

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | <p>๓. อธิบายลักษณะสำคัญ และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิต กลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์ สิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์</p> | <ul style="list-style-type: none"> • แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอต ผนังเซลล์มีเพปทิโดไกลแคนเป็นองค์ประกอบสำคัญ แบคทีเรียทั่วไปสร้างอาหารเองไม่ได้ ดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์หรือแบบปรสิต แต่แบคทีเรียบางกลุ่ม เช่น ไสยาโนแบคทีเรียสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง • โพรทิสต์เป็นสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต มีลักษณะหลากหลาย ทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ อาจมีหรือไม่มีผนังเซลล์เป็นส่วนประกอบของเซลล์ • พืชเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์พวกยูคาริโอต มีผนังเซลล์ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ มีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ และมีระยะเอ็มบริโอในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พืชสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง • ฟังไจเป็นสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต มีทั้งสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและหลายเซลล์ เซลล์ของฟังไจยังไม่พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ ผนังเซลล์มีไคตินเป็นองค์ประกอบสำคัญ ฟังไจสร้างอาหารเองไม่ได้และดำรงชีวิตแบบผู้สลายสารอินทรีย์หรือแบบปรสิต • สัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์พวกยูคาริโอต ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ต้องได้รับอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่น ส่วนใหญ่มีระบบย่อยอาหารบางชนิดอาจเป็นปรสิต สัตว์มีระยะเอ็มบริโอในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ • สัตว์อาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยโดยพิจารณาจากลักษณะต่าง ๆ คือ เนื้อเยื่อสมมาตร การเปลี่ยนแปลงของ بلاสโทพอร์ การเจริญในระยะตัวอ่อน ทำให้อาจแบ่งสัตว์เป็นกลุ่มย่อย เช่น กลุ่มฟองน้ำ กลุ่มไฮดรา กลุ่มหนอนตัวแบน กลุ่มหอยและหมึก กลุ่มไส้เดือนดิน กลุ่มหนอนตัวกลม กลุ่มสัตว์ที่มีขาเป็นปล้อง กลุ่มดาวทะเลและปลิงทะเล และกลุ่มสัตว์ที่มีโมโนโคอर्ड |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | <p>๔. อธิบาย และยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อย และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นสปีชีส์</p> <p>๕. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนดออกเป็นหมวดหมู่</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่เป็นลำดับชั้นต่าง ๆ เริ่มจากหมวดหมู่ใหญ่แล้วแบ่งเป็นหมวดหมู่ย่อย มีดังนี้ คิงดอม ไฟลัม คลาส ออร์เดอร์ แฟมิลี จีนัส และสปีชีส์ • ชื่อวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตในลำดับชั้น สปีชีส์ ที่ตั้งขึ้นตามระบบทวินามเพื่อใช้ในการระบุถึงสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดให้มีความเข้าใจถูกต้องตรงกัน ประกอบด้วย ๒ ส่วน โดยส่วนแรกเป็น ชื่อสกุล ส่วนหลังเป็นคำที่ระบุลักษณะพิเศษของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น หรือเป็นคำที่มีความหมายเฉพาะ โดยทั้ง ๒ ส่วนนี้ต้องเป็นภาษาละติน • ไดโคโทมัสคีย์เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อระบุหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตลำดับชั้นต่าง ๆ โดยมีหลักเกณฑ์ในการนำลักษณะที่ต่างกันของสิ่งมีชีวิตมาพิจารณาเป็นคู่ • วิทเทเกอร์ เสนอแนวความคิดที่ว่าสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอตมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอต และจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็น ๕ คิงดอม ประกอบด้วย มอนเนรา โปรทิสตา พืช ฟังไจ และสัตว์ • โวสซ์ และคณะ จำแนกสิ่งมีชีวิตเป็น ๓ โดเมน ประกอบด้วย แบคทีเรีย อาร์เคีย และยูคาริโอตา โดยแนวความคิดการจำแนกสิ่งมีชีวิตแต่ละโดเมนเป็นกลุ่มย่อยจะใช้หลักที่ว่า สิ่งมีชีวิตในกลุ่มเดียวกันมีสายวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน |

สาระชีววิทยา

๓. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | <p>๑. อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช และเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช</p> <p>๒. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง</p> | <ul style="list-style-type: none"> เนื้อเยื่อพืชแบ่งเป็น ๒ กลุ่มใหญ่ คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร เนื้อเยื่อเจริญแบ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง เนื้อเยื่อถาวรเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญ เนื้อเยื่อถาวรอาจแบ่งได้เป็น ๓ ระบบ คือ ระบบเนื้อเยื่อผิว ระบบเนื้อเยื่อพื้น และระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง ซึ่งทำหน้าที่ต่างกัน ราก คือ ส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ยึดหรือค้ำจุนให้พืช เจริญเติบโตอยู่กับที่ได้ และยังมีหน้าที่สำคัญในการดูดน้ำและธาตุอาหารในดิน เพื่อส่งไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช โครงสร้างภายในของปลายรากที่ตัดตามยาว ประกอบด้วย เนื้อเยื่อเจริญ แบ่งเป็นบริเวณต่าง ๆ คือ บริเวณหมวกราก บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว บริเวณเซลล์ขยายตัวตามยาว และบริเวณที่เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะและเจริญเติบโตเต็มที่ โครงสร้างภายในของรากระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น ๓ ชั้น เรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิส ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล ในชั้นสตีลจะพบมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • โครงสร้างภายในของรากในระยะการเติบโตทุติยภูมิ ชั้นเอพิเดอร์มิสจะถูกแทนที่ด้วยชั้นเพริเดอร์ม ซึ่งมีคอร์กเป็นเนื้อเยื่อสำคัญ ชั้นคอร์เทกซ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเกิดเซลล์ที่ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หรือเกิดเซลล์ที่สะสมอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะมัดท่อลำเลียงจะเปลี่ยนไป เนื่องจากการสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงเพิ่มขึ้น |
| | <p>๓. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ลำต้น คือ ส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่เหนือระดับผิวดินถัดขึ้นมาจากราก ทำหน้าที่สร้างใบและชูใบ ลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร และอาหารที่พืชสร้างขึ้นส่งไปยังส่วนต่าง ๆ • โครงสร้างภายในของลำต้นระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น 3 ชั้น เรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิส ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล ซึ่งชั้นสตีลจะพบมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพืชใบเลี้ยงคู่ • ลำต้นในระยะการเติบโตทุติยภูมิ จะมีเส้นรอบวงเพิ่มขึ้น และมีโครงสร้างแตกต่างจากเดิม เนื่องจากการสร้างเนื้อเยื่อเพริเดอร์ม และเนื้อเยื่อท่อลำเลียงทุติยภูมิเพิ่มขึ้น |
| | <p>๔. สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ใบมีหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊ส และคายน้ำ ใบของพืชดอกประกอบด้วย ก้านใบ แผ่นใบ เส้นกลางใบ และเส้นใบ พืชบางชนิดอาจไม่มีก้านใบ ที่โคนก้านใบอาจพบหรือไม่พบหูใบ • โครงสร้างภายในของใบตัดตามขวาง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ ๓ กลุ่ม ได้แก่ เอพิเดอร์มิส มีโซฟิลล์ และเนื้อเยื่อท่อลำเลียง |
| | <p>๕. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช</p> | <ul style="list-style-type: none"> • พืชมีการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ ปากใบพบได้ที่ใบและลำต้นอ่อน เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบพืช ทำให้น้ำภายในใบพืชระเหยเป็นไอออกมาทางรูปากใบ เรียกว่า การคายน้ำ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • ความชื้นในอากาศ ลม อุณหภูมิ สภาพน้ำในดิน ความเข้มของแสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช |
| | <p>๖. สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำ และธาตุอาหารของพืช</p> <p>๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหาร และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช</p> | <ul style="list-style-type: none"> • พืชดูดน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ จากดิน โดยเซลล์ขนรากแล้วลำเลียงผ่านชั้นคอร์เทกซ์เข้าสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในชั้นสตีล ซึ่งเป็นกรูดูดน้ำจากดินสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในแนวระนาบ และลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชในแนวตั้ง • ในสภาวะปกติการลำเลียงน้ำจากรากสู่ยอดของพืชอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ ร่วมกับแรงโคฮีชัน แรงแอดฮีชัน • ในภาวะที่บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากจนไม่สามารถเกิดการคายน้ำได้ตามปกติ น้ำที่เข้าไปในเซลล์รากจะทำให้เกิดแรงดันเรียกว่าแรงดันราก ทำให้เกิดปรากฏการณ์ก้ตเตชัน • พืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณและชนิดของธาตุอาหารแตกต่างกัน สามารถนำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในสารละลายธาตุอาหารเพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ตามที่ต้องการ |
| | ๘. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช | <ul style="list-style-type: none"> • อาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแหล่งสร้าง จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นซูโครสและลำเลียงผ่านทางท่อโฟลเอ็ม โดยอาศัยกลไกการลำเลียงอาหารในพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันน้ำไปยังแหล่งรับ |
| | ๙. สืบค้นข้อมูล และสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง | <ul style="list-style-type: none"> • การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมาเป็นลำดับขั้นจนได้ข้อสรุปว่าคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นวัตถุดิบที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และผลผลิตที่ได้ คือ น้ำตาล ออกซิเจน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๑๐. อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 | <ul style="list-style-type: none"> กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมี ๒ ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาแสง และการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาแสงเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี โดยแสงออกซิไดซ์โมเลกุลสารสีที่ไทลาคอยด์ของคลอโรพลาสต์ ทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ได้ผลิตภัณฑ์เป็น ATP และ $NADPH^+ H^+$ ในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดในสโตรมา โดยใช้ RuBP และเอนไซม์รูบิสโก ได้สารที่ประกอบด้วยคาร์บอน ๓ อะตอม คือ PGA โดยใช้ ATP และ NADPH ที่ได้จากปฏิกิริยาแสงปรีดิวซ์ สารประกอบคาร์บอน ๓ อะตอม ได้เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน ๓ อะตอม คือ PGAL ซึ่งส่วนหนึ่งจะถูกนำไปสร้าง RuBP กลับคืนเป็นวัฏจักร โดยพืช C_3 จะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักรคัลวินเพียงอย่างเดียว |
| | ๑๑. เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และ พืช CAM | <ul style="list-style-type: none"> พืช C_4 ตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ ๒ ครั้ง ครั้งแรกเกิดขึ้นที่เซลล์มีโซฟิลล์ โดย PEP และเอนไซม์เพบคาร์บอกซิเลส ได้สารประกอบที่มีคาร์บอน ๔ อะตอม คือ OAA ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้สารประกอบที่มีคาร์บอน ๔ อะตอม คือ กรดมาลิก ซึ่งจะถูกลำเลียงไปจนถึงเซลล์บันเดิลชีทและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในคลอโรพลาสต์เพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป พืช CAM มีกลไกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์คล้ายพืช C_4 แต่มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ทั้ง ๒ ครั้งในเซลล์เดียวกัน โดยเซลล์มีการตรึงคาร์บอนอนินทรีย์ครั้งแรกในเวลากลางคืนและปล่อยออกมาในเวลากลางวันเพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป |
| | ๑๒. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช | <ul style="list-style-type: none"> ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น ความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำในดิน ธาตุอาหาร อายุใบ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๑๓. อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก | <ul style="list-style-type: none"> • พืชดอกมีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ ประกอบด้วย ระยะที่สร้างสปอร์ เรียก ระยะสปอโรไฟต์ (2n) และระยะที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ เรียก ระยะแกมีโทไฟต์ (n) • ส่วนประกอบของดอกที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ โดยตรงคือชั้นเกสรเพศผู้และชั้นเกสรเพศเมีย ซึ่งจำนวนรังไข่เกี่ยวข้องกับการเจริญเป็นผล ชนิดต่าง ๆ |
| | ๑๔. อธิบาย และเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก และอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก | <ul style="list-style-type: none"> • พืชดอกสร้างไมโครสปอร์และเมกะสปอร์ ซึ่งอาจสร้างในดอกเดียวกันหรือต่างดอกหรือต่างต้นกัน • การสร้างไมโครสปอร์ของพืชดอกเกิดขึ้นโดยไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์แบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ไมโครสปอร์ โดยไมโครสปอร์นี้แบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ ๒ เซลล์ คือ ทิวบ์เซลล์และเจเนอเรทิฟเซลล์ เมื่อมีการถ่ายเรณูไปตกบนยอดเกสรเพศเมีย ทิวบ์เซลล์จะงอกหลอดเรณูและเจเนอเรทิฟเซลล์แบ่งไมโทซิสได้เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ๒ เซลล์ • การสร้างเมกะสปอร์เกิดขึ้นภายในออวูล์ในรังไข่ โดยเซลล์ที่เรียกว่า เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์แบ่งไมโอซิสได้เมกะสปอร์ ซึ่งในพืชส่วนใหญ่จะเจริญพัฒนาต่อไปได้เพียง ๑ เซลล์ ที่เหลืออีก ๓ เซลล์จะฝ่อ เมกะสปอร์จะแบ่งไมโทซิส ๓ ครั้ง ได้ ๘ นิวเคลียส ที่ประกอบด้วย ๗ เซลล์โดยมี ๑ เซลล์ ที่ทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ เรียก เซลล์ไข่ ส่วนอีก ๑ เซลล์มี ๒ นิวเคลียส เรียก โพลาร์นิวคลีไอ • การปฏิสนธิของพืชดอกเป็นการปฏิสนธิคู่ โดยคู่หนึ่งเป็นการรวมกันของสเปิร์มเซลล์หนึ่งกับเซลล์ไข่ได้เป็นไซโกต ซึ่งจะเจริญและพัฒนาไปเป็นเอ็มบริโอ และอีกคู่หนึ่งเป็นการรวมกันของสเปิร์มอีกเซลล์หนึ่งกับโพลาร์นิวคลีไอ ได้เป็นเอนโดสเปิร์มนิวเคลียส ซึ่งจะเจริญและพัฒนาต่อไปเป็นเอนโดสเปิร์ม |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | ๑๕. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่าง การใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ด และผล | <ul style="list-style-type: none"> • ภายหลังการปฏิสนธิ ออวูลจะมีการเจริญ และพัฒนาไปเป็นเมล็ด และรังไข่จะมีการเจริญ และพัฒนาไปเป็นผล • โครงสร้างของเมล็ดประกอบด้วย เปลือกเมล็ด เอ็มบริโอ และเอนโดสเปิร์ม โครงสร้างของผล ประกอบด้วย ผนังผล และเมล็ด ซึ่งแต่ละส่วนของโครงสร้างจะมีประโยชน์ต่อพืชเองและต่อ สิ่งมีชีวิตอื่น |
| | ๑๖. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มี ผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด | <ul style="list-style-type: none"> • เมล็ดที่เจริญเต็มที่จะมีการงอกโดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ และแสง เมล็ดบางชนิดสามารถงอกได้ทันที แต่เมล็ดบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีเพราะอยู่ในสภาพพักตัว • เมล็ดบางชนิดมีสภาพพักตัวเนื่องจากมีปัจจัยบางประการที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด ซึ่งสภาพพักตัวของเมล็ดสามารถแก้ไขได้หลายวิธีตามปัจจัยที่ยับยั้ง |
| | ๑๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของ ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลิน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร | <ul style="list-style-type: none"> • พืชสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดที่ส่วนต่าง ๆ ซึ่งสารนี้เป็นสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลิน และกรดแอบไซซิก |
| | ๑๘. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับ สิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช | <ul style="list-style-type: none"> • แสงสว่าง แรงโน้มถ่วงของโลก สารเคมี และน้ำ เป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช • ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายใน และสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มผลผลิต และยืดอายุผลผลิตได้ |
| ม.๖ | - | - |

สาระชีววิทยา

๔. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | <p>๑. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์</p> <p>๒. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดรา และพลาณาเรีย</p> | <ul style="list-style-type: none"> • รา มีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารนอกเซลล์ ส่วนอะมีบาและพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในพุดแควิวอลโดยเอนไซม์ในไลโซโซม • ฟองน้ำ ไม่มีทางเดินอาหารแต่จะมีเซลล์พิเศษทำหน้าที่จับอาหารเข้าสู่เซลล์แล้วย่อยภายในเซลล์โดยเอนไซม์ในไลโซโซม • ไฮดราและพลาณาเรีย มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ จะกินอาหารและขับกากอาหารออกทางเดียวกัน • ไส้เดือนดิน แมลง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ และสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ |
| | <p>๓. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การย่อยอาหารของมนุษย์ประกอบด้วย การย่อยเชิงกลโดยการบดอาหารให้มีขนาดเล็กลง และการย่อยทางเคมีโดยเอนไซม์ในทางเดินอาหาร ทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ • การย่อยอาหารของมนุษย์เกิดขึ้นที่ช่องปาก กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก • สารอาหารที่ย่อยแล้ว วิตามินบางชนิด และธาตุอาหารจะถูกดูดซึมที่วิลลัสเข้าสู่หลอดเลือดฝอย แล้วผ่านตับก่อนเข้าสู่หัวใจ ส่วนสารอาหารประเภทลิพิดและวิตามินที่ละลายในไขมัน จะถูกดูดซึมเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> อาหารที่ไม่ถูกย่อยหรือย่อยไม่ได้จะเคลื่อนต่อไปยังลำไส้ใหญ่ น้ำ ธาตุอาหาร และวิตามินบางส่วนดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้ใหญ่ ที่เหลือเป็นกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก |
| | <p>๔. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก</p> <p>๕. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม</p> | <ul style="list-style-type: none"> ไส้เดือนดินมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเซลล์บริเวณผิวหนังที่เปียกชื้น แมลงมีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยผ่านทางท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอย ปลาเป็นสัตว์น้ำมีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำผ่านเหงือก สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้ปอดและผิวหนังในการแลกเปลี่ยนแก๊ส สัตว์เลี้ยงลูก สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอาศัยปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส |
| | <p>๖. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์</p> <p>๗. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์</p> | <ul style="list-style-type: none"> ทางเดินหายใจของมนุษย์ประกอบด้วย ช่องจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม และถุงลมในปอด ปอดเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย และบริเวณเซลล์ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยการแพร่ผ่านหลอดเลือดฝอยเช่นกัน การหายใจเข้าและการหายใจออกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศภายในปอด โดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลม และกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง และควบคุมโดยสมองส่วนพอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา |
| | <p>๘. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด</p> <p>๙. สังเกต และอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด</p> | <ul style="list-style-type: none"> สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อนมีการลำเลียงสารต่าง ๆ โดยการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อม สัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนจะมีการลำเลียงสารโดยระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งประกอบด้วยหัวใจ หลอดเลือด และเลือด |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • ระบบหมุนเวียนเลือดมี ๒ แบบ คือ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด • ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดพบในสัตว์จำพวกหอย แมลง กุ้ง ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดพบในไส้เดือนดินและสัตว์มีกระดูกสันหลัง |
| | <p>๑๐. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์</p> <p>๑๑. สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์</p> <p>๑๒. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา</p> <p>๑๓. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ ประกอบด้วยหัวใจ หลอดเลือด และเลือด ซึ่งเลือดไหลเวียนอยู่เฉพาะในหลอดเลือด • หัวใจมีเอเตรียมทำหน้าที่รับเลือดเข้าสู่หัวใจ และเวนทริเคิลทำหน้าที่สูบฉีดเลือดออกจากหัวใจ โดยมีลิ้นกั้นระหว่างเอเตรียมกับเวนทริเคิล และระหว่างเวนทริเคิลกับหลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ • เลือดออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเอออร์ตา อาร์เทอรี อาร์เทอริโอล หลอดเลือดฝอย เวนูล เวนและเวนาคาวา แล้วเข้าสู่หัวใจ • ขณะที่หัวใจบีบตัวสูบฉีดเลือด ทำให้เกิดความดันเลือดและชีพจร สภาพการทำงานของร่างกาย อายุ และเพศของมนุษย์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความดันเลือดและชีพจร • เลือดมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ เพลตเลต และพลาสมา ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน • หมู่เลือดของมนุษย์จำแนกตามระบบ ABO ได้เป็นเลือดหมู่ A B AB และ O ซึ่งเรียกชื่อตามชนิดของแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง และจำแนกตามระบบ Rh ได้เป็น เลือดหมู่ Rh⁺ และ Rh⁻ การให้และรับเลือดมีหลักการว่า แอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ และการให้และรับเลือดที่เหมาะสมที่สุดคือ ผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่ตรงกัน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๑๔. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ของเหลวที่ซึมผ่านผนังหลอดเลือดฝอยออกมาอยู่ระหว่างเซลล์ เรียกว่า น้ำเหลือง ทำหน้าที่หล่อเลี้ยงเซลล์และสามารถแพร่เข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย ซึ่งต่อมาหลอดน้ำเหลืองฝอยจะรวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้นและเปิดเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดที่หลอดเลือดเวโนใกล้หัวใจ • ระบบน้ำเหลืองประกอบด้วย น้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง โดยทำหน้าที่นำน้ำเหลืองกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ต่อมน้ำเหลืองเป็นที่อยู่ของเซลล์เม็ดเลือดขาว ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่ลำเลียงมาจากน้ำเหลือง |
| | <p>๑๕. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ</p> <p>๑๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา</p> <p>๑๗. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • กลไกที่ร่างกายต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมมีอยู่ ๒ แบบ คือ แบบจำเพาะและแบบไม่จำเพาะ • ต่อมไขมัน ต่อมเหงื่อ ที่ผิวหนังช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด และเมื่อเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลและโมโนไซต์ จะมีการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอม โดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส ส่วนอีโอซิโนฟิลเกี่ยวข้องกับการทำลายปรสิต เบโซฟิลเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการแพ้ ซึ่งเป็นการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ • การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของลิมโฟไซต์ ชนิดเซลล์บีและเซลล์ที • อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและตอบสนองของลิมโฟไซต์ประกอบด้วย ต่อม้ำน้ำเหลือง ทอนซิล ม้าม ไทมัส และเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่ผนังลำไส้เล็ก • การสร้างภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะของร่างกาย มี ๒ แบบ คือ ภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา • การได้รับวัคซีนหรือทอกซอยด์เป็นตัวอย่างของภูมิคุ้มกันก่อเอง โดยการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันขึ้น ด้วยวิธีการให้สารที่เป็นแอนติเจนเข้าสู่ร่างกาย ส่วนภูมิคุ้มกันรับมาเป็นการรับแอนติบอดีโดยตรง เช่น การได้รับซีรัม การได้รับน้ำนมแม่ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • เอดส์ ภูมิแพ้ และการสร้างภูมิคุ้มกันต้านต่อเนื้อเยื่อตนเอง เป็นตัวอย่างของอาการที่เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่ทำงานผิดปกติ |
| | <p>๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ โครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสีย ออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • อะมีบา และพารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีคอนแทรกไทล์แวคิวโอลทำหน้าที่ในการกำจัดและรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในเซลล์ • ฟองน้ำและไฮดรามีเซลล์ส่วนใหญ่สัมผัสกับน้ำโดยตรง ของเสียจึงถูกกำจัดออกโดยการแพร่สู่สภาพแวดล้อม • พลาเนเรียใช้แฟลมเซลล์ซึ่งกระจายอยู่ ๒ ข้างตลอดความยาวของลำตัวทำหน้าที่ขับถ่ายของเสีย • ไส้เดือนดินใช้เนฟริเดียม แมลงใช้มัลปิเกียนทิวบูล และสัตว์มีกระดูกสันหลังใช้ไตในการขับถ่ายของเสีย |
| | <p>๑๙. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย</p> <p>๒๐. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไต ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสีย ออกจากร่างกายโดยหน่วยไต</p> <p>๒๑. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับ ความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการขับถ่าย และรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย • ไตประกอบด้วยบริเวณส่วนนอก ที่เรียกว่า คอร์เท็กซ์ และบริเวณส่วนใน ที่เรียกว่า เมดัลลา และบริเวณส่วนปลายของเมดัลลาจะยื่นเข้าไปจรดกับส่วนที่เป็นโพรงเรียกว่า กรวยไต โดยกรวยไตจะต่อกับท่อไตซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะเพื่อขับถ่ายออกนอกร่างกาย • ไตแต่ละข้างของมนุษย์ประกอบด้วยหน่วยไต ลักษณะเป็นท่อ ปลายข้างหนึ่งเป็นรูปถ้วย เรียกว่า โบริแมนส์แคปซูล ล้อมรอบกลุ่มหลอดเลือดฝอย ที่เรียกว่า โกลเมอรูลัส • กลไกในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย ประกอบด้วย การกรอง การดูดกลับ และการหลั่งสารที่เกินความต้องการออกจากร่างกาย • โรคนี้่วและโรคไตวายเป็นตัวอย่างของโรคที่เกิดจากความผิดปกติของไต ซึ่งส่งผลกระทบต่อการรักษาคุณภาพของสารในร่างกาย |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> นอกจากไตที่ทำหน้าที่รักษาคุณภาพของน้ำแร่ธาตุและกรด-เบส ผิวหนัง และระบบหายใจ ยังมีส่วนช่วยในการรักษาคุณภาพเหล่านี้ด้วย |
| ม.๖ | <p>๑. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรากลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง</p> <p>๒. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท</p> <p>๓. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท</p> | <ul style="list-style-type: none"> สัตว์ส่วนใหญ่มีระบบประสาททำให้สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเราได้ เช่น ไฮดรากลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย และแมลงมีปมประสาทและเส้นประสาท ส่วนสัตว์มีกระดูกสันหลัง มีสมอง ไขสันหลัง ปมประสาท และเส้นประสาท หน่วยงานของระบบประสาท คือ เซลล์ประสาท ซึ่งประกอบด้วยตัวเซลล์ และเส้นใยประสาทที่ทำหน้าที่รับและส่งกระแสประสาท เรียกว่า เดนไดรต์และแอกซอน ตามลำดับ เซลล์ประสาทจำแนกตามหน้าที่ ได้เป็น เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทสั่งการ และเซลล์ประสาทประสานงาน เซลล์ประสาทจำแนกตามรูปร่างได้เป็นเซลล์ประสาทขั้วเดียว เซลล์ประสาทขั้วเดียวเทียม เซลล์ประสาทสองขั้ว และเซลล์ประสาทหลายขั้ว กระแสประสาทเกิดจากการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเดนไดรต์และแอกซอน ทำให้มีการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทไปยังเซลล์ประสาท หรือเซลล์อื่น ๆ ผ่านทางไซแนปส์ ระบบประสาทของมนุษย์แบ่งได้เป็น ๒ ระบบตามตำแหน่งและโครงสร้าง คือ ระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมองและไขสันหลัง และระบบประสาทรอบนอก ได้แก่ เส้นประสาทสมอง และเส้นประสาทไขสันหลัง |
| | <p>๔. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก</p> <p>๕. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง</p> <p>๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติก และระบบประสาทอัตโนมัติ</p> | <ul style="list-style-type: none"> สมองแบ่งออกเป็น ๓ ส่วน คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนหลัง สมองแต่ละส่วนจะควบคุมการทำงานของร่างกายแตกต่างกัน โดยมีเส้นประสาทที่แยกออกจากสมอง ๑๒ คู่ ไปยังอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งบางคู่ทำหน้าที่รับความรู้สึก เข้าสู่สมอง หรือนำคำสั่งจากสมองไปยังหน่วยปฏิบัติงาน หรือทำหน้าที่ทั้งสองอย่าง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • ไซสันหลังเป็นส่วนที่ต่อจากสมองอยู่ภายในกระดูกสันหลัง และมีเส้นประสาทแยกออกจาก ไซสันหลังเป็นคู่ ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลการตอบสนองโดยไซสันหลัง เช่น การเกิดรีเฟล็กซ์ ชนิดต่าง ๆ และการถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างไซสันหลังกับสมอง • เส้นประสาทไซสันหลังทุกคู่จะทำหน้าที่รับความรู้สึกเข้าสู่ไซสันหลังและนำคำสั่งออกจาก ไซสันหลัง • ระบบประสาทรอบนอกส่วนที่สั่งการแบ่งเป็นระบบประสาทโซมาติกซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง และระบบประสาทอัตโนวัติซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ และต่อมต่าง ๆ • ระบบประสาทอัตโนวัติแบ่งการทำงานเป็น ๒ ระบบ คือ ระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งส่วนใหญ่ทำงานตรงกันข้ามเพื่อรักษาคุณภาพของกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย |
| | <p>๗. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และบอกแนวทางในการดูแลป้องกัน และรักษา</p> <p>๘. สังเกต และอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด โฟเวีย และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เป็นอวัยวะรับความรู้สึกที่รับสิ่งเร้าที่แตกต่างกัน จึงมีความสำคัญที่ควรดูแล ป้องกัน และรักษาให้สามารถทำงานได้เป็นปกติ • ตาประกอบด้วย ชั้นสเคลอรา โครอยด์และเรตินา เลนส์ตาเป็นเลนส์นูนอยู่ถัดจากกระจกตา ทำหน้าที่รวมแสงจากวัตถุไปที่เรตินา ซึ่งประกอบด้วย เซลล์รับแสง และเซลล์ประสาทที่นำกระแสประสาทสู่สมอง • หูประกอบด้วย ๓ ส่วน คือ หูส่วนนอก หูส่วนกลาง และหูส่วนใน ภายในหูส่วนในมีคอเคลีย ซึ่งทำหน้าที่รับและเปลี่ยนคลื่นเสียงเป็นกระแสประสาท นอกจากนี้ยังมีเซมิเซอร์คิวลาร์แคนเนล ทำหน้าที่รับรู้เกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกาย |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • จมูกมีเซลล์ประสาทที่รับกลิ่นอยู่ภายในเยื่อจมูกที่เป็นตัวรับสารเคมีบางชนิดแล้วเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง • ลิ้นทำหน้าที่รับรส โดยมีตุ่มรับรสกระจายอยู่ทั่วผิวลิ้นด้านบน ตุ่มรับรสมีเซลล์รับรสอยู่ภายใน เมื่อเซลล์รับรสถูกกระตุ้นด้วยสารเคมีจะกระตุ้นเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทเกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง • ผิวหนัง มีหน่วยรับสิ่งเร้าหลายชนิด เช่น หน่วยรับสัมผัส หน่วยรับแรงกด หน่วยรับความเจ็บปวด หน่วยรับอุณหภูมิ |
| | <p>๙. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ใส้เดือนดิน แมลง ปลา และนก</p> | <ul style="list-style-type: none"> • สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิดเคลื่อนที่โดยการไหลของไซโทพลาซึม บางชนิดใช้แฟลเจลลัมหรือซิเลีย ในการเคลื่อนที่ • สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น แมงกะพรุน เคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณขอบกระดิ่งและแรงดันน้ำ • หมึกเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว ทำให้น้ำภายในลำตัวพุ่งออกมาทางไซฟอน ส่วนดาวทะเลใช้ระบบท่อน้ำในการเคลื่อนที่ • ใส้เดือนดินมีการเคลื่อนที่ โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้ออวัยวะและกล้ามเนื้อตามยาวซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม • แมลงเคลื่อนที่โดยใช้ปีกหรือขา ซึ่งมีกล้ามเนื้อภายในเปลือกหุ้มทำงานในสภาวะตรงกันข้าม • สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น ปลา เคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่ยึดติดอยู่กับกระดูกสันหลังทั้ง ๒ ข้าง ทำงานในสภาวะตรงกันข้าม และมีครีบที่อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ช่วยโบกพัดในการเคลื่อนที่ ส่วนนกเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อกดปีกกับกล้ามเนื้อยกปีกซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | <p>๑๐. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์</p> <p>๑๑. สังเกต และอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์</p> | <ul style="list-style-type: none"> • มนุษย์เคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของกระดูกและกล้ามเนื้อซึ่งยึดกันด้วยเอ็นยึดกระดูก • บริเวณที่กระดูกตั้งแต่ ๒ ชิ้นมาต่อกัน เรียกว่าข้อต่อ และยึดกันด้วยเอ็นยึดข้อ • กระดูกเป็นเนื้อเยื่อที่ใช้คำนวณและทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย แบ่งตามตำแหน่งได้เป็นกระดูกแกนและกระดูกยางค์ • กล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์แบ่งออกเป็น กล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อทั้ง ๓ ชนิด พบในตำแหน่งที่ต่างกัน และมีหน้าที่แตกต่างกัน • กล้ามเนื้อโครงร่างส่วนใหญ่ทำงานร่วมกันเป็นคู่ ๆ ในสภาวะตรงกันข้าม |
| | <p>๑๒. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสัตว์เป็นการสืบพันธุ์ที่ไม่มีการรวมของเซลล์สืบพันธุ์ เช่น การแตกหน่อและการงอกใหม่ • การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์เป็นการสืบพันธุ์ที่เกิดจากการรวมนิวเคลียสของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีทั้งการปฏิสนธิภายนอกและการปฏิสนธิภายใน สัตว์บางชนิดมี ๒ เพศในตัวเดียวกัน แต่การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่จะผสมข้ามตัว |
| | <p>๑๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง</p> <p>๑๔. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การสืบพันธุ์ของมนุษย์มีกระบวนการสร้างสเปิร์มจากเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียมภายในอัณฑะ และกระบวนการสร้างเซลล์ไข่จากเซลล์โอโอโกเนียมภายในรังไข่ • อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วย อัณฑะ ทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอร์โมนเพศชาย และมีโครงสร้างอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสเปิร์ม สร้างน้ำเลี้ยงสเปิร์ม และสารหล่อลื่นท่อปัสสาวะ • อัณฑะประกอบด้วยหลอดสร้างสเปิร์ม ซึ่งภายในมีเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียมที่เป็นเซลล์ตั้งต้นของกระบวนการสร้างสเปิร์ม |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศหญิง ประกอบด้วย รังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก และช่องคลอด รังไข่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่และฮอร์โมนเพศหญิง • กระบวนการสร้างสเปิร์มเริ่มต้นจากสเปอร์มาโทโกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ สเปอร์มาโทโกเนียมจำนวนมาก ซึ่งต่อมาบางเซลล์พัฒนาเป็นสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรก โดยสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรกจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้สเปอร์มาโทไซต์ระยะที่สองซึ่งจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II ได้สเปอร์มาทิดตามลำดับ จากนั้นพัฒนาเป็นสเปิร์ม • กระบวนการสร้างเซลล์ไข่เริ่มจากโอโอโกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้โอโอโกเนียม ซึ่งจะพัฒนาเป็นโอโอไซต์ระยะแรก แล้วแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้โอโอไซต์ระยะที่สองซึ่งจะเกิดการตกไข่ต่อไป เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสเปิร์ม โอโอไซต์ระยะที่สองจะแบ่งแบบไมโอซิส II แล้วพัฒนาเป็นเซลล์ไข่ • การปฏิสนธิเกิดขึ้นภายในท่อนำไข่ได้ไซโกต ซึ่งจะเจริญเป็นเอ็มบริโอและไปฝังตัวที่ผนังมดลูก จนกระทั่งครบกำหนดคลอด |
| | <p>๑๕. อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอ และระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไข่ และมนุษย์</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การเจริญเติบโตของสัตว์ เช่น กบ ไข่ และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จะเริ่มต้นด้วยการแบ่งเซลล์ของไซโกต การเกิดเนื้อเยื่อเอ็มบริโอ ๓ ชั้น คือ เอกโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม การเกิดอวัยวะ โดยมีการเพิ่มจำนวน ขยายขนาด และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์เพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง ซึ่งพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ จะทำให้มีการเกิดรูปร่างที่แน่นอนในสัตว์แต่ละชนิด • การเจริญเติบโตของมนุษย์จะมีขั้นตอนคล้ายกับการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ โดยเอ็มบริโอจะฝังตัวที่ผนังมดลูก และมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างแม่กับลูกผ่านทางรก |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | <p>๑๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนผังสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ฮอร์โมนเป็นสารที่ควบคุมสมดุลต่าง ๆ ของร่างกาย โดยผลิตจากต่อมไร้ท่อหรือเนื้อเยื่อ โดยต่อมไร้ท่อนี้จะกระจายอยู่ตามตำแหน่งต่าง ๆ ทั่วร่างกาย • ต่อมไร้ท่อที่สร้างหรือหลั่งฮอร์โมน ไม่มีท่อในการลำเลียงฮอร์โมนออกจากต่อมจึงถูกลำเลียงโดยระบบหมุนเวียนเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายที่จำเพาะเจาะจง • ต่อมไพเนียลสร้างเมลาโทนินซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์ และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงในรอบวัน • ต่อมใต้สมองส่วนหน้าสร้างและหลั่งโกรทฮอร์โมน โพรแลกทิน ACTH TSH FSH LH เอนดอร์ฟิน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน • ต่อมใต้สมองส่วนหลังหลั่งฮอร์โมนซึ่งสร้างจากไฮโปทาลามัส คือ ADH และออกซิโทซิน ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน • ต่อมไทรอยด์สร้างไทรอกซินซึ่งควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมของร่างกาย และสร้างแคลซิโทนินซึ่งควบคุมระดับแคลเซียมในเลือดให้ปกติ • ต่อมพาราไทรอยด์สร้างพาราไทรอยด์ฮอร์โมนซึ่งควบคุมระดับแคลเซียมในเลือดให้ปกติ • ตับอ่อนมีกลุ่มเซลล์ที่สร้างอินซูลินและกลูคากอนซึ่งควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติ • ต่อมหมวกไตส่วนนอกสร้างกลูโคคอร์ติคอยด์ มีเนราโลคอร์ติคอยด์ และฮอร์โมนเพศ ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน ส่วนต่อมหมวกไตส่วนในสร้างเอพิเนฟรินและนอร์เอพิเนฟริน ซึ่งมีหน้าที่เหมือนกัน • อัณฑะมีกลุ่มเซลล์สร้างเทสโทสเตอโรน ส่วนรังไข่มีกลุ่มเซลล์ที่สร้างอีสโตรเจน และโพรเจสเตอโรน ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> เนื้อเยื่อบางบริเวณของอวัยวะ เช่น รก ไทมีส กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก สามารถสร้างฮอร์โมนได้หลายชนิด ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกัน การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ มีทั้งการควบคุมแบบป้อนกลับยับยั้ง และการควบคุมแบบป้อนกลับกระตุ้น เพื่อรักษาดุลยภาพของร่างกาย ฟีโรโมนเป็นสารเคมีที่ผลิตจากต่อมมีท่อของสัตว์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นชนิดเดียวกัน |
| | <p>๑๗. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด และพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์</p> <p>๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท</p> <p>๑๙. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม</p> | <ul style="list-style-type: none"> พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงพฤติกรรม พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด เช่น โอเรียนเตชัน (แทกซิสและไคเนซิส) รีเฟล็กซ์ และฟิกแอคชันแพทเทิร์น พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ แบ่งได้เป็น แอบบิซูเอชัน การฝังใจ การเชื่อมโยง (การลองผิดลองถูกและการมีเงื่อนไข) และการใช้เหตุผล ระดับการแสดงพฤติกรรมที่สัตว์แต่ละชนิดแสดงออกจะแตกต่างกันซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการของระบบประสาทที่แตกต่างกัน การสื่อสารเป็นพฤติกรรมทางสังคมแบบหนึ่งซึ่งมีหลายวิธี เช่น การสื่อสารด้วยท่าทาง การสื่อสารด้วยเสียง การสื่อสารด้วยสารเคมี และการสื่อสารด้วยการสัมผัส |

สาระชีววิทยา

๕. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | - | - |
| ม.๖ | <p>๑. วิเคราะห์ อธิบาย และยกตัวอย่างกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ</p> <p>๒. อธิบาย ยกตัวอย่างการเกิดไบโอมกึ่งนิพเคชัน และบอกแนวทางในการลดการเกิดไบโอมกึ่งนิพเคชัน</p> <p>๓. สืบค้นข้อมูล และเขียนแผนภาพ เพื่ออธิบาย วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส</p> | <ul style="list-style-type: none"> ระบบนิเวศจะดำรงอยู่ได้ต้องมีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้น กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสาร การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศสามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพที่เรียกว่า โซ่ออาหาร สายใยอาหาร และพีระมิดทางนิเวศวิทยา พลังงานที่ถ่ายทอดไปในแต่ละลำดับขั้นการกินอาหารมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปความร้อนระหว่างการถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศบางครั้งอาจทำให้มีสารพิษสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตด้วย เรียกว่า การเกิดไบโอมกึ่งนิพเคชัน ซึ่งอาจมีระดับความเข้มข้นของสารพิษมากขึ้นตามลำดับขั้นของการกินจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต สารต่าง ๆ ในระบบนิเวศมีการหมุนเวียนเกิดขึ้นผ่านทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต กลับคืนสู่ระบบอย่างเป็นวัฏจักร เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรกำมะถัน และวัฏจักรฟอสฟอรัส |
| | ๔. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอธิบายลักษณะของไบโอมที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก | <ul style="list-style-type: none"> ไบโอมคือระบบนิเวศขนาดใหญ่ที่กระจายอยู่ตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ บนโลก เช่น ไบโอมทุนดรา ไบโอมสะวันนา ไบโอมทะเลทราย โดยแต่ละไบโอมจะมีลักษณะเฉพาะของปัจจัยทางกายภาพ ชนิดของพืช และชนิดของสัตว์ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๕. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง อธิบาย และเปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ และการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้ระบบนิเวศสามารถปรับตัวได้ แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วอาจส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางชีวภาพในระบบนิเวศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตขึ้น • การเปลี่ยนแปลงแทนที่ทางนิเวศวิทยา มีทั้งการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ |
| | <p>๖. สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และสรุปเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิด</p> <p>๗. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่าง การเพิ่มของประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียล และการเพิ่มของประชากรแบบลอจิสติก</p> <p>๘. อธิบาย และยกตัวอย่างปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของประชากร</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีลักษณะหลายประการที่เป็นลักษณะเฉพาะ เช่น ขนาดของประชากร ความหนาแน่นของประชากร การกระจายตัวของสมาชิกในประชากร โครงสร้างอายุของประชากร อัตราส่วนระหว่างเพศ อัตราการเกิดและอัตราการตาย การอพยพเข้า การอพยพออกของประชากร และการรอดชีวิตของสมาชิกที่มีอายุต่างกัน • ลักษณะเฉพาะของประชากรมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ • การเพิ่มประชากรแบบเอ็กโพเนนเชียลเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วแบบทวีคูณ • การเพิ่มประชากรแบบลอจิสติกเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือมีตัวต้านทานในสิ่งแวดล้อมมาเกี่ยวข้อง • การเติบโตของประชากรขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น ปัจจัยที่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร และปัจจัยที่ไม่ขึ้นกับความหนาแน่นของประชากร • ประชากรมนุษย์มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วแบบเอ็กโพเนนเชียลหลังจากการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมเป็นต้นมา |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | <p>๙. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา การขาดแคลนน้ำ การเกิดมลพิษทางน้ำ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการน้ำ และการแก้ไขปัญหา</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรน้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์และยังไม่ได้รับการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ • การตรวจสอบคุณภาพน้ำนิยมใช้การหาค่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ • การจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควรมีการวางแผนการใช้น้ำ การแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการใช้น้ำอย่างถูกต้อง |
| | <p>๑๐. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา มลพิษทางอากาศ และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การปนเปื้อนของสารเคมี ฝุ่นละออง และจุลินทรีย์ต่าง ๆ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเกิดได้ทั้งจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ • การเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น การเกิดพายุ การเกิดไฟฟ้า และการเกิดแก๊สพิษจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ • การเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในรูปแบบต่าง ๆ • การจัดการทรัพยากรอากาศควรประกอบด้วย การกำหนดนโยบาย และวางแผนงานเพื่อป้องกันและแก้ไข รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการดูแลรักษาคุณภาพอากาศ |
| | <p>๑๑. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดิน และผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา</p> | <ul style="list-style-type: none"> • มลพิษทางดินและปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน ส่วนใหญ่มีสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ • การจัดการทรัพยากรดินเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดควรมีการป้องกันและการแก้ปัญหาการเกิดมลพิษและความเสื่อมโทรมของดิน รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกในการใช้ดินอย่างถูกต้อง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๑๒. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา ผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้</p> | <ul style="list-style-type: none"> • พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงอาจมีสาเหตุมาจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรืออาจมีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อครอบครองที่ดิน การเผาป่า การทำเหมืองแร่ • พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงทำให้ภูมิประเทศมีสภาพแห้งแล้ง เกิดอุทกภัย เกิดการพังทลายของดิน ตลอดจนการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกชนิดหนึ่ง นอกจากนี้ทำให้สัตว์ป่าและพืชพรรณธรรมชาติลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์ได้ • การจัดการทรัพยากรป่าไม้ควรจัดการให้มีทรัพยากรป่าไม้คงอยู่อย่างยั่งยืนหรือเพิ่มขึ้น เช่น การกำหนดพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ส่งเสริมการปลูกป่า ป้องกันการบุกรุกป่า การใช้ไม้อย่างมีคุณค่าและมีประสิทธิภาพ รวมถึงการปลูกจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ป่าไม้ |
| | <p>๑๓. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปปัญหา ผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลง และแนวทางในการอนุรักษ์สัตว์ป่า</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การลดจำนวนลงของสัตว์ป่าเป็นผลเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ คือ การทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยลดลงและการล่าสัตว์ป่า • การจัดการทรัพยากรสัตว์ป่าควรมีการดำเนินการให้มียพื้นที่ป่าไม้เพื่อการอยู่อาศัยอย่างเพียงพอ รวมทั้งการไม่ทำร้ายสัตว์ป่าหรือทำให้สัตว์ป่าลดจำนวนลง รวมทั้งการปลูกจิตสำนึกให้ช่วยกันอนุรักษ์ |

สาระเคมี

๑. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของ สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| ม.๔ | ๑. สืบค้นข้อมูลสมมติฐาน การทดลอง หรือ ผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม | <ul style="list-style-type: none"> นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโครงสร้างของอะตอม และเสนอแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ จากการ ศึกษาข้อมูล การสังเกต การตั้งสมมติฐาน และ ผลการทดลอง แบบจำลองอะตอมมีวิวัฒนาการ โดยเริ่มจาก ดอลตันเสนอว่าธาตุประกอบด้วยอะตอมซึ่งเป็น อนุภาคขนาดเล็กไม่สามารถแบ่งแยกได้ ต่อมา ทอมสันเสนอว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาค ที่มีประจุลบ เรียกว่า อิเล็กตรอน และอนุภาค ประจุบวก รัทเทอร์ฟอร์ดเสนอว่าประจุบวก ที่เรียกว่า โปรตอน รวมตัวกันอยู่ตรงกึ่งกลาง อะตอม เรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งมีขนาดเล็กมาก และมีอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียส โบร์เสนอว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงรอบนิวเคลียส โดยแต่ละวงมีระดับพลังงานเฉพาะตัว ในปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าอิเล็กตรอนมีการ เคลื่อนที่รวดเร็วรอบนิวเคลียส และไม่สามารถ ระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้ จึงเสนอแบบจำลอง อะตอมแบบกลุ่มหมอก ซึ่งแสดงโอกาสการพบ อิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส |
| | ๒. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุ จำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของ อะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอก ความหมายของไอโซโทป | <ul style="list-style-type: none"> สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ประกอบด้วย สัญลักษณ์ธาตุ เลขอะตอมซึ่งแสดงจำนวน โปรตอน และเลขมวลซึ่งแสดงผลรวมของจำนวน โปรตอนกับนิวตรอน อะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน ที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอน ต่างกัน เรียกว่า ไอโซโทป |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | ๓. อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อยเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ | <ul style="list-style-type: none"> การศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของอะตอมแก๊ส ทำให้ทราบว่า อิเล็กตรอนจัดเรียงอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสในระดับพลังงานหลักต่าง ๆ และแต่ละระดับพลังงานหลักยังแบ่งเป็นระดับพลังงานย่อยซึ่งมีบริเวณที่จะพบอิเล็กตรอนเรียกว่า ออร์บิทัล ได้แตกต่างกัน และอิเล็กตรอนจะจัดเรียงในออร์บิทัลให้มีระดับพลังงานต่ำที่สุดสำหรับอะตอมในสถานะพื้น |
| | ๔. ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ของธาตุเรฟรีเซนเททีฟและธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ | <ul style="list-style-type: none"> ตารางธาตุในปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและสมบัติที่คล้ายคลึงกันเป็นหมู่และคาบ โดยอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุเป็นกลุ่มธาตุโลหะกึ่งโลหะ และอโลหะ นอกจากนี้อาจแบ่งเป็นกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟและกลุ่มธาตุแทรนซิชัน |
| | ๕. วิเคราะห์ และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรฟรีเซนเททีฟตามหมู่และตามคาบ | <ul style="list-style-type: none"> ธาตุเรฟรีเซนเททีฟในหมู่เดียวกันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน และธาตุที่อยู่ในคาบเดียวกันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักเดียวกัน ธาตุเรฟรีเซนเททีฟมีสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกันตามหมู่ และมีแนวโน้มสมบัติบางประการเป็นไปตามหมู่และตามคาบ เช่น ขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตีสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน |
| | ๖. บอกสมบัติของธาตุโลหะแทรนซิชัน และเปรียบเทียบสมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ | <ul style="list-style-type: none"> ธาตุแทรนซิชันเป็นโลหะที่ส่วนใหญ่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ ๒ มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกัน มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูง เกิดปฏิกิริยากับน้ำได้ช้ากว่าธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ เมื่อเกิดเป็นสารประกอบส่วนใหญ่จะมีสี |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๗. อธิบายสมบัติ และคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี | <ul style="list-style-type: none"> ธาตุแต่ละชนิดมีไอโซโทป ซึ่งในธรรมชาติบางธาตุมีไอโซโทปที่แผ่รังสีได้ เนื่องจากนิวเคลียสไม่เสถียร เรียกว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสี สำหรับธาตุกัมมันตรังสีเป็นธาตุที่ทุกไอโซโทปสามารถแผ่รังสีได้ รังสีที่เกิดขึ้น เช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา โดยครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสีเป็นระยะเวลาที่ไอโซโทปกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแต่ละไอโซโทปกัมมันตรังสี |
| | ๘. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม | <ul style="list-style-type: none"> สมบัติบางประการของธาตุแต่ละชนิด ทำให้สามารถนำธาตุไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ทั้งนี้การนำธาตุไปใช้ต้องตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะสารกัมมันตรังสีซึ่งต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม |
| | ๙. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก โดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส | <ul style="list-style-type: none"> สารเคมีเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมี ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่แสดงได้ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยการเกิดพันธะเคมี ส่วนใหญ่เป็นไปตามกฎออกเตต พันธะไอออนิกเกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างประจุไฟฟ้าของไอออนบวกกับไอออนลบ ส่วนใหญ่ไอออนบวกเกิดจากโลหะเสียอิเล็กตรอน และไอออนลบเกิดจากอโลหะรับอิเล็กตรอน สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก เรียกว่า สารประกอบไอออนิก สารประกอบไอออนิกไม่อยู่ในรูปโมเลกุล แต่เป็นโครงผลึกที่ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบจัดเรียงตัวต่อเนื่องกันไปทั้งสามมิติ |
| | ๑๐. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบไอออนิกเขียนแสดงสูตรเคมีโดยให้สัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้าตามด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนที่เป็นองค์ประกอบ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทำได้โดยเรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบสำหรับสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากโลหะที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ต้องระบุเลขออกซิเดชันของโลหะด้วย |
| | ๑๑. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากธาตุที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน มีทั้งที่เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานและคายพลังงาน ซึ่งแสดงได้ด้วยวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์ และพลังงานของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกเป็นผลรวมของพลังงานทุกขั้นตอน |
| | ๑๒. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผลึกของแข็ง เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออน เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้าทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า สารละลายของสารประกอบไอออนิกแสดงสมบัติความเป็นกรด-เบส ต่างกัน สารละลายของสารประกอบคลอไรด์มีสมบัติเป็นกลาง และสารละลายของสารประกอบออกไซด์มีสมบัติเป็นเบส |
| | ๑๓. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก สามารถเขียนแสดงด้วยสมการไอออนิกหรือสมการไอออนิกสุทธิ โดยที่สมการไอออนิกแสดงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่แตกตัวได้ในรูปของไอออน ส่วนสมการไอออนิกสุทธิแสดงเฉพาะไอออนที่ทำปฏิกิริยากัน และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๑๔. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ด้วยโครงสร้างลิวอิส | <ul style="list-style-type: none"> พันธะโคเวเลนต์เป็นการยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุลจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอโลหะ โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกฎออกเตต สารที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เรียกว่า สารโคเวเลนต์ พันธะโคเวเลนต์เกิดได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ด้วยโครงสร้างลิวอิส โดยแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะด้วยจุดหรือเส้น และแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของแต่ละอะตอมด้วยจุด |
| | ๑๕. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ | <ul style="list-style-type: none"> สูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยทั่วไปเขียนแสดงด้วยสัญลักษณ์ของธาตุเรียงลำดับตามค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีจากน้อยไปมาก โดยมีตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่มีมากกว่า ๑ อะตอมในโมเลกุล การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ทำได้โดยเรียกชื่อธาตุที่อยู่หน้าก่อน แล้วตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่ถัดมา โดยมีคำนำหน้าระบุจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ |
| | ๑๖. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบความยาวพันธะ และพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ รวมทั้งคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะ | <ul style="list-style-type: none"> ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ขึ้นกับชนิดของอะตอมคู่ร่วมพันธะ และชนิดของพันธะ โดยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม มีความยาวพันธะและพลังงานพันธะแตกต่างกัน นอกจากนี้ โมเลกุลโคเวเลนต์บางชนิดมีค่าความยาวพันธะและพลังงานพันธะแตกต่างจากของพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ซึ่งสารเหล่านี้สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสที่เหมาะสมได้มากกว่า ๑ โครงสร้าง ที่เรียกว่า โครงสร้างเรโซแนนซ์ พลังงานพันธะนำมาใช้ในการคำนวณพลังงานของปฏิกิริยา ซึ่งได้จากผลต่างของพลังงานพันธะรวมของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๑๗. คาคะเนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้ ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ และระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ | <ul style="list-style-type: none"> รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ อาจพิจารณาโดยใช้ ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (VSEPR) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะและจำนวน อิเล็กตรอนคูโดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง โมเลกุลโคเวเลนต์มีทั้งโมเลกุลมีขั้วและไม่มีขั้ว สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นผลรวม ปริมาณเวกเตอร์สภาพขั้วของแต่ละพันธะตาม รูปร่างโมเลกุล |
| | ๑๘. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โคเวเลนต์ และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ | <ul style="list-style-type: none"> แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลซึ่งอาจเป็น แรงแรงแจกจ่ายลอนดอน แรงระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจน มีผลต่อจุดหลอมเหลว จุดเดือด และการละลายน้ำของสาร นอกจากนี้ สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่ยังมีจุดหลอมเหลว และจุดเดือดต่ำกว่าสารประกอบไอออนิก เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล มีค่าน้อยกว่าพันธะไอออนิก สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวและ จุดเดือดต่ำ และไม่ละลายในน้ำ สำหรับสาร โคเวเลนต์ที่ละลายน้ำมีทั้งแตกตัวและไม่แตกตัว เป็นไอออน สารละลายที่ได้จากสารที่ไม่แตกตัว เป็นไอออนจะไม่นำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลาย- นอนอิเล็กโทรไลต์ ส่วนสารละลายที่ได้จากสาร ที่แตกตัวเป็นไอออนจะนำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สารละลายของ สารประกอบคลอไรด์และออกไซด์จะมีสมบัติ เป็นกรด |
| | ๑๙. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสมบัติของ สารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายชนิดต่าง ๆ | <ul style="list-style-type: none"> สารโคเวเลนต์บางชนิดที่มีโครงสร้างโมเลกุล ขนาดใหญ่และมีพันธะโคเวเลนต์ต่อเนื่อง เป็นโครงสร้างตาข่าย จะมีจุดหลอมเหลวและ จุดเดือดสูง สารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายที่มี ธาตุองค์ประกอบเหมือนกัน แต่มีอัญรูปต่างกัน จะมีสมบัติต่างกัน เช่น เพชร แกรไฟต์ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------------|--|---|
| | ๒๐. อธิบายการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ | <ul style="list-style-type: none"> พันธะโลหะเกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของทุกอะตอมของโลหะเคลื่อนที่อย่างอิสระไปทั่วทั้งโลหะ และเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโปรตอนในนิวเคลียสทุกทิศทาง โลหะส่วนใหญ่เป็นของแข็ง มีผิวมันวาว สามารถตีเป็นแผ่นหรือดึงเป็นเส้นได้ นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง |
| | ๒๑. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ ได้อย่างเหมาะสม | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ มีสมบัติเฉพาะตัวบางประการที่แตกต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลายน้ำ การนำไฟฟ้า จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม |
| ม.๕ | ๑. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาณความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก | <ul style="list-style-type: none"> พฤติกรรมของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก และกฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณ ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้ |
| | ๒. คำนวณปริมาณ ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส | |
| | ๓. คำนวณปริมาณ ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ | <ul style="list-style-type: none"> ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ และจำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส อธิบายความสัมพันธ์ได้ด้วยกฎของอาโวกาโดร สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎแก๊สอุดมคติ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณและการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับจำนวนโมลของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้ |
| | ๔. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน | <ul style="list-style-type: none"> ในธรรมชาติ แก๊สส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นแก๊สผสม ในกรณีที่แก๊สในแก๊สผสมไม่ทำปฏิกิริยากัน ความดันของแก๊สแต่ละชนิดแปรผันตามเศษส่วนโมลของแก๊ส ที่มีอยู่ในแก๊สผสมตามกฎความดันย่อยของดอลตัน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๕. อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม | <ul style="list-style-type: none"> แก๊สสามารถแพร่ได้ การแพร่ของแก๊สอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกัน แก๊สจะแพร่ได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของแก๊ส อัตราการแพร่ของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของแก๊ส สัมพันธ์กับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม |
| | ๖. สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม | <ul style="list-style-type: none"> สมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ หรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม |
| ม.๖ | ๑. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามที่พบในชีวิตประจำวัน | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบของคาร์บอนส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างหลากหลายและแบ่งได้หลายประเภท เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม นอกจากนี้ยังสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่น ๆ ได้อีกด้วย และมีการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย |
| | ๒. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์ | <ul style="list-style-type: none"> โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แสดงได้ด้วยสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ หรือสูตรโครงสร้างแบบเส้น |
| | ๓. วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบอินทรีย์มีหลายประเภท การพิจารณาประเภทของสารประกอบอินทรีย์อาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้เป็นแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เอมีน แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ เอไมด์ |
| | ๔. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน ๑ หมู่ ตามระบบ IUPAC | <ul style="list-style-type: none"> การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เอมีน แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และเอไมด์ จะเรียกตามระบบ IUPAC หรืออาจเรียกโดยใช้ชื่อสามัญ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๕. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ | <ul style="list-style-type: none"> ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสมบัติแตกต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์ซิม และเรียกสารแต่ละชนิดว่า ไอโซเมอร์ ไอโซเมอร์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์โครงสร้าง |
| | ๖. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างของสารต่างกันจะมีจุดเดือดและการละลายในน้ำต่างกัน สำหรับการละลายของสารพิจารณาได้จากความมีขั้วของตัวละลายและตัวทำละลาย โดยสารสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีขั้วใกล้เคียงกัน |
| | ๗. ระบุประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และเขียนผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลคไนด์ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีนและปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จะให้ผลของปฏิกิริยาต่างกัน จึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ |
| | ๘. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน | <ul style="list-style-type: none"> กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้เป็นเอสเทอร์ เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยากับเอมีนเกิดเป็นเอไมด์ เอสเทอร์และเอไมด์สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในเบสแอลคาไล เรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน |
| | ๙. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน | |
| | ๑๐. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม | <ul style="list-style-type: none"> สารประกอบอินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำไปใช้เป็นส่วนตั้งต้นและตัวทำละลายในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงและพลังงาน อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมเกษตร |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๑๑. ระบุประเภทของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จากโครงสร้างของมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์ | <ul style="list-style-type: none"> พอลิเมอร์เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า มอนอเมอร์ เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ โดยมีทั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ อาจเป็นปฏิกิริยาแบบควบแน่นหรือปฏิกิริยาแบบเติม ขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันและโครงสร้างของมอนอเมอร์ |
| | ๑๒. วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ | <ul style="list-style-type: none"> พอลิเมอร์มีโครงสร้างต่างกันอาจเป็นโครงสร้างแบบเส้น แบบกิ่ง หรือแบบร่างแห ขึ้นอยู่กับชนิดของมอนอเมอร์และภาวะของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งโครงสร้างของพอลิเมอร์ส่งผลต่อจุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความเปราะ ความเหนียว ความยืดหยุ่น จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย |
| | ๑๓. ทดสอบ และระบุประเภทของพลาสติก และผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ | <ul style="list-style-type: none"> พอลิเมอร์ที่ให้ความร้อนแล้วสามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้ เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก ส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบเส้นและแบบกิ่ง ส่วนพอลิเมอร์ที่ให้ความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว จึงไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้ เรียกว่า พอลิเมอร์เทอร์มอเซต มีโครงสร้างแบบร่างแห พลาสติกมีทั้งที่เป็นพอลิเมอร์เทอร์มอพลาสติก และพอลิเมอร์เทอร์มอเซต ผลิตภัณฑ์ยางเป็นพอลิเมอร์เทอร์มอเซต ซึ่งทำให้มีสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน |
| | ๑๔. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์ | <ul style="list-style-type: none"> การปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือการสังเคราะห์พอลิเมอร์ เช่น วัลคาไนเซชัน การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ การสังเคราะห์พอลิเมอร์นำไฟฟ้า เป็นการปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและหลากหลายมากขึ้น |
| | ๑๕. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ และแนวทางแก้ไข | <ul style="list-style-type: none"> การใช้และการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จึงควรตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น และแนวทางแก้ไข |

สาระเคมี

๒. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| ม.๔ | ๑. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมีเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีสารใหม่เกิดขึ้นจากการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมธาตุ โดยจำนวนและชนิดของอะตอมธาตุไม่เปลี่ยนแปลง ปฏิกิริยาเคมีเขียนแสดงได้ด้วยสมการเคมี ซึ่งประกอบด้วยสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ลูกศรแสดงทิศทางของการเกิดปฏิกิริยา และเลขสัมประสิทธิ์ของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ดุลแล้ว นอกจากนี้อาจมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของสาร หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องในการเกิดปฏิกิริยาเคมี การดุลสมการเคมีทำได้โดยการเติมเลขสัมประสิทธิ์หน้าสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ เพื่อให้อะตอมของธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน |
| | ๒. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร | <ul style="list-style-type: none"> การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีมีความสัมพันธ์กันตามเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมี ซึ่งบอกถึงอัตราส่วนโดยโมลของสารในปฏิกิริยา สามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกับมวล ความเข้มข้นของสารละลาย และปริมาตรของแก๊สได้ |
| | ๓. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย | |
| | ๔. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส | |
| | ๕. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน | <ul style="list-style-type: none"> ความสัมพันธ์ของโมลสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน พิจารณาได้จากเลขสัมประสิทธิ์ของสมการเคมีรวม |
| | ๖. ระบุสารกำหนดปริมาณ และคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาเคมีที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาไม่พอดีกัน สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อน เรียกว่า สารกำหนดปริมาณ ซึ่งเป็นสารที่กำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และปริมาณสารตั้งต้นอื่นที่ทำปฏิกิริยาไปเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๗. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี | <ul style="list-style-type: none"> ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงในปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ มีปริมาณน้อยกว่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี ซึ่งค่าเปรียบเทียบผลได้จริงกับผลได้ตามทฤษฎี เป็นร้อยละ เรียกว่า ผลได้ร้อยละ |
| ม.๕ | ๑. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำกรวัดในปฏิกิริยา ๒. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ |
| | ๓. เขียนแผนภาพ และอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชนและพลังงานที่เกิดจากการชน |
| | ๔. ทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | <ul style="list-style-type: none"> อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้้ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย |
| | ๕. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา | |
| | ๖. ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม | <ul style="list-style-type: none"> ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | <p>๗. ทดสอบ และอธิบายความหมายของ ปฏิกริยาผันกลับได้และภาวะสมดุล</p> <p>๘. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยา จนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล</p> | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาเคมีที่สามารถดำเนินไปข้างหน้าและย้อนกลับได้ เรียกว่า ปฏิกริยาผันกลับได้ เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปความเข้มข้นของสารตั้งต้นและอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะลดลง ส่วนความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ระบบจะอยู่ในภาวะสมดุลที่มีความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์คงที่ เรียกว่า สมดุลพลวัต |
| | <p>๙. คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา</p> <p>๑๐. คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล</p> | <ul style="list-style-type: none"> ณ ภาวะสมดุล ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์กับสารตั้งต้น แสดงได้ด้วยค่าคงที่สมดุล ซึ่งเป็นค่าคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง |
| | <p>๑๑. คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน</p> | <ul style="list-style-type: none"> ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน หาได้จากผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยที่นำสมการเคมีมารวมกัน โดยถ้ามีการคูณสมการย่อยให้ยกกำลังค่าคงที่สมดุลด้วยตัวเลขที่คุณ และหากมีการกลับข้างสมการ ให้กลับค่าคงที่สมดุลเป็นตัวหาร |
| | <p>๑๒. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ รวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวน โดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอ</p> | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลถูกรบกวน โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร ความดัน หรืออุณหภูมิ ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งตามหลักของเลอชาเตอลิเอ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลง |
| | <p>๑๓. ยกตัวอย่าง และอธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการในอุตสาหกรรม</p> | <ul style="list-style-type: none"> ความรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการในอุตสาหกรรม |
| | <p>๑๔. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส</p> | <ul style="list-style-type: none"> สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | ๑๕. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี | <ul style="list-style-type: none"> ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่น จะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน ๑ โปรตอน |
| | ๑๖. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส | <ul style="list-style-type: none"> กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดยความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบสอาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส |
| | ๑๗. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส | <ul style="list-style-type: none"> น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียสแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14} เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า ๗ ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า ๗ |
| | ๑๘. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อน ให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ ให้สารละลายที่เป็นเบส |
| | ๑๙. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ | |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> เกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดแก่ด้วยเบสอ่อน เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนเกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดอ่อนด้วยเบสแก่ เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส |
| | ๒๐. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส | <ul style="list-style-type: none"> การไทเทรตเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณหรือความเข้มข้นของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดิกัน จุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดิกันเรียกว่า จุดสมมูล ในทางปฏิบัติ จุดสมมูลของปฏิกิริยาอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้ จึงสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ เพื่อบอกจุดยุติของการไทเทรต ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรตกรด-เบส ควรเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH ตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูล |
| | ๒๑. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต | <ul style="list-style-type: none"> ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดิกันจากการไทเทรตกรด-เบส สามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้ |
| | ๒๒. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์ | <ul style="list-style-type: none"> สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม |
| | ๒๓. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส | <ul style="list-style-type: none"> ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส สามารถนำมาใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการแพทย์ |
| | ๒๔. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ | <ul style="list-style-type: none"> เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุ เรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๒๕. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยารีดอกซ์มีทั้งครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอน จะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์ |
| | ๒๖. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ | <ul style="list-style-type: none"> การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์สามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองของปฏิกิริยารีดอกซ์ |
| | ๒๗. คูลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการคูลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา |
| | ๒๘. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ | <ul style="list-style-type: none"> เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปแคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์ |
| | ๒๙. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ชั่วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น | <ul style="list-style-type: none"> ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์กัลวานิก แต่ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่สามารถเกิดได้เอง ต้องมีการให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้ เซลล์ชนิดนี้เรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรลิติก |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๓๐. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ | <ul style="list-style-type: none"> เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงนำกลับมาใช้ได้ |
| | ๓๑. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ | <ul style="list-style-type: none"> เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ |
| | ๓๒. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน | <ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวัน เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม |
| ม.๖ | - | - |

สาระเคมี

๓. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการ ความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหา ทางเคมี

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| ม.๔ | ๑. บอก และอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตน ที่แสดงถึงความระหนักในการทำปฏิบัติการเคมี เพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและ สิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิด อุบัติเหตุ | <ul style="list-style-type: none"> การทำปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควร ศึกษาข้อปฏิบัติของการทำปฏิบัติการเคมี เช่น ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์และสารเคมี การป้องกันอุบัติเหตุระหว่างการทดลอง การกำจัดสารเคมี |
| | ๒. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำ ปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่าง เหมาะสม | <ul style="list-style-type: none"> อุปกรณ์และเครื่องมือซึ่ง วาง วัดแต่ละชนิด มีวิธีการใช้งานและการดูแลแตกต่างกัน ซึ่งการ วัดปริมาณต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงและ ความแม่นยำในระดับนัยสำคัญที่ต้องการ ต้องมี การเลือกและใช้อุปกรณ์ในการทำปฏิบัติการ อย่างเหมาะสม |
| | ๓. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียน รายงานการทดลอง | <ul style="list-style-type: none"> การทำปฏิบัติการเคมีต้องมีการวางแผน การทดลอง การทำการทดลอง การบันทึกข้อมูล สรุปและวิเคราะห์ นำเสนอข้อมูล และการ เขียนรายงานการทดลองที่ถูกต้อง โดยการ ทำ ปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ |
| | ๔. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และ เปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอ ด้วยการใส่แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย | <ul style="list-style-type: none"> การทำปฏิบัติการเคมีต้องมีการวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร การบอกปริมาณของสารอาจจะ อยู่ ในหน่วยต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้มีมาตรฐาน เดียวกัน จึงมีการกำหนดหน่วยในระบบเอสไอ ให้เป็นหน่วยสากล ซึ่งการเปลี่ยนหน่วย เพื่อให้เป็นหน่วยสากล สามารถทำได้ด้วยการ ใช้ แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | ๕. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุ และคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุล และมวลสูตร | <ul style="list-style-type: none"> • มวลอะตอมของธาตุ เป็นมวลของธาตุ ๑ อะตอม ซึ่งเป็นผลรวมของมวลโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แต่เนื่องจากอิเล็กตรอนมีมวลน้อยมาก เมื่อเทียบกับโปรตอนและนิวตรอน ดังนั้น มวลอะตอมจึงมีค่าใกล้เคียงกับผลรวมของมวลโปรตอนและนิวตรอน • มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุเป็นค่าเฉลี่ยจากค่ามวลอะตอมของแต่ละไอโซโทปของธาตุชนิดนั้นตามปริมาณที่มีในธรรมชาติ • มวลโมเลกุลและมวลสูตรเป็นผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น |
| | ๖. อธิบาย และคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP | <ul style="list-style-type: none"> • โมลเป็นปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร คือ 6.02×10^{23} อนุภาค มวลของสาร ๑ โมล ที่มีหน่วยเป็นกรัม เรียกว่า มวลต่อโมล ซึ่งมีค่าตัวเลขเท่ากับมวลอะตอม มวลโมเลกุลหรือมวลสูตรของสารนั้น สำหรับสารที่มีสถานะแก๊ส ๑ โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP |
| | ๗. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่ | <ul style="list-style-type: none"> • สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของธาตุ ตั้งแต่ ๒ ชนิดขึ้นไป โดยมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบคงที่เสมอ ตามกฎสัดส่วนคงที่ |
| | ๘. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร | <ul style="list-style-type: none"> • สูตรเคมีสามารถแสดงได้ด้วยสูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล ซึ่งสูตรอย่างง่ายคำนวณได้จากร้อยละโดยมวลและมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบ และถ้าทราบมวลโมเลกุลของสารจะสามารถคำนวณสูตรโมเลกุลได้ |
| | ๙. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ | <ul style="list-style-type: none"> • สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปของสารละลาย การบอกปริมาณของสารในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมลลิตี และเศษส่วนโมล |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | <p>๑๐. อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด</p> <p>๑๑. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลายหรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้นมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ • สารละลายมีจุดเดือดและจุดเยือกแข็งแตกต่างไปจากสารบริสุทธิ์ที่เป็นตัวทำละลายในสารละลาย โดยสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวละลายในตัวทำละลาย และชนิดของตัวทำละลาย |
| ม.๕ | - | - |
| ม.๖ | <p>๑. กำหนดปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางเคมีจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม</p> <p>๒. แสดงหลักฐานถึงการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับสาขาวิชาอื่น รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ</p> <p>๓. นำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • สถานการณ์บางสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ หรืออุตสาหกรรม สามารถนำความรู้ทางเคมีไปใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้ • การศึกษาและการแก้ปัญหาในสถานการณ์ หรือประเด็นที่สนใจทำได้โดยการบูรณาการความรู้ทางเคมีร่วมกับวิทยาศาสตร์แขนงอื่น รวมทั้งคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ • การนำเสนองานหรือแสดงผลงาน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แลกเปลี่ยนแนวคิด ผลงาน รวมทั้งเพิ่มโอกาสในการพัฒนางาน โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือประกอบการนำเสนอ ซึ่งจะทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๔. แสดงหลักฐานการเข้าร่วมการสัมมนา การเข้าร่วมประชุมวิชาการ หรือการแสดงผลงาน สิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ | <ul style="list-style-type: none"> การสัมมนา การประชุมวิชาการ หรือการร่วมแสดงผลงาน สิ่งประดิษฐ์ในงานนิทรรศการ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แลกเปลี่ยนความคิด แสดงทัศนคติต่อกรณีศึกษา สถานการณ์ หรือประเด็นสำคัญทางเคมี ซึ่งช่วยส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ทักษะการสื่อสาร ทักษะการใช้เทคโนโลยี เพื่อการค้นคว้าและการสื่อสาร ซึ่งสามารถทำได้หลายระดับ โดยอาจเป็นระดับชั้นเรียน โรงเรียน กลุ่มโรงเรียน ชุมชน ระดับชาติ หรือนานาชาติ |

สาระฟิสิกส์

๑. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลของวัตถุ งาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| ม.๔ | ๑. สืบค้น และอธิบายการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาคำรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี | <ul style="list-style-type: none"> ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับ สสาร พลังงาน อันตรกิริยาระหว่างสสารกับ พลังงาน และแรงพื้นฐานในธรรมชาติ การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ได้มาจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ หรือจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุป เป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎ ความรู้เหล่านี้ สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของหลักการ และแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในการแสวงหา ความรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมถึงการพัฒนาและความ ก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็มีส่วนในการค้นหา ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ด้วย |
| | ๒. วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อน ในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้ง แสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์ และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง | <ul style="list-style-type: none"> ความรู้ทางฟิสิกส์ส่วนหนึ่งได้จากการทดลอง ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเลขและหน่วยวัด ปริมาณทางฟิสิกส์สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือ ต่าง ๆ โดยตรงหรือทางอ้อม หน่วยที่ใช้ในการวัด ปริมาณทางวิทยาศาสตร์คือ ระบบหน่วย ระหว่างชาติ เรียกว่า ระบบเอสไอ ปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า ๑ มาก ๆ นิยมเขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ หรือเขียนโดยใช้คำนำหน้าหน่วยของระบบเอสไอ การเขียนโดยใช้สัญกรณ์วิทยาศาสตร์เป็นการเขียน เพื่อแสดงจำนวนเลขนัยสำคัญที่ถูกต้อง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • การทดลองทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ การบันทึกปริมาณที่ได้จากการวัดด้วยจำนวนเลขนัยสำคัญที่เหมาะสม และค่าความคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์และการแปลความหมายจากกราฟ เช่น การหาความชันจากกราฟเส้นตรง จุดตัดแกนพื้นที่ได้กราฟ เป็นต้น • การวัดปริมาณต่าง ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนเสมอ ขึ้นอยู่กับเครื่องมือ วิธีการวัด และประสิทธิภาพของผู้วัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสามารถแสดงในการรายงานผลทั้งในรูปแบบตัวเลขและกราฟ • การวัดควรเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เช่น การวัดความยาวของวัตถุที่ต้องการความละเอียดสูง อาจใช้เวอร์เนียร์ แคลลิเปอร์ส หรือไมโครมิเตอร์ • ฟิสิกส์อวกาศคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า และการสื่อสาร |
| | <p>๓. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ได้แก่ ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง โดยความเร็วและความเร่งมีทั้งค่าเฉลี่ยและค่าขณะหนึ่งซึ่งคิดในช่วงเวลาสั้น ๆ สำหรับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัวมีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = u + at$ $\Delta x = \left[\frac{u + v}{2} \right] t$ $\Delta x = ut + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = u^2 + 2a\Delta x$ • การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถเขียนอยู่ในรูปกราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา หรือกราฟความเร่งกับเวลา ความชันของเส้นกราฟตำแหน่งกับเวลาเป็นความเร็ว ความชันของเส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นความเร่ง และพื้นที่ใต้เส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นการกระจัด ในกรณีและผู้สังเกตมีความเร็ว ความเร็วของวัตถุที่สังเกตได้เป็นความเร็วที่เทียบกับผู้สังเกต |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> การตกแบบเสรีเป็นตัวอย่างหนึ่งของการเคลื่อนที่ ในหนึ่งมิติที่มีความเร่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก |
| | ๔. ทดลอง และอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน | <ul style="list-style-type: none"> แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์จึงมีทั้งขนาดและทิศทาง กรณีที่มีแรงหลาย ๆ แรง กระทำต่อวัตถุ สามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ โดยใช้วิธีเขียนเวกเตอร์ของแรงแบบหางต่อหัว วิธีสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานของแรงและวิธีคำนวณ |
| | ๕. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ ทดลอง และอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> สมบัติของวัตถุที่ด้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เรียกว่า ความเฉื่อย มวลเป็นปริมาณที่บอกให้ทราบว่าวัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อย การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุสามารถเขียนเป็นแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระได้ กรณีที่ไม่มีความเร่งภายนอกกระทำ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน กรณีที่มีความเร่งภายนอกกระทำโดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะมีความเร่ง โดยความเร่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ มวลและความเร่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน เมื่อวัตถุสองก้อนออกแรงกระทำต่อกัน แรงระหว่างวัตถุทั้งสองจะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้าม และกระทำต่อวัตถุคนละก้อน เรียกว่า แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน และเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีที่วัตถุทั้งสองสัมผัสกันหรือไม่สัมผัสกันก็ได้ |
| | ๖. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงที่มีมวลสองก้อนดึงดูดซึ่งกันและกัน ด้วยแรงขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้าม และเป็นไปตามกฎความโน้มถ่วงสากล เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_G = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๗. วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> • รอบโลกมีสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง ซึ่งเป็นแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก • แรงที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุสองก้อน ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่หรือแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่าแรงเสียดทาน แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและแรงปฏิกิริยาดังฉากระหว่างผิวสัมผัสคู่นั้น ๆ • ขณะออกแรงพยายามแต่วัตถุยังคงอยู่นิ่ง แรงเสียดทานมีขนาดเท่ากับแรงพยายามที่กระทำต่อวัตถุนั้น และแรงเสียดทานมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ เรียกแรงเสียดทานนี้ว่าแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะกำลังเคลื่อนที่ เรียกว่าแรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ คำนวณได้จากสมการ $f_s \leq \mu_s N$ $f_k = \mu_k N$ • การเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน |
| | <p>๘. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมคือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว • วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ • วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n M_i = 0$ โดยโมเมนต์คำนวณได้ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <p>จากสมการ $M = Fl$</p> <ul style="list-style-type: none"> • เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน • การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล |
| | ๙. สืบเสาะ และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ | <ul style="list-style-type: none"> • เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน • วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ |
| | ๑๐. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย | <ul style="list-style-type: none"> • งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาได้จากผลคูณของขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดกับโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัด ตามสมการ $W = F\Delta x \cos\theta$ หรือหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับตำแหน่ง โดยแรงที่กระทำอาจเป็นแรงคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ • งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังเฉลี่ย ดังสมการ $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$ |
| | ๑๑. อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ | <ul style="list-style-type: none"> • พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน • พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ • พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างของวัตถุ แบ่งออกเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง คำนวณได้จากสมการ $E_p = mgh$ และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น คำนวณได้จากสมการ $E_{Ps} = \frac{1}{2} kx^2$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • พลังงานกลเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ตามสมการ $E = E_k + E_p$ • แรงที่ทำให้เกิดงานโดยงานของแรงนั้นไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เช่น แรงโน้มถ่วงและแรงสปริง เรียกว่า แรงอนุรักษ์ • งานและพลังงานมีความสัมพันธ์กัน โดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไปตามทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $W = \Delta E_k$ |
| | ๑๒. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล | <ul style="list-style-type: none"> • ถ้างานที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นงานเนื่องจากแรงอนุรักษ์เท่านั้น พลังงานกลของวัตถุจะคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล เขียนแทนได้ด้วยสมการ $E_k + E_p = \text{ค่าคงตัว}$ โดยที่พลังงานศักย์อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ • กฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก |
| | ๑๓. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล | <ul style="list-style-type: none"> • การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ลิ่ม สกรู และ ล้อกับเพลลา ใช้หลักของงานและสมดุกลประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย <p>ประสิทธิภาพคำนวณได้จากสมการ</p> $\text{Efficiency} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100\%$ <p>การได้เปรียบเชิงกลคำนวณได้จากสมการ</p> $\text{M.A.} = \frac{F_{\text{out}}}{F_{\text{in}}} = \frac{S_{\text{in}}}{S_{\text{out}}}$ |
| | ๑๔. อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการลดลงของโมเมนตัมที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม | <ul style="list-style-type: none"> • วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดังสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$ • เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตราเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่า การดล ตามสมการ $\vec{I} = \left[\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right] \Delta t$ ซึ่งการดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา |
| | ๑๕. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบ ยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม | <ul style="list-style-type: none"> ในการชนกันของวัตถุและการติดตัวออกจากกัน ของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมา กระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\vec{p}_i = \vec{p}_f$ โดย \vec{p}_i เป็นโมเมนตัมของระบบก่อนชน และ \vec{p}_f เป็นโมเมนตัมของระบบหลังชน ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์ของระบบ อาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น |
| | ๑๖. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ | <ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกัน และเป็นอิสระต่อกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำ จึงมีความเร็วไม่คงตัว ปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $v_y = u_y + a_y t$ $\Delta y = \left[\frac{u_y + v_y}{2} \right] t$ $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$ ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวนอนที่ไม่มีแรงกระทำจึงมีความเร็วคงตัว ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\Delta x = u_x t$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | <p>๑๗. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลม ในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม</p> | <ul style="list-style-type: none"> วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งมีแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรงสู่ศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ $F_c = \frac{mv^2}{r}$ นอกจากนี้การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ และแรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมตามสมการ $F_c = m\omega^2 r$ ดาวเทียมที่โคจรในแนววงกลมรอบโลกมีแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อดาวเทียมเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ดาวเทียมที่มีวงโคจรค้างฟ้าในระนาบของเส้นศูนย์สูตรมีคาบการโคจรเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก หรือมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของตำแหน่งบนพื้นโลก ดาวเทียมจึงอยู่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้บนพื้นโลกตลอดเวลา |
| ม.๕ | - | - |
| ม.๖ | - | - |

สาระพิกลิสต์

๒. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | ๑. ทดลอง และอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีคาบและแอมพลิจูดคงตัว และมีการกระจัดจากตำแหน่งสมดุลที่เวลาใด ๆ เป็นฟังก์ชันแบบไซน์ โดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีความสัมพันธ์ตามสมการ $x = A\sin(\omega t + \phi)$ $v = A\omega\cos(\omega t + \phi)$ $v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$ $a = -A\omega^2\sin(\omega t + \phi)$ $a = -\omega^2x$ การสั่นของวัตถุติดปลายสปริง และการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่มีขนาดของความเร่งแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัดจากตำแหน่งสมดุล แต่มีทิศทางตรงข้าม โดยมีคาบการสั่นของวัตถุที่ติดอยู่ที่ปลายสปริง และคาบการแกว่งของลูกตุ้มตามสมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ และ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ตามลำดับ |
| | ๒. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อตั้งวัตถุที่ติดปลายสปริงออกจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยให้สั่น วัตถุจะสั่นด้วยความถี่เฉพาะตัว การตั้งลูกตุ้มออกจากแนวตั้งแล้วปล่อยให้แกว่ง ลูกตุ้มจะแกว่งด้วยความถี่เฉพาะตัวเช่นกัน ความถี่ที่มีค่าเฉพาะตัวนี้ เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั่นด้วยความถี่ที่มีค่าเท่ากับ ความถี่ธรรมชาติของวัตถุ จะทำให้วัตถุสั่นด้วยแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๓. อธิบายปรากฏการณ์คลื่น ชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่น การแผ่ของหน้าคลื่น ด้วยหลักการของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น</p> | <ul style="list-style-type: none"> • คลื่นเป็นปรากฏการณ์การถ่ายโอนพลังงาน จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง • คลื่นที่ถ่ายโอนพลังงานโดยต้องอาศัยตัวกลาง เรียกว่า คลื่นกล ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถ่ายโอนพลังงานโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง นอกจากนี้ ยังจำแนกชนิดของคลื่นออกเป็นสองชนิด ได้แก่ คลื่นตามขวาง และคลื่นตามยาว • คลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ส่งคลื่นอย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกันบรรยายได้ด้วย การกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น เฟส ความยาวคลื่น ความถี่ คาบ แอมพลิจูด และอัตราเร็ว โดยอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น มีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = f\lambda$ • การแผ่ของหน้าคลื่นเป็นไปตามหลักของฮอยเกนส์ และถ้ามีคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกันจะรวมกันตามหลักการซ้อนทับ |
| | <p>๔. สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • คลื่นมีการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน • คลื่นเกิดการสะท้อนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปถึงสิ่งกีดขวางหรือรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกัน แล้วเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิม โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อน เขียนแทนได้ด้วยสมการ มุมสะท้อน = มุมตกกระทบ • คลื่นเกิดการหักเหเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกันแล้วอัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนไปซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเห เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> คลื่นเกิดการแทรกสอดเมื่อคลื่นสองคลื่นเคลื่อนที่ มาพบกันแล้วรวมกันตามหลักการซ้อนทับ โดยกรณีที่ S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความถี่เท่ากันและเฟสตรงกัน ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ $S_1P-S_2P = n\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ $S_1Q-S_2Q = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$ คลื่นนิ่งเกิดจากคลื่นอาพันธ์สองขบวนแทรกสอดกัน แล้วเกิดตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริม ตลอดเวลา เรียกว่า ปฏิบัพ และตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างตลอดเวลา เรียกว่า บัพ คลื่นเกิดการเลี้ยวเบนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางแล้วมีคลื่นแผ่จากขอบสิ่งกีดขวางไปด้านหลังได้ |
| | <p>๕. อธิบายการเกิดเสียง การเคลื่อนที่ของเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่น การกระจัดของอนุภาคกับคลื่นความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ในหน่วยของศาเซลเซียส สมบัติของคลื่นเสียง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> เสียงเป็นคลื่นกลและคลื่นตามยาว เกิดจากการถ่ายโอนพลังงานจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านอนุภาคตัวกลางทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่น อัตราเร็วเสียงในอากาศขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ คำนวณได้จากสมการ $V = 331 + 0.6 T_C$ เสียงมีสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน |
| | <p>๖. อธิบายความเข้มเสียง ระดับเสียง องค์ประกอบของการได้ยิน คุณภาพเสียง และมลพิษทางเสียง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> กำลังเสียงเป็นอัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง กำลังเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของหน้าคลื่นทรงกลมเรียกว่า ความเข้มเสียง คำนวณได้จากสมการ $I = \frac{P}{A}$ ระดับเสียงเป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียง โดยหาได้จากลอการิทึมของอัตราส่วนระหว่างความเข้มเสียงกับความเข้มเสียงอ้างอิงที่มนุษย์เริ่มได้ยิน ตามสมการ $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • ระดับสูงต่ำของเสียงขึ้นกับความถี่ของเสียง เสียงที่ได้ยินมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกัน เนื่องจากมีคุณภาพเสียงแตกต่างกัน • เสียงที่มีระดับเสียงสูงมากหรือเสียงบางประเภท ที่มีผลต่อสภาพจิตใจของผู้ฟังจัดเป็นมลพิษทางเสียง |
| | <p>๗. ทดลอง และอธิบายการเกิดการสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายเปิดหนึ่งด้าน รวมทั้งสังเกตและอธิบายการเกิดบีต คลื่นนิ่ง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ คลื่นกระแทกของเสียง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องเสียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ถ้าอากาศในท่อถูกกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของอากาศในท่อนั้น จะเกิดการสั่นพ้องของเสียง โดยความถี่ในการเกิดการสั่นพ้องของท่อปลายเปิดหนึ่งด้านคำนวณได้จากสมการ $f_n = n \frac{v}{4L} \text{ เมื่อ } n = 1, 3, 5, \dots$ • ถ้าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันไม่มากมาพบกันจะเกิดบีต ทำให้ได้ยินเสียงดัง ค่อย เป็นจังหวะ • คลื่นเสียงสองขบวนที่มีความถี่เท่ากัน มาแทรกสอดกัน จะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง • เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่โดยผู้ฟังอยู่นิ่ง ผู้ฟังเคลื่อนที่โดยแหล่งกำเนิดเสียงอยู่นิ่ง หรือทั้งแหล่งกำเนิดและผู้ฟังเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากกัน ผู้ฟังจะได้ยินเสียงที่มีความถี่เปลี่ยนไป เรียกว่าปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ • ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วเสียงในตัวกลางเดียวกัน จะเกิดคลื่นกระแทก ทำให้เสียงตามแนวหน้าคลื่นกระแทกมีพลังงานสูงมากมีผลทำให้ผู้สังเกตในบริเวณใกล้เคียงได้ยินเสียงดังมาก • ความรู้เรื่องเสียงนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การปรับเทียบเสียงเครื่องดนตรี อธิบายหลักการทำงานของเครื่องดนตรี การแปลงเสียงของมนุษย์ การประมง การแพทย์ ธรณีวิทยา อุตสาหกรรม เป็นต้น |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๘. ทดลอง และอธิบายการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง การเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อแสงผ่านช่องเล็กยาวเดี่ยว (สลิตเดี่ยว) และช่องเล็กยาวคู่ (สลิตคู่) จะเกิดการเลี้ยวเบนและการแทรกสอด ทำให้เกิดแถบมืด และแถบสว่างบนฉาก โดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการแถบมืด สำหรับสลิตเดี่ยว $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 1,2,3,\dots$ แถบสว่าง สำหรับสลิตคู่ $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 0,1,2,\dots$ แถบมืด สำหรับสลิตคู่ $d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \text{ เมื่อ } n = 1,2,3,\dots$ เกรตติง เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยช่องเล็กยาวที่มีจำนวนช่องต่อหนึ่งหน่วยความยาวเป็นจำนวนมาก และระยะห่างระหว่างช่องมีค่าน้อย โดยแต่ละช่องห่างเท่า ๆ กัน ใช้สำหรับหาความยาวคลื่นของแสงและศึกษาสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง โดยปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 0,1,2,\dots$ |
| | <p>๙. ทดลอง และอธิบายการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุ ตามกฎการสะท้อน เขียนรังสีของแสงและคำนวณตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุ เมื่อแสงตกกระทบกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม รวมทั้งอธิบายการนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบ และกระจกเงาทรงกลมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุ จะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน วัตถุที่อยู่หน้ากระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม จะเกิดภาพที่สามารถหาตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดขึ้น ได้จากการเขียนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณจากสมการกรณีกระจกเงาราบ $s' = -s$ กรณีกระจกเงาทรงกลม $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $M = \frac{y'}{y}$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๑๐. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ดรรชนีหักเห มุมตกกระทบ และมุมหักเห รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริง และความลึกปรากฏ มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของแสง และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านผิวรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลางจะเกิดการหักเห โดยอัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหของตัวกลางคู่หนึ่งมีค่าคงตัว เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎของสเนลล์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ การหักเหของแสงทำให้มองเห็นภาพของวัตถุที่อยู่ในตัวกลางต่างชนิดกันมีตำแหน่งเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้จากสมการ $\frac{s'}{s} = \frac{n_2}{n_1}$ มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่า 90° องศา เรียกว่า มุมวิกฤต ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหมากกว่าตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหน้อย คำนวณได้จากสมการ $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมากกว่ามุมวิกฤต |
| | <p>๑๑. ทดลอง และเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาดำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และอธิบายการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อวางวัตถุหน้าเลนส์บางจะเกิดภาพของวัตถุ โดยตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดขึ้นหาได้จากการเขียนภาพของรังสีแสง หรือคำนวณได้จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ $M = \frac{y'}{y}$ ความรู้เรื่องเลนส์นำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น |
| | <p>๑๒. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลด มิราจ และการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> กฎการสะท้อนและการหักเหของแสงใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลด และมิราจ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อแสงตกกระทบอนุภาคหรือโมเลกุลของอากาศ แสงจะเกิดการกระเจิง ใช้อธิบายการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน |
| | ๑๓. สังเกต และอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี และการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบดสี | <ul style="list-style-type: none"> การมองเห็นสีจะขึ้นกับแสงสีที่ตกกระทบกับวัตถุ และสารสีบนวัตถุ โดยสารสีจะดูดกลืนบางแสงสี และสะท้อนบางแสงสี การผสมสารสีให้ได้สารสีที่มีสีเปลี่ยนไปจากเดิม ถ้านำแสงสีปฐมภูมิในสัดส่วนที่เหมาะสม มาผสมกันจะได้แสงขาว แผ่นกรองแสงสียอมให้บางแสงสีผ่านไปได้ และดูดกลืนบางแสงสี การผสมแสงสีและการผสมสารสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านศิลปะ ด้านการแสดง ความผิดปกติในการมองเห็นสีหรือการบดสี เกิดจากความบกพร่องของเซลล์รูปกรวย ซึ่งเป็นเซลล์รับแสงชนิดหนึ่งบนจอตา |
| ม.๖ | - | - |

สาระพืสิกส์

๓. เข้าใจแรงไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็ก ที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | ๑. ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขจัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต | <ul style="list-style-type: none"> การนำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามาขจัดสีกัน จะทำให้วัตถุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า เนื่องจาก อิเล็กตรอนถูกถ่ายโอนจากวัตถุหนึ่งไปอีวัตถุหนึ่ง โดยการถ่ายโอนประจุเป็นไปตาม กฎการอนุรักษ์ ประจุไฟฟ้า เมื่อนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปใกล้ตัวนำไฟฟ้า จะทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำทางด้านที่ใกล้วัตถุและประจุชนิดเดียวกันด้านที่ไกลวัตถุ เรียกว่าวิธีการนี้ว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต ซึ่งสามารถใช้วิธีการนี้ในการทำให้วัตถุมีประจุได้ |
| | ๒. อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์ | <ul style="list-style-type: none"> จุดประจุไฟฟ้ามีแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยมีทิศอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุทั้งสอง และมีขนาดของแรงระหว่างจุดประจุแปรผันตรงกับผลคูณของขนาดของประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุ ซึ่งเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \text{ เมื่อ } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | ๓. อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้า ที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ | <ul style="list-style-type: none"> • รอบอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q_1 มีสนามไฟฟ้าขนาด $E = k \frac{q_1}{r^2}$ ทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า • สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ มีความสัมพันธ์กับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า q_2 ตามสมการ $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{12}}{q_2}$ • สนามไฟฟ้าลัทธิเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ เท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้า เนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ • ตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้ามีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ และสนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น โดยสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งห่างจากผิวออกไปหาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้า เนื่องจากจุดประจุที่มีจำนวนประจุเท่ากันแต่อยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม • สนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ |
| | ๔. อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ | <ul style="list-style-type: none"> • ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้ามีพลังงานศักย์ไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ $U = k \frac{q_1 q_2}{r}$ • พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยประจุ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น โดย ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุประมันตรงกับขนาดของประจุ และแปรผกผันกับระยะทางจากจุดประจุถึงตำแหน่งนั้น เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V = k \frac{Q}{r}$ • ศักย์ไฟฟ้าวรวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ คือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V = k \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าคือ งานในการเคลื่อนประจุบวกหนึ่งหน่วยจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$ • ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขึ้นกับขนาดของสนามไฟฟ้าและระยะทางระหว่างสองตำแหน่งนั้น ในแนวขนานกับสนามไฟฟ้า ตามสมการ $V_B - V_A = Ed$ |
| | <p>๕. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูลรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ตัวเก็บประจุประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าสองชั้นที่คั่นด้วยฉนวน โดยปริมาณประจุที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุ ตามสมการ $C = \frac{Q}{\Delta V}$ • ตัวเก็บประจุจะมีพลังงานสะสมซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และปริมาณประจุ ตามสมการ $U = \frac{1}{2} Q \Delta V$ • เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ • เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$ |
| | <p>๖. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด และปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตสามารถนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่นในอากาศ เครื่องพ่นสี เครื่องถ่ายลายนิ้วมือ และเครื่องถ่ายเอกสาร • ความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตยังสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น ฟาผ่าประกายไฟจากการเสียดสีกันของวัตถุ ซึ่งช่วยให้สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๗. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อต่อลวดตัวนำกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งทิศของกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า หรือมีทิศทางจากจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระในตัวนำ และพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ตามสมการ $I = nev_dA$ |
| | ๘. ทดลอง และอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะ ที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน | <ul style="list-style-type: none"> เมื่ออุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะ ความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองและความต้านทานของตัวนำนั้นมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $I = \left(\frac{1}{R}\right)V$ ความต้านทานของวัตถุเมื่ออุณหภูมิคงตัว ขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของวัตถุ ตามสมการ $R = \rho \frac{l}{A}$ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานอ่านได้จากแถบสีบนตัวต้านทาน เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบอนุกรม ความต้านทานสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อแบบขนาน ความต้านทานสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ |
| | ๙. ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า | <ul style="list-style-type: none"> แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ให้พลังงานไฟฟ้าแก่วงจร พลังงานไฟฟ้าที่ประจุไฟฟ้าได้รับต่อหนึ่งหน่วยประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า อีเอ็มเอฟ คำนวณได้จากสมการ $\mathcal{E} = \Delta V + Ir$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๑๐. ทดลอง และคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน</p> | <ul style="list-style-type: none"> พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ $W = I\Delta Vt$ และ $P = I\Delta V$ เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้น ตามสมการ $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n$ และ $r = r_1 + r_2 + \dots + r_n$ ตามลำดับ เมื่อนำแบตเตอรี่ที่เหมือนกันมาต่อแบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลมีค่าคงเดิม และความต้านทานภายในสมมูลมีค่าลดลง ตามสมการ $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \dots = \mathcal{E}_n$ และ $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$ ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน คำนวณได้ตามสมการ $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ |
| | <p>๑๑. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยี ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้า โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย</p> | <ul style="list-style-type: none"> การนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานเป็นการนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น |
| ม.๖ | <p>๑. สังเกต และอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกต และอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์</p> | <ul style="list-style-type: none"> เส้นสนามแม่เหล็กเป็นเส้นสมมติที่ใช้แสดงบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก โดยบริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นมากแสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มมาก |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กคือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ $B = \frac{\phi}{A}$ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงหรือโซเลนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น |
| | ๒. อธิบาย และคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน | <ul style="list-style-type: none"> อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้นคำนวณได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$ กรณีที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากเข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะทำให้ประจุเคลื่อนที่เปลี่ยนไปโดยรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ $r = \frac{mv}{qB}$ ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้นโดยทิศทางของแรงหาได้จากกฎมือขวา และคำนวณขนาดของแรงได้จากสมการ $F = ILB \sin \theta$ เมื่อวางเส้นลวดสองเส้นขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่านทั้งสองเส้น จะเกิดแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง |
| | ๓. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดทำให้ขดลวดหมุน ซึ่งนำไปใช้อธิบายการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยโมเมนต์ของแรงคู่ควบคำนวณได้จากสมการ $M = NIAB \cos \theta$ |
| | ๔. สังเกต และอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดขดลวดตัวนำจะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำนั้น อธิบายได้โดยใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้โดยใช้กฎของเลนซ์ ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แบลสตัดแบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกีตาร์ไฟฟ้า |
| | <p>๕. อธิบาย และคำนวณความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส</p> | <ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือน มีความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ การวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าสลับใช้ค้ายังผลหรือคามีเตอร์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย คำนวณได้จากสมการ $V_{\text{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$ $I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ |
| | <p>๖. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส มีขดลวดตัวนำ ๓ ชุด แต่ละชุดวางทำมุม ๑๒๐ องศา ซึ่งกันและกัน ไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุดจะมีเฟสต่างกัน ๑๒๐ องศา ซึ่งช่วยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งไปตามบ้านเรือนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องเพิ่มอีเอ็มเอฟจากโรงไฟฟ้าแล้วลดอีเอ็มเอฟให้มีค่าที่ต้องการโดยใช้หม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง โดยอีเอ็มเอฟในขดลวดทุติยภูมิขึ้นกับอีเอ็มเอฟในขดลวดปฐมภูมิและจำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง ตามสมการ $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | <p>๗. อธิบายการเกิดและลักษณะเฉพาะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงไมโครเวฟ แสงโพลาไรซ์เชิงเส้น และแผ่นโพลาไรซ์ รวมทั้งอธิบายการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้และหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การเหนี่ยวนำต่อเนื่องระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกจากแหล่งกำเนิด • คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยสนามทั้งสองมีทิศตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น • แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง โดยแสงในชีวิตประจำวันเป็นแสงไมโครเวฟ เมื่อแสงนั้นผ่านแผ่นโพลาไรซ์ สนามไฟฟ้าจะมีทิศทางอยู่ในระนาบเดียวเรียกว่า แสงโพลาไรซ์เชิงเส้น สมบัติของแสงลักษณะนี้เรียกว่า โพลาไรเซชัน • คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ต่าง ๆ มากมาย โดยความถี่นี้มีค่าต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง เรียกว่าสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า • ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น เครื่องฉายรังสีเอกซ์ เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายภาพการสั่นพ้องแม่เหล็ก |
| | <p>๘. สืบค้น และอธิบายการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศ และเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การสื่อสารเพื่อส่งผ่านสารสนเทศจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ทำได้โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สารสนเทศจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณสำหรับส่งไปยังปลายทางซึ่งจะมีการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสารสนเทศที่เหมือนเดิม • สัญญาณมีสองชนิดคือแอนะล็อกและดิจิทัล โดยการส่งผ่านสารสนเทศด้วยสัญญาณดิจิทัลมีความผิดพลาดน้อยกว่าสัญญาณแอนะล็อก |

สาระพืลิกส์

๔. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปราณุกการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | - | - |
| ม.๖ | <p>๑. อธิบาย และคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน</p> <p>๒. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้งทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดูลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> เมื่อสสารได้รับหรือคายความร้อน สสารอาจมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป และสสารอาจเปลี่ยนสถานะโดยไม่เปลี่ยนอุณหภูมิ ซึ่งปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิกำนวนได้จากสมการ $Q = mc\Delta T$ ส่วนปริมาณของพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mL$ วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายโอนความร้อนไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งให้จะเท่ากับปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งรับ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$ เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิเท่ากันจะไม่มีถ่ายโอนความร้อน เรียกว่าวัตถุอยู่ในสมดุลความร้อน สมบัติที่วัสดุเปลี่ยนรูปและกลับสู่รูปเดิม เมื่อหยุดออกแรงกระทำเรียกว่า สภาพยืดหยุ่น ถ้ายังออกแรงต่อไป วัสดุจะขาดหรือเสียรูปอย่างถาวร ในกรณีที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความยาว ถ้าออกแรงกระทำต่อเส้นลวดไม่เกินขีดจำกัดการแปรผันตรง ความยาวที่เพิ่มขึ้นของเส้นลวดแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง ทำให้ความเครียดตามยาวที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <p>ความเค้นตามยาว โดยความเค้นตามยาว</p> <p>คำนวณได้จากสมการ $\sigma = \frac{F}{A}$ ส่วนความเครียดตามยาวคำนวณได้จากสมการ $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$</p> <ul style="list-style-type: none"> อัตราส่วนความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาว เรียกว่า มอดุลัสของยัง ซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิดของวัสดุ คำนวณได้จากสมการ $Y = \frac{\sigma}{\epsilon}$ หรือ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$ ถ้าวัสดุมีมอดุลัสของยังสูงแสดงว่าวัสดุนั้นเปลี่ยนแปลงความยาวได้น้อย ถ้าออกแรงเพิ่มขึ้นเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น วัสดุไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ สมบัตินี้นำไปใช้พิจารณาในการเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน |
| ๓. | อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก | <ul style="list-style-type: none"> ลักษณะที่มีของเหลวบรรจุอยู่จะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของแรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยเป็นความดันในของเหลว ความดันที่เครื่องมือวัดได้ เรียกว่า ความดันเกจ คำนวณได้จากสมการ $P_g = \rho gh$ ส่วนผลรวมของความดันบรรยากาศและความดันเกจ เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ คำนวณได้จากสมการ $P = P_0 + P_g$ ค่าของความดันอ่านได้จากเครื่องวัดความดัน เช่น แมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ เมื่อเพิ่มความดัน ณ ตำแหน่งใด ๆ ในของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นจะส่งผ่านไปทุก ๆ จุดในของเหลว นั่น เรียกว่า กฎพาสคัล กฎนี้นำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๔. ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล | <ul style="list-style-type: none"> วัตถุที่อยู่ในของไหลทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน จะถูกแรงพยุงจากของไหลกระทำ โดยขนาดแรงพยุงเท่ากับขนาดน้ำหนักของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ตามหลักของอาร์คิมิดีส ซึ่งใช้อธิบายการลอยการจมของวัตถุต่าง ๆ ในของไหล ขนาดแรงพยุงจากของไหลคำนวณได้จากสมการ $F_b = \rho Vg$ |
| | ๕. ทดลอง อธิบาย และคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงเหน็ดของของเหลว | <ul style="list-style-type: none"> ความตึงผิวเป็นสมบัติของของเหลวที่ยึดผิวของเหลวไว้ด้วยแรงตึงผิว ปรากฏการณ์ที่เป็นผลจากความตึงผิว เช่น การเดินบนผิวน้ำของแมลงบางชนิด การซึมตามรูเล็ก หรือ การโค้งงอของผิวของเหลว โดยความตึงผิวของของเหลวคำนวณได้จากสมการ $\gamma = \frac{F}{l}$ ความเหน็ดเป็นสมบัติของของไหล วัตถุที่เคลื่อนที่ในของไหลจะมีแรงเนื่องจากความเหน็ดต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า แรงเหน็ด |
| | ๖. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ | <ul style="list-style-type: none"> ของไหลอุดมคติเป็นของไหลที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีความเหน็ด บีบอัดไม่ได้ และไหลโดยไม่หมุน มีอัตราการไหลตามสมการความต่อเนื่อง $Av = \text{ค่าคงตัว}$ ตำแหน่งสองตำแหน่งบนสายกระแสเดียวกันของของไหลอุดมคติที่ไหลอย่างสม่ำเสมอ จะมีผลรวมของความดันสัมบูรณ์ พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เป็นค่าคงตัวตามสมการแบร์นูลลี $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{ค่าคงตัว}$ |
| | ๗. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> แก๊สอุดมคติเป็นแก๊สที่โมเลกุลมีขนาดเล็กมาก ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม และมีการชนแบบยืดหยุ่น ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของแก๊สอุดมคติเป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $PV = nRT = Nk_b T$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | ๘. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> จากแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และจากกฎของแก๊สอุดมคติ ทำให้สามารถศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของแก๊สได้ ได้แก่ ความดัน พลังงานจลน์เฉลี่ย และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส ของโมเลกุลของแก๊สได้ จากทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สมีความสัมพันธ์ตามสมการ $PV = \frac{2}{3} N \bar{E}_k$ ส่วนอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สคำนวณได้จากสมการ $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$ |
| | ๙. อธิบาย และคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาวะปิด โดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบ ไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน | <ul style="list-style-type: none"> ในภาวะปิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สโดยความดันคงตัว งานที่เกิดขึ้นคำนวณได้จากสมการ $W = P\Delta V$ โมเลกุลของแก๊สอุดมคติในภาวะปิดจะมีพลังงานจลน์ โดยพลังงานจลน์รวมของโมเลกุลเรียกว่า พลังงานภายในของแก๊สหรือพลังงานภายในระบบ ซึ่งแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส พลังงานภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงาน เช่น เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนในระบบปิด ผลของการถ่ายโอนความร้อนนี้จะเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงกับงาน เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานเรียกกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ แสดงได้ด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ ความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ |
| | ๑๐. อธิบายสมมติฐานของพลังค์ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ และการเกิดเส้นสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> พลังค์เสนอสมมติฐานเพื่ออธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำ ซึ่งสรุปได้ว่า พลังงานที่วัตถุดำดูดกลืนหรือแผ่ออกมามีค่าได้เฉพาะบางค่าเท่านั้น และค่านี้จะเป็นจำนวนเท่าของ hf เรียกว่า ควอนตัมพลังงาน โดยแสงความถี่ f จะมีพลังงานตามสมการ $E = nhf$ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ทฤษฎีอะตอมของไฮโดรเจนที่เสนอโดยโบร์ อธิบายว่า อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสในวงโคจรบางวงได้โดยไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถ้าอิเล็กตรอนมีการเปลี่ยนวงโคจรจะมีการรับหรือปล่อยพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามสมมติฐานของพลังค์ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณรัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอน และพลังงานอะตอมของไฮโดรเจนได้ตามสมการ $r_n = \left(\frac{\hbar^2}{mke^2} \right) n^2 \text{ และ } E_n = -\frac{1}{2} \frac{mk^2e^4}{\hbar^2} \left(\frac{1}{n^2} \right)$ ตามลำดับ ทฤษฎีอะตอมของโบร์สามารถนำไปคำนวณความยาวคลื่นของแสงในสเปกตรัมเส้นสว่างของอะตอมไฮโดรเจนตามสมการ $\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right]$ |
| | <p>๑๑. อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและคำนวณพลังงานโฟตอน พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะ</p> | <ul style="list-style-type: none"> ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะเมื่อมีแสงที่มีความถี่เหมาะสมมาตกกระทบ โดยจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงและพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนจะขึ้นกับความถี่ของแสงนั้น โดยพลังงานของแสงหรือโฟตอนตามสมมติฐานของพลังค์ อินส์ไตน์อาศัยกฎการอนุรักษ์พลังงานและสมมติฐานของพลังค์ อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกตามสมการ $hf = W + E_{k_{\max}}$ การทดลอง พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนและฟังก์ชันงานของโลหะคำนวณได้จากสมการ $E_{k_{\max}} = eV_s$ และ $W = hf_0$ ตามลำดับ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | ๑๒. อธิบายทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค รวมทั้ง อธิบาย และคำนวณความยาวคลื่นเดอบรอยล์ | <ul style="list-style-type: none"> การค้นพบการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนสนับสนุนความคิดของเดอบรอยล์ ที่เสนอว่า อนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้ โดยเมื่ออนุภาคประพฤติตัวเป็นคลื่นจะมีความยาวคลื่น เรียกว่า ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ ซึ่งมีค่าขึ้นกับโมเมนตัมของอนุภาค ตามสมการ $\lambda = \frac{h}{p}$ จากความคิดของไอน์สไตน์และเดอบรอยล์ ทำให้สรุปได้ว่า คลื่นแสดงสมบัติของอนุภาคได้และอนุภาคแสดงสมบัติของคลื่นได้ สมบัตินี้เรียกว่า ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค |
| | ๑๓. อธิบายกัมมันตภาพรังสีและความแตกต่างของรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา | <ul style="list-style-type: none"> กัมมันตภาพรังสีเป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุกัมมันตรังสีแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่อง รังสีที่ออกมา มี ๓ ชนิด คือ แอลฟา บีตา และแกมมา การแผ่รังสีเกิดจากการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสของธาตูกัมมันตรังสี ซึ่งเขียนแทนได้ด้วยสมการการสลายให้แอลฟา ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$ การสลายให้บีตาลบ ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A+1}_ZY + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e$ การสลายให้บีตาบวก ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-1}_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e + \nu_e$ การสลายให้แกมมา ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_ZX^* + \gamma$ |
| | ๑๔. อธิบาย และคำนวณกัมมันตภาพของนิวเคลียสกัมมันตรังสี รวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณจำนวนนิวเคลียสกัมมันตภาพรังสีที่เหลือจากการสลาย และครึ่งชีวิต | <ul style="list-style-type: none"> ในการสลายของธาตูกัมมันตรังสี อัตราการแผ่รังสีออกมาในขณะหนึ่ง เรียกว่า กัมมันตภาพ ปริมาณนี้บอกถึงอัตราการลดลงของจำนวนนิวเคลียสของธาตูกัมมันตรังสี จำนวนได้จากสมการ $A = \lambda N$ ช่วงเวลาที่จำนวนนิวเคลียสลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้น เรียกว่า ครึ่งชีวิต โดยจำนวนนิวเคลียสกัมมันตภาพรังสีที่เหลือจากการสลาย และครึ่งชีวิตคำนวณได้จากสมการ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ และ $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ตามลำดับ |
| | ๑๕. อธิบายแรงนิวเคลียร์ เสถียรภาพของนิวเคลียส และพลังงานยึดเหนี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | <ul style="list-style-type: none"> ภายในนิวเคลียสมีแรงนิวเคลียร์ที่ใช้อธิบายเสถียรภาพของนิวเคลียส |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • การทำให้นิวคลีออนในนิวเคลียสแยกออกจากกันต้องใช้พลังงานเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยว ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ • นิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนสูง จะมีเสถียรภาพดีกว่านิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนต่ำ โดยพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนคำนวณได้จากสมการ $\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$ |
| | ๑๖. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชันและฟิวชัน รวมทั้งคำนวณพลังงานนิวเคลียร์ | <ul style="list-style-type: none"> • ปฏิกิริยาที่ทำให้นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือระดับพลังงาน เรียกว่าปฏิกิริยานิวเคลียร์ • ฟิชชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลมาก แตกออกเป็นนิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า ส่วนฟิวชันเป็นปฏิกิริยาที่นิวเคลียสที่มีมวลน้อย รวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสที่มีมวลมากขึ้น • พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันหรือฟิวชัน เรียกว่า พลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งมีค่าเป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ |
| | ๑๗. อธิบายประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ และรังสี รวมทั้งอันตรายและการป้องกันรังสีในด้านต่าง ๆ | <ul style="list-style-type: none"> • พลังงานนิวเคลียร์และรังสีจากการสลายของธาตุกัมมันตรังสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ขณะเดียวกันต้องมีการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ |
| | ๑๘. อธิบายการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคแบบจำลองมาตรฐาน และการใช้ประโยชน์จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ | <ul style="list-style-type: none"> • การศึกษาโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสด้วยเครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูงพบว่า โปรตอนและนิวตรอนประกอบด้วยอนุภาคอื่นที่มีขนาดเล็กกว่า เรียกว่า ควาร์ก ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ด้วยแรงเข้ม • นักฟิสิกส์ยังได้ค้นพบอนุภาคที่เป็นสื่อของแรงเข้ม ซึ่งได้แก่ กลูออน และอนุภาคที่เป็นสื่อของแรงอ่อน ซึ่งได้แก่ W - โบซอน และ Z - โบซอน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---------------|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • อนุภาคที่ไม่สามารถแยกเป็นองค์ประกอบได้ รวมทั้งอนุภาคที่เป็นสื่อของแรง จัดเป็นอนุภาคมูลฐานในแบบจำลองมาตรฐาน • แบบจำลองมาตรฐานเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายพฤติกรรมและอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคมูลฐาน • การค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการแพทย์ มีการใช้เครื่องเร่งอนุภาคในการรักษาโรคมะเร็ง การใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีระนาบด้วยการปล่อยโพซิตรอนในการวินิจฉัยโรคมะเร็ง ด้านการรักษาความปลอดภัย มีการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในการตรวจวัดถุกอันตรายในสนามบิน |

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

๑. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัย และผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ การนำไปใช้ประโยชน์

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| ม.๔ | ๑. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน | <ul style="list-style-type: none"> การศึกษาโครงสร้างโลกใช้ข้อมูลหลายด้าน เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ องค์ประกอบทางเคมีของอุกกาบาต ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านโลก จึงสามารถแบ่งชั้นโครงสร้างโลกได้ ๒ แบบ คือ โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี แบ่งได้เป็น ๓ ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก และโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล แบ่งได้เป็น ๕ ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน นอกจากนี้ยังมีการค้นพบรอยต่อระหว่างชั้นโครงสร้างโลก เช่น แนวแบ่งเขตโมโฮโรวิชิก แนวแบ่งเขตกูเทนเบิร์ก แนวแบ่งเขตเลห์แมน |
| | ๒. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี | <ul style="list-style-type: none"> แผ่นธรณีต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบของ ธรณีภาค ซึ่งเป็นชั้นนอกสุดของโครงสร้างโลก โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีดังกล่าว อธิบายได้ตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีทวีปเลื่อนและทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร โดยมีหลักฐานที่สนับสนุน ได้แก่ รูปร่างของขอบทวีปที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินและแนวเทือกเขา ซากดึกดำบรรพ์ ร่องรอย การเคลื่อนที่ของ ตะกอนธารน้ำแข็ง ภาวะแม่เหล็กโลกบรรพกาล อายุหินของพื้นมหาสมุทร รวมทั้ง การค้นพบ สันเขากลางสมุทร และร่องลึกก้นสมุทร |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๓. ระบุสาเหตุและอธิบายแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การพาความร้อนของแมกมาภายในโลก ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้สำรวจพบหลักฐานทางธรณีวิทยา ได้แก่ ธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างที่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี เช่น ร่องลึกก้นสมุทรมหุเกาภูเขาไฟรูปโค้ง แนวภูเขาไฟ แนวเทือกเขา หุบเขาทรุด และสันเขากลางสมุทรรอยเลื่อน นอกจากนี้ยังพบการเกิดธรณีพิบัติภัยที่บริเวณแนวรอยต่อของแผ่นธรณี เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ซึ่งหลักฐานดังกล่าวสัมพันธ์กับรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี นักวิทยาศาสตร์จึงสรุปได้ว่าแนวรอยต่อของแผ่นธรณีมี ๓ รูปแบบ ได้แก่ แนวแผ่นธรณีแยกตัว แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน แนวแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกันในแนวราบ |
| | <p>๔. วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และอธิบายลำดับเหตุการณ์ ทางธรณีวิทยาในอดีต</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การลำดับชั้นหิน เป็นการศึกษาการวางตัว การแผ่กระจาย ลำดับอายุ ความสัมพันธ์ของชั้นหิน รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง และหลักฐานทางธรณีวิทยาอื่น ๆ ที่ปรากฏ ทำให้ทราบลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นบนโลกตั้งแต่กำเนิดโลกจนถึงปัจจุบัน • หลักฐานทางธรณีวิทยา ได้แก่ ซากดึกดำบรรพ์ หิน และลักษณะโครงสร้างทางธรณี ซึ่งนำมาหาอายุได้ ๒ แบบ ได้แก่ อายุเปรียบเทียบ คือ อายุของ ซากดึกดำบรรพ์ หิน และ/หรือ เหตุการณ์ทางธรณีวิทยา เมื่อเทียบกับ ซากดึกดำบรรพ์ หิน และ/หรือเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาอื่น ๆ และอายุสัมบูรณ์ คือ อายุที่ระบุเป็นตัวเลขของหิน และ/หรือเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาซึ่งคำนวณได้จากไอโซโทปของธาตุ • ข้อมูลจากอายุเปรียบเทียบและอายุสัมบูรณ์ สามารถนำมาจัดทำมาตราธรณีกาล คือ การลำดับช่วงเวลาของโลกตั้งแต่เกิดจนถึงปัจจุบัน แบ่งออกเป็น บรมยุค มหายุค ยุค และสมัย ซึ่งแต่ละช่วงเวลามีสิ่งมีชีวิต สภาพแวดล้อมและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | <p>๕. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด และปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของการปะทุ และรูปร่างของภูเขาไฟแตกต่างกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</p> | <ul style="list-style-type: none"> ภูเขาไฟระเบิด เกิดจากการแทรกดันของแมกมาขึ้นมาตามส่วนเปราะบาง หรือรอยแตกบนเปลือกโลก มักพบหนาแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นธรณีทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัย ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแมกมา ผลจากการระเบิดของภูเขาไฟมีทั้งประโยชน์และโทษ จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย |
| | <p>๖. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</p> | <ul style="list-style-type: none"> แผ่นดินไหวเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ของเปลือกโลกในรูปของคลื่นไหวสะเทือน แผ่นดินไหวมีขนาดและความรุนแรงแตกต่างกัน และทำลายทรัพย์สิน ศูนย์เกิดแผ่นดินไหวมักอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นธรณี และพื้นที่ภายใต้อิทธิพลของการเคลื่อนของแผ่นธรณีที่ระดับความลึกต่างกัน ให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว ซึ่งส่งผลให้สิ่งก่อสร้างเสียหาย เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย |
| | <p>๗. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิรวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย</p> | <ul style="list-style-type: none"> สึนามิ คือคลื่นน้ำที่เกิดจากการแทนที่มวลน้ำในปริมาณมหาศาล ส่วนมากจะเกิดในทะเลหรือมหาสมุทร โดยคลื่นมีลักษณะเฉพาะ คือความยาวคลื่นมากและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่ออยู่กลางมหาสมุทรจะมีความสูงคลื่นน้อยและอาจเพิ่มความสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณน้ำตื้น ทำให้พื้นที่บริเวณชายฝั่งบางบริเวณเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยสึนามิ ก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งก่อสร้างในบริเวณชายหาดนั้น จึงต้องศึกษาแนวทางในการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | ๘. ตรวจสอบ และระบุชนิดแร่ รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ที่เหมาะสม | <ul style="list-style-type: none"> • แร่ คือ ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่มีสถานะเป็นของแข็ง เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีโครงสร้างภายในที่เป็นระเบียบ และมีสูตรเคมีและสมบัติอื่น ๆ ที่แน่นอน หรืออาจเปลี่ยนแปลงได้ภายใต้วงจำกัด ทำให้แร่มีสมบัติทางกายภาพที่แน่นอนสามารถนำมาใช้เพื่อตรวจสอบชนิดของแร่ทางกายภาพ และการทำปฏิกิริยาเคมีกับกรด • ทรัพยากรแร่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท เช่น อาหารและยา เครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อัญมณี |
| | ๙. ตรวจสอบ จำแนกประเภท และระบุชื่อหิน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรหินที่เหมาะสม | <ul style="list-style-type: none"> • หิน เป็นมวลของแข็งที่ประกอบด้วยแร่ ตั้งแต่ ๑ ชนิดขึ้นไป หรือประกอบด้วยแก้วธรรมชาติหรือสสารจากสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นเอง • หินสามารถจำแนกตามลักษณะการเกิดและเนื้อหิน ได้เป็น ๓ ประเภท ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอน และหินแปร การระบุชื่อของหินแต่ละประเภท จะใช้ลักษณะและองค์ประกอบทางแร่ของหินเป็นเกณฑ์ หินสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น วัสดุก่อสร้าง เครื่องประดับ วัตถุดิบในอุตสาหกรรม |
| | ๑๐. อธิบายกระบวนการเกิด และการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน โดยใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยา ๑๑. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียมและถ่านหิน พร้อมนำเสนอการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม | <ul style="list-style-type: none"> • ทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินเป็นทรัพยากรสิ้นเปลืองที่มีอยู่อย่างจำกัด ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถเกิดขึ้นทดแทนได้ในเวลาอันรวดเร็ว ทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม ที่สำคัญของประเทศ เช่น การคมนาคม การผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่าง ๆ • การศึกษากระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหินต้องใช้ความรู้พื้นฐานธรณีวิทยาหลายด้าน เช่น ตะกอนวิทยา การลำดับชั้นหิน ธรณีโครงสร้าง รวมทั้งวิธีการและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำทรัพยากรมาใช้ได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๑๒. อ่านและแปลความหมายจากแผนที่ ภูมิประเทศ และแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ ที่กำหนด พร้อมทั้งอธิบายและยกตัวอย่าง การนำไปใช้ประโยชน์ | <ul style="list-style-type: none"> • แผนที่ภูมิประเทศ เป็นแผนที่ที่สร้างเพื่อจำลองลักษณะของผิวโลกหรือบางส่วนของพื้นที่บนผิวโลก โดยมีทิศทางที่ชัดเจน และมาตราส่วนขนาดต่าง ๆ ตามความเหมาะสมกับการใช้งาน แผนที่ภูมิประเทศมักแสดงเส้นชั้นความสูง และคำอธิบายสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏในแผนที่ • แผนที่ธรณีวิทยา เป็นแผนที่แสดงการกระจายตัวของหินกลุ่มต่างๆ ที่โผล่ให้เห็นบนพื้นผิว ทำให้ทราบถึงขอบเขตของหินในพื้นที่ นอกจากนี้ยังแสดงลักษณะการวางตัวของชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์ และธรณีโครงสร้าง • ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยาสามารถนำไปใช้วางแผนการใช้ประโยชน์และประเมินศักยภาพของพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม เช่น ประเมินศักยภาพแหล่งทรัพยากรธรณีต่าง ๆ การวางผังเมือง การสร้างเขื่อน |
| ม.๕ | - | - |
| ม.๖ | - | - |

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

๒. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | <p>๑. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและคายพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน และผลที่มีต่ออุณหภูมิอากาศในแต่ละบริเวณของโลก</p> <p>๒. อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก</p> | <ul style="list-style-type: none"> • บริเวณต่าง ๆ ของโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากโลกมีฐานคล้ายทรงกลมและแกนหมุนโลกเอียงทำมุมกับแนวตั้งฉากกับระนาบการโคจรของโลก รอบดวงอาทิตย์ ส่งผลต่อการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งส่วนที่ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศจนถึงพื้นผิวโลก จะเกิดกระบวนการสะท้อน ดูดกลืน และถ่ายโอนพลังงาน แล้วปลดปล่อยกลับสู่อวกาศแตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะของพื้นผิว ชนิดและปริมาณของแก๊สเรือนกระจก ละอองลอย และเมฆ ทำให้พื้นผิวโลกแต่ละบริเวณมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน • พลังงานจากดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยที่โลกได้รับ เท่ากับพลังงานเฉลี่ยที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกในแต่ละปีค่อนข้างคงที่ |
| | <p>๓. อธิบายผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การหมุนเวียนของอากาศเกิดขึ้นจากความกดอากาศที่แตกต่างกันระหว่างสองบริเวณ โดยอากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวราบ และเมื่อพิจารณาในการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวตั้ง จะพบว่าอากาศเหนือบริเวณความกดอากาศต่ำจะมีการยกตัวขึ้น ขณะที่อากาศเหนือบริเวณความกดอากาศสูงจะจมตัวลง โดยการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งในแนวราบและแนวตั้งนี้ ทำให้เกิดเป็นการหมุนเวียนของอากาศ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • การหมุนรอบตัวเองของโลกจะทำให้เกิดแรงคอริโอลิสซึ่งมีผลให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศเบนไป โดยอากาศที่เคลื่อนที่ในบริเวณซีกโลกเหนือจะเบนไปทางขวาจากทิศทางเดิม ส่วนบริเวณซีกโลกใต้จะเบนไปทางซ้ายจากทิศทางเดิม เช่น ลมค้า และมรสุม • แรงสู่ศูนย์กลางซึ่งทำให้เกิดการหมุนของลม เช่น พายุหมุนเขตร้อน ทอร์นาโด พายุวงช้าง และแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ หรือแรงเสียดทาน ส่งผลต่ออัตราเร็วลม เช่น พายุไต้ฝุ่นเมื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่งจะลดระดับความรุนแรงลงเป็นพายุโซนร้อนหรือดีเปรสชัน |
| | <p>๔. อธิบายการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • แต่ละบริเวณของโลกมีความกดอากาศแตกต่างกัน ประกอบกับอิทธิพลจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้อากาศในแต่ละซีกโลกเกิดการหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด แบ่งออกเป็น ๓ แถบ โดยแต่ละแถบบั้มีภูมิอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ การหมุนเวียนแถบขั้วโลกมีภูมิอากาศแบบหนาวเย็น การหมุนเวียนแถบละติจูดกลางมีภูมิอากาศแบบอบอุ่น และการหมุนเวียนแถบเขตร้อนมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น • บริเวณรอยต่อของการหมุนเวียนอากาศแต่ละแถบละติจูด จะมีลักษณะลมฟ้าอากาศที่แตกต่างกัน เช่น บริเวณใกล้ศูนย์สูตรมีปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น บริเวณละติจูด ๓๐ องศา มีอากาศแห้งแล้ง ส่วนบริเวณละติจูด ๖๐ องศา อากาศมีความแปรปรวนสูง |
| | <p>๕. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร</p> | <ul style="list-style-type: none"> • น้ำในมหาสมุทรมีอุณหภูมิและความเค็มของน้ำแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ และแต่ละระดับความลึก ซึ่งหากพิจารณามวลน้ำในแนวตั้ง และใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ จะสามารถแบ่งชั้นน้ำได้เป็น ๓ ชั้น คือ น้ำชั้นบน น้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ และน้ำชั้นล่าง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|--|
| | <p>๖. อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรและรูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรได้รับอิทธิพลจากการหมุนเวียนของอากาศในแต่ละแถบละติจูดเป็นปัจจัยหลัก ประกอบกับแรงคอริโอลิสทำให้บริเวณซีกโลกเหนือมีการไหลเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ซึ่งกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรมีทั้งกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็น ส่วนการหมุนเวียนกระแสน้ำลึกเป็นการหมุนเวียนของน้ำชั้นล่าง เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำ โดยกระแสน้ำผิวหน้าและกระแสน้ำลึกจะหมุนเวียนต่อเนื่องกัน |
| | <p>๗. อธิบายผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทร ส่งผลต่อลักษณะอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไป เช่น การเกิดน้ำผุดน้ำจม จะส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่ง เช่น กระแสน้ำอุ่นกัลฟ์สตรีม ที่ทำให้บางประเทศในทวีปยุโรปไม่หนาวเย็นจนเกินไปนักและเมื่อการหมุนเวียนอากาศและน้ำในมหาสมุทรแปรปรวน ทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพลมฟ้าอากาศ เช่น ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของลมค้าและส่งผลกระทบต่อสภาพลมฟ้าอากาศของประเทศที่อยู่บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก รวมถึงบริเวณอื่น ๆ บนโลก |
| | <p>๘. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • เสถียรภาพอากาศ หมายถึง สภาวะของบรรยากาศที่ช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งให้ก้อนอากาศเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้ง ในกรณีที่ก้อนอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศที่อยู่โดยรอบ ก้อนอากาศนั้นจะไม่สามารถยกตัวสูงขึ้นได้มากนัก และจมตัวกลับสู่ที่เดิม เรียกว่า อากาศมีเสถียรภาพ จะพบสภาวะอากาศแจ่มใส เมฆน้อยหรือปราศจากเมฆ ส่วนสภาวะอากาศไม่มีเสถียรภาพนั้น อุณหภูมิที่ก้อนอากาศจะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบทำให้ก้อนอากาศยกตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดเมฆในแนวตั้ง เช่น เมฆคิวมูโลนิมบัส |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | <p>๙. อธิบายการเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง</p> | <ul style="list-style-type: none"> แนวปะทะอากาศเกิดจากการเคลื่อนที่ปะทะกันของก้อนอากาศที่สมบัติต่างกันตั้งแต่สองก้อนขึ้นไป แนวปะทะอากาศแบ่งออกได้ ๔ รูปแบบ คือ แนวปะทะอากาศอุ่น ซึ่งมักพบเมฆแผ่น เช่น เมฆซีร์รัส อัลโตสเตรตัส เกิดฝนกระจายเป็นบริเวณกว้าง แนวปะทะอากาศเย็น เกิดเมฆก้อน เช่น เมฆคิวมูโลนิมบัส ทำให้อากาศแปรปรวนเกิดฝนฟ้าคะนอง แนวปะทะอากาศรวม เกิดเมฆคิวมูโลนิมบัสที่ส่งผลต่อการเกิดพายุฝน แนวปะทะอากาศคงที่ จะมีลักษณะอากาศแจ่มใส จนถึงมีเมฆบางส่วน และอาจส่งผลให้เกิดแนวปะทะอากาศแบบอื่นต่อไปได้ |
| | <p>๑๐. อธิบายปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลสนับสนุน</p> | <ul style="list-style-type: none"> โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ โดยปริมาณพลังงานเฉลี่ยที่โลกได้รับเท่ากับพลังงานเฉลี่ยที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศ ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในแต่ละปีค่อนข้างคงที่และมีลักษณะภูมิอากาศที่ไม่เปลี่ยนแปลง หากสมดุลพลังงานของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกและภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ โดยมีปัจจัยหลายประการ ทั้งปัจจัยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและปัจจัยที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงความรีของวงโคจรโลกรอบดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของแกนหมุนโลกและการหมุนควงของแกนหมุนโลก รวมทั้งชนิดและปริมาณของละอองลอย เมฆ และแก๊สเรือนกระจก ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันที่ได้จากการวิเคราะห์หลักฐานต่าง ๆ เช่น แคนน้ำแข็ง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๑๑. วิเคราะห์ และอภิปรายเหตุการณ์ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และนำเสนอแนวปฏิบัติของมนุษย์ที่มีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลก การหลอมเหลวของน้ำแข็งขั้วโลก การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศทั้งทางบกและทางทะเล • มนุษย์อาจมีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกได้โดยการลดปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานที่เกิดจากกระทำของมนุษย์ |
| | <p>๑๒. แปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศบนแผนที่อากาศ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • แบบแสดงข้อมูลของสถานีตรวจอากาศผิวพื้นเป็นการแสดงข้อมูลตรวจอากาศที่แสดงในรูปสัญลักษณ์หรือตัวเลขที่ปรากฏบนแผนที่อากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ความเร็วและทิศทางลม ปริมาณและชนิดของเมฆ ทำให้ทราบลักษณะอากาศ ณ สถานีนั้น ๆ ในเวลาที่มีการตรวจวัด เมื่อนำข้อมูลของสถานีตรวจอากาศผิวพื้นมาแสดงในแผนที่อากาศทำให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะอากาศในบริเวณกว้างได้ เช่น บริเวณความกดอากาศสูง หย่อมความกดอากาศต่ำ พายุหมุนเขตร้อน ร่องความกดอากาศต่ำ |
| | <p>๑๓. วิเคราะห์ และคาดการณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศอื่น ๆ เพื่อวางแผนในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การแปลความหมายสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนแผนที่อากาศ ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศอื่น ๆ เช่น โปรแกรมประยุกต์เกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศ เรดาร์ตรวจอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และค่าทางสถิติ สามารถนำมาวิเคราะห์รูปแบบคาดการณ์การเกิดและการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศในช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้วางแผนการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ เช่น การเลือกช่วงเวลาในการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับฤดูกาล การเตรียมพร้อมรับมือสภาพอากาศแปรปรวน |
| ม.๖ | - | - |

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

๓. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้า และปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| ม.๔ | - | - |
| ม.๕ | - | - |
| ม.๖ | <p>๑. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร อนุภาคมูลฐานของเอกภพหลังเกิดบิกแบง ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ</p> | <ul style="list-style-type: none"> ทฤษฎีกำเนิดเอกภพที่ยอมรับในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีบิกแบง ระบุว่าเอกภพเริ่มต้นจากบิกแบง ที่เอกภพมีขนาดเล็กมาก และมีอุณหภูมิสูงมาก ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของเวลาและวิวัฒนาการของ เอกภพ โดยหลังเกิดบิกแบง เอกภพเกิดการ ขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีอุณหภูมิลดลง มีสสาร คงอยู่ในรูปอนุภาคและปฏิยานุภาคหลายชนิด และมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมี เนบิวลา กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ เป็นสมาชิกบางส่วนของเอกภพ |
| | <p>๒. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทาง ของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟ พื้นหลังจากอวกาศ</p> | <ul style="list-style-type: none"> หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ ซึ่งอธิบายด้วยกฎฮับเบิล โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแนวรัศมี และระยะทางของกาแล็กซีที่เคลื่อนที่ห่าง ออกจากโลกและหลักฐานอีกประการ คือ การค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังที่กระจายตัวอย่าง สม่ำเสมอทุกทิศทาง และสอดคล้องกับอุณหภูมิ เฉลี่ยของอวกาศ มีค่าประมาณ ๒.๗๓ เคลวิน |
| | <p>๓. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซี ทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับ การสังเกตเห็น ทางช้างเผือกของคนบนโลก</p> | <ul style="list-style-type: none"> กาแล็กซี ประกอบด้วย ดาวฤกษ์จำนวน หลายแสนล้านดวง ซึ่งอยู่กันเป็นระบบของ ดาวฤกษ์ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเพห์ฟ้าอื่น เช่น เนบิวลา และสสารระหว่างดาว โดย องค์ประกอบต่าง ๆ ภายในของกาแล็กซี อยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> กาแล็กซีมีรูปร่างแตกต่างกัน โดยระบบสุริยะอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งเป็นกาแล็กซีกังหันแบบมีคาน มีโครงสร้าง คือ นิวเคลียส จาน และฮาโล ดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่ในบริเวณนิวเคลียสและจาน โดยมีระบบสุริยะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของกาแล็กซีทางช้างเผือก ประมาณ ๓๐,๐๐๐ ปีแสง ซึ่งทางช้างเผือกที่สังเกตเห็นในท้องฟ้าเป็นบริเวณหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือกในมุมมองของคนบนโลก แถบฝ้าสีขาวจาง ๆ ของทางช้างเผือกคือดาวฤกษ์ ที่อยู่อย่างหนาแน่นในกาแล็กซีทางช้างเผือก |
| | <p>๔. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาดจากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์</p> <p>๕. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอนไนโตรเจน ออกซิเจน</p> | <ul style="list-style-type: none"> ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นระบบดาวฤกษ์คือ ดาวฤกษ์ที่อยู่รวมกัน ตั้งแต่ ๒ ดวงขึ้นไป ดาวฤกษ์เป็นก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่ เกิดจากการยุบตัวของกลุ่มสสารในเนบิวลาภายใต้แรงโน้มถ่วง ทำให้บางส่วนของเนบิวลาที่มีขนาดเล็กลง ความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด เมื่ออุณหภูมิที่แก่นสูงขึ้นจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ ดาวฤกษ์ก่อนเกิดจะกลายเป็นดาวฤกษ์ ดาวฤกษ์อยู่ในสภาพสมดุลระหว่างแรงดันกับแรงโน้มถ่วงซึ่งเรียกว่าสมดุลอุทกสถิต จึงทำให้ดาวฤกษ์มีขนาดคงที่เป็นเวลานานตลอดช่วงชีวิตของดาวฤกษ์ ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ เป็นปฏิกิริยาหลักของกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ทำให้เกิดการหลอมนิวเคลียสของไฮโดรเจนเป็นนิวเคลียสฮีเลียมที่แก่นของดาวฤกษ์ ซึ่งมี ๒ กระบวนการ คือ ปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | ๖. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ | <ul style="list-style-type: none"> ความส่องสว่างของดาวฤกษ์เป็นพลังงานจากดาวฤกษ์ที่ปลดปล่อยออกมาในเวลา ๑ วินาทีต่อหน่วยพื้นที่ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต แต่เนื่องจากตาของมนุษย์ไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างที่มีค่าน้อย ๆ จึงกำหนดค่าการเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวฤกษ์ด้วยค่าโชติมาตร ซึ่งเป็นการแสดงระดับความส่องสว่างของดาวฤกษ์ (หรือเทห์ฟ้าอื่น) ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต |
| | ๗. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ | <ul style="list-style-type: none"> สีของดาวฤกษ์สัมพันธ์กับอุณหภูมิผิว ซึ่งนักดาราศาสตร์ใช้ดัชนีสีในการแบ่งชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ และใช้สเปกตรัมในการจำแนกชนิดของดาวฤกษ์ |
| | ๘. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพาร์แลลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์ | <ul style="list-style-type: none"> การหาระยะทางของดาวฤกษ์ที่มีระยะทางห่างจากโลกไม่เกิน ๑๐๐ พาร์เซก มีวิธีการที่สำคัญ คือ วิธีพาร์แลลแลกซ์ โดยวัดมุมพาร์แลลแลกซ์ของดาวฤกษ์ เมื่อโลกเปลี่ยนตำแหน่งไปในวงโคจร ทำให้ตำแหน่งปรากฏของดาวฤกษ์เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับดาวฤกษ์อ้างอิง |
| | ๙. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการ จากแผนภาพเฮิร์ซปรุง-รัสเซลล์ | <ul style="list-style-type: none"> มวลของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ก่อนเกิดดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะผลิตและใช้พลังงานมาก จึงมีอายุสั้นกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย ดาวฤกษ์มีการวิวัฒนาการที่แตกต่างกัน การวิวัฒนาการและจุดจบของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์ ส่วนใหญ่เทียบกับจำนวนเท่าของมวลดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์จะมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการตามวิวัฒนาการ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วยแผนภาพเฮิร์ซปรุง-รัสเซลล์ ซึ่งเป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์และดัชนีสีของดาวฤกษ์ โดยดาวฤกษ์ส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบลำดับหลัก ซึ่งเป็นแถบที่แสดงว่าดาวฤกษ์จะมีช่วงชีวิตส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะสมดุล |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|---|
| | <p>๑๐. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต</p> <p>๑๑. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์</p> | <ul style="list-style-type: none"> ระบบสุริยะเกิดจากการรวมตัวกันของกลุ่มฝุ่นและแก๊สที่เรียกว่า เนบิวลาสุริยะ โดยฝุ่นและแก๊สประมาณร้อยละ ๙๙.๘ ของมวล ได้รวมตัวเป็นดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นก้อนแก๊สร้อน หรือ พลาสมา สสารส่วนที่เหลือรวมตัวเป็นดาวเคราะห์และบริวารอื่น ๆ ของดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ตามลักษณะการเกิดและองค์ประกอบ ได้แก่ ดาวเคราะห์ชั้นใน ดาวเคราะห์น้อย ดาวเคราะห์ชั้นนอก และดงดาวหาง โลกเป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่มีสิ่งมีชีวิต เพราะโคจรรอบดวงอาทิตย์ในระยะทางที่เหมาะสม จึงเป็นเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต ทำให้โลกมีอุณหภูมิเหมาะสมและสามารถเกิดน้ำที่ยังคงสถานะเป็นของเหลวได้ และปัจจุบันมีการค้นพบดาวเคราะห์ที่อยู่นอกระบบสุริยะจำนวนมาก โดยมีดาวเคราะห์บางดวงที่มีลักษณะคล้ายโลก และอยู่ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต บริวารของดวงอาทิตย์อยู่รวมกันเป็นระบบภายใต้แรงโน้มถ่วงระหว่างดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์ ตามกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน ส่วนการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์เป็นไปตามกฎเคปเลอร์ |
| | <p>๑๒. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห์ นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลก รวมทั้งประเทศไทย</p> | <ul style="list-style-type: none"> ดวงอาทิตย์มีโครงสร้างภายในแบ่งเป็นแก่น เขตการแผ่รังสี และเขตการพาความร้อน และมีชั้นบรรยากาศอยู่เหนือเขตพาความร้อน ซึ่งแบ่งเป็น ๓ ชั้น คือ ชั้นโฟโตสเฟียร์ ชั้นโครโมสเฟียร์ และคอโรนา ในชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ มีปรากฏการณ์สำคัญ เช่น จุดมืด ดวงอาทิตย์ การลุกจ้า ที่ทำให้เกิดลมสุริยะ และพายุสุริยะ ซึ่งส่งผลกระทบต่อโลก ลมสุริยะ เกิดจากการแพร่กระจายของอนุภาคจากชั้นคอโรนาออกสู่อวกาศตลอดเวลา อนุภาคที่หลุดออกสู่อวกาศเป็นอนุภาคที่มีประจุ ลมสุริยะส่งผลทำให้เกิดหางของดาวหางที่เรืองแสงและชี้ไปทางทิศตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ และเกิดปรากฏการณ์แสงเหนือ แสงใต้ |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • พายุสุริยะ เกิดจากการปลดปล่อยอนุภาคมีประจุพลังงานสูงจำนวนมาก มักเกิดบ่อยครั้งในช่วงที่มีการลุกจ้า และในช่วงที่มีจุดมืดดวงอาทิตย์จำนวนมาก และในบางครั้งมีการพ่นก้อนมวลโคโรนา พายุสุริยะอาจส่งผลกระทบต่อสนามแม่เหล็กโลก จึงอาจรบกวนระบบการส่งกระแสไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่อวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ของดาวเทียม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปรากฏการณ์แสงเหนือ แสงใต้ที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน |
| | <p>๑๓. สร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้า สังเกต และเชื่อมโยงจุดและเส้นสำคัญของแบบจำลองทรงกลมฟ้ากับท้องฟ้าจริง และอธิบายการระบุทิศทางของดาวในระบบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ทรงกลมฟ้า เป็นทรงกลมสมมติขนาดใหญ่ที่มีรัศมีอนันต์ มีจุดศูนย์กลางของโลกเป็นจุดศูนย์กลางของทรงกลมฟ้า มีดวงดาวและเทห์ฟ้าต่าง ๆ ปรากฏอยู่บนผิวของทรงกลมฟ้านี้ การระบุทิศทางของดวงดาวและเทห์ฟ้าต่าง ๆ บนทรงกลมฟ้าตามระบบที่สำคัญ ได้แก่ <ul style="list-style-type: none"> - ระบบขอบฟ้า เป็นระบบที่อ้างอิงจากตำแหน่งผู้สังเกตบนโลก โดยระบุทิศทางเป็นมุมทิศและมุมเงย อ้างอิงกับทิศเหนือและเส้นขอบฟ้าของผู้สังเกต - ระบบศูนย์สูตร เป็นระบบที่อ้างอิงกับเส้นศูนย์สูตรฟ้าและจุดวิษุวัต ระบุทิศทางเป็นไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน |
| | <p>๑๔. สังเกตท้องฟ้า และอธิบายเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์</p> | <ul style="list-style-type: none"> • โลกหมุนรอบตัวเองจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก ทำให้เกิดปรากฏการณ์การขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดวงดาวในรอบวัน ซึ่งเส้นทางปรากฏของการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตามวันเวลาและตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต ส่วนเส้นทางปรากฏของการขึ้นการตกของดาวฤกษ์จะเปลี่ยนแปลงตามละติจูดของผู้สังเกต |
| | <p>๑๕. อธิบายเวลาสุริยคติปรากฏ โดยรวบรวมข้อมูลและเปรียบเทียบเวลาขณะที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนของผู้สังเกตในแต่ละวัน</p> | <ul style="list-style-type: none"> • การกำหนดเวลาสุริยคติจะเทียบกับดวงอาทิตย์ โดยเวลาสุริยคติ มีทั้งเวลาสุริยคติปรากฏ และเวลาสุริยคติปานกลาง |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> เวลาสุริยคติปรากฏ เป็นเวลาที่ได้จากการสังเกตดวงอาทิตย์จริงที่เคลื่อนที่อยู่บนท้องฟ้าของผู้สังเกต ช่วงเวลาระหว่างการเห็นจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนครั้งแรกถึงครั้งถัดไปเรียกว่า ๑ วัน สุริยคติปรากฏ |
| | <p>๑๖. อธิบายเวลาสุริยคติปานกลาง และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก</p> | <ul style="list-style-type: none"> เวลาสุริยคติปานกลางกำหนดโดยให้มีดวงอาทิตย์สมมติเคลื่อนที่บนเส้นศูนย์สูตรฟ้าด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ ช่วงเวลาระหว่างการเห็นจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนครั้งแรกถึงครั้งถัดไปเรียกว่า ๑ วัน สุริยคติปานกลาง ซึ่งยาว ๒๔ ชั่วโมง ๐ นาที ๐ วินาที เวลาสุริยคติปานกลางกรีนิชเป็นเวลาสุริยคติปานกลางที่ใช้เมริเดียนของหอดูดาวกรีนิชในประเทศอังกฤษเป็นตัวกำหนด ซึ่งนำมาใช้ในการกำหนดเขตเวลามาตรฐานสากลของตำแหน่งอื่น ๆ บนโลก |
| | <p>๑๗. อธิบายมุมห่างที่สัมพันธ์กับตำแหน่งในวงโคจร และอธิบายเชื่อมโยงกับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์ที่สังเกตได้จากโลก</p> | <ul style="list-style-type: none"> โลกและดาวเคราะห์ทุกดวงหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์จากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก หรือในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากมุมมองด้านบน คนบนโลกจะสังเกตเห็นดาวเคราะห์มีตำแหน่งปรากฏแตกต่างกันในช่วงวันเวลาต่าง ๆ เพราะดาวเคราะห์มีมุมห่างที่แตกต่างกัน มุมห่างของดาวเคราะห์ คือ มุมระหว่างเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างโลกกับดาวเคราะห์กับเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ เมื่อวัดบนเส้นสุริยวิถี โดยดาวเคราะห์อาจอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันตก หรือทางทิศตะวันตก ซึ่งมีการเรียกชื่อตามตำแหน่งของดาวเคราะห์ในวงโคจร ขนาดของมุมห่างและทิศทางของมุมห่าง ดาวเคราะห์ที่มีมุมห่างต่างกันจะมีตำแหน่งปรากฏบนท้องฟ้าแตกต่างกัน โดยตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์วงในจะอยู่ใกล้ขอบฟ้าในช่วงเวลาใกล้รุ่งหรือเวลาหัวค่ำ ส่วนตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์วงนอกจะสามารถเห็นได้ใน |

| ชั้น | ผลการเรียนรู้ | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม |
|------|---|--|
| | <p>๑๘. สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต</p> <p>๑๙. สืบค้นข้อมูล ออกแบบ และนำเสนอกิจกรรมการสังเกตดาวบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าและ/หรือกล้องโทรทรรศน์</p> | <p>ช่วงเวลาอื่น ๆ นอกจากนี้ มุมห่างยังสามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ เช่น ดาวเคียงเดือน ดาวเคราะห์ชุมนุม ดาวเคราะห์ผ่านหน้าดวงอาทิตย์</p> <ul style="list-style-type: none"> • มนุษย์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการศึกษา เพื่อขยายขอบเขตความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และในขณะเดียวกันมนุษย์ได้นำเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์ • นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างกล้องโทรทรรศน์เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิดของรังสีหรืออนุภาคในอวกาศ ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสง อัลตราไวโอเลต และรังสีเอ็กซ์ • ยานอวกาศ คือ ยานพาหนะที่นำมนุษย์หรืออุปกรณ์ทางดาราศาสตร์ขึ้นไปสู่อวกาศ เพื่อสำรวจหรือเดินทางไปยังดาวดวงอื่น ส่วนสถานีอวกาศ คือ ห้องปฏิบัติการลอยฟ้าที่โคจรรอบโลก ใช้ในการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ ในสภาพไร้น้ำหนัก • ดาวเทียม คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้าและนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคม การระบุตำแหน่งบนโลก การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ อุตุนิยมวิทยา โดยดาวเทียมมีหลายประเภทสามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์วงโคจรและการใช้งาน |

อภิธานศัพท์

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

| ที่ | ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ความหมาย |
|-----|--------------------|----------------------------------|---|
| ๑. | กำหนดปัญหา | define problem | ระบุคำถาม ประเด็นหรือสถานการณ์ที่เป็นข้อสงสัย เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาหรืออภิปรายร่วมกัน |
| ๒. | แก้ปัญหา | solve problem | หาคำตอบของปัญหาที่ยังไม่รู้วิธีการมาก่อน ทั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยตรงและปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ |
| ๓. | เขียนแผนผัง/วาดภาพ | construct diagram/ illustrate | นำเสนอข้อมูลหรือผลการสำรวจตรวจสอบด้วยแผนผัง กราฟ หรือภาพวาด |
| ๔. | คาดคะเน | predict | คาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลที่สังเกตได้ และประสบการณ์ที่มี |
| ๕. | คำนวณ | calculate | หาผลลัพธ์จากข้อมูล โดยใช้หลักการ ทฤษฎี หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ |
| ๖. | จำแนก | classify | จัดกลุ่มของสิ่งต่าง ๆ โดยอาศัยลักษณะที่เหมือนกันเป็นเกณฑ์ |
| ๗. | ตั้งคำถาม | ask question | พูดหรือเขียนประโยค หรือวลี เพื่อให้ได้มาซึ่งการค้นหา คำตอบที่ต้องการ |

| ที่ | ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ความหมาย |
|-----|-------------|--------------------|---|
| ๘. | ทดลอง | conduct/experiment | ปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบของคำถาม หรือปัญหาในการทดลอง โดยตั้งสมมติฐานเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดตัวแปรและวางแผนดำเนินการเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน |
| ๙. | นำเสนอ | present | แสดงข้อมูล เรื่องราว หรือความคิด เพื่อให้ผู้อื่นรับรู้หรือพิจารณา |
| ๑๐. | บรรยาย | describe | ให้รายละเอียดของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นให้ผู้อื่นได้รับรู้ด้วยการบอกหรือเขียน |
| ๑๑. | บอก | tell | ให้ข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่ผู้อื่นด้วยการพูด หรือเขียน |
| ๑๒. | บันทึก | record | เขียนข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเพื่อช่วยจำ หรือเพื่อเป็นหลักฐาน |
| ๑๓. | เปรียบเทียบ | compare | บอกความเหมือน และ/หรือความแตกต่าง ของสิ่งที่เทียบเคียงกัน |
| ๑๔. | แปลความหมาย | interpret | แสดงความหมายของข้อมูลจากหลักฐานที่ปรากฏ เพื่อลงข้อสรุป |
| ๑๕. | ยกตัวอย่าง | give examples | ให้ข้อมูลเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ เพื่อแสดงความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้ |
| ๑๖. | ระบุ | identify | ชี้บอกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลประกอบอย่างเพียงพอ |

| ที่ | ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ความหมาย |
|-----|---------------|-----------------|---|
| ๑๗. | เลือกใช้ | select | พิจารณา และตัดสินใจนำวัสดุ สิ่งของ อุปกรณ์ หรือวิธีการ มาใช้ได้อย่างเหมาะสม |
| ๑๘. | วัด | measure | หาขนาด หรือปริมาณ ของ สิ่งต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือ ที่เหมาะสม |
| ๑๙. | วิเคราะห์ | analyze | แยกแยะ จัดระบบ เปรียบเทียบ จัดลำดับ จัดจำแนก หรือ เชื่อมโยงข้อมูล |
| ๒๐. | สร้างแบบจำลอง | construct model | นำเสนอแนวคิด หรือเหตุการณ์ ในรูปของแผนภาพ ชี้แจง สมการ ข้อความ คำพูดและ/ หรือใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย ความคิด วัตถุ หรือเหตุการณ์ ต่าง ๆ |
| ๒๑. | สังเกต | observe | หาข้อมูลด้วยการใช้ประสาท สัมผัสทั้งห้า ที่เหมาะสมตาม ข้อเท็จจริงที่ปรากฏ โดยไม่ใช่ ประสบการณ์เดิมของผู้สังเกต |
| ๒๒. | สำรวจ | explore | หาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ โดยใช้วิธีการและเทคนิคที่ เหมาะสม เพื่อนำข้อมูลมาใช้ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ |
| ๒๓. | สืบค้นข้อมูล | search | หาข้อมูล หรือข้อสนเทศที่มี ผู้รวบรวมไว้แล้วจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ |

| ที่ | ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ความหมาย |
|-----|----------------|-------------------|--|
| ๒๔. | สื่อสาร | communicate | นำเสนอ และแลกเปลี่ยนความคิด ข้อมูล หรือผลจากการสำรวจตรวจสอบ ด้วยวิธีที่เหมาะสม |
| ๒๕. | อธิบาย | explain | กล่าวถึงเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล และมีข้อมูล หรือประจักษ์พยานอ้างอิง |
| ๒๖. | อภิปราย | discuss | แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นหรือคำถามอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้อภิปรายและข้อมูลประกอบ |
| ๒๗. | ออกแบบการทดลอง | design experiment | กำหนด และวางแผนวิธีการทดลองให้สอดคล้องกับสมมติฐานและตัวแปรต่าง ๆ รวมทั้งการบันทึกข้อมูล |

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดสาระเทคโนโลยี

| ที่ | ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ความหมาย |
|-----|-------------------------------------|-----------------|--|
| ๑. | การใช้ลิขสิทธิ์ของผู้อื่นโดยชอบธรรม | fair use | การนำสื่อ หรือข้อมูลที่เป็นลิขสิทธิ์ของผู้อื่นไปใช้โดยชอบด้วยกฎหมาย ภายใต้เงื่อนไขบางประการ เช่น ๑) นำไปใช้ในการศึกษา หรือการค้า ๒) งานนั้นเป็นงานวิชาการ หรือบันเทิง ๓) คัดลอกเพียงส่วนน้อย หรือคัดลอกจำนวนมาก ๔) ทำให้เจ้าของเสียผลประโยชน์ทางการเงิน มากน้อยเพียงใด |
| ๒. | การตรวจและแก้ไขข้อผิดพลาด | debugging | กระบวนการในการค้นหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมเพื่อแก้ไขให้ทำงานได้ถูกต้อง |
| ๓. | การประมวลผลข้อมูล | data processing | การดำเนินการต่าง ๆ กับข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความหมายและมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น |
| ๔. | การรวบรวมข้อมูล | data collection | กระบวนการในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ |
| ๕. | ข้อมูลปฐมภูมิ | primary data | ข้อมูลที่รวบรวมโดยตรงจากแหล่งข้อมูลขั้นต้น โดยอาจใช้วิธีการสังเกต การทดลอง การสำรวจ การสัมภาษณ์ |

| ที่ | ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ความหมาย |
|-----|-------------------|------------------------|--|
| ๖. | เทคโนโลยี | technology | สิ่งที่มนุษย์สร้างหรือพัฒนาขึ้น ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งชิ้นงาน หรือวิธีการ เพื่อใช้แก้ปัญหาสนองความต้องการ หรือเพิ่มความสามารถในการทำงานของมนุษย์ |
| ๗. | แนวคิดเชิงคำนวณ | computational thinking | กระบวนการในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลได้ |
| ๘. | แนวคิดเชิงนามธรรม | abstraction | การพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหา แยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ |
| ๙. | ระบบทางเทคโนโลยี | technological system | กลุ่มของส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่สองส่วนขึ้นไป ประกอบเข้าด้วยกัน และทำงานร่วมกัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยในการทำงานของระบบทางเทคโนโลยีจะประกอบไปด้วยตัวป้อน (input) กระบวนการ (process) และผลผลิต (output) ที่สัมพันธ์กัน นอกจากนี้ระบบทางเทคโนโลยีอาจมีข้อมูลย้อนกลับ (feedback) เพื่อใช้ปรับปรุงการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ |

| ที่ | ภาษาไทย | ภาษาอังกฤษ | ความหมาย |
|-----|-----------------|----------------------|--|
| ๑๐. | เหตุผลเชิงตรรกะ | logical reasoning | การใช้เหตุผล กฎ กฏเกณฑ์ หรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ปัญหาได้ครอบคลุมทุกกรณี |
| ๑๑. | เหตุผลวิบัติ | logical fallacy | การใช้เหตุผลที่ผิดพลาด ไม่อยู่บนพื้นฐานของความจริง ไม่มีน้ำหนัก สมเหตุสมผลมาสนับสนุน หรือ ชี้นำข้อสรุปที่ผิดให้ดูน่าเชื่อถือ |
| ๑๒. | อัตลักษณ์ | Identity | ลักษณะเฉพาะหรือข้อมูลสำคัญ ที่บ่งบอกถึงความเป็นตัวตนของ บุคคลหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น ชื่อบัญชีผู้ใช้ ใบหน้า ลายนิ้วมือ |
| ๑๓. | อัลกอริทึม | algorithm | ขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือ การทำงาน โดยมีลำดับของ คำสั่งหรือวิธีการที่ชัดเจน ที่คอมพิวเตอร์สามารถปฏิบัติตามได้ |
| ๑๔. | แอปพลิเคชัน | software application | ซอฟต์แวร์ประยุกต์ ที่ทำงาน บนคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรืออุปกรณ์เทคโนโลยี อื่น ๆ |

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

ดร.พรพรรณ ไททยางกูร
รศ.ดร.สัญญา มิตรเอม

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
รองผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

คณะทำงานยกร่าง

- | | |
|--------------------------------|--|
| ๑. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๒. ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สสวท. |
| ๓. รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๔. ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา | ผู้ชำนาญ สสวท. |
| ๕. นายณรงค์ พ่วงศรี | ผู้ชำนาญ สสวท. |
| ๖. นางสาวสุนิสา แสงมงคลพิพัฒน์ | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๗. ดร.เทพกัญญา พรหมขัติแก้ว | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๘. ดร.พจนา ดอกตาลยงค์ | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๙. นายธีรพัฒน์ เวชขประสิทธิ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๐. ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๑. ดร.ขวัญชนก ศรีทธาสุข | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๒. นางสาวปาณิก เวียงชัย | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๓. นางสาวปุณยาพร บริเวธานันท์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

- | | |
|---------------------------------|--|
| ๑. รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ | นักวิชาการอิสระ |
| ๒. รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๓. ดร.ธีรศักดิ์ เอโกบอล | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๔. ผศ.ดร.รัชนีกร ธรรมโชติ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๕. ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๖. อ.ดร.นพดล กิตนะ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๗. ดร.สุทธิกัญจน์ ทิพย์เกษร | คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| ๘. ดร.ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ | คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต |
| ๙. นางกฤษณา เพชรทวีพรเดช | โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) |
| ๑๐. นางหทัยทัต บุญพะเนติ | โรงเรียนสตรีวิทยา ๒ ในพระราชูปถัมภ์ฯ |
| ๑๑. นายอดิโรจน์ ปัทมน์เปรมสิริ | โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี |
| ๑๒. นางณัฐนันท์ คงรัตน์ | โรงเรียนสตรีทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช |
| ๑๓. นางศรีวิมล เสกุนด์ | โรงเรียนพัทลุง จังหวัดพัทลุง |
| ๑๔. นายสุรเดช เอ่งฉ้วน | โรงเรียนอ่าวลึกประชาสรรค์ จังหวัดกระบี่ |
| ๑๕. นางสาววิมลมาลย์ โสพรรณรัตน์ | โรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย จังหวัดภูเก็ต |
| ๑๖. นางจวีร์ภรณ์ ไชยเหล็ก | โรงเรียนแม่ใจวิทยาคม จังหวัดพะเยา |
| ๑๗. นางสาวเยาวเรช หมู่ดี | โรงเรียนประสาทวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ |
| ๑๘. นางจารุสิทธิ์ กลิ่นเกษร | โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม |
| ๑๙. นางสาวดวงกมล เหมะรัต | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๒๐. นางสาวลัดดาวัลย์ แสงสำลี | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๒๑. นางไสว ธราภิชาติบุตร | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๒๒. นางสาวรตพร หลิน | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๒๓. นางสาวกมลชนก บริบูรณ์ | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๒๔. ดร.เสาวลักษณ์ บัวอิน | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |

๒๕. ดร.สุนันดา โยมญาติ

สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท.

๒๖. นางสาววิลาส รัตนานุกูล

สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท.

๒๗. ดร.นันทยา อัครอารีย์

สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท.

๒๘. ดร.ภัณฑิลา อุดร

สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท.

คณะบรรณาธิการกิจ

๑. ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สสวท.

๒. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบุชา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๓. ผศ.ดร.นฤมล ยุตาคุม

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

๔. ผศ.ดร.ณัฐวิทย์ พจนตันติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง

๕. รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๖. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สสวท.

๗. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์

สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท.

๘. ดร.พจนา ดอกตาลยงค์

สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท.

๙. นางสาวสุนิสา แสงมงคลพิพัฒน์

สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท.

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

คณะทำงานยกร่าง

๑. ดร.กุศลีน มุสิกกุล

ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สสวท.

๒. ดร.สุพรรณิชา ชาญประเสริฐ

ผู้เชี่ยวชาญ สสวท.

๓. นายรังสรรค์ ศรีสาคร

ผู้เชี่ยวชาญ สสวท.

๔. นางสาววารภรณ์ ธีรสิริ

ผู้เชี่ยวชาญ สสวท.

๕. นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ

ผู้เชี่ยวชาญ สสวท.

๖. ดร.วันชัย น้อยวงศ์

สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท.

๗. นางสาวศานิกานต์ เสนิงวงศ์

สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท.

- | | |
|-------------------------------|--|
| ๘. นางสาวสุนิสา สมสมัย | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๙. ดร.เบญจวรรณ หาญพิพัฒน์ | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๑๐. ดร.ณัฐธิดา พรหมยอด | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๑๑. ดร.นิพนธ์ จันเลน | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๑๒. นางสาวทาทิพย์ หวังอำนาจพร | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๓. นางกมลวรรณ เกียรติกวิกุล | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๔. นางสาวศิริรัตน์ พริกสี | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๕. นายวินัย เลิศเกษมสันต์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๖. ดร.จำเริญดา ปริญาธารมาศ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๗. นายรักษพล ธนาณรงค์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

- | | |
|---------------------------------|---|
| ๑. ผศ.ดร.นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| ๒. ผศ.ดร.ชูศักดิ์ พูนสวัสดิ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| ๓. ผศ.ดร.นฤมล สุวรรณจันทร์ดี | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๔. ดร.ธีระชาติ ลิ้มประเสริฐ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๕. ผศ.ดร.พรรรัตน์ วัฒนกลสิวิชัย | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| ๖. ดร.สุภาพ ตาเมือง | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| ๗. ผศ.ดร.สุทิดา รักกะเปา | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| ๘. ดร.ภุชงค์ วรรณานนุรักษ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| ๙. ผศ.ดร.ประสงค์ เกษราธิคุณ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง |
| ๑๐. ดร.วันดี สิริธนา | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต |
| ๑๑. ดร.ฐิตินาถ สุขคนเขตร์ | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต |
| ๑๒. นางกรกมล ชูช่วย | คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |
| ๑๓. ดร.ศักดิ์ สุวรรณฉาย | คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ |

๑๔. ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
๑๕. ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
๑๖. ดร.เดชา ศุภพิทยาภรณ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
๑๗. ดร.ชนินันท์ พงษ์ประมุข ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
๑๘. ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
๑๙. นายสุนทร ภูรีปริชาเลิศ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
๒๐. นายศักดิ์สิทธิ์ โอปณณา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
๒๑. รศ.วีระชาติ สวนไพรินทร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
๒๒. นางสาวกฤษดา สงวนสิน โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
๒๓. ดร.พรทิพย์ ศิริภัทราชัย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
๒๔. นายณัฐพล ตฤณเกศโกศล โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
๒๕. นายนิวัฒน์ โลงนวัฒน์ โรงเรียนโยธินบูรณะ
๒๖. นายชาติ ครองศักดิ์ศิริ โรงเรียนเบญจมราชาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ฯ
๒๗. นางสาวปิยะมาศ บุญประกอบ โรงเรียนวัดบวรนิเวศ
๒๘. นายพลพิพัฒน์ วัฒนเศรษฐานุกูล โรงเรียนมัธยมวัดบึงทองหลาง
๒๙. นายบุญโฮม สุขล้วน โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชลาดกระบัง
๓๐. นายอดิศักดิ์ ยงยุทธ โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก
๓๑. นายโฆสิต สิงหสูต โรงเรียนศึกษานารี
๓๒. นายธิวัฒน์ พันธุ์เจริญเกียรติ โรงเรียนลาซาล
๓๓. นางสาวจิรวรรณ แสงศิลา โรงเรียนสุนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา
๓๔. นางเกศินี ทองอ่ำ โรงเรียนแม่จันวิทยาคม จังหวัดเชียงราย
๓๕. นางสาววัชรภรณ์ สีทา โรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์
๓๖. นางปาลิกา ศรีสารากร โรงเรียนดรุณาราชบุรี จังหวัดราชบุรี

| | |
|----------------------------|---|
| ๓๓. นางจุฑารัตน์ ทองคำชุม | โรงเรียนทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช |
| ๓๘. นายสุพรรณ วิรุณพันธ์ | โรงเรียนทรายทอง จังหวัดร้อยเอ็ด |
| ๓๙. นางมลิวีย์ เลหาสุด | โรงเรียนกัณฑ์รักษ์วิทยา จังหวัดศรีสะเกษ |
| ๔๐. นางอารีย์ พิเคราะห์ | โรงเรียนบัว จังหวัดน่าน |
| ๔๑. นายสุนทร ศรีบุญเลิศ | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝายมัธยมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) จังหวัดขอนแก่น |
| ๔๒. ผศ.สุมิตร ถิ่นปัญญา | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝายมัธยมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) จังหวัดขอนแก่น |
| ๔๓. นางปาริฉัตร พวงมณี | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๔๔. ผศ.ดร.จินดา เต็มบรรจง | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๔๕. นายบุญชัย ต้นไถง | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๔๖. นายสมพร วัฒนเวคิน | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๔๗. นางสาววิมลมาศ ศรีนาราง | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๔๘. ดร.ชลิตา ธีญญะคุปต์ | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๔๙. ดร.ปุณิกา พระพุทธคุณ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๕๐. นายศุภวีริยะ สรณารักษ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะกรรมการกิจ

| | |
|-------------------------------|---|
| ๑. รศ.ดร.ทัศนีย์ บุญเต็ม | นักวิชาการอิสระ |
| ๒. ศ.ดร.มงคล สุขวัฒน์สินินิธี | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๓. ผศ.ดร.ไพศาล สุวรรณน้อย | สถาบันพัฒนาทรัพยากรบุคคล มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| ๔. รศ.ดร.พลังพล คงเสรี | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๕. ผศ.ดร.เทียนทอง ทองพันชั่ง | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๖. ผศ.ดร.ขวัญ อารยะธนิตกุล | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๗. รศ.ดร.วีระพงษ์ แสงชูโต | คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |

| | |
|-------------------------------|--|
| ๘. ดร.กุศลสิน มุสิกกุล | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๙. นายณรงค์ศิลป์ รูปพนม | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส สสวท. |
| ๑๐. ดร.สุพรรณณี ชาญประเสริฐ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๑๑. นายรังสรรค์ ศรีสาคร | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๑๒. ดร.วันชัย น้อยวงศ์ | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๑๓. ดร.เบ็ญจวรรณ หาญพิพัฒน์ | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๑๔. นางสุทธาทิพย์ หวังอำนวยพร | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๕. นายรักษพล ธนานวงศ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

คณะทำงานยกร่าง

| | |
|---|--|
| ๑. นายสุพจน์ วุฒิสถาณ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๒. นางเบ็ญจวรรณ ศรีเจริญ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๓. นางชุตติมา เตมียสถิต | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๔. นายนิพนธ์ ทรายเพชร | ราชบัณฑิตดาราศาสตร์ |
| ๕. นางสาวบุศราศิริ ธนะ | สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย |
| ๖. นางสาวธนพรรณน ชาลี | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๗. นางสาวลลิตา อ่ำบัว | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๘. นางสาวกมลนารี ลายคราม | สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. |
| ๙. นางฤทัย เพลงวัฒนา | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๐. นางสาววิษุราตรี กลั้วแสง | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๑. นางสาวรัมภา ศรีบางพลี | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๒. ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันติพัฒน์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

๑. ดร.ศรัณย์ โปษยะจินดา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ
๒. รศ.ดร.ปราโมทย์ ไชจิศุภกร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
๓. รศ.ดร.น้ำฝน คูเจริญไพศาล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
๔. ผศ.ดร.ทิราณี ขำล้ำเลิศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
๕. ผศ.ดร.สุรจิตร์ พระเมือง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
๖. ดร.ปริญญา พุทธาภิบาล สาขาวิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี
๗. ดร.อาทิตย์ ลภีรัตน์กุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
๘. ดร.พงศกร จิวาภรณ์คุปต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
๙. นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ์ โรงเรียนบางกะปิ
๑๐. นางสาวรังสิกุล ศิริรังษี โรงเรียนเบญจมราชาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ฯ
๑๑. นางสาวชุนหทัย เทิดอวยพร โรงเรียนวัดสุทธิวาราม
๑๒. นางกุลนาถ โชติสุดแสนห์ โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา ๒
๑๓. นางพรทิพย์ ฐิติธรรมานนท์ โรงเรียนเส้าไห้ “วิมลวิทยานุกูล” จังหวัดสระบุรี
๑๔. นางสุภาพ แสงนวกิจ โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
๑๕. นางสาวพัชราภรณ์ อ่วมอรุณ โรงเรียนบริหารแจ่มใสวิทยา ๓ จังหวัดสุพรรณบุรี
๑๖. นางสาวราย อรรคบุตร โรงเรียนสุรศักดิ์วิทยาคม จังหวัดชลบุรี
๑๗. นางนิตยา เดิมบางชัน โรงเรียนปลวกแดงพิทยาคม จังหวัดระยอง
๑๘. นางต๋องตา ไชยเสื่อ โรงเรียนชุมแพศึกษา จังหวัดขอนแก่น
๑๙. นางกมลรัตน์ แดงสว่าง โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
๒๐. นายศักดิ์สิทธิ์ โอปัณณา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
๒๑. ผศ.ดร.อลิศราชูชาติ นักวิชาการอิสระ
๒๒. นางสาวประไพร์ วิราพร นักวิชาการอิสระ
๒๓. นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน ผู้เชี่ยวชาญ สสวท.
๒๔. นางดาริกา วีรวินันทกุล ผู้ชำนาญ สสวท.

- | | |
|----------------------------|--|
| ๒๕. นางสาวสมศรี กันภัย | โครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก สสวท. |
| ๒๖. นางยุพาพร ลาภหลาย | โครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก สสวท. |
| ๒๗. นางสาวสุนีย์ มงคลธารณ์ | โครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก สสวท. |
| ๒๘. นายนิทัศน์ ลิ้มพ่องใส | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะกรรมการกิจ

- | | |
|-----------------------------|---|
| ๑. นายนิพนธ์ ทรายเพชร | ราชบัณฑิตด้านดาราศาสตร์ |
| ๒. รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม | สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ |
| ๓. ดร.ปริญญา พุทธาภิบาล | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี |
| ๔. ดร.นภาพร พันธุ์กลมศิลป์ | คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| ๕. นายสุพจน์ วุฒิโสภณ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๖. นางเบ็ญจวรรณ ศรีเจริญ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๗. นางชุตติมา เตมียสสิด | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๘. นางสาวบุศราศิริ ธนะ | สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย |
| ๙. นางฤทัย เพลงวัฒนา | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๐. นางสาววิษุราตรี กลับแสง | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

รายชื่อ (เพิ่มเติม) ผู้บริหารสถานศึกษาและศึกษานิเทศก์ ระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

- | | |
|---------------------------|---|
| ๑. นายไพบุรย์ พุทธวงศ์ | โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ |
| ๒. นางสาวสมศรี แก้วทองมา | โรงเรียนอนุบาลสตูล จังหวัดสตูล |
| ๓. นางวาริทิพย์ คงศรี | โรงเรียนอนุบาลวัดอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง |
| ๔. นางวัลภา วิเชียรสร่าง | โรงเรียนอนุบาลนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช |
| ๕. นายสมชาย ช่วยชูหนู | โรงเรียนอนุบาลบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ |
| ๖. นางสุภลักษณ์ ตั้งกลชาญ | โรงเรียนเทศบาลวัดโฆดทิมทาราม จังหวัดระยอง |

- | | |
|--------------------------------|--|
| ๗. นางสาวสมบุญรัตน์ ไตรยาวัฒน์ | โรงเรียนวัดคลองเตย กรุงเทพมหานคร |
| ๘. นายไพชยนต์ พูนขวัญ | โรงเรียนวัดเกาะวังไทร จังหวัดนครปฐม |
| ๙. นายวีรุฒิ เกตุจำนงค์ | โรงเรียนบ้านหนองเขิน จังหวัดชลบุรี |
| ๑๐. นายธีระพล เพชรพิพัฒน์ | โรงเรียนบ้านหนองละมาน จังหวัดนครสวรรค์ |
| ๑๑. นายสมเกียรติ นารีรักษ์ | โรงเรียนบ้านแม่ละเมา จังหวัดตาก |
| ๑๒. นายพิชัย จุลวรรณโณ | โรงเรียนบ้านสดำ จังหวัดศรีสะเกษ |
| ๑๓. นายสุพรรณ ทองสุข | โรงเรียนบ้านสวาย จังหวัดสุรินทร์ |
| ๑๔. นายเนตร รอดประชา | โรงเรียนชุมชนบึงบา จังหวัดปทุมธานี |
| ๑๕. นางชัชฎาภา บุรณ์ญเพ็ชร | โรงเรียนสตรีวิทยา กรุงเทพมหานคร |
| ๑๖. นายวันเสาร์ ส่งศิริ | โรงเรียนโยธินบูรณะ กรุงเทพมหานคร |
| ๑๗. นางสาวอัจฉรา ปานรอด | โรงเรียนราชินี กรุงเทพมหานคร |
| ๑๘. นางปราณี ประवालพุกษ์ | โรงเรียนจิระศาสตร์วิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา |
| ๑๙. นายชาติ กำแก้ว | โรงเรียนปัว จังหวัดน่าน |
| ๒๐. นางกานดา ช่วงชัย | โรงเรียนแม่จันวิทยาคม จังหวัดเชียงราย |
| ๒๑. นางสุรางค์ พุฒกลาง | โรงเรียนสุนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา |
| ๒๒. นายวีระชัย วรรณวิชิต | โรงเรียนดอนจานวิทยาคม จังหวัดกาฬสินธุ์ |
| ๒๓. นายสุริยา ชาปุ | โรงเรียนศรีสำโรงชนูปถัมภ์ จังหวัดสุโขทัย |
| ๒๔. นายนิเทศ แสงศรีเรือง | โรงเรียนบ้านโนนรังวิทยาการ จังหวัดขอนแก่น |
| ๒๕. นายจักรพันธ์ อุดทะดาตวง | โรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย จังหวัดภูเก็ต |
| ๒๖. นางจุฑารัตน์ มาลากรณ์ | โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร |
| ๒๗. นางอุษา พุ่มศรีภานนท์ | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร |
| ๒๘. นางพัทธกานต์ หนูนารถ | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตราด เขต ๑ |
| ๒๙. นางสาวลำไย สายโงน | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต ๒ |

| | |
|-----------------------------|---|
| ๓๐. นางสุนันทา รักพงษ์ | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุตรดิตถ์ เขต ๑ |
| ๓๑. นางสุปราณี ขุนจันทร์ | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๑๕ |
| ๓๒. นางสาวรัชชญา โอชคลัง | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๓๑ |
| ๓๓. นางสาวนิภาพร หาญพิพัฒน์ | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๓๖ |
| ๓๔. นายเดชา พลกันย์ | สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๓๔ |

**รายชื่อ (เพิ่มเติม) ครูวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา
เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง**

| | |
|--------------------------------|--|
| ๑. นางศรีสมบุญรณ์ แสนสมบัติ | โรงเรียนอนุบาลเชียงราย จังหวัดเชียงราย |
| ๒. นางรุ่งฤทัย ตาไฟ | โรงเรียนบ้านป่าซาง (ช่างครูมาสาสน์) จังหวัดเชียงราย |
| ๓. นางประคอง กลิ่นจันทร์ | โรงเรียนธารทองวิทยา (ป่ารวก) จังหวัดเชียงราย |
| ๔. นางรอยพิมพ์ กาศย์ไทย | โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ |
| ๕. นางสาววรางคณา ปันทะนา | โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ |
| ๖. นางพิมพ์ผกา เมืองไสย | โรงเรียนสันป่าตอง (สุวรรณราษฎร์วิทยาคาร) จังหวัดเชียงใหม่ |
| ๗. นางสุนีย์ คุ่มฤทธิ์ | โรงเรียนรัฐราษฎร์นุเคราะห์ จังหวัดน่าน |
| ๘. นายสุรพล ทองงาม | โรงเรียนอนุบาลพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก |
| ๙. นายธงไชย ภูถนนวนอก | โรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์ |
| ๑๐. นางอำพรพรรณ ไบศรี | โรงเรียนศรีสำโรงชนูปถัมภ์ จังหวัดสุโขทัย |
| ๑๑. นายประดิษฐ์ แก้วสีหาบุตร | โรงเรียนอนุบาลขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น |
| ๑๒. นางทัศนภรณ์ แสงศรีเรือง | โรงเรียนบ้านโนนรังวิทยาคาร จังหวัดขอนแก่น |
| ๑๓. นางณัฐนันท์ นิภาธรกวินศิริ | โรงเรียนเทศบาลบ้านสามเหลี่ยม จังหวัดขอนแก่น |
| ๑๔. นายอภิวัฒน์ ศรีกันหา | โรงเรียนชุมแพศึกษาจังหวัดขอนแก่น |

| | |
|-------------------------------|--|
| ๑๕. นายสุนทร ศรีบุญเลิศ | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) จังหวัดขอนแก่น |
| ๑๖. นางอุไรวรรณ บัณฑิตภิรมย์ | โรงเรียนมัธยมเทศบาล ๖ นครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี |
| ๑๗. นางสาวแสง สารบรรณ | โรงเรียนหนองสำโรงวิทยา จังหวัดอุดรธานี |
| ๑๘. นางสาวเกศินี ชมเกียรติกุล | โรงเรียนบ้านสามโคก จังหวัดสุรินทร์ |
| ๑๙. นางสมกิตต์ ไอรสรัมย์ | โรงเรียนสิรินธร จังหวัดสุรินทร์ |
| ๒๐. นางสาววรรณภา ใจกว้าง | โรงเรียนชุมชนบ้านตาหลังใน จังหวัดสระแก้ว |
| ๒๑. นางนัฐญา ไหมฉิม | โรงเรียนอนุบาลสตูล จังหวัดสตูล |
| ๒๒. นางสมพร ขุนเกลี้ยง | โรงเรียนชุมชนวัดควนมีด จังหวัดสงขลา |
| ๒๓. นางสาวรีรัตน์ พุทธรวิโร | โรงเรียนวัดเนินพิชัย จังหวัดสงขลา |
| ๒๔. นางศิวพร ไกรนรา | โรงเรียนวัดสุวรรณคีรีวงก์ จังหวัดภูเก็ต |
| ๒๕. นายมุฮัมมัด สาแม | โรงเรียน อบจ. บ้านตลาดเหนือ (วันครู ๒๕๐๒) จังหวัดภูเก็ต |
| ๒๖. นางวารารณ ไซศรี | โรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย จังหวัดภูเก็ต |
| ๒๗. นางอ่อนพักร์ หนูเงิน | โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ ๒ จังหวัดกระบี่ |
| ๒๘. นางสาวศิริวรรณ ตรีเพ็ชร | โรงเรียนกุยบุรีวิทยา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ |
| ๒๙. นางสุดา โกยทอง | โรงเรียนบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ |
| ๓๐. นางสาวนีย์ อารีรักษ์ | โรงเรียนเทศบาลวัดโชติทิมทาราม จังหวัดระยอง |
| ๓๑. นางพัชรินทร์ รัตตะรมย์ | โรงเรียนเทศบาลวัดโชติทิมทาราม จังหวัดระยอง |
| ๓๒. นางอรุณี วังบอน | โรงเรียนเทศบาลวัดโชติทิมทาราม จังหวัดระยอง |
| ๓๓. นายสรารุช พัฒนมาศ | โรงเรียนเทศบาลชุมชนวิมลวิทยา จังหวัดตราด |
| ๓๔. นางยุพดี ไซดีพันธ์ุ์ | โรงเรียนวัดทองประดิษฐ์ จังหวัดสุพรรณบุรี |
| ๓๕. นางพชรมน นวลดี | โรงเรียนหันคาพิทยาคม จังหวัดชัยนาท |
| ๓๖. นางเฉลิมศรี จักขุพา | โรงเรียนปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี |
| ๓๗. นางสาวพัชรินทร์ เผื่อคำ | โรงเรียนอนุราชประสิทธิ์ จังหวัดนนทบุรี |

| | |
|-----------------------------------|---|
| ๓๘. นางสาวอุทุมพร จันทร์สิงห์ | โรงเรียนชุมชนบึงบา จังหวัดปทุมธานี |
| ๓๙. นางกัลยกร เกื้อนแสน | โรงเรียนจิระศาสตร์วิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา |
| ๔๐. นางสาวรุ่งธิดา วาริษา | โรงเรียนจิระศาสตร์วิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา |
| ๔๑. นางจรรยา พ่วงขำ | โรงเรียนประภามนตรี ๓ จังหวัดสมุทรปราการ |
| ๔๒. นางสาววรรณวีร์ เหมือนประยูร | โรงเรียนพระตำหนักสวนกุหลาบ |
| ๔๓. นางสาวจันทร์ตรี เศรษฐาวิวัฒน์ | โรงเรียนโยธินบูรณะ |
| ๔๔. นายนิวัฒน์ โลงนวัฒน์ | โรงเรียนโยธินบูรณะ |
| ๔๕. นางสาวจุฑารัตน์ จริงธนสาร | โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย |
| ๔๖. นางอุทัยรัก นวลนุกูล | โรงเรียนราชินี |
| ๔๗. นางเนตรนรินทร์ มีชัย | โรงเรียนไพฑูริย์ศึกษา |
| ๔๘. นางสาวนงนิจ ตั้งสุวรรณ | โรงเรียนรุจีเสรีวิทยา |
| ๔๙. นางสาวจิรารัตน์ จอมป้อ | โรงเรียนปี่คอนแฮ่สั๊มสะอาดลาดพร้าว |
| ๕๐. นางภัสภสร แสงวงศ์ | โรงเรียนสมาคมสตรีไทย |
| ๕๑. นางกมลรัตน์ แดงสว่าง | โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม |
| ๕๒. นางจารุรัตน์ กลิ่นเกษร | โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม |
| ๕๓. นายศักดิ์สิทธิ์ โอปณณา | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน |
| ๕๔. นางสาวกฤษดา สงวนสิน | โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |

สาระที่ ๔ เทคโนโลยี

• การออกแบบและเทคโนโลยี

คณะกรรมการร่าง

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| ๑. ดร.อภิสิทธิ์ ชงไชย | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๒. นายบุญวิทย์ รัตนทิพยาภรณ์ | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๓. นายชจิต เมตตาเมธา | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |

- | | |
|---------------------------------|--|
| ๔. นายสยามชัย สุกใส | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๕. นางสาวสุธิดา การิณี | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๖. นางสาวสุธิดา บุญทวี | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๗. ดร.นุศวดี พจนานุกิจ | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๘. ดร.ตรีสุคนธ์ ตรีบุพชาติสกุล | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๙. นายสุนทร พรหมมงคล | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๑๐. นางเอมอร รสเครือ | นักวิชาการอิสระ |
| ๑๑. นายกมลเทพ ชั่งชู | โรงเรียนปราโมชวิทยารามอินทรา |
| ๑๒. ผศ.ดร.พลัง วงศ์ธนสุนทรณ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |
| ๑๓. ผศ.ดร.สุชัย นพรัตน์แจ่มจรัส | มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม |
| ๑๔. รศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

- | | |
|--------------------------------|--|
| ๑. ผศ.ดร.ถิวิตา มณีวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ๒. รศ.ดร.อภิญา อัครนิก | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๓. นายวัสสา รวยรวย | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช |
| ๔. ผศ.พิเชษฐ์ ศรีสังข์งาม | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา |
| ๕. ผศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๖. ผศ.ดร.ทิพบุษย์ เอกแสงศรี | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ๗. ดร.ศรีวรรณ ฉัตรสุริยวงศ์ | โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก จังหวัดสมุทรสาคร |
| ๘. นายกฤษจจร ศรีถาวร | โรงเรียนบ้านหนองหญ้าบัว จังหวัดบุรีรัมย์ |
| ๙. นายวีระพจน์ รัตนรัตน์ | โรงเรียนตรุณาราชบุรี จังหวัดราชบุรี |
| ๑๐. นางสาวสุขสวัสดิ์ ปรียาโชติ | โรงเรียนปรียาโชติ จังหวัดนครสวรรค์ |

คณะกรรมการการศึกษา

- | | |
|---------------------------------|---|
| ๑. ผศ.ดร.สุชัย นพรัตน์แจ่มจำรัส | มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม |
| ๒. รศ.ดร.ธวัชชัย อ่อนจันทร์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ๓. ผศ.อาสาฬห์ สุวรรณฤทธิ์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ๔. รศ.ดร.สัญญา มิตรเอม | รองผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๕. ดร.เขมวดี พงศานนท์ | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |

• วิทยาการคำนวณ

คณะกรรมการร่าง

- | | |
|---------------------------------|--|
| ๑. นายพรพจน์ พุดวันเพ็ญ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๒. นายนิพนธ์ ศุภศรี | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๓. นางสาวจินดาพร หมวกหมื่นไวย | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๔. นางสาวทัศนีย์ กรองทอง | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๕. นางสาวพรพิมล ตั้งชัยสิน | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๖. นายพนมยงค์ แก้วประชุม | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๗. นางสาววชิรพรรณ ทองวิจิตร | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๘. รศ.ยีน ภู่วรรณ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๙. รศ.ดร.พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๑๐. ผศ.ดร.ชวลิต ศรีสถาพรพัฒน์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๑๑. ผศ.ศิริกร จันทร์นวล | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๑๒. ผศ.ดร.ชัยพร ใจแก้ว | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๑๓. ผศ.ดร.ธนาวิทย์ รักธรรมานนท์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๑๔. นายผนวกเดช สุวรรณทัต | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ๑๕. ดร.อภิญญา สังข์เพชร | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ๑๖. ดร.ปกป้อง ส่องเมือง | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

- | | |
|--------------------------------|---|
| ๑. ผศ.ดร.สุกรี สิ้นธุญญโณ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๒. ดร.สรรเสริญ เจียมอนันท์กุล | มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม |
| ๓. นายณัฐพล บัวอุไร | โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต จังหวัดปทุมธานี |
| ๔. นายบุญสิทธิ์ แซ่อึ้ง | โรงเรียนสายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ |
| ๕. นายกิตติ์ดนัย แจ่มแสงทอง | โรงเรียนหนองเสือวิทยาคม จังหวัดปทุมธานี |
| ๖. ดร.พัชรพล ธรรมแสง | โรงเรียนบุญเหลือวิทยานุสรณ์ จังหวัดนครราชสีมา |
| ๗. นายวรปรัชญ์ ลาวัฒน์วิไลวงศ์ | โรงเรียนนราสิกขาลัย จังหวัดนราธิวาส |
| ๘. นายนพดล มิ่งสำแดง | โรงเรียนปراجินราษฎร์บำรุง ๒ “อดุลศาสนกิจศึกษา” จังหวัดปราจีนบุรี |
| ๙. ดร.สุชิรา มีอาษา | โรงเรียนนครนายกวิทยาคม จังหวัดนครนายก |
| ๑๐. ดร.สุนันทา พุฒพันธ์ | โรงเรียนบ้านน้ำอ้อม จังหวัดยโสธร |
| ๑๑. นางสาวสุนันทา สร้อยสวัสดิ์ | โรงเรียนวัดสระแก้ว จังหวัดนครราชสีมา |
| ๑๒. นางสาววิลาวัลย์ ยาทองคำ | โรงเรียนบ้านแม่ไทย จังหวัดลำพูน |
| ๑๓. นายอรรณพ แดงอ่อน | โรงเรียนไทรประชาสามัคคี จังหวัดนครสวรรค์ |
| ๑๔. นายวิทยา เมฆวัน | โรงเรียนบ้านนาตงสหราษฎร์อุทิศ จังหวัดสกลนคร |
| ๑๕. ดร.โรจนฤทธิ์ จันนุ้ม | โรงเรียนอนุบาลสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท |
| ๑๖. ดร.เขมวดี พงศานนท์ | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๑๗. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |

คณะบรรณาธิการกิจ

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| ๑. รศ.ยีน ภู่วรรณ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๒. รศ.ดร.พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๓. นายผนวกเดช สุวรรณทัต | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ๔. นางสาวจินดาพร หมวกหมื่นไวย | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |
| ๕. นางสาวทัศนีย์ กรองทอง | สาขาเทคโนโลยี สสวท. |

สาระชีววิทยา

คณะทำงานยกร่าง

- | | |
|---------------------------------|--|
| ๑. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๒. ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สสวท. |
| ๓. รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๔. ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๕. นายณรงค์ พ่วงศรี | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๖. นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิสัย | โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) |
| ๗. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๘. ดร.สุนัดดา โยมญาติ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๙. นางสาววิลาส รัตนานุกูล | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๐. ดร.ขวัญชนก ศรีธาดาสุข | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๑. ดร.นันทยา อัครอารีย์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๒. ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๓. ดร.ภัสสิลา อุดร | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๔. นางสาวปานิก เวียงชัย | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๕. นางสาวปยุณยาพร บริเวธานันท์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

- | | |
|--------------------------------|--|
| ๑. รศ.ดร.กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ | นักวิชาการอิสระ |
| ๒. ผศ.เรณู ถาวโรฤทธิ | นักวิชาการอิสระ |
| ๓. ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๔. นางสาวศศิพิณฑ์ นรเศรษฐพันธ์ | โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม |
| ๕. นางขวัญใจ สุวรรณ | โรงเรียนระยองวิทยาคม จังหวัดระยอง |
| ๖. นางปณิติกา ไชยนวล | โรงเรียนจักรคำคณาทร จังหวัดลำพูน |

- | | |
|-------------------------------|--|
| ๗. นางสาวสุคนธา มะโน | โรงเรียนอูตรดิตถ์ดรุณี จังหวัดอุตรดิตถ์ |
| ๘. นายฉัตรชัย ชัยนนธ์ | โรงเรียนร่องวางอนุสรณ์ จังหวัดแพร่ |
| ๙. นายอนุรุทธิ์ หมัดเส็น | โรงเรียนจุฬาราชมนตรีวิทยาลัย นครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช |
| ๑๐. ดร.อติโรจน์ ปพัฒนเปรมสิริ | โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี |
| ๑๑. นางกนกกลดา สมพงษ์ | โรงเรียนกัณฑ์รัชวิทยวิทยา จังหวัดศรีสะเกษ |
| ๑๒. นายพิบูลย์ ถานสีมี | โรงเรียนละหานทรายรัชดาภิเษก จังหวัดบุรีรัมย์ |

คณะบรรณาธิการกิจ

- | | |
|------------------------------|--|
| ๑. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบูชา | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๒. ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สสวท. |
| ๓. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๔. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

สาระเคมี

คณะทำงานยกร่าง

- | | |
|---------------------------------|--|
| ๑. ดร.สุพรรณณี ชาญประเสริฐ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๒. ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง | ผู้ชำนาญ สสวท. |
| ๓. ศ.ดร.มงคล สุขวัฒน์สินินท์ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๔. นางสาวสุทธาทิพย์ หวังอำนวยพร | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๕. นางกมลวรรณ พงศ์นิรันดร์กุล | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๖. ดร.สนธิ พลชัยยา | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๗. นางสาวศิริรัตน์ พริกสี | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๘. นายชาญณรงค์ พูลเพิ่ม | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๙. ดร.ปุณิกา พระพุทธคุณ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๐. นางสาวณัฐกานา งามกิจภิญโญ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

๑๑. นายศุภวีริยะ สรณารักษ์

สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท.

๑๒. นายเดชทัต เรืองธรรม

สาขาวิจัยและประเมินมาตรฐาน สสวท.

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

๑. ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพิณิจธรรม

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒. ดร.ธีรชาติ ลีประเสริฐ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

๓. ดร.ชัชลิภา บุญเพ็ญต

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

๔. นางชื่นจิตร เดชอุดม

โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

๕. นางสาวสุทธาทิพย์ เลิศจุลศจรชัย

โรงเรียนสตรีวิทยา

๖. นายพิชญ์ สรจรูญ

โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี

๗. นางสาวอรัญญา คงแก้ว

โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จังหวัดสุรินทร์

๘. นางสาวธัญพิมล อาภัย

โรงเรียนดัดดรุณี จังหวัดฉะเชิงเทรา

๙. นางจันทร์ดาว แสงแก้ว

โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ จังหวัดเชียงใหม่

๑๐. นางจันทร์ฟอง ผิวสะอาด

โรงเรียนเชิงคำวิทยาคม จังหวัดเชียงราย

๑๑. นางชมพูนุช อุทัยรัตน์

โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา

๑๒. นายณรงค์ศิลป์ รูปพนม

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส สสวท.

คณะบรรณาธิการกิจ

๑. ศ.ดร.มงคล สุขวัฒน์นสินินิธิ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒. นายณรงค์ศิลป์ รูปพนม

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาวุโส สสวท.

๓. ดร.สุพรรณณี ชาญประเสริฐ

ผู้เชี่ยวชาญ สสวท.

๔. ผศ.ดร.จินดา แต่มบรรจง

ผู้ชำนาญ สสวท.

๕. นางสาวสุทธาทิพย์ หวังอำนาจพร

สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท.

สาระพินิจ

คณะทำงานยกร่าง

- | | |
|-------------------------------|--|
| ๑. นายราม ทิวารี | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๒. นายรังสรรค์ ศรีสาคร | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๓. นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๔. นายนทีธิ์ สามารถ | ผู้ชำนาญ สสวท. |
| ๕. นางเพ็ญจันทร์ ชิงห์ | ผู้ชำนาญ สสวท. |
| ๖. นายสมพร วัฒนเวคิน | ผู้ชำนาญ สสวท. |
| ๗. นายสุมิตร สวนสุข | ผู้ชำนาญ สสวท. |
| ๘. รศ.ดร.วรรณพงษ์ เตரியมโพธิ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๙. ผศ.ดร.นรินทร์ ญัฐวุฒิ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๑๐. นายวินัย เลิศเกษมสันต์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๑. ดร.จำเริญดา ปริญญาธารมาศ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๒. นายรักษพล ธนานวงศ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๓. ดร.ปรีดา พัชรมณีปกรณ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๔. นายสรจิตต์ อารีรัตน์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๕. นายจอมพรรค นวลดี | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๖. นายชนะรัชต์ คัมภักษ์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๗. นายเทพนคร แสงหัวช้าง | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ๑. ผศ.ดร.วุทธิพันธุ์ ปรัชญพฤทธิ | นักวิชาการอิสระ |
| ๒. รศ.สุวรรณ คูสำราญ | นักวิชาการอิสระ |
| ๓. ผศ.ดร.ปฐนรินทร์ อัสวพิภพ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

| | |
|---------------------------------|--|
| ๔. ดร.นรพัทธ์ ศรีมิโนภาษ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๕. ผศ.ดร.ขวัญ อารยะชนิตกุล | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๖. นายณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปราการ | คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๗. ดร.สิริพัฒน์ ประโชนเทพ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ๘. นายพิพัฒน์พงษ์ สาจันทร์ | โรงเรียนเทพศิลา |
| ๙. นายพลพิพัฒน์ วัฒนเศรษฐานุกูล | โรงเรียนมัธยมวัดบึงทองหลาง |
| ๑๐. นายวิศาล จิตต์วาริน | โรงเรียนบดินทร์เดชา |
| ๑๑. นางสาวปิยะมาศ บุญประกอบ | โรงเรียนวัดบวรนิเวศ |
| ๑๒. นายชูศักดิ์ วังเรียง | โรงเรียนตราษตระการคุณ จังหวัดตราด |
| ๑๓. นายวีระพล พงศ์ดา | โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก |
| ๑๔. นางณัฐภัสสร เหล่าเนตร์ | โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก |
| ๑๕. นายจีระศักดิ์ อบอาย | โรงเรียนห้วยน้ำหอม จังหวัดนครสวรรค์ |
| ๑๖. นายณรรตธร คงเจริญ | โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม จังหวัดสุโขทัย |
| ๑๗. นางสาววัลย์ กุลบุตรดี | โรงเรียนแจ้ห่มวิทยา จังหวัดลำปาง |
| ๑๘. นางสาวสายชล สุขโข | โรงเรียนจ่านกร้อง จังหวัดพิษณุโลก |
| ๑๙. นางน้ำค้าง รัตนพันธ์ | โรงเรียนกุสุมาวดีพิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์ |
| ๒๐. นางสมสุข แสงปราบ | โรงเรียนนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ |
| ๒๑. นายบุญชัย ต้นไถง | ผู้อำนวยการ สสวท. |

คณะกรรมการกิจ

| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| ๑. ผศ.ดร.วุทธิพันธ์ุ์ ปรัชญพฤทธิ | นักวิชาการอิสระ |
| ๒. รศ.สุวรรณ คูสำราญ | นักวิชาการอิสระ |
| ๓. รศ.ดร.วรรณพงษ์ เตริยมโพธิ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๔. ผศ.ดร.ขวัญ อารยะชนิตกุล | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| ๕. ผศ.ดร.บุรินทร์ อัครพิภพ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๖. นายราม ติวารี | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๗. นายรังสรรค์ ศรีสาคร | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๘. นางกิ่งแก้ว คูอมรพัฒนะ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๙. นางเพ็ญจันทร์ ชิงห์ | ผู้อำนวยการ สสวท. |

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

คณะทำงานยกร่าง

| | |
|---|--|
| ๑. นายสุพจน์ วุฒิสภณ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๒. นางเบ็ญจวรรณ ศรีเจริญ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๓. นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๔. นางดาริกา วีรวินันทกุล | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๕. นางฤทัย เพลงวัฒนา | ผู้อำนวยการ สสวท. |
| ๖. นายนิพนธ์ ทรายเพชร | ราชบัณฑิตดาราศาสตร์ |
| ๗. นางสาวบุศราศิริ ธนะ | สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย |
| ๘. นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ | โรงเรียนบางกะปิ |
| ๙. นายวิทยา อินโท | โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๑๐. นางสาววิชราตรี กลับแสง | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๑. นางสาวรัมภา ศรีบางพลี | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๒. นางสาวโศภิตา จันท์ศรี | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |
| ๑๓. ว่าที่ ร.ต.ภุริวัจน์ จิราตันตีพัฒน์ | สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย สสวท. |

คณะผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณาร่าง

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| ๑. นางสาวประไพร์ วิราพร | นักวิชาการอิสระ |
| ๒. ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ | นักวิชาการอิสระ |
| ๓. ผศ.ดร.วิชัย จุฑะโกสิทธิ์กานนท์ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

- | | |
|-------------------------------|--|
| ๔. ผศ.ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๕. ดร.อำนาจ สาทานนท์ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๖. ดร.สรณ วิจารณ์วรรณลักษณ์ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ๗. ดร.ปริญญา พุทธาภิบาล | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| ๘. ดร.จตุรงค์ สุธนธชาติ | คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| ๙. ดร.ดุชนฎี ศุขวัฒน์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี |
| ๑๐. ดร.สงกรานต์ อักษร | กรมอุตสาหกรรมวิทยา |
| ๑๑. นายภูริชัย ชัยศร | โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม |
| ๑๒. นายวีระชัย จันทร์สุข | โรงเรียนลองวิทยา จังหวัดแพร่ |
| ๑๓. นางนิตยา เดิมบางชั้น | โรงเรียนปลวกแดงพิทยาคม จังหวัดระยอง |

คณะบรรณาธิการกิจ

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| ๑. นางสาวประไพร์ วิราพร | นักวิชาการอิสระ |
| ๒. นายนิพนธ์ ทรายเพชร | ราชบัณฑิตดาราศาสตร์ |
| ๓. รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม | สถาบันวิจัยดาราศาสตร์ |
| ๔. รศ.ดร.พิษณุ วงศ์พรชัย | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| ๕. ผศ.ดร.กฤษณ์ วันอินทร์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ๖. ดร.สงกรานต์ อักษร | กรมอุตสาหกรรมวิทยา |
| ๗. นายสุพจน์ วุฒิโสภณ | ผู้เชี่ยวชาญ สสวท. |
| ๘. นางฤทัย เพลงวัฒนา | ผู้ชำนาญ สสวท. |