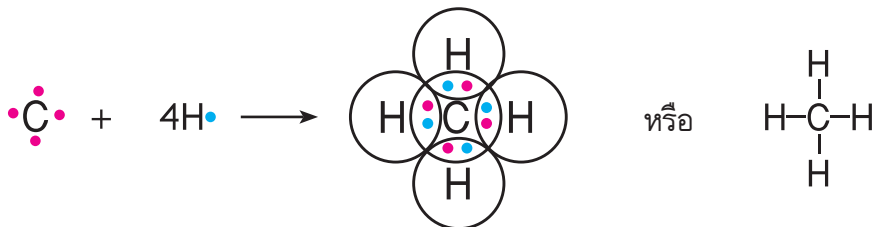
## น่ารู้

กฎออกเตต (octet rule) เป็นกฎที่กล่าวถึงการเกิดพันธะเคมีระหว่างอะตอม ซึ่งมีการให้ การรับ หรือใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมเท่ากับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของแก๊สเฉื่อยที่อยู่ใกล้กับธาตุนั้นในตารางธาตุ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8

### ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

อะตอมที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ในบางครั้งอาจใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันจำนวนไม่เท่ากัน เราใช้เกณฑ์นี้ในการจำแนกพันธะโคเวเลนต์เป็น 3 ชนิด คือ

1. **พันธะเดี่ยว** คือ พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เช่น ไอโอดีน และจากการเขียนแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างไอโอดีนจะสังเกตได้ว่า ไอโอดีนใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ หรือมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ ซึ่งแทนด้วยจุด 2 จุดตรงกลางระหว่างไอโอดีน สัญลักษณ์ลักษณะนี้แสดงถึงพันธะโคเวเลนต์ชนิดพันธะเดี่ยว นอกจากนี้ จุด 2 จุดที่แสดงถึงการเกิดพันธะโคเวเลนต์สามารถเขียนแทนได้ด้วยเส้น โดยจุด 2 จุดแทนด้วยเส้นตรง 1 เส้น (–) ตัวอย่างสารโคเวเลนต์ที่เป็นพันธะเดี่ยว เช่น น้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) และมีเทน ( $\text{CH}_4$ )



2. **พันธะคู่** คือ พันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ แทนด้วยเส้นตรง 2 เส้น (=) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และออกซิเจน ( $\text{O}_2$ )



3. **พันธะสาม** คือ พันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ แทนด้วยเส้นตรง 3 เส้น ( $\equiv$ ) เช่น ไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) และอะเซทิลีน ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )





## ฝึกเพิ่มพูนทักษะ

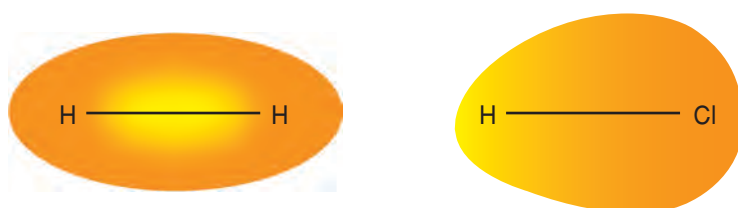
ระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์พร้อมทั้งเขียนแสดงพันธะของสารโคเวเลนต์ดังต่อไปนี้  $\text{NCl}_3$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  และ  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$

นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดการเขียนสูตรเคมี (chemical formula) ขึ้นมา โดยอาศัยสัญลักษณ์ของธาตุตามตารางธาตุ เพื่อใช้แทนชื่อของธาตุและสารประกอบ ซึ่งสูตรเคมีจะบอกถึงชนิดและจำนวนอะตอมของธาตุ ทำให้เราทราบว่าธาตุหรือสารประกอบนั้นอยู่ในรูปของอะตอมหรือโมเลกุล เช่น

- แก๊สฮีเลียมเป็นธาตุที่มีสูตรเคมี คือ He ซึ่งประกอบด้วยฮีเลียม (He) 1 อะตอม ซึ่งเป็นธาตุอโลหะที่มีความเสถียรในรูปของอะตอม
- แก๊สออกซิเจนเป็นสารประกอบที่มีสูตรเคมี คือ  $\text{O}_2$  ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจน (O) 2 อะตอม ซึ่งเป็นธาตุอโลหะทั้งคู่ จึงสร้างพันธะโคเวเลนต์และอยู่ในรูปของโมเลกุล
- น้ำเป็นสารประกอบที่มีสูตรเคมี คือ  $\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจน (H) 2 อะตอม และออกซิเจน (O) 1 อะตอม ซึ่งเป็นธาตุอโลหะทั้งคู่ จึงสร้างพันธะโคเวเลนต์และอยู่ในรูปของโมเลกุล

### สภาพขั้วของสารโคเวเลนต์

นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาการกระจายของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะในสารโคเวเลนต์ และพบว่า สารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน เช่น  $\text{H}_2$  มีการกระจายของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะรอบ ๆ อะตอมเท่ากัน แต่เมื่อสารโคเวเลนต์ประกอบด้วยธาตุต่างชนิดกัน เช่น HCl มีการกระจายของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะรอบ ๆ อะตอมไม่เท่ากัน โดยกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะอยู่บริเวณคลอรีน ดังรูปที่ 1.24



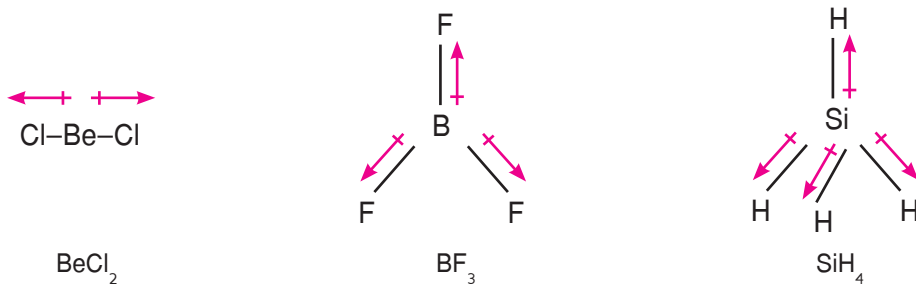
รูปที่ 1.24 การกระจายของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของ  $\text{H}_2$  และ HCl

การกระจายของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนที่เท่ากันในโมเลกุลของ  $\text{H}_2$  ทำให้อะตอมในสารโคเวเลนต์ไม่มีการแสดงสภาพอำนาจไฟฟ้า เรียกสารโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า สารไม่มีขั้วหรือโมเลกุลไม่มีขั้ว (non-polar molecule) ส่วนการกระจายของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนที่ไม่เท่ากันในโมเลกุลของ HCl ทำให้อะตอมในสารโคเวเลนต์มีการแสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าได้ เรียกสารโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า สารมีขั้วหรือโมเลกุลมีขั้ว (polar molecule)

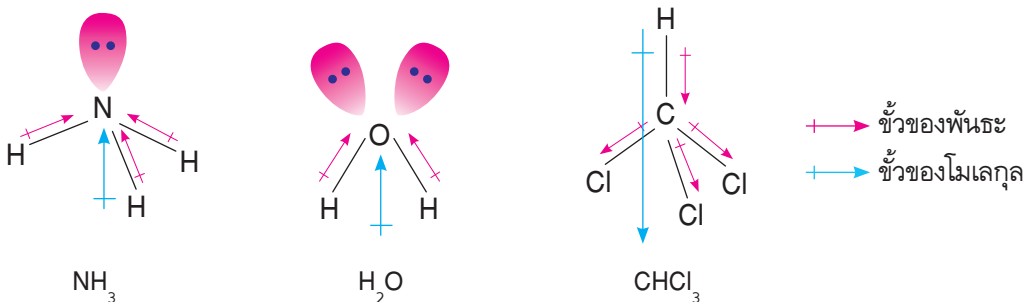
สภาพัฒของสารโคเวเลนต์แสดงโดยใช้ลูกศร  $\rightarrow$  หัวลูกศรชี้ไปทางอะตอมที่แสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นลบ ส่วนโคนลูกศรที่มีลักษณะคล้ายเครื่องหมายบวกให้อยู่บริเวณอะตอมที่แสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นบวก ดังนั้น สภาพัฒของพันธะ HCl จึงเขียนได้เป็น



สำหรับสารโคเวเลนต์ที่ประกอบด้วยอะตอมมากกว่า 2 อะตอม อาจเป็นสารมีขั้วหรือสารไม่มีขั้วก็ได้ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของโมเลกุลและการรวมสภาพัฒของพันธะในโมเลกุลแบบเวกเตอร์ ถ้ารูปร่างโมเลกุลมีการรวมสภาพัฒของพันธะในโมเลกุลแบบหักล้างกันหมด จะทำให้เป็นสารไม่มีขั้ว เช่น  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{BF}_3$  และ  $\text{SiH}_4$



ถ้านักเรียนสังเกตรูปร่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ตัวอย่างจะพบว่า รูปร่างเหล่านี้เป็นรูปร่างที่สมมาตรและอะตอมกลางล้อมรอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกันทั้งหมด ทำให้สภาพัฒของพันธะในโมเลกุลหักล้างกันหมด แต่ถ้าโมเลกุลมีรูปร่างไม่สมมาตร เช่น  $\text{NH}_3$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  หรืออะตอมกลางล้อมรอบด้วยอะตอมที่ไม่ใช่ชนิดเดียวกันทั้งหมด เช่น  $\text{CHCl}_3$  การรวมสภาพัฒของพันธะในโมเลกุลจะหักล้างกันไม่หมด ทำให้เป็นสารมีขั้ว



$\text{CHCl}_3$  มีรูปร่างโมเลกุลแบบทรงสี่หน้าเหมือนกับ  $\text{CCl}_4$  และมีรูปร่างสมมาตรเช่นกัน แต่เมื่อพิจารณาทิศทางขั้วของพันธะในโมเลกุลจะพบว่า พันธะ C-H มีทิศทางขั้วของพันธะแตกต่างจากพันธะ C-Cl โดย H แสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นบวก แต่ Cl แสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นลบ ดังนั้น การรวมสภาพขั้วของพันธะในโมเลกุลจึงหักล้างกันไม่หมด  $\text{CHCl}_3$  จึงเป็นสารมีขั้ว

สภาพขั้วของสารใช้ทำนายการละลายเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างสารโคเวเลนต์ 2 ชนิดได้ เนื่องจากสารโคเวเลนต์สามารถละลายในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน และละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนสารโคเวเลนต์ที่มีสภาพขั้วแตกต่างกันมากจะไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

สภาพขั้วของสารโคเวเลนต์มีผลต่อการละลายระหว่างสารโคเวเลนต์ 2 ชนิดหรือไม่



## กิจกรรมที่ 7

### สังเกตการละลายของสารโคเวเลนต์



#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

อธิบายผลของสภาพขั้วต่อการละลายของสารโคเวเลนต์ได้

#### ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** ตัวละลายและตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วแตกต่างกันจะละลายเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่  
**ขั้นตอน**

1. สังเกตสมบัติภายนอกของน้ำกลั่น เอทานอล เฮกเซน และน้ำมันพืช
2. สืบค้นข้อมูลสภาพขั้วของสารที่กำหนดและพยากรณ์ว่า สารใดสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้
3. ออกแบบการทดสอบการละลายของสารเพื่อทดสอบว่า ตัวละลายและตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วแตกต่างกันจะละลายเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่
4. ลงมือปฏิบัติการทดสอบการละลายของสารตามทีออกแบบ แล้วบันทึกผล
5. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

## บันทึกผลการสังเกต

| ชนิดของสาร | สภาพผิว                    | ผลการละลาย |
|------------|----------------------------|------------|
| น้ำกลั่น   |                            |            |
| เอทานอล    | ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด |            |
| เฮกเซน     |                            |            |
| น้ำมันพืช  |                            |            |

## ค้นหาคำตอบ

1. สารที่มีสภาพผิวเหมือนกันคือสารใด และมีสภาพผิวแบบใด
2. สภาพผิวมีผลต่อการละลายของสาร 2 ชนิดหรือไม่ อย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า สารจะละลายในตัวทำละลายที่มีสภาพผิวใกล้เคียงกัน โดยสารมีขั้วละลายในสารมีขั้ว และสารไม่มีขั้วละลายในสารไม่มีขั้ว หลักการนี้เรียกว่า **like dissolve like** ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น สีนํ้ามันที่ใช้ทาบ้าน ตกแต่ง หรือวาดภาพ สามารถละลายได้ดีในนํ้ามันสน ดังนั้น เมื่อต้องการล้างแปรงทาสีหรือพู่กัน เราสามารถใช้นํ้ามันสนล้างสีนํ้ามัน แต่จะใช้นํ้าล้างไม่ได้เพราะสีนํ้ามันไม่ละลายในนํ้า หรือสียผสมอาหารละลายนํ้าได้เนื่องจากเป็นสารมีขั้วเหมือนกัน



## ฝึกเพิ่มพูนทักษะ

ออกแบบแจกันแฟนซีโดยใช้ของเหลวจากกิจกรรมที่ 7 ร่วมกับของเหลวอีก 2 ชนิด มาเทรวมกันให้เป็นชั้น แล้วนำเสนอผลงานหน้าห้องเรียน

## แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

สมบัติพื้นฐานของสารโคเวเลนต์ เช่น เป็นสารประกอบของธาตุโลหะ พบได้ทั้ง 3 สถานะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ การที่สารโคเวเลนต์พบได้ทั้ง 3 สถานะแสดงว่าสารโคเวเลนต์มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่แตกต่างกัน เมื่อให้ความร้อนแก่สารโคเวเลนต์ในสถานะของแข็งจนถึงจุดหลอมเหลวและจุดเดือด โมเลกุลจะสั่นจนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลลดลง สารโคเวเลนต์ที่อยู่ในสถานะของแข็งจะกลายเป็นของเหลวและแก๊ส ตามลำดับ ดังนั้น จุดหลอมเหลวและจุดเดือดจึงสามารถใช้พิจารณาถึงความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์บางชนิดแสดงดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์บางชนิด

| สารไม่มีขั้ว     |                  |               | สารมีขั้ว         |                  |               |
|------------------|------------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|
| สาร              | จุดหลอมเหลว (°C) | จุดเดือด (°C) | สาร               | จุดหลอมเหลว (°C) | จุดเดือด (°C) |
| He               | -272             | -269          | NH <sub>3</sub>   | -78              | -33           |
| Ne               | -248             | -246          | PH <sub>3</sub>   | -133             | -88           |
| Ar               | -489             | -186          | AsH <sub>3</sub>  | -116             | -55           |
| Kr               | -157             | -153          | SbH <sub>3</sub>  | -88              | -17           |
| F <sub>2</sub>   | -223             | -187          | H <sub>2</sub> O  | 0                | 100           |
| Cl <sub>2</sub>  | -102             | -35           | H <sub>2</sub> S  | -86              | -60           |
| Br <sub>2</sub>  | -7               | 59            | H <sub>2</sub> Se | -64              | -41           |
| I <sub>2</sub>   | 114              | 183           | H <sub>2</sub> Te | -48              | -2            |
| CH <sub>4</sub>  | -182             | -161          | HF                | -83              | 19            |
| SiH <sub>4</sub> | -185             | -112          | HCl               | -114             | -85           |
| GeH <sub>4</sub> | -165             | -88           | HBr               | -87              | -67           |
| SnH <sub>4</sub> | -150             | -52           | HI                | -51              | -35           |

จากตารางที่ 1.6 พบว่า สารไม่มีขั้วมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำมาก ส่วนสารมีขั้วมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าสารไม่มีขั้ว สมบัติของสารโคเวเลนต์ที่แตกต่างกันนั้นเป็นเพราะสารโคเวเลนต์มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่แตกต่างกัน ดังนี้

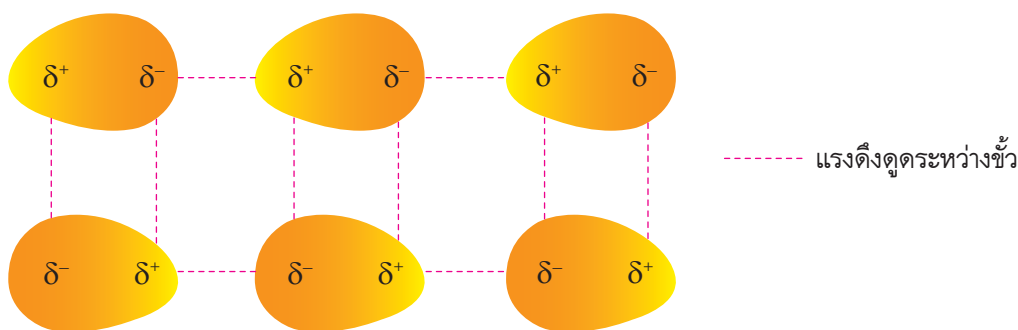
### 1. แรงลอนดอน (London force หรือ dispersion force)

แรงลอนดอนเกิดในสารไม่มีขั้วและอะตอมระหว่างแก๊สมีสกุล แรงชนิดนี้เกิดจากการกระจายของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนในโมเลกุลไม่สม่ำเสมอ ซึ่งในช่วงเวลาหนึ่งอาจมีกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนมารวมตัวหนาแน่นที่จุดจุดหนึ่ง ทำให้โมเลกุลเกิดสภาพชั่วขึ้นเป็นสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นลบอย่างอ่อน ๆ จึงทำให้อีกด้านหนึ่งของโมเลกุลมีสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นบวกอย่างอ่อน ๆ เช่นกัน

แรงลอนดอนเป็นแรงที่มีค่าต่ำ เมื่อโมเลกุลได้รับพลังงานจากภายนอกเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำลายแรงชนิดนี้ได้ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้สารไม่มีขั้วและแก๊สมีสกุลมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำนั่นเอง

## 2. แรงดึงดูดระหว่างขั้ว (dipole–dipole interaction)

จากข้อมูลในตารางที่ 1.6  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{HF}$  ที่เป็นสารมีขั้วมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่า  $\text{CH}_4$  ที่เป็นสารไม่มีขั้วมาก ทั้งที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน นั้นแสดงว่า สภาพขั้วของโมเลกุลมีผลต่อจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ เนื่องจากสารมีขั้วจะแสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าภายในโมเลกุลอย่างชัดเจน แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นจึงเป็นแรงทางไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่าแรงลอนดอน และทำให้โมเลกุลมีขั้วยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรงกว่าโมเลกุลที่ไม่มีเฉพาะแรงลอนดอน แบบจำลองการเกิดแรงดึงดูดระหว่างขั้ว แสดงดังรูปที่ 1.25

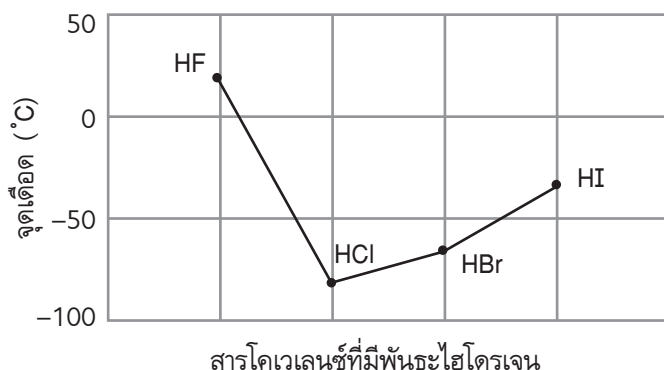


รูปที่ 1.25 แบบจำลองการเกิดแรงดึงดูดระหว่างขั้วของโมเลกุลมีขั้ว

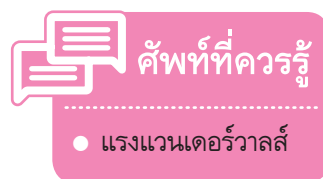
แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้วเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า **แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals force)**

## 3. พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond)

เมื่อนำข้อมูลของจุดเดือดระหว่าง  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  และ  $\text{HI}$  มาเขียนแสดงในรูปของกราฟ จะได้ดังรูปที่ 1.26



รูปที่ 1.26 กราฟแสดงจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ที่มีพันธะไฮโดรเจน

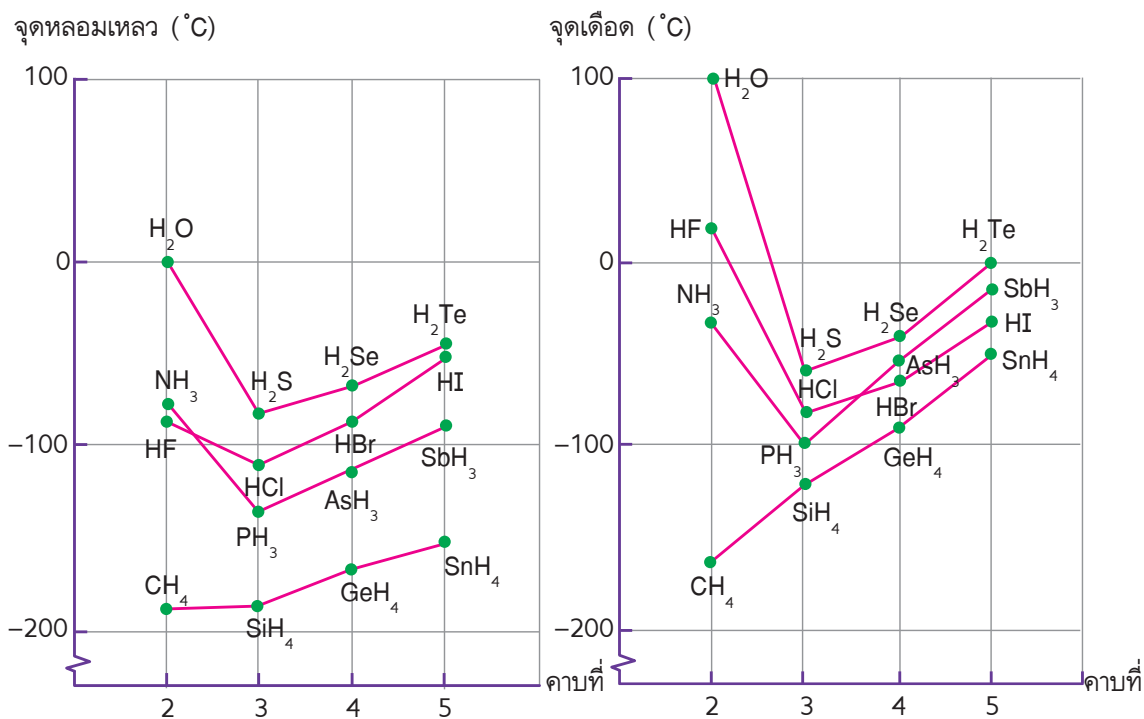


นักเรียนคิดว่าสารโคเวเลนต์ทั้ง 4 ชนิดที่เป็นโมเลกุลมีขั้วเหมือนกัน แต่  $\text{HF}$  มีจุดเดือดต่างจากสารทั้ง 3 ชนิดมากเป็นเพราะเหตุใด

สารโคเวเลนต์ทั้ง 4 ชนิดนี้ประกอบด้วยธาตุหมู่ VIIA เหมือนกัน แต่ฟลูออรีนเป็นธาตุหมู่ VIIA ที่มีขนาดอะตอมเล็กที่สุด ทำให้กลุ่มหมอกออิเล็กทรอนิกส์รวมตัวอยู่ทางด้านอะตอมของฟลูออรีนอย่างหนาแน่น การแสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าระหว่างไฮโดรเจนและฟลูออรีนจึงมีความแตกต่างสูงด้วยเช่นกัน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล HF จึงมีความแข็งแรงมากที่สุด พลังงานที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนสถานะจึงสูง ทำให้มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงที่สุดนั่นเอง

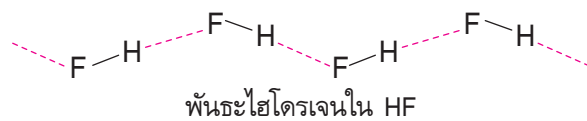
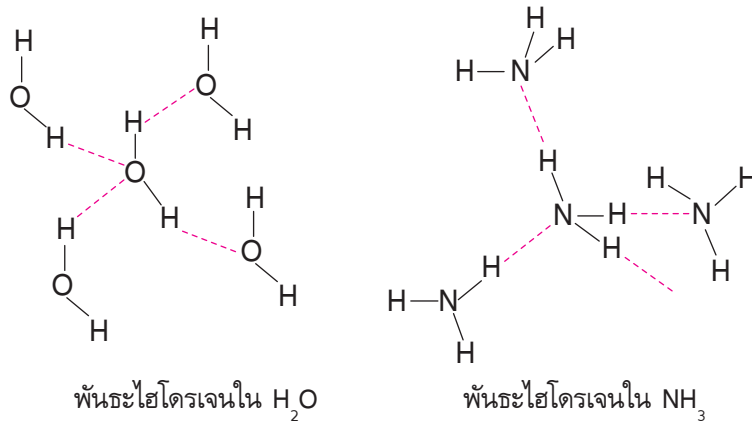
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากไฮโดรเจนที่เกิดพันธะเคมีกับธาตุที่มีขนาดเล็กและมีสภาพอำนาจไฟฟ้าลบสูง ได้แก่ O, F หรือ N ของอีกโมเลกุลหนึ่งเช่นนี้ เรียกว่า **พันธะไฮโดรเจน** ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างขั้วประมาณ 5-10 เท่า

จุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์บางชนิดที่ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจนแสดงดังกราฟในรูปที่ 1.27



รูปที่ 1.27 กราฟแสดงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์บางชนิด

จากรูปที่ 1.27 พบว่า H<sub>2</sub>O, HF และ NH<sub>3</sub> มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูงกว่าสารโคเวเลนต์อื่นในหมู่เดียวกัน นั่นแสดงว่า สารโคเวเลนต์ทั้ง 3 ชนิดนี้เกิดพันธะไฮโดรเจน พันธะ H-O และ H-N มีสภาพขั้วเช่นเดียวกับพันธะ H-F นั่นคือ ไฮโดรเจนแสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นบวกมาก ออกซิเจนและไนโตรเจนจึงแสดงสภาพอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างเป็นลบมาก ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้น



กำหนดให้ ----- แทน พันธะไฮโดรเจน

รูปที่ 1.28 การเกิดพันธะไฮโดรเจนใน  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  และ  $\text{HF}$

นอกจากจุดเดือดและจุดหลอมเหลวแล้ว แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีผลต่อการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ เนื่องจากน้ำเป็นสารมีขั้ว สารโคเวเลนต์ที่ละลายในน้ำได้จึงเป็นสารมีขั้ว เช่น  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$  และ  $\text{HI}$  ซึ่งเป็นสารที่มีสภาพขั้วสูงมาก เมื่อละลายในน้ำจะแตกตัวให้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด หรือ  $\text{NH}_3$  ที่โมเลกุลเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ เมื่อละลายในน้ำจะให้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส การละลายแบบแตกตัวจะได้ไอออนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้ได้สารละลายที่นำไฟฟ้า เรียกสารละลายลักษณะนี้ว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (**electrolyte solution**) ส่วนสารละลายที่เกิดจากสารโคเวเลนต์ละลายในน้ำแล้วไม่เกิดการแตกตัว ทำให้ได้สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า เรียกสารละลายลักษณะนี้ว่า สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ (**non-electrolyte**) เช่น สารละลายน้ำตาลทราย และสารละลายแอลกอฮอล์

## พันธะไอออนิก

พันธะไอออนิกเป็นพันธะที่ยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกของธาตุโลหะกับไอออนลบของธาตุอโลหะรวมกันเป็นผลึก โดยอะตอมของโลหะให้อิเล็กตรอน และอะตอมของอโลหะรับอิเล็กตรอน ดังนั้น เมื่อเกิดพันธะไอออนิก อะตอมของโลหะจะกลายเป็นไอออนบวกและอะตอมของอโลหะจะกลายเป็นไอออนลบ และเกิดเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนทั้ง 2 ชนิดขึ้น แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นนี้เป็นแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าหรือแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิต (**electrostatic interaction**) เช่น พันธะไอออนิกในโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ )



โซเดียมให้ 1 อิเล็กตรอน กลายเป็นโซเดียมไอออน +1 ( $\text{Na}^+$ ) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก และคลอรีนรับ 1 อิเล็กตรอน กลายเป็นคลอไรด์ไอออน  $-1$  ( $\text{Cl}^-$ ) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ไอออนทั้งสองที่มีประจุไฟฟ้าแตกต่างกัน ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า เกิดเป็น **พันธะไอออนิก**

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนเกิดต่อเนื่องกันเป็นโครงผลึกขนาดใหญ่ จึงมักพบสารชนิดนี้ในสถานะของแข็ง และเรียกสารที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกนี้ว่า **สารประกอบไอออนิก (ionic compound)** ตัวอย่างของสารประกอบไอออนิก เช่น แมกนีเซียมฟลูออไรด์ ( $\text{MgF}_2$ ) โซเดียมออกไซด์ ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) และโพแทสเซียมซัลไฟด์ ( $\text{K}_2\text{S}$ )



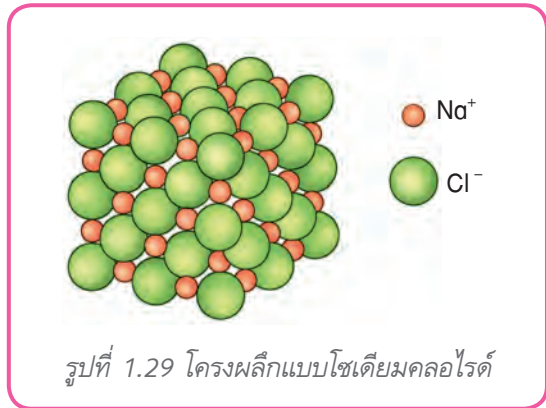
แมกนีเซียมให้ 2 อิเล็กตรอน กลายเป็นแมกนีเซียมไอออน +2 ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก และฟลูออรีนรับมาอะตอมละ 1 อิเล็กตรอน กลายเป็นฟลูออไรด์ไอออน  $-1$  ( $\text{F}^-$ ) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ไอออนทั้งสองที่มีประจุไฟฟ้าแตกต่างกันจึงยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าซึ่งต้องใช้ฟลูออไรด์ไอออน ( $\text{F}^-$ ) 2 ไอออน เพื่อจับกับแมกนีเซียมไอออน ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 1 ไอออน เมื่อเกิดเป็นพันธะไอออนิกแล้วได้สารประกอบไอออนิก คือ แมกนีเซียมฟลูออไรด์ ( $\text{MgF}_2$ )

ในบางกรณี สารประกอบไอออนิกเกิดจากการยึดเหนี่ยวของกลุ่มอะตอม เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ที่เกิดจากกลุ่มไอออนบวกของแอมโมเนียมไอออน ( $[\text{NH}_4]^+$ ) กับไอออนลบของคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) หรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) ที่เกิดจากไอออนบวกของโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) กับกลุ่มไอออนลบของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน ( $[\text{HCO}_3]^-$ )

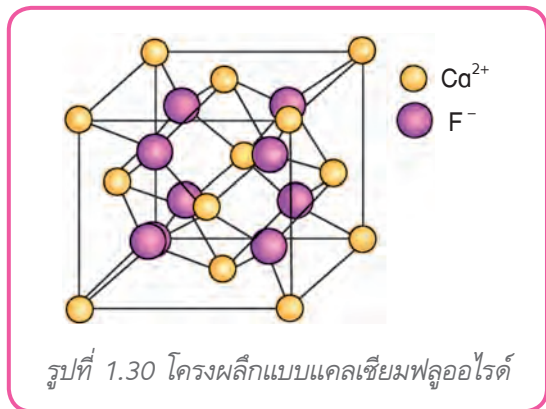
### โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

การเกิดพันธะไอออนิกนั้น ไอออนของธาตุหรือกลุ่มอะตอมจะรวมตัวกันแบบมีสัดส่วน เพื่อให้ประจุของสารประกอบไอออนิกเป็นกลางทางไฟฟ้า โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกเป็นโครงสร้างที่แน่นอนและเป็นผลึกขนาดใหญ่ ลักษณะส่วนใหญ่ของผลึกประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบสลับกันเป็นแถว ๆ แบบ 3 มิติต่อเนื่องกันไปโดยไม่แยกออกเป็นโมเลกุล สูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกประกอบด้วยสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นไอออนบวกตามด้วยสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขเป็นตัวห้อยที่แสดงจำนวนไอออนแต่ละชนิดเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- การเกิดพันธะไอออนิกของโซเดียมคลอไรด์ โครงสร้าง 3 มิติมีลักษณะดังรูปที่ 1.29 นักเรียนจะสังเกตได้ว่า  $\text{Na}^+$  1 ไอออนถูกล้อมด้วย  $\text{Cl}^-$  6 ไอออน และในขณะเดียวกัน  $\text{Cl}^-$  1 ไอออนก็ถูกล้อมด้วย  $\text{Na}^+$  6 ไอออนเช่นกัน ดังนั้น อัตราส่วนของ  $\text{Na}^+:\text{Cl}^-$  จึงเท่ากับ 6:6 หรือมีอัตราส่วนอย่างต่ำเท่ากับ 1:1 โซเดียมคลอไรด์จึงมีสูตรเคมีเป็น  $\text{NaCl}$

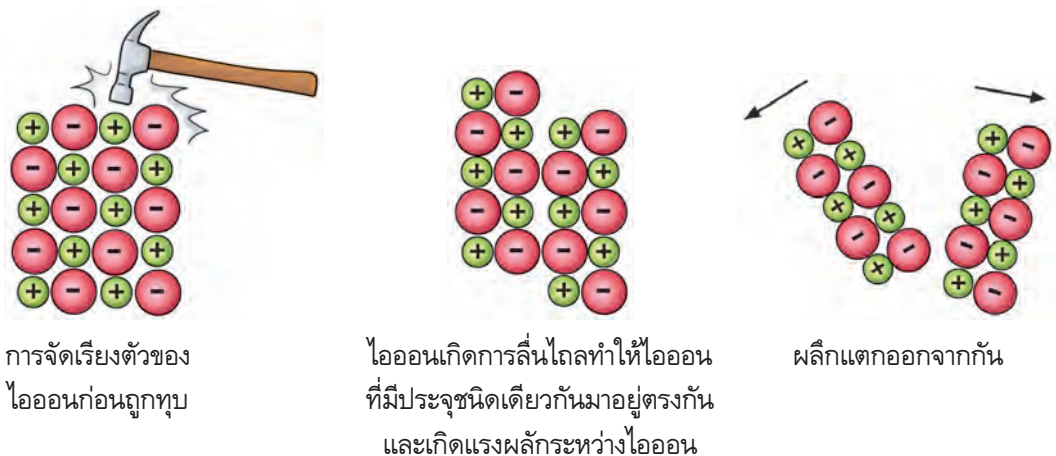


- การเกิดพันธะไอออนิกของแคลเซียมฟลูออไรด์ โครงสร้าง 3 มิติมีลักษณะดังรูปที่ 1.30  $\text{Ca}^{2+}$  1 ไอออน ถูกล้อมด้วย  $\text{F}^-$  8 ไอออน และในขณะเดียวกัน  $\text{F}^-$  1 ไอออนจะถูกล้อมด้วย  $\text{Ca}^{2+}$  4 ไอออน ดังนั้น อัตราส่วนของ  $\text{Ca}^{2+}:\text{F}^-$  จึงเท่ากับ 4:8 หรือมีอัตราส่วนอย่างต่ำเท่ากับ 1:2 แคลเซียมฟลูออไรด์จึงมีสูตรเคมีเป็น  $\text{CaF}_2$



### สมบัติของสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกพบมากในสถานะของแข็ง เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นผลึกขนาดใหญ่ที่เป็นระเบียบ แต่สารประกอบไอออนิกนั้นเป็นของแข็งที่เปราะ เมื่อทุบจะแตกหักได้ง่าย เพราะแรงที่กระทำต่อผลึกไอออนทำให้ไอออนเกิดการสั่นไถลไปตามระนาบผลึก ดังรูปที่ 1.31 ไอออนชนิดเดียวกันจึงเลื่อนไปตรงกันและเกิดแรงผลักระหว่างไอออน ผลึกจึงแตกออก



รูปที่ 1.31 การแตกหักของสารประกอบไอออนิกเมื่อถูกทุบ

แรงยึดเหนี่ยวของสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากความแตกต่างของประจุไฟฟ้า  
ทำให้สมบัติของสารประกอบไอออนิกมีลักษณะใดบ้าง



## กิจกรรมที่ 8

สืบค้นข้อมูลจุดเดือด จุดหลอมเหลว  
และการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก



### จุดประสงค์ของกิจกรรม

บอกสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้

### ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** สารประกอบไอออนิกแต่ละชนิดมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวแตกต่างกันในลักษณะใด  
และสามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่

### ขั้นตอน

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับจุดเดือด จุดหลอมเหลว และการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก  
โดยค้นคว้าในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
  - แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ )
  - โซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ )
  - โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{KOH}$ )
  - อะลูมิเนียมออกไซด์ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
  - โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ )
2. นำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผล และนำเสนอผลการ  
สืบค้นข้อมูลหน้าห้องเรียน

### บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

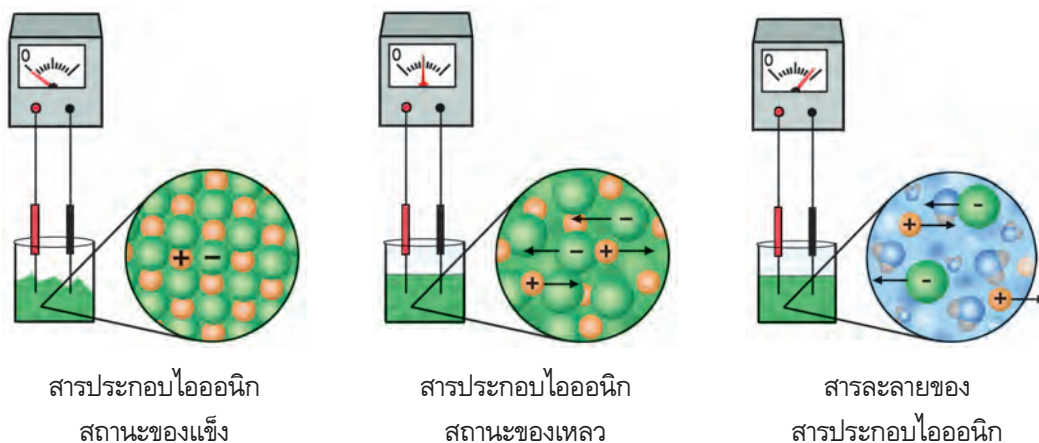
| สารประกอบไอออนิก                               | สมบัติของสารประกอบไอออนิก        |                                    |            |
|------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------|
|                                                | จุดเดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )  | จุดหลอมเหลว ( $^{\circ}\text{C}$ ) | การนำไฟฟ้า |
| แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ )            |                                  |                                    |            |
| โซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ )               |                                  |                                    |            |
| โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{KOH}$ )          | ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด |                                    |            |
| อะลูมิเนียมออกไซด์ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) |                                  |                                    |            |
| โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ )            |                                  |                                    |            |

### ค้นหาคำตอบ

1. สารประกอบไอออนิกมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงเพราะเหตุใด
2. สารประกอบไอออนิกไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เพราะเหตุใด
3. จากกิจกรรมสามารถสรุปสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้อย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า สารประกอบไอออนิกมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง ทั้งนี้เพราะสารประกอบไอออนิกเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิกที่มีแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าที่แข็งแรง จึงต้องใช้พลังงานสูงเพื่อลดหรือทำลายพันธะดังกล่าว

พันธะไอออนิกเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนที่มีประจุไฟฟ้าแตกต่างกัน จึงยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรงและไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ สารประกอบไอออนิกจึงเป็นของแข็งที่ไม่นำไฟฟ้า แต่จากการศึกษาด้วยเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าพบว่า สารประกอบไอออนิกที่อยู่ในสถานะของเหลวหรือเกิดการละลายในน้ำสามารถนำไฟฟ้าได้ การที่สารประกอบไอออนิกที่อยู่ในสถานะของเหลวหรือเกิดการละลายในน้ำสามารถนำไฟฟ้าได้เนื่องจากไอออนบวกและไอออนลบแยกออกจากกันอย่างอิสระและสามารถเคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของไอออนทั้ง 2 ชนิดนี้ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น ดังรูปที่ 1.32



รูปที่ 1.32 สภาพการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก

การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ไอออนบวกและไอออนลบแตกตัวออกจากโครงผลึกและกระบวนการที่โมเลกุลของน้ำล้อมรอบไอออนแต่ละชนิด เมื่อสารประกอบไอออนิกเกิดการละลายแบบแตกตัวจึงได้ไอออนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้ได้สารละลายที่นำไฟฟ้า เรียกสารละลายลักษณะนี้ว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์

## สารละลายของสารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้หรือไม่



## กิจกรรมที่ 9

## สังเกตการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก



## จุดประสงค์ของกิจกรรม

ระบุสารละลายว่าเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือนอนอิเล็กโทรไลต์ได้

## ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

**ปัญหา** สารประกอบไอออนิกในสถานะของแข็งและสารละลายนำไฟฟ้าได้แตกต่างกันหรือไม่  
**ขั้นตอน**

1. ทดสอบการนำไฟฟ้าของโซเดียมคลอไรด์ คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต และน้ำตาลทราย โดยใช้เครื่องตรวจสอบสภาพการนำไฟฟ้า แล้วบันทึกผล
2. เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 3 ใบ ใบละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น แล้วบันทึกผล
3. ชั่งโซเดียมคลอไรด์ประมาณ 0.5 กรัม แล้วใส่ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 คนให้โซเดียมคลอไรด์ละลายจนหมด ทดสอบการนำไฟฟ้าของสารละลาย แล้วบันทึกผล
4. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 3 แต่เปลี่ยนจากโซเดียมคลอไรด์เป็นคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต และน้ำตาลทราย โดยใส่ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 และ 3 ตามลำดับ
5. ร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผล

## บันทึกผลการสังเกต

| ชนิดของสาร           | การนำไฟฟ้า                 |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
|                      | ของแข็ง                    | สารละลาย |
| น้ำกลั่น             |                            |          |
| โซเดียมคลอไรด์       | ควรบันทึกผลการสังเกตในสมุด |          |
| คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต |                            |          |
| น้ำตาลทราย           |                            |          |

### ค้นหาคำตอบ

1. สารแต่ละชนิดมีการสร้างพันธะใดภายในโมเลกุล
2. ชนิดของสารมีผลต่อการนำไฟฟ้าของสารหรือไม่ ลักษณะใด
3. จากกิจกรรมสามารถสรุปสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้อย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า โซเดียมคลอไรด์และคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตในสถานะของแข็งไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ แต่เมื่ออยู่ในสภาพของสารละลายจะแตกตัวเป็นไอออน ซึ่งเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จึงสามารถนำไฟฟ้าได้ ในขณะที่น้ำตาลทรายไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งของแข็งและสารละลาย

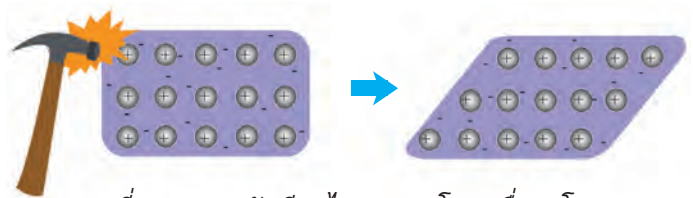
### พันธะโลหะ

พันธะโลหะเป็นพันธะที่ยึดอะตอมของโลหะชนิดเดียวกันไว้ด้วยกัน นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าธาตุโลหะจะให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนบวกได้ง่าย เวเลนซ์อิเล็กตรอนเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปอะตอมอื่น ๆ ทั่วทั้งก้อนโลหะอย่างอิสระจึงเสมือนอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ตลอดเวลา ดังนั้น การเกิดพันธะโลหะจึงเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกของอะตอมกับอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อย่างอิสระเกิดเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง ทำให้สารที่เกิดพันธะโลหะมีสมบัติบางประการแตกต่างจากสารประกอบไอออนิก

โลหะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง เนื่องจากอะตอมยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรงด้วยพันธะโลหะทุกอะตอม การหลอมเหลวหรือการเดือดของโลหะจึงต้องใช้พลังงานสูงมาก เช่น เหล็กต้องใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลว  $1,535^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิในการเดือด  $2,750^{\circ}\text{C}$

โลหะเป็นตัวนำความร้อนและนำไฟฟ้าที่ดี เนื่องจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ได้อย่างอิสระนอกจากนี้โลหะยังสามารถบิด ทำให้งอ รีดเป็นแผ่น หรือดึงเป็นเส้นได้ เนื่องจากโลหะมีการจัดเรียงอะตอมเป็นระเบียบ การทุบหรือของโลหะจึงเป็นการผลักให้ชั้นของอะตอมเลื่อนไปจากตำแหน่งเดิม แต่อะตอมที่เลื่อนไปนั้นยังคงยึดเหนี่ยวกันอย่างแข็งแรง เพราะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างอิสระตลอดเวลา

ดังรูปที่ 1.33



รูปที่ 1.33 การจัดเรียงไอออนของโลหะเมื่อทุบโลหะ



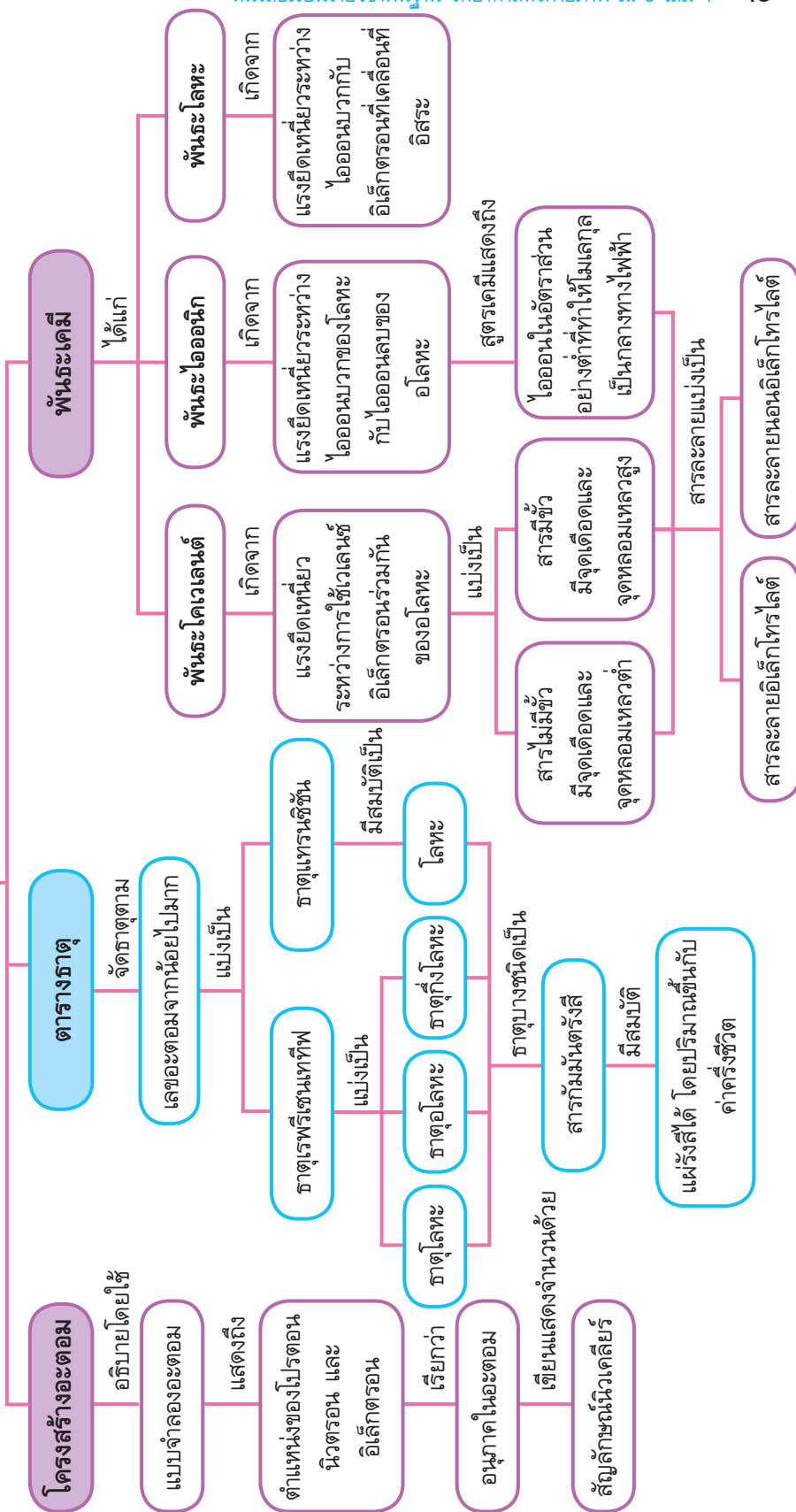
### บททวนความเข้าใจ

1. สารโคเวเลนต์เกิดจากธาตุที่มีสมบัติใด และมีการเกิดพันธะเคมีลักษณะใด ยกตัวอย่าง
2. สภาพขั้วของโมเลกุลขึ้นอยู่กับค่าใด
3. พันธะไฮโดรเจนกับพันธะระหว่างอะตอมไฮโดรเจนในแก๊สไฮโดรเจนแตกต่างกันในลักษณะใด
4. ยกตัวอย่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์
5. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของสารในด้านใดบ้าง
6. KI เกิดพันธะไอออนิกได้อย่างไร
7. การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกเกิดขึ้นในกรณีใด

# คิดค้น ผังโมทัศน์ (concept map)

## โครงสร้างของสาร

เรียนรู้เกี่ยวกับ





## สาระสำคัญประจำหน่วย

1. แบบจำลองอะตอมใช้อธิบายตำแหน่งของโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนในอะตอม โดยอะตอมของธาตุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน ส่วนอะตอมที่มีจำนวนโปรตอนไม่เท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนเกิดเป็นไอออน
2. จำนวนอนุภาคในอะตอมแสดงด้วยสัญลักษณ์นิวเคลียร์ โดยธาตุชนิดเดียวกันมีจำนวนโปรตอนเท่ากัน ส่วนธาตุที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากันแต่มีจำนวนนิวตรอนไม่เท่ากัน จัดเป็นไอโซโทปซึ่งกันและกัน
3. ตารางธาตุในปัจจุบันจัดเรียงตามเลขอะตอมและความคล้ายคลึงของสมบัติ แบ่งเป็นหมู่ซึ่งเป็นแถวในแนวตั้ง และคาบซึ่งเป็นแถวในแนวนอน
4. ธาตุแบ่งเป็นธาตุเรฟรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชัน ธาตุเรฟรีเซนเททีฟแบ่งได้อีก 3 กลุ่มย่อยตามสมบัติของธาตุ คือ ธาตุโลหะ ธาตุอโลหะ และธาตุกึ่งโลหะ ส่วนธาตุแทรนซิชันมีสมบัติเป็นโลหะ โดยธาตุแต่ละกลุ่มนำมาใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกันตามสมบัติของธาตุ
5. ธาตุที่สามารถแผ่รังสีได้ เรียกว่า ธาตุกัมมันตรังสีหรือสารกัมมันตรังสี ซึ่งมีนิวเคลียสที่ไม่เสถียรสลายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยระยะเวลาที่นิวเคลียสของสารกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม เรียกว่า ครึ่งชีวิต
6. รังสีหลักที่แผ่จากสารกัมมันตรังสี คือ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา โดยรังสีทั้ง 3 ชนิดนำมาใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน
7. พันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะที่ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมด้วยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดเป็นสารโคเวเลนต์ ซึ่งแบ่งเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม
8. สภาพขั้วของสารโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ รูปร่างโมเลกุล และการรวมสภาพขั้วของพันธะในโมเลกุล
9. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ แรงลอนดอน แรงดึงดูดระหว่างขั้วและพันธะไฮโดรเจน ซึ่งแรงทั้ง 3 ชนิดนี้มีผลต่อจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์
10. พันธะไฮโดรเจนมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูง ซึ่งสารโคเวเลนต์เหล่านี้มีพันธะ N-H O-H หรือ F-H ภายในโครงสร้างโมเลกุล
11. การละลายของสารพิจารณาได้จากความมีขั้วของตัวละลายและตัวทำละลาย โดยสารสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน

12. การละลายของสารในน้ำเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ การละลายแบบแตกตัว ได้สารละลายที่นำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และการละลายแบบไม่แตกตัว ได้สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์
13. พันธะไอออนิกเป็นพันธะที่ยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกของธาตุโลหะกับไอออนลบของธาตุอโลหะเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก โดยไอออนที่ยึดเหนี่ยวกันจะมีสัดส่วนที่ทำให้ประจุของสารประกอบไอออนิกเป็นกลางทางไฟฟ้า
14. สูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกประกอบด้วยสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นไอออนบวกตามด้วยสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขที่แสดงจำนวนไอออนแต่ละชนิดเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ
15. พันธะโลหะเป็นพันธะที่ยึดเหนี่ยวไอออนของโลหะไว้ด้วยกันอย่างแข็งแรง



### กิจกรรมประจำหน่วย

#### ทบทวนคำศัพท์และหลักการวิทยาศาสตร์



1. แบบจำลองอะตอมที่แสดงถึงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนคือแบบจำลองใด
2. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีจำนวนอนุภาคในอะตอมชนิดใดเท่ากันเสมอ
3.  $^{79}_{34}\text{Se}$  ประกอบด้วยจำนวนอนุภาคในอะตอมชนิดละกี่ตัว และอยู่ในภาวะเสถียรเมื่อใด
4. เวเลนซ์อิเล็กตรอนคืออะไร และอยู่ในตำแหน่งใดของอะตอม
5.  $^{235}_{92}\text{U}$  และ  $^{238}_{92}\text{U}$  เป็นธาตุชนิดเดียวกันหรือเป็นไอโซโทปซึ่งกันและกัน เพราะอะไร
6. ตารางธาตุที่ใช้ในปัจจุบันมีการจัดเรียงโดยใช้เกณฑ์ใด
7. ธาตุเรฟรีเซนเทฟคือธาตุกลุ่มใด และมีสมบัติลักษณะใด
8. ธาตุแทรนซิชันคือธาตุกลุ่มใด และมีสมบัติลักษณะใด
9. สิ่งที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีคืออะไร
10.  $\text{CCl}_4$  และ  $\text{CH}_2\text{Br}_2$  เกิดพันธะโคเวเลนต์ชนิดใด เขียนแสดงด้วยเส้นพันธะ
11.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BF}_3$  และ  $\text{CCl}_4$  เป็นสารมีขั้วหรือสารไม่มีขั้ว เพราะเหตุใด
12. สารโคเวเลนต์ที่เกิดพันธะไฮโดรเจนมีสมบัติลักษณะใด อธิบาย
13. อะตอมของธาตุ  $^{23}_{11}\text{Na}$  และ  $^{35}_{17}\text{Cl}$  เกิดเป็นพันธะเคมีชนิดใด และมีสูตรเคมีว่าอะไร
14. การเขียนสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกมีหลักการใด
15. สารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์มีลักษณะแตกต่างกันในลักษณะใด

## ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน



1. สารกัมมันตรังสี X มีครึ่งชีวิต 18 วัน สารกัมมันตรังสี Y มีครึ่งชีวิต 6 วัน ถ้าสารกัมมันตรังสีเริ่มต้นมีชนิดละ 80 กรัม ให้นักเรียนคำนวณว่าขณะที่สารกัมมันตรังสี Y เหลือเพียง 10 กรัม สารกัมมันตรังสี X จะเหลืออยู่กี่กรัม
2. ให้นักเรียนนำสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ  ${}_{5}^{11}\text{B}$ ,  ${}_{9}^{19}\text{F}$ ,  ${}_{10}^{20}\text{Ne}$ ,  ${}_{14}^{28}\text{Si}$  และ  ${}_{20}^{40}\text{Ca}$  ไปจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูลในรูปของตารางแสดงจำนวนอนุภาคในอะตอมและชนิดของไอออน ที่มีโอกาสเกิดเมื่อสร้างพันธะเคมี
3. การนำสารโคเวเลนต์ไปละลายในน้ำสามารถใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการแบ่งกลุ่มสารโคเวเลนต์เป็น สารมีขั้วและสารไม่มีขั้วได้หรือไม่ เพราะอะไร
4.  $\text{CH}_3\text{OH}$  และ  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  เกิดพันธะไฮโดรเจนหรือไม่ เขียนแสดงด้วยเส้นพันธะ

## การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน



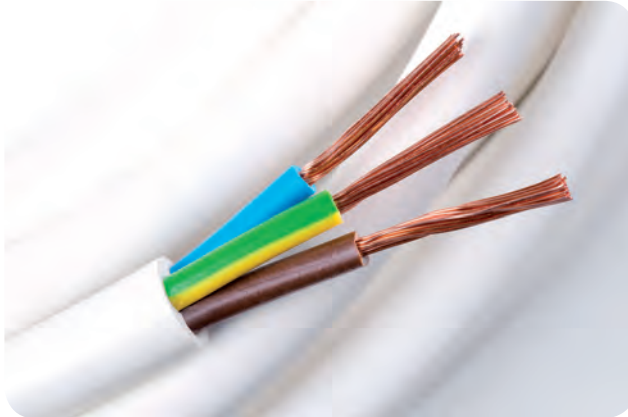
1. เมื่อทดสอบสมบัติของธาตุ X พบว่าเป็นของแข็ง มีผิวเป็นเงาวาว น้ำหนักเบา มีความหนาแน่นต่ำ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง และเมื่อทดสอบสมบัติของธาตุ Y พบว่ามีทั้งของแข็งของเหลว และแก๊ส แต่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ จากการทดสอบสมบัติของธาตุดังกล่าว ให้นักเรียนทำนายว่าธาตุ X และ Y คือธาตุกลุ่มใด เพราะอะไร
2. ถ้านักเรียนทำงานอยู่ใกล้แหล่งที่มีกัมมันตภาพรังสี นักเรียนจะป้องกันอันตรายที่เกิดจากรังสีต่อตนเองและผู้อื่นด้วยวิธีการใด
3. หากนักเรียนต้องการทราบว่าของแข็งชนิดหนึ่งมีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ นักเรียนจะมีวิธีทดสอบอย่างไร

## บทความชวนคิด



คำชี้แจง อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม

## สายไฟฟ้า



สายไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์หรือตัวกลางที่ใช้ส่งพลังงานไฟฟ้าจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง สายไฟฟ้าทำด้วยโลหะที่เป็นตัวนำไฟฟ้า เมื่ออิเล็กตรอนซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุในโลหะได้รับการถ่ายเทพลังงานแล้ว อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปตลอดเนื้อโลหะได้โดยง่าย กล่าวคืออิเล็กตรอนมีอิสระในการเคลื่อนที่ในโลหะ ปัจจุบันโลหะที่นำมาใช้ทำสายไฟฟ้า ได้แก่ ทองแดง ซึ่งเป็นโลหะที่มีสมบัติของการนำไฟฟ้าที่ดีและมีราคาถูก สายไฟฟ้าที่รู้จักโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สายเปลือยที่ไม่มีฉนวนหุ้มสายเกลียว และสายหุ้มฉนวนที่หุ้มผิวนอกด้วยฉนวน

## คำถามที่ 1: สายไฟฟ้า

ทองแดงมีสมบัติเหมาะสำหรับทำสายไฟฟ้าเพราะอะไร จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ในแต่ละข้อ

| ทองแดงมีสมบัติเหมาะสำหรับทำสายไฟฟ้าเพราะเหตุผลต่อไปนี้ใช่หรือไม่ | ใช่ หรือ ไม่ใช่ |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ทองแดงสร้างพันธะโลหะ                                             | ใช่/ไม่ใช่      |
| ทองแดงเป็นสารประกอบไอออนิก                                       | ใช่/ไม่ใช่      |
| ทองแดงเป็นสารประกอบโคเวเลนต์                                     | ใช่/ไม่ใช่      |

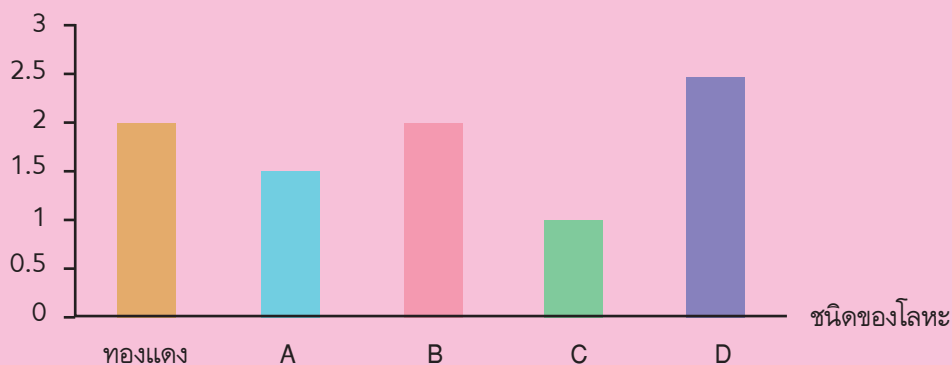
## คำถามที่ 2: สายไฟฟ้า

จากบทความ การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปตลอดเนื้อโลหะได้โดยง่าย เพราะอะไร

## คำถามที่ 3: สายไฟฟ้า

ผู้ผลิตต้องการลดต้นทุนในการทำสายไฟฟ้า โดยนำวัสดุที่มีราคาถูกกว่าทองแดงมาวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหล ผลการทดลองเป็นดังกราฟต่อไปนี้

ปริมาณกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)



ข้อมูลจากการทดลองสนับสนุนข้อความใดต่อไปนี้ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ในแต่ละข้อ

| ข้อมูลจากการทดลองสนับสนุนข้อความต่อไปนี้ใช่หรือไม่  | ใช่ หรือ ไม่ใช่ |
|-----------------------------------------------------|-----------------|
| โลหะ B อยู่หมุดเดียวกับทองแดง                       | ใช่/ไม่ใช่      |
| โลหะ A และ C ไม่ใช่โลหะแทนซีชั้นเหมือนทองแดง        | ใช่/ไม่ใช่      |
| โลหะ B และ D มีโอกาสที่จะนำมาทำสายไฟฟ้าแทนทองแดงได้ | ใช่/ไม่ใช่      |