

MODULE

3

STEM EDUCATION

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3: สิ่งประดิษฐ์ทางเคมี
CHEMISTRY INVENTIONS

คู่มือการเรียนรู้สำหรับนักเรียน
STUDENT WORKBOOK

คู่มือการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3: สิ่งประดิษฐ์ทางเคมี

โครงการพัฒนาการอาชีวศึกษาด้าน STEM Education

โดยความร่วมมือระหว่างสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กับ บริติช เคานซิล ประเทศไทย

โดยการสนับสนุนของกองทุนนิวตัน (Newton Fund)

พิมพ์ครั้งที่ 1

มกราคม พ.ศ. 2560 จำนวน 800 เล่ม

แก้ไขครั้งที่ 1

กรกฎาคม พ.ศ. 2561

ผู้จัดทำและเผยแพร่โดย

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

บริติช เคานซิล ประเทศไทย และกองทุนนิวตัน

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

พิมพ์ที่

บริษัท ภัณฑารักษ์ จำกัด

48 ซอย 48 ถนนเฉลิมพระเกียรติ ร.9 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250

โทรศัพท์ 0-2726-5707-8 โทรสาร 0-2328-0406

ออกแบบรูปเล่มโดย

บริษัท ดิบดี จำกัด (Dib Dee Co.,Ltd.)

99/129 หมู่ที่ 2 ตำบลคลองเกลือ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

โทรศัพท์ 092-7478293, 083-4411686

สารบัญ

วัตถุประสงค์หลัก

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

รายละเอียดกิจกรรม

หน้า

5

6

9

ชื่อ-นามสกุล

เลขที่ ชั้นเรียน

สถาบัน

วัตถุประสงค์หลัก

MODULE 3

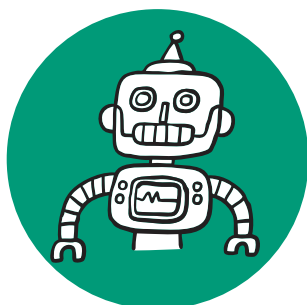
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

CHEMISTRY INVENTIONS

สิ่งประดิษฐ์ทางเคมี

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 มีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1. เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวัสดุอัจฉริยะในแง่มุมต่างๆ ดังนี้
 - คิดค้นขึ้นมาได้อย่างไร
 - มีคุณสมบัติอย่างไรและทำงานอย่างไร
 - การใช้งานในปัจจุบันและในอนาคต
2. เพื่อพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลและการหาข้อสรุปจากหลักฐานที่ได้
3. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงทักษะการปฏิบัติและการสืบเสาะในห้องปฏิบัติการ
4. เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้นำการเรียนรู้และเน้นการพัฒนาทักษะเพิ่มเติม
5. เพื่อแนะนำให้นักเรียนรู้จักกลยุทธ์และเครื่องมือต่างๆ ที่จะสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้เรื่องอื่นๆ ได้
6. เพื่อเน้นทักษะทางสะเต็ม ซึ่งจะนำไปใช้ในการเรียนรู้ทั้งในรายวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิชาชีพสาขาวิชา/สาขางาน
7. เพื่อพัฒนาทักษะด้านการสื่อสาร (รวมถึงภาษาอังกฤษ) และตัวเลข ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน
8. เพื่อสร้างพื้นฐานที่มั่นคงในการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้อื่นๆ รวมถึงการทำงานและโครงการที่เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร
9. เพื่อพัฒนาความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการศึกษาในวิทยาลัย มหาวิทยาลัย และตลอดชีวิตการทำงาน
10. เพื่อพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความสะอาด (กาย วาจา ใจ) และภาวะความเป็นผู้นำของนักเรียน



ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังสำหรับผู้จบการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

หลักสูตร

การอาชีวศึกษา

หมวดวิชา

พื้นฐานประยุกต์

กลุ่มวิชา

วิทยาศาสตร์

- เข้าใจอนุภาคชนิดต่างๆที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างอะตอม ลำดับของธาตุในตารางธาตุ ปฏิริยาทางเคมี การเขียนสมการเคมี และปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดปฏิริยาทางเคมี
- เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและคุณสมบัติต่างๆของสารที่เกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยว
- เข้าใจประเภท คุณสมบัติ และปฏิริยาต่างๆของโพลีเมอร์และสารชีวโมเลกุล เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ (motion) แบบต่างๆ คุณสมบัติของคลื่นกล ปริมาณของเสียงและการได้ยิน คุณสมบัติ คุณสมบัติประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์
- เข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถส่งผลให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆได้อย่างไร และการพัฒนาทางเทคโนโลยีสามารถนำไปสู่การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ระดับสูง รวมถึงผลกระทบจากเทคโนโลยีที่มีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ระบุปัญหา ตั้งคำถามเพื่อการสืบค้น และระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เสนอสมมุติฐานที่เป็นไปได้หลากหลาย และตัดสินใจเลือกพิสูจนสมมุติฐานที่น่าจะมีความเป็นไปได้มากที่สุด
- วางแผนกระบวนการการสืบค้นและทดสอบเพื่อการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ วิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ด้วยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ หรือสร้างแบบจำลองจากผลลัพธ์หรือความรู้ที่ได้มาจากการสืบเสาะและทดสอบ
- สื่อสารความคิดและความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะผ่านการนำเสนอโดยการพูด หรือเขียน การจัดแสดง หรือการประยุกต์ใช้ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศ
- อธิบายความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ใน ชีวิตประจำวันและในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม สร้างโครงการหรือผลงาน ตามความสนใจของตนเอง
- แสดงความสนใจ ความตั้งใจ ความรับผิดชอบ ความใฝ่ใจ และความซื่อสัตย์ในการสำรวจตรวจสอบและแสวงหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ
- ตระหนักถึงคุณค่าของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่พบในชีวิตประจำวัน แสดงความชื่นชม ภาคภูมิใจ ความเคารพ และอ้างอิงถึงความสำเร็จที่มาจาก ภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่
- แสดงความสนใจและชื่นชมความสามารถในการค้นพบความรู้ ค้นพบคำตอบ หรือแก้ปัญหา
- ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี แสดงความคิดเห็นโดยยึดตามแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ หรือมีเหตุผลที่เกิดจากการพัฒนาและประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตระหนักถึงหน้าที่ที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และพร้อมจะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น



หลักสูตร

การอาชีวศึกษา

หมวดวิชา

พื้นฐานประยุกต์

กลุ่มวิชา

คณิตศาสตร์

- มีความเข้าใจและสามารถใช้ตรรกะเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย
- มีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชันซึ่งสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ
- เข้าใจระเบียบวิธีการที่เรียบง่ายในการทำการสำรวจความคิดเห็น สามารถเลือกใช้ค่ากลางที่เหมาะสมกับข้อมูลและวัตถุประสงค์ สามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ไทล์ของข้อมูล สามารถวิเคราะห์ข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปใช้ช่วยในการตัดสินใจต่างๆ
- เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการสุ่มอย่างง่ายและความน่าจะเป็น สามารถนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้กับการคาดคะเนและการตัดสินใจสถานการณ์ต่างๆ
- สามารถนำวิธีการอันหลากหลายไปใช้ในการแก้ปัญหา มีความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางด้านคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ สามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล และนำเสนอข้อสรุปที่ได้ อย่างเหมาะสม สามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อและนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องชัดเจน สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ หลักการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์เข้ากับความรู้ด้านอื่นๆ อย่างสร้างสรรค์

หลักสูตร

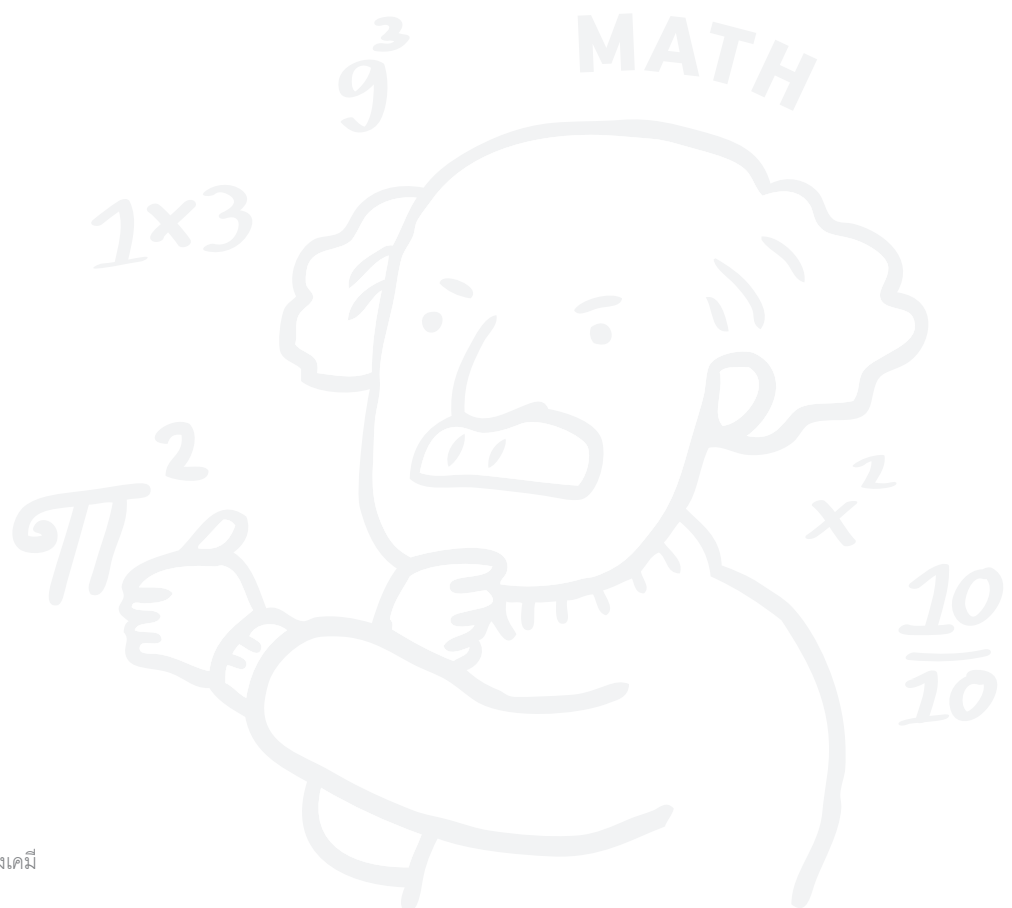
การอาชีวศึกษา

หมวดวิชาชีพ

กลุ่มวิชาชีพพื้นฐาน

- เข้าใจวิธีการทำงานต่างๆ สร้างความสำเร็จด้วยการคิดอย่างสร้างสรรค์ มีทักษะในการทำงานเป็นทีม ทักษะการบริหาร ทักษะการแก้ปัญหา และการแสวงหาความรู้ สามารถทำงานอย่างมีศีลธรรมและตระหนักรู้ถึงการใช้พลังงานและทรัพยากรต่างๆ อย่างยั่งยืนและคุ้มค่า
- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีและศาสตร์ด้านอื่นๆ วิเคราะห์ระบบ เทคโนโลยีแบบต่างๆ มีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการต่างๆ สร้างและพัฒนาวัสดุอุปกรณ์ หรือวิธีการโดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีที่ปลอดภัยโดยการใช้ออฟต์แวร์ในการออกแบบหรือนำเสนอความสำเร็จต่างๆ วิเคราะห์และเลือกที่จะนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อชีวิตประจำวันไปใช้ อย่างสร้างสรรค์เพื่อประโยชน์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม บริหารจัดการเทคโนโลยีโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด

- เข้าใจองค์ประกอบของระบบข้อมูล องค์ประกอบและหลักการของระบบคอมพิวเตอร์ ระบบการสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ลักษณะต่างๆของคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เชื่อมโยง มีทักษะเชี่ยวชาญในการใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหา เขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ ใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ สื่อสารและสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลเพื่อใช้ข้อมูล ในการตัดสินใจ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการนำเสนอความสำเร็จ และใช้คอมพิวเตอร์สร้างผลงานหรือโครงการ
- เข้าใจแนวทางในการเข้าสู่การว่าจ้าง เลือกลงและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ ที่เหมาะสมต่ออาชีพ มีประสบการณ์ในอาชีพการงานที่ตนเองถนัดและสนใจ มีคุณลักษณะเหมาะสมกับอาชีพการงาน



รายละเอียดกิจกรรมที่ 1-24

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

กิจกรรม	วันที่	บันทึกการเรียนรู้
กิจกรรมที่ 1: นักเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับวัสดุอัจฉริยะ		
กิจกรรมที่ 2: เราจะนำเสนอไหม้ไลน์เกี่ยวกับเทคโนโลยีวัสดุอย่างไร		
กิจกรรมที่ 3: มี 'เทคโนโลยีวัสดุ' ไตบ้างที่เราสามารถนำมาใส่ไว้ในไหม้ไลน์ของเรา		
กิจกรรมที่ 4: วัสดุอัจฉริยะสามารถทำสิ่งใดได้บ้าง		
กิจกรรมที่ 5: วัสดุอัจฉริยะมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทำอะไรบ้าง		
กิจกรรมที่ 6: โลหะผสมจำรูปคืออะไร		
กิจกรรมที่ 7: โลหะผสมจำรูปทำงานอย่างไร		
กิจกรรมที่ 8: โลหะผสมจำรูปนำมาใช้ทำอะไร		

กิจกรรม	วันที่	บันทึกการเรียนรู้
กิจกรรมที่ 9: โลหะผสมจํารูปสามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรในอนาคต		
กิจกรรมที่ 10: วัสดุเพียโซอิเล็กทริกทำงานอย่างไร		
กิจกรรมที่ 11: วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคืออะไร		
กิจกรรมที่ 12: วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นอย่างไรในอนาคต		
กิจกรรมที่ 13: ความต้านทานของคอมโพสิตอูโงคควอนตัม (QTC pill) เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อใส่แรงบีบอัด		
กิจกรรมที่ 14: เราจะมีวิธีสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ QTCs อย่างไร		
กิจกรรมที่ 15: นักเรียนคิดว่า QTCs ทำงานอย่างไร		
กิจกรรมที่ 16: QTC สามารถนำไปใช้ทำอะไรได้บ้างในอนาคต		
กิจกรรมที่ 17: อิเล็กโทรไลคราคืออะไร		

กิจกรรม	วันที่	บันทึกการเรียนรู้
กิจกรรมที่ 18: อิเล็กโทรไลต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง		
กิจกรรมที่ 19: อิเล็กโทรไลต์ในกีฬาต่างๆ นำไปใช้เป็นเซ็นเซอร์ได้ดีเพียงใด		
กิจกรรมที่ 20: อิเล็กโทรลูมิเนสเซนซ์ (วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้า) คืออะไร		
กิจกรรมที่ 21: เราจะมีวิธีทำโคมไฟกลางคืนอย่างไร		
กิจกรรมที่ 22: อะไรคือความแตกต่างระหว่างวัสดุเปลี่ยนสีโดยพลังงานแสง (photochromic) กับวัสดุเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ (thermochromic)		
กิจกรรมที่ 23: เราจะมีวิธีทำสไลม์ที่เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิได้อย่างไร		
กิจกรรมที่ 24: เราจะสร้างนวัตกรรมโดยใช้วัสดุอัจฉริยะอย่างไร		

คู่มือการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

ใบงานหน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ใบความรู้เรื่อง: วัสดุอัจฉริยะ: Smart Materials

วัสดุอัจฉริยะ (Smart Materials)

วัสดุอัจฉริยะมีคุณสมบัติที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม หมายความว่าหนึ่งในคุณสมบัติของวัสดุนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยขึ้นกับสภาพภายนอก เช่น อุณหภูมิ แสง ความดัน หรือไฟฟ้า ความเปลี่ยนแปลงนี้สามารถผันกลับได้และเกิดซ้ำได้หลายครั้ง วัสดุอัจฉริยะมีหลากหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้แตกต่างกัน

โลหะผสมจำรูป (Shape-memory alloys)

วัสดุส่วนใหญ่ เมื่อถูกบิดจนรูปร่างเปลี่ยนไป จะคงอยู่ในรูปที่บิดไปนั้นและเปลี่ยนกลับไม่ได้ แต่หากมีส่วนหนึ่งที่ทำจากโลหะผสมจำรูป หรือ shape-memory alloy (SMA) หากถูกบิดจนเปลี่ยนรูปร่าง มันจะกลับสู่รูปร่างเดิมเมื่อได้รับความร้อนเกินกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คุณสมบัตินี้มีประโยชน์ในการทำกรอบแว่น เพราะจะคืนสู่รูปเดิมเมื่อนำไปจุ่มน้ำร้อนหลังจากโค้งงอแล้ว มีการใช้โลหะผสมจำรูป เป็นอุปกรณ์เปิดหัวฉีดดับไฟ ตัวควบคุมวาล์วน้ำร้อนในฝักบัวหรือเครื่องชงกาแฟ และกรอบแว่นตา

วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric materials)

เมื่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้รับแรงกดอย่างรวดเร็ว จะสร้างกระแสไฟฟ้าปริมาณเล็กน้อยครู่หนึ่ง หากมีศักย์ไฟฟ้าส่งผ่านวัสดุ รูปทรงจะเกิดความเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย วัสดุเพียโซอิเล็กทริกถูกใช้เป็นเซ็นเซอร์สัมผัสในระบบเตือนภัย ในไมโครโฟน และหูฟัง

คอมโพสิตทันเนลิ่งควอนตัม

(Quantum-tunnelling composite)

คอมโพสิตทันเนลิ่งควอนตัม (Quantum-tunnelling composite - QTC) เป็นโพลิเมอร์ยืดหยุ่นที่ประกอบไปด้วยอนุภาคโลหะมากมาย โดยปกติทำหน้าที่เป็นฉนวน (insulator) แต่ถ้าได้รับแรงกดจะกลายเป็นตัวนำไฟฟ้า (conductor) QTC สามารถใช้เป็นสวิตช์ของเยื่อหุ้มเซลล์เหมือนที่ใช้ในโทรศัพท์มือถือ เช่น เซอร์ความดันและตัวควบคุมความเร็ว

วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้า

(Electroluminescent materials)

วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้าจะเปล่งแสงเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า มีการนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ป้ายความปลอดภัย และเสื้อผ้าใส่ในช่วงกลางคืน

วัสดุเปลี่ยนสี (Colour-change materials)

1. วัสดุเทอร์โมโครมิก (Thermochromic materials) จะเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ วัสดุพวกนี้นำไปใช้ในปรอทวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสที่ทำจากแถบพลาสติก และแถบทดสอบปริมาณไฟฟ้าติดอยู่บริเวณด้านข้างของถ่านไฟฉาย (ความร้อน จะมาจากตัวต้านทานใต้ฟิล์มเทอร์โมโครมิก) และยังใช้เป็นวัสดุบรรจุอาหารเพื่อแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่ได้รับการปรุงในอุณหภูมิที่ถูกต้อง
2. วัสดุโฟโตโครมิก (Photochromic materials) จะเปลี่ยนสีตามสภาพแสง ใช้เป็นเครื่องหมายความปลอดภัยที่มองเห็นได้เฉพาะในแสงอัลตราไวโอเล็ตเท่านั้น

แหล่งที่มา <http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/design/electronics/materialsrev5.shtml>

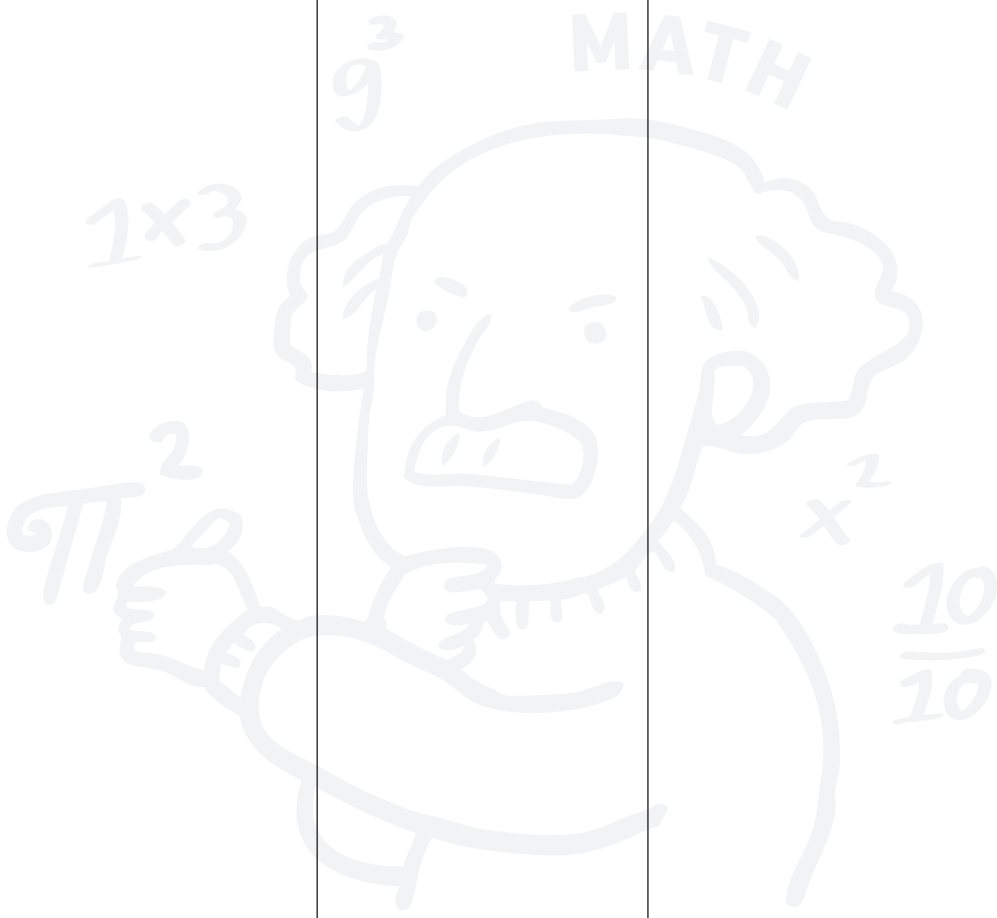
ใบความรู้เรื่อง: ประวัติศาสตร์ของเทคโนโลยีวัสดุ

ประวัติศาสตร์ของเทคโนโลยีวัสดุ

3 พันปีก่อนคริสตกาล	ค้นพบการถลุงแร่ทองแดง มีการใช้ทองแดงในเครื่องประดับ
2 พันปีก่อนคริสตกาล	นำทองสำริดมาใช้เป็นอาวุธและเกราะ
1000 ปีก่อนคริสตกาล	เริ่มการผลิตแก้วที่ตะวันออกเฉียงใต้โบราณ
ศตวรรษที่ 8	กระเบื้องถูกผลิตขึ้นในราชวงศ์ถังของจีน
ค.ศ.1000	จีนพัฒนาดินปืน
ค.ศ.1590	เนเธอร์แลนด์พัฒนาเลนส์แก้วและนำมาผลิตกล้องจุลทรรศน์และกล้องโทรทรรศน์เป็นครั้งแรก
ค.ศ.1774	โจเซฟ พรีสต์ลีย์ค้นพบออกซิเจน
ค.ศ.1799	อเลสซานโดร โวลต้าคิดค้นแบตเตอรี่กรดทำจากทองแดง/สังกะสี
ค.ศ.1821	โรมัส โจฮัน ซีเบคคิดค้นเทอร์โมคัปเปิล (เครื่องวัดอุณหภูมิ)
ค.ศ.1839	ชาลส์ กูว์เยียร์คิดค้นยางวัลคาไนส์ (ยางดิบผสมกำมะถัน)
ค.ศ.1839	หลุยส์ ดาแกร์และวิลเลียม ฟอกซ์ ทัลบอต คิดค้นกระบวนการถ่ายภาพโดยใช้สารฮาโลเจน
ค.ศ.1861	เจมส์ เคลิก แมกซ์เวลล์สาธิตการถ่ายภาพรูปสี
ค.ศ.1883	ชาลส์ ฟริตส์ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชุดแรกโดยใช้ตะกั่วเทลลูไรด์ (selenium waffles)
ค.ศ.1911	ไฮเคอ คาเมอริลิ่ง ออนเนสค้นพบสภาพการนำไฟฟ้าแบบยิ่งยวด (superconductivity)
ค.ศ.1924	นักวิทยาศาสตร์ของบริษัท Corning Incorporated คิดค้นแก้วทนไฟ (Pyrex) ขึ้น โดยเป็นแก้วที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนต่ำ
ค.ศ.1931	จูเลียส นิพแลนด์พัฒนายางสังเคราะห์ชื่อ neoprene
ค.ศ.1931	วอลเลซ แคโรเธอร์พัฒนาไนลอน
ค.ศ.1938	รอย พลังเคตต์ ค้นพบกระบวนการทำ poly-tetrafluoroethylene หรือที่รู้จักกันในชื่อ เทฟลอน (Teflon)
ค.ศ.1951	เห็นอะตอมเดี่ยวครั้งแรกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สนามไอออน
ค.ศ.1954	ห้องปฏิบัติการเบลล์ (Bell Laboratories) ผลิตเซลล์สุริยะซิลิคอนที่มีประสิทธิภาพถึง 6% (ถือว่าสูงและทันสมัยมากสำหรับยุคนั้น)
ค.ศ.1962	คิดค้นอุปกรณ์รบกวนควอนตัมตัวนำยิ่งยวด (SQUID superconducting quantum interference device)
ค.ศ.1968	อาร์ ซี เอ (RCA) พัฒนาจอภาพผลึกเหลว (Liquid crystal display)
ค.ศ.1970	กลุ่มบริษัทคอร์นิง (Corning Incorporated) ผลิตเส้นใยออปติกซิลิกา
ค.ศ.1986	จอร์จ เบดนอช และ ค.อเล็กซ์ มุลเลอร์ ค้นพบตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดทอุณหภูมิสูงเป็นครั้งแรก

ใบงาน: ตาราง QuADS Grid

คำถาม (Question)	คำตอบ (Answer)	รายละเอียด (Details)	แหล่งข้อมูล (Sources)



ใบงานเรื่อง: ตัวกระตุ้นและการตอบสนอง Stimulus and response

การกระตุ้นและการตอบสนอง (Stimulus and response)

วัสดุอัจฉริยะจะตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม เราเรียกสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงว่าตัวกระตุ้น (stimulus) และเรียกผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับวัสดุ ว่า การตอบสนอง (response)

นักเรียนจะได้รับตัวอย่างวัสดุอัจฉริยะ 7 ชนิด A. ซ้อนป้อนอาหารเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ B. หลอดดูดน้ำเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ C. फिल्मเทอร์โมคัลเลอร์ D. ลวดโลหะจำรูป E. ไฮโดรเจล (จะขยายตัวเมื่อเติมน้ำ) F. ลูกบิดไวแสงยูวี G. फिल्मเรืองแสงในที่มืด ซึ่งตอบสนองต่อรังสียูวีและน้ำในอุณหภูมิต่างๆ อ่านวิธีทำและออกแบบตารางบันทึกผลก่อนจะทำการทดลอง แบ่งตารางเป็นสองช่อง “ตัวกระตุ้น” และ “การตอบสนอง”

วัสดุอัจฉริยะตอบสนองต่อน้ำอย่างไร

1. ใส่ตัวอย่างวัสดุอัจฉริยะ ลงในก้นปิกเกอร์และเติมน้ำลงไป 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. บันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นว่า วัสดุใดที่ตอบสนองเมื่อใส่น้ำ แต่ละชนิดตอบสนองอย่างไร

วัสดุอัจฉริยะตอบสนองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างไร

ครูควรเตือนนักเรียนให้ใช้ความระมัดระวังในการทดลอง และควรให้นักเรียนสวมแว่นตานิรภัยก่อนการทดลอง

1. ในการทดลองนี้จะใช้ปิกเกอร์สามใบ ใส่น้ำร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 60°C) ในปิกเกอร์ที่ 1 ใส่น้ำอุ่น (อุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมिर่างกายเล็กน้อย) ในปิกเกอร์ที่ 2 และใส่น้ำผสมน้ำแข็ง (อุณหภูมิประมาณ 5°C) ในปิกเกอร์ที่ 3
2. ทดสอบวัสดุอัจฉริยะ โดยใส่ลงไปในแต่ละปิกเกอร์ และบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็น
3. ทดสอบเฉพาะวัสดุ D. โดยการรอวัสดุก่อนนำใส่ปิกเกอร์
4. บันทึกสิ่งที่สังเกตเห็น และวิเคราะห์ว่าวัสดุใดตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ วัสดุแต่ละชนิดตอบสนองอย่างไร

วัสดุอัจฉริยะตอบสนองต่อแสงยูวีอย่างไร

หากใช้หลอดไฟยูวี ควรสวมแว่นตานิรภัยป้องกันรังสียูวี

1. วางวัสดุอัจฉริยะกลางแสงแดดจ้าหรือใต้หลอดไฟยูวีประมาณ 10 วินาที บันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นได้
 2. วิเคราะห์วัสดุใดที่เปลี่ยนแปลงเพราะแสงยูวี วัสดุแต่ละชนิดตอบสนองอย่างไร
 3. บันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นได้ลงในตารางจดบันทึกการทดลอง
- ข้อควรระวัง: ห้ามมองแสงยูวีด้วยตาเปล่า ควรสวมแว่นตานิรภัยป้องกันรังสียูวี

ใบงานเรื่อง: ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก Piezoelectric Effect

ข้อมูลทั่วไป

“Piezo” (เพียโซ) เป็นคำภาษากรีก แปลว่า “บีบ” หรือ “อัด” เมื่อบีบหรืออัดวัสดุเพียโซอิเล็กทริก กระแสไฟฟ้าจะถูกผลิตขึ้น ดังนั้นมันจึงเป็น “ตัวกระตุ้นเชิงกล” (mechanical stimulus) ที่ให้การตอบสนองเชิงไฟฟ้า (electrical response) เมื่อมีการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์) เป็นตัวกระตุ้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะเปลี่ยนรูปร่าง ในกรณีนี้ตัวกระตุ้นไฟฟ้า (electrical stimulus) จะนำไปสู่ การตอบสนองเชิงกล (mechanical response)

ภารกิจ A – ตัวกระตุ้นเชิงกล (mechanical stimulus) ตอบสนองเชิงไฟฟ้า

1. ใช้สายไฟที่มีคลิปหนีบปากจระเข้ที่ปลายทั้งสองข้าง เพื่อเชื่อมตัวแปลงสัญญาณเพียโซเข้ากับ LED โดยให้สายไฟเส้นสีดำของตัวแปลงสัญญาณเชื่อมต่อเข้ากับ ขั้วขาของ LED
2. นำเศษกระดาษมาคลุมตัวแปลงสัญญาณเพียโซ จากนั้นใช้ดินสอหรือนิ้วเคาะตัวแปลงสัญญาณเพียโซ อิเล็กทริกตรงกลาง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ LED
 - ▶ เกิดอะไรขึ้นกับ LED
 - ▶ นักเรียนสังเกตเห็นอะไร
 - ▶ นักเรียนคิดว่าปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเพราะอะไร
 - ▶ นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างไร
3. เชื่อมต่อตัวแปลงสัญญาณกับมัลติมิเตอร์ (multimeter) โดยติดขั้วหนึ่งเข้ากับพอร์ต COM และอีกขั้วเข้ากับพอร์ต voltage (V Ω mA) ของมัลติมิเตอร์ ใช้คลิปปากจระเข้หนีบขั้วต่อของตัวแปลงสัญญาณเพียโซ
 4. ตั้งมัลติมิเตอร์ให้อยู่ที่ 2000mV
 5. เคาะบนผิวของตัวแปลงสัญญาณอีกรอบ
 - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า
 - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้นถ้าลองบีบผิวหน้า
 - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้นหากบิดแผ่น

- ▶ นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างไร
- ▶ วัสดุนี้จะนำไปใช้ผลิตเครื่องเซ็นเซอร์ได้อย่างไร
- ▶ เซ็นเซอร์ควรไวแค่ไหน เครื่องเซ็นเซอร์ จะจับเสียงได้หรือไม่หากเราถือมันอยู่หน้าลำโพง เพราะเหตุใด

ภารกิจ B – ศึกษาตัวกระตุ้นไฟฟ้า (electrical stimulus) และการตอบรับเชิงกล (mechanical response)

หมายเหตุ: ควรระวังลวดและตัวแปลงสัญญาณเพียโซ ที่อาจร้อนจนจับไม่ได้

1. ใช้เทปติดตัวแปลงสัญญาณเพียโซที่จุดกึ่งกลางของกล่องแผ่นกระดาษที่แข็ง เช่น กล่องกระดาษทิชชู
2. เชื่อมต่อตัวแปลงสัญญาณกับตัวจ่ายไฟ (power pack ตั้งไว้ที่ 12 โวลต์ D.C) และกดสวิทช์โดยใช้ลวด และคลิปปากจระเข้ให้เป็นแบบอนุกรม
3. ขยับกล่องให้ตัวแปลงสัญญาณเข้ามาใกล้หู แต่อย่าให้สัมผัส ลองเชื่อมต่อและตัดการเชื่อมต่อหลายๆ ครั้ง
 - ▶ ให้นักเรียนตั้งใจฟังว่า ได้ยินอะไร
 - ▶ ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า เกิดอะไรขึ้น และทำไม จึงเป็นเช่นนั้น
4. เมื่อสัญญาณไฟฟ้าถูกส่งไปยังลำโพง ทำให้เกิดการตอบรับเชิงกล หรือในที่นี้ เยื่อหุ้ม (เมมเบรน) ของลำโพงสั่นสะเทือน
 - ▶ การถ่ายโอนพลังงานที่เกิดขึ้นคืออะไร
5. เชื่อมต่อวงจรกับลำโพงของวิทยุหรือเครื่องกำเนิดสัญญาณ
 - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าตัวแปลงสัญญาณเพียโซ ผลิตเสียงได้ดีแค่ไหนเมื่อเชื่อมต่อกับลำโพงของวิทยุหรือเครื่องกำเนิดสัญญาณ
 - ▶ ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่ากล่องจะทำให้เกิดความแตกต่างหรือไม่

6. ตัวแปลงสัญญาณเพียโซสามารถใช้ในการผลิตอัลตราซาวด์ ซึ่งมีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยินคือมากกว่า 20kHz อัลตราซาวด์สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การสแกนทางการแพทย์หรือทำความสะอาดพื้น

- ▶ ถ้าหากต้องการจะผลิตอัลตราซาวด์ที่มีความถี่ 25 - 30kHz เราจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้า (electric current) ชนิดใด ทำไมจึงคิดเช่นนั้น
- ▶ ให้นักเรียนอธิบายว่าตัวแปลงสัญญาณเพียโซผลิตอัลตราซาวด์ได้อย่างไร



ใบงานและใบคำตอบเรื่อง: ปัญหาของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในปัจจุบัน

Issues with current piezoelectric materials

ปัญหาของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในปัจจุบัน

ณ ปัจจุบัน การใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเพื่อเป็นวิธีการผลิตไฟฟ้าที่ใช้ได้จริงมีปัญหาหลักอยู่ 3 ข้อ คือ

- ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้น้อยมาก นอกจากจะใช้ระบบขนาดใหญ่มาก มิฉะนั้นจะไม่มีกำลังแรงพอในการจ่ายไฟฟ้าให้อุปกรณ์สมัยใหม่ได้
- ผลิตกระแสได้เฉพาะเมื่อมีแรงกดทางกล และจะหยุดผลิตทันทีที่หยุดบีบอัดวัตถุ
- ผลิตต้นทุนที่ต่ำจำเป็นในการผลิตวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นวัสดุที่เป็นพิษและใช้งานยาก

อนาคตของการผลิตไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริก

เพียโซอิเล็กทริกเป็นสาขาหนึ่งที่นำตื่นเด่นของนาโนเทคโนโลยี มีการทดลองนอกห้องปฏิบัติการที่พยายามลองใช้และควบคุมพลังงานรูปนี้ สถานที่หลายแห่งเช่น รถไฟฟ้าใต้ดินของญี่ปุ่น เวทีเต็นท์และสนามฟุตบอลทั่วโลก วิศวกรได้ติดตั้งพื้นแบบเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้แรงกระแทกเท้าจำนวนมากเพื่อลดความต้องการไฟฟ้าจากโครงข่ายกลางหรือกริด หากโชคดี ในอีกไม่ช้า เพียโซอิเล็กทริกจะเป็นทางเลือกอีกหนึ่งวิธีที่เราสามารถใช้เพื่อลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิล และได้พลังงานที่ต้องการได้

ดัดแปลงจาก <http://www.thegreenage.co.uk/tech/piezoelectric-materials/>

คำถาม

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญในการใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกในปัจจุบันคืออะไร เพราะอะไร

2. นาโนเทคโนโลยีคืออะไร

3. นักเรียนคิดว่าไฟฟ้าแบบเพียโซอิเล็กทริกสามารถนำมาใช้ในอนาคตได้อย่างไร

ใบงาน: ข้อมูล QTC

ข้อมูล QTC

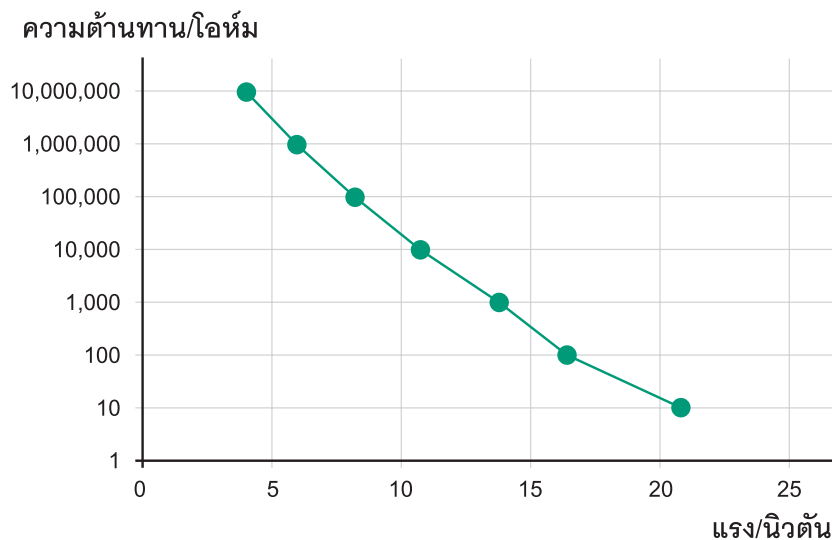
QTC คือคอมโพสิตอโมงค์ควอนตัม เป็นวัสดุใหม่ที่นำจับตา ซึ่งค้นพบโดย เดวิด ลูซเซย์ ในปี 1997 ตั้งแต่ตอนนั้น วัสดุนี้ได้มีการศึกษาลักษณะอย่างละเอียด (ตั้งนั้นองค์ประกอบและการทำงานของมันจึงเป็นที่เข้าใจ) และการใช้งานครั้งแรกก็ได้เกิดขึ้น

QTC คืออะไร

QTC เป็นวัสดุที่ทำจากอนุภาคของโลหะ (นิกเกิล) ที่ฝังเข้าไปในพอลิเมอร์ ความต้านทานของมันเปลี่ยนอย่างน่าอัศจรรย์เมื่อโดนบีบอัด เมื่อไม่โดนบีบอัด มันเป็นฉนวนไฟฟ้าที่เกือบสมบูรณ์แบบ และเมื่อใส่แรงเข้าไปมันจะนำไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับโลหะ

“เม็ด” QTC เป็นวัสดุชิ้นเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงไม่กี่มิลลิเมตร และหนาเพียง 1 มิลลิเมตร

กราฟด้านล่างแสดงถึงค่าความต้านทานของ QTC ที่เปลี่ยนไปเมื่อมีแรงกระทำ



คำถาม

1. แรงกระทำต่อเม็ด QTC เปลี่ยนแปลงไปในช่วงใด
2. ระดับการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานที่อยู่ในแกนความต้านทานมีค่ากี่ระดับ
3. การเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานเกิดขึ้นในช่วงระยะใด
4. ยกตัวอย่างปัจจัยอื่นๆ ทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อความต้านทานทางไฟฟ้า
5. อุปกรณ์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ทำอะไรได้บ้าง

ข้อมูลประยุกต์จาก <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/qtc-%E2%80%93-discovery-novel-material>

ใบงานเรื่อง: อิเล็กโทรไลครา

Electrolyca

อิเล็กโทรไลครา (Electrolyca) ทำงานอย่างไร

ความต้านทานทางไฟฟ้าสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการนี้

$$\text{ค่าความต้านทาน (โอห์ม } \Omega) = \frac{\text{ศักย์ไฟฟ้า}}{\text{กระแสไฟฟ้า}}$$

โดยที่ความต้านทานวัดในหน่วย โอห์ม (Ω) ศักย์ไฟฟ้าในหน่วยโวลต์ (V) และ กระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมป์ (A)

ความปลอดภัย: ระวังการช็อตจากกระแส โดยให้อยู่ห่างเกิน 10 ซม. และไม่ควรถูกทิ้งไว้ถ้าไม่ใช้งาน

สิ่งที่นักเรียนต้องใช้

- อุปกรณ์ (power supply) – กำลัง 3V DC
- โวลต์มิเตอร์
- ไม้บรรทัด – 30 ซม.
- สายไฟสำหรับต่อวงจร
- แอมมิเตอร์
- ตะกั่วและคลิปปากจระเข้
- แถบอิเล็กโทรไลครา

วิธีการ

1. ต่อดวงจรรไฟฟ้าระหว่างเครื่องจ่ายไฟ แอมมิเตอร์และตะกั่วสองอันกับคลิปปากจระเข้ ปล่อยให้ช่องว่างระหว่างคลิปปากจระเข้ 2 ตัว วางโวลต์มิเตอร์ขนานกับแหล่งจ่ายไฟ
2. อย่าเพิ่งเปิดสวิตช์เครื่องจ่ายไฟ ณ ขณะนี้
3. วางไม้บรรทัดและอิเล็กโทรไลคราในช่องว่างระหว่างคลิปปากจระเข้ 2 ตัว
4. วัดศักย์ไฟฟ้าและกระแสระหว่างความยาวที่แตกต่างกันของอิเล็กโทรไลคราโดยทำการยึดอิเล็กโทรไลคราและวัดระยะห่างระหว่างคลิปปากจระเข้ เริ่มจากความยาว 10 ซม. ก่อนที่จะทำการยึดและยึดจนถึง 15 ซม.
5. บันทึกผลลงในตารางบันทึกผล
6. คำนวณค่าความต้านทานที่ความยาวแต่ละอัน
 - อธิบายแนวโน้มหรือแบบรูปจากผลที่วัดได้
 - ข้อสรุปที่ได้คืออะไร
 - หลักฐานสนับสนุนข้อสรุปคืออะไร
 - นักเรียนจะสามารถปรับปรุงการทดลองได้อย่างไร และทำไมวิธีนี้จึงปรับปรุงได้
 - นักเรียนจะใช้เวลาและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ อธิบายวิธีการทำงานของอิเล็กโทรไลคราได้อย่างไร

ใบงานเรื่อง: อิเล็กโทรไลคราเป็นเซ็นเซอร์ในกีฬา

อิเล็กโทรไลคราเป็นเซ็นเซอร์ในกีฬา

ขณะฝึกซ้อมกรีฑาช่วงสั้นๆ นักกีฬาใช้เซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยใช้อิเล็กโทรไลครา หลังจากพักสัปดาห์ที่ นักกีฬาซ้อมอีกครั้ง โดยใช้เครื่องเซ็นเซอร์ปกติที่ติดกับมิเตอร์ที่ซับซ้อน

ตารางแสดงค่าชีพจรในการซ้อมสองรอบ

เวลา (นาที)	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	
	ซ้อมรอบ 1 เซ็นเซอร์อิเล็กโทรไลครา	ซ้อมรอบ 2 เซ็นเซอร์ปกติ
0	64	70
1	65	68
2	64	66
3	70	70
4	76	78
5	78	78
6	80	82
7	82	85
8	85	88
9	90	90
10	96	96
11	102	104
12	108	105
13	108	105
14	116	109
15	120	121
16	120	124
17	118	119
18	118	117
19	120	125
20	122	126

คำถาม

1. เขียนกราฟจากผลในตาราง

2. นักกีฬาเริ่มซ้อมเมื่อไหร่

3. อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะใช้เซ็นเซอร์อิเล็กโทรไลคราและเซ็นเซอร์ปกติอยู่ที่เท่าไร

4. ทำไมค่าเฉลี่ยทั้งสองถึงมีความแตกต่างกัน

5. จะสามารถทดสอบได้อย่างไรว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ใบงานเรื่อง: วิธีทำสไลม์ที่เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ

Thermochromic slime

ส่วนประกอบ

กาวเหลวลาเทกซ์สีขาว	¼	ถ้วย
น้ำ	1	ช้อนโต๊ะ
ผงเม็ดสีที่เปลี่ยนตามอุณหภูมิ	3	ช้อนชา
แป้งเหลว (liquid starch)	¼	ถ้วย
สีผสมอาหาร		

เม็ดสีที่เปลี่ยนตามอุณหภูมิจะเปลี่ยนจากสีหนึ่งเป็นอีกสีหนึ่ง เช่น น้ำเงินเป็นเหลือง แดงเป็นเขียว แต่ไม่แสดงสีทั้งหมดในคราวเดียว เพื่อเพิ่มจำนวนสีที่เปลี่ยนเราจึงสามารถเติมสีผสมอาหารเข้าไปได้ โดยเป็นการเพิ่มสีตั้งต้น (base color) ให้สไลม์และทำให้เห็นสีที่เปลี่ยนไปของเม็ดสี

วิธีทำ

1. คนกาวและน้ำเข้าด้วยกัน
2. โรยเม็ดสีที่เปลี่ยนตามอุณหภูมิให้ทั่วส่วนผสมและคนให้เข้ากัน
3. ผสมสีผสมอาหาร
4. เติมแป้งเหลว คนหรือนวดด้วยมือ
5. ทิ้งน้ำที่เหลือไป หากยังไม่ใช้สไลม์ ให้เก็บไว้ในถุงพลาสติกหรือภาชนะมีฝาปิด สามารถนำไปเก็บในตู้เย็นได้ หากต้องการเก็บไว้ใช้เป็นเวลานานเพื่อไม่ให้เกิดเชื้อรา การนำสไลม์ไปแช่ยังช่วยให้ง่ายต่อการเปลี่ยนสีเวลาที่เรากำหนด
6. ใช้น้ำอุ่นในการทำความสะอาดสไลม์ หากใช้สีผสมอาหาร อย่าลืมน้ำสะอาดล้างมือและโต๊ะเพื่อนได้



กิจกรรมที่ควรลองกับสไลม์เทอร์โมโครมิก

- นำสไลม์ไปพอกบนภาชนะเครื่องตีแป้งเย็นหรือถ้วยกาแฟร้อน สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นโดยคิดว่า คิดว่าเกิดขึ้นเพราะอะไร
- ให้ความร้อนกับสไลม์โดยไต้เตาแก๊ส (หากสไลม์เริ่มแห้งให้เติมแป้งเหลวเข้าไป) สังเกตว่าเกิดอะไรขึ้น
- ใช้ปรอทวัดอุณหภูมิเพื่อวัดอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี คุณคิดว่ากำลังเกิดอะไรขึ้นในระดับโมเลกุล

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

ดร.สุเทพ ชิตยวงษ์
นายวณิชย์ อ่วมศรี

เลขาธิการคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
รองเลขาธิการคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

คณะผู้จัดทำและเรียบเรียง

1. Ms. Julie Addis
2. Mr. Dewi Roberts
3. Mr. Mark Howell Thomas

ผู้เชี่ยวชาญจากสหราชอาณาจักรจากบริษัท Think Learn Challenge
ผู้เชี่ยวชาญจากสหราชอาณาจักรจากบริษัท Think Learn Challenge
ผู้เชี่ยวชาญจากสหราชอาณาจักรจากบริษัท Think Learn Challenge

คณะผู้ตรวจสอบและกลั่นกรอง

1. นางเจิดฤดี ชินเวโรจน์
2. นายสุเทพ ยงยุทธ์
3. นางชนิษฐา โสภานนท์
4. นายจิระ เฉลิมศักดิ์
5. นายพงษ์ศักดิ์พิล ทาแก้ว
6. นางนงลักษณ์ คงศิริ
7. นายพงษ์ศาสตร์ อภิธรรมพงษ์
8. นางสาววรรณิการ์ ชุมภูแก้ว
9. นางสาวชัชฎาภรณ์ คงงาม
10. นางสาวชุตินา ไชคณกวีพัฒนา
11. นางสาวประทีน เลียนจำรูญ
12. นางสาวสมปอง ตุ่มวารี
13. นางสาววิภาดา ตระกูลโต
14. บริติช เคานซิล ประเทศไทย

ผู้อำนวยการสำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพังงา
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน
ผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ (ชลบุรี)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาสิงห์บุรี
รองผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาสิงห์บุรี
รองผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุรนารี
วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน
วิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ (ชลบุรี)
วิทยาลัยเทคนิคสุรนารี
วิทยาลัยเทคนิคพังงา
สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ
สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ



บริติช เคานซิล ประเทศไทย
254 ซ.จุฬาลงกรณ์ 64 สยามสแควร์
ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: +66 (0)2 657 5678
โทรสาร: +66 (0)2 253 5311
อีเมล: newtonfund@britishcouncil.or.th

เว็บไซต์: www.britishcouncil.or.th
www.newtonfund.ac.uk

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
319 ถนนราชดำเนินนอก
แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
โทรศัพท์: +66 (0)2 281 5555
โทรสาร: +66 (0)2 282 0855

เว็บไซต์: <http://www.vec.go.th>