



# เคมี เล่ม ๖

๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑



# ตารางธาตุ

1 IA

18

VIIIA

1 H hydrogen 1.01	2 He helium 4.00												
3 Li lithium 6.94	4 Be beryllium 9.01												
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.30												
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08												
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62												
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33												
87 Fr francium	88 Ra radium												
		3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII B	9 VIII B	10 VIII B	11 IB	12 IIB		
		13 Al aluminum 26.98	14 Si silicon 28.08	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur 32.06	17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.95						
		31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.97	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80						
		49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29						
		81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.20	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon						
		113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson						

โลหะ  
 อโลหะ  
 กึ่งโลหะ

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



หนังสือเรียน

---

# รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

---

## เคมี

ชั้น

---

## มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖

ตามผลการเรียนรู้

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

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๑ พ.ศ. ๒๕๖๓

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียน สสวท. ฉบับสิ่งพิมพ์ที่ได้จัดทำตาม มาตรฐานหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ทุกประการ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงหนังสือเรียน สสวท. ผ่านเทคโนโลยี ดิจิทัลเพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และ ผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวก รวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่างๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวน สิทธิในหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่โดยมิได้รับอนุญาต

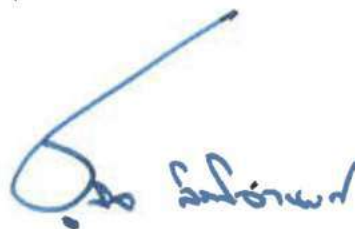


# คำชี้แจง

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

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยอาศัยกระบวนการคิดและการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วยเรื่อง เคมีกับการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบันและสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม ๖ นี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ

## ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

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

### คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

### จุดประสงค์การเรียนรู้



เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

### ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหา นั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

### ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

### กิจกรรม



การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

### สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน



การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

# 14



<b>บทที่ 14</b>	<b>เคมีกับการแก้ปัญหา</b>	<b>1</b>
14.1	บทนำ	5
14.2	การใช้ความรู้ทางเคมีในการแก้ปัญหา	8
14.3	การบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา	18
14.4	การนำเสนอผลงาน	29
14.5	การเข้าร่วมประชุมวิชาการ	41

## เคมีกับการแก้ปัญหา

### ภาคผนวก

ลิตธิบัตรผนวกลวง	50
ชื่อธาตุ	61
บรรณานุกรม	64
ที่มาของรูป	65
คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	66





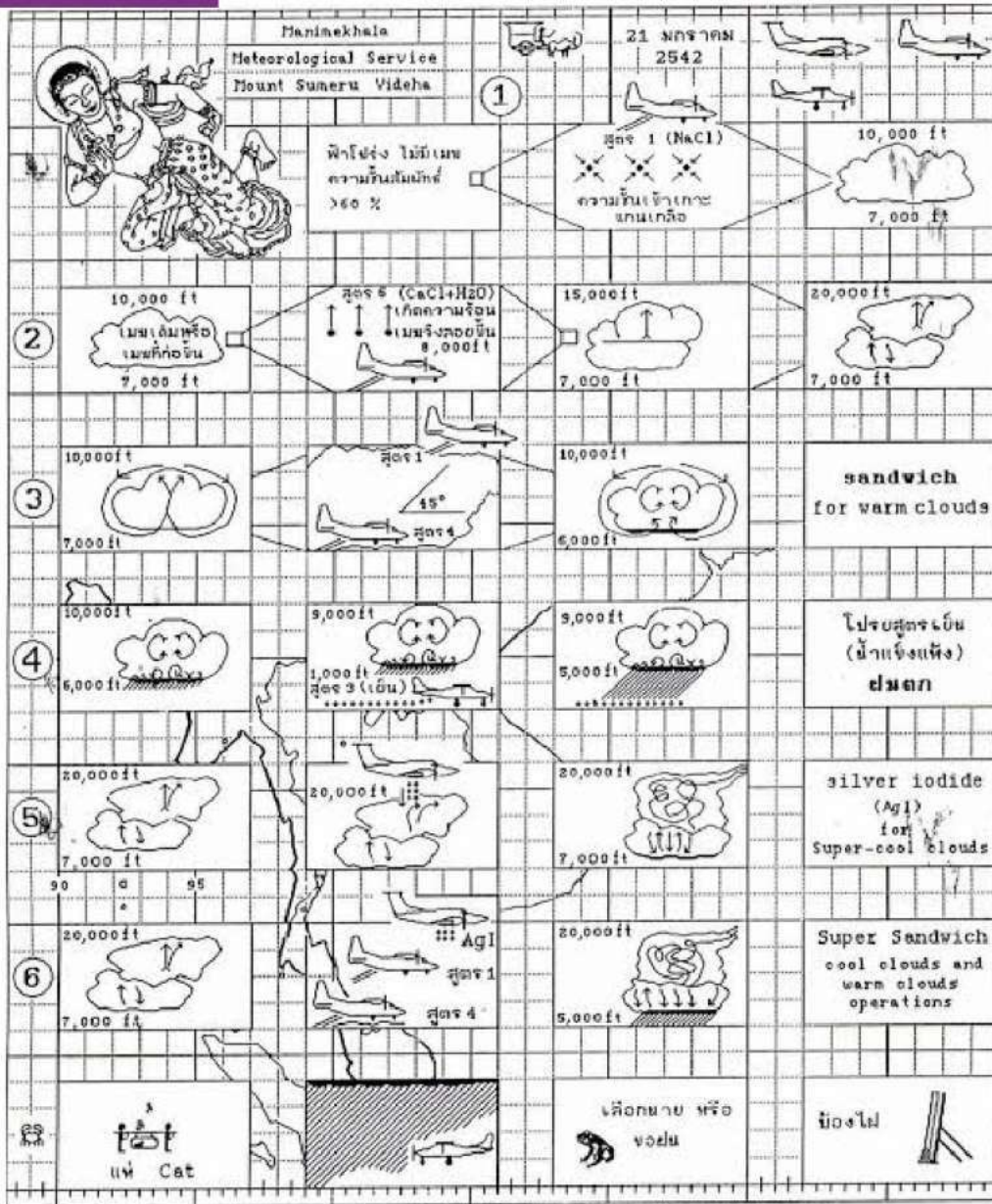
บทที่

| เคมีกับการแก้ปัญหา



# 14

ipst.me/10770



พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงประดิษฐ์ภาพ "ตำราฝนหลวง" พระราชทานแก่นักวิชาการฝนหลวง ให้ถือเป็นแนวปฏิบัติในการแก้ปัญหาภัยแล้ง และได้รับสิทธิบัตรการประดิษฐ์ เมื่อ พ.ศ. 2545



### คำถามสำคัญ

1. ความรู้ทางเคมีนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรือ การพัฒนานวัตกรรมได้อย่างไร
2. การบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างไร
3. การนำเสนอผลงานหรือชิ้นงานให้ถูกต้องและน่าสนใจทำได้อย่างไร
4. การเข้าร่วมประชุมวิชาการมีความสำคัญและมีข้อควรปฏิบัติอย่างไร



### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่กำหนด
2. ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีและวิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับศาสตร์อื่น แก้ปัญหาสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ
4. จัดทำรายงานการแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้
5. นำเสนอผลงานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
6. เข้าร่วมประชุมวิชาการในฐานะผู้ฟังหรือผู้นำเสนอผลงาน
7. จัดทำรายงานสรุปการประชุมวิชาการ





### ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

1. ใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง
  - ..... 1.1 วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีการใช้การทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน
  - ..... 1.2 ผลการทดลองจะต้องสอดคล้องกับสมมติฐาน
  - ..... 1.3 การเขียนสมมติฐานควรระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามให้ชัดเจน
  - ..... 1.4 นิยามเชิงปฏิบัติการช่วยในการกำหนดวิธีและขอบเขตของการทดลอง
  - ..... 1.5 การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ไม่มีผลต่อค่าของตัวแปรตาม
2. พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

เมื่อผสมสารละลาย A กับสารละลาย B จะมีฟองแก๊สเกิดขึ้น ในการศึกษาอัตราการเกิดแก๊สของปฏิกิริยาดังกล่าว นักเรียนคนหนึ่งได้ทำการทดลองดังนี้

1. ใส่สารละลาย A 0.5 mol/L ปริมาตร 5 mL ลงในหลอดทดลองที่ 1 และสารละลาย B 0.5 mol/L ปริมาตร 5 mL ลงในหลอดทดลองที่ 2
2. เทสารละลายในหลอดทดลองที่ 1 ลงในหลอดทดลองที่ 2 ที่อุณหภูมิห้อง และวัดอัตราการเกิดแก๊ส
3. ทำซ้ำข้อ 1-2 แต่ก่อนผสมให้นำหลอดทดลองทั้งสองหลอดแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ประมาณ 2 นาที
4. ทำซ้ำข้อ 3 แต่แช่หลอดทดลองทั้งสองหลอดในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 10 °C แทนน้ำร้อน

ตั้งสมมติฐาน ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ พร้อมกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรตาม โดยกรอกข้อมูลในกรอบที่กำหนดให้

### สมมติฐาน

.....

.....

.....

### ตัวแปร

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่.....

.....

.....

### นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรตาม

.....

.....

.....



## 14.1 บทนำ

ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมี สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรมได้ เช่น การใช้ความรู้วิชาเคมี ในโครงการ “ฝนหลวง” ซึ่งก่อกำเนิดจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ที่ทรงห่วงใยต่อความเดือดร้อนของประชาชนอันเนื่องมาจากสภาวะแห้งแล้ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากความผันแปรและความคลาดเคลื่อนของธรรมชาติ เช่น ฤดูฝนเริ่มต้นล่าช้าเกินไปหรือหมดเร็วกว่าปกติ ฝนทิ้งช่วงระยะยาวในระหว่างฤดูฝน ซึ่งสภาวะแห้งแล้งดังกล่าวมีแนวโน้มว่าจะรุนแรงขึ้น นอกจากนี้การตัดไม้ทำลายป่ายังเป็นสาเหตุให้สภาพแวดล้อมของธรรมชาติเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้สภาพอากาศจากพื้นดินถึงระดับฐานเมฆไม่เอื้ออำนวยต่อการรวมตัวของเมฆ และยากต่อการเหนี่ยวนำให้ฝนตกลงสู่พื้นดิน ทำให้ฝนไม่ตกหรือตกแต่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติ แต่ทรงเชื่อมั่นว่า “การตัดแปรอากาศเพื่อให้เกิดฝน” น่าจะเป็นมาตรการหนึ่งที่จะป้องกันและแก้ไขปัญหาได้ และทรงพระราชทาน “ตำราฝนหลวง” เพื่อเป็นแนวปฏิบัติในการแก้ปัญหาดังกล่าว

**การทำฝนหลวง** สามารถแบ่งเป็น 3 ชั้น ที่เข้าใจได้ง่ายดังนี้

**ชั้นก่อนวน** เป็นการตัดแปรสภาพอากาศเพื่อเร่งหรือเสริมการเกิดหรือการก่อรวมตัวของเมฆ ดั้งชั้นตอนที่ 1 ในตำราฝนหลวง โดยใช้เครื่องบินโปรยผงโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ระดับความสูง 7,000 ฟุต และอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 60 เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์เป็นสารที่มีสมบัติดูดซับความชื้น จึงเป็นแกนเหนี่ยวนำให้ความชื้นหรือไอน้ำรอบ ๆ มารวมกันเป็นก้อนเมฆ ดังรูป 14.1 ก้อนเมฆที่ได้นี้มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเซลเซียสจึงเรียกว่า เมฆอุ่น



รูป 14.1 แผนภาพการดำเนินการในชั้นก่อนวน

**ชั้นเลี้ยงให้อ้วน** เป็นการดัดแปรสภาพอากาศเพื่อเร่งหรือเสริมการเจริญของเมฆให้มีขนาดใหญ่และหนาแน่นมากขึ้น ดังขั้นตอนที่ 2 ในตำราฝนหลวง โดยเมื่อเมฆอุ่นก่อตัวจนมียอดสูงถึง 10,000 ฟุต เครื่องบินอีกลำหนึ่งจะบินเข้าไปในกลุ่มเมฆที่ระดับสูงกว่าฐานเมฆ 1,000 ฟุต เพื่อโปรยผงแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) ซึ่งเมื่อละลายน้ำแล้วจะคายความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิในก้อนเมฆสูงขึ้น ละอองน้ำเกิดการระเหยเป็นไอน้ำลอยสูงขึ้น ทำให้เกิดลมพาอากาศและความชื้นจากรอบข้างเพิ่มเข้ามาเมื่อไอน้ำลอยตัวขึ้นไปกระทบกับอากาศเย็นที่ระดับสูงจะควบแน่นกลับเป็นละอองน้ำ กระบวนการระเหยและควบแน่นนี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นกระบวนการลูกโซ่ทำให้ก้อนเมฆขยายตัวใหญ่ขึ้นจนยอดเมฆอาจสูงถึงระดับ 18,000 ฟุต ขึ้นไป ดังรูป 14.2 เมฆบริเวณนี้มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส จึงเรียกว่า เมฆเย็น



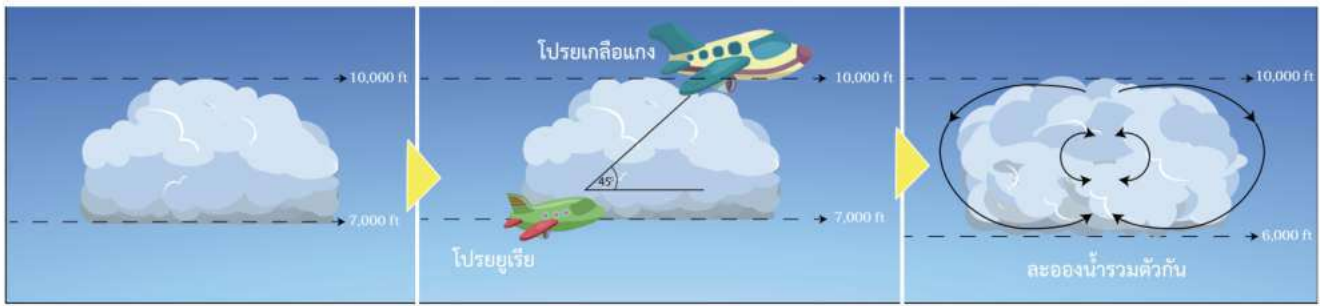
รูป 14.2 แผนภาพการดำเนินการในชั้นเลี้ยงให้อ้วน

**ชั้นโจมตี** เป็นการดัดแปรสภาพอากาศเพื่อเร่งให้เมฆที่รวมตัวหนาแน่นแล้วตกเป็นฝนลงสู่พื้นที่เป้าหมาย รายละเอียดดังนี้

**การโจมตีเมฆอุ่นแบบแซนวิช (sandwich)** ดังขั้นตอนที่ 3 ในตำราฝนหลวง โดยจะใช้เครื่องบิน 2 ลำ ลำแรกบินที่ระดับความสูง 9,000–10,000 ฟุต (ไหล่เมฆ–ยอดเมฆ) ส่วนเครื่องบินลำที่ 2 บินที่ระดับความสูง 7,000 ฟุต (ฐานเมฆ) ทำมุมเอียงกัน 45 องศา เครื่องบินลำแรกโปรยผงโซเดียมคลอไรด์ เพื่อเป็นแกนเหนียวนำไอน้ำรอบ ๆ ก้อนเมฆให้มารวมกันมากขึ้น ส่วนลำที่ 2 โปรยผงยูเรีย ( $\text{urea}$ ) เพื่อลดอุณหภูมิของฐานเมฆ เนื่องจากยูเรียเมื่อละลายในน้ำจะดูดความร้อน ทำให้ละอองน้ำจำนวนมากในก้อนเมฆเกิดการรวมกันและฐานเมฆลดต่ำลง จนเมฆใกล้ตกเป็นฝนหรือตกเป็นฝนในที่สุด ดังรูป 14.3 (ก)

หากกลุ่มเมฆฝนนี้ยังไม่ตกมาเป็นฝนหรือยังไม่เคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย ให้เสริมการโจมตี ดังขั้นตอนที่ 4 ในตำราฝนหลวง โดยใช้เครื่องบินโปรยน้ำแข็งแห้ง (dry ice หรือคาร์บอนไดออกไซด์แข็ง) ซึ่งมีอุณหภูมิ  $-78$  องศาเซลเซียส ที่ระดับต่ำกว่าฐานเมฆ 1,000 ฟุต เพื่อชักนำให้ฐานเมฆเคลื่อนตัวต่ำลง และเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย ดังรูป 14.3 (ข)





(ก)



(ข)

รูป 14.3 แผนภาพการโจมตีเมฆอุ่นแบบแซนวิช

กรณีที่เมฆสามารถพัฒนายอดได้สูงจนถึงระดับเมฆเย็น สามารถทำให้เกิดฝนปริมาณมากขึ้น โดยการโจมตีเมฆเย็นได้ ดังนี้

**การโจมตีเมฆเย็น** ดังขั้นตอนที่ 5 ในตำราฝนหลวง ใช้เครื่องบิน บินที่ระดับความสูงประมาณ 21,500 ฟุต เพื่อยิงพลุซึ่งบรรจุซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI) ลงบนยอดเมฆ ซึ่งที่ระดับความสูงนี้มีอุณหภูมิ -8 ถึง -12 องศาเซลเซียส และถ้ามีกระแสลมวลาอากาศในก้อนเมฆไหลขึ้นมากกว่า 1,000 ฟุตต่อนาที รวมทั้งมีปริมาณน้ำเย็นจัดไม่ต่ำกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเหมาะสมต่อการทำให้เกิดเป็นไอน้ำเย็นยิ่งยวด (super cooled vapor) ซึ่งไอน้ำเย็นยิ่งยวดนี้จะเกาะรอบแกนซิลเวอร์ไอโอไดด์ ได้เป็นผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่พอที่จะหล่นลงมารวมตัวกับไอน้ำและละอองน้ำในเมฆอุ่น กลายเป็นฝนตกลงมาสู่พื้นดิน ดังรูป 14.5



รูป 14.4 พลุซิลเวอร์ไอโอไดด์



รูป 14.5 แผนภาพการโจมตีเมฆเย็น

การโจมตีก้อนเมฆแบบซูเปอร์แซนด์วิช (super sandwich) ดั้งชั้นตอนที่ 6 ในตำราฝนหลวง ซึ่งใช้เครื่องบิน 3 ลำ โดยให้เครื่องบิน 2 ลำ โจมตีเมฆอุ่นแบบแซนด์วิช และในขณะเดียวกันเครื่องบินอีก 1 ลำ โจมตีเมฆเย็น เพื่อให้ฝนตกหนักและต่อเนื่อง ดังรูป 14.6



รูป 14.6 แผนภาพการโจมตีก้อนเมฆแบบซูเปอร์แซนด์วิช

## 14.2 การใช้ความรู้ทางเคมีในการแก้ปัญหา

นักวิทยาศาสตร์นิยมใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ในการแสวงหาคำตอบของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ รวมทั้งยังใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการหาความรู้ที่เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีหรือการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนและกระบวนการทำงานที่เป็นระบบซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ คือ การสังเกตและการตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน การตรวจสอบสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล และการสรุปผล ดังรูป 14.7





รูป 14.7 แผนภาพขั้นตอนในวิธีการทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์หรือนักวิจัยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตในการตั้งคำถามหรือโจทย์วิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา การตั้งคำถามจะทำได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อมีข้อมูลมากขึ้น เช่น เมื่อพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงสังเกตเห็นว่าในพื้นที่แห้งแล้งที่ฝนไม่ตกทั้งที่มีเมฆกระจายอยู่บนท้องฟ้า แต่เมฆเหล่านี้ไม่รวมตัวกันให้ใหญ่พอจนเป็นเมฆฝนได้ จึงอาจนำมาสู่คำถามที่ว่า “ทำอย่างไรให้เมฆรวมตัวกันแล้วเกิดเป็นฝนได้” จากคำถามข้างต้นจะเห็นว่า มีตัวแปรต้นหลายตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการรวมตัวของเมฆที่ทำให้เกิดฝนได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีคำถามและสมมติฐานย่อยเพื่อนำไปสู่การกำหนดตัวแปรในการทดลอง ดังตัวอย่างในตาราง 14.1

ตาราง 14.1 ตัวอย่างคำถามและสมมติฐานจากกรณีการทำฝนหลวง

คำถาม	สมมติฐาน
1) ระดับความชื้นในอากาศมีผลต่อการรวมตัวของเมฆหรือไม่ อย่างไร	ระดับความชื้นในอากาศมีผลต่อการรวมตัวกันของเมฆ
2) สารชนิดใดที่ช่วยให้เมฆมารวมตัวกันได้	สารที่มีสมบัติดูดซับความชื้น เช่น โซเดียมคลอไรด์ มีผลทำให้เมฆรวมตัวกัน
3) ปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมต่อการรวมตัวของเมฆเป็นเท่าใด	โซเดียมคลอไรด์ปริมาณมากขึ้นทำให้เมฆรวมตัวกันได้ดีขึ้น
4) ระดับความสูงที่เหมาะสมในการโปรยโซเดียมคลอไรด์ควรเป็นเท่าใด	การโปรยโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความสูงบริเวณฐานเมฆจะทำให้เมฆรวมตัวกันได้ดี
5) ความเร็วลมมีผลต่อการรวมตัวกันของเมฆหรือไม่ อย่างไร	ความเร็วลมมีผลต่อการรวมตัวกันของเมฆ

ตัวอย่างคำถามย่อยข้างต้น เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาฝนแล้ง โดยการตั้งคำถามจะนำมาสู่คำตอบเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยคำถามที่ดีควรชี้ให้เห็นถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังตัวอย่างคำถามในตาราง 14.1 ซึ่งมีการระบุถึงความชื้นของอากาศ ชนิดและปริมาณของสาร ระดับความสูงของการโปรยสาร ความเร็วลม ซึ่งเป็นตัวแปรต้นที่ผู้ทำการทดลองสามารถปรับเปลี่ยนหรือเลือกได้ และมีตัวแปรตามร่วมกันคือการรวมตัวกันของเมฆ นอกจากนี้การตั้งคำถามอาจคำนึงถึงเงื่อนไขที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา เช่น จากคำถามที่ 2) อาจเพิ่มเงื่อนไขในคำถามได้ว่า “สารชนิดใดที่ช่วยให้เมฆมารวมตัวกันได้ โดยมีราคาถูกและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม”

ในแต่ละคำถามมีสมมติฐานที่คาดคะเนถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่จะใช้ตอบคำถามหลักคือ “ทำอะไรให้ผสมรวมตัวกันแล้วเกิดเป็นฝนได้” ซึ่งคำถามและสมมติฐานย่อยเหล่านี้ช่วยกำหนดขอบเขตของการทดลองที่จะใช้ตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐานได้ง่ายและชัดเจนขึ้น และข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการตอบคำถามหลัก

การตั้งสมมติฐานที่ดีต้องอาศัยความรู้และการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ชัดเจนเพียงพอที่จะออกแบบวิธีการพิสูจน์สมมติฐานได้ นักเรียนสามารถศึกษาการระบุปัญหา การตั้งคำถามและสมมติฐาน รวมทั้งการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน จากตัวอย่างการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่อไปนี้

#### สถานการณ์ตัวอย่าง



ปาทองโก๋ที่ขายในร้านหน้าปากซอยมีความกรอบมาก แต่มีกลิ่นของแอมโมเนียขณะรับประทาน เมื่อสอบถามกับทางร้านถึงส่วนประกอบและวิธีทำปาทองโก๋ เจ้าของร้านได้ให้ข้อมูลดังนี้



## ส่วนประกอบ

แป้งสาลี เกลือ น้ำตาลทราย น้ำ ผงฟู ยีสต์แห้ง เบกกิ้งโซดา  
แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต น้ำมันถั่วเหลือง

## วิธีทำ

1. ร่อนแป้งสาลีปริมาณ 1 kg แล้วพักไว้
2. ชั่งผงฟู 4 g ยีสต์แห้ง 0.8 g เกลือ 20 g น้ำตาลทราย 8 g เบกกิ้งโซดา 1 g และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต 30 g เทส่วนผสมทั้งหมดลงในน้ำ 800 mL คนจนสารละลายหมด
3. ชั่งน้ำมันถั่วเหลือง 50 g เติมนลงในส่วนผสมในข้อ 2 คนให้น้ำมันกระจายตัว จากนั้นเติมน้ำมันลงบนแป้งที่ร่อนเตรียมไว้ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
4. หมักส่วนผสมไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมง ในภาชนะที่ปิดมิดชิด
5. นำส่วนผสมในข้อ 4 เทลงบนถาดที่โรยแป้งสาลีไว้แล้ว จากนั้นใช้ลูกกลิ้ง กลิ้งบนแป้งจนได้แผ่นแป้งมีความหนาประมาณ 0.5 cm แล้วตัดแป้งเป็นชิ้น ๆ ขนาดประมาณ 1 นิ้ว x 2 นิ้ว จากนั้นใช้น้ำแตะตรงกึ่งกลางของชิ้นแป้งแล้วนำแป้ง 2 ชิ้นมาประกบกัน
6. ทอดแป้งในกระทะโดยใช้ น้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิประมาณ 190–200 °C เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำชิ้นมาสะเด็ดน้ำมันในตะแกรง

จากสถานการณ์ดังกล่าว สามารถระบุปัญหาและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และความรู้ทางเคมีได้ดังนี้

**ปัญหา:** ปาท่องโก๋มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย

**คำถาม:** ทำอย่างไรให้ปาท่องโก๋ไม่มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียและยังคงความกรอบ

**การสืบค้นข้อมูล และการตั้งสมมติฐาน**

จากข้อมูลส่วนประกอบของปาท่องโก๋ นักเรียนอาจใช้ความรู้ทางเคมีคาดการณ์ได้ว่า กลิ่นแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ในปาท่องโก๋ น่าจะมาจากแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) เมื่อสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมพบว่า แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการสลายตัวให้แก๊สแอมโมเนีย ซึ่งนอกจากแก๊สแอมโมเนียแล้ว ยังเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำอีกด้วย โดยแก๊สที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นส่วนที่ช่วยให้ปาท่องโก๋กรอบเช่นเดียวกับยีสต์ เบกกิ้งโซดาหรือโซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) ผงฟู (ของผสมของ  $\text{NaHCO}_3$  และกรด ตัวอย่างกรดเช่น โพแทสเซียมไบทาร์เทรต ( $\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6$ ))



### ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น

#### ข้อมูลเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี:

การสลายตัวของแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเมื่อได้รับความร้อน



การสลายตัวของโซเดียมไบคาร์บอเนตเมื่อได้รับความร้อน



การหมักแป้งด้วยยีสต์



ปฏิกิริยากรด-เบสในผงฟู



**ข้อมูลเกี่ยวกับความกรอบ:** ขณะทอดปาท่องโก๋จะมีแก๊สเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวและหลุดออกจากเนื้อแป้งพร้อมกับพาความชื้นที่อยู่ในเนื้อแป้งออกไปด้วย ทำให้แป้งมีผิวที่แข็งและกรอบขึ้น

จากปฏิกิริยาเคมีที่สืบค้นได้จะเห็นว่า มีเพียงแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตที่ให้แก๊สแอมโมเนีย ซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่นฉุน อย่างไรก็ตาม แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตให้ทั้งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สแอมโมเนียที่ช่วยทำให้ปาท่องโก๋กรอบได้มากกว่าส่วนผสมอื่นที่ให้เพียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถนำไปสู่การตั้งคำถามและสมมติฐานย่อยที่ชัดเจนเพียงพอสำหรับการออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานได้ ดังตัวอย่าง

คำถาม	สมมติฐาน
1) ปริมาณแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเท่าใดปาท่องโก๋จึงจะไม่มีกลิ่นและยังคงความกรอบ	การลดปริมาณแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตทำให้ปาท่องโก๋ไม่มีกลิ่นและยังคงความกรอบ
2) ถ้าใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตแทนแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตต้องใช้ปริมาณเท่าใด	การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณที่ทำให้เกิดแก๊สเท่ากับเมื่อใช้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตจะทำให้ปาท่องโก๋ไม่มีกลิ่นและยังคงความกรอบ

## การตรวจสอบสมมติฐาน

การออกแบบวิธีการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานของแต่ละคำถาม สามารถทำได้ดังนี้

### คำถาม 1)

#### ตั้งคำถาม

ปริมาณแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตเท่าใดปาท่องโก๋จึงจะไม่มีกลิ่นและยังคงความกรอบ

#### ตั้งสมมติฐาน

การลดปริมาณแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตทำให้ปาท่องโก๋ไม่มีกลิ่นและยังคงความกรอบ

#### กำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น ปริมาณแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต

ตัวแปรตาม กลิ่นและความกรอบของปาท่องโก๋

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ปริมาณของส่วนประกอบอื่น ๆ

วิธีผสมส่วนประกอบ

ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด

อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการทอด

ผู้ทดสอบกลิ่นและความกรอบของปาท่องโก๋

#### ตรวจสอบสมมติฐาน

1. ทำปาท่องโก๋ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
2. ทำปาท่องโก๋ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่ลดปริมาณของ  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  เป็นครึ่งหนึ่งและหนึ่งในสี่
3. เปรียบเทียบกลิ่นและความกรอบของปาท่องโก๋ที่ได้ในข้อ 2 กับปาท่องโก๋ในข้อ 1

## คำถาม 2)

**ตั้งคำถาม**

ถ้าใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตแทนแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตต้องใช้ปริมาณเท่าใด

**ตั้งสมมติฐาน**

การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณที่ทำให้เกิดแก๊สเท่ากับเมื่อใช้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตจะทำให้ปาท่องโก๋ไม่มีกลิ่นและยังคงความกรอบ

**กำหนดตัวแปร**

ตัวแปรต้น ปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนต

ตัวแปรตาม กลิ่นและความกรอบของปาท่องโก๋

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ปริมาณของส่วนประกอบอื่น ๆ  
 วิธีผสมส่วนประกอบ  
 ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด  
 อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการทอด  
 ผู้ทดสอบกลิ่นและความกรอบของปาท่องโก๋

**ตรวจสอบสมมติฐาน**

1. ทำปาท่องโก๋ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
2. ทำปาท่องโก๋ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่ใช้  $\text{NaHCO}_3$  แทน  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  โดยใช้จำนวน 96 g ซึ่งได้ปริมาณแก๊สเท่ากับสูตรเดิม และอาจทดสอบเพิ่มโดยการลดปริมาณของ  $\text{NaHCO}_3$  ที่ใช้แทน  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$
3. เปรียบเทียบกลิ่นและความกรอบของปาท่องโก๋ที่ได้ในข้อ 2 กับปาท่องโก๋ในข้อ 1





### ตรวจสอบความเข้าใจ

หากต้องการทราบว่า อุณหภูมิของน้ำมันและระยะเวลาที่ใช้ในการทอดมีผลต่อกลิ่นและความกรอบของปาท่องโก๋หรือไม่ สามารถตั้งคำถามย่อย สมมติฐาน ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้อย่างไร

หลังจากที่ได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานของคำถามย่อยแต่ละคำถามแล้ว จะสามารถเสนออัตราส่วนปริมาณของแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตต่อส่วนประกอบอื่นในปาท่องโก๋ที่เหมาะสมหรือปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตที่จะใช้แทนแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตได้ รวมทั้งอาจเสนออุณหภูมิของน้ำมันและระยะเวลาที่ใช้ในการทอดปาท่องโก๋ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหากลิ่นฉุนของปาท่องโก๋โดยยังคงความกรอบได้

นักเรียนสามารถฝึกการระบุปัญหาและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ได้จากกิจกรรมต่อไปนี้



### กิจกรรม 14.1 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางเคมี

#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. ตั้งคำถาม สมมติฐาน และกำหนดตัวแปรจากสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยใช้ความรู้ทางเคมี
3. ออกแบบวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน
4. นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา

#### วิธีทำกิจกรรม

1. พิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

## ช่องโหว่โอโซน

ชั้นโอโซนในบรรยากาศช่วยดูดซับรังสี UVB ไม่ให้ผ่านลงมาสู่พื้นผิวโลก แต่ผลจากการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (chlorofluorocarbons, CFCs) ทำให้ชั้นโอโซนในบรรยากาศบางลงจนบางบริเวณเกิดเป็นช่องโหว่โอโซน (ozone hole) เช่น ขั้วโลกใต้ ดังรูป

การลดลงของชั้นโอโซนในบรรยากาศส่งผลให้รังสี UVB ผ่านลงมาสู่พื้นผิวโลกมากขึ้น ซึ่งรังสี UVB เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนัง ดังนั้นการป้องกันตนเองจากรังสีดังกล่าวจึงช่วยลดปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนังได้

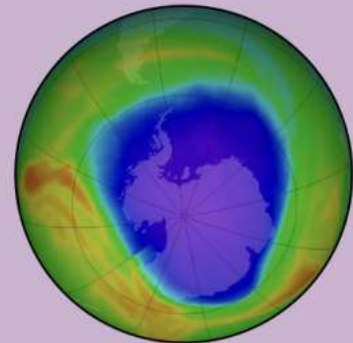
สาร CFCs ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมทำโฟม ใช้เป็นสารผลักดันในกระป๋องสเปรย์ ใช้เป็นสารทำความเย็น ดังนั้นจึงได้มีข้อตกลงระหว่างประเทศเพื่อควบคุมการใช้สาร CFCs ซึ่งเรียกว่า พิธีสารมอนทรีออล (Montreal Protocol) เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2530 ส่งผลให้ปัญหาช่องโหว่โอโซนลดลง อย่างไรก็ตามการทำให้ปริมาณของโอโซนในชั้นบรรยากาศกลับมาเหมือนเดิมต้องใช้ระยะเวลานาน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องยังคงเฝ้าติดตามสถานการณ์อยู่ตลอดเวลา

### สถานการณ์ 1

นักเรียนเป็นพนักงานในโรงงานทำโฟมฉนวนความร้อนแห่งหนึ่งที่ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุงการผลิตโฟมฉนวนความร้อนโดยใช้แก๊สชนิดอื่นแทน CFCs

### สถานการณ์ 2

นักเรียนเป็นนักเคมีในบริษัทผลิตเครื่องสำอางแห่งหนึ่งที่ได้รับมอบหมายให้ผลิตครีมกันแดดที่สามารถป้องกันรังสี UVB ได้



ช่องโหว่โอโซนที่ขั้วโลกใต้  
เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2557  
ที่มา: NASA

2. เลือกสถานการณ์ที่สนใจ แล้วระบุปัญหาและตั้งคำถามโดยใช้ความรู้ทางเคมี
3. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง แล้วตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปร
4. ออกแบบวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน
5. นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา

### 14.3 การบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา

วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ได้ความรู้พื้นฐานสำหรับการพัฒนาต่อยอดเป็นความรู้ใหม่เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและพัฒนานวัตกรรมที่ทำให้คุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ดีขึ้น ทั้งนี้ กระบวนการแก้ปัญหาและการสร้างนวัตกรรมในสถานการณ์จริง อาจมีการใช้ **กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process)** ซึ่งมีขั้นตอนดังจะได้ศึกษาจากกิจกรรมต่อไปนี้





## กิจกรรม 14.2 สายไฟแบ่งโด้ว

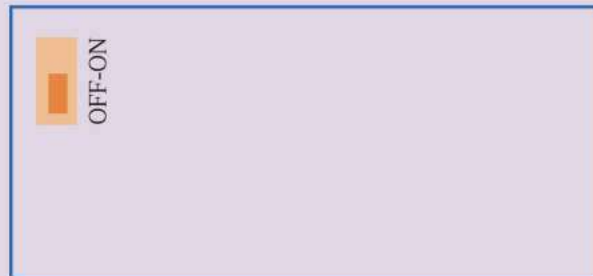
### จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. สร้างสายไฟแบ่งโด้วเพื่อให้หลอด LED สว่าง ตามเงื่อนไขที่กำหนด
2. นำเสนอขั้นตอนการสร้างสายไฟแบ่งโด้ว

### วัสดุและอุปกรณ์

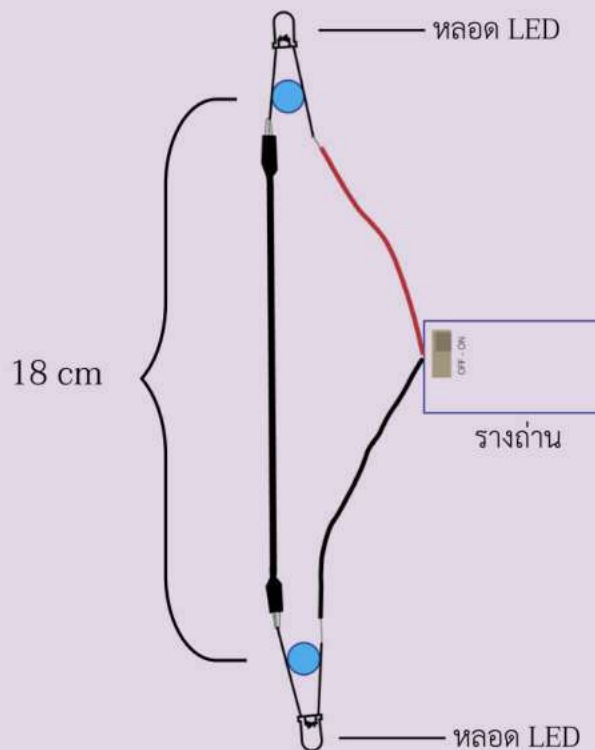
1. แบ่งโด้ว
2. เกลือแกง
3. น้ำตาลทราย
4. เบกกิ้งโซดา
5. น้ำกลั่น
6. หลอด LED
7. สายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้
8. ถ่านไฟฉาย 1.5V 2 ก้อน ในรางถ่าน
9. ภาชนะสำหรับผสม
10. ผังตำแหน่งของหลอด LED และรางถ่าน

### ผังตำแหน่งของหลอด LED และรางถ่าน



### วิธีทำกิจกรรม

1. ทดสอบการต่อวงจรไฟฟ้า โดยต่อสายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้กับหลอด LED ซึ่งต่อกับรางถ่าน ดังรูป ตามผังที่กำหนด สังเกตความสว่างของหลอด LED และบันทึกผล



2. ต่อวงจรไฟฟ้าตามข้อ 1 แต่เปลี่ยนสายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้เป็นแปรงไฟฟ้า สังเกตความสว่างของหลอด LED และบันทึกผล
3. ออกแบบวิธีการเติมสารเคมีลงในแปรงไฟฟ้าและการต่อวงจรเพื่อทำให้หลอด LED ทั้ง 2 หลอดสว่าง และทำการทดสอบตามเงื่อนไขดังนี้
  - เลือกใช้สารเคมีเพียง 1 ชนิด จากสารเคมีต่อไปนี้ เพื่อละลายในน้ำแล้วผสมลงในแปรงไฟฟ้าทั้งก้อน
    1. เกลือแกง (NaCl) 2. น้ำตาลทราย ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 3. เบกกิ้งโซดา ( $NaHCO_3$ )
  - วางตำแหน่งของหลอด LED และตำแหน่งรางถ่าน ตามผังที่กำหนดให้
  - กำหนดระยะเวลาดำเนินการภายใน 30 นาที
  - กลุ่มที่ใช้สารเคมีปริมาณน้อยที่สุด จะได้คะแนนมากที่สุด
4. บันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม “การบันทึกข้อมูลการดำเนินการ” ที่กำหนดให้
5. นำเสนอข้อมูลการดำเนินการ



### คำถามท้ายกิจกรรม

1. นักเรียนใช้ความรู้ทางเคมีเรื่องใดบ้างในการสร้างสายไฟแบ่งโดว์
2. นอกจากความรู้ทางเคมีแล้ว นักเรียนใช้ความรู้อื่นในการสร้างสายไฟแบ่งโดว์หรือไม่อย่างไร
3. จากการบันทึกข้อมูลการดำเนินการ การสร้างสายไฟแบ่งโดว์มีขั้นตอนอย่างไร

### การบันทึกข้อมูลการดำเนินการ กิจกรรม 14.2

1. เปรียบเทียบความสว่างของหลอด LED เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าด้วยสายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้และแปรงไดร์

.....

.....

.....

2. ระบุปัญหาและเงื่อนไขในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### 3. ระบุสารเคมีที่เลือกใช้เติมลงในแป้งโดว์ พร้อมอธิบายเหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### 4. ออกแบบขั้นตอนการดำเนินการ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



5. ดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้และระบุผลการดำเนินการในครั้งแรก

.....

.....

.....

6. ระบุวิธีการปรับปรุงแก้ไข หากไม่สามารถทำให้หลอด LED ทั้งสองหลอดสว่างในครั้งแรกของการดำเนินการ

.....

.....

.....

7. สรุปวิธีการดำเนินการและเสนอแนะวิธีการดำเนินการที่ให้ผลดีขึ้น พร้อมวาดรูปการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบความสว่างของหลอด LED

.....

.....

.....

.....

.....

## รูปการต่อวงจร

จากกิจกรรมจะเห็นว่านักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหาว่า มีข้อกำหนดและเงื่อนไขอย่างไรบ้าง จากนั้นจะต้องรวบรวมความรู้และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา แล้วจึงดำเนินการสร้างชิ้นงาน ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดีขึ้น จากนั้นนำเสนอวิธีการและผลการสร้างชิ้นงาน ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้อยู่ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังสรุปในรูป 14.8



รูป 14.8 แผนภาพขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

### 1. ระบุปัญหา

เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

### 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

### 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

### 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

### 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

### 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ในระหว่างการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ เช่น หากชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหายังมีข้อบกพร่อง ทำงานหรือใช้งานไม่ได้ อาจต้องย้อนกลับไปรวบรวมข้อมูลและออกแบบวิธีการใหม่ นอกจากนี้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่วมด้วย เช่น ในขั้นตอนการเลือกและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา อาจต้องใช้ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการสร้างแบบจำลอง ในขั้นตอนของการทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขต้นแบบอาจต้องใช้ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด



#### ตรวจสอบความเข้าใจ

วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีส่วนของวัตถุประสงค์และขั้นตอนที่เหมือนและต่างกันอย่างไรร



ทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่วนใหญ่ต้องใช้ความรู้ในหลาย ๆ ศาสตร์บูรณาการร่วมกัน จึงจะได้ความรู้ใหม่ แก้ปัญหา หรือสร้างนวัตกรรมเพื่อสนองความต้องการได้

นักเรียนแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้ได้จากกิจกรรมต่อไปนี้



### กิจกรรม 14.3 การแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้

#### จุดประสงค์ของกิจกรรม

เลือกสถานการณ์ปัญหาหรือประเด็นที่สนใจและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้ทางเคมีกับความรู้ในศาสตร์อื่น และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

#### วิธีทำกิจกรรม

1. สืบค้นสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียน ท้องถิ่น จังหวัด ประเทศ หรือระดับโลก พร้อมสืบค้นข้อมูลประกอบ
2. เลือกสถานการณ์ปัญหาหรือประเด็นที่สนใจจะแก้ไข แล้วตั้งคำถามหรือระบุปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์หรือประเด็นดังกล่าว
3. นำเสนอสถานการณ์ปัญหาหรือประเด็นที่สนใจจะแก้ไข พร้อมข้อมูลสนับสนุนเพื่อให้เห็นความสำคัญของคำถามหรือปัญหาดังกล่าว พร้อมทั้งนำเสนอคำถามหรือปัญหาและเงื่อนไข
4. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหาที่จะนำไปสู่แนวทางการตอบคำถามหรือการแก้ปัญหา
5. อภิปรายและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นภายในกลุ่ม
6. กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของงาน รวมทั้งสมมติฐานและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) และออกแบบวิธีดำเนินการหลังจากที่ได้ข้อมูลเพียงพอแล้ว
7. นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบไว้
8. ดำเนินการแก้ปัญหตามที่ได้ออกแบบวิธีการไว้

## 14.4 การนำเสนอผลงาน

การนำเสนอผลงานเป็นการสื่อสารเพื่อสรุปให้บุคคลอื่นได้รับทราบถึงผลการดำเนินการที่ผู้นำเสนอได้ศึกษามา การนำเสนอสาระสำคัญของผลงานควรทำให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและใช้สื่อประกอบอย่างเหมาะสมและมีคุณภาพ โดยทั่วไปการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์อาจอยู่ในรูปของรายงาน โปสเตอร์ การบรรยาย บทความ หรือการแสดงชิ้นงาน ซึ่งการเข้าใจหลักการในการเตรียมการนำเสนอในแต่ละรูปแบบเป็นการส่งเสริมให้การนำเสนอที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในที่นี้จะกล่าวถึงหลักการเบื้องต้นในการเขียนรายงาน การเตรียมโปสเตอร์ และการเตรียมการบรรยาย

### 1. รายงาน

รายงานอาจประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนนำ ส่วนเนื้อหา และส่วนท้าย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 1) ส่วนนำ

**ปก** ประกอบด้วยชื่อเรื่อง ผู้จัดทำ โรงเรียน ช่วงเวลาหรือปีที่จัดทำ

**บทคัดย่อ** แสดงภาพรวมของงานและเป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้อ่านสนใจที่จะศึกษาเนื้อหา บทคัดย่อประกอบด้วยชื่อเรื่อง สรุปย่อความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ สมมติฐาน วิธีดำเนินการ และผลการดำเนินการ รวมทั้งอาจมีข้อเสนอแนะ ตัวอย่างดังรูป 14.9

### บทคัดย่อ

**ประสิทธิภาพของเปลือกผลไม้สำหรับใช้เป็นวัสดุกรองน้ำจากแหล่งน้ำใกล้เหมืองแร่**

ชื่อเรื่อง

ไอออนของโลหะบางชนิดที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำบริเวณเหมืองแร่มีความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การกำจัดไอออนของโลหะดังกล่าวจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเปลือกผลไม้ที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองน้ำในการกำจัดไอออนของโลหะในน้ำที่ได้จากแหล่งน้ำใกล้เหมืองแร่ ซึ่งมีสมมติฐานว่า เปลือกผลไม้ที่มีสารที่สามารถจับกับไอออนของโลหะจะช่วยลดความเข้มข้นของไอออนของโลหะในน้ำหลังการกรอง และเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของไรแดง โดยดำเนินการสร้างที่กรองน้ำจากวัสดุกรองที่ประกอบด้วย ถ่าน ทราย และเปลือกแห้งของผลไม้แต่ละชนิดจากส้ม กล้วย เงาะ และมังคุด โดยมีที่กรองน้ำที่ใช้วัสดุกรองเฉพาะถ่านและทรายเป็นชุดควบคุม ทำการทดสอบประสิทธิภาพที่กรองน้ำทั้ง 5 ชุด กับน้ำตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งน้ำใกล้เหมืองแร่ 3 แห่ง พบว่า ที่กรองน้ำที่มีส่วนผสมของเปลือกส้มมีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยลดความเข้มข้นของไอออนของโลหะในน้ำได้มากกว่าชุดควบคุมคิดเป็นร้อยละ 15–20 และมีอัตราการรอดชีวิตของไรแดงร้อยละ 80 ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุม

ความสำคัญ  
ของปัญหา

วัตถุประสงค์

สมมติฐาน

วิธี

ดำเนินการ

ผล

ดำเนินการ

### รูป 14.9 ตัวอย่างบทคัดย่อ

**กิตติกรรมประกาศ** แสดงข้อความขอบคุณบุคคล หน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ทำให้การดำเนินการสำเร็จลุล่วง และแหล่งทุน (ถ้ามี)

**สารบัญ** ประกอบด้วยสารบัญเนื้อเรื่องซึ่งแสดงชื่อหัวข้อหลัก ๆ ของเนื้อหาและเลขหน้า และอาจมีสารบัญตารางหรือสารบัญภาพประกอบด้วย



## 2) ส่วนเนื้อหา โดยทั่วไปแบ่งออกเป็นบท ซึ่งแต่ละบทมีรายละเอียดดังนี้

**บทที่ 1 บทนำ** ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ สมมติฐาน (ถ้ามี) ขอบเขตของการดำเนินการ นิยามเชิงปฏิบัติการ โดยความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาควรระบุถึงปัญหาและผลกระทบ รวมทั้งข้อจำกัดของแนวทางการแก้ไขปัญหามีการศึกษาไว้ก่อนแล้ว หรือประเด็นที่ยังไม่ได้มีการศึกษา

**บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** ให้ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎี หลักการ หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งขยายความจากบทที่ 1 โดยมีข้อมูลและการอ้างอิงสนับสนุน พร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบผลงานวิจัยที่ผ่านมา และแสดงความเห็นของผู้จัดทำในการนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ โดยผู้จัดทำควรเขียนเรียบเรียงด้วยความของตนเอง ไม่ใช่วิธีคัดลอกจากแหล่งอ้างอิง ซึ่งอาจเขียนแบ่งเป็นหัวข้อตามความเหมาะสมของปริมาณและหมวดหมู่ของข้อมูลที่จะนำเสนอ

**บทที่ 3 วิธีดำเนินการ** ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุและอุปกรณ์ วิธีการทดลองหรือวิธีการแก้ปัญหา และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมด้วย ซึ่งผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจและดำเนินการตามได้

**บทที่ 4 ผลการดำเนินการและการอภิปรายข้อมูล** แสดงผลการทดลองหรือผลการแก้ปัญหาโดยอาจนำเสนอในรูปแบบที่เหมาะสม เช่น ตาราง แผนภาพ กราฟ รวมทั้งวิเคราะห์และอภิปรายความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละชุดให้เห็นว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ สอดคล้องหรือแตกต่างกับทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างไร

**บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ** เป็นการนำผลการดำเนินการทั้งหมดมาสรุปย่อเป็นประเด็นตามวัตถุประสงค์ของการดำเนินการ รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ หรือประเด็นที่ควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

### 3) ส่วนท้าย ประกอบด้วย

**บรรณานุกรม** แสดงรายการเอกสารที่ใช้เป็นแหล่งข้อมูลประกอบ เช่น หนังสือเรียน ตำรา บทความวิจัย เว็บไซต์ บรรณานุกรมมีรูปแบบการเขียนเฉพาะซึ่งอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละสถาบันการศึกษาหรือหน่วยงาน อย่างไรก็ตามการเขียนบรรณานุกรมต้องใช้รูปแบบเดียวกันตลอดทั้งเล่ม และเรียงลำดับตามตัวอักษร โดยเขียนแยกระหว่างบรรณานุกรมภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตัวอย่างการเขียนบรรณานุกรมของ สสวท. ดังแสดง

#### หนังสือเรียนและตำรา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Chang, R. (2010). **Chemistry**. 9<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill.

Ryan, L. & Norris, R. (2014). **Cambridge International AS and A Level Chemistry Coursebook**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press.

#### วารสาร

Saptarini, N.M. & Suryasaputra, D. & Nurmalia, H. (2015). *Application of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* Linn) extract as an indicator of acid-base titration*. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**. 7(2), 275–280.

#### เว็บไซต์

คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. (2561). **โรคหายใจเกิน**. สืบค้นเมื่อ 11 เมษายน 2561, จาก <https://med.mahidol.ac.th/ramamental/generalknowledge/general/05012014-1359>.

The Chinese University of Hong Kong. (2015). **A Simulation for Teaching Dynamic Equilibrium**. Retrieved February 23, 2015, from <http://www3.fed.cuhk.edu.hk/chemistry/files/Simulation.pdf>.

**ภาคผนวก** เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ไม่ได้นำเสนอในส่วนของเนื้อหา เช่น ข้อมูลการทดลอง ข้อมูลการพัฒนาแบบร่าง รายการสารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ อภิธานศัพท์ ซึ่งนิยมแยกเขียนเป็นเรื่อง ๆ ดังตัวอย่าง

ภาคผนวก ก	ข้อมูลแสดงแบบร่างสายไฟแบ่งโดว์
ภาคผนวก ข	อภิธานศัพท์



#### กิจกรรม 14.4 สืบค้นข้อมูลรูปแบบการเขียนบรรณานุกรม

##### จุดประสงค์ของกิจกรรม

นำเสนอรูปแบบการเขียนบรรณานุกรม

##### วิธีทำกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเขียนบรรณานุกรมที่เป็นสากลหรือที่นิยมใช้ทั่วไป
2. นำเสนอและอภิปรายร่วมกัน



## 2. การนำเสนอด้วยโปสเตอร์

การนำเสนอด้วยโปสเตอร์เป็นการนำเสนอผลงานในรูปแบบที่ใช้ภาพและข้อความเพื่อดึงความสนใจของผู้ชม ซึ่งการนำเสนอโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการนิยมเปิดโอกาสให้ผู้ชมได้มีการซักถามด้วย รูปแบบของโปสเตอร์อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละเวทีการนำเสนอ การจัดทำและการนำเสนอโปสเตอร์ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- 1) คีกรายละเอียดข้อกำหนดของแต่ละเวทีการนำเสนอ เช่น ขนาดโปสเตอร์ รูปแบบระยะเวลาในการนำเสนอ
- 2) แบ่งสัดส่วนเนื้อหาสาระให้ได้หัวข้อครบถ้วนและเหมาะสมกับพื้นที่ของโปสเตอร์ เช่น การนำเสนอผลงานวิจัย อาจประกอบด้วย ชื่อเรื่องงานวิจัย ชื่อผู้วิจัย หน่วยงานที่สังกัด บทคัดย่อ วัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการ ผลการวิจัย สรุปผล และบรรณานุกรม
- 3) จัดเรียงเนื้อหาสาระให้มีลักษณะเป็นการเล่าเรื่องตามลำดับ เพื่อให้ผู้ชมโปสเตอร์สามารถติดตามอ่านได้ง่าย
- 4) ใช้ภาพ แผนภูมิ แผนภาพ หรือตาราง ที่สื่อความหมายได้ถูกต้อง ชัดเจน และน่าสนใจ มีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป
- 5) ใช้ตัวอักษรที่เหมาะสมที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและอ่านได้ง่าย ไม่ควรใช้รูปแบบของตัวอักษรมากเกินไปสองรูปแบบ และหลีกเลี่ยงการใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ภาษาอังกฤษทั้งหมด เพราะทำให้อ่านยาก
- 6) ใช้โทนสีของพื้นหลังที่เสริมให้ตัวอักษรและภาพเด่นชัด
- 7) ตรวจสอบการสะกดคำ การใช้เครื่องหมาย รวมทั้งการเว้นวรรคให้ถูกต้อง
- 8) เตรียมตัวในการพุดนำเสนอโปสเตอร์ โดยเตรียมคำอธิบายและตอบคำถาม รวมทั้งซักซ้อมการพุด
- 9) นำเสนอด้วยท่ายืนที่สุภาพและไม่บังโปสเตอร์ พุดให้กระชับและพุดเฉพาะประเด็นหลัก รวมทั้งสบตาและแสดงความสนใจผู้ฟังตลอดเวลาที่นำเสนอ





## กิจกรรม 14.5 การจัดทำและนำเสนอข้อมูลในโปสเตอร์

### จุดประสงค์ของกิจกรรม

จัดทำและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสม

### วิธีทำกิจกรรม

1. พิจารณาข้อมูลทั้ง 3 ชุดต่อไปนี้ และจัดทำข้อมูลแต่ละชุดในรูปแบบที่สื่อความหมายได้ชัดเจนและน่าสนใจ

**ชุดที่ 1** ข้อมูลการทดลองวัดความเข้มข้นของไอออนจากการแตกตัวของกรด

กรดไฮโดรคลอริกและกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นเริ่มต้น 1.00 mol/L กรดไฮโดรคลอริกแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและคลอไรด์ไอออนความเข้มข้นอย่างละ 1.00 mol/L ส่วนกรดไฮโดรฟลูออริกแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและฟลูออไรด์ไอออนความเข้มข้นอย่างละ 0.04 mol/L

**ชุดที่ 2** ข้อมูลการทดลองหาปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจน จำนวน 0.002 โมล ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ความดัน 1 บรรยากาศ

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาตร (mL)
-100	30
-50	36
0	45
50	55
100	61

### ชุดที่ 3 ข้อมูลวิธีการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของสารต่อภาวะสมดุล

#### วิธีทดลอง

1. ใส่กรดอะซิติกในหลอดทดลอง 3 หลอด หลอดละ 1.0 mL จากนั้นเติม HCl 0.02 mol/L หลอดละ 5 หยด
2. เติมสารละลายลงในหลอดทดลองในข้อ 1 ดังนี้  
หลอดที่ 1 เติมน้ำกลั่น 5 หยด ผสมให้เข้ากัน แล้วบันทึกสี  
หลอดที่ 2 เติม HCl 0.02 mol/L 5 หยด ผสมให้เข้ากัน แล้วบันทึกสี  
หลอดที่ 3 เติม NaOH 0.02 mol/L 5 หยด ผสมให้เข้ากัน แล้วบันทึกสี  
เปรียบเทียบสีของสารละลายหลอดที่ 2 และ 3 กับหลอดที่ 1
3. สังเกตสีของสารละลายทั้ง 3 หลอดอีกครั้ง เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที

2. นำเสนอข้อมูลที่จัดทำขึ้นและอภิปรายร่วมกัน

#### คำถามท้ายกิจกรรม

1. รูปแบบที่นำเสนอของนักเรียนแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
2. รูปแบบใดที่เหมาะสม เพราะเหตุใด

### 3. การนำเสนอด้วยการบรรยาย

การนำเสนอด้วยการบรรยายเป็นการนำเสนอผลงานในรูปแบบที่ผู้นำเสนอใช้วาจาและสื่อประกอบในการถ่ายทอดข้อมูล หากนำเสนอได้ดีจะสามารถดึงดูดความสนใจและสร้างความจดจำได้ ซึ่งในการประชุมวิชาการจะมีการเปิดโอกาสให้มีการซักถามหลังการบรรยายด้วย เนื้อหาการบรรยายควรปรับให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้ฟังและอยู่ในระยะเวลาที่กำหนด โดยมีข้อควรคำนึงถึงดังต่อไปนี้



### การจัดเตรียมเนื้อหาและสื่อประกอบ

- 1 ศึกษารายละเอียดและข้อกำหนดของแต่ละเวทีการนำเสนอ เช่น กลุ่มผู้ฟัง ระยะเวลาในการนำเสนอ
- 2 เตรียมข้อมูลและเนื้อหาซึ่งประกอบด้วยความเป็นมาและความสำคัญ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ กระบวนการหรือวิธีดำเนินการ ผลการดำเนินการ การวิเคราะห์และการอภิปรายผล และการสรุปผล
- 3 เตรียมสไลด์โดยจัดสรรจำนวนสไลด์หรือเวลาที่นำเสนอให้เหมาะสมกับความสำคัญของแต่ละส่วนเนื้อหา เช่น ควรมีเนื้อหาในส่วนของผลการดำเนินการ การวิเคราะห์และการอภิปรายผล มากกว่าเนื้อหาในส่วนของความเป็นมาและความสำคัญ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ควรเตรียมสไลด์นำที่แสดงชื่อเรื่อง ผู้นำเสนอ รวมทั้งสไลด์ปิดที่กล่าวขอบคุณหรือกิตติกรรมประกาศด้วย
- 4 ควรนำเสนอความคิดหลักเพียงประเด็นเดียวในแต่ละสไลด์ ไม่ควรมีข้อความหรือภาพแน่นเกินไป และควรมีเลขระบุลำดับสไลด์
- 5 ใช้แผนภูมิ แผนภาพ ตาราง หรือรูปภาพ ที่สื่อความหมายได้ถูกต้อง ชัดเจน และน่าสนใจ มีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป ส่วนข้อความให้แสดงเฉพาะข้อความสำคัญ
- 6 ใช้ตัวอักษรที่เหมาะสมที่ผู้ฟังทุกคนสามารถมองเห็นได้ชัดเจนและอ่านได้ง่าย ไม่ควรใช้รูปแบบของตัวอักษรมากเกินไปสองรูปแบบ สำหรับข้อความภาษาอังกฤษ หลีกเลี่ยงการใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด ควรใช้ตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะพยัญชนะแรกของคำ
- 7 ใช้โทนสีของพื้นหลังที่ช่วยให้ผู้ฟังมองเห็นตัวอักษรและภาพได้อย่างชัดเจนและสบายตา และไม่ควรรู้พื้นหลังหลายรูปแบบ
- 8 กำหนดจำนวนสไลด์ทั้งหมดให้เหมาะสมกับเวลาไม่ควรมีมากเกินไป เช่น การนำเสนอ 10 นาที ควรมีสไลด์ประมาณ 10–15 สไลด์ เนื่องจากผู้ฟังส่วนใหญ่มีความสนใจและสามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาในแต่ละสไลด์ในช่วงเวลาประมาณ 40–60 วินาที
- 9 หลีกเลี่ยงการใช้ภาพเคลื่อนไหวที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่อาจทำให้ผู้ฟังขาดความสนใจ หรือเสียสมาธิ แต่ควรใช้ภาพเคลื่อนไหวที่ส่งเสริมการนำเสนอให้เข้าใจง่ายขึ้น
- 10 ตรวจสอบการสะกดคำ การใช้เครื่องหมาย รวมทั้งการเว้นวรรคให้ถูกต้อง

ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่เหมาะสมและที่ปรับปรุงให้เหมาะสม แสดงดังรูป 14.10



วิธีเตรียม NaCl 0.040 mol/L ปริมาตร 100 mL

1. บีบेटต์ NaCl 0.40 mol/L ปริมาตร 10.0 mL และถ่ายลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 100 mL
2. เติมน้ำกลั่นลงในขวดกำหนดปริมาตรจนจุดต่ำสุดของส่วนโค้งของสารละลายอยู่ตรงกับขีดบอกปริมาตร
3. ปิดจุกขวดให้แน่น แล้วกลับขวดขึ้นลงให้สารละลายผสมกัน
4. เทสารละลายที่ได้ใส่ภาชนะเก็บสาร ปิดจุกและติดฉลาก



วิธีเตรียม NaCl 0.040 mol/L ปริมาตร 100 mL



ก) สไลด์ด้านขวาสรุปเป็นแผนภาพที่เห็นลำดับขั้นตอนได้ชัดเจนกว่าสไลด์ด้านซ้ายซึ่งเป็นข้อความบรรยาย



การจัดทำ PowerPoint สำหรับนำเสนอ

How to make PowerPoint Presentation

โดย สสวท.



การจัดทำ PowerPoint สำหรับนำเสนอ

How to make PowerPoint Presentation

โดย สสวท.

ข) สไลด์ด้านขวาเลือกสีตัวอักษรที่แตกต่างจากสีพื้นหลังทำให้มองเห็นตัวอักษรชัดเจนกว่าสไลด์ด้านซ้าย



การเตรียมสื่อประกอบการนำเสนอ

สื่อที่จะใช้ประกอบการบรรยายนิยมใช้ สไลด์หรือสื่อมัลติมีเดีย ซึ่งการเตรียมสื่อการนำเสนอต้องมีการจัดลำดับเนื้อหาที่เป็นระเบียบ ดูง่าย และไม่สับสน ในที่นี้จะยกตัวอย่างการนำเสนอโดยใช้สไลด์ ซึ่งการออกแบบสไลด์ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- แต่ละสไลด์ควรมีนำเสนอหนึ่งความคิดหลักเพียงประเด็นเดียว
- ใช้ภาพ แผนภูมิ แผนภาพ หรือตาราง ที่สื่อความหมายให้เข้าใจได้ง่ายและน่าสนใจ มีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไป ส่วนข้อความให้แสดงเฉพาะข้อความสำคัญ
- ใช้ตัวอักษรที่เหมาะสมที่ผู้ฟังทุกคนสามารถมองเห็นได้ชัดเจนและอ่านได้ง่าย ไม่ควรใช้รูปแบบของตัวอักษรมากเกินไปสองชนิด สำหรับข้อความภาษาอังกฤษ หลีกเลี่ยงการใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด ควรใช้ตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะหัวข้อและคำ
- ใช้โทนสีของพื้นหลังที่ช่วยให้ผู้ฟังมองเห็นตัวอักษรและภาพได้อย่างชัดเจนและสบายตา และไม่ควรใช้พื้นหลังหลายรูปแบบ
- เนื้อหาในแต่ละสไลด์ไม่ควรมีความมากหรือน้อยเกินไป และควรเรียงลำดับข้อความจากมุมซ้ายบนของสไลด์ เพราะโดยทั่วไปมักจะอ่านจากข้างบนซ้ายก่อน
- ตรวจสอบการสะกดคำ การใช้เครื่องหมาย รวมทั้งการเว้นวรรคให้ถูกต้อง



การเตรียมสื่อประกอบการนำเสนอ

- การนำเสนอความคิดหลักต่อสไลด์
- การใช้ภาพ แผนภูมิ แผนภาพ หรือตาราง
- ขนาดและรูปแบบตัวอักษร และการเขียนข้อความภาษาอังกฤษ
- การเลือกใช้โทนสีพื้นหลัง
- ปริมาณข้อความและการลำดับข้อความ
- การพิสูจน์อักษร

ค) สไลด์ด้านขวาแสดงเนื้อหาที่สำคัญทำให้ข้อความน้อยลง จึงใช้ตัวอักษรขนาดใหญ่ขึ้นได้และเห็นชัดเจนกว่าสไลด์ด้านซ้าย





## ผลการทดลอง

กรด	ความเข้มข้น (mol/L)	อุณหภูมิ (°C)	pH
HNO <sub>2</sub>	1.0	25	2.1
HF	1.0	25	2.1
HCOOH	1.0	25	2.4
CH <sub>3</sub> COOH	1.0	25	2.9
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	1.0	25	2.6

## ผลการทดลอง

การวัดค่า pH ของกรดความเข้มข้น 1.0 mol/L ที่ 25 °C

กรด	pH
HNO <sub>2</sub>	2.1
HF	2.1
HCOOH	2.4
CH <sub>3</sub> COOH	2.9
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	2.6

ง) สไลด์ด้านขวาแสดงเฉพาะข้อมูลที่สำคัญซึ่งเป็นค่าของตัวแปรต้นและตัวแปรตามไว้ในตารางและแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ไว้นอกตาราง ทำให้ผู้ฟังพิจารณาข้อมูลได้ง่ายกว่าสไลด์ด้านซ้าย

## รูป 14.10 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่เหมาะสมและเหมาะสม

## การพูดนำเสนอ

- 1) ควรมีการซักซ้อมก่อนการนำเสนอจนมั่นใจว่าสามารถบรรยายเนื้อหาได้อย่างถูกต้องครบถ้วนภายในระยะเวลาที่กำหนด
- 2) พูดออกเสียงให้ชัด ไม่ช้าหรือเร็วเกินไป เว้นวรรคตอนและจังหวะให้ฟังง่าย เพื่อให้ผู้ฟังสามารถรับข้อมูลที่ต้องการสื่อสารได้อย่างถูกต้องไม่ควรพูดโทนเสียงที่ราบเรียบแต่ควรเน้นเสียงหนักในส่วนที่เป็นสาระสำคัญหรือจุดสำคัญ เพื่อให้น่าสนใจ
- 3) สบตาผู้ฟังอย่างทั่วถึงระหว่างการนำเสนอ ไม่อ่านสไลด์หรือบทพูด
- 4) วางท่าทางด้วยบุคลิกที่แสดงความมั่นใจ เป็นมิตร มีการชี้สไลด์ด้วยอุปกรณ์ และอาจใช้ท่าทางประกอบการบรรยาย เช่น การบอกทิศทาง ขนาด รูปร่าง จำนวน
- 5) แต่งกายให้เรียบร้อยและเหมาะสมกับกาลเทศะ





## กิจกรรม 14.6 การนำเสนอผลงานจากกิจกรรม 14.3

### จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. จัดทำรายงาน
2. จัดทำสื่อประกอบการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงานในรูปแบบโปสเตอร์ หรือสไลด์ประกอบการบรรยาย
3. นำเสนอผลงานในรูปแบบของโปสเตอร์หรือการบรรยาย

### วิธีทำกิจกรรม

1. จัดทำรายงานของกิจกรรม 14.3 และส่งรายงาน
2. จัดทำโปสเตอร์หรือสไลด์ประกอบการบรรยายของกิจกรรม 14.3
3. นำเสนอผลงานในรูปแบบของโปสเตอร์หรือการบรรยาย และเปิดโอกาสให้มีการซักถามเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้

### 14.5 การเข้าร่วมประชุมวิชาการ

การสัมมนา การประชุมวิชาการ หรืองานนิทรรศการ เป็นเวทีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผยแพร่ความรู้หรือนำเสนอผลงานที่ได้ทำมา ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รับคำแนะนำเพื่อนำมาพัฒนาผลงานของตนเอง รวมทั้งยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และแสดงความคิดเห็นต่อผลงานของบุคคลอื่นในเรื่องที่นักเรียนสนใจได้อีกด้วย



รูป 14.11 บรรยากาศการร่วมงานประชุมวิชาการ



## กิจกรรม 14.7 สืบค้นข้อมูลงานประชุมวิชาการ

### จุดประสงค์ของกิจกรรม

สืบค้นข้อมูลงานประชุมวิชาการทางเคมี วิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

### วิธีทำกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับงานประชุมวิชาการทางเคมี วิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย อย่างน้อย 2 การประชุม โดยอาจสืบค้นข้อมูลในหัวข้อต่อไปนี้
  - 1) ชื่องานประชุม
  - 2) ชื่อหัวข้อหลัก (theme) (ถ้ามี)
  - 3) ช่วงเวลาที่จัดงาน (ควรอยู่ในช่วงปีที่แล้ว ปีปัจจุบัน และปีหน้า)
  - 4) สถานที่จัดงาน
  - 5) หน่วยงานหลักที่จัด
  - 6) รูปแบบของกิจกรรม (เช่น การประชุม การประกวด นิทรรศการ การอบรมเชิงปฏิบัติการ การบรรยายพิเศษ)
2. นำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกัน



การเข้าร่วมประชุมวิชาการเพื่อศึกษาหาความรู้จากผลงานของบุคคลอื่น บทบาทสำคัญคือ ต้องเป็นผู้ฟังที่ดี มีมารยาทในการฟัง ชักถาม และเสนอความคิดเห็น เพื่อเป็นการให้เกียรติผู้พูด รวมทั้งสถานที่ ซึ่งจะทำให้การแลกเปลี่ยนเรียนรู้เป็นไปในบรรยากาศที่ดี ราบรื่น และเกิดประโยชน์สูงสุด แนวทางปฏิบัติของผู้ฟังที่ดีมีดังนี้

1. ควรฟังด้วยความสุภาพเรียบร้อย ไบหน้าเป็นมิตร และตั้งใจฟังจนจบการนำเสนอ
2. มองผู้พูดหรือสิ่งที่กำลังนำเสนอด้วยความสนใจ
3. ไม่ควรพูดคุย ทำเสียงดัง หรือทำกิจกรรมอื่นขณะฟังการนำเสนอ
4. ควรเปิดใจรับฟังอย่างสงบ หากมีความคิดเห็นขัดแย้งหรือมีข้อสงสัยควรซักถามเมื่อผู้พูดเปิดโอกาสให้ถาม ไม่พูดสอดแทรกขณะที่ฟัง
5. เมื่อจะซักถามหรือแสดงความคิดเห็นควรยกมือหรือแสดงความประสงค์เพื่อให้ผู้นำเสนอทราบ
6. ควรซักถามหรือแสดงความคิดเห็นอย่างสุภาพทั้งภาษาพูดและท่าทาง ไม่พูดโอ้อวด หรือยกตนข่มท่าน ไม่พูดเสียดสี กล่าวตำหนิ หรือพาดพิงให้ผู้อื่นเสียหาย
7. ทำความเข้าใจเรื่องที่จะซักถามหรือแสดงความคิดเห็น เพื่อเรียบเรียงคำพูดให้เข้าใจได้ง่าย
8. ใช้เวลาในการซักถามหรือแสดงความคิดเห็นอย่างเหมาะสม ไม่ผูกขาดเวลาไว้เพียงคนเดียว
9. ควรซักถามหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผล ไม่ซักถามหรือแสดงความคิดเห็นนอกประเด็น
10. ควรซักถามหรือแสดงความคิดเห็นในสิ่งที่คิดว่าสร้างสรรค์และก่อให้เกิดผลดีต่อส่วนรวม ไม่ใช่อคติหรืออารมณ์ส่วนตัวมาประกอบการแสดงความคิดเห็น

หลังการเข้าร่วมประชุมวิชาการ นักเรียนควรสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ออกมาในรูปแบบของรายงานซึ่งจะช่วยนักเรียนรวบรวมความคิดและจดจำเนื้อหาได้ รายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการโดยทั่วไปมีองค์ประกอบดังแสดง

## รายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ ในฐานะผู้นำเสนอ

ชื่อผู้รายงาน .....

1. ชื่อการประชุม .....

จัดโดย .....

วันที่ .....

สถานที่ .....

2. ชื่อเรื่องที่นำเสนอและรูปแบบที่นำเสนอ

.....

.....

3. สรุปเนื้อหาหรือบทคัดย่อ

.....

.....

4. สรุปประเด็นคำถามและข้อคิดเห็นที่ได้รับ

.....

.....

5. ประโยชน์ที่ได้รับ

.....

.....

## รูปแสดงหลักฐานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ



## รายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ ในฐานะผู้ฟัง

ชื่อผู้รายงาน .....

1. ชื่อการประชุม .....

จัดโดย .....

วันที่ .....

สถานที่ .....

2. ชื่อผู้นำเสนอ ชื่อเรื่อง และรูปแบบที่นำเสนอ

.....

.....

3. สรุปเนื้อหาเรื่องที่ได้ฟัง

.....

.....

4. สรุปประเด็นคำถามและคำตอบ

.....

.....

5. ประโยชน์ที่ได้รับ

.....

.....

## รูปแสดงหลักฐานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ



## กิจกรรม 14.8 การเข้าร่วมและการสรุปรายงานการเข้าประชุมวิชาการ

### จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เข้าร่วมการประชุมวิชาการ
2. จัดทำสรุปรายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ

### วิธีทำกิจกรรม

1. เข้าร่วมการประชุมวิชาการในฐานะผู้นำเสนอโปสเตอร์ ผู้บรรยาย หรือผู้ฟัง
2. จัดทำสรุปรายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ



### สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

สถานการณ์บางสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรือการพัฒนานวัตกรรม สามารถนำความรู้ทางเคมีไปใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้ โดยอาศัยกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างเป็นระบบ

การศึกษาและการแก้ปัญหาในสถานการณ์ หรือประเด็นที่สนใจทำได้โดยการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น รวมทั้งคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยอาจใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เน้นการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์อย่างมีขั้นตอน

การนำเสนอผลงานหรือแสดงผลงาน ทำให้ผู้นำเสนอมีโอกาสเผยแพร่ผลงานและแลกเปลี่ยนแนวคิด โดยผู้นำเสนอจะได้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือประกอบการนำเสนอ ซึ่งช่วยให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเข้าร่วมสัมมนา ประชุมวิชาการ หรือนิทรรศการแสดงผลงาน ทำให้ผู้เข้าร่วมงานมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดหรือแสดงทัศนคติซึ่งช่วยส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ทักษะการสื่อสาร ทักษะการใช้เทคโนโลยี เพื่อการค้นคว้าและการสื่อสาร



# ภาคผนวก



ขที่สิทธิบัตร 13888

๓ป/200 - ๗

## สิทธิบัตรการประดิษฐ์

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522  
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ขอบถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)  
ปรากฏในสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 076122  
วันขอรับสิทธิบัตร 28 สิงหาคม 2545  
ผู้ประดิษฐ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ การตัดแปรรูปอากาศเพื่อให้เกิดฝน

ให้ผู้ทรงสิทธิบัตรและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ  
ออกให้ ณ 29 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2545  
หมดอายุ ณ 27 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2565

(ลงชื่อ) 

( นายยรรยง พวงราช )  
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา  
ผู้ออกสิทธิบัตร

  
พนักงานเจ้าหน้าที่

หมายเหตุ 1. ผู้ประดิษฐ์ต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มนับที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น  
สิทธิบัตรจะสิ้นอายุ  
2. ผู้ทรงสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวกันได้  
3. การจะอนุญาตให้ใช้สิทธิความสิทธิบัตรและการโอนสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อ  
พนักงานเจ้าหน้าที่

หน้า 1 ของจำนวน 6 หน้า  
รายละเอียดการประดิษฐ์  
ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์  
การดัดแปรสภาพอากาศเพื่อให้เกิดฝน

สาขาวิชาการที่เกี่ยวข้อง

- 5                   วิทยาศาสตร์บรรยากาศ (Atmospheric Science), ฟิสิกส์ (Physics), เคมี (Chemistry)  
และวิศวกรรมประยุกต์ (Applied Engineering)

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิชาการที่เกี่ยวข้อง

- การดัดแปรสภาพอากาศเพื่อให้เกิดฝนในภูมิภาคเขตร้อน ก่อกำเนิดจากพระราชดำริของ  
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ที่ทรงห่วงใยต่อความเดือดร้อนอันเนื่องมาจากสภาวะ  
แห้งแล้ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากความผันแปรและความคลาดเคลื่อนของธรรมชาติ กล่าวคือฤดูฝน  
10 เริ่มต้นล่าช้าเกินไป หมดเร็วกว่าปกติ หรือการที่ฝนทิ้งช่วงระยะยาวในระหว่างฤดูฝน สภาวะแห้งแล้ง  
ดังกล่าวได้ทวีความถี่และมีแนวโน้มว่าจะรุนแรงขึ้นตามลำดับ นอกจากจะเกิดขึ้นจากความผันแปร  
และความคลาดเคลื่อนของฤดูกาลตามธรรมชาติแล้ว การตัดไม้ทำลายป่ายังเป็นสาเหตุให้สภาพสิ่งแวดล้อม  
ของธรรมชาติเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้สภาพอากาศจากพื้นดินถึงระดับฐานเมฆไม่  
15 เอื้ออำนวยต่อการกลั่นรวมตัวของเมฆ และขาดต่อการเหนี่ยวนำให้ฝนตกลงสู่พื้นดิน ทำให้ฝนไม่  
ตกหรือตกแต่ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติ ทรงเชื่อมั่นว่า “การดัดแปรอากาศเพื่อให้เกิดฝน” น่าจะ  
เป็นมาตรการหนึ่งที่จะป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของ  
ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนและอยู่ในอิทธิพลของมรสุมของทวีปเอเชีย คือมรสุม  
ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นฤดูฝนของประเทศนาน 6 เดือน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม  
20 พัดพามวลอากาศอุ่นและชื้น จากมหาสมุทรอินเดียเข้าสู่ประเทศไทย ซึ่งเป็นฤดูเพาะปลูกประจำปี  
และมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นฤดูหนาวพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากผืนแผ่นดินใหญ่  
ประเทศจีนนานถึง 4 เดือน ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และมีลมฝ่ายใต้หรือ  
ตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นฤดูร้อนระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนนานเพียง 2 เดือน และพัด  
พามวลอากาศอุ่น และชื้นจากทะเลจีนเข้าสู่ประเทศไทย อิทธิพลของมรสุมดังกล่าวนี้จะทำให้  
25 สามารถดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนได้เป็นลำดับโดยการประยุกต์วิชาการแขนงต่างๆ กล่าวโดย  
สรุป คือ

- 30                   **วิทยาศาสตร์ บรรยากาศ** (Atmospheric science) เป็นวิชาการที่เกี่ยวข้องกับปรากฏ  
การณ์ต่างๆ ในบรรยากาศ ซึ่งครอบคลุมอุตุนิยมวิทยา (Meteorology), ภูมิอากาศ (Climatology),  
การก่อเกิดเมฆ (Cloud Formation), การเจริญของเมฆ (Cloud Evolution), การเกิดฝน (Rain fall)  
และการสลายตัวของเมฆ (Cloud Dispersion) ตามฤดูกาลต่างๆ



## หน้า 2 ของจำนวน 6 หน้า

- 5 **ฟิสิกส์ (Physics)** ซึ่งครอบคลุมทั้งสแตติก และไดนามิก ของเมฆและมวลอากาศ (Cloud Static and Dynamic) เช่นการกลั่นตัว การคายความร้อนแฝงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนสถานะ จากไอน้ำเป็นหยดน้ำ, จากหยดน้ำเป็นเกล็ดน้ำแข็ง การยกตัวของมวลอากาศ (updraft) อันเนื่องมาจากการไหลพาของความร้อนในแนวตั้ง (convection) และการเกิดกระแสลมปั่นแปร (turbulence) ของทั้งในเมฆและนอกเมฆ ซึ่งเกิดจากพลังความร้อนที่เกิดจากความร้อนแฝง (latent heat) จากการกลั่นตัวของไอน้ำ (condensation) ความร้อนอันเกิดจากปฏิกิริยาของสารเคมี (sensible heat) และความร้อนจากแสงอาทิตย์
- 10 **เคมี (Chemistry)** เกี่ยวกับสารเคมีที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ซึ่งทำให้เกิดขบวนการเกิดเมฆ การเจริญของเมฆ การเกิดฝน และการสลายตัวของเมฆฝน (ฝนหตุตก)
- 10 **วิศวกรรมประยุกต์ (Applied Engineering)** ซึ่งครอบคลุม Electrical and Electronic Engineering , Mechanical Engineering , Aviation Engineering

## ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

- 15 **การดัดแปรสภาพอากาศ (Weather Modification)** เป็นวิทยาการที่เกิดจากการเอาวิทยาการทั้ง 4 แขนง ดังกล่าวมาประยุกต์เพื่อให้เกิดฝน (Rain stimulation and enhancement) จากทั้งเมฆอุ่นและเมฆเย็น การเกิดหิมะ (Snow Augmentation) การทำลายความรุนแรงพายุไต้ฝุ่นหรือเฮอริเคน (Typhoon and Hurricane suppression) การทำลายหมอก (Fog dispersion) การทำลายหรือป้องกันการเกิดพายุลูกเห็บ (Hail Suppression) เป็นต้น

- 20 “การดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝน” เป็นพระราชดำริเมื่อ พ.ศ. 2498 ทรงเริ่มศึกษาวิจัยทางเอกสารวิชาการ และทรงคิดค้นอย่างเป็นระบบต่อเนื่อง เพื่อค้นหากรรมวิธีการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย. ก่อนที่จะกำหนดเป็นข้อสมมุติฐานสำหรับการทดลองปฏิบัติการ เนื่องจากวิทยาการด้านดัดแปรสภาพอากาศไม่มีห้องปฏิบัติการ จำเป็นต้องทดลองปฏิบัติการในห้องฟ้า แต่การทดลองปฏิบัติการยังไม่สามารถกระทำได้ในขณะนั้น เนื่องจากไม่มีเครื่องบินซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญที่จะนำเทคโนโลยีตามข้อสมมุติฐานนั้นไปประยุกต์ในการทดลองปฏิบัติการในห้องฟ้าได้

- 25 จนกระทั่งปี พ.ศ. 2512 จึงสามารถทำการบินทดลองปฏิบัติการในห้องฟ้าได้เป็นครั้งแรก ทำการวิจัยและทดลองปฏิบัติการอย่างค้ำเนื่องในสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่แตกต่างกันและในช่วงฤดูกาลต่างๆ กัน เพื่อพัฒนากรรมวิธีและเทคนิคที่เหมาะสมในการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝน จนกระทั่ง พ.ศ. 2514 จึงมีโอกาสดำเนินการทดลองควบคู่กับการปฏิบัติการหวังผลเพื่อช่วยเหลือราษฎรที่ประสบภาวะแห้งแล้งเป็นครั้งแรกและดำเนินการวิจัยและพัฒนากรรมวิธีเรื่อยมา จนกระทั่ง

## หน้า 2 ของจำนวน 6 หน้า

- ฟิสิกส์ (Physics) ซึ่งครอบคลุมทั้งสแตติก และไดนามิก ของเมฆและมวลอากาศ (Cloud Static and Dynamic) เช่นการกลั่นตัว การคายความร้อนแฝงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนสถานะ จากไอน้ำเป็นหยดน้ำ, จากหยดน้ำเป็นเกล็ดน้ำแข็ง การยกตัวของมวลอากาศ (updraft) อันเนื่องมาจากการไหลพาของความร้อนในแนวตั้ง (convection) และการเกิดกระแสลมปรวนแปร (turbulence) ของทั้งในเมฆและนอกเมฆ ซึ่งเกิดจากพลังความร้อนที่เกิดจากความร้อนแฝง (latent heat) จากการกลั่นตัวของไอน้ำ (condensation) ความร้อนอันเกิดจากปฏิกิริยาของสารเคมี (sensible heat) และความร้อนจากแสงอาทิตย์
- เคมี (Chemistry) เกี่ยวกับสารเคมีที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ซึ่งทำให้เกิดขบวนการเกิดเมฆ การเจริญของเมฆ การเกิดฝน และการสลายตัวของเมฆฝน (ฝนหยุดตก)
- วิศวกรรมประยุกต์ (Applied Engineering) ซึ่งครอบคลุม Electrical and Electronic Engineering , Mechanical Engineering , Aviation Engineering

## ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

- การดัดแปรสภาพอากาศ (Weather Modification) เป็นวิทยาการที่เกิดจากการเอาวิทยาการทั้ง 4 แขนง ดังกล่าวมาประยุกต์เพื่อให้เกิดฝน (Rain stimulation and enhancement) จากทั้งเมฆอ่อนและเมฆเย็น การเกิดหิมะ (Snow Augmentation) การทำลายความรุนแรงพายุไต้ฝุ่นหรือเฮอริเคน (Typhoon and Hurricane suppression) การทำลายหมอก (Fog dispersion) การทำลายหรือป้องกันการเกิดพายุลูกเห็บ (Hail Suppression) เป็นต้น

- “การดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝน” เป็นพระราชดำริเมื่อ พ.ศ. 2498 ทรงเริ่มศึกษาวิจัยทางเอกสารวิชาการ และทรงคิดค้นอย่างเป็นระบบต่อเนื่อง เพื่อค้นหากรรมวิธีการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย. ก่อนที่จะกำหนดเป็นข้อสมมุติฐานสำหรับการทดลองปฏิบัติการ เนื่องจากวิทยาการด้านดัดแปรสภาพอากาศไม่มีห้องปฏิบัติการ จำเป็นต้องทดลองปฏิบัติการในท้องฟ้า แต่การทดลองปฏิบัติการยังไม่สามารถกระทำได้ในขณะนั้น เนื่องจากไม่มีเครื่องบินซึ่งป็นอุปกรณ์สำคัญที่จะนำเทคโนโลยีตามข้อสมมุติฐานนั้นไปประยุกต์ในการทดลองปฏิบัติการในท้องฟ้าได้

- จนกระทั่งปี พ.ศ. 2512 จึงสามารถทำการบินทดลองปฏิบัติการในท้องฟ้าได้เป็นครั้งแรก ทำการวิจัยและทดลองปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องในสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ในช่วงฤดูกาลต่างๆ กัน เพื่อพัฒนากรรมวิธีและเทคนิคที่เหมาะสมในการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝน จนกระทั่ง พ.ศ. 2514 จึงมีโอกาสทำการทดลองควบคู่กับการปฏิบัติการหวังผลเพื่อช่วยเหลือราษฎรที่ประสบภาวะแห้งแล้งเป็นครั้งแรกและดำเนินการวิจัยและพัฒนากรรมวิธีเรื่อยมา จนกระทั่ง



## หน้า 4 ของจำนวน 6 หน้า

- (Cool Clouds) โดยใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นได้ดี (Hygroscopic Materials) ทั้งในอุณหภูมิที่สูงกว่าและต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง เป็นตัวเร่งรื้อให้เกิดกระบวนการเกิดฝน ตั้งแต่ การเกิดเมฆ (Cloud Formation) การเจริญของเมฆ (Cloud Evolution) และการเกิดฝน (Rain Initiation) เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำฝน (Rain Enhancement) และให้ฝนตกกระจายอย่างสม่ำเสมอ (Rain Redistribution) ลงสู่พื้นที่เป้าหมายที่กำหนด ด้วยปริมาณที่สูงกว่า และครอบคลุมพื้นที่ ได้มากกว่าที่จะเกิดเองตามธรรมชาติ

- 5 ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์คิดค้นหากรรมวิธีการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนจาก เมฆอุ่นควบคู่กับเมฆเย็นนี้เพื่อใช้บนเทคโนโลยีในการปฏิบัติการหวังผลให้เกิดฝนตกลงสู่พื้นที่ เป้าหมายที่กำหนด แต่เป็นบริเวณกว้าง เพิ่มความถี่ของฝน และทวีปริมาณน้ำฝนให้มากยิ่งขึ้นกว่า ฝนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

## คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนตามการประดิษฐ์นี้

รูปที่ 2 แสดงแผนภาพการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนตามรูปที่ 1

## การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

- 15 การนำกรรมวิธีดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนจากเมฆอุ่นควบคู่กับเมฆเย็นมาประยุกต์ ใช้ในการปฏิบัติการ ต้องใช้เครื่องบินในการปฏิบัติการตามขั้นตอนกรรมวิธีรวม 4 เครื่อง คือ เครื่องบินเมฆอุ่น ไม่ปรับความดัน เพดานบินไม่เกิน 10,000 ฟุต ที่บรรทุกน้ำหนักสารเคมีสุทธิ ได้อย่างต่ำเครื่องละ 1,000 ก.ก. รวม 3 เครื่อง

- 20 เครื่องบินเมฆเย็น ปรับความดัน เพดานบินได้ถึง 30,000 ฟุต ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับตรวจวัดคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเมฆและอากาศ พร้อมด้วยอุปกรณ์เครื่องยิงสารเคมีซิล เวอร์ไอโอไดค์ (AgI) เข้าไปในส่วนของเมฆเย็น ครบชุด จำนวน 1 เครื่อง

ความขึ้นตอนกรรมวิธีดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนจากเมฆอุ่นควบคู่กับเมฆเย็น ดังที่แสดง ไว้ในรูปที่ 2 ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 25 ขั้นตอนที่ 1 เป็นการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดเมฆโดยใช้เครื่องบินเมฆอุ่น 1 เครื่องโปรย สารเคมีผงเกลือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ระดับความสูง 7,000 ฟุต ในห้องฟ้าโปร่งที่มีความชื้น สัมพัทธ์ไม่น้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ให้เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆ (Cloud Condensation Nuclei เรียก ย่อว่า CCN) ความชื้นหรือไอน้ำจะถูกดูดซับเข้าไปกลั่นตัวรอบแกนแล้วรวมตัวกันเกิดเป็นเมฆ ซึ่งเมฆเหล่านี้จะพัฒนาเจริญขึ้นเป็นเมฆก้อนใหญ่ ก่อยอดขึ้นถึงระดับ 10,000 ฟุตได้



## หน้า 5 ของจำนวน 6 หน้า

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการคัดแปรสภาพอากาศเมื่อเมฆที่ก่อขึ้นหรือเมฆเดิมที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ก่อยอดขึ้นถึงระดับ 10,000 ฟุต ใช้เครื่องบินแบบเมฆอุ่นอีกหนึ่งเครื่อง โพรยสารเคมี ผงแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) เข้าไปในกลุ่มเมฆที่ระดับ 8,000 ฟุต (สูงกว่าฐานเมฆ 1,000 ฟุต) ทำให้เกิดความร้อนอันเนื่องมาจากการคายความร้อนแฝง จากการกลั่นตัวรอบ CCN รวมกับ ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาของไอน้ำกับสารเคมี  $\text{CaCl}_2$  โดยตรง และพลังงานความร้อนจาก แสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ จะทำให้เกิดมวลของอากาศลอยตัวขึ้น เกิดสุญญากาศลมจะเข้ามาจาก ทุกทิศรวมความชื้น และกิจกรรมการกลั่นตัวของไอน้ำและการรวมตัวกันของเม็ดน้ำในเมฆ ทวีความหนาแน่นจนขนาดของเมฆใหญ่ก่อยอดขึ้นถึงระดับ 15,000 ฟุต ได้เร็วกว่าที่จะปล่อยให้เจริญขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นส่วนของเมฆอุ่น จนถึงระดับนี้ การลอยตัวขึ้นลงของมวล อากาศ การกลั่นตัว และการรวมตัวของเม็ดน้ำยังคงเป็นไปอย่างต่อเนื่อง แบบปฏิกิริยาถูก โข่ จนยอดเมฆพัฒนาขึ้นถึงระดับเมฆเย็น ตั้งแต่ 18,000 ฟุต ขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคัดแปรสภาพอากาศ เมื่อเมฆเริ่มแก่ตัวจัดฐานเมฆลดระดับต่ำลง 1,000 ฟุตและเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นเป้าหมาย ทำการบังคับให้ฝนตกโดยใช้เทคนิคการ โจมตี โดยวิธี Sandwich โดยใช้เครื่องบินเมฆอุ่น 2 เครื่อง เครื่องหนึ่งโพรยผงโซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ ) ทับยอดเมฆ หรือใกล้เมฆที่ระดับ 9,000 ฟุต หรือไม่เกิน 10,000 ฟุต อีกเครื่องหนึ่งโพรยยูเรีย ( $\text{Urea}$ ) ที่ฐานเมฆ ทำมุมเอียงกัน 45 องศา (ตั้งในแนวนภาพ) จนเมฆใกล้ตกเป็นฝน หรือเริ่มตก เป็นฝนแต่ยังไม่ถึงพื้นดิน หรือตกถึงพื้นดินแต่ปริมาณยังเบาบาง

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อกกลุ่มเมฆฝนตามขั้นตอนที่ 3 ยังไม่เคลื่อนตัวเข้าสู่เป้าหมายทำการเสริม การ โจมตีเมฆอุ่นด้วยสารเคมีสูตรเย็นจัด คือ น้ำแข็งแห้ง (Dry ice) ซึ่งมีอุณหภูมิค่า  $-78$  ถึง  $-80$  องศาเซลเซียสที่ไต่ฐานเมฆ 1,000 ฟุต จะทำให้ฐานเมฆยิ่งลดระดับต่ำลง ฝนตกหนาแน่นยิ่งขึ้น และชักนำให้กลุ่มฝนเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมายหวังผล (หากกลุ่มเมฆฝนปกคลุมภูเขา ก็จะเป็น วิธีชักนำให้กลุ่มฝนพ้นจากบริเวณภูเขาเข้าสู่พื้นราบ)

ขั้นตอนที่ 5 ขณะที่เมฆพัฒนายอดสูงขึ้นถึงระดับเมฆเย็นในขั้นที่ 2 และมีเครื่องบินเมฆ เย็นเพียงเครื่องเดียว ทำการ โจมตีเมฆเย็น โดยการยิงหลุสารเคมีซิลเวอร์ไอโอไดค์ ( $\text{AgI}$ ) ที่ระดับ ความสูงประมาณ 21,500 ฟุต ซึ่งมีอุณหภูมิระดับ  $-8$  ถึง  $-12$  องศาเซลเซียส มีกระแสมวลอากาศ ลอยขึ้นประมาณ 1,000 ฟุตก่อนที่ และมีปริมาณน้ำเย็นจัดไม่ต่ำกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่ง เป็นเงื่อนไขเหมาะสมที่จะทำให้ไอเย็นยิ่งยวด (Super cooled vapour) เกาะตัวรอบแกน  $\text{AgI}$  เป็น แก๊สน้ำแข็งได้ด้วยประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ไอน้ำที่แปรสภาพเป็นแก๊สน้ำแข็งจะทวีขนาดเกล็ดใหญ่ ขึ้นจนล่องหล่นลงมาจนถึงระดับเมฆอุ่น จะทำให้ไอน้ำและเม็ดน้ำในเมฆอุ่นรวมตัวกันเป็นเม็ดใหญ่ ขึ้น ทะลุฐานเมฆเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน

## หน้า 6 ของจำนวน 6 หน้า

- ขั้นตอนที่ 6** หากมีเครื่องบินปฏิบัติการทั้งเมฆอ่อนและเมฆเย็น สามารถใช้ปฏิบัติการได้ครบขณะที่ทำการโจมตีเมฆอ่อนตามขั้นตอนที่ 3 และ 4 ทำการโจมตีเมฆเย็นตามขั้นตอนที่ 5 ควบคู่กันไป ในขณะเดียวกัน ดังแสดงไว้ในขั้นตอนที่ 6 ของแผนภาพ กล่าวคือ ใช้เครื่องบินเมฆอ่อน 1 เครื่อง โปรยสารเคมีผงยูเรียที่ระดับฐานเมฆ เครื่องบินเมฆอ่อนอีกเครื่องหนึ่ง โปรยสารเคมีผงโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ไทล่เมฆ ทำมุมเอียงกัน 45 องศา เสริมด้วยการโปรยน้ำแข็งแห้งที่ระดับต่ำกว่าฐานเมฆ 1,000 ฟุต และในขณะเดียวกันเครื่องบินเมฆเย็นยังพ่นสารเคมีซิลเวอร์ไอโอไดด์เข้าในเมฆที่ระดับ 21,500 ฟุต

เทคนิคนี้เรียกว่า SUPER SANDWICH

**วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด**

- 10 เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์



## หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

## ข้อถ้อยสิทธิ์

1. กรรมวิธีการคัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนจากเมฆอุ่นและเมฆเย็น ที่ประกอบด้วย  
ขั้นตอนของ

ขั้นตอนที่ 1 การคัดแปรสภาพอากาศให้เกิดเมฆ โดยการโปรยสารเคมี หงเกลือ โซเดียม  
คลอไรด์ (NaCl) ที่ระดับความสูง 7,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเลในสภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีความชื้น  
สัมพัทธ์ไม่น้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆ และก่อให้เกิดเมฆที่ก่อยอดขึ้น  
ถึงระดับความสูง 10,000 ฟุตจากระดับน้ำทะเล

ขั้นตอนที่ 2 การคัดแปรสภาพอากาศจากเมฆที่ก่อขึ้นตามขั้นตอนที่ 1 โดยการโปรยสารเคมี  
ผงแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl<sub>2</sub>) เข้าไปในกลุ่มเมฆดังกล่าวที่ระดับความสูงจากฐานเมฆ 1,000 ฟุต  
หรือที่ระดับความสูง 8,000 ฟุตจากระดับน้ำทะเล ทำให้เมฆเดิมหรือเมฆที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 จะก่อ  
ตัวใหญ่ขึ้นมียอดถึงระดับความสูง 15,000 ฟุตจากระดับน้ำทะเล และจะก่อตัวสูงขึ้นจนถึงความสูง  
18,000 ฟุตขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 3 การคัดแปรสภาพอากาศเมื่อเมฆที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มีน้ำหนักมากขึ้นและ  
ฐานเมฆเริ่มลดระดับลง 1,000 ฟุต และได้เคลื่อนตัวสู่พื้นที่เป้าหมาย ทำการโจมตีด้วยวิธี Sandwich  
คือ การโปรยผงโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ทับยอดเมฆหรือที่ไหล่เมฆที่ระดับความสูงระหว่าง 9,000  
ถึง 10,000 ฟุต และการโปรยผงยูเรีย (Urea) ที่ฐานเมฆ โดยทำมุมเอียงกัน 45 องศา จนเมฆใกล้ตก  
เป็นฝน หรือเริ่มตกเป็นฝนแต่ยังไม่ถึงพื้นดิน หรือตกถึงพื้นดินแต่ปริมาณยังเบาบาง

ขั้นตอนที่ 4 การเสริมโจมตีกลุ่มเมฆที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ทำการโปรยน้ำแข็งแห้ง (Dry ice)  
ที่ได้ฐานเมฆ โดยโปรยต่ำกว่าฐานเมฆ 1,000 ฟุต ทำให้ฐานเมฆลดระดับต่ำลง และเกิดฝนหนาแน่น  
ยิ่งขึ้น และชักนำให้กลุ่มฝนเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย

2. กรรมวิธีการคัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนตามข้อ 1 ที่ซึ่งในขณะที่เมฆพัฒนายอดสูงขึ้น  
ถึงระดับเมฆเย็นในขั้นตอนที่ 2 จะทำการยิงพลุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI) ที่ระดับความสูง  
ประมาณ 21,500 ฟุต มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -8 ถึง -12 องศาเซลเซียส มีกระแสลมพัดอากาศลอยขึ้น  
ประมาณ 1,000 ฟุตต่อนาที และมีน้ำที่เย็นจัดในปริมาณ ไม่ต่ำกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้มี  
ไอน้ำเย็นยิ่งยวด (Super cooled vapour) เกาะตัวรอบแกนซิลเวอร์ไอโอไดด์เป็นเกล็ดน้ำแข็งและจะ  
ก่อตัวใหญ่ขึ้นจนตกลงมาจนถึงระดับเมฆอุ่น และจะทำให้ไอน้ำและเม็ดน้ำในเมฆอุ่นรวมตัวกันเป็น  
เม็ดใหญ่ขึ้น ทะลุฐานเมฆตกลงสู่พื้นดิน

3. กรรมวิธีการคัดแปรสภาพอากาศให้เกิดฝนตามข้อ 1 ที่ซึ่งการโจมตีเมฆอุ่นตามขั้น  
ตอนที่ 3 และ 4 จะทำการโจมตีเมฆเย็นตามข้อ 2 ควบคู่พร้อม ๆ กัน เทคนิคนี้เรียกว่า SUPER  
SANDWICH

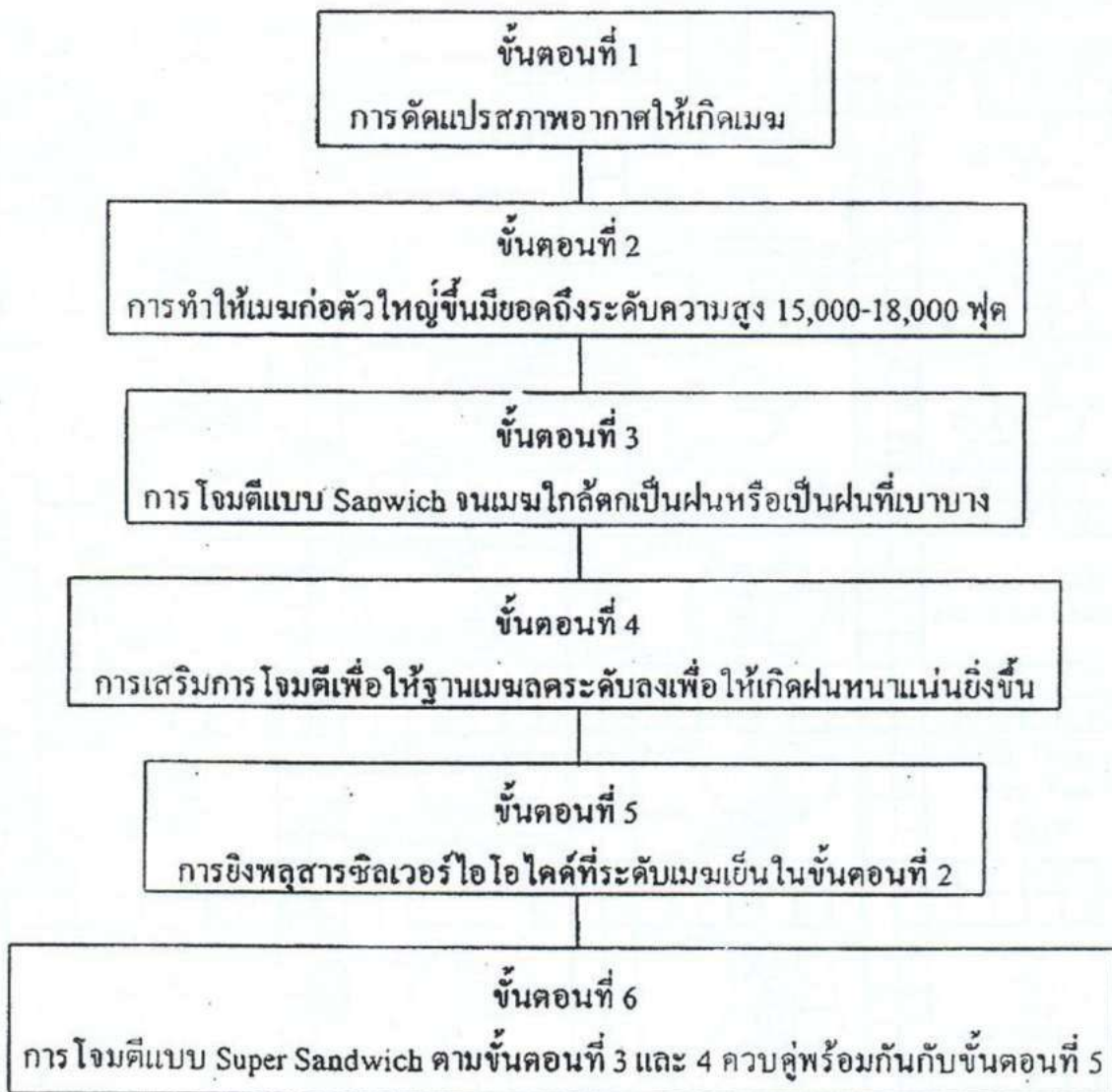


หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

บทสรุปการประดิษฐ์

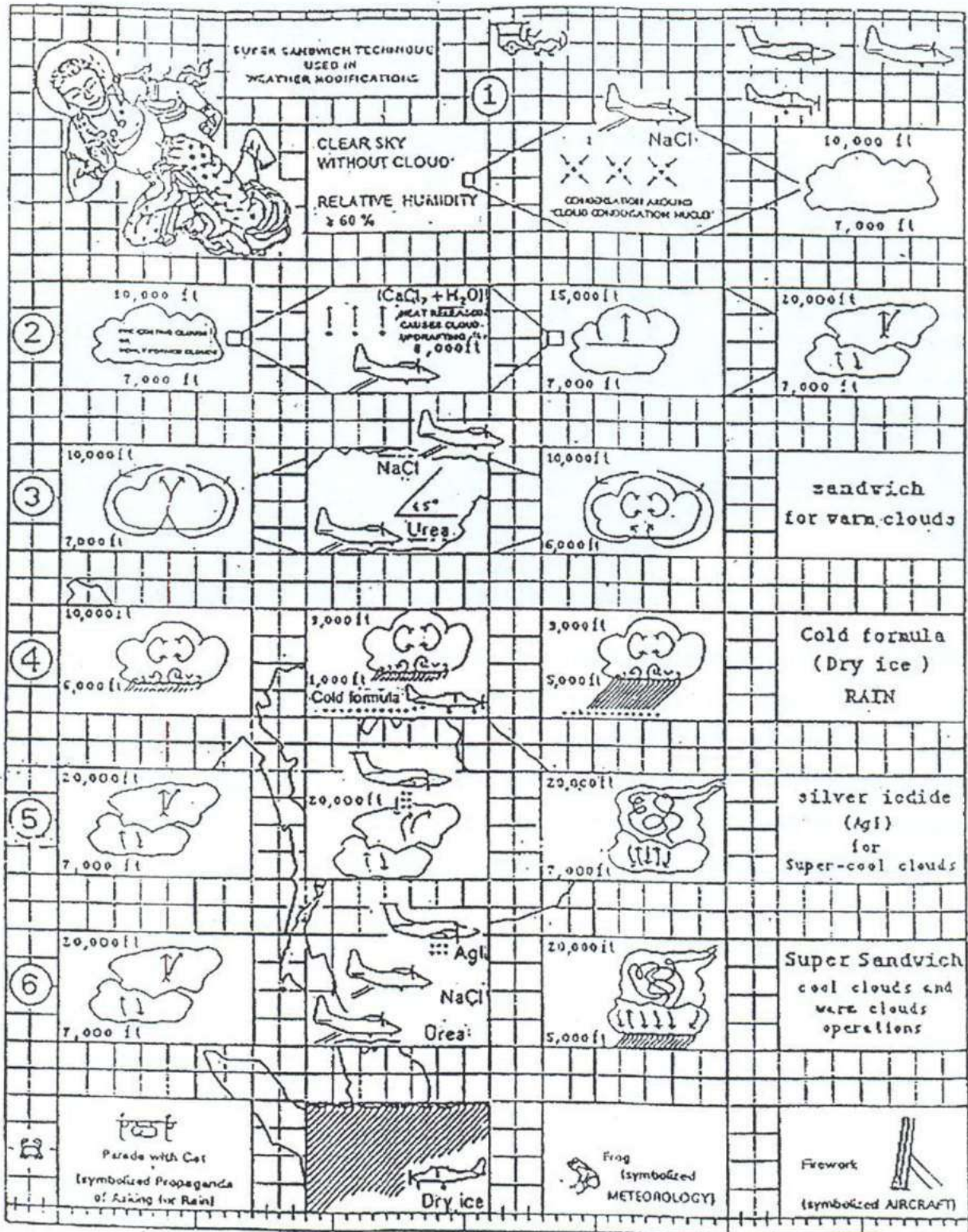
- การประดิษฐ์คิดค้นกรรมวิธีการดัดแปรสภาพอากาศให้เกิดเมฆฝนจากเมฆอุ่นควบคู่กับเมฆเย็นนี้เพื่อใช้เป็นเทคโนโลยีในการปฏิบัติการหวังผลให้เกิดฝนตกลงสู่พื้นที่เป้าหมายที่กำหนด แต่เป็นบริเวณกว้าง เพิ่มความถี่ของฝน และทวีปริมาณน้ำฝนให้มากยิ่งขึ้นกว่าฝนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ
- 5

หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า



รูปที่ 1

หน้า 2 ของจำนวน 2 หน้า



รูปที่ 2

(ข้อมูลสิทธิบัตรพลหลวง เอื้อเฟื้อโดย กรมพลหลวงและการบินเกษตร)



ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	เลขอะตอม	มวลอะตอม
ไฮโดรเจน	Hydrogen	H	1	1.01
ฮีเลียม	Helium	He	2	4.00
ลิเทียม	Lithium	Li	3	6.94
เบริลเลียม	Beryllium	Be	4	9.01
โบรอน	Boron	B	5	10.81
คาร์บอน	Carbon	C	6	12.01
ไนโตรเจน	Nitrogen	N	7	14.01
ออกซิเจน	Oxygen	O	8	16.00
ฟลูออรีน	Fluorine	F	9	19.00
นีออน	Neon	Ne	10	20.18
โซเดียม	Sodium	Na	11	22.99
แมกนีเซียม	Magnesium	Mg	12	24.30
อะลูมิเนียม	Aluminium	Al	13	26.98
ซิลิคอน	Silicon	Si	14	28.08
ฟอสฟอรัส	Phosphorus	P	15	30.97
กำมะถัน	Sulfur	S	16	32.06
คลอรีน	Chlorine	Cl	17	35.45
อาร์กอน	Argon	Ar	18	39.95
โพแทสเซียม	Potassium	K	19	39.10
แคลเซียม	Calcium	Ca	20	40.08
สแกนเดียม	Scandium	Sc	21	44.96
ไทเทเนียม	Titanium	Ti	22	47.87
วานาเดียม	Vanadium	V	23	50.94
โครเมียม	Chromium	Cr	24	52.00
แมงกานีส	Manganese	Mn	25	54.94
เหล็ก	Iron	Fe	26	55.85

ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	เลขอะตอม	มวลอะตอม
โคบอลต์	Cobalt	Co	27	58.93
นิกเกิล	Nickel	Ni	28	58.69
ทองแดง	Copper	Cu	29	63.55
สังกะสี	Zinc	Zn	30	65.38
แกลเลียม	Gallium	Ga	31	69.72
เจอร์เมเนียม	Germanium	Ge	32	72.63
สารหนู	Arsenic	As	33	74.92
ซีลีเนียม	Selenium	Se	34	78.97
โบรมีน	Bromine	Br	35	79.90
คริปทอน	Krypton	Kr	36	83.80
รูบิเดียม	Rubidium	Rb	37	85.47
สตรอนเชียม	Strontium	Sr	38	87.62
อิตเทรียม	Yttrium	Y	39	88.91
เซอร์โคเนียม	Zirconium	Zr	40	91.22
ไนโอเบียม	Niobium	Nb	41	92.91
โมลิบดีนัม	Molybdenum	Mo	42	95.95
เทคนีเชียม	Technetium	Tc	43	-
รูทีเนียม	Ruthenium	Ru	44	101.07
โรเดียม	Rhodium	Rh	45	102.91
แพลเลเดียม	Palladium	Pd	46	106.42
เงิน	Silver	Ag	47	107.87
แคดเมียม	Cadmium	Cd	48	112.41
อินเดียม	Indium	In	49	114.82
ดีบุก	Tin	Sn	50	118.71
พลวง	Antimony	Sb	51	121.76
เทลลูเรียม	Tellurium	Te	52	127.60

ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	เลขอะตอม	มวลอะตอม
ไอโอดีน	Iodine	I	53	126.90
ซีนอน	Xenon	Xe	54	131.29
ซีเซียม	Caesium	Cs	55	132.91
แบเรียม	Barium	Ba	56	137.33
แลนทานัม	Lanthanum	La	57	138.91
ซีเรียม	Cerium	Ce	58	140.12
เพรซีโอดิเมียม	Praseodymium	Pr	59	140.91
นีโอดิเมียม	Neodymium	Nd	60	144.24
โพรมีเทียม	Promethium	Pm	61	-
ซาแมเรียม	Samarium	Sm	62	150.36
ยูโรเพียม	Europium	Eu	63	151.96
แกโดลิเนียม	Gadolinium	Gd	64	157.25
เทอร์เบียม	Terbium	Tb	65	158.93
ดิสโพรเซียม	Dysprosium	Dy	66	162.50
โฮล์เมียม	Holmium	Ho	67	164.93
เออร์เบียม	Erbium	Er	68	167.26
ทูลีียม	Thulium	Tm	69	168.93
อิตเทอร์เบียม	Ytterbium	Yb	70	173.05
ลูทีเซียม	Lutetium	Lu	71	174.97
แฮฟเนียม	Hafnium	Hf	72	178.49
แทนทาลัม	Tantalum	Ta	73	180.95
ทังสแตน	Tungsten	W	74	183.84
รีเนียม	Rhenium	Re	75	186.21
ออสเมียม	Osmium	Os	76	190.23
อิริเดียม	Iridium	Ir	77	192.22
แพลทินัม	Platinum	Pt	78	195.08

ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	เลขอะตอม	มวลอะตอม
ทองคำ	Gold	Au	79	196.97
ปรอท	Mercury	Hg	80	200.59
แทลเลียม	Thallium	Tl	81	204.38
ตะกั่ว	Lead	Pb	82	207.20
บิสมัท	Bismuth	Bi	83	208.98
พอลโลเนียม	Polonium	Po	84	-
แอสทาทีน	Astatine	At	85	-
เรดอน	Radon	Rn	86	-
แฟรนเซียม	Francium	Fr	87	-
เรเดียม	Radium	Ra	88	-
แอกทิเนียม	Actinium	Ac	89	-
ทอเรียม	Thorium	Th	90	232.04
โพรแทกทิเนียม	Protactinium	Pa	91	231.04
ยูเรเนียม	Uranium	U	92	238.03
เนปทูเนียม	Neptunium	Np	93	-
พลูโทเนียม	Plutonium	Pu	94	-
อะเมริเซียม	Americium	Am	95	-
คูเรียม	Curium	Cm	96	-
เบอร์คีเลียม	Berkelium	Bk	97	-
แคลิฟอร์เนียม	Californium	Cf	98	-
ไอน์สไตเนียม	Einsteinium	Es	99	-
เฟอร์เมียม	Fermium	Fm	100	-
เมนเดลีเวียม	Mendelevium	Md	101	-
โนเบลียม	Nobelium	No	102	-
ลอว์เรนเซียม	Lawrencium	Lr	103	-
รัทเทอร์ฟอร์เดียม	Rutherfordium	Rf	104	-

ชื่อธาตุ		สัญลักษณ์	เลขอะตอม	มวลอะตอม
ดুবเนียม	Dubnium	Db	105	-
ซีบอร์เกียม	Seaborgium	Sg	106	-
โบห์เรียม	Bohrium	Bh	107	-
ฮาสเซียม	Hassium	Hs	108	-
ไมต์เนเรียม	Meitnerium	Mt	109	-
ดาร์มสตัดเทียม	Darmstadtium	Ds	110	-
เรินต์เกเนียม	Roentgenium	Rg	111	-
โคเปอร์นิเซียม	Copernicium	Cn	112	-
นิโฮเนียม	Nihonium	Nh	113	-
ฟลิวโรเวียม	Flerovium	Fl	114	-
มอสโควเวียม	Moscovium	Mc	115	-
ลิเวอร์มอเรียม	Livermorium	Lv	116	-
เทนเนสซีน	Tennessine	Ts	117	-
อوغانเนสซอน	Oganesson	Og	118	-



## บรรณานุกรม

- กรมฝนหลวงและการบินเกษตร. (2560). **ฝนหลวงศาสตร์พระราชา: การถอดบทเรียนการปฏิบัติการ ฝนหลวง**. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2562, จาก [http://royalrain.go.th/royalrain/uploads/Academic/AAR\\_2560\\_0.pdf](http://royalrain.go.th/royalrain/uploads/Academic/AAR_2560_0.pdf).
- ศาสตราจารย์ พญ.จรีया เลิศอรธรรมยมนิ. (2562). **เทคนิคการนำเสนอที่ดี (Good Presentation). เวชบัณฑิตศิริราช**. มกราคม-เมษายน 2552. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/simedbull/article/download>.
- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2562). **เทคนิคการนำเสนอผลงานวิจัย**. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2562, จาก <http://eestaff.kku.ac.th/~virasit/research-methodology/presentation%20technique.pdf>.
- รองศาสตราจารย์นภลัย สุวรรณธาดา รองศาสตราจารย์ธิดา โมสิกรัตน์ และ ศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี สังข์ศรี. (2553). **การเขียนผลงานวิชาการและบทความ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.
- รองศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี ศรีสุขวัฒนานันท์. (2562). **การนำเสนอผลงานวิจัยอย่างมีประสิทธิภาพ**. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2562, จาก [http://rlc.nrct.go.th/ewtadmin/ewt/nrct\\_museum/ewt\\_dl.php?nid=1103](http://rlc.nrct.go.th/ewtadmin/ewt/nrct_museum/ewt_dl.php?nid=1103)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พญ.สุธาพร ล้ำเลิศกุล. (2561). **พูดด้วยภาพ ฟรีเซนต์อย่างไรให้ถูกใจคนฟัง by BetterPitch**. กรุงเทพฯ: บริษัท ปัญญามิตร การพิมพ์ จำกัด.
- Earth eclipse. (2019). **What is the Ozone Layer?**. Retrieved June 28, 2019, from <https://www.earthclipse.com/environment/causes-effects-solutions-of-ozone-layer-depletion.html>.
- United States Environmental Protection Agency. **Health and Environmental Effects of Ozone Layer Depletion**. Retrieved June 28, 2019, from <https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/health-and-environmental-effects-ozone-layer-depletion>.

## ที่มาของรูป

รูปปก	จาก shutterstock 1278151408 shutterstock 569263879
รูปนำบทที่ 14 (หน้า 1)	เอื้อเฟื้อโดย กรมฝนหลวงและการบินเกษตร
รูป 14.4 (หน้า 7)	เอื้อเฟื้อโดย กรมฝนหลวงและการบินเกษตร
รูปช่องโหว่โอโซน (หน้า 17)	เอื้อเฟื้อโดย NASA
รูปสถิติวัฏจักรฝนหลวง (หน้า 50)	เอื้อเฟื้อโดย กรมฝนหลวงและการบินเกษตร

คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม 6  
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

### คณะที่ปรึกษา

ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์

ผู้อำนวยการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ผู้ช่วยผู้อำนวยการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### คณะผู้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายณรงค์ศิลป์ ฐูปพนม

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง

ผู้อำนวยการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางสาวศศิณี อังกานนท์

ผู้อำนวยการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางกมลวรรณ เกียรติกวินกุล

ผู้อำนวยการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยพร

ผู้อำนวยการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นางสาวศิริรัตน์ พริกสี

ผู้อำนวยการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดร.สนธิ พลชัยยา

ผู้อำนวยการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดร.วัชระ เตียทะสินธ์

นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



**คณะผู้ร่วมพิจารณาหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6 (ฉบับร่าง)**

นายภักดี จันท์เกษ

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ

ผศ.ดร.วราวุฒิ ตั้งพสุธาตล

ผศ.ดร.นวพร วินยเวคิน

รศ.ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา

ผศ.ดร.จรรยา ดาสา

นางสาวพัชรินทร์ แสนสุข

นางสาวเพ็ญนภา ศรีโถม

นางนิษานาถ บุญยิ้ม

นางรัตนาพรรณ อุตมิมัง

นางปิยพร ณ ลำปาง

นางสาวณัฐธิกา งามกิจภิญโญ

ดร.ปุกนิภา พระพุทธคุณ

นายกฤษพล นิตินัยวินิจ

**คณะบรรณาธิการ**

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ

รศ.ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา

ผศ.ดร.จรรยา ดาสา

นายณรงค์ศิลป์ รูปพนม

ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง

นางกมลวรรณ เกียรติกวินกุล

ผู้อำนวยการกองปฏิบัติการฝนหลวง

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) กรุงเทพมหานคร

โรงเรียนประจวบวิทยาลัย จ.ประจวบคีรีขันธ์

โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร จ.น่าน

โรงเรียนดำรงราษฎร์สงเคราะห์ จ.เชียงราย

นักวิชาการอาวุโส สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้ชำนาญ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้ชำนาญ สาขาเคมีและชีววิทยา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

เคมี เล่ม ๒  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

เวลา ๖๐ ชั่วโมง จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ศึกษาการนำความรู้ทางเคมีไปใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหา ศึกษาการแก้ปัญหาสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น รวมทั้งคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ศึกษาการนำเสนองานหรือการแสดงผลงานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศประกอบการนำเสนอ รวมทั้งศึกษาการเข้าร่วมสัมมนา ประชุมวิชาการ หรือนิทรรศการแสดงผลงาน

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

### ผลการเรียนรู้

๑. กำหนดปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม
๒. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ
๓. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
๔. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงานสิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ

รวมทั้งหมด ๔ ผลการเรียนรู้







สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ