



คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

เคมี เล่ม ๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๖



ตารางธาตุ

18
VIII A



1
IA

1 H hydrogen 1.01	2 He helium 4.00	3 Li lithium 6.94	4 Be beryllium 9.01	5 B boron 10.81	6 C carbon 12.01	7 N nitrogen 14.01	8 O oxygen 16.00	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.30	13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon 28.08	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur 32.06	17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.95		
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids lanthanum 138.91	72 Hf hafnium 178.49	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids actinium 226.03	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium
133 In indium 114.82	134 Sn tin 118.71	135 Sb antimony 121.76	136 Te tellurium 127.60	137 I iodine 126.90	138 Xe xenon 131.29	139 Po polonium	140 At astatine	141 Rn radon	142 Og oganesson

กลุ่มธาตุ
*แลนทานอยด์

กลุ่มธาตุ
**แอกทิโนอยด์

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
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



คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

เคมี

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

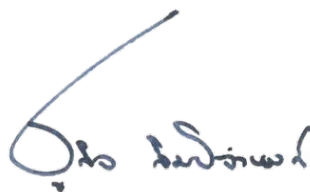
ฉบับเผยแพร่ เมษายน ๒๕๖๓

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการ ในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระเคมี โดยมีตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยคำถามและแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจันต์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนประกอบด้วยเรื่อง เคมีกับการแก้ปัญหา ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๖ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วยจะขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับตัวชี้วัดตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ รวมทั้งมี สื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะ ซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยา ศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

สาระสำคัญ

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

เวลาที่ใช้

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามที่ระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบ เป็นดังนี้

- **จุดประสงค์การเรียนรู้**

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น**

เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

- **แนวการจัดการเรียนรู้**

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ไว้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

- จุดประสงค์
เป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมนั้น
- วัสดุและอุปกรณ์
รายการวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรเตรียมให้เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม
- การเตรียมล่วงหน้า
ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้าสำหรับการจัดกิจกรรม เช่น การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ การเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต
- ข้อเสนอแนะสำหรับครู
ข้อมูลที่ให้ครูแจ้งต่อนักเรียนให้ทราบถึงข้อควรระวัง ข้อควรปฏิบัติ หรือข้อมูลเพิ่มเติมในการทำกิจกรรมนั้น ๆ
- ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม
ตัวอย่างผลการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบผลการทำกิจกรรมของนักเรียน
- อภิปรายและสรุปผล
ตัวอย่างข้อมูลที่ควรได้จากการอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งครูอาจใช้คำถามท้ายกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นที่ต้องการ รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดและอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ผลของกิจกรรมเป็นไปตามที่คาดหวัง หรืออาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

นอกจากนี้อาจมีความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรนำไปเพิ่มเติมให้นักเรียน เพราะเป็นส่วนที่เสริมจากเนื้อหาที่มีในหนังสือเรียน

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

- **แนวการวัดและประเมินผล**

แนวการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

- **เฉลยคำถาม**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- **เฉลยคำถามระหว่างเรียน**

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- **เฉลยคำถามท้ายบทเรียน**

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่าหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

สารบัญ

บทที่

เนื้อหา

หน้า

14



เคมีกับการแก้ปัญหา

บทที่ 14 เคมีกับการแก้ปัญหา

1

ผลการเรียนรู้

1

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

2

ผังมโนทัศน์

5

สาระสำคัญ

6

เวลาที่ใช้

6

เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

7

14.1 บทนำ

8

14.2 การใช้ความรู้ทางเคมีในการแก้ปัญหา

8

14.3 การบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา

19

14.4 การนำเสนอผลงาน

29

14.5 การเข้าร่วมประชุมวิชาการ

39

สารบัญ

ภาคผนวก

แนวทางการวัดและประเมินผล 46

บรรณานุกรม 61

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู 63

บทที่ 14

เคมีกับการแก้ปัญหา



ipst.me/10773

ผลการเรียนรู้

1. กำหนดปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม
2. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ
3. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
4. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงานสิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. กำหนดปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่กำหนด
2. ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีและวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> 1. การตั้งสมมติฐาน 2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 3. การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป 4. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 3. การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ 4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ความใจกว้าง 2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้

2. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับศาสตร์อื่น แก้ปัญหาสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ
2. จัดทำรายงานการแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> 1. การสังเกต 2. การวัด 3. การลงความเห็นจากข้อมูล 4. การทดลอง 5. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 6. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 7. การสร้างแบบจำลอง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ความใจกว้าง 2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์
<p>ผลการเรียนรู้</p> <p>3. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้</p> <p>1. นำเสนอผลงานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ</p>		
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ <ol style="list-style-type: none"> 1. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. การสร้างแบบจำลอง 	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 <ol style="list-style-type: none"> 1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 3. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 	จิตวิทยาศาสตร์ <ol style="list-style-type: none"> 1. ความใจกว้าง

ผลการเรียนรู้

4. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงาน สิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าร่วมประชุมวิชาการในฐานะผู้ฟังหรือผู้นำเสนอผลงาน
2. จัดทำรายงานสรุปการประชุมวิชาการ

<p>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>-</p>	<p>ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21</p> <p>1. การสื่อสารสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ</p>	<p>จิตวิทยาศาสตร์</p> <p>1. ความใจกว้าง</p>
---	---	--

ผังมโนทัศน์
บทที่ 14 เคมีกับการแก้ปัญหา



สาระสำคัญ

สถานการณ์บางสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรือการพัฒนานวัตกรรม สามารถนำความรู้ทางเคมีไปใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้ โดยอาศัยกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างเป็นระบบ

การศึกษาและการแก้ปัญหาในสถานการณ์ หรือประเด็นที่สนใจทำได้โดยการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น รวมทั้งคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยอาจใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เน้นการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์อย่างมีขั้นตอน

การนำเสนอผลงานหรือแสดงผลงาน ทำให้ผู้นำเสนอมีโอกาสเผยแพร่ผลงานและแลกเปลี่ยนแนวคิด โดยผู้นำเสนอมักจะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือประกอบการนำเสนอ ซึ่งช่วยให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเข้าร่วมสัมมนา ประชุมวิชาการ หรือนิทรรศการแสดงผลงาน ทำให้ผู้เข้าร่วมงานมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดหรือแสดงทัศนคติซึ่งช่วยส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ทักษะการสื่อสาร ทักษะการใช้เทคโนโลยี เพื่อการค้นคว้าและการสื่อสาร

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ

60 ชั่วโมง

14.1 บทนำ	2 ชั่วโมง
14.2 การใช้ความรู้ทางเคมีในการแก้ปัญหา	13 ชั่วโมง
14.3 การบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา	30 ชั่วโมง
14.4 การนำเสนอผลงาน	12 ชั่วโมง
14.5 การเข้าร่วมประชุมวิชาการ	3 ชั่วโมง

หมายเหตุ

เวลาที่เสนอไว้สำหรับแต่ละหัวข้อเป็นเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน และเวลาที่ครูให้คำปรึกษา โดยไม่รวมเวลาที่นักเรียนศึกษาหรือปฏิบัติด้วยตนเอง

ความรู้ก่อนเรียน

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

1. ใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

- ✓ 1.1 วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีการใช้การทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน
- ✗ 1.2 ผลการทดลองจะต้องสอดคล้องกับสมมติฐาน
สมมติฐานเป็นการคาดคะเนผลที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งผลการทดลองอาจสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับสมมติฐานก็ได้
- ✓ 1.3 การเขียนสมมติฐานควรระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามให้ชัดเจน
- ✓ 1.4 นิยามเชิงปฏิบัติการช่วยในการกำหนดวิธีและขอบเขตของการทดลอง
- ✗ 1.5 การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ไม่มีผลต่อค่าของตัวแปรตาม
การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่มีผลทำให้ค่าตัวแปรตามอาจเปลี่ยนแปลงได้

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 ที่อุณหภูมิห้องและวัดอัตราการเกิดแก๊ส
3. ทำซ้ำข้อ 1–2 แต่ก่อนผสมให้นำหลอดทดลองทั้งสองหลอดแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ประมาณ 2 นาที
4. ทำซ้ำข้อ 3 แต่แช่หลอดทดลองทั้งสองหลอดในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 10 °C แทนน้ำร้อน

ตั้งสมมติฐาน ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ พร้อมกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรตาม โดยกรอกข้อมูลในกรอบที่กำหนดให้

ตัวอย่างคำตอบ

สมมติฐาน

อุณหภูมิของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดแก๊ส

หรือ

ถ้าอุณหภูมิของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดแก๊ส ดังนั้นสารตั้งต้นที่มีอุณหภูมิสูง จะทำให้อัตราการเกิดแก๊สสูง

ตัวแปร

ตัวแปรต้น..... อุณหภูมิของสารตั้งต้น

ตัวแปรตาม..... อัตราการเกิดแก๊ส

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่..... ความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายแต่ละชนิด
ขนาดของชุดอุปกรณ์การทดลอง ความดันขณะทำการทดลอง

นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรตาม

อัตราการเกิดแก๊ส คือ อัตราการเกิดแก๊สเฉลี่ย ซึ่งคำนวณจากปริมาตรของแก๊สที่
เกิดขึ้นต่อเวลาที่กำหนด โดยปริมาตรของแก๊สวัดด้วยวิธีการแทนที่น้ำ

14.1 บทนำ

14.2 การใช้ความรู้ทางเคมีในการแก้ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่กำหนด
2. ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางเคมีและวิธีการทางวิทยาศาสตร์

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูแสดงรูปสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว เช่น อาหาร ยานพาหนะ ยา อุปกรณ์ไฟฟ้า และชี้ให้เห็นว่าการคิดค้น ประดิษฐ์ หรือปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้น เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ในวิชาเคมีทั้งสิ้น จากนั้น ให้นักเรียนพิจารณารูป “ตำราฝนหลวงพระราชทาน” แล้วใช้คำถามนำว่า การทำฝนหลวงใช้ความรู้วิชาเคมีเรื่องใด เพื่อนำเข้าสู่การอธิบายการทำฝนหลวง

2. ครูให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทำแผนหลวง จากข้อมูลและรูป 14.1–14.6 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยเน้นประเด็นการใช้ความรู้ทางเคมีที่เกี่ยวข้องในขั้นก่อนววน ขึ้นเลี้ยงให้อ้วน และขึ้นโจมตี
3. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 14.7 ประกอบการอธิบาย โดยเน้นการอธิบายเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐาน รวมทั้งทบทวน ความหมายของตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่
4. ครูให้ความรู้ว่าการระบุปัญหาหรือกำหนดโจทย์วิจัยของนักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยข้อมูล จากการสังเกต จากนั้นยกตัวอย่างการระบุปัญหาจากกรณีการทำแผนหลวงซึ่งเป็นปัญหาที่มีตัวแปร ที่เกี่ยวข้องหลายตัวแปร แล้วอธิบายให้เห็นความสำคัญของการตั้งคำถามและสมมติฐานย่อยเพื่อ นำไปสู่การกำหนดตัวแปรในการทดลอง โดยให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลในตาราง 14.1
5. ครูชี้ให้เห็นว่า ตัวอย่างคำถามในตาราง 14.1 เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรต้นซึ่งมีผลต่อ ตัวแปรตามร่วมกันคือ การรวมตัวของเมฆที่เกิดเป็นฝนได้ และคำถามเหล่านี้ช่วยกำหนดขอบเขตของ การทดลองที่จะใช้ตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐานได้ชัดเจนขึ้น
6. ครูให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ตัวอย่างซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นฉุนแอมโมเนียของ ปาห้องโก่ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างการระบุปัญหา การตั้งคำถามและสมมติฐาน รวมทั้งการ ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
7. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

หากต้องการทราบว่า อุณหภูมิของน้ำมันและระยะเวลาที่ใช้ในการทอดมีผลต่อกลิ่นและ ความกรอบของปาห้องโก่หรือไม่ สามารถตั้งคำถามย่อย สมมติฐาน ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ได้อย่างไร

เมื่อพิจารณาสถานการณ์จากโจทย์ที่กำหนดให้พบว่า มีตัวแปรต้น 2 ตัวแปรคือ อุณหภูมิของน้ำมัน และระยะเวลาที่ใช้ในการทอด ซึ่งสามารถตั้งคำถามและสมมติฐานย่อย ระบุตัวแปร และ ออกแบบวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน ได้ดังนี้

อุณหภูมิของน้ำมัน

คำถาม

อุณหภูมิของน้ำมัน ส่งผลต่อกลิ้นและความกรอบของปาท้องโก่หรือไม่ อย่างไร

ตั้งสมมติฐาน

อุณหภูมิของน้ำมัน ส่งผลต่อกลิ้นและความกรอบของปาท้องโก่

ระบุตัวแปร

ตัวแปรต้น

อุณหภูมิของน้ำมัน

ตัวแปรตาม

กลืนและความกรอบของปาท้องโก่

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

ปริมาณของส่วนประกอบที่ทำปาท้องโก่

วิธีผสมส่วนประกอบ

ชนิดและปริมาณของน้ำมันที่ใช้ทอด

ระยะเวลาที่ใช้ในการทอด

ผู้ทดสอบกลืนและความกรอบของปาท้องโก่

ตรวจสอบสมมติฐาน

1. ทำปาท้องโก่และใช้อุณหภูมิในการทอด (190–200 °C) ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
2. ทำปาท้องโก่ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่เปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดอยู่ในช่วง 180–190 °C และ 200–210 °C
3. เปรียบเทียบกลืนและความกรอบของปาท้องโก่ที่ได้ในข้อ 2 กับปาท้องโก่ในข้อ 1

ระยะเวลาที่ใช้ในการทอดปาท้องโก่

คำถาม

ระยะเวลาที่ใช้ในการทอดปาท้องโก่ ส่งผลต่อกลิ้นและความกรอบของปาท้องโก่หรือไม่ อย่างไร

ตั้งสมมติฐาน

ระยะเวลาที่ใช้ในการทอดปาท้องโก่ ส่งผลต่อกลิ้นและความกรอบของปาท้องโก่

กำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น	ระยะเวลาที่ใช้ในการทอดปาห้องโก๋
ตัวแปรตาม	กลิ่นและความกรอบของปาห้องโก๋
ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่	ปริมาณของส่วนประกอบที่ทำปาห้องโก๋ วิธีผสมส่วนประกอบ ชนิดและปริมาณของน้ำมันที่ใช้ทอด อุณหภูมิของน้ำมัน ผู้ทดสอบกลิ่นและความกรอบของปาห้องโก๋

ตรวจสอบสมมติฐาน

1. ทำปาห้องโก๋และใช้เวลาในการทอด (2 นาที) ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
2. ทำปาห้องโก๋ตามสูตรของร้านค้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่เปลี่ยนระยะเวลาที่ใช้ในการทอดปาห้องโก๋ เป็น 1 นาที และ 3 นาที
3. เปรียบเทียบกลิ่นและความกรอบของปาห้องโก๋ที่ได้ในข้อ 2 กับปาห้องโก๋ในข้อ 1

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหากลิ่นและความกรอบของปาห้องโก๋ เพื่อให้ได้ข้อสรุปตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

9. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.1 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางเคมี



กิจกรรม 14.1 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางเคมี

จุดประสงค์ของกิจกรรม

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

เวลาที่ใช้ 10 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับครู

1. การจัดแบ่งเวลาสำหรับทำกิจกรรมและการติดตามการดำเนินการของนักเรียน อาจทำได้ดังนี้

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
<p>1.1 ครูให้นักเรียนระบุปัญหา และตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่เลือก โดยครูพิจารณาว่า ปัญหาและคำถามสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า ต้องสืบค้นข้อมูลเรื่องใดบ้าง โดยครูอาจแนะนำคำสำคัญสำหรับสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เช่น</p> <p>สถานการณ์ 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - การเกิดปฏิกิริยาของไอโซนกับ CFC - สารทำโฟม (foam blowing agents) - สารทดแทน CFC (CFC replacement) - การทดสอบสมบัติของโฟมฉนวนความร้อน (thermal conductivity properties tests) <p>สถานการณ์ 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - ส่วนผสมในครีมกันแดด (sunblock or sunscreen ingredients) - สารป้องกันรังสี UVB (UVB protection) - ประสิทธิภาพการป้องกันรังสี UVB 	2
<p>1.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม โดยครูให้คำแนะนำในกลุ่มที่มีข้อสงสัยหรือต้องการความช่วยเหลือ</p>	2
<p>1.3 ครูให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ จากนั้นครูควรวิเคราะห์ว่าสมมติฐาน และตัวแปรต่าง ๆ ที่นักเรียนกำหนดขึ้นมีความสอดคล้องกันกับคำถามและเป็นแนวทางนำไปสู่การแก้ปัญหาตามสถานการณ์หรือไม่</p>	2

1.4 ครูให้นักเรียนออกแบบวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน จากนั้น ครูวิเคราะห์ว่า สอดคล้องกับสมมติฐานหรือไม่	2
1.5 ครูให้นักเรียนนำเสนอและอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ในห้องเรียน	2

2. ครูอาจใช้เกณฑ์การให้คะแนนในภาคผนวกเพื่อพิจารณาให้คะแนนนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรม 14.1 ได้

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

สถานการณ์ 1

นักเรียนเป็นพนักงานในโรงงานทำโฟมฉนวนความร้อนแห่งหนึ่งที่ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุงการผลิตโฟมฉนวนความร้อนโดยใช้แก๊สชนิดอื่นแทน CFCs

ปัญหา

การใช้สาร CFCs ในการผลิตโฟมฉนวนความร้อน ทำให้เกิดช่องโหว่โอโซน

คำถาม

แก๊สชนิดใดสามารถใช้แทนสาร CFCs ในอุตสาหกรรมทำโฟมฉนวนความร้อน

การสืบค้นข้อมูล

1. ปฏิกริยาการทำลายชั้นโอโซนโดยสาร CFCs (chlorofluorocarbons) เช่น การทำลายชั้นโอโซนของ CCl_3F (trichlorofluorocarbon) หรือ CFC-11 หรือ freon-11 ดังสมการเคมี



(อะตอม O เกิดจากการสลายพันธะของ O_2 เมื่อได้รับรังสี UV)

Cl อะตอมที่เกิดขึ้นในสมการเคมี (3) สามารถทำปฏิกิริยากับ O_3 โมเลกุลอื่น ๆ ได้อีก และปฏิกิริยาจะเกิดต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ นับจำนวนครั้งไม่ถ้วน

2. ตัวอย่างและสมบัติของ Blowing agents ที่ใช้แทน CFCs เช่น

- HCFCs (hydrochlorofluorocarbons) ทำปฏิกิริยากับ O₃ ได้แต่มีผลกระทบต่อบรรยากาศน้อยกว่า CFCs อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการรณรงค์ให้ลดการใช้แก๊สชนิดนี้
- CO₂ ไม่ทำปฏิกิริยากับ O₃ ไม่ไวไฟ แต่เป็นแก๊สเรือนกระจก
- pentane และ cyclopentane ไม่ทำปฏิกิริยากับ O₃ แต่เป็นแก๊สเรือนกระจกและเป็นแก๊สที่ไวไฟ

3. การทดสอบสมบัติของโฟมฉนวนความร้อน จะทดสอบค่าต่าง ๆ ตามมาตรฐานของ Japanese Industrial Standard หรือ JIS A 5905 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความหนา (Thickness)	ความหนาแน่น (Density)	ปริมาณความชื้น (Moisture content)	ความแข็งแรงดัด (Bending strength)	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Swelling in thickness after immersion in water)	ค่าความต้านทานความร้อน (thermal resistance value)
mm	g/cm ³	%	N/mm ²	%	m ² K/W
9	ไม่เกิน 0.35	5 – 13	2.0 ขึ้นไป	ไม่เกิน 10	0.163 ขึ้นไป
12					0.206 ขึ้นไป
15					0.267 ขึ้นไป
18					0.327 ขึ้นไป

จากการสืบค้นข้อมูลจะเห็นว่า แก๊ส CO₂ pentane และ cyclopentane ไม่ทำปฏิกิริยากับ O₃ แต่ CO₂ เป็นแก๊สที่ไม่ไวไฟ จึงอาจนำมาใช้ในการผลิตโฟมฉนวนความร้อนแทน CFCs ได้

หลังการสืบค้นข้อมูลอาจตั้งคำถามย่อย ตั้งสมมติฐาน ระบุตัวแปร และออกแบบวิธีตรวจสอบสมมติฐานได้ เช่น

คำถามย่อย

แก๊ส CO₂ ปริมาณเท่าใดที่สามารถใช้ในการผลิตโฟมฉนวนความร้อนให้มีสมบัติใกล้เคียงกับที่ผลิตโดยใช้ CFCs

สมมติฐาน

ปริมาณของแก๊ส CO₂ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่งผลต่อสมบัติของโฟมฉนวนความร้อน

ตัวแปร

ตัวแปรต้น	ปริมาณของแก๊ส CO ₂ ที่ใช้ผลิตโฟมฉนวนความร้อน
ตัวแปรตาม	สมบัติของโฟมฉนวนความร้อน
ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่	วัสดุที่ใช้ทำโฟม ความหนาของโฟม วิธีทดสอบโฟม

ตรวจสอบสมมติฐาน

- ผลิตโฟมฉนวนความร้อนโดยใช้แก๊ส CFCs เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
- ผลิตโฟมฉนวนความร้อนที่มีความหนาเท่ากับโฟมในข้อ 1 แต่ใช้แก๊ส CO₂ ในปริมาณต่าง ๆ กัน
- ทดสอบสมบัติของโฟมฉนวนความร้อนในด้านความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ความแข็งแรงดัด การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และค่าความต้านทานความร้อนของโฟมในข้อ 1 และ 2
- เปรียบเทียบสมบัติของโฟมฉนวนความร้อนในข้อ 2 กับข้อ 1

สถานการณ์ 2

นักเรียนเป็นนักเคมีในบริษัทผลิตเครื่องสำอางแห่งหนึ่งที่ได้รับมอบหมายให้ผลิตครีมกันแดดที่สามารถป้องกันรังสี UVB ได้

ปัญหา

การได้รับรังสี UVB ทำให้เป็นโรคมะเร็งผิวหนัง

คำถาม

ครีมกันแดดที่ป้องกันรังสี UVB ควรมีส่วนผสมเป็นอย่างไร

การสืบค้นข้อมูล

- องค์ประกอบในครีมกันแดด
ผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดชนิดหนึ่งมีส่วนประกอบ ดังแสดง

สาร	ร้อยละโดยมวล
Lanolin	4.50
Cocoa butter	2.00
Glyceryl monostearate	3.00
Stearic acid	2.00
Padimate O	7.00
Oxybenzone	3.00
Purified water	71.60
Sorbitol solution	5.00
Triethanolamine	1.00
Methylparaben	0.30
Propylparaben	0.10
Benzyl alcohol	0.50

- สารที่ทำหน้าที่ป้องกันรังสี UVB ในครีมกันแดดมีหลายชนิด เช่น Homosalate, Octocrylene, Octisalate, Oxybenzone, Padimate O, Ensulizole, Titanium dioxide (หรือ Titanium(IV) oxide), Zinc oxide ซึ่งจากตารางองค์ประกอบของครีมกันแดดในข้อ 1 จะพบว่า Padimate O และ Oxybenzone ทำหน้าที่เป็นสารป้องกันรังสี
- ประสิทธิภาพในการปกป้องรังสี UVB
ประสิทธิภาพในการปกป้องรังสี UVB จะแสดงอยู่ในรูปของค่า SPF (Sun Protection Factor) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$\text{SPF} = \frac{\text{MEDp}}{\text{MEDu}}$$

เมื่อ MEDp แทน ปริมาณรังสี UV ที่น้อยที่สุดที่ทำให้ผิวหนังที่ทาครีมเกิดผื่นแดง

MEDu แทน ปริมาณรังสี UV ที่น้อยที่สุดที่ทำให้ผิวหนังที่ไม่ได้ทาครีมเกิดผื่นแดง
ค่า SPF ที่แตกต่างกันจะมีประสิทธิภาพการกรองรังสี UVB ได้แตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง

SPF	ประสิทธิภาพ การกรองรังสี UVB (%)
15	93
30	97
50	98
100	99

องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ได้กำหนดให้ครีมกันแดดที่มี SPF ต่ำกว่า 15 ต้องมีข้อความเตือนว่า “สามารถปกป้องแดดเผาได้ แต่ไม่ป้องกันมะเร็งผิวหนัง”

จากการสืบค้นข้อมูลพบว่า มีสารหลายชนิดที่สามารถป้องกันรังสี UVB ได้ หากต้องการพัฒนาสูตรครีมกันแดดที่มีอยู่แล้วในท้องตลาด อาจทำได้โดยเปลี่ยนชนิดของสารป้องกันรังสี UVB เช่น เปลี่ยนมาใช้ zinc oxide แทน ซึ่งเมื่อสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมพบว่ากระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้มี zinc oxide ในเครื่องสำอางได้ไม่เกินร้อยละ 25 โดยมวล

หลังการสืบค้นข้อมูลอาจตั้งคำถามย่อย ตั้งสมมติฐาน ระบุตัวแปร และออกแบบวิธีตรวจสอบสมมติฐานได้ เช่น

คำถามย่อย

ควรใช้ zinc oxide ในครีมกันแดด ปริมาณเท่าใด เพื่อแทน Padimate O และ Oxybenzone โดยยังสามารถป้องกันรังสี UVB ได้

สมมติฐาน

ปริมาณของ zinc oxide ในครีมกันแดดมีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันรังสี UVB

ตัวแปร

- ตัวแปรต้น ปริมาณ zinc oxide
- ตัวแปรตาม ประสิทธิภาพการป้องกันรังสี UVB

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ องค์ประกอบอื่น ๆ ในครีมกันแดด ยกเว้น Padimate O Oxybenzone และ Purified water คุณภาพของ zinc oxide

นิยามเชิงปฏิบัติการ

- ใช้ zinc oxide แทนสัดส่วนของ Padimate O Oxybenzone และ Purified water โดยสัดส่วนของปริมาณองค์ประกอบอื่นคงที่
- ประสิทธิภาพการป้องกันรังสี UVB วัดจากค่า SPF

ตรวจสอบสมมติฐาน

1. เตรียมครีมกันแดดตามสูตรที่มี Padimate O และ Oxybenzone เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
2. เตรียมครีมกันแดดตามสูตรในข้อ 1 แต่ใช้ zinc oxide แทน Padimate O Oxybenzone และ Purified water ในปริมาณร้อยละ 10 15 20 และ 25 โดยมวล ตามลำดับ
3. หาค่า SPF ของครีมกันแดดแต่ละสูตร

แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายและรายงานผลการทำกิจกรรม
2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากแบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรมและรายงานผลการทำกิจกรรม
3. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากแบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรมและรายงานผลการทำกิจกรรม
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความใจกว้าง จากการอภิปราย
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายและรายงานผลการทำกิจกรรม

14.3 การบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับศาสตร์อื่น แก้ปัญหาสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูให้ความรู้ว่าการแก้ปัญหานอกจากจะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อีกด้วย จากนั้นใช้คำถามนำว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนแตกต่างจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 14.2
2. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.2 สายไฟแบ่งโดว์



กิจกรรม 14.2 สายไฟแบ่งโดว์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. สร้างสายไฟแบ่งโดว์เพื่อให้หลอด LED สว่าง ตามเงื่อนไขที่กำหนด
2. นำเสนอขั้นตอนการสร้างสายไฟแบ่งโดว์

เวลาที่ใช้	อธิบายก่อนทำกิจกรรม	15	นาที
	ทำกิจกรรม	30	นาที
	อธิบายหลังทำกิจกรรม	30	นาที
	รวม	75	นาที

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
สารเคมี	
1. แบ่งโดว์	1 ก้อน (30 g)
2. เกลือแกง	5 g
3. น้ำตาลทราย	5 g
4. เบกกิ้งโซดา	5 g
5. น้ำกลั่น	3 mL

วัสดุและอุปกรณ์

1. หลอด LED ขนาดเล็ก (1.5V)	2 หลอด
2. สายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้	1 เส้น
3. ถ่านไฟฉาย 1.5V 2 ก้อน ในรางถ่าน	1 ชุด
4. ภาชนะสำหรับผสม	1 ใบ
5. ผังตำแหน่งของหลอด LED และรางถ่าน	1 แผ่น

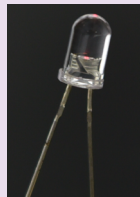
การเตรียมล่วงหน้า

- เตรียมแป้งโดว์ ดังนี้
 - ชั่งแป้งสาลี 200 g ตวงน้ำมันถั่วเหลือง 20 mL และ น้ำกลั่น 100 mL
 - เติมน้ำมันถั่วเหลืองลงในแป้งสาลี ผสมให้เข้ากัน
 - ค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นลงไป และนวดให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน (แป้งโดว์ที่เตรียมได้สามารถใช้ได้กับการทดลองของนักเรียนประมาณ 10 กลุ่ม)
- ชั่งแป้งโดว์แบ่งให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 30 g

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับครู

1. ครูอธิบายเงื่อนไขเกี่ยวกับความสว่างของหลอด LED ว่า ควรเห็นจุดสว่างทั้งด้านบนและด้านล่าง เมื่อมองจากด้านข้างของหลอด LED ดังรูป 1 แต่หากมีจุดสว่างเฉพาะด้านล่างเมื่อสังเกตจากด้านข้างของหลอด LED ดังรูป 2 ถือว่ายังไม่สว่าง

สว่าง



รูป 1



รูป 2

ไม่สว่าง

2. เนื่องจากหลอด LED แต่ละชนิด และแป้งโดว์แต่ละสูตร อาจให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน ครูควรทำการทดสอบก่อน เพื่อให้มั่นใจว่า หลอด LED สว่างเมื่อต่อด้วยสายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้แต่ไม่สว่างเมื่อต่อด้วยแป้งโดว์

- นักเรียนแต่ละกลุ่มไม่สามารถขอแป้งโดว์และสารเคมีทั้งหมดเพิ่มได้
- ปริมาณสารเคมีที่นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ไป คำนวณได้จากปริมาณสารเคมีที่เหลือ

5. แจ้งนักเรียนให้ระวังปริมาณน้ำที่ใช้ในการละลายสารเคมี เพราะการใช้น้ำปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้แ่งโค้วเหลวจนปั่นไม่ได้

6. นักเรียนบางกลุ่มอาจใช้สารเคมีมากเกินไปตั้งแต่การทดลองในครั้งแรกซึ่งสามารถทำให้หลอด LED สว่างได้ แต่จะไม่ทราบปริมาณที่น้อยที่สุดที่ควรจะใช้ ดังนั้นครูควรสังเกตและนำข้อมูลเหล่านี้มาร่วมอภิปรายในประเด็นของการวางแผนที่จะนำไปสู่วิธีการดำเนินการที่ให้ผลดีที่สุด

7. ครูควรกำชับให้นักเรียนบันทึกข้อมูลการดำเนินการในข้อ 1–4 ก่อนลงมือดำเนินการ

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

การบันทึกข้อมูลการดำเนินการ

1. เปรียบเทียบความสว่างของหลอด LED เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าด้วยสายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้และแ่งโค้ว

เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าด้วยสายไฟที่ต่อกับคลิปปากจระเข้ หลอด LED สว่าง
ทั้งสองหลอด แต่เมื่อเปลี่ยนจากสายไฟเป็นแ่งโค้ว หลอด LED ไม่สว่าง

2. ระบุปัญหาและเงื่อนไขในการแก้ปัญหา

ปัญหา: หลอด LED ไม่สว่าง เพราะแ่งโค้วไม่นำไฟฟ้า
เงื่อนไขในการแก้ปัญหา

- ทำให้หลอด LED จำนวน 2 หลอด สว่างโดยหลอด LED และรางถ่านวางตามตำแหน่งที่กำหนด
- เลือกใช้สารเคมีที่กำหนดให้เพียง 1 ชนิด เติมลงในแ่งโค้ว
- ดำเนินการภายใน 30 นาที
- ใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อยที่สุด

3. ระบุสารเคมีที่เลือกใช้เติมลงในแป้งโดว์ พร้อมอธิบายเหตุผล

เลือกใช้เกลือแกงละลายในน้ำแล้วเติมลงในแป้งโดว์ เนื่องจาก NaCl และ NaHCO_3 เป็นสารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้ แต่ NaCl ที่แตกตัวให้ Na^+ และ Cl^- มีประจุต่อมวลของสารสูงกว่า NaHCO_3 ที่แตกตัวให้ Na^+ และ HCO_3^- ดังนั้นจึงน่าจะเลือกใช้เกลือแกงในปริมาณที่น้อยกว่าเบกกิ้งโซดาในการทำให้แป้งโดว์นำไฟฟ้า ส่วนน้ำตาลทรายเมื่อละลายน้ำแล้วไม่แตกตัวได้ สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์

4. ออกแบบขั้นตอนการดำเนินการ

1. ละลายเกลือแกง 0.2 g ในน้ำ 1 mL
2. เติมสารละลายเกลือแกงลงในก้อนแป้งโดว์ พร้อมกับนวดก้อนแป้งกับสารละลายเกลือแกงให้เข้ากันอย่างทั่วถึง แล้วปั้นแป้งโดว์เป็นเส้นยาว 18 cm
3. ต่อแป้งโดว์กับหลอด LED ทั้งสองหลอดและวางถ่านตามตำแหน่งที่กำหนด สังเกตความสว่างของหลอด LED

5. ดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้และระบุผลการดำเนินการในครั้งแรก การดำเนินการครั้งแรกไม่สามารถทำให้ LED ทั้งสองหลอดสว่างได้

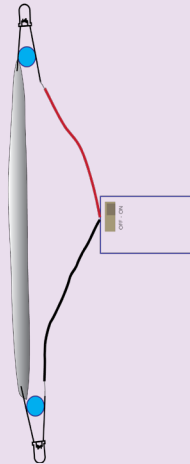
6. ระบุวิธีการปรับปรุงแก้ไข หากไม่สามารถทำให้หลอด LED ทั้งสองหลอดสว่างในครั้งแรกของการดำเนินการ

เตรียมสารละลายเกลือแกง 0.2 g ในน้ำ 1 mL แล้วนำไปนวดกับแป้งโดว์เพิ่ม โดยดำเนินการซ้ำ 2 ครั้ง

7. สรุปรูปวิธีการดำเนินการและเสนอแนะวิธีการดำเนินการที่ให้ผลดีขึ้น พร้อมวาดรูปการต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบความสว่างของหลอด LED
- วิธีดำเนินการ คือ ละลายเกลือแกง 0.6 g ในน้ำ 3 mL. นวดกับแป้งโดว์ให้เข้ากัน แล้วปั้นเป็นเส้นยาว 18 cm. และต่อเข้ากับหลอด LED ทั้งสองหลอด และวางถ่านตามตำแหน่งที่กำหนด
- สำหรับการดำเนินการครั้งต่อไปอาจปรับปริมาณของน้ำให้เหมาะสม เพื่อให้ขึ้นรูปแป้งโดว์ได้ง่ายและนำไฟฟ้าได้ดี

รูปการต่อวงจร

แป้งโดว์ที่ผสมกับเกลือแกง 0.6 g
ปั้นเป็นเส้นยาว 18 cm



อภิปรายผลการทำกิจกรรม

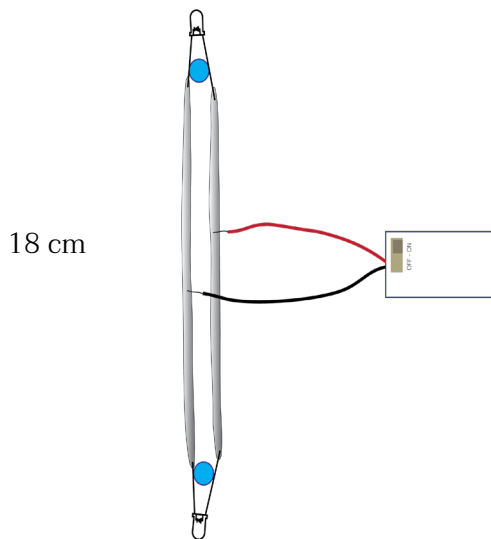
ในการสร้างสายไฟแป้งโดว์มีการใช้ความรู้เกี่ยวกับวิชาเคมีในเรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์ การแตกตัวของสารเมื่อละลายน้ำ และมวลต่อโมลของสาร เพื่อใช้ในการเลือกสารที่คาดว่าจะใช้น้อยที่สุดในการทำให้แป้งโดว์นำไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีการใช้ความรู้เกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อทำให้ครบวงจรและหลอด LED สว่าง

จากกิจกรรมการสร้างสายไฟแป้งโดว์ มีขั้นตอนสอดคล้องกับหัวข้อใน “แบบบันทึกข้อมูลการดำเนินการ” คือ การระบุปัญหาและเงื่อนไข การรวบรวมความรู้ในการเลือกสารเคมีสำหรับเติมลงในแป้งโดว์ การออกแบบขั้นตอนการดำเนินการ การทดสอบตามแผนที่วางไว้ การปรับปรุงการดำเนินการ การสรุป และการเสนอแนะวิธีดำเนินการแก้ปัญหา

สรุปผลการทำกิจกรรม

การแก้ปัญหาหลอด LED ไม่สว่าง จากการที่แบงต์โด้ไม่นำไฟฟ้าทำได้โดยระบุปัญหาและเงื่อนไข จากนั้นรวบรวมความรู้ในการเลือกสารเคมีสำหรับเติมลงในแบงต์โด้แล้วออกแบบขั้นตอนการดำเนินการ ทดสอบตามแผนที่วางไว้ ปรับปรุงการดำเนินการ สรุปและนำเสนอวิธีดำเนินการแก้ปัญหา

10. ครูชี้ให้เห็นว่า การต่อวงจรไฟฟ้าในกิจกรรม 14.2 เป็นแบบอนุกรม จากนั้นให้ครูสาธิตการใช้แบงต์โด้ที่นำไฟฟ้ามาต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ดังรูป แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบความสว่างของหลอด LED



11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานและอนุกรมมีผลต่อความสว่างของหลอด LED โดยหากต่อหลอด LED แบบขนานจะทำให้มีความสว่างมากกว่าการต่อแบบอนุกรม เนื่องจากการต่อแบบขนานจะทำให้หลอด LED ทั้งสองหลอดมีความต่างศักย์เท่ากับความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ส่วนการต่อแบบอนุกรม ความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกให้แต่ละหลอด ทำให้มีความสว่างน้อยลง

12. ครูชี้ให้เห็นว่า การบูรณาความรู้จากหลาย ๆ ศาสตร์ จะช่วยให้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ในกิจกรรม 14.2 หากใช้ความรู้เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าร่วมกับความรู้เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะช่วยให้สามารถสร้างสายไฟจากแป้งโดว์โดยใช้สารเคมีน้อยลงได้

13. ครูเชื่อมโยงขั้นตอนที่ได้ดำเนินการในกิจกรรมกับการอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยใช้รูป 14.8 ประกอบการอธิบาย

14. ครูให้ความรู้ที่ ในระหว่างการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมขั้นตอนการดำเนินงานสามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ และต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่วมด้วย ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

15. ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ



ตรวจสอบความเข้าใจ

วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีส่วนของวัตถุประสงค์และขั้นตอนที่เหมือนและต่างกันอย่างไร

วัตถุประสงค์

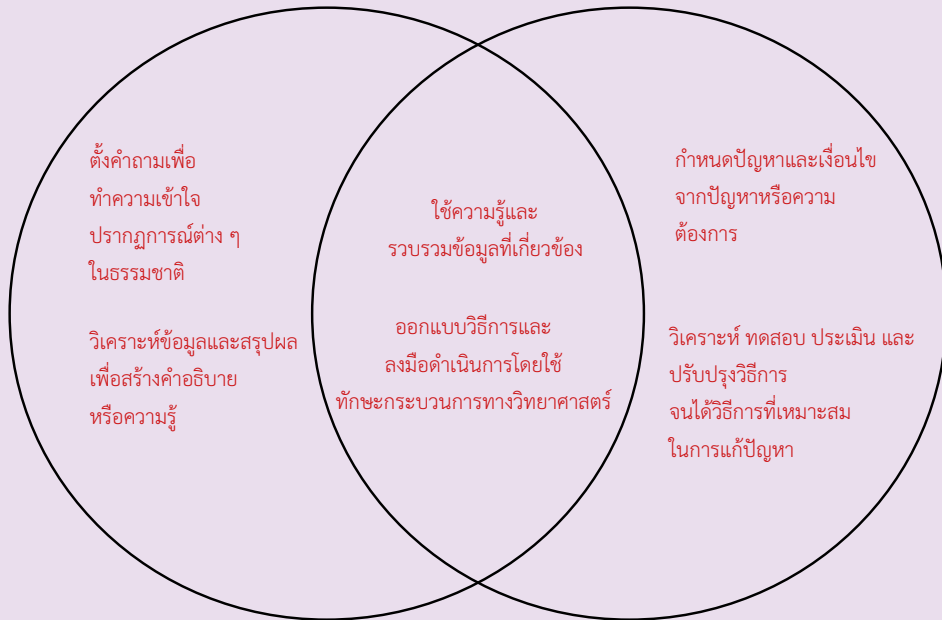
วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่ใช้ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ เพื่อให้ได้ความรู้พื้นฐานที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมได้ ส่วนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่วนใหญ่เป็นวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมโดยเน้นการหาวิธีการที่ใช้ได้จริงภายใต้เงื่อนไข

ขั้นตอน

วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนทั้งส่วนที่เหมือนกันและแตกต่างกัน ดังแผนภาพ

วิธีการทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม



16. ครูชี้ให้เห็นว่า ทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่วนใหญ่ใช้ความรู้ในหลาย ๆ ศาสตร์บูรณาการร่วมกัน เพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ สามารถแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมได้

17. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.3 การแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้



กิจกรรม 14.3 การแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้

จุดประสงค์ของกิจกรรม

เลือกสถานการณ์ปัญหาหรือประเด็นที่สนใจและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้ทางเคมีกับความรู้ในศาสตร์อื่น และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เวลาที่ใช้ 23 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับครู

1. ครูอาจแบ่งเวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียน ดังนี้

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
1.1 ครูมอบหมายให้นักเรียนสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียน ท้องถิ่น จังหวัด ประเทศ หรือระดับโลกและสืบค้นข้อมูลประกอบ จากนั้นเลือกสถานการณ์ปัญหา โดยหากเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ควรมีการตั้งคำถาม แต่หากเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมควรระบุปัญหาและเงื่อนไขให้ชัดเจน	1
1.2 ครูให้นักเรียนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนสนใจจะแก้ไข พร้อมข้อมูลสนับสนุนเพื่อให้เห็นความสำคัญของปัญหา และนำเสนอคำถามหรือปัญหาและเงื่อนไข ครูควรวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาที่นักเรียนสนใจ และครูมอบหมายให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยครูอาจแนะนำแหล่งสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม	3
1.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มโดยครูให้คำแนะนำในกลุ่มที่มีข้อสงสัยหรือต้องการความช่วยเหลือ	3
1.4 ครูให้นักเรียนกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของงานและออกแบบวิธีดำเนินการหลังจากที่ได้ข้อมูลเพียงพอแล้ว <ul style="list-style-type: none"> - หากเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หลังจากตั้งคำถามและสืบค้นข้อมูลแล้ว ให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และออกแบบวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน - หากเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลังระบุปัญหาและสืบค้นข้อมูลแล้ว ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 	2

<p>1.5 ครูให้นักเรียนนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ ออกแบบไว้</p> <ul style="list-style-type: none"> - หากเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ครูวิเคราะห์ว่า สมมติฐาน และตัวแปรต่าง ๆ ที่นักเรียนกำหนดขึ้น มีความสอดคล้องกับคำถามหรือไม่ วิธีการตรวจสอบ สมมติฐานสอดคล้องกับสมมติฐานและเป็นแนวทาง นำไปสู่การตอบคำถามได้หรือไม่ โดยครูอาจให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงแก้ไข - หากเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูวิเคราะห์ว่า วิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนออกแบบไว้ สอดคล้องกับปัญหาและนำไปสู่แนวทางการ แก้ปัญหาได้หรือไม่ โดยครูอาจให้ข้อเสนอแนะ เพิ่มเติมในการปรับปรุงแก้ไข 	<p>3</p>
<p>1.6 ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบ วิธีการไว้ โดยครูอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์ สารเคมี และสถานที่สำหรับทำปฏิบัติการ และคอยให้ คำแนะนำ ประเมิน รวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างดำเนินการ แก้ปัญหา</p>	<p>8</p>
<p>1.7 ครูให้นักเรียนนำผลการดำเนินการมาปรึกษาหารือ เพื่อให้คำแนะนำเกี่ยวกับการสรุปผลการดำเนินการ</p>	<p>3</p>

2. ครูอาจบอกเกณฑ์การให้คะแนนในภาคผนวก เพื่อให้ นักเรียนใช้วางแผนในการทำ กิจกรรม 14.3

แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากการอภิปราย
2. ทักษะการสังเกต การวัด การลงความเห็นจากข้อมูล การทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การสร้างแบบจำลอง จากแบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรมและรายงานผลการทำกิจกรรม
3. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรมและรายงานผลการทำกิจกรรม
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความใจกว้าง จากการอภิปราย
5. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายและรายงานผลการทำกิจกรรม

14.4 การนำเสนอผลงาน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จัดทำรายงานการแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้
2. นำเสนอผลงานโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างรูปแบบการนำเสนอหรือการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า รูปแบบการนำเสนอหรือเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่นิยมคือ รายงาน โปสเตอร์ และการบรรยาย เพื่อนำเข้าสู่การอธิบายรายละเอียดในแต่ละรูปแบบ
2. ครูอธิบายองค์ประกอบและการเขียนรายงาน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยอาจอธิบายเพิ่มเติมในบางประเด็น ดังนี้
 - ในส่วนนำ ใช้รูป 14.9 ประกอบการอธิบายเกี่ยวกับบทคัดย่อ และชี้แจงเพิ่มเติมว่าบทคัดย่อส่วนใหญ่มีความยาวประมาณ 1 หน้า
 - ในส่วนเนื้อหา จำนวนบทในรายงานอาจมีมากกว่าหรือน้อยกว่า 5 บท ก็ได้ ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของเนื้อหา เช่น อารวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ในบทนำเป็น 1 บท ได้ ในส่วนของผลการดำเนินการและการอภิปรายข้อมูล ถ้ามีข้อมูลจากการดำเนินการที่มีประเด็นแตกต่างกัน อาจเขียนแยกบทได้
3. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.4 สืบค้นข้อมูลรูปแบบการเขียนบรรณานุกรม



กิจกรรม 14.4 สืบค้นข้อมูลรูปแบบการเขียนบรรณานุกรม

จุดประสงค์ของกิจกรรม

นำเสนอรูปแบบการเขียนบรรณานุกรม

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนทำกิจกรรม	5	นาที
	ทำกิจกรรม	40	นาที
	อภิปรายหลังทำกิจกรรม	5	นาที
	รวม	50	นาที

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูควรให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลล่วงหน้า แล้วนำสิ่งที่ได้จากการสืบค้นมาเสนอและร่วมกันอภิปรายในห้องเรียน

ตัวอย่างผลการสืบค้น

APA (American Psychological Association)

การอ้างอิงจากหนังสือ

ผู้แต่ง. (ปี). ชื่อเรื่อง. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

Silberberg, M.S. (2009). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. New York: McGraw-Hill.

การอ้างอิงจากบทความในวารสาร

ผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, ปีที่(ฉบับที่), เลขหน้า.

ตัวอย่าง

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.

การอ้างอิงจากเว็บไซต์

กรณีเว็บไซต์ของหน่วยงาน

ชื่อหน่วยงาน. (ปี). ชื่อเรื่อง. สืบค้นจาก URL

ตัวอย่าง

The University of North Carolina at Chapel Hill. (2018). *Kinetics: Rates of Reaction*. Retrieved from http://cssac.unc.edu/programs/learning-center/Resources/Study/Guides/Chemistry%20102/Rates%20of%20Reactions?fbclid=IwAR3mr2-uf8BixBvgzgipEcTQAZHJiA-_Y12A3PpbhOZPeELjK7taHLiwxpM

ACS (American Chemical Society)

การอ้างอิงจากหนังสือ

ผู้แต่ง. ชื่อหนังสือ, ครั้งที่พิมพ์; สำนักพิมพ์: สถานที่พิมพ์, ปีที่พิมพ์. เลขหน้า.

ตัวอย่าง

Silberberg, M.S. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*, 5th ed.; McGraw-Hill: New York, 2009; pp 64-65.

การอ้างอิงจากบทความในวารสาร

ผู้แต่ง. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร ปีที่พิมพ์, ปีที่ (ฉบับที่), เลขหน้า.

ตัวอย่าง

Saptarini, N. M.; Suryasaputra, D.; Nurmalia, H. Application of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* Linn) extract as an indicator of acid-base titration. *J. Chem. Pharma. Res.* **2015**, 7 (2), 275-280.

การอ้างอิงจากเว็บไซต์

ผู้แต่ง (ถ้ามี). ชื่อเรื่อง, ปี. ชื่อเว็บไซต์หน่วยงาน. URL (เข้าถึงเมื่อ เดือน วัน, ปี)

ตัวอย่าง

Kinetics: Rates of Reaction, 2018. The University of North Carolina at Chapel Hill Web site.

http://cssac.unc.edu/programs/learning-center/Resources/Study/Guides/Chemistry%20102/Rates%20of%20Reactions?fbclid=IwAR3mr2-uf8BixBvgzgipEcTQAZHJiA-_Y12A3PpbhOZPeELjK7taHLiwxpM. (accessed April 23, 2018).

AMA (American Medical Association)**การอ้างอิงจากหนังสือ**

ผู้แต่ง. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์. สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์.

ตัวอย่าง

Silberberg MS. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. 5th ed. New York: McGraw-Hill; 2009.

การอ้างอิงจากบทความในวารสาร

ผู้แต่ง. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์;ปีที่(ฉบับที่):เลขหน้า.

ตัวอย่าง

Saptarini NM, Suryasaputra D, Nurmalia H.

Application of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* Linn) extract as an indicator of acid-base titration. *J. Chem.Pharma. Res.* 2015;7(2):275-280.

การอ้างอิงจากเว็บไซต์

กรณีเว็บไซต์ของหน่วยงาน

ชื่อเรื่อง. ชื่อเว็บไซต์หรือหน่วยงาน. URL. เข้าถึงเมื่อ เดือน วัน, ปี.

ตัวอย่าง

Kinetics : Rates of Reaction. The University of North Carolina at Chapel Hill.

http://cssac.unc.edu/programs/learning-center/Resources/Study/Guides/Chemistry%20102/Rates%20of%20Reactions?fbclid=IwAR3mr2-uf8BixBvgzgipEcTQAZHJiA-_YI2A3PpbhOZPeELjK7taHLiwxpM. Accessed April 23, 2018.

4. ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะ เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษารูปแบบการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา

กิจกรรมเสนอแนะสำหรับครู เรื่อง สืบค้นข้อมูลวิธีการเขียนอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา

จุดประสงค์ของกิจกรรม

นำเสนอวิธีการเขียนอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา

วิธีทำกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลวิธีการเขียนอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา
2. นำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

การอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาใช้กับข้อความที่คัดลอกหรือประมวลมา เช่น รูปแบบ **APA** ใช้การอ้างอิงระบบนาม-ปี ซึ่งประกอบด้วย ชื่อผู้แต่ง ตามด้วยปีที่พิมพ์ และ/หรือ เลขหน้าไว้ในวงเล็บ โดยใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น ดังตัวอย่าง

- กรณีไม่ระบุเลขหน้าใช้ในการอ้างอิงที่เป็นการสรุปเนื้อหาหรือแนวคิดทั้งหมดของงานนั้น
การเปรียบเทียบการหาปริมาณโบรอนระหว่างเทคนิค ICP-AES และ ICP-MS ในเลือดของผู้ป่วยมะเร็งชนิด glioblastoma จำนวน 10 ราย ซึ่งรักษาด้วยวิธี BNCT โดยใช้สารประกอบ BPA-fructose เป็นแหล่งของโบรอน พบว่า ทั้งสองวิธีสามารถวิเคราะห์หาปริมาณโบรอนได้ดีไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 (Laakso, 2000)
- กรณีที่เป็นการสรุปเนื้อหาบางส่วน ถอดความ หรือคัดลอกมา ให้ระบุเลขหน้าไว้ในวงเล็บด้วย
เซลล์มะเร็งในคนจะมีการสังเคราะห์และใช้กรดไขมันในปริมาณที่สูงกว่าเซลล์ปกติ เพื่อนำไปใช้ในการสร้าง phospholipid membrane (Pizer, 1996, p. 745)
- กรณีได้อ้างชื่อผู้แต่งไว้ในเนื้อหาแล้วให้ใส่ปีที่พิมพ์ และ/หรือ เลขหน้าไว้ในวงเล็บ
Nakamura Aoyagi และ Yamamoto ได้ปรับปรุงวิธีการสังเคราะห์สารประกอบโบรอนอนุพันธ์ของแอลดีไฮด์และคีโตน โดยการเติมเตตระบิวทิลแอมโมเนียมฟลูออไรด์ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ปฏิกิริยาเกิดง่ายขึ้นและใช้สถานะไม่รุนแรง (1998, p. 1167-1171)

5. ครูอธิบายการนำเสนอโปสเตอร์ ทั้งในส่วนของการจัดทำและการพูดนำเสนอโปสเตอร์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบโปสเตอร์ที่นิยมใช้ในการนำเสนอในงานประชุมวิชาการ

6. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.5 การจัดทำและนำเสนอข้อมูลในโปสเตอร์



กิจกรรม 14.5 การจัดทำและนำเสนอข้อมูลในโปสเตอร์

จุดประสงค์ของกิจกรรม

จัดทำและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสม

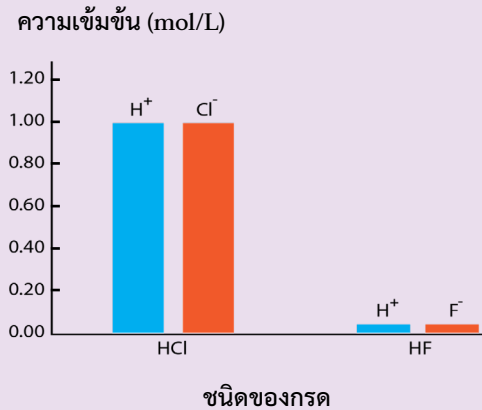
เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนทำกิจกรรม	10	นาที
	ทำกิจกรรม	90	นาที
	อภิปรายหลังทำกิจกรรม	20	นาที
	รวม	120	นาที

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ชุดที่ 1 ข้อมูลการทดลองวัดความเข้มข้นของไอออนจากการแตกตัวของกรด

กรดไฮโดรคลอริกและกรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นเริ่มต้น 1.00 mol/L
 กรดไฮโดรคลอริกแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและคลอไรด์ไอออน ความเข้มข้นอย่างละ
 1.00 mol/L ส่วนกรดไฮโดรฟลูออริกแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน และฟลูออไรด์ไอออน
 ความเข้มข้นอย่างละ 0.04 mol/L

ข้อมูลดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบปริมาณของไอออนในกรด 2 ชนิด จึงอาจนำเสนอในรูปแบบกราฟแท่งได้ดังนี้

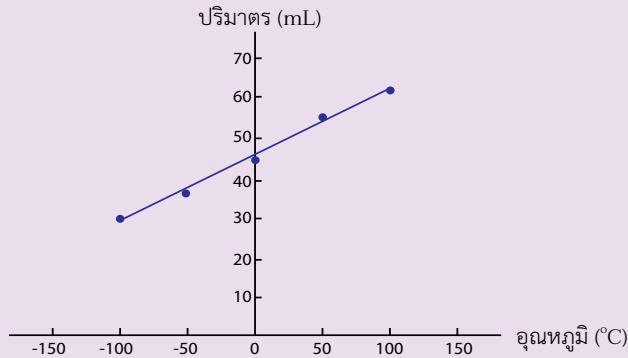


กราฟแสดงความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและ
 กรดไฮโดรฟลูออริก เข้มข้น 1.00 mol/L

ชุดที่ 2 ข้อมูลการทดลองหาปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจน 0.002 โมล ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ
 ความดัน 1 บรรยากาศ

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

เพื่อให้สามารถเห็นแนวโน้มของข้อมูลดังกล่าว จึงอาจนำเสนอในรูปแบบกราฟเส้นได้ ดังนี้



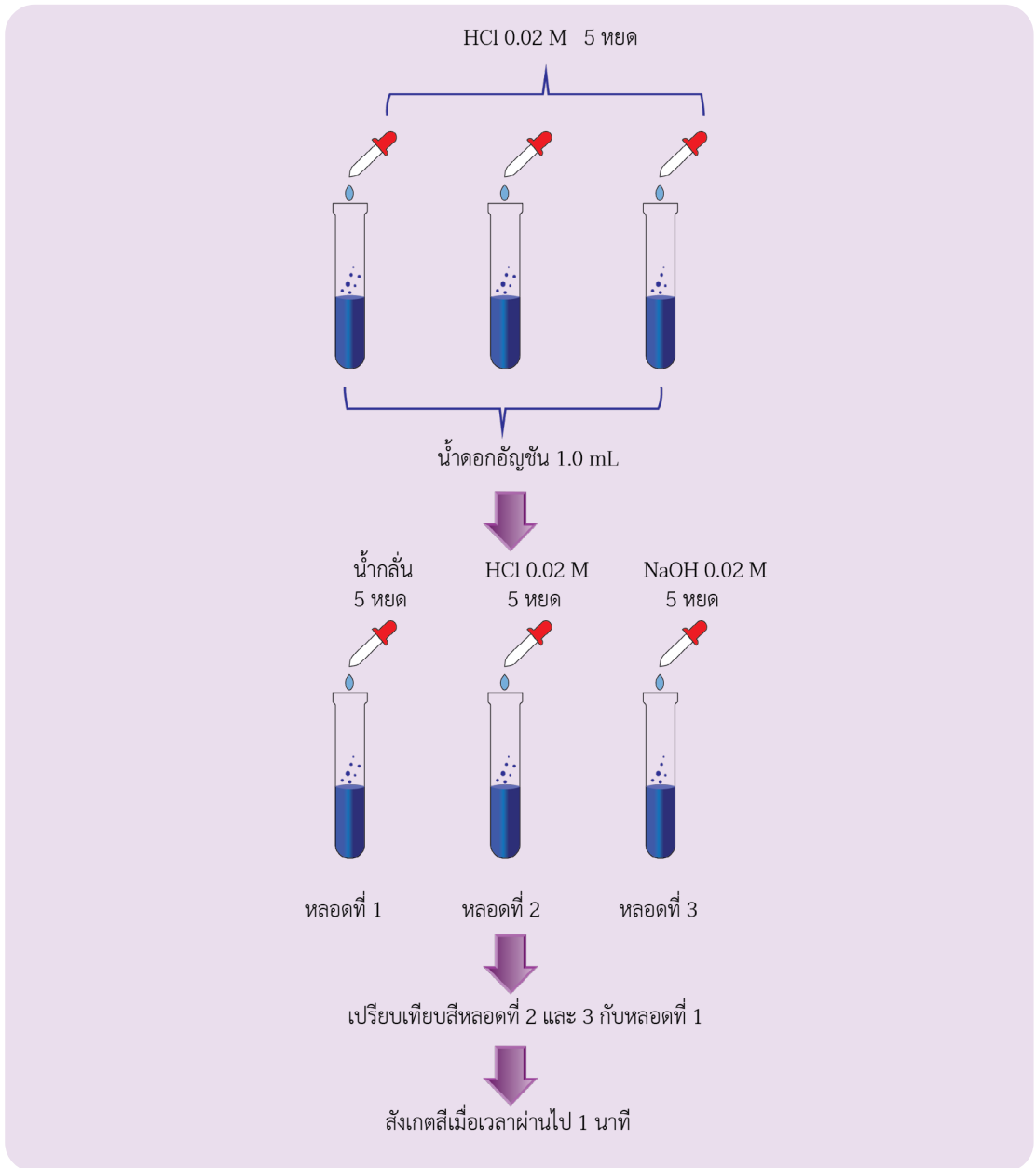
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของแก๊สไฮโดรเจน

ชุดที่ 3 ข้อมูลวิธีการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของสารต่อภาวะสมดุล

วิธีทดลอง

1. ใส่กรดออกซัลฟูริกในหลอดทดลอง 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

เพื่อให้สามารถเห็นลำดับขั้นตอนของการทดลองได้ง่ายขึ้น จึงอาจนำเสนอวิธีทดลองในรูปแบบแผนภาพได้ดังนี้



7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการนำเสนอด้วยการบรรยายทั้งในส่วนของ การจัดเตรียมเนื้อหาและสื่อประกอบ รวมทั้งการพูดนำเสนอ เพื่อให้ได้ข้อสรุปตามรายละเอียดในหนังสือเรียน โดยในส่วนของเตรียมสไลด์ ครูอาจใช้รูป 14.10 เพื่อให้นักเรียนพิจารณาตัวอย่างสไลด์ที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม

8. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.6 การนำเสนอผลงานจากกิจกรรม 14.3



กิจกรรม 14.6 การนำเสนอผลงานจากกิจกรรม 14.3

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. จัดทำรายงาน
2. จัดทำสื่อประกอบการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงานในรูปแบบโปสเตอร์หรือสไลด์ประกอบการบรรยาย
3. นำเสนอผลงานในรูปแบบของโปสเตอร์หรือการบรรยาย

เวลาที่ใช้ 8 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับครู

1. ครูอาจแบ่งเวลาในการทำกิจกรรมดังนี้

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
1.1 ครูให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนรายงานของนักเรียน	2
1.2 ครูแจ้งข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดและรูปแบบของโปสเตอร์ และระยะเวลาในการบรรยาย แล้วให้นักเรียนจัดทำโปสเตอร์หรือสไลด์ประกอบการบรรยายเพื่อใช้ในการนำเสนอผลงาน	3
1.3 ครูให้นักเรียนนำเสนอผลงาน และแลกเปลี่ยนความรู้	3

2. ครูอาจบอกเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อให้นักเรียนใช้วางแผนในการจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงานในรูปแบบของโปสเตอร์หรือการบรรยาย ดังตัวอย่างในภาคผนวก

แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับรูปแบบและวิธีการนำเสนอผลงาน จากการอภิปราย
2. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการสร้างแบบจำลอง จากรายงานผลการทำกิจกรรม และการนำเสนอผลงาน
3. ทักษะการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ และการสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการนำเสนอผลงาน
4. จิตวิทยาศาสตร์ด้านความใจกว้าง จากการอภิปราย

14.5 การเข้าร่วมประชุมวิชาการ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าร่วมประชุมวิชาการในฐานะผู้ฟังหรือผู้นำเสนอผลงาน
2. จัดทำรายงานสรุปการประชุมวิชาการ

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูอธิบายถึงรูปแบบและความสำคัญของการประชุมวิชาการ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
2. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.7 สืบค้นข้อมูลงานประชุมวิชาการ



กิจกรรม 14.7 สืบค้นข้อมูลงานประชุมวิชาการ

จุดประสงค์ของกิจกรรม

สืบค้นข้อมูลงานประชุมวิชาการทางเคมี วิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนทำกิจกรรม	5	นาที
	ทำกิจกรรม	40	นาที
	อภิปรายหลังทำกิจกรรม	5	นาที
	รวม	50	นาที

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ครูควรให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลล่วงหน้า แล้วนำเสนอสิ่งที่ได้จากการสืบค้นในห้องเรียน

ตัวอย่างผลการสืบค้น

ตัวอย่าง 1

ชื่องานประชุม

การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเยาวชน ครั้งที่ 13 (วทท. ครั้งที่ 13)
(The 13th Conference on Science and Technology for Youths)

ชื่อหัวข้อหลัก (theme)

นวัตกรรมสร้างสรรค์สู่การอนุรักษ์อย่างยั่งยืน

ช่วงเวลาที่จัดงาน

วันที่ 16–17 กรกฎาคม 2561

สถานที่จัดงาน

ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค กรุงเทพมหานคร

หน่วยงานหลักที่จัด

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.)
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

รูปแบบของกิจกรรม

- การนำเสนอผลงานการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในรูปแบบของการบรรยายและโปสเตอร์ในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา
- การบรรยายและการอบรมเชิงปฏิบัติการ จากผู้ทรงคุณวุฒิ
- การแนะนำแนวทางการศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก

ตัวอย่าง 2

ชื่องานประชุม

การประชุมวิชาการประจำปี สวทช. ครั้งที่ 15
(15th NSTDA Annual Conference: NAC2019)

ชื่อหัวข้อหลัก (theme)

เศรษฐกิจแห่งอนาคตไทย ก้าวไกลด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

ช่วงเวลาจัดงาน

วันที่ 25–28 มีนาคม 2562

สถานที่จัดงาน

อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย จ.ปทุมธานี

หน่วยงานหลักที่จัด

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

รูปแบบของกิจกรรม

- การสัมมนาวิชาการ
นำเสนอความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ตอบโจทย์เศรษฐกิจยุคใหม่
- การแสดงนิทรรศการ
การแสดงผลงานวิจัยของ สวทช. ภาคีเครือข่ายภาครัฐ และภาคเอกชน เน้นกลุ่มเทคโนโลยี เช่น biochemical precision agriculture food&feed cosmeceutical energy precision medicine
- การเยี่ยมชมห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบ
- กิจกรรมวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน เน้นพัฒนากระบวนการคิดภายใต้แนวคิดวิทย์คู่ศิลป์

ตัวอย่าง 3

ชื่องานประชุม

การประกวดโครงงานของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ ครั้งที่ 21
(Young Scientist Competition 2019: YSC 2019)

ชื่อหัวข้อหลัก (theme)

-

ช่วงเวลาที่จัดงาน

- ลงทะเบียนผู้เข้าแข่งขัน 25 กรกฎาคม 2561
- รับสมัครข้อเสนอโครงการ 1 กันยายน 2561
- ประกาศผลรอบข้อเสนอโครงการ 19 ตุลาคม 2561
- พิธีมอบทุนและจัดค่ายโครงการฯ พฤศจิกายน 2561
- ระยะเวลาพัฒนาโครงการ พฤศจิกายน 2561 – มกราคม 2562
- กำหนดส่งมอบผลงาน 15 มกราคม 2562
- ตรวจสอบผลงานรอบ 2 15–31 มกราคม 2562
- ประกาศผลโครงการที่ผ่านการพิจารณา และโครงการที่เข้ารอบชิงชนะเลิศ ปลายเดือน มกราคม 2562
- การประกวดรอบชิงชนะเลิศ 12–15 มีนาคม 2562
- ร่วมงาน Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF 2019) 12–17 พฤษภาคม 2562

สถานที่จัดงาน

การประกวดรอบชิงชนะเลิศจัดขึ้นภายในงานมหกรรมประกวดเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ณ ไอส์แลนด์ฮอลล์ ชั้น 3 ศูนย์การค้าแฟชั่นไอส์แลนด์ ถนนรามอินทรา เขตคันนายาว กรุงเทพฯ

หน่วยงานหลักที่จัด

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

รูปแบบของกิจกรรม

เป็นการประกวดโครงงานของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2–6 ในสาขาดังต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์
2. คณิตศาสตร์
3. เคมี
4. ชีววิทยา
5. ฟิสิกส์ พลังงาน และดาราศาสตร์
6. วัสดุศาสตร์
7. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
8. วิศวกรรมศาสตร์

โครงการที่ได้รับรางวัลชนะเลิศหรือได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้แทนประเทศไทย จะได้เข้าร่วมประกวดโครงการวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติในงาน Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF) ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับบทบาทในฐานะผู้ฟังและผู้นำเสนอในงานประชุมวิชาการ โดยครูอาจให้นักเรียนเขียนข้อควรปฏิบัติในฐานะผู้ฟังและผู้นำเสนอที่ดี อย่างละ 1 ข้อ ลงในกระดาษ ร่วมกันจัดหมวดหมู่ แล้วอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและเปรียบเทียบกับบทบาทในฐานะผู้ฟังและผู้นำเสนอ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

4. ครูอาจยกตัวอย่างคำถามที่ไม่เหมาะสมในฐานะผู้ฟังเพิ่มเติม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- คำถามไม่ชัดเจน ไม่เฉพาะเจาะจง หรือกว้างเกินไป เช่น ทำเรื่องนี้ไปทำไม สรุปทั้งหมดให้ฟังอีกครั้งได้หรือไม่

หากไม่เข้าใจส่วนใดควรใช้คำถามที่มีความชัดเจนและเจาะจงมากขึ้น เช่น เพราะเหตุใดจึงต้องทำการทดลองในส่วน....

- คำถามนอกเรื่อง เช่น ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาประสิทธิภาพที่กรองน้ำจากเปลือกส้ม กล้วย เฉาก และมังคุด แต่ใช้คำถามว่า ถ้าใช้เปลือกทุเรียนหรือเปลือกส้มโอจะดีกว่าหรือไม่

หากต้องการทราบข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ดำเนินการแต่เชื่อมโยงกับสิ่งที่ทำได้ ควรมีสมมติฐานหรือเหตุผลสนับสนุนประกอบคำถาม

- คำถามดูหมิ่น เช่น งานนี้ลอกใครมาหรือเปล่า งานนี้ทำเองหรือเปล่า

หากสงสัยว่างานนี้อาจมีความซ้ำซ้อนกับงานอื่น หรืองานบางส่วนอาจไม่ได้ทำขึ้นเอง ควรใช้คำถามว่า ผลงานนี้มีส่วนใดที่ใหม่หรือไม่ซ้ำซ้อนกับงานอื่น หรือ ผู้เสนอมีส่วนร่วมในการดำเนินการส่วนใดบ้าง

5. ครูอธิบายการเขียนรายงานการเข้าร่วมการประชุมวิชาการ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน
6. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.8 การเข้าร่วมและการสรุปรายงานการเข้าประชุมวิชาการ



กิจกรรม 14.8 การเข้าร่วมและการสรุปรายงานการเข้าประชุมวิชาการ

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เข้าร่วมการประชุมวิชาการ
2. จัดทำสรุปรายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ

เวลาที่ใช้ 2 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับครู

1. ครูแนะนำให้นักเรียนเข้าร่วมประชุมวิชาการที่จัดขึ้นโดยหน่วยงานต่าง ๆ หรือครูจัดการประชุมวิชาการในระดับชั้นเรียน โรงเรียน หรือกลุ่มโรงเรียน เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้มีประสบการณ์การเข้าร่วมประชุมวิชาการ
2. เวลา 2 ชั่วโมงที่กำหนดให้ เป็นเวลาสำหรับการอภิปรายสรุประหว่างครูกับนักเรียน ไม่รวมเวลาการเข้าร่วมประชุมวิชาการ
3. ครูอาจใช้เกณฑ์การให้คะแนนในภาคผนวกเพื่อพิจารณาให้คะแนนนักเรียนในการเข้าร่วมประชุม และรายงานการเข้าร่วมประชุมได้

แนวทางการวัดและประเมินผล

1. ความรู้เกี่ยวกับข้อควรปฏิบัติในการเข้าร่วมประชุมวิชาการ จากการอภิปราย
2. จิตวิทยาศาสตร์ด้านการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์และความสนใจในวิทยาศาสตร์จากรายงานผลการสืบค้นและรายงานผลการเข้าร่วมประชุมวิชาการ

ภาคผนวก

แนวทางการวัดและประเมินผล

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6 นี้ เน้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะที่สำคัญที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ ดังนั้นการวัดและประเมินผลจึงเน้นการประเมินด้านทักษะ ซึ่งสามารถพิจารณาการประเมินในภาพรวม ได้ดังตัวอย่าง

ผลการเรียนรู้	รายการที่ควรใช้ประเมิน
กำหนดปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม	<ul style="list-style-type: none"> - แบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรม 14.1 - รายงานผลการทำกิจกรรม 14.1
แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมี ร่วมกับสาขาวิชาอื่นรวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ	<ul style="list-style-type: none"> - แบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรม 14.2 - รายงานผลการทำกิจกรรม 14.2 - แบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรม 14.3 - รายงานผลการทำกิจกรรม 14.3
นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหา ในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	<ul style="list-style-type: none"> - รายงานผลการทำกิจกรรม 14.5 - पोสเตอร์หรือสไลด์ประกอบการบรรยายผลการทำกิจกรรม 14.3 - การพูดนำเสนอผลการทำกิจกรรม 14.3
แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงานสิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ	<ul style="list-style-type: none"> - รายงานผลการสืบค้นจากกิจกรรม 14.7 - รายงานผลการเข้าร่วมประชุมวิชาการจากกิจกรรม 14.8

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนน

1. เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรม 14.1 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางเคมี

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การกำหนดปัญหา และตั้งคำถาม/คำถามย่อย	กำหนดปัญหาได้ชัดเจน ตั้งคำถามได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ และคำถามหรือคำถามย่อยช่วยกำหนดขอบเขตของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ดี
	กำหนดปัญหาได้ชัดเจน แต่ตั้งคำถามไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ และคำถามหรือคำถามย่อยไม่ช่วยกำหนดขอบเขตของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	พอใช้
	กำหนดปัญหาได้ไม่ชัดเจน และตั้งคำถามไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ และคำถามหรือคำถามย่อยไม่ช่วยกำหนดขอบเขตของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ต้องปรับปรุง
การสืบค้นและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางเคมีและความรู้หรือข้อเท็จจริงอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและเพียงพอในการแก้ปัญหา	ดี
	มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางเคมีและความรู้หรือข้อเท็จจริงอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาแต่ไม่เพียงพอในการแก้ปัญหา	พอใช้
	มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางเคมีและความรู้หรือข้อเท็จจริงอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับปัญหาเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การตั้งสมมติฐานและการระบุตัวแปร	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับคำถามและระบุตัวแปรได้ถูกต้อง	ดี
	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับคำถามแต่ระบุตัวแปรได้ไม่ถูกต้อง	พอใช้
	ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับคำถามและระบุตัวแปรได้ไม่ถูกต้อง	ต้องปรับปรุง
การออกแบบวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน	วิธีการตรวจสอบสมมติฐานสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และวิธีดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน	ดี
	วิธีการตรวจสอบสมมติฐานสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้แต่วิธีดำเนินการไม่เป็นลำดับขั้นตอน	พอใช้
	วิธีการตรวจสอบสมมติฐานไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และวิธีดำเนินการไม่เป็นลำดับขั้นตอน	ต้องปรับปรุง
การนำเสนอและอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียน	นำเสนอผลการทำกิจกรรมได้ชัดเจนเป็นลำดับขั้นตอน และมีส่วนร่วมในการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียน	ดี
	นำเสนอผลการทำกิจกรรมได้ชัดเจนเป็นลำดับขั้นตอน แต่ไม่มีส่วนร่วมในการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียน	พอใช้
	นำเสนอผลการทำกิจกรรมไม่ชัดเจนไม่เป็นลำดับขั้นตอน และไม่มีส่วนร่วมในการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียน	ต้องปรับปรุง

2. เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับรายงานผลการทำกิจกรรม 14.1 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางเคมี

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
องค์ประกอบและเนื้อหาของรายงาน	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด และหัวข้อรายงานมีประเด็นสำคัญครบถ้วน	ดี
	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด แต่บางหัวข้อขาดประเด็นสำคัญ	พอใช้
	รายงานข้อมูลไม่ครบตามหัวข้อที่กำหนด และหัวข้อรายงานส่วนใหญ่ขาดประเด็นสำคัญ	ต้องปรับปรุง
การใช้ภาษา	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและส่วนใหญ่สะกดคำได้ถูกต้อง	ดี
	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย แต่สะกดคำผิดเป็นส่วนใหญ่	พอใช้
	ใช้ภาษาที่เข้าใจยาก วกวน และสะกดคำผิดเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง
การส่งรายงาน	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

3. เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรม 14.2 การสร้างสายไฟแบ่งโด้ว

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การระบุปัญหาและเงื่อนไขในการแก้ปัญหา	ระบุปัญหาได้ชัดเจนและระบุเงื่อนไขได้ครบถ้วน	ดี
	ระบุปัญหาได้ชัดเจนแต่ระบุเงื่อนไขไม่ครบถ้วน	พอใช้
	ระบุปัญหาไม่ชัดเจนและระบุเงื่อนไขไม่ครบถ้วน	ต้องปรับปรุง
การอธิบายเหตุผลในการเลือกสารเคมีเติมลงในแบ่งโด้ว	อธิบายเหตุผลได้สอดคล้องกับการเลือกสารเคมี	ดี
	อธิบายเหตุผลได้สอดคล้องกับการเลือกสารเคมีบางส่วน	พอใช้
	อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับการเลือกสารเคมี	ต้องปรับปรุง
การออกแบบขั้นตอนการดำเนินการ	วิธีดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน และการอธิบายวิธีดำเนินการชัดเจน	ดี
	วิธีดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน แต่การอธิบายวิธีดำเนินการไม่ชัดเจน	พอใช้
	วิธีดำเนินการไม่เป็นลำดับขั้นตอน และการอธิบายวิธีดำเนินการไม่ชัดเจน	ต้องปรับปรุง
การดำเนินการสร้างสายไฟแบ่งโด้ว	สร้างสายไฟแบ่งโด้วตามวิธีดำเนินการที่ออกแบบไว้	ดี
	สร้างสายไฟแบ่งโด้วโดยไม่ดำเนินการตามวิธีดำเนินการที่ออกแบบไว้	ต้องปรับปรุง
การนำเสนอขั้นตอนการสร้างสายไฟแบ่งโด้ว	นำเสนอผลการทำกิจกรรมได้ชัดเจนเป็นลำดับขั้นตอน	ดี
	นำเสนอผลการทำกิจกรรมได้ไม่ชัดเจนไม่เป็นลำดับขั้นตอน	ต้องปรับปรุง

4. เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับรายงานผลการทำกิจกรรม 14.2 สายไฟแบ่งโดว์

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
องค์ประกอบและเนื้อหา ของรายงาน	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด และหัวข้อรายงานมีประเด็นสำคัญ ครบถ้วน	ดี
	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด แต่บางหัวข้อขาดประเด็นสำคัญ	พอใช้
	รายงานข้อมูลไม่ครบตามหัวข้อ ที่กำหนดและหัวข้อรายงานส่วนใหญ่ ขาดประเด็นสำคัญ	ต้องปรับปรุง
การส่งรายงาน	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

5. เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินระหว่างการทำกิจกรรม 14.3 การแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความรู้

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การสำรวจปัญหาและการ ตั้งคำถาม/การระบุปัญหา	มีข้อมูลจากการสำรวจสนับสนุนให้เห็น ความสำคัญของปัญหา และตั้งคำถาม/ ระบุปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ ปัญหา	ดี
	มีข้อมูลจากการสำรวจสนับสนุนให้เห็น ความสำคัญของปัญหา แต่ตั้งคำถาม/ ระบุปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ ปัญหา	พอใช้
	ไม่มีข้อมูลจากการสำรวจสนับสนุนให้ เห็นความสำคัญของปัญหา และ ตั้งคำถาม/ระบุปัญหาไม่สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การสืบค้นและศึกษา ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางเคมีและ ความรู้หรือข้อเท็จจริงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาและเพียงพอในการแก้ปัญหา	ดี
	มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางเคมีและ ความรู้หรือข้อเท็จจริงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาแต่ไม่เพียงพอในการแก้ปัญหา	พอใช้
	มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางเคมีและ ความรู้หรือข้อเท็จจริงอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง กับปัญหาเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง
การกำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงาน	กำหนดวัตถุประสงค์ได้สอดคล้องกับ คำถาม/ปัญหา และขอบเขตของงาน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	ดี
	กำหนดวัตถุประสงค์ได้สอดคล้องกับ คำถาม/ปัญหา แต่ขอบเขตของงานไม่ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	พอใช้
	กำหนดวัตถุประสงค์ไม่สอดคล้องกับ คำถาม/ปัญหา และขอบเขตของงาน ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	ต้องปรับปรุง
การออกแบบ วิธีดำเนินการแก้ปัญหา	วิธีดำเนินการสอดคล้องและครอบคลุม กับวัตถุประสงค์และขอบเขตของงาน และเป็นแนวทางที่นำไปสู่การแก้ปัญหาได้	ดี
	วิธีดำเนินการสอดคล้องแต่ไม่ครอบคลุม วัตถุประสงค์และขอบเขตของงาน ทั้งหมด และเป็นแนวทางที่นำไปสู่การ แก้ปัญหาได้	พอใช้
	วิธีดำเนินการไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงาน และไม่ใช้ แนวทางที่นำไปสู่การแก้ปัญหาได้	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การดำเนินการแก้ปัญหา	ดำเนินการแก้ปัญหามาตามที่ได้ออกแบบวิธีการไว้ และใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการดำเนินการได้อย่างถูกต้องเหมาะสม	ดี
	ดำเนินการแก้ปัญหามาตามที่ได้ออกแบบวิธีการไว้ แต่ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการดำเนินการไม่ถูกต้องเหมาะสม	พอใช้
	ดำเนินการแก้ปัญหามาโดยไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบวิธีการไว้และใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการดำเนินการไม่ถูกต้องเหมาะสม	ต้องปรับปรุง

6. เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับรายงานผลการทำกิจกรรม 14.3 (รายงานผลการทำกิจกรรม 14.3 เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการในกิจกรรม 14.6)

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
องค์ประกอบและความเรียบร้อยของรายงาน	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด และเล่มรายงานเรียบร้อย	ดี
	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด แต่เล่มรายงานไม่เรียบร้อย	พอใช้
	รายงานข้อมูลไม่ครบตามหัวข้อที่กำหนด และเล่มรายงานไม่เรียบร้อย	ต้องปรับปรุง
บทคัดย่อ	แสดงภาพรวมของงาน และเขียนเป็นลำดับที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย	ดี
	แสดงภาพรวมของงานแต่การเขียนวกวนอ่านเข้าใจได้ยาก	พอใช้
	ไม่แสดงภาพรวมของงานและการเขียนวกวน อ่านเข้าใจได้ยาก	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
บทนำและทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	บทนำแสดงให้เห็นความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา และทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับงานที่ทำ	ดี
	บทนำไม่แสดงให้เห็นความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แต่ทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับงานที่ทำ หรือ บทนำแสดงให้เห็นความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แต่ทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับงานที่ทำ	พอใช้
	บทนำไม่แสดงให้เห็นความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา และทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับงานที่ทำ	ต้องปรับปรุง
วิธีดำเนินการ	วิธีการทดลองหรือวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ครบถ้วน	ดี
	วิธีการทดลองหรือวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน แต่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ไม่ครบถ้วน	พอใช้
	วิธีการทดลองหรือวิธีการแก้ปัญหาไม่เป็นลำดับขั้นตอน และไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
ผลการดำเนินการและการอภิปรายข้อมูล	มีการจัดกระทำข้อมูล และวิเคราะห์และอภิปรายผลการดำเนินการสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	ดี
	มีการจัดกระทำข้อมูล แต่วิเคราะห์และอภิปรายผลการดำเนินการไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หรือ วิเคราะห์และอภิปรายผลการดำเนินการได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ แต่ไม่มีการจัดกระทำข้อมูล	พอใช้
	ไม่มีการจัดกระทำข้อมูล และวิเคราะห์และอภิปรายผลการดำเนินการไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	ต้องปรับปรุง
การสรุปผล	สรุปผลดำเนินการสอดคล้องและครอบคลุมวัตถุประสงค์ทั้งหมด	ดี
	สรุปผลดำเนินการสอดคล้องแต่ไม่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ทั้งหมด	พอใช้
	สรุปผลดำเนินการไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หรือไม่มีการสรุปผล	ต้องปรับปรุง
การส่งรายงาน	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

7. เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับรายงานผลการทำกิจกรรม 14.5 การจัดทำและนำเสนอข้อมูลในโปสเตอร์

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาของรายงาน	มีข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำให้อยู่ใน รูปแบบที่เหมาะสมครบ 3 ชุด	ดี
	มีข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำให้อยู่ใน รูปแบบที่เหมาะสม 2 ชุด	พอใช้
	มีข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำให้อยู่ใน รูปแบบที่เหมาะสม 1 ชุด หรือไม่มีเลย	ต้องปรับปรุง
การส่งรายงาน	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

8. เกณฑ์การให้คะแนนโปสเตอร์นำเสนอผลงานจากกิจกรรม 14.3 (โปสเตอร์นำเสนอผลงานจากกิจกรรม 14.3 เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการในกิจกรรม 14.6)

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
ขนาดและองค์ประกอบ ของโปสเตอร์	ขนาดโปสเตอร์เป็นไปตามที่กำหนด และมีข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด	ดี
	ขนาดโปสเตอร์เป็นไปตามที่กำหนด แต่ มีข้อมูลไม่ครบตามหัวข้อที่กำหนด หรือ มีข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด แต่ ขนาดโปสเตอร์ไม่เป็นไปตามที่กำหนด	พอใช้
	ขนาดโปสเตอร์ไม่เป็นไปตามที่กำหนด และมีข้อมูลไม่ครบตามหัวข้อที่กำหนด	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาในโปสเตอร์	เนื้อหาส่วนใหญ่มีความถูกต้องและสมบูรณ์	ดี
	เนื้อหาส่วนใหญ่มีความถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	พอใช้
	เนื้อหาส่วนใหญ่ไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์	ต้องปรับปรุง
การใช้ภาษา	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและส่วนใหญ่สะกดคำได้ถูกต้อง	ดี
	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายแต่ส่วนใหญ่สะกดคำไม่ถูกต้อง	พอใช้
	ใช้ภาษาที่เข้าใจยาก วกวน และส่วนใหญ่สะกดคำไม่ถูกต้อง	ต้องปรับปรุง
การส่งโปสเตอร์	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

9. เกณฑ์การให้คะแนนสไลด์ประกอบการบรรยายผลงานจากกิจกรรม 14.3 (สไลด์ประกอบการบรรยายผลงานจากกิจกรรม 14.3 เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการในกิจกรรม 14.6)

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาในสไลด์	แสดงประเด็นสำคัญครบถ้วน และเนื้อหาส่วนใหญ่มีความถูกต้อง	ดี
	แสดงประเด็นสำคัญไม่ครบถ้วนแต่เนื้อหาส่วนใหญ่มีความถูกต้อง	พอใช้
	แสดงประเด็นสำคัญไม่ครบถ้วนและเนื้อหาส่วนใหญ่ไม่ถูกต้อง	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การใช้ภาษา	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และส่วนใหญ่สะกดคำได้ถูกต้อง	ดี
	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย แต่สะกดคำผิดเป็นส่วนใหญ่	พอใช้
	ใช้ภาษาที่เข้าใจยาก วกวน และสะกดคำผิดเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง
การออกแบบสไลด์	ใช้ขนาดและรูปแบบตัวอักษรที่เหมาะสม จัดวางข้อความและภาพในสไลด์ได้เหมาะสมทำความเข้าใจได้ง่าย	ดี
	ใช้ขนาดและรูปแบบตัวอักษรที่เหมาะสม แต่จัดวางข้อความและภาพในสไลด์ไม่เหมาะสมทำความเข้าใจได้ยาก	พอใช้
	ใช้ขนาดและรูปแบบตัวอักษรที่ไม่เหมาะสม จัดวางข้อความและภาพในสไลด์ไม่เหมาะสมทำความเข้าใจได้ยาก	ต้องปรับปรุง
การส่งสไลด์	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

10. เกณฑ์การให้คะแนนการพูดนำเสนอผลการทำกิจกรรม 14.3

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
ลักษณะการพูดและท่าทางในการพูด	พูดจากความเข้าใจโดยไม่อ่านสไลด์/โปสเตอร์ สบตาผู้ฟัง และใช้ท่าทางประกอบการบรรยายที่เหมาะสม	ดี
	พูดจากความเข้าใจโดยไม่อ่านสไลด์/โปสเตอร์ สบตาผู้ฟัง แต่ใช้ท่าทางประกอบการบรรยายไม่เหมาะสม	พอใช้
	อ่านสไลด์/โปสเตอร์ ไม่สบตาผู้ฟัง และใช้ท่าทางประกอบการบรรยายไม่เหมาะสม	ต้องปรับปรุง

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
การออกเสียง	ออกเสียงได้ชัดเจน เว้นวรรคตอนและ จังหวะได้เหมาะสม	ดี
	ออกเสียงได้ชัดเจน แต่เว้นวรรคตอนและ จังหวะไม่เหมาะสม	พอใช้
	ออกเสียงไม่ชัดเจน เว้นวรรคตอนและ จังหวะไม่เหมาะสม	ต้องปรับปรุง
ระยะเวลา	พูดอยู่ในเวลาที่กำหนด	ดี
	พูดเกินเวลาที่กำหนด	ต้องปรับปรุง
การแต่งกาย	แต่งกายสุภาพ เหมาะสมกับกาลเทศะ	ดี
	แต่งกายไม่สุภาพ ไม่เหมาะสมกับ กาลเทศะ	ต้องปรับปรุง

11. เกณฑ์การให้คะแนนรายงานผลการสืบค้นจากกิจกรรม 14.7 สืบค้นข้อมูลงานประชุมวิชาการ

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาของรายงาน	มีข้อมูลงานประชุมวิชาการอย่างน้อย 2 การประชุม และมีเนื้อหาครบตามหัวข้อ ที่กำหนด	ดี
	มีข้อมูลงานประชุมวิชาการอย่างน้อย 2 การประชุม แต่มีเนื้อหาไม่ครบตามหัวข้อ ที่กำหนด	พอใช้
	มีข้อมูลงานประชุมวิชาการเพียง 1 การ ประชุม และมีเนื้อหาไม่ครบตาม หัวข้อที่กำหนด	ต้องปรับปรุง
การส่งรายงาน	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

12. เกณฑ์การให้คะแนนรายงานผลการเข้าร่วมประชุมวิชาการจากกิจกรรม 14.8 การเข้าร่วมและการสรุปรายงานการเข้าประชุมวิชาการ

สิ่งที่ต้องการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคุณภาพ
องค์ประกอบและเนื้อหาของรายงาน	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด และหัวข้อรายงานมีประเด็นสำคัญครบถ้วน	ดี
	รายงานข้อมูลครบตามหัวข้อที่กำหนด แต่บางหัวข้อขาดประเด็นสำคัญ	พอใช้
	รายงานข้อมูลไม่ครบตามหัวข้อที่กำหนด และหัวข้อรายงานส่วนใหญ่ขาดประเด็นสำคัญ	ต้องปรับปรุง
การส่งรายงาน	ส่งทันตามกำหนดเวลา	ดี
	ส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา	ต้องปรับปรุง

บรรณานุกรม

- กรมฝนหลวงและการบินเกษตร. (2560). **ฝนหลวงศาสตร์พระราชา: การถอดบทเรียนการปฏิบัติการ ฝนหลวง**. สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2562, จาก http://royalrain.go.th/royalrain/uploads/Academic/AAR_2560_0.pdf.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2560). **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดสารป้องกันแสงแดด ที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง พ.ศ. ๒๕๖๐**. สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2562, จาก <http://www.fda.moph.go.th/sites/Cosmetic/>.
- ศาสตราจารย์ พญ.จริยา เลิศอรรมยมณี. (2562). **เทคนิคการนำเสนอที่ดี (Good Presentation)**. **เวบบันทึทศิริราช**. 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.
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2562). **การประกวดโครงการของนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ ครั้งที่ 21**. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2562, จาก http://fic.nectec.or.th/ysc21_NEWS01.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเยาวชน ครั้งที่ 13**. สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2562, จาก <http://dpstcenter.org/stt4youth/>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2562). **การประชุมวิชาการประจำปี สวทช. ครั้งที่ 15**. สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2562, จาก <https://www.nstda.or.th/nac/2019/>.

- พญ.สุธาทิพย์ ล้ำเลิศกุล. (2561). **พูดด้วยภาพ พิธีเช่นต่ออย่างไรให้ถูกใจคนฟัง** by BetterPitch. กรุงเทพฯ: บริษัท ปัญญามิตร การพิมพ์ จำกัด.
- Concordia University. (2014). **Guide to American Medical Association (AMA) Manual of Style, 10th Edition**. Retrieved September 20, 2019, from <https://www.lynchburg.edu/wp-content/uploads/citation-style/Guide-to-AMA-Manual-of-Style.pdf>.
- Earth eclipse. (2019). **What is the Ozone Layer?**. Retrieved June 28, 2019, from <https://www.eartheclipse.com/environment/causes-effects-solutions-of-ozone-layer-depletion.html>.
- Janet, S.D. & Leah, S. & Paula, M.B. (2006). **The ACS Style Guide: Chapter 14 References**. Retrieved September 17, 2019, from <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2006-STYG.ch014>.
- Japanese Standards Association. (2003). **Japanese Industrial Standard: JIS A 5905:2003**. Retrieved September 9, 2019, from <https://archive.org/details/jis.a.5905.e.2003/mode/2up>.
- Singh, S.N. (2002). **Blowing Agents for Polyurethane Foams**. Retrieved July 19, 2019, from <https://books.google.co.th/>.
- U.S. Food and Drug Administration. (2019). **CFR - Code of Federal Regulations Title 21**. Retrieved September 18, 2019, from <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=201.327>.
- UCOL Student Experience Team (SET) Library and Learning Services. (2015). **A guide to the APA, 6th ed**. Referencing style. Retrieved September 18, 2019, from https://student.belpark.sun.ac.za/Documents/APA_guide_2015.pdf.
- 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>.

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

คณะที่ปรึกษา

ศ.ดร.ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์	ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะผู้จัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายณรงค์ศิลป์ ฐูปพนม	ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผศ.ดร.จินดา แท้มบรรจง	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

คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6 (ฉบับร่าง)

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลิณี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.จรรยา ดาสา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
นางสาวมุกทิศา กกแก้ว	โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา กรุงเทพมหานคร
นางรัตนาพรรณ อุตม์มั่ง	โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร จ.น่าน
นางปิยพร ณ ลำปาง	โรงเรียนดำรงราษฎร์สงเคราะห์ จ.เชียงราย
นายสุธี ผลดี	โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จ.นนทบุรี
นายธีรพล ชนะภัย	โรงเรียนสตรีทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช
นายประเสริฐ ทรัพย์มาก	โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย จ.นครปฐม
นางสาวณัฐกิกา งามกิจภิญโญ	นักวิชาการอาวุโส สาขาเคมีและชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ดร.ปุณิกา พระพุทธคุณ	นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายถุชพล นิตินัยวินิจ	นักวิชาการ สาขาเคมีและชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะบรรณาธิการ

ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลิณี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ชาติรี ฝ่ายคำตา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.จรรยา ดาสา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
นายณรงค์ศิลป์ ฐูปพนม	ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง	ผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นางกมลวรรณ เกียรติกวินกุล	ผู้อำนวยการ สาขาเคมีและชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ