สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

โครงการการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ
ด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่๒)

คู่มือครู
วิชาวิทยาศาสตร์

มัธยมศึกษาปีที่
๒

สนับสนุนโดย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

ดำเนินการโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คำนำ

คู่มือครูนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เสริมในการเรียน การสอน ด้านพลังงานแบบบูรณาการของโครงการวิจัย “โครงการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่ 2)” ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ดำเนินการโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คู่มือครูนี้ได้ออกแบบและจัดทำให้สอดคล้องกับความรู้ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้นการศึกษาตามสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ คำศัพท์วิชาการที่ใช้ส่วนใหญ่อ้างอิงจาก พจนานุกรมศัพท์พลังงาน (อังกฤษ-ไทย) ราชบัณฑิตยสถาน (2551) โดยชุดคู่มือครูนี้ ได้ถูกแบ่งออกเป็น 8 สาระวิชาเพื่อให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังที่กล่าวมาข้างต้น คือ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศ และคณะทำงานได้จัดทำชุดสื่อการสอน (บัตรรูปภาพ/บัตรคำศัพท์, ชุดทดลอง, สื่อภาพเคลื่อนไหว อนิเมชั่นและโปรแกรมอินเตอร์แอคทีฟต่างๆ) เพื่อใช้ประกอบการสอนในชุดคู่มือครูนี้

นอกจากนี้คณะทำงานได้จัดทำหนังสือความรู้พื้นฐานด้านพลังงานสำหรับครูเพื่อใช้ในการอบรมครู โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่1 สำหรับชั้นประถมศึกษาและผู้ไม่มีพื้นฐานด้านพลังงาน ระดับที่2 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ระดับที่3 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินโครงการนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและคุณครูทุกท่านที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในโครงการนี้

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูชุดนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในประเทศไทยโดยมีการเพิ่มสาระด้านพลังงานเพื่อทำให้คุณครูสามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการเรียน การสอน ให้แก่นักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องของพลังงาน ตลอดจนสามารถนำไปปรับใช้กับชีวิตประจำวันทั้งในปัจจุบันและในอนาคตซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาพลังงานของประเทศไทยอย่างยั่งยืนสืบไป

คณะผู้จัดทำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สารบัญ

คู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้น ม.2

1. แผนผังสาระการเรียนรู้ 1

1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 1

1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 5 หัวข้อหลักดังแผนภาพ . 2

2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาวิทยาศาสตร์ 3

2.1 พลังงานและมลพิษประกอบด้วยธาตุและสารประกอบ 5

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 5

กิจกรรมที่ 1: เล่นแร่ แปรธาตุ 13

กิจกรรมที่ 2: โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 15

กิจกรรมที่ 3: หลอดแบบไหนประหยัดไฟฟ้ากว่ากัน 16

กิจกรรมที่ 4: แกะรอยรถยนต์ใช้น้ำแทนน้ำมัน 18

กิจกรรมที่ 6: แบตเตอรี่ผลไม้ 19

2.2 แสง การมองเห็น การสะท้อนและการหักเหของแสงกับพลังงานทางเลือก 21

สาระที่ 5 พลังงาน (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551) 21

กิจกรรมที่ 5: เครื่องต้มน้ำพลังรังสีอาทิตย์ 24

2.3 แสงสี 25

กิจกรรมที่ 7: LED แยกแสง 32

กิจกรรมที่ 8: คนเห็นสี 35

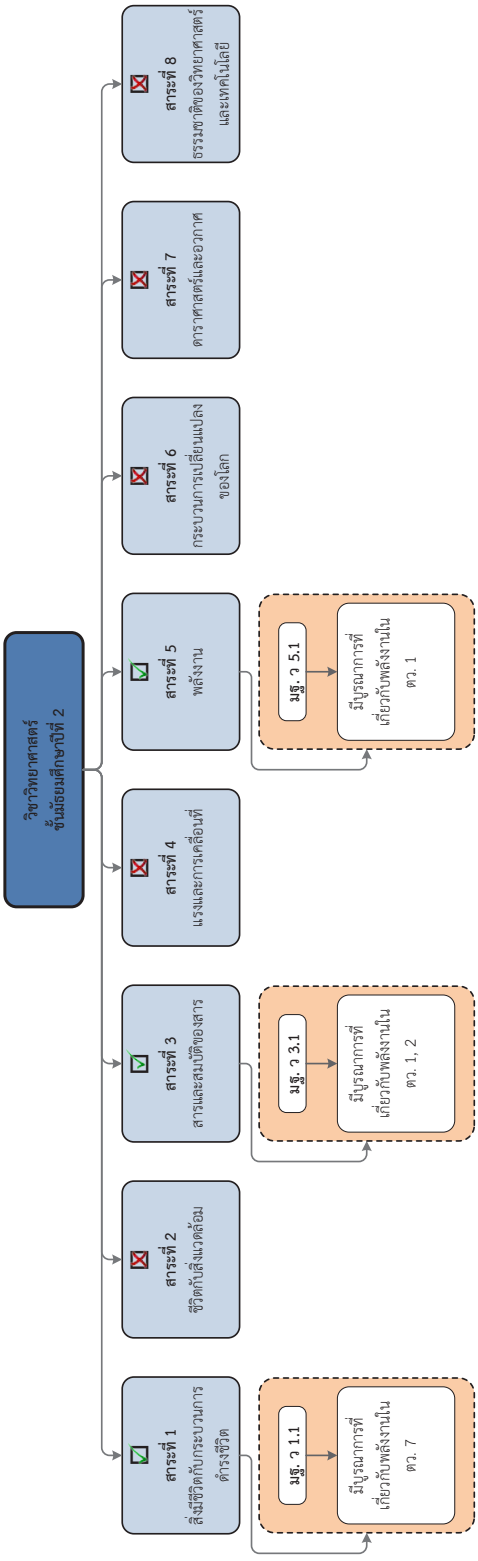
3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้ 38

4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม 41

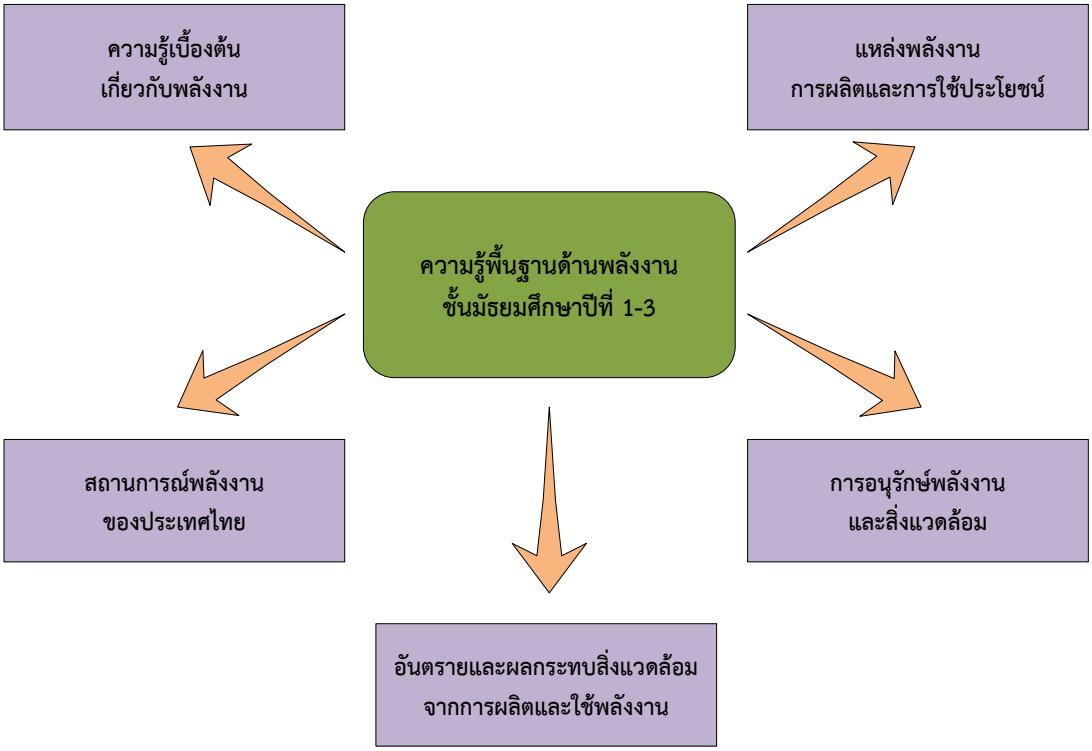
คู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้น ม.2

1. แผนผังสาระการเรียนรู้

1.1 สาระการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551



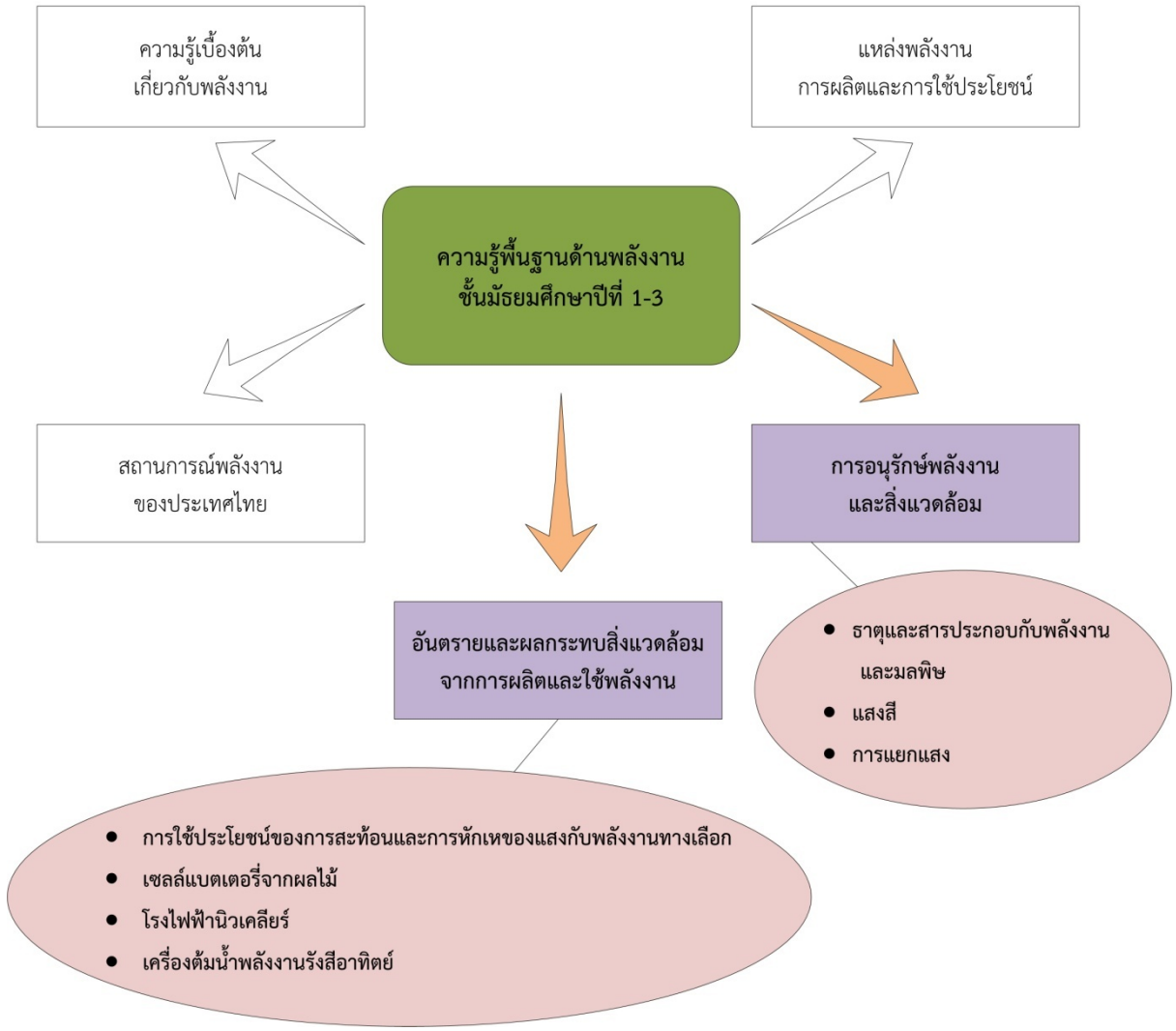
1.2 กรอบองค์ความรู้ด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาภายใต้ 5 หัวข้อหลักดังแผนภาพ



2. สาระด้านพลังงานที่บูรณาการเข้ากับสาระวิชาวิทยาศาสตร์

การบูรณาการสาระด้านพลังงานเข้ากับสาระวิชาเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ด้านพลังงานที่เสริมในรายวิชา โดยเป็นความรู้ผ่านการเรียนรู้สาระแกนกลางพร้อมทั้งกิจกรรมเพื่อเสริมกระบวนการเรียนรู้และความเข้าใจ ในเรื่องของเทคโนโลยี การใช้ประโยชน์ และแหล่งพลังงาน ดังหัวข้อต่อไปนี้

วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



2.1 พลังงานและมลพิษประกอบด้วยธาตุและสารประกอบ

การบูรณาการสาระด้านพลังงานเข้ากับสาระวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 มาตรฐาน ว 3.1 ตัวชี้วัดที่ 1 และ 2 เพื่อให้นักเรียนรู้จักชนิดของธาตุ ทั้งที่เป็นธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสี และ ชนิดของสารประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน การเกิดมลพิษ รวมทั้งการใช้ประโยชน์ และโทษของธาตุและสารประกอบ ในด้านพลังงาน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลาง
ม.2	1. สำรวจและอธิบายองค์ประกอบ สมบัติของธาตุและสารประกอบ	• ธาตุเป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวและไม่สามารถแยกสลายเป็นสารอื่นได้อีกโดยวิธีการทางเคมี • สารประกอบเป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุตั้งแต่สองธาตุขึ้นไปรวมตัวกันด้วยอัตราส่วนโดยมวลคงที่และมีสมบัติแตกต่างจากสมบัติเดิมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
	2. สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติของธาตุโลหะ ธาตุอโลหะ ธาตุกึ่งโลหะและธาตุกัมมันตรังสีและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	• ธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติบางประการที่คล้ายกันและแตกต่างกัน จึงสามารถจำแนกกลุ่มธาตุตามสมบัติของธาตุเป็นธาตุโลหะ กึ่งโลหะ อโลหะ และธาตุกัมมันตรังสี • ในชีวิตประจำวันมีวัสดุ อุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ผลิตมาจากธาตุและสารประกอบ จึงควรเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสม ปลอดภัยและยั่งยืน

หมายเหตุ: ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เน้นในแถบสีเป็นสาระที่นำเอาองค์ความรู้ด้านพลังงานและกิจกรรมมาบูรณาการภายใต้หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551 เฉพาะที่เกี่ยวข้อง

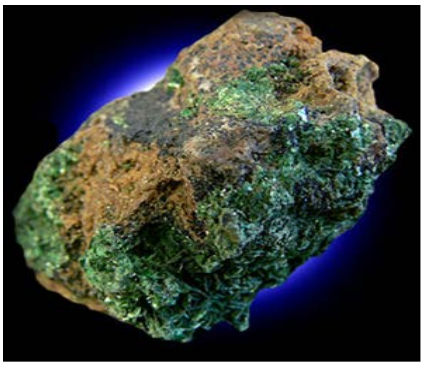
ความรู้ด้านพลังงานที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ก. ธาตุ สารประกอบ ประโยชน์และโทษ

ก.1 ธาตุและสารประกอบ

ธาตุ (Element) เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียว เช่น ออกซิเจน (O) คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) เป็นต้น ธาตุแต่ละชนิดจะมีสมบัติเฉพาะตัวทั้งที่คล้ายกัน และแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแยกเป็น 3 กลุ่ม คือ โลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ โดยกลุ่มใหญ่มี 2 กลุ่ม ได้แก่ โลหะและอโลหะ การแยกความแตกต่างของโลหะและอโลหะจะแยกตาม สถานะ จุดหลอมเหลวและจุดเดือด ความเป็นมันวาว การนำไฟฟ้าและความร้อน ความแข็งและเหนียว

นอกจากสมบัติที่กล่าวข้างต้น ธาตุบางชนิดยังมีสมบัติในการแผ่รังสีได้ เรียก ธาตุกัมมันตรังสี เช่น ยูเรเนียม (Uranium) พอโลเนียม (Polonium) เรเดียม (Radium) โดยจะแผ่รังสีแอลฟา (Alpha) รังสีบีตา (Beta) และรังสีแกมมา (Gamma) ซึ่งเป็นรังสีที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันไป ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางที่ทำให้เกิดประโยชน์และโทษได้ ในด้านพลังงานธาตุ ยูเรเนียม (รูปภาพประกอบที่ 1) ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดยปัจจุบันมีหลายประเทศที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ เช่น ประเทศเยอรมนี ฝรั่งเศส สหรัฐเมริกา และญี่ปุ่น เป็นต้น (รูปภาพประกอบที่ 2)

รูปที่	รูปภาพประกอบ	คำอธิบาย
1		แร่ยูเรเนียม ที่มา: http://investorintel.com/nuclear-energy-intel/u3o8-issues-ni-43-101-pea-and-promises-0-cost-uranium-production/
2		โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่รัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มา: http://enformable.com/wp-content/uploads/2013/02/Perry-Nuclear-Power-Plant-Ohio.jpg

สารประกอบ (compound) เป็นสารที่เกิดจาก อะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน ด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี เกิดเป็นสารชนิดใหม่ ที่มีสัดส่วนอะตอมของธาตุคงที่ เช่น น้ำ (H_2O) ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน (1 อะตอม) และไฮโดรเจน (2 อะตอม) น้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) มีอะตอมของธาตุ 3 ชนิดเป็นองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน (6 อะตอม) ไฮโดรเจน (12 อะตอม) และ ออกซิเจน (6 อะตอม) สารประกอบที่ นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน เช่น เอทานอล (C_2H_5OH) สาหร่าย แก๊สธรรมชาติ จะมีองค์ประกอบทั้งที่เป็นแก๊สเฉื่อยและสารประกอบปนกันอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดเมื่อแยกออกมาแล้วนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) สารโพรเพน (C_3H_8) และบิวเทน (C_4H_{10}) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแก๊สหุงต้มหรือแก๊สปิโตรเลียมเหลวหรือ ที่รู้จักกันในชื่อแก๊ส LPG ในแก๊สธรรมชาติ หรือ NGV (Natural Gas for Vehicle) มีส่วนประกอบหลักคือแก๊สมีเทน (CH_4) ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงใช้ในอุตสาหกรรม ในยานยนต์ และการผลิตกระแสไฟฟ้า สารประกอบยังพบเป็นสารที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ น้ำ (H_2O)

นอกจากสารประกอบแล้ว โลหะบางชนิดยังถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิต วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หลอดไฟฟ้าที่ให้ความสว่างที่มีอยู่หลายชนิด ได้แก่หลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (หลอดตะเกียบประหยัดไฟ) หลอดนีออนหรือหลอดไฟฟ้าโฆษณาที่มีสี ต่างๆ หลอด LED (light emitting diode) ซึ่งเป็นหลอดประหยัดพลังงาน (รูปที่ 3.1-3.6) ในการใช้งานต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมและประหยัดพลังงาน ภายในหลอด เหล่านี้ต้องใช้ธาตุหลายชนิดในการทำให้เกิดแสง ตัวอย่าง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ไส้หลอดทำด้วยธาตุทังสเตน (วุลแฟรม) ภายในตัวหลอดบรรจุสารปรอท และแก๊สอาร์กอนซึ่งเป็นแก๊สเฉื่อย ผิวด้านในฉาบด้วยสารเรืองแสงขึ้นกับสีที่ต้องการ เช่น แสงสีเขียวฉาบด้วยสารซิงค์ซิลิเคต (O_4SiZn_2) แสงสีชมพูฉาบด้วยแคดเนียมบอเรต ($B_2Cd_3O_6$) เป็นต้น นอกจากนี้ในสตาร์ตเตอร์และ แบลลัสต์ที่ใช้ประกอบกันก็ยังมีธาตุหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ

ส่วนสารประกอบที่จัดเป็นมลพิษ หรือเป็นโทษ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารที่เป็นสาเหตุของการเกิดแก๊สเรือนกระจก นอกจากนี้ยังมีสารประกอบที่เป็นแก๊สมลพิษที่เป็นสาเหตุของแก๊สเรือนกระจกและฝนกรด เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) กรดซัลฟูริค (H_2SO_4) และกรดไนตริก (H_2NO_3) เป็นต้น

สุดารัตน์, http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/bangkok/sudarat_n-ok/sec04p03.html

ภาพหลอดไฟฟ้าชนิต่างๆ ทั้งประเภทสวยงามและ หลอดประหยัดพลังงาน

ลำดับ	รูปภาพประกอบ	คำอธิบาย
3.1		หลอดไส้
3.2		คอมแพคฟลูออเรสเซนต์
3.3		หลอดนีออน
3.4		หลอดฟลูออเรสเซนต์
3.5		หลอด LED

ลำดับ	รูปภาพประกอบ	คำอธิบาย
3.6		หลอด LED

ตารางที่ 1 ตัวอย่างธาตุและสารประกอบที่เป็นองค์ประกอบในแก๊สธรรมชาติ

ชื่อ	สูตรเคมี	ธาตุ	สารประกอบ	สัดส่วนในแก๊สธรรมชาติ
มีเทน (Methane)	CH_4		√	70 - 90%
อีเทน (Ethane)	C_2H_6		√	0 - 20%
โพรเพน (Propane)	C_3H_8		√	
บิวเบน (Butane)	C_4H_{10}		√	
คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide)	CO_2		√	0 - 8%
ออกซิเจน (Oxygen)	O_2	√		0 - 0.2%
ไนโตรเจน (Nitrogen)	N_2	√		0 - 0.5%
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide)	H_2S		√	0 - 5%
แก๊สอื่นๆ	Ar,He,Ne,Xe			เล็กน้อย

ธาตุหรือสารแต่ละชนิดสามารถเกิด การเปลี่ยนแปลงได้ 2 แบบ แบบแรก คือการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งภายหลังการเปลี่ยนแปลง สารจะยังคงมีสมบัติทางเคมีและองค์ประกอบทางเคมีเหมือนเดิม แบบที่สองได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งหลังการเปลี่ยนแปลงจะเกิดสารใหม่ที่มีสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีไม่เหมือนเดิม ปฏิกิริยาเคมี มีประโยชน์และพบได้ในชีวิตประจำวัน ปฏิกิริยาเคมีสามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น ปฏิกิริยาเคมีในแบตเตอรี่ตะกั่วกรด เกิดจากตะกั่ว ทำปฏิกิริยากับตะกั่วออกไซด์ และกรดซัลฟิวริก ได้ตะกั่วซัลเฟตและน้ำ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

ตะกั่ว ตะกั่วออกไซด์ กรดซัลฟิวริก ตะกั่วซัลเฟต น้ำ

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น แก๊สมีเทน

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

แก๊สมีเทน แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ

ก.2 เซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้ผลิตพลังงาน ที่นิยมใช้คือปฏิกิริยาระหว่างแก๊สออกซิเจน (O_2) และแก๊สไฮโดรเจน (H_2) เกิดเป็นน้ำ (H_2O) และได้พลังงานไฟฟ้า (รูปภาพประกอบ ที่ 4.1) เขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้

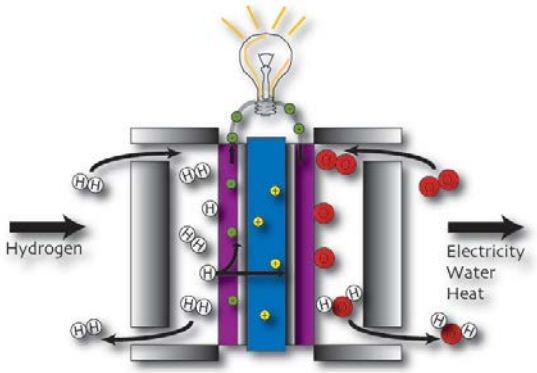
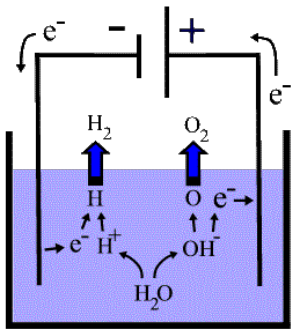
$$2H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$$

แก๊สไฮโดรเจน แก๊สออกซิเจน น้ำ

ในทางกลับกัน ในการแยกน้ำให้เป็น แก๊สไฮโดรเจน และออกซิเจน จะใช้ปฏิกิริยา อิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) ซึ่งต้องใช้กระแสไฟฟ้าช่วย ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษานำวิธี อิเล็กโทรไลซิส มาใช้เพื่อแยกแก๊สไฮโดรเจนจากน้ำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือก แก๊สไฮโดรเจนที่ผลิตจากวิธีแยกน้ำด้วยอิเล็กโทรไลซิสนั้น อาศัยหลักการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าในน้ำด้วยอิเลคโทรด 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode) และแคโทด (Cathode) โดยโมเลกุลของน้ำถูกแยกออกเป็นไฮโดรเจนที่ขั้วแคโทดและออกซิเจนที่ขั้วแอโนด (รูปภาพประกอบที่ 4.2) ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีของการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า คือ

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2$$

น้ำ แก๊สออกซิเจน แก๊สไฮโดรเจน

รูปที่	รูปภาพประกอบ	คำอธิบาย
4.1		เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ที่มา: http://www-ssrl.slac.stanford.edu/ nilssongroup/ nilsson_projects.html
4.2	**Electrolysis:** Splitting water with electricity to produce hydrogen and oxygen: 	ปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลซิส ที่มา: http://www.nmsea.org/Curriculum/7_12/ electrolysis/electrolysis.htm

ที่มา:
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, http://www2.dede.go.th/hydronet/01Knowledge /02Electrolysis/ElectrolsisMain.html

Fuel Cell, http://www.charninenergy.com/pdf/fuelcells.pdf

ก.2 เซลล์แบตเตอรี่จากผลไม้

เซลล์ไฟฟ้าเคมี คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นไฟฟ้าหรือไฟฟ้าเป็นเคมี แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

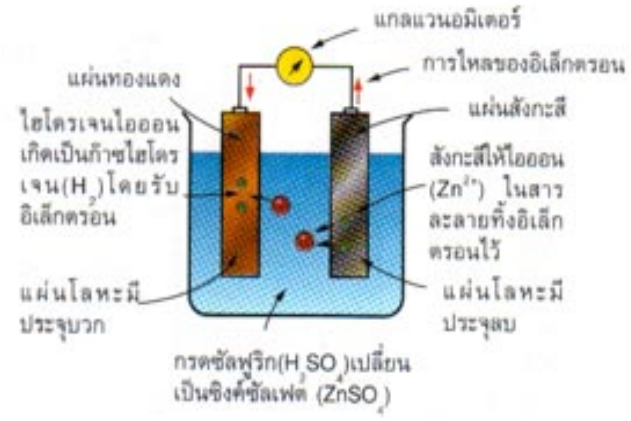
(1) เซลล์กัลวานิก เช่น **ถ่านไฟฉาย เซลล์อัลคาไลน์ เซลล์ปรอท แบตเตอรี่**

(2) เซลล์อิเล็กโทรไลต์ เช่น เซลล์แยกน้ำด้วยไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นเซลล์ไฟฟ้าประเภทกัลวานิก ที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยสารเคมีที่อยู่ในแบตเตอรี่เป็นแหล่งสะสมพลังงานซึ่งสามารถปลดปล่อยกระแสอิเล็กตรอน (พลังงานไฟฟ้า) แบตเตอรีมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน (รูปที่ 5) คือ

1. ขั้วไฟฟ้า ได้แก่ ขั้วอาโนด (ขั้วลบ) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ ขั้วคาโทด (ขั้วบวก) เกิดปฏิกิริยารีดักชัน
2. สารละลายอิเล็กโตรไลต์ เป็นของเหลวนำไฟฟ้า เพราะมีไอออนเคลื่อนที่ไปมา เช่น สารละลายกรด-เบส-เกลือ

ตัวอย่างของเซลล์แบตเตอรี สามารถทำได้โดยใช้ขั้วไฟฟ้า (electrode) จำนวน 2 ขั้ว จากโลหะต่างชนิดกันที่นำไฟฟ้า เช่น ขั้วทองแดง และ ขั้วสังกะสี โดยมีสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลท์



รูปที่ 5 ส่วนประกอบสำคัญของแบตเตอรี

โลหะสังกะสีจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก โดย ขั้วสังกะสีเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้อิเล็กตรอนและเกิดการละลาย เป็นสังกะสีไอออน (Zn^{2+}) เมื่อต่อให้ครบวงจร อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะไหลไปยังขั้วทองแดง และไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดซัลฟิวริก จะรับอิเล็กตรอนแล้วเกิดฟองแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ขึ้นที่บริเวณขั้วทองแดง **ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น มีดังนี้**

ขั้วลบ (อาโนด) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

ขั้วบวก (คาโทด) เกิดปฏิกิริยารีดักชัน : $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

ปฏิกิริยารวม : $Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$

เราสามารถสร้างเซลล์แบตเตอรี่อย่างง่ายจากผักผลไม้ เช่น มะนาว ส้ม สับปะรด แก้วมังกร แอปเปิ้ล กล้วย มันเทศ มันฝรั่ง หัวหอม หรือ ผักผลไม้ตามฤดูกาลอื่น ไอออนต่างๆและกรดในผักผลไม้จะทำหน้าที่เป็นอิเล็กโตรไลต์ และใช้โลหะชนิดต่างๆ เช่น ลวดทองแดง สังกะสี แผ่นอะลูมิเนียม ตะปูเหล็ก ไส้ดินสอ เป็นขั้วไฟฟ้า

กิจกรรมที่ 1: เล่นแร่ แปรธาตุ

ครอบคลุมสาระที่ 3 มาตรฐาน ว 3.1 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ธาตุ เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกันและไม่สามารถแยกสลายเป็นสารอื่นได้อีกโดยวิธีการทางเคมี สารประกอบเป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุตั้งแต่สองธาตุขึ้นไปรวมตัวกันด้วยอัตราส่วนโดยมวลคงที่ และมีสมบัติแตกต่างจากสมบัติเดิมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที

วัตถุประสงค์: นักเรียนสามารถแยกความแตกต่างระหว่างธาตุกับสารประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและมลพิษ รวมทั้งประโยชน์และโทษของธาตุและสารประกอบ

คำอธิบายกิจกรรม

1. คุณครูให้นักเรียนดูตารางธาตุแบบ animation จากคลิป http://www.youtube.com/watch?v=0rJmlLZ8Psc และให้นักเรียนบอกลักษณะเฉพาะหรือสิ่งที่เห็นในภาพของธาตุแต่ละชนิด
2. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2-3 คน (หรือตามความเหมาะสม) สืบค้นข้อมูลของสารที่พบในข้อต่อไปนี้ และใส่ข้อมูลลงในตารางใบงาน และให้ระบุชนิดของสารที่พบว่าเป็นธาตุหรือสารประกอบ
    2.1 องค์ประกอบของเชื้อเพลิงธรรมชาติ น้ำมันดิบ ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ หรือ
    2.2 สารที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช หรือ
    2.3 สารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะแก๊สเรือนกระจก และฝนกรด หรือ
    2.4 สารหรือกระบวนการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน
3. ให้นักเรียนออกมารายงานหน้าห้อง พร้อมทั้งบอกประโยชน์ โทษของสารหรือกระบวนการที่นำเสนอ

ตัวอย่างใบงาน

ตารางแสดงการแยกชนิดของธาตุและสารประกอบในตัวอย่างแก๊สธรรมชาติ

ชื่อ	สูตรเคมี	ธาตุ	สารประกอบ	ชนิดและจำนวนของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ	
Methane มีเทน	CH_4		√	C = 1	H = 4
Nitrogen ไนโตรเจน	N_2	√		N = 2	-
ประโยชน์ของแก๊สธรรมชาติ:.....					

หมายเหตุ: ตารางใบงานนักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามแหล่งที่มาของสาร/กระบวนการ เช่น

1. ตารางแสดงการแยกชนิดของธาตุและสารประกอบในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช(ประโยชน์ของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช)

2. ตารางแสดงการแยกชนิดของธาตุและสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเกิดแก๊สเรือนกระจก (โทษของการเกิดแก๊สเรือนกระจก)

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล		สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถระบุชนิดของธาตุ และสารประกอบได้ถูกต้องจากใบงานและการนำเสนอ		3/3.1/1
2. นักเรียนสามารถบอกโทษและประโยชน์ของสารหรือกระบวนการที่นำเสนอ		

กิจกรรมที่ 2: โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ครอบคลุมสาระที่ 3 มาตรฐาน ว 3.1 ตัวชี้วัดที่ 2 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติของธาตุโลหะ ธาตุอโลหะ ธาตุกึ่งโลหะและธาตุ กัมมันตรังสีและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที

วัตถุประสงค์: เพื่อให้นักเรียรู้ว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จะได้ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ นอกเหนือจากน้ำตาล ที่เรียกว่าสารชีวมวล และผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ที่เรียกว่าพลังงานชีวมวล ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง

คำอธิบายกิจกรรม:

1. ให้นักเรียนดูการ์ตูนเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ http://www.youtube.com/watch?v=4smoAyspA0g ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
2. ให้นักเรียนเขียนหรือช่วยกันระบุตำแหน่งธาตุกัมมันตรังสีที่ใช้ในการสร้างพลังงานในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในตารางธาตุ และบอกสมบัติของธาตุชนิดนี้
3. ให้นักเรียนช่วยกันอธิบายหรือช่วยกันเขียนภาพกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์จากการ์ตูนที่ดู

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนรู้จักธาตุที่นำมาใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานในการผลิตไฟฟ้า และสามารถบอกตำแหน่งรวมทั้งสมบัติของธาตุนี้ได้ในตารางธาตุ		3/3.1/2
2. นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากธาตุกัมมันตรังสีได้		

กิจกรรมที่ 3: หลอดแบบไหนประหยัดไฟฟ้ากว่ากัน

ครอบคลุมสาระที่ 3 มาตรฐาน ว 3.1 ตัวชี้วัดที่ 2 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติบางประการที่คล้ายกันและแตกต่างกัน จึงสามารถจำแนกกลุ่มธาตุตามสมบัติของธาตุเป็นธาตุโลหะ กึ่งโลหะ อโลหะ และธาตุกัมมันตรังสี

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที

วัตถุประสงค์ : เพื่อให้นักเรียนรู้จักชนิดของธาตุ และสมบัติของธาตุที่นำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตอุปกรณ์ให้แสงสว่างและรู้จักชนิดของหลอดที่ประหยัดไฟฟ้า

คำอธิบายกิจกรรม:

1. ให้การบ้านนักเรียนโดยแบ่งเป็นกลุ่ม 4 - 5 คน สืบค้นชนิดของหลอดไฟแบบต่างๆ รวมทั้งสตาร์ตเตอร์ และแบลลัสต์ และศึกษาชนิดของธาตุที่ใช้ในการทำให้เกิดความสว่างของหลอดแต่ละชนิดโดยให้ลงรายการชื่อธาตุที่เป็นองค์ประกอบในใบงาน
2. ให้ระบุชนิดของธาตุในตารางธาตุ
3. จำแนกธาตุแต่ละชนิดว่าเป็นโลหะ กึ่งโลหะ หรืออโลหะ โดยดูจากตารางธาตุประกอบ
4. หาข้อมูลอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบว่าหลอดชนิดใดประหยัดไฟฟ้ากว่ากัน

ตัวอย่างใบงาน

ชนิดของหลอดไฟฟ้า/อุปกรณ์	หลอดนีออน	หลอดไส้	หลอด LED	หลอดฟลูออเรสเซนต์	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์
หลอดไฟ					
ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ					
สตาร์ตเตอร์					
ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ					
แบลลัสต์					
ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ					
หลอดชนิดที่ประหยัดไฟฟ้า: ..... เหตุผล.....					

หมายเหตุ: คุณครูปรับใบงานได้ตามความเหมาะสมโดยอาจเพิ่มเนื้อที่ให้นักเรียนระบุชนิดของธาตุเป็นแบบโลหะหรืออโลหะพร้อมให้เหตุผล

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. ประเมินจากใบงานของนักเรียนที่ระบุชนิดของธาตุได้ถูกต้อง		3/3.1/2
2. สามารถระบุชนิดของธาตุในตารางธาตุ และสมบัติของธาตุในการทำงานของหลอดไฟฟ้า		
3. สามารถบอกได้ว่าหลอดไฟชนิดใดเป็นหลอดประหยัดไฟฟ้า พร้อมเหตุผล		

กิจกรรมที่ 4: แกะรอยรถยนต์ใช้น้ำแทนน้ำมัน

ครอบคลุมสาระที่ 3 มาตรฐาน ว 3.1 ตัวชี้วัดที่ 2 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง

- สมการเคมีใช้เขียนแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร ซึ่งมีทั้งสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์

- ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับออกซิเจน โลหะกับน้ำ โลหะกับกรด กรดกับเบส และกรดกับคาร์บอเนต เป็นปฏิกิริยาเคมีที่พบทั่วไป

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที

วัตถุประสงค์ : ให้นักเรียนเรียนรู้หลักการทำงานของแบตเตอรี่ซึ่งเ ป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นเซลล์ไฟฟ้าประเภทกัลวานิก ที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า จากผลไม้

คำอธิบายกิจกรรม:

1. ให้นักเรียนสืบค้นใช้วิดิทัศน์ หรือวิดีโอ ในเรื่องเซลล์พลังงาน และปฏิกิริยาอิเลคโทรไลซิส และฝึกเขียนปฏิกิริยา พร้อมทั้งให้บอกประโยชน์ของสารเก่าและสารที่เกิดใหม่
2. สืบค้นข้อมูลการใช้รถยนตร์ที่เติมน้ำแทนน้ำมันว่ามีจริงหรือไม่ และใช้ปฏิกิริยาเหมือนกับที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียนหรือไม่

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถเขียนปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนในเซลล์เชื้อเพลิง และปฏิกิริยาการสลายน้ำเป็น แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนในปฏิกิริยาอิเลคโทรไลซิส		3/3.2/2
2. นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างของการเกิดปฏิกิริยาทั้งสองแบบ และเปรียบเทียบสารที่เกิดใหม่กับสารตั้งต้นว่ามีสมบัติเหมือนหรือต่างกัน		

กิจกรรมที่ 6: แบตเตอรี่ผลไม้

ครอบคลุมสาระที่ 1 มาตรฐาน ว 1.1 ตัวชี้วัดที่ 7 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับออกซิเจน โลหะกับน้ำ โลหะกับกรด กรดกับเบส และกรดกับคาร์บอเนตเป็นปฏิกิริยาเคมีที่พบทั่วไป

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที

วัตถุประสงค์: ให้นักเรียนเรียนรู้หลักการทำงานของแบตเตอรี่ซึ่งเ ป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นเซลล์ไฟฟ้าประเภทกัลวานิก ที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า จากผลไม้

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง:

1. มะนาว (หรือ สับปะรด แก้วมังกร แอปเปิ้ล กล้วย มันเทศ มันฝรั่ง หัวหอม หรือ ผักผลไม้ตามฤดูกาลอื่น)
2. โลหะ: ลวดทองแดง สังกะสี ตะปูเหล็ก อะลูมิเนียม ฯลฯ
3. ไส้ดินสอ
4. กระดาษทราย
5. มัลติมิเตอร์ (multimeter) และ สายไฟสำหรับต่อวงจร หรือ ไดโอดเปล่งแสง

คำอธิบายกิจกรรม:

ครูให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขัดลวดทองแดงและสังกะสี หรือโลหะที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าด้วยกระดาษทรายแล้วหนีบด้วยตัวหนีบสายไฟ
2. นำลวดทองแดงกับแผ่นสังกะสีไปเสียบลงในผลมะนาวให้มีระยะห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร ระวังอย่าให้โลหะทั้งสองสัมผัสกัน
3. นำผลมะนาวที่เสียบด้วยขั้วไฟฟ้าดังข้อ 2 หลายๆลูกมาพ่วงต่อกันและต่อเข้ากับไดโอดเปล่งแสงก็จะทำให้เกิดไฟสว่างขึ้น
4. หากต้องการวัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ให้ต่อขั้วโลหะทั้งสองเข้ากับขั้วบวก (คาโทด) และขั้วลบ (อาโนด) ของมัลติมิเตอร์ โดยปรับ มัลติมิเตอร์ไปที่ DCV (direct current voltages)

   ปรับเสกลอ่านให้เหมาะสมและอ่านค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ ถ้าค่าที่อ่านได้ติดลบให้ลองสลับขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งโดยเปลี่ยนผลไม้ลูกใหม่ หรือชิ้นใหม่ เพื่อหาค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากผลไม้

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการเกิดไฟฟ้าจากปฏิกิริยาทางเคมีได้		3/3.2/2
2. สามารถสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีอย่างง่ายได้		
3. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าเคมีอธิบายหลักการของเซลไฟฟ้าเคมีที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้		

2.2 แสง การมองเห็น การสะท้อนและการหักเหของแสงกับพลังงานทางเลือก

การบูรณาการสาระด้านพลังงานเข้ากับสาระวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 มาตรฐาน ว 5.1 ตัวชี้วัดที่ 1 และ 3 เพื่อให้นักเรียนนำความรู้เรื่อง การสะท้อนแสงและการหักเหแสงมาประยุกต์ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดพลังงาน หรือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น การพัฒนาเซลล์สุริยะให้รับแสงได้มากขึ้น การพัฒนาเตาอบ เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานรังสีอาทิตย์ และการบูรณาการในเรื่องการดูดกลืนแสงสี การมองเห็นสีของวัตถุกับพลังงานแสง

สาระที่ 5 พลังงาน (หลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการปี 2551)

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

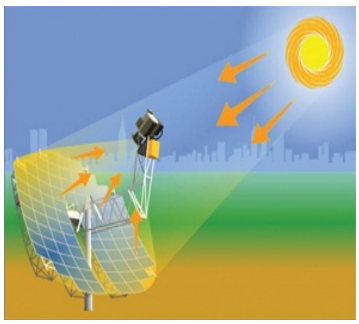
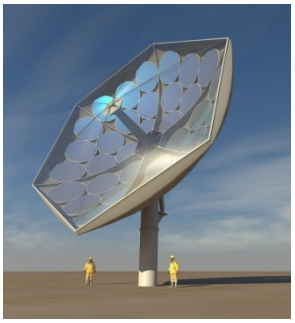
ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลาง
ม.2	1. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	• เมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุหรือตัวกลางอีกตัวกลางหนึ่ง แสงจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่โดยการสะท้อนของแสงหรือการหักเหของแสง • การนำความรู้เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงและการหักเหของแสงไปใช้อธิบายแว่นตา ทัศนอุปกรณ์ กระจก เส้นใยนำแสง
	2. อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ	• นัยน์ตาของคนเราเป็นอวัยวะใช้มองดูสิ่งต่างๆ นัยน์ตามีองค์ประกอบสำคัญหลายอย่าง • ความสว่างมีผลต่อนัยน์ตามนุษย์จึงมีการนำความรู้เกี่ยวกับความสว่างมาช่วยในการจัดความสว่างให้เหมาะสมกับการทำงาน • ออกแบบวิธีการการตรวจสอบว่าความสว่างมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่น
	3. ทดลองและอธิบายการดูดกลืนแสงสี การมองเห็นสีของวัตถุ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	• เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนแสงบางสีไว้และสะท้อนแสงสีที่เหลือออกมาทำให้เรามองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ • การนำความรู้เกี่ยวกับการดูดกลืนแสงสี การมองเห็นสีของวัตถุไปใช้ประโยชน์ในการถ่ายและในการแสดง

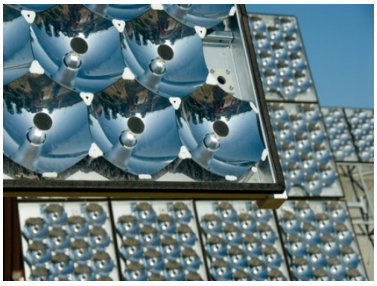
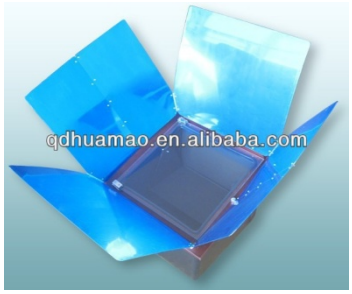
2.2.1 การใช้ประโยชน์ของการสะท้อนและการหักเหของแสงกับพลังงานทางเลือก

แสง คือพลังงานรูปหนึ่งที่ทำให้เกิดความสว่าง และทำให้เรามองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ แสงไม่มีตัวตน แต่สามารถทำงานได้ สมบัติของแสง คือ เป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ โดยจะเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง และเป็นเส้นตรง มีการสะท้อน หักเห และกระจายของแสง

โดยที่ การสะท้อนแสงจะเกิดขึ้นเมื่อแสงส่องไปยังตัวกลางที่ทึบแสง จะทำให้แสงที่ตกกระทบกับวัตถุเกิดการสะท้อนแสงในทิศทางย้อนกลับมาทางด้านแหล่งกำเนิดแสง ส่วนการหักเหแสงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นค่าหนึ่งไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นอีกค่าหนึ่ง ทำให้รังสี แสงเบนไปจากแนวเดิม ซึ่งการที่แสงจะหักเหเข้าหาเส้นปกติ หรือเบนออกจากเส้นปกติขึ้นอยู่กับค่าดัชนีหักเหของตัวกลางทั้งสอง

เมื่อให้แสงเดินทางผ่านวัตถุผิวโค้งด้านในของโลหะ แสงจะสะท้อนมารวมกันที่จุดจุดหนึ่ง เรียกว่าจุดโฟกัส เช่น เดียวกับการสะท้อนแสงของกระจกเว้า หลักการนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากรังสีอาทิตย์ โดยวัสดุโค้งนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวรวมรังสีอาทิตย์ที่เรียกว่า Solar concentrator รูปที่ 6 แสดงลักษณะของตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ทำเป็นรูปโค้งแบบต่างๆ ทำให้รังสีอาทิตย์สะท้อนไปรวมกันที่จุดโฟกัส ที่จะมีตัวรวมพลังงานรังสีอาทิตย์ไว้ ในรูปความร้อนแล้วจึงนำไปเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีการนำมาประยุกต์ใช้กับเตาอบพลังงานรังสีอาทิตย์ดังรูปที่ 7

ลำดับ	รูปภาพประกอบ	คำอธิบาย
6.1		ตัวรวมรังสีอาทิตย์รูปโค้งพาราโบลา ที่มา: http://www.stirlingengines.org.uk/sun/sola3.html
6.2		ตัวรวมรังสีอาทิตย์รูปโค้งพาราโบลา ที่มา: http://www.stirlingengines.org.uk/sun/sola3.html
6.3		ตัวรวมรังสีอาทิตย์รูปโค้งพาราโบลา ที่มา: http://www.stirlingengines.org.uk/sun/sola3.html

ลำดับ	รูปภาพประกอบ	คำอธิบาย
6.4		ตัวรวมรังสีอาทิตย์รูปโค้งพาราโบลา ที่มา: ttp://www.stirlingengines.org.uk/sun/sola3.html
6.5		ตัวรวมรังสีอาทิตย์รูปโค้งพาราโบลา ที่มา: http://www.stirlingengines.org.uk/sun/sola3.html
7		เตาอบพลังงานรังสีอาทิตย์ ที่มา: http://thai.alibaba.com/product-gs/solar-oven-876490524.html

กิจกรรมที่ 5: เครื่องต้มน้ำพลังรังสีอาทิตย์

ครอบคลุมสาระที่ 5 มาตรฐาน ว 5.1 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับการสะท้อนของแสงและการหักเหของแสงไปใช้อธิบายแว่นตาทัศนอุปกรณ์ กระจก เส้นใยนำแสง

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที 2 คาบ/ ตามความเหมาะสมของโครงงาน

วัตถุประสงค์ : ให้นักเรียนใช้ความรู้จากการหักเหและการสะท้อนแสงมาออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้อาหารสุก

คำอธิบายกิจกรรม: (กิจกรรมนี้อาจให้ทำเป็นโครงงานได้)

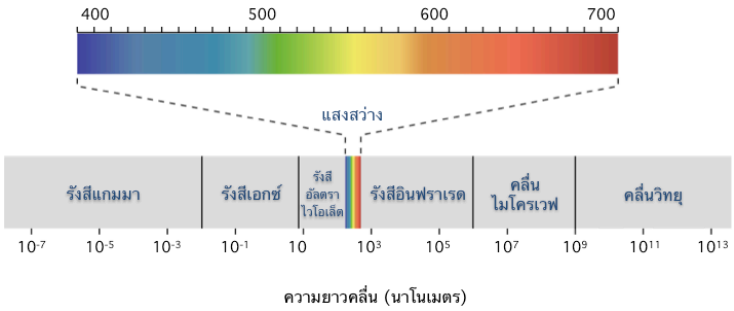
1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มละ 4-5 คน และให้ออกแบบเครื่องต้มน้ำพลังรังสีอาทิตย์ขนาดเล็กเป็นต้นแบบสำหรับต้มน้ำ 1 ลิตร โดยนักเรียนสามารถออกแบบในรูปแบบใดก็ได้ แต่ต้องใช้ทฤษฎีการหักเหและการสะท้อนแสงในการออกแบบ และอาจใช้หลักการอื่นๆ มาช่วยได้ เช่น วัสดุต่างๆ นักเรียนต้องร่างแบบแสดงทิศทางการเดินของแสง และปัจจัยอื่นๆ ที่จะช่วยให้น้ำร้อนเร็วที่สุด
2. นักเรียนนำเสนอแบบให้คุณครูตรวจสอบก่อน โดยแต่ละกลุ่มต้องไม่ลอกเลียนแบบกัน
3. คุณครูให้เวลานักเรียนในการประดิษฐ์ และตัดสินโดยใช้น้ำที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันใส่ในภาชนะใดๆ ก็ได้ นำไปวางไว้กลางแจ้ **ง**โดยวางเตาบริเวณใกล้เคียงกัน จับเวลาเท่ากัน คุณครูจะเป็นผู้ตัดสินโดยดูจากกลุ่มที่มีอุณหภูมิของน้ำที่ขึ้นสูงที่สุด
4. ให้นักเรียนจัดชุดการทดลองควบคุมโดยใช้น้ำใส่ภาชนะเหมือนกัน แต่วางไว้โดยไม่มีอุปกรณ์ใดๆ ช่วยในการรวมแสงจากดวงอาทิตย์
5. เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดและการประดิษฐ์ โดยอาศัยทฤษฎีในการอธิบาย อภิปรายร่วมกับกลุ่มอื่น
6. ให้นักเรียนสืบค้นการประหยัดพลังงานแบบอื่นๆ ที่นำเอาหลักการสะท้อนและหักเหของแสงไปใช้

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผล	ผ่าน/ไม่ผ่าน	สาระ/มตฐ/ตว
1. นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดในการออกแบบอย่างเป็นระบบ และมีเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีการหักเหและการสะท้อนแสงมาใช้ในการออกแบบและอธิบายการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ได้		5/5.1/1
2. ประเมินจากสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียน ว่าสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้ดีที่สุดหรือไม่ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมและกับนักเรียนกลุ่มอื่นๆ		
3. นักเรียนสามารถบอกได้ว่ามีการนำหลักการสะท้อนและการหักเหแสงไปใช้กับอุปกรณ์ชนิดอื่นแล้วทำให้เป็นการประหยัดพลังงาน		

2.3 แสงสี

การมองเห็น การมองเห็นสี เป็นการรับรู้ สี ของดวงตา เป็นจุดเริ่มต้นของงานทัศนศิลป์ ดวงตารับรู้พลังงานจากรังสีที่สะท้อนออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่ดวงตาสามารถรับรู้ได้ซึ่งอยู่ในสเปกตรัมหรือแถบรังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นแบบต่อเนื่องตั้งแต่ความยาวคลื่นประมาณ 40 0 นาโนเมตร ถึง 700 นาโนเมตร และเรียกรังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นที่ดวงตาสามารถรับรู้นี้ ว่า แสงขาว หรือ แสงสว่าง หรือ Light ซึ่งความยาวคลื่นของแสงสว่างเป็นส่วนหนึ่งในสเปกตรัมหรือแถบรังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น ตั้งแต่



รูปที่ 8 ความยาวคลื่นของแสงสว่างในสเปกตรัมหรือแถบรังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แสงขาว หรือ แสงสว่าง ประกอบด้วย แสงสีต่อเนื่องกันหลายสี ตั้งแต่แสงสีม่วงไปจนถึงแสงสีแดง ที่เมื่อรวมแสงสีต่าง ๆ เข้ากันแล้วดวงตาสามารถรับรู้ได้เป็น แสงขาว แสงสีแต่ละสี เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นในช่วงหนึ่ง ๆ เมื่อแสงขาวผ่านแท่งแก้วปริซึม แสงขาวจะหักเหและกระจายผ่านออกจากปริซึมเป็นแถบแสงสีต่าง ๆ ที่มองเห็นได้ ตัวอย่างของการหักเห คือ เมื่อแสงขาวส่องผ่านหยดน้ำฝนซึ่งเป็นเสมือนปริซึม การหักเหของแสงขาวจะแยกแสงขาวออกเป็นแถบแสงสีต่าง ๆ ภายในหยดน้ำ เนื่องจากแสงสีม่วงและแสงสีแดงมีความยาวคลื่นต่างกัน แสงสีม่วงจะหักเหที่มุมประมาณ 40 องศา และแสงสีแดงหักเหที่มุมประมาณ 42 องศา จากนั้นแสงสีต่อเนื่องจากแสงสีม่วงจนถึงแสงสีแดงจะสะท้อนออกจากหยดน้ำสู่อากาศ ปรากฏเป็นเป็นสายรุ้ง

แสงสีที่เป็นที่รู้จักใน สายรุ้ง คือ แสงสี 7 สี ที่ช่วงความยาวคลื่น ดังนี้

- แสงสีม่วง มีความยาวคลื่น ขนาดประมาณ 380 นาโนเมตร ถึง 435 นาโนเมตร
- แสงสีคราม มีความยาวคลื่น ขนาดประมาณ 435 นาโนเมตร ถึง 500 นาโนเมตร
- แสงสีน้ำเงิน มีความยาวคลื่น ขนาดประมาณ 500 นาโนเมตร ถึง 520 นาโนเมตร
- แสงสีเขียว มีความยาวคลื่น ขนาดประมาณ 520 นาโนเมตร ถึง 565 นาโนเมตร
- แสงสีเหลือง มีความยาวคลื่น ขนาดประมาณ 565 นาโนเมตร ถึง 590 นาโนเมตร
- แสงสีแสด มีความยาวคลื่น ขนาดประมาณ 590 นาโนเมตร ถึง 625 นาโนเมตร
- แสงสีแดง มีความยาวคลื่น ขนาดประมาณ 625 นาโนเมตร ถึง 740 นาโนเมตร

การเห็นสีหรือการรับรู้สีต่างๆ เป็นเพราะจอตา (Retina) ในดวงตามีเซลล์รับรู้การเห็นแสงสี (Photoreceptor) ทำหน้าที่เป็นจอรับภาพ และการที่เราจะเห็นสีได้นั้น จะขึ้นอยู่กับว่าแสงสีใดกระทบดวงตาและกระตุ้นให้เซลล์รับรู้การเห็นแสงสี ของจอตาสามารถรับรู้ได้ แต่หากรังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 400 นาโนเมตร เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet ray) รังสีเอกซ์ (X-ray) รังสีแกมมา (Gamma ray) หรือรังสีที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า 700 นาโนเมตร เช่น รังสีอินฟราเรด (Infrared ray) คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ ดวงตาของคนจะไม่สามารถรับรู้หรือไม่สามารถมองเห็นรังสีนั้นได้ โดยความสามารถในการระบุสีของวัตถุขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางกายภาพของวัตถุ และคุณลักษณะของการรับรู้แสงสีของดวงตาและความเข้าใจหรือการแปลผลของสมอง

การเห็นสีของวัตถุทึบแสงใดๆ ที่ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของวัตถุ

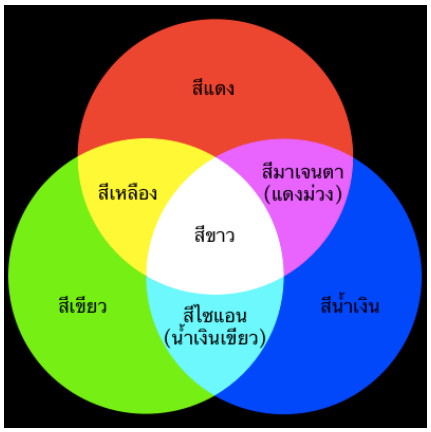
- หากวัตถุนั้นไม่สะท้อนแสง สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับวัตถุนั้นว่าปริมาณของแสงสีนั้น ๆ ที่ออกมาและหากวัตถุนั้นสามารถกระเจิงแสงสีได้ทุกแสงสีและออกมาในสัดส่วนเท่าๆ กัน วัตถุนั้นจะมีสีขาว
- หากวัตถุนั้นสามารถสะท้อนแสงได้ แต่สะท้อนบางแสงสีได้ไม่เท่ากัน หรือสะท้อนความยาวคลื่นของแสงสีบางแสงสีได้มากน้อยต่างกัน โดยส่วนแสงสีที่ไม่สะท้อนจะถูกดูดกลืนไว้ในวัตถุ สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับส่วนต่างของแสงสีที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ
- หากวัตถุนั้นสามารถส่องแสงผ่านได้ แต่มีการกระเจิงของแสงที่ส่องผ่าน คือ โปร่งแสง หรือ ไม่มีการกระเจิงของแสงที่ผ่าน คือ โปร่งใส โดยขณะที่แสงส่องผ่าน วัตถุนั้นสะท้อนหรือดูดกลืนแสงสีได้ไม่เท่ากัน สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับส่วนต่างของแสงสีที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ

2.3.1 การมองเห็นสีของดวงตา

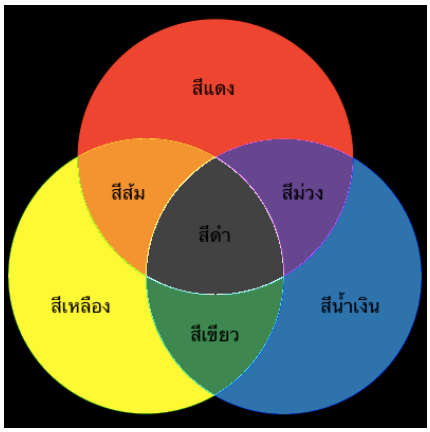
- จอตาในดวงตา มีหน้าที่รับแสงและมีความไวต่อสี ประกอบด้วยเซลล์ประสาทรูปกรวยและรูปแท่งที่มีความไวต่อแสงเป็นจำนวนมาก
- จอตารับรู้สีผ่านการกระตุ้นเซลล์รับรู้การเห็นแสงสี 3 ชุด ได้แก่
    - เซลล์รับรู้ความยาวคลื่นสั้น ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตร หรือเรียกว่า เซลล์รับแสงสีน้ำเงิน
    - เซลล์รับรู้ความยาวคลื่นกลาง ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 540 นาโนเมตร หรือเรียกว่า เซลล์รับแสงสีเขียว และ
    - เซลล์รับรู้ความยาวคลื่นยาว ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 570 นาโนเมตร เซลล์รับแสงสีแดง
- การรับรู้สีอื่นๆ เกิดจากการกระตุ้นเซลล์รับรู้การเห็นสีมากกว่าหนึ่งชนิด และสมองแปลผลออกมาเป็นสีที่จะรับรู้

- คลอโรฟีลล์ (Chlorophyll) ในใบไม้ มีสมบัติดูดกลืนแสงสีบางแสงสีไว้ และสะท้อนแสงสีเขียวออกมามากกว่าแสงสีอื่น ๆ และเมื่อเซลล์รับแสงสีเขียวในจอตาได้รับการกระตุ้น สมองก็จะแปลผลว่า ใบไม้ที่มีปริมาณคลอโรฟีลล์สูงมีสีเขียว
- เคโรทีน (Carotene) ในใบไม้ สะท้อนแสงสีส้มและแสงสีแดงมากกว่าแสงสีอื่น ๆ และเมื่อเซลล์รับแสงในจอตาได้รับการกระตุ้น สมองก็จะแปลผลว่า ใบไม้ที่มีปริมาณเคโร-ทีนสูงจึงมีสีส้มแกมแดง โดยการกระตุ้นเซลล์รับรู้การเห็นสี จะเป็นการกระตุ้นเซลล์รับรู้การเห็นสีมากกว่าหนึ่งชุด

- การรับรู้การเห็นแสงสีมากกว่าหนึ่งชุด เป็นการผสมของสีประเภท การผสมแบบบวก ซึ่งต่างจากการผสมของสีรงควัตถุ ที่เป็นการผสมแบบลบ
- ในการผสมแบบบวก แสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว และแสงสีแดง เป็นแม่สีบวก หรือ แสงสีปฐมภูมิ คือ เป็นแสงสีที่ไม่สามารถผสมจากแสงสีอื่น หรือแยกออกเป็นสีอื่นได้
- เมื่อจอตารับรู้แสงสีปฐมภูมิ แสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว หรือ แสงสีแดง สมองก็จะแปลผลและเห็นวัตถุเป็น สีน้ำเงิน สีเขียว หรือ สีแดง ตามลำดับ
- แต่หากจอตารับรู้แสงสีปฐมภูมิ ทั้งแสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว และแสงสีแดง ในสัดส่วนที่เท่ากัน การผสมแบบบวกของแสงสีปฐมภูมิทั้งสามนี้จะทำให้สมองเห็นภาพเป็นสีขาว แต่หากสัดส่วนของแสงสีปฐมภูมิต่างกัน สมองก็จะแปลผลเป็นสีต่างไป
- เมื่อผสมแสงสีปฐมภูมิสองแสงสีผสมในสัดส่วนเดียวกัน รูปที่ 9 (ก) สมองจะแปลผลออกเป็นสีทุติยภูมิ
    - สีไซแอน (Cyan) หรือสีน้ำเงินเขียว (สมองแปลผลการผสมแบบบวกของแสงสีน้ำเงินและแสงสีเขียว)
    - สีเหลือง (สมองแปลผลการผสมแบบบวกของแสงสีเขียวและแสงสีแดง)
    - สีมาเจนตา (Magenta) หรือสีแดงม่วง (สมองแปลผลการผสมแบบบวกของแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน)

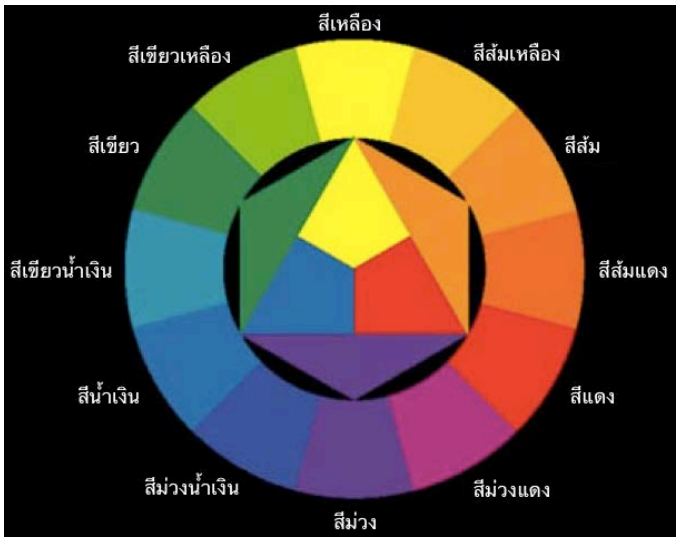


รูปที่ 9 (ก) การผสมแสงสี - การผสมแบบบวก



รูปที่ 9 (ข) การผสมสีรงควัตถุ - การผสมแบบลบ

- เมื่อผสมสีรงควัตถุ (รูปที่ 9 (ข)) การรวมกันของสีทำให้ปริมาณแสงที่จะสะท้อนออกจากวัตถุลดลง จึงเรียกการผสมของสีแบบนี้ว่า การผสมแบบลบ และเรียกแม่สีปฐมภูมินี้ว่า แม่สีลบ หรือ แม่สีวัตถุธาตุ
- แม่สีลบ หรือ สีขั้นที่หนึ่ง หรือ สีปฐมภูมิ คือ สีเหลือง สีแดง และ สีน้ำเงิน
- เมื่อผสมแม่สีลบ สีขั้นที่สอง หรือ สีทุติยภูมิที่ได้ คือ
    - สีม่วง (ผสม สีแดง และ สีน้ำเงิน)
    - สีส้ม (ผสม สีแดง และ สีเหลือง)
    - สีเขียว (ผสม สีน้ำเงิน และ สีเหลือง)
- และเมื่อนำสีทุติยภูมิผสมกับแม่สีปฐมภูมิ จะได้สีขั้นที่สาม หรือ สีตติยภูมิ คือ
    - สีม่วงแดง Red-Violet (ผสม สีม่วง และ สีแดง)
    - สีม่วงน้ำเงิน Blue-Violet (ผสม สีม่วง และสีน้ำเงิน)
    - สีเขียวน้ำเงิน Blue-Green (ผสม สีเขียว และ สีน้ำเงิน)
    - สีเขียวเหลือง Yellow-Green (ผสม สีเขียว และ สีเหลือง)
    - สีส้มเหลือง Yellow-Orange (ผสม สีส้ม และ สีเหลือง)
    - สีส้มแดง Red-Orange (ผสม สีส้ม และ สีแดง)
- Sir Isaac Newton ได้เสนอ วงสีธรรมชาติ (Natural order of color) ในปี ค.ศ. 1666 ซึ่งเป็นการรวม แม่สีปฐมภูมิ สีทุติยภูมิ และ สีตติยภูมิ ทั้ง 12 สี เพื่อใช้ในการกำหนด การวางแผน และการใช้สี



รูปที่ 10 วงสีธรรมชาติ (Natural order of color) โดย Sir Isaac Newton ในปี ค.ศ. 1666

วงสีธรรมชาติ หรือเรียก วงจรสี ใช้แสดงบทบาทของสี ใช้ในการกำหนด แผนหรือ วิธีการใช้สีวิธีต่างๆ ในงานทัศนศิลป์

- โทนของสี หรือเรียก วรรณะของสี เป็นการแบ่งสีประเภทเดียวกันเป็นกลุ่ม
    - สีโทนร้อน คือ สีที่ให้ความรู้สึกร้อนหรืออบอุ่น เจิดจ้า มีชีวิตชีวา กระตือรือร้น ร่าเริง มีพลัง ต้องตา เป็นกลุ่มสี สีเหลือง สีส้มเหลือง สีส้ม สีส้มแดง สีม่วงแดง และ สีม่วง
    - สีโทนเย็น คือ สีที่ให้ความรู้สึกสงบหรือสันติ ปลอบโยน บรรเทา เป็นกลุ่มสี สีเหลือง สีส้มเหลือง สีส้ม สีส้มแดง สีม่วงแดง และ สีม่วง
- การเลือกใช้สีโทนใดโทนหนึ่ง จะให้สีมีความสัมพันธ์กัน กลมกลืนกัน ให้ความรู้สึกตามวรรณะของสี แต่หากมีการนำสีในอีกวรรณะหนึ่งมาใช้ร่วมกัน (ประมาณ 10-30 %) จะเป็นการสร้างจุดเด่นหรือเน้น หรือต้องการลดความรู้สึกหรืออารมณ์ไม่ให้ไปในทางใดทางหนึ่งมากเกินไป
- สีตัดกัน หรือ สีที่แตกต่างกันมากที่สุด หรือเรียกว่า สีคู่ คือ คู่สีที่อยู่ตรงข้ามกันหรือตำแหน่งของสีอยู่ตรงข้ามกัน เช่น สีเหลือง-สีส้ม สีส้ม-สีน้ำเงิน สีแดง-สีเขียว เป็นต้น เป็นคู่สีที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด สีคู่จะสร้างความโดดเด่น สดุดตา หน้าสนใจ
- สีกลมกลืน หรือ สีที่ดูกลมกลืนกัน ใกล้เคียงกัน เพื่อลดความแตกต่าง ลดความเจิดจ้า ทำให้สีดูเป็นโทนเดียว และมักเป็นสีที่พบตามธรรมชาติ สีกลมกลืน คือ สีสามสีในวงจรสีที่อยู่ติดกัน โดยมีสีหลักซึ่งมักจะเป็นสีปฐมภูมิหรือสีทุติยภูมิ และสีสองสีที่อยู่ด้านข้างของสีหลัก เช่น สีเขียวเหลือง-สีเหลือง-สีส้มเหลือง สีเขียวน้ำเงิน-สีน้ำเงิน-สีม่วงน้ำเงิน เป็นต้น

2.2.2 การแยกแสง

เราสามารถมองเห็นลำแสงที่สะท้อนออกมาจากด้านล่างของแผ่น CD เป็นสีรุ้ง โดยเมื่อลำแสงสีขาวหรือแสงสว่างตกกระทบแผ่น CD ลำแสงส่วนหนึ่งจะสะท้อนออกจากแผ่นและอีกส่วนหนึ่งจะผ่านเข้าสู่ชั้นพลาสติกและสะท้อนออกจากชั้นฟิล์มโลหะย้อนกลับออกจากชั้นพลาสติก

ตามธรรมชาติลำแสงสีขาวที่มองเห็นประกอบไปด้วยแสงสีต่าง ๆ เหมือนกับสีรุ้ง คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง โดยลำแสงสีม่วงเป็นลำแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่สั้นที่สุดของลำแสงสีขาว คือมีขนาดประมาณ 380-435 นาโนเมตร และลำแสงสีแดง เป็นลำแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่ยาวที่สุดของลำแสงสีขาว คือมี ขนาดประมาณ 625-740 นาโนเมตร และเมื่อลำแสงสีขาวที่ประกอบด้วยลำแสงสีต่าง ๆ ตกกระทบแผ่น CD ลำแสงและผ่านเข้าสู่ชั้นพลาสติก ความแตกต่างของดัชนีหักเห (Reflective Index) ของอากาศและพลาสติกทำให้ลำแสงเกิดการหักเห และการหักเหของลำแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันจะหักเหที่มุมต่างกัน จึงทำให้ลำแสงสีต่าง ๆ ถูกแยกออกจากแสงสีขาวด้วยมุมการหักเหที่ต่างกัน เสมือนกับการเกิดสายรุ้งเมื่อแสงสว่างผ่านแท่งปรีซึม ลำแสงสีต่าง ๆ ที่ผ่านชั้นพลาสติกสะท้อนออกจากชั้นฟิล์มโลหะย้อนกลับออกจากชั้นพลาสติก หากความหนาของชั้นพลาสติกมีขนาดเป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นของลำแสงสี การแทรกสอด (Interference) ของลำแสงสีนั้น ๆ ก็สามารถเกิดขึ้นและปรากฏให้มองเห็นลำแสงสีนั้นได้

2.2.3 การเห็นสีของคน

จอตาในดวงตา มีหน้าที่รับแสงและมีความไวต่อสี ในจอตาประกอบด้วยเซลล์ประสาทรูปกรวยและรูปแท่งที่มีความไวต่อแสงเป็นจำนวนมาก และจอตารับรู้สีผ่านการกระตุ้นเซลล์รับรู้การเห็นแสงสี 3 ชุด ได้แก่ เซลล์รับรู้ความยาวคลื่นสั้น ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตร หรือเรียกว่า เซลล์รับแสงสีน้ำเงิน เซลล์รับรู้ความยาวคลื่นกลาง ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 540 นาโนเมตร หรือเรียกว่า เซลล์รับแสงสีเขียว และเซลล์รับรู้ความยาวคลื่นยาว ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 570 นาโนเมตร หรือเรียกว่า เซลล์รับแสงสีแดง

การรับรู้สีอื่น ๆ เกิดจากการกระตุ้นเซลล์รับรู้การเห็นสีมากกว่าหนึ่งชนิด และสมองแปลผลออกมาเป็นสีที่จะรับรู้ และการรับรู้การเห็นแสงสีมากกว่าหนึ่งชุด เป็นการผสมของสีประเภท การผสมแบบบวก ซึ่งต่างจากการผสมของสีรงควัตถุ ที่เป็นการผสมแบบลบ

ในการผสมแบบบวก แสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว และแสงสีแดง เป็นแม่สีบวก หรือ แสงสีปฐมภูมิ คือ เป็นแสงสีที่ไม่สามารถผสมจากแสงสีอื่น หรือแยกออกเป็นสีอื่นได้ เมื่อจอตารับรู้แสงสีปฐมภูมิ เช่น แสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว หรือ แสงสีแดง สมองก็จะแปลผลและเห็นวัตถุเป็น สีน้ำเงิน สีเขียว หรือ สีแดง ตามลำดับ แต่หากจอตารับรู้แสงสีปฐมภูมิ ทั้งแสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว และแสงสีแดง ในสัดส่วนที่เท่ากัน การผสมแบบบวก

ของแสงสีปฐมภูมิทั้งสามนี้จะทำให้สมองเห็นภาพเป็นสีขาว แต่หากสัดส่วนของแสงสีปฐมภูมิต่างกัน สมองก็จะแปลผลเป็นสีต่างไป

เมื่อผสมแสงสีปฐมภูมิสองแสงสีผสมในสัดส่วนเดียวกัน สมองจะแปลผลออกเป็นสีทุติยภูมิ เช่น สีไซแอน (Cyan) หรือสีน้ำเงินเขียว สมองแปลผลการผสมแบบบวกของแสงสีน้ำเงินและแสงสีเขียว สีเหลือง เป็นการที่สมองแปลผลการผสมแบบบวกของแสงสีเขียวและแสงสีแดง และ สีมาเจนตา (Magenta) หรือสีแดงม่วง เป็นการที่สมองแปลผลการผสมแบบบวกของแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน

ตามธรรมชาติลำแสงสีขาวที่มองเห็นประกอบไปด้วยแสงสีต่าง ๆ คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง และการเห็นสีของวัตถุใดๆ เกิดเมื่อแสงสว่างหรือลำแสงสีขาวตก กระทบผิวของวัตถุ และสีของวัตถุคือแสงสีที่สะท้อนจากผิวของวัตถุเข้าสู่ตา เช่น คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ในใบไม้ มีสมบัติดูดกลืนแสงสีบางแสงสีไว้ และสะท้อนแสงสีเขียวออกมามากกว่าแสงสีอื่น ๆ และเมื่อเซลล์รับแสงสีเขียวในจอตาได้รับการกระตุ้น สมองก็จะแปลผลว่า ใบไม้ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงมีสีเขียว หากเลือกส่องแสงสีอื่นที่ไม่ใช่สีเขียวหรือแสงสีที่ไม่ใกล้เคียงกับสีเขียวไปยังใบไม้ที่มีคลอโรฟิลล์ แสงสีที่ตาจะเห็นจะไม่ใช่สีที่แท้จริงของใบไม้ ฉะนั้นการจะเห็นสีที่แท้จริงของวัตถุ จะต้องส่องแสงสีเดียวกับสีของวัตถุ ซึ่งตามธรรมชาติ แสงสว่างหรือลำแสงสีขาวประกอบด้วยแสงสีต่างๆ ทุกแสงสี จึงทำให้ตาเห็นสี ที่แท้จริงของวัตถุ วัตถุนั้นจะต้องส่องด้วยแสงสีเดียวกันหรือมีแสงสีเดียวกันรวมอยู่ด้วย จึงจะมองเห็นวัตถุด้วยสีแท้จริงของมัน และถ้าส่องด้วยแสงแดด จะเห็นสีที่แท้จริงของวัตถุทั้งนี้เพราะแสงแดดประกอบด้วยแสงสีต่างๆ ทุกสี ดังนั้นแสงที่มีสีเดียวกับวัตถุจะสะท้อนเข้าสู่ตา เช่น ถ้าฉายแสงขาว ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง แผ่นกรองแสงสีแดงจะยอมให้สีแดงและสีแสดผ่านได้ เพราะแผ่นกรองแสงสีแดงจะยอมให้แสงที่มีสีเดียวกันหรือสีที่ใกล้เคียงกับสีแดงผ่านเท่านั้น

กิจกรรมที่ 7: LED แยกแสง

ครอบคลุมสาระที่ 5 มาตรฐาน ว 5.1 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 60 นาที

วัตถุประสงค์ : ให้นักเรียนเรียนรู้การรับรู้การเห็นแสงสีมากกว่าหนึ่งชุด เป็นการผสมของสีประเภท

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที

คำอธิบายกิจกรรม

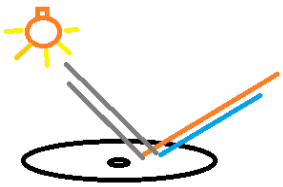
อุปกรณ์ที่ใช้:

1. แผ่นซีดี
2. โคมไฟฟ้า
3. หลอดไฟฟ้า
4. หลอดไดโอดเปล่งแสง (หรือเรียก หลอดไฟแอลอีดี หรือ Light-Emitting Diode, LED) หรือ
5. แหล่งกำเนิดแสงสว่างอื่นๆ
6. สมุดจดบันทึก
7. กล้องบันทึกภาพ

รายละเอียดกิจกรรม:

ครูให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องการแยกแสงตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนเตรียมแผ่นซีดี หากเป็นแผ่นซีดีใหม่จะสามารถเห็นสีได้ชัดเจน
2. ให้นักเรียนเตรียมหรือจัดหาแหล่งกำเนิดแสงสว่าง
3. ให้นักเรียนสังเกตมุมของแสงที่ตกกระทบและแสงสีที่สะท้อนจากแผ่นซีดีจากแหล่งกำเนิดแสงสว่าง

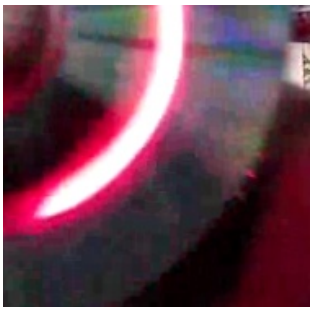


หมายเหตุ: ข้อควรระวังในการดำเนินกิจกรรม ไม่ควรสะท้อนแสงโดยตรง จากแสงสว่างจากธรรมชาติ ดวงอาทิตย์ หรือหลอดไฟที่มีความเข้มแสง

ตัวอย่างผลการทดลอง:

(ก) จากหลอดไฟกลม

(ข) จากหลอดตะเกียบ



(ค) จากหลอดไฟแอลอีดี สีแดง

แหล่งที่มา http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/kitchenscience/exp/colours-in-cds/]

คำถาม:

1. การที่นักเรียนสามารถเห็นสีจากแผ่นซีดีได้ เป็นเพราะอะไร
2. หากเลือกใช้หลอดไฟฟ้าต่างกัน นักเรียนจะเห็นแสงสีต่างกันอย่างไร
3. คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับ แสงสี เช่น
    - แสงสว่างและแสงสีเกี่ยวเกี่ยวข้องกับพลังงานอย่างไร
    - ทำไมถึงกระจายแสงสว่างหรือแสงสีขาว เป็นแสงสีต่างๆ ได้ และปัจจัยอะไรบ้างที่จะช่วยทำให้การกระจายแสงสีต่าง ๆ ออกจากแสงสีขาวได้อย่างชัดเจน
    - ภายในแสงสีขาวประกอบด้วยแสงสีอะไรบ้าง และแสงสีต่างๆ มีความยาวคลื่นเท่าไร หรือมีระดับพลังงานเท่าไร
    - หากนำแสงสีจากหลอดไฟ ฟ้าแอลอีดีส่องผ่านแท่งปริซึม จะเห็นแสงสีอะไรสะท้อนออกมาจากแผ่นซีดี
    - นักเรียนจะสามารถนำวัสดุอื่นใดอีกบ้างที่จะสามารถแยกแสงสีขาวออกเป็นแสงสีได้

แนวทางการประเมินผล

ให้นักเรียนตอบคำถามจากการทดลองดังนี้

1. การที่นักเรียนสามารถเห็นสีจากแผ่นซีดีได้ เป็นเพราะอะไร
2. หากเลือกใช้หลอดไฟต่างกัน นักเรียนจะเห็นแสงสีต่างกันอย่างไร
3. คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับ แสงสี เช่น
    - แสงสว่างและแสงสีเกี่ยวเกี่ยวข้องกับพลังงานอย่างไร

- ทำไมแสงสว่างหรือแสงขาวกระจาย เป็นแสงสีต่างๆ ได้ และปัจจัยอะไรบ้างที่จะช่วยทำให้การกระจายแสงสีต่าง ๆ ออกจากแสงสีขาวได้อย่างชัดเจน
- ภายในแสงขาวประกอบด้วยแสงสีอะไรบ้าง และแสงสีต่างๆ มีความยาวคลื่นเท่าไร หรือมีระดับพลังงานเท่าไร
- หากนำแสงสีจากหลอดไฟ แอลอีดี ส่องผ่านแท่งปริซึม จะเห็นแสงสีอะไรสะท้อนออกมาจากแผ่นซีดี
- นักเรียนจะสามารถนำวัสดุอื่นใดอีกบ้างที่จะสามารถแยกแสงสีขาวออกเป็นแสงสีได้

กิจกรรมที่ 8: คนเห็นสี

ครอบคลุมสาระที่ 5 มาตรฐาน ว 5.1 ตัวชี้วัดที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลางเรื่อง เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

วัตถุประสงค์ : ให้นักเรียนเรียนรู้การรับรู้การเห็นแสงสีและการดูดกลืนของแสง

เวลาที่แนะนำให้ใช้ในการทำกิจกรรม: 50 นาที

คำอธิบายกิจกรรม

อุปกรณ์ที่ใช้:

1. กระดาษแก้วสีต่างๆ
2. ผลไม้ที่มีสี เช่น ผลกล้วยหอม ผลแอปเปิ้ล
3. ใบไม้สีเขียว เป็นต้น
4. โคมไฟ
5. หลอดไดโอดเปล่งแสง (หรือเรียก หลอดไฟแอลอีดี หรือ Light-Emitting Diode, LED)
6. สมุดจดบันทึก
7. กล้องบันทึกภาพ

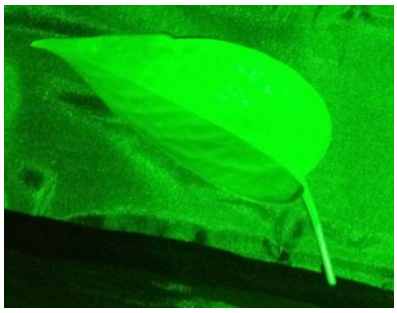
รายละเอียดกิจกรรม:

ครูให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องการมองเห็นสีตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนเตรียมวัตถุหรือสิ่งของที่มีสี
2. ให้นักเรียนเตรียมหรือจัดหาแหล่งกำเนิดแสงสว่าง
3. ให้นักเรียนสังเกตสีที่ปรากฏเมื่อส่องผ่านกระดาษแก้วหรือสังเกตสีที่มองเห็นจากวัตถุหรือสิ่งของที่มีสี เมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงสว่างประเภทต่างๆ หรือสีต่างๆ โดยทำในกล่องดำ หรือ ห้องมืด

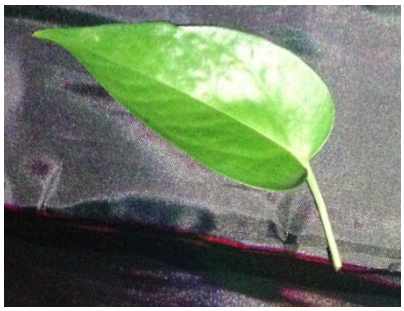
ตัวอย่างผลการทดลอง:

(ก) ใบไม้ จากหลอดไฟแอลอีดี สีแดง



(ข) ใบไม้ จากหลอดไฟแอลอีดี สีเขียว

(ค) ใบไม้ จากหลอดไฟแอลอีดี สีน้ำเงิน



(ง) ใบไม้ จากลำแสงสีขาว

คำถาม:

1. การที่นักเรียนสามารถเห็นสีจากวัตถุได้ เป็นเพราะอะไร
2. หากเลือกใช้หลอดไฟต่างกัน นักเรียนจะเห็นสีของวัตถุต่างกันอย่างไร และทำไมจึงเป็น เช่น นั้น
3. คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับ แสงสี เช่น
    - แสงสว่างและแสงสีเกี่ยวเกี่ยวข้องกับพลังงานอย่างไร
    - หากส่องแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงไปที่ใบไม้ ตาเราจะเห็นใบไม้เป็นสีอะไร เพราะอะไร
    - หากส่องแสงสีเขียวและแสงสีแดงไปที่ใบไม้ ตาเราจะเห็นใบไม้เป็นสีอะไร เพราะอะไร
    - หากตาของเราบอดสีแดง เราจะเห็นใบไม้สีเขียวในธรรมชาติ เป็นสีอะไร และจะเห็นไฟจราจร สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน เป็นสีอะไร เพราะอะไร

แนวทางการประเมินผล

ให้นักเรียนตอบคำถามจากการทดลองดังนี้

1. การที่นักเรียนสามารถเห็นสีจากวัตถุได้ เป็นเพราะอะไร
2. หากเลือกใช้หลอดไฟต่างกัน นักเรียนจะเห็นสีของวัตถุต่างกันอย่างไร และทำไมจึงเป็น เช่น นั้น
3. คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับ แสงสี เช่น
    - แสงสว่างและแสงสีเกี่ยวเกี่ยวข้องกับพลังงานอย่างไร
    - หากส่องแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงไปที่ใบไม้ ตาเราจะเห็นใบไม้เป็นสีอะไร เพราะอะไร
    - หากส่องแสงสีเขียวและแสงสีแดงไปที่ใบไม้ ตาเราจะเห็นใบไม้เป็นสีอะไร เพราะอะไร
    - หากตาของเราบอดสีแดง เราจะเห็นใบไม้สีเขียวในธรรมชาติ เป็นสีอะไร และจะเห็นไฟจราจร สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน เป็นสีอะไร เพราะอะไร

3. ตารางกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
1	เล่นแร่ แปรธาตุ	นักเรียนสามารถแยกความแตก ต่างระหว่างธาตุกับสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและมลพิษ รวมทั้งประโยชน์และโทษของธาตุและสารประกอบ	ให้นักเรียนระบุชนิดของสารที่พบในข้อต่อไปนี้ว่าเป็นธาตุ หรือสารประกอบ 1. ให้สืบค้นองค์ประกอบของสารในเชื้อเพลิงธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ และ ถ่านหิน หรือ 2. สารที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช หรือ 3. สารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะแก๊สเรือนกระจก และฝนกรด	50 นาที	3 / ว 3.1	1
2	โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	เพื่อให้นักเรียนรู้จักธาตุที่เป็นสารกัมมันตรังสี และประโยชน์ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้งอันตราย	ให้นักเรียนดู VDO เรื่องการผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ และให้ระบุธาตุกัมมันตรังสีที่ได้จากการดู VDO จากตารางธาตุ รวมให้อธิบายวิธีการที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากธาตุกัมมันตรังสี	50 นาที	3 / ว 3.1	2
3	หลอดแบบไหนประหยัดไฟกว่ากัน	เพื่อให้นักเรียนรู้จักประโยชน์ของธาตุและสารประกอบที่สามารถนำมาผลิตหลอดไฟให้ความสว่างและรู้จักชนิดของหลอดที่ประหยัดไฟฟ้า	ให้นักเรียนสืบค้นชนิดของหลอดไฟฟ้าแบบต่างๆ และศึกษาชนิดของธาตุที่ใช้ในการทำให้เกิดความสว่าง หลอดแต่ละชนิดใช้ธาตุแตกต่างกันอย่างไร โดยให้รวมทั้งสตาร์ตเตอร์ และแบลลัสต์ หาข้อมูลอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบว่าหลอดชนิดใดประหยัดไฟฟ้ากว่ากัน	50 นาที	3 / ว 3.1	2

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
4	แกะรอยรถยนต์ใช้น้ำแทนน้ำมัน	ให้นักเรียนสามารถเขียนปฏิกิริยาเคมีของการสังเคราะห์แก๊สไฮโดรเจนจากน้ำ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสะอาดแทนน้ำมัน	ให้นักเรียนศึกษาปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำให้เป็นออกซิเจน และแก๊สไฮโดรเจน และปฏิกิริยาการเปลี่ยนแก๊สไฮโดรเจนกับแก๊สออกซิเจนให้เป็นน้ำ แล้วฝึกเขียนปฏิกิริยาศึกษาการเกิดปฏิกิริยาทั้งสองแบบ และทำการบ้านโดยค้นข้อมูลข่าวในอินเตอร์เนตที่มีการใช้น้ำในการทดแทนน้ำมันในรถยนต์ว่ามีจริงหรือไม่	50 นาที	3 / ว 3.1	2
5	เครื่องต้มน้ำพลังรังสีอาทิตย์	ให้นักเรียนใช้ความรู้จากการหักเหและการสะท้อนแสงมาออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้อาหารสุก	ให้นักเรียนนำความรู้ที่เรียนจากเรื่องของธาตุและสารประกอบ โดยเลือกวัสดุที่สะท้อนแสงได้ดีมาใช้ในการออกแบบเตาอบ โดยใช้หลักการหักเหและสะท้อนแสงมาช่วยในการออกแบบให้ทิศทางของรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่จุดที่นักเรียนวางน้ำในภาชนะ มากที่สุด (เลือกภาชนะใดดูดกลืนความร้อนได้ดี) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำเปรียบเทียบกับการวางน้ำกลางแดดธรรมดา	50 นาที 2 คาบ	5 / ว 5.1	1
6	แบตเตอรี่ผลไม้	ให้นักเรียนเรียนรู้หลักการทำงานของแบตเตอรี่ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นเซลล์ไฟฟ้าประเภทกัลวานิก ที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าจากผลไม้	ให้นักเรียนสามารถสร้างเซลล์แบตเตอรี่อย่างง่ายจากผักผลไม้ เช่น มะนาว ส้ม สัปปะรด แก้วมังกร แอปเปิ้ล กล้วย มันเทศ มันฝรั่ง หัวหอม หรือ ผักผลไม้ตามฤดูกาลอื่น ไอออนต่างๆและกรดในผักผลไม้จะทำหน้าที่เป็นอิเล็กโตรไลต์ และใช้โลหะชนิดต่างๆ เช่น ลวดทองแดง สังกะสี แผ่นอะลูมิเนียม ตะปูเหล็ก ไส้ดินสอ เป็นขั้วไฟฟ้า	50 นาที	1 / ว 1.1	7

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	เนื้อหา	เวลา	สาระที่/มฐ.	ตัวชี้วัดที่
7	LED แยกแสง	ให้นักเรียนเรียนรู้การรับรู้การเห็นแสงสีมากกว่าหนึ่งชุด เป็นการผสมของสีประเภท	ให้นักเรียนใช้หลอดLED ที่มีแสงสีเขียว สีน้ำเงิน และ สีแดง มาใช้ในการผสมสี และ แยกแสงที่ออกมาโดยใช้แผ่น CD เป็นฉากรับแสง	50 นาที	5 / ว 5.1	1
8	คนเห็นสี	ให้นักเรียนเรียนรู้การรับรู้การเห็นแสงสีและการดูดกลืนของแสง	ให้นักเรียนใช้หลอด LED ที่มีหลอดหลายสี ส่องใส่วัตถุที่มีสีต่างๆ ในที่ทึบแสงและสังเกตสีที่มองเห็นบนวัตถุนั้นๆ	50 นาที	5 / ว 5.1	1

หมายเหตุ: กิจกรรมทุกกิจกรรมสามารถเลือกมาใช้ตามความเหมาะสม ไม่จำเป็นต้องใช้ตามลำดับของกิจกรรม

4. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

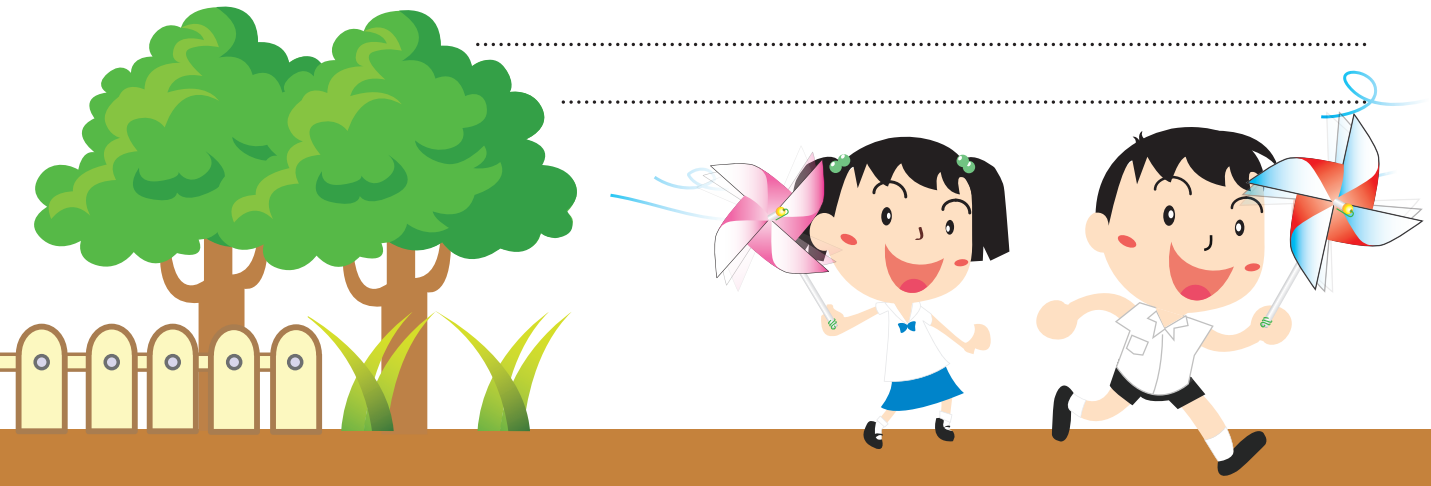
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน , เครือข่ายพัฒนาพลังงานไฮโดรเจน [Online], Available: http://www2.dede.go.th/hydronet/01Knowledge /02Electrolysis/ElectrolsisMain.html [2 สิงหาคม 2556]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) , 2556, คู่มือครูความรู้พื้นฐานด้านพลังงานระดับที่ 2, โครงการ การพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่ 2) ได้รับการสนับสนุนโดย กองทุน เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

สุดารัตน์ ณัฏฐ์มีบุญ , หลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรศเซนต์ [Online], Available: http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/bangkok/sudarat_n-ok/sec04 p03. html [2 สิงหาคม 2556]

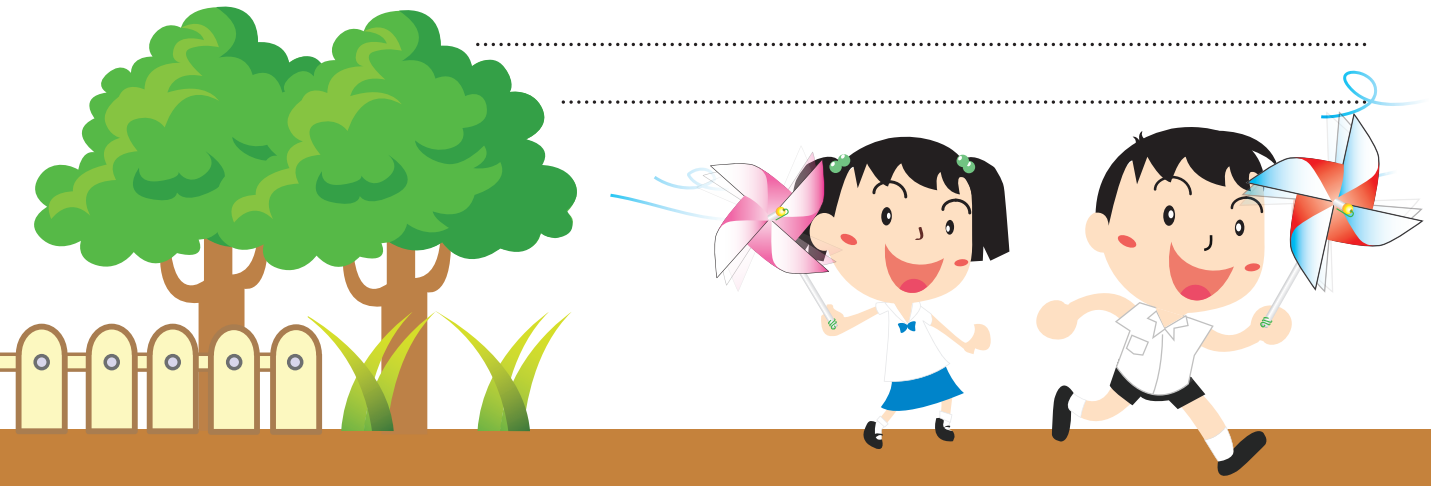
Fuel Cell, เซลล์ เชื้อเพลิง [Online], Available: http://www.charninenergy.com/pdf/fuelcells.pdf [5 สิงหาคม 2556]

บันทึกข้อความ



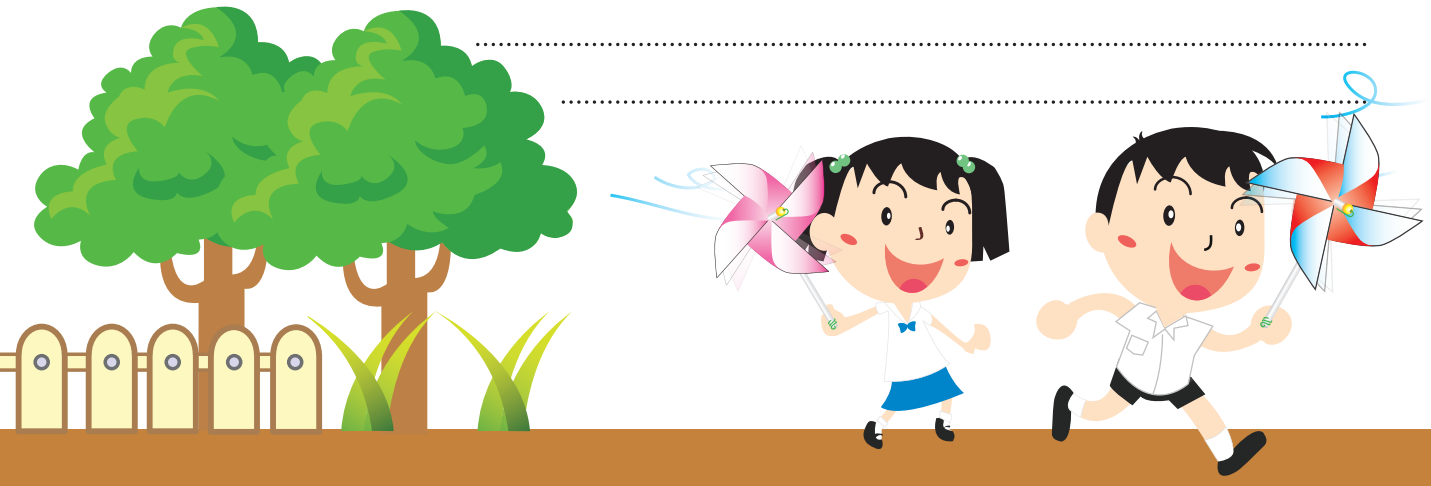
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



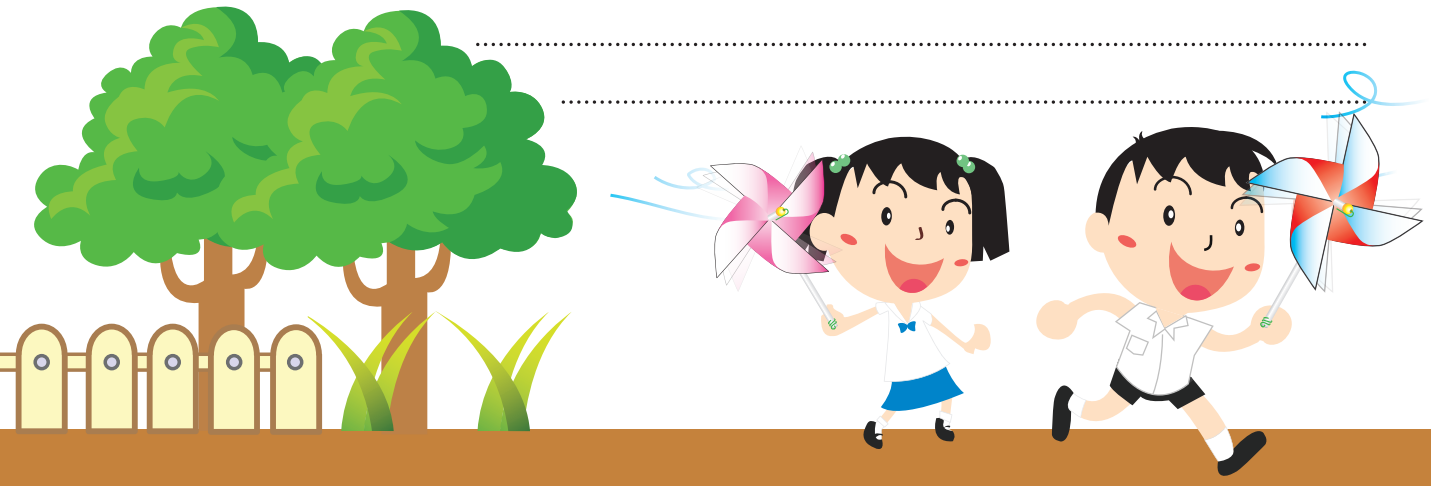
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



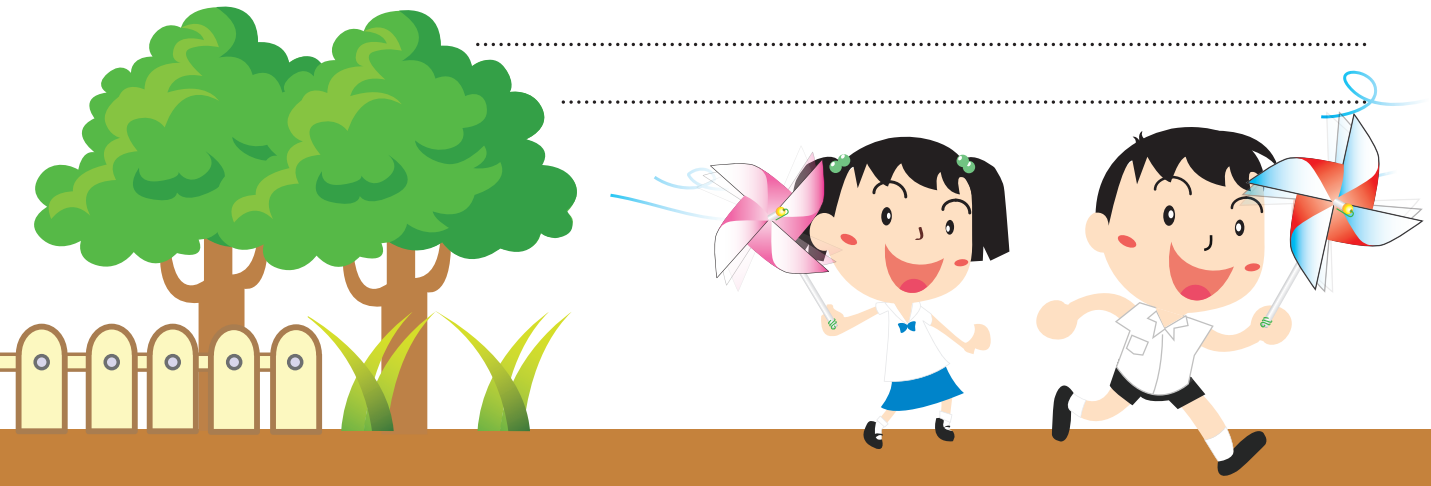
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



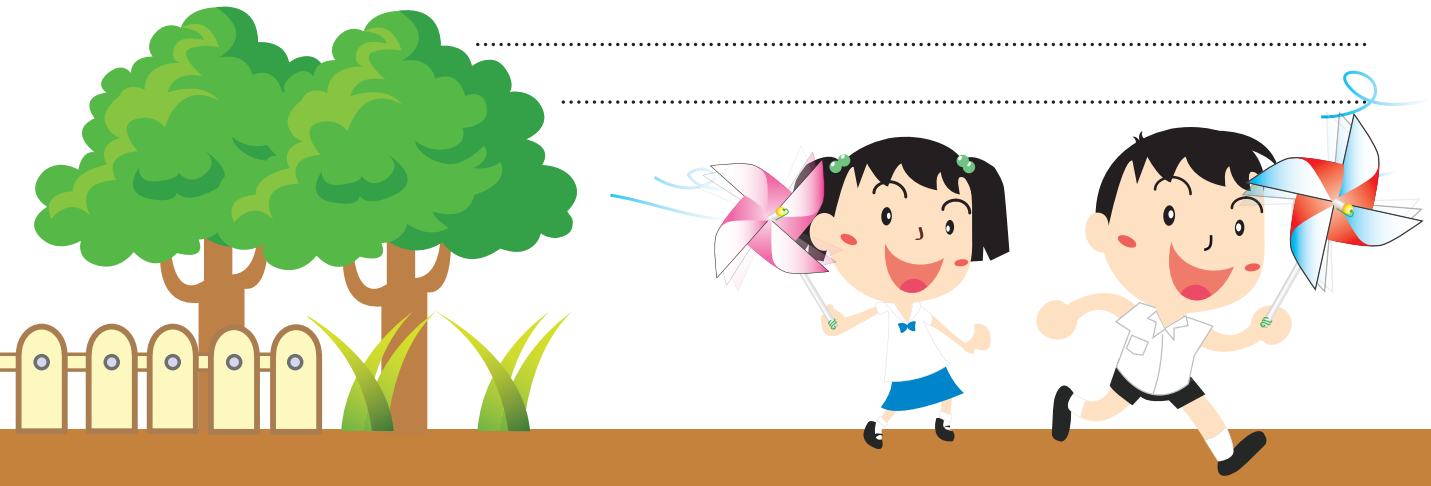
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



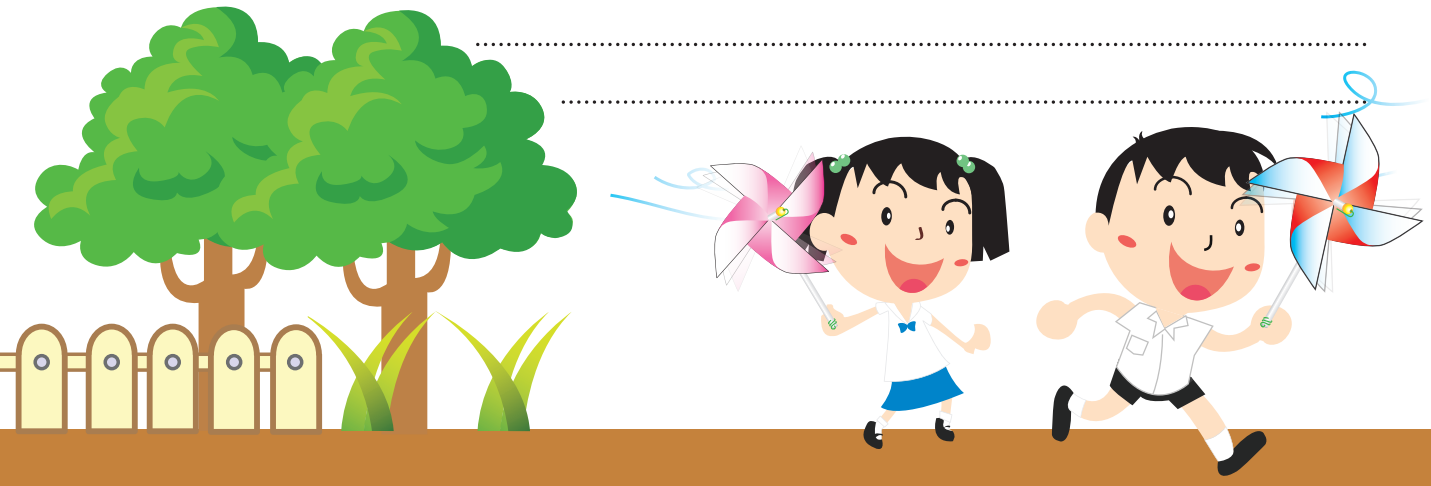
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



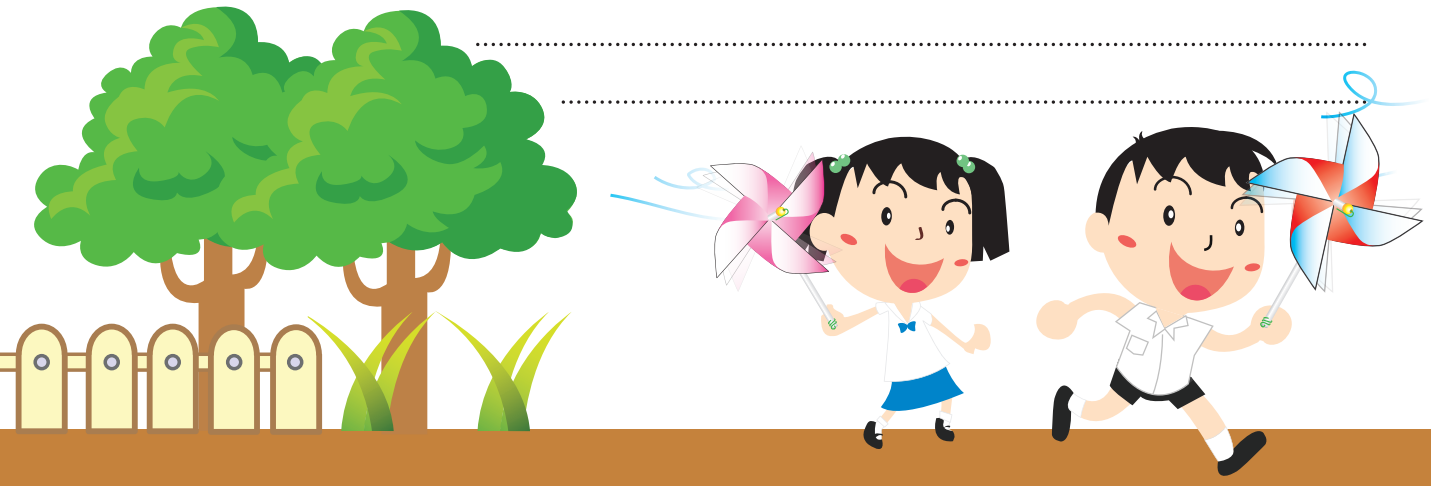
บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



บันทึกข้อความ

บันทึกข้อความ



บันทึกข้อความ

<u>คณะผู้จัดทำ</u>

ผศ.ดร.จิรวรรณ	เตียรณ์สุวรรณ
รศ.วารุณี	เตีย
ดร.นันทน์	ถาวรังกูร
นางเครือวัลย์	มณีวัต
นางสาวจิตรลดา	เจริญวุฒิเสถียร
ดร.นคร	ศรีสุขุมบวรชัย
ผศ.ดร.ปรีชา	เติมสุขสวัสดิ์
ผศ.ดร.สุพัฒน์พงษ์	ดำรงรัตน์
รศ.ดร.สร้อยดาว	วินิจนันทรัตน์
ผศ.จารุรัตน์	วรนิสรากุล
รศ.ดร.ยุวพิน	ด่านดุสิตาพันธ์
ผศ.ดร.นงพงา	คุณจักร
ผศ.ดร.มารศรี	เรืองจิตชัชวาลย์
รศ.นฤมล	จียโชค
อาจารย์ปัญญานีย์	พราพงษ์
รศ.ดร.พรนภิส	ดาราสว่าง
ผศ.วิลักษณา	ศรีมาวิน
อาจารย์สุรัตน์	เพชรนิล
ดร.สุจินต์	จิระชีวะนันท์
ดร.มงคล	นามลักษณ์
นางอรุณี	โอฬารานนท์

หน่วยวิจัยระบบความร้อนเชิงนิเวศ
สายวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
โทรศัพท์. 0-2470-8695-99 ต่อ 515, 518 โทรสาร. 0-2470-8674

สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

โครงการการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ ด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่๒)