

MODULE

3

# STEM EDUCATION

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 3: สิ่งประดิษฐ์ทางเคมี CHEMISTRY INVENTIONS

คู่มือการสอนสำหรับครู  
TEACHER'S GUIDEBOOK



คู่มือการสอนสำหรับครู

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 3: สิ่งประดิษฐ์ทางเคมี

โครงการพัฒนาการอาชีวศึกษาด้าน STEM Education

โดยความร่วมมือระหว่างสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กับ บริติช เคานซิล ประเทศไทย

โดยการสนับสนุนของกองทุนนิวตัน (Newton Fund)

### พิมพ์ครั้งที่ 1

มกราคม พ.ศ. 2560 จำนวน 100 เล่ม

### แก้ไขครั้งที่ 1

กรกฎาคม พ.ศ. 2561

### ผู้จัดทำและเผยแพร่โดย

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

บริติช เคานซิล ประเทศไทย และกองทุนนิวตัน

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

### พิมพ์ที่

บริษัท ภัณฑรินทร์ 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

โครงสร้างของหน่วยการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

รายละเอียดกิจกรรม

ใบงานและใบคำตอบ

## ภาคผนวก

ภาคผนวก 1: บทบรรยายวิดีโอทัศน์

ภาคผนวก 2: การสั่งซื้ออุปกรณ์วัสดุอัจฉริยะ

Smart Material

หน้า

5

6

8

12

38

66

79

# CHEMICAL

# SCIENCE

# วัตถุประสงค์หลัก

## MODULE 3

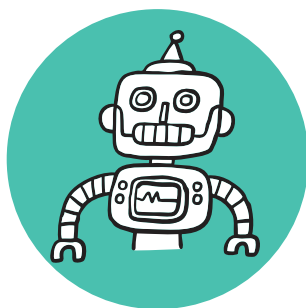
### หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

#### 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

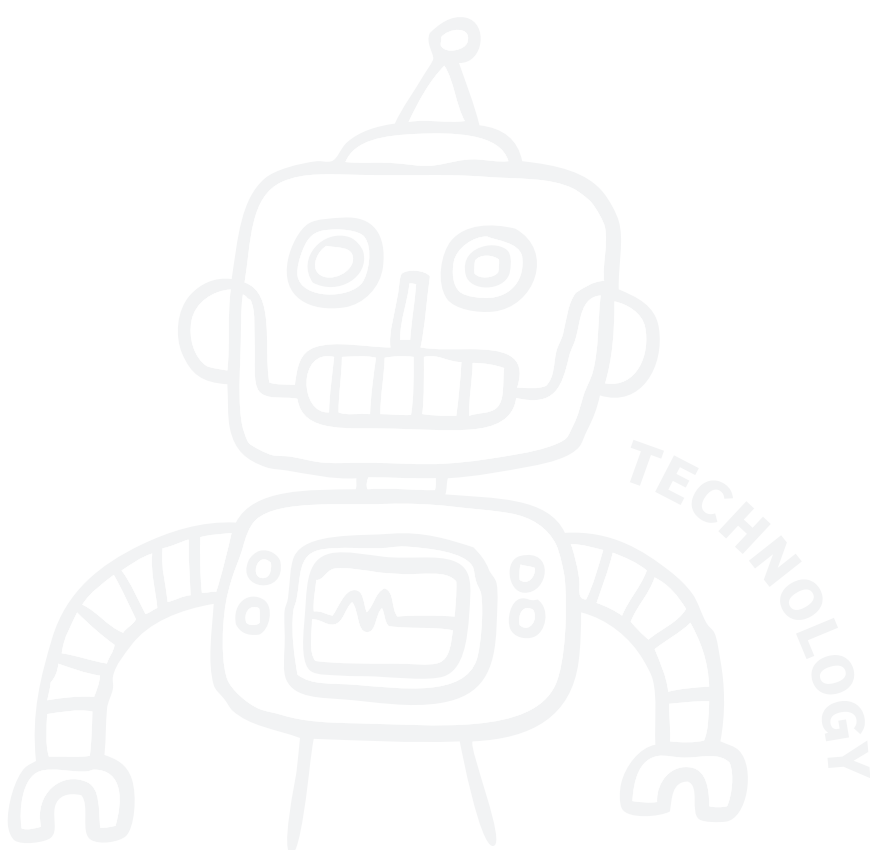


# โครงสร้างของหน่วยการเรียนรู้

โครงสร้างของหน่วยการเรียนรู้มีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

หัวข้อ	คำอธิบาย
กิจกรรม	ชื่อของกิจกรรมจะมีลักษณะเป็นคำถามที่เปิดกว้าง เพื่อที่จะ “กระตุ้นนักเรียน” ให้มีความอยากรู้ เพราะความอยากรู้อยากเห็นเป็นขั้นตอนแรกในการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน
ภาพรวม	คำอธิบายเกี่ยวกับกิจกรรมโดยเรียงเป็นลำดับตามมุมมองของนักเรียน
สื่อการเรียนรู้	รายการสิ่งของที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งรวมถึงใบความรู้และใบงาน คลิปวีดีโอและสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ (สร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในกลุ่ม) โดยคลิปวีดีโอเป็นสื่อภาษาอังกฤษและมีบทบรรยายภาษาไทย ซึ่งผู้สอนจะเลือกใช้ภาษาอังกฤษพร้อมบทบรรยายภาษาไทยหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของนักเรียน อย่างไรก็ตามหนึ่งในวัตถุประสงค์ของหลักสูตรนี้ คือการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษของนักเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนรู้ในสถานที่ทำงานจริง ดังนั้นจึงเป็นการดีหากใช้คลิปวีดีโอที่เป็นภาษาอังกฤษในการสอนนักเรียนทุกครั้ง เนื่องจากคำบรรยายภาษาไทยด้านล่างนั้นยากที่จะอ่านได้ทันภายในเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงขอเสนอให้ผู้สอนเปิดคลิปวีดีโอครั้งละสั้นๆ และอภิปรายกับนักเรียนก่อนที่จะพิจารณาในส่วนถัดไป ข้อเสนอแนะสำหรับเวลาที่จะใช้ในการอภิปรายได้ระบุไว้ให้กับผู้สอนในส่วนของการละเอียดของภาษาและสถานะของคลิปวีดีโอในภาคผนวก 1
ทักษะหลักของ STEM	<p>แต่ละกิจกรรมจะเชื่อมโยงไปสู่ทักษะ STEM ที่เป็นสากล ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ทักษะในการแก้ปัญหา (PS หรือ Problem Solving)</li> <li>• ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (CiT หรือ Critical Thinking)</li> <li>• ทักษะด้านความร่วมมือ (C หรือ Collaboration)</li> <li>• ทักษะด้านการสื่อสาร (Co หรือ Communication)</li> <li>• ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (CeT หรือ Creative Thinking)</li> <li>• ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (R หรือ Research)</li> </ul> <p>ทักษะหลักทาง STEM ได้นำมาบูรณาการให้เข้ากับหลักสูตรเพื่อเน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน ซึ่งรวมถึงการรู้คิด (Metacognition)</p>

หัวข้อ	คำอธิบาย
<b>การประเมินที่เป็นไปได้</b>	<p>แนวคิดต่างๆ สำหรับใช้ในการประเมินที่ผู้สอนอาจนำไปใช้ประเมินขณะที่มีการทำกิจกรรมหรือในตอนท้ายของการทำกิจกรรมที่เป็นการประเมินผลสรุป การประเมินทั้งหมดนี้มีเจตนา จะให้การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยให้ผู้สอนพูดคุยกับนักเรียนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในลำดับต่อไป แนวทางการประเมินที่เสนอมานี้ไม่ได้ระบุโดยละเอียด ผู้สอนสามารถกำหนดงานสำหรับที่จะใช้ประเมินนักเรียนในกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเองตามที่เหมาะสม แนวทางที่เสนอมานี้ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดสิ่งที่คาดหวังในการเรียนรู้ ซึ่งต่างมีธรรมชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้สอนจะต้องพัฒนาแบบประเมินที่มีเกณฑ์ที่ง่ายสำหรับการประเมินสิ่งที่คาดหวังในการเรียนรู้แต่ละเรื่อง</p>
<b>เวลา</b>	<p>ระยะเวลาที่แนะนำสำหรับแต่ละกิจกรรม เนื่องจากแต่ละหน่วยการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนนำตนเองให้มากที่สุด (learner-led) แต่ละกิจกรรมจึงอาจใช้เวลานานกว่าที่กำหนดไว้ในตาราง อย่างไรก็ตามอาจเป็นไปได้ยากที่แต่ละกิจกรรมจะใช้เวลาน้อยกว่าที่เสนอไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเราเน้นการทำงานแบบร่วมแรงร่วมใจของนักเรียนและเน้นการคิดขั้นสูง</p>



# ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังสำหรับผู้จบการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

## หลักสูตร

## การอาชีวศึกษา

## หมวดวิชา

## พื้นฐานประยุกต์

## กลุ่มวิชา

## วิทยาศาสตร์

- เข้าใจอนุภาคชนิดต่างๆที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างอะตอม ลำดับของธาตุในตารางธาตุ ปฏิริยาทางเคมี การเขียนสมการเคมี และปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดปฏิริยาทางเคมี
- เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและคุณสมบัติต่างๆของสารที่เกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยว
- เข้าใจประเภท คุณสมบัติ และปฏิริยาต่างๆของโพลีเมอร์และสารชีวโมเลกุล เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ (motion) แบบต่างๆ คุณสมบัติของคลื่นกล ปริมาณของเสียงและการได้ยิน คุณสมบัติ คุณประโยชน์ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์
- เข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถส่งผลให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆได้อย่างไร และการพัฒนาทางเทคโนโลยีสามารถนำไปสู่การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ระดับสูง รวมถึงผลกระทบจากเทคโนโลยีที่มีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ระบุปัญหา ตั้งคำถามเพื่อการสืบค้น และระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เสนอสมมติฐานที่เป็นไปได้หลากหลาย และตัดสินใจเลือกพิสูจน์สมมติฐานที่น่าจะมีความเป็นไปได้มากที่สุด
- วางแผนกระบวนการการสืบค้นและทดสอบเพื่อการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ วิเคราะห์ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ 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

### หมวดวิชาชีพ

### 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

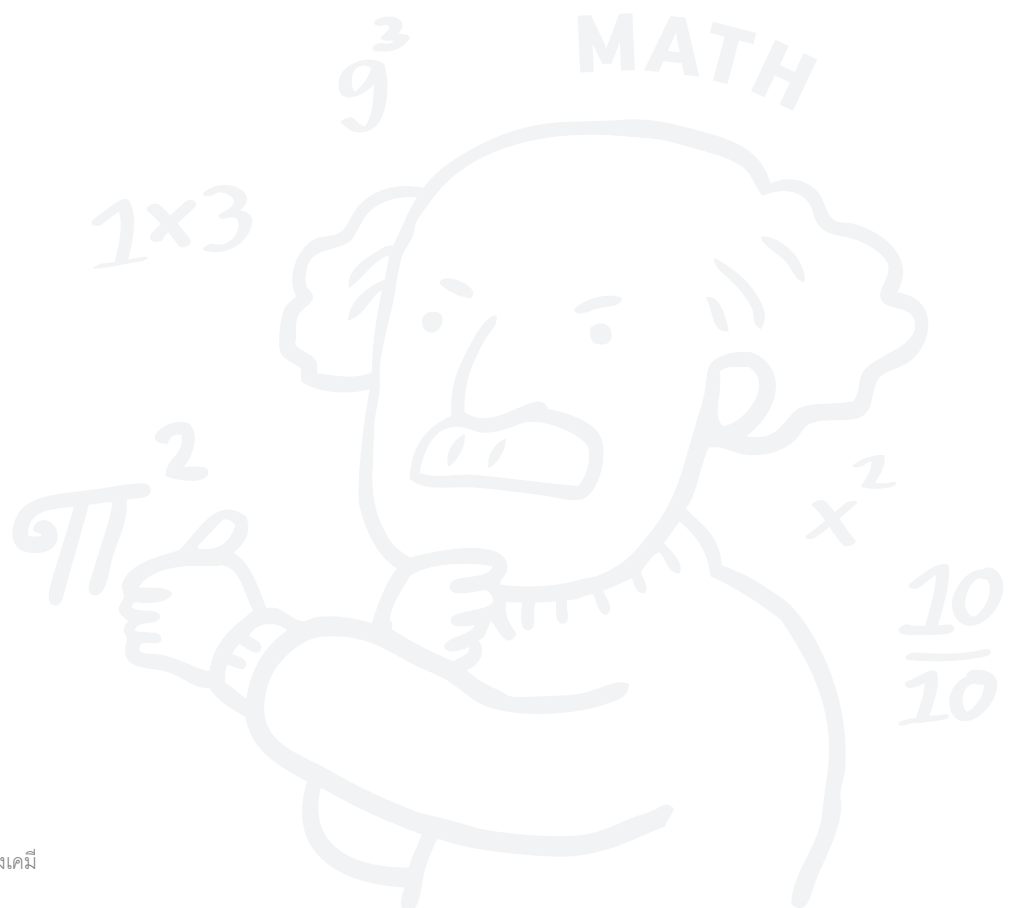
### การอาชีวศึกษา

### หมวดวิชาชีพ

### กลุ่มวิชาชีพพื้นฐาน

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

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



คู่มือการสอนสำหรับครู

## รายละเอียดกิจกรรมที่ 1-24

### หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

กิจกรรมที่ 1: นักเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับวัสดุอัจฉริยะ

กิจกรรมที่ 2: เราจะนำเสนอเทคโนโลยีเกี่ยวกับเทคโนโลยีวัสดุอย่างไร

กิจกรรมที่ 3: มี 'เทคโนโลยีวัสดุ' ไດบ้างที่เราสามารถนำมาใส่ไว้ในเทคโนโลยีของเรา

กิจกรรมที่ 4: วัสดุอัจฉริยะสามารถทำอะไรได้บ้าง

กิจกรรมที่ 5: วัสดุอัจฉริยะมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทำอะไรบ้าง

กิจกรรมที่ 6: โลหะผสมจํารูปคืออะไร

กิจกรรมที่ 7: โลหะผสมจํารูปทำงานอย่างไร

กิจกรรมที่ 8: โลหะผสมจํารูปนำมาใช้ทำอะไร

กิจกรรมที่ 9: โลหะผสมจํารูปสามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรในอนาคต

กิจกรรมที่ 10: วัสดุเพียโซอิเล็กทริกทำงานอย่างไร

กิจกรรมที่ 11: วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคืออะไร

กิจกรรมที่ 12: วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นอย่างไรในอนาคต

กิจกรรมที่ 13: ความต้านทานของคอมพิวเตอร์ควอนตัม (QTC pill) เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อใส่แรงบีบอัด

กิจกรรมที่ 14: เราจะวิธีสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ QTCs อย่างไร

กิจกรรมที่ 15: นักเรียนคิดว่า QTCs ทำงานอย่างไร

กิจกรรมที่ 16: QTC สามารถนำไปใช้ทำอะไรได้บ้างในอนาคต

กิจกรรมที่ 17: อิเล็กโทรไลคราคืออะไร

กิจกรรมที่ 18: อิเล็กโทรไลคราคสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง

กิจกรรมที่ 19: อิเล็กโทรไลคราในกีฬาต่างๆ นำไปใช้เป็นเซ็นเซอร์ได้ดีเพียงใด

กิจกรรมที่ 20: อิเล็กโทรลูมินเนสเซนซ์ (วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้า) คืออะไร

กิจกรรมที่ 21: เราจะวิธีทำโคมไฟกลางคืนอย่างไร

กิจกรรมที่ 22: อะไรคือความแตกต่างระหว่างวัสดุเปลี่ยนสีโดยพลังงานแสง

(photochromic) กับวัสดุเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ (thermochromic)

กิจกรรมที่ 23: เราจะวิธีทำสไลม์ที่เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 24: เราจะสร้างนวัตกรรมโดยใช้วัสดุอัจฉริยะอย่างไร

# รายละเอียดกิจกรรม

## กิจกรรมที่ 1

ชื่อกิจกรรม	นักเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับวัสดุอัจฉริยะ What do you already know about smart materials?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนแบ่งกลุ่ม อ่านเนื้อหา และทำแผนผังมโนทัศน์ (mind map) แสดงแนวคิด
สื่อการเรียนรู้ ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบความรู้เรื่อง 'วัสดุอัจฉริยะ' ในหน้าที่ 13 ในสมุดนักเรียน</li> <li>กระดาษ A3</li> <li>ปากกาสี</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบความรู้เรื่อง 'วัสดุอัจฉริยะ' หน้าที่ 39</li> <li>ครูอธิบายวิธีการทำแผนผังมโนทัศน์ (mind map) ครูสามารถดูคำอธิบายการทำแผนผังมโนทัศน์ได้จากภาคผนวก 1 ใน คู่มือครู (Teacher Toolkit)</li> </ul>
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันได้ดีเพียงใด</li> <li>นักเรียนสามารถรับฟังและอภิปรายจากมุมมองของตนเองโดยพิจารณาจากมุมมองของผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลัก ทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p>

## กิจกรรมที่ 2

ชื่อกิจกรรม	เราจะนำเสนอไทม์ไลน์เกี่ยวกับเทคโนโลยีวัสดุอย่างไร How can we present a timeline of materials technology?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนร่วมกันตัดสินใจว่าจะนำเสนอไทม์ไลน์เพื่อแสดงประวัติศาสตร์ของพัฒนาการของวัสดุอย่างไร
สื่อการเรียนรู้ ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบความรู้เรื่อง 'ประวัติศาสตร์ของเทคโนโลยีวัสดุ' ในหน้าที่ 14 ในสมุดนักเรียน</li> <li>ไม้บรรทัด</li> <li>กระดาษ A4 (ไม่แนะนำให้ใช้กระดาษที่มีเส้นหรือกระดาษกราฟเพื่อที่นักเรียนจะได้ใช้ทักษะเต็มที่)</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบความรู้เรื่อง 'ประวัติศาสตร์ของเทคโนโลยีวัสดุ' หน้าที่ 40</li> <li>ครูอธิบายวิธีการทำไทม์ไลน์ให้นักเรียน</li> </ul>
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	นักเรียนสามารถนำเสนอระยะเวลาในไทม์ไลน์ได้ดีเพียงใด
เวลา (นาที)	15 นาที
ทักษะหลัก ทาง STEM	<p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p>

## กิจกรรมที่ 3

ชื่อกิจกรรม	มี 'เทคโนโลยีวัสดุ' ไตบ้างที่เราสามารถนำมาใส่ไว้ในไทม์ไลน์ของเรา What other 'materials technology' can we find to fit in our timeline?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนร่วมกันค้นคว้าเพื่อหาว่ายังมีสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นเทคโนโลยีวัสดุอื่นใดอีกที่เคยถูกคิดค้น</li> <li>• ขณะค้นคว้า ให้นักเรียนพิจารณาด้วยว่าแหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและถูกต้องอย่างไร</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• อินเทอร์เน็ต</li> <li>• คอมพิวเตอร์ หรือกระดาษกับปากกา</li> <li>• ใบงาน 'QuADS grid' ในหน้าที่ 15 ในสมุดนักเรียน หรือเครื่องมือที่มีความใกล้เคียงกันสำหรับบันทึกสิ่งที่ค้นพบและแหล่งที่มา</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ใบงาน 'QuADS grid' หน้าที่ 41</li> <li>• ครูอธิบายวิธีการทำตาราง 'QuADS' ครูสามารถดูคำอธิบายการทำตาราง 'QuADS' ได้จากภาคผนวก 1 ในคู่มือครู (Teacher Toolkit)</li> </ul>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนมีความรู้ด้านสื่อสารสนเทศเพียงใดและมีความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะเหล่านี้มากน้อยเพียงใด <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเลือกเครื่องมือสืบค้นข้อมูล</li> <li>2. การเลือกเว็บไซต์</li> <li>3. การประเมินความน่าเชื่อถือและถูกต้องของแหล่งที่มา</li> </ol> </li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p> <p>ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (Research)</p>

## กิจกรรมที่ 4

ชื่อกิจกรรม	วัสดุอัจฉริยะสามารถทำอะไรได้บ้าง What can smart materials do?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนจับคู่หรือแบ่งกลุ่มย่อยเพื่อตั้งคำถามสำหรับการดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งกระตุ้นและการตอบสนอง(stimulus and response) สำหรับวัสดุอัจฉริยะต่างๆ</li> <li>นักเรียนใช้ใบงานในการตอบคำถาม และเติมข้อมูลที่ค้นพบลงในตารางให้สมบูรณ์</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงาน 'ตัวกระตุ้นและการตอบสนอง' ในหน้าที่ 16 ในสมุดนักเรียน</li> <li>วัสดุ</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>A. ซ้อนป้อนอาหารเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ B. หลอดดูดน้ำเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ  C. फिल्मเทอร์โมคัลเลอร์ D. ลวดโลหะจำรูป  E. ไฮโดรเจล (จะขยายตัวเมื่อเติมน้ำ) F. ลูกบิดไวแสงยูวี  G. फिल्मเรืองแสงในที่มืด ซึ่งตอบสนองต่อรังสียูวีและน้ำในอุณหภูมิต่างๆ</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>หลอดไฟยูวี</li> <li>น้ำในอุณหภูมิต่างๆ (น้ำร้อน น้ำอุ่น และน้ำผสมน้ำแข็ง)</li> <li>แว่นตานิรภัยป้องกันรังสียูวี</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานเรื่อง 'ตัวกระตุ้นและการตอบสนอง' หน้าที่ 42</li> </ul>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่สังเกตได้ในตารางได้อย่างถูกต้องเพียงใด</li> <li>นักเรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างปลอดภัยเพียงใด</li> <li>นักเรียนสามารถตอบคำถามในใบงานได้ถูกต้องเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	60 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p>

## กิจกรรมที่ 5

ชื่อกิจกรรม	วัสดุอัจฉริยะมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทำอะไรบ้าง What are the possibilities for smart materials?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนดูคลิปวิดีโอเรื่อง 'Play with smart materials'</li> <li>• นักเรียนจดบันทึกเกี่ยวกับวัสดุต่างๆ และประโยชน์ของวัสดุเหล่านั้น จากนั้นจับคู่หรือแบ่งกลุ่มย่อย</li> <li>• นักเรียนสร้างตารางบันทึกเกี่ยวกับวัสดุอัจฉริยะต่างๆ และประโยชน์ใช้สอยของวัสดุเหล่านั้นจากเนื้อหาในคลิปวิดีโอ</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• คลิปวิดีโอเรื่อง 'Play with smart materials' <a href="https://www.ted.com/talks/catarina_mota_play_with_smart_materials">https://www.ted.com/talks/catarina_mota_play_with_smart_materials</a></li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<p>คลิปวิดีโอเรื่อง 'Play with smart materials'</p> <p>ครูเปิดคลิปวิดีโอจากแผ่นซีดี และให้หยุดคลิปวิดีโอเพื่อถามนักเรียนว่า 'ได้เรียนรู้อะไรจากคลิปวิดีโอบ้าง' ครูสามารถหยุดคลิปวิดีโอในนาทีที่ 1:22, 1:53, 2:16, 2:43, 3:10, 3:58, 4:31, 5:01, 6:35, 7:42, 8:05, 8:30, 9:03 (บทบรรยายวีดิทัศน์ หน้า 66-75)</p>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนสามารถเลือกข้อมูลที่สัมพันธ์กับคำพูดในวิดีโอได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงในตารางได้อย่างชัดเจนเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p>



## กิจกรรมที่ 6

ชื่อกิจกรรม	โลหะผสมจำรูปคืออะไร What are shape-memory alloys?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนดูคลิปวิดีโอเรื่อง 'Shape – memory alloy demonstration'</li> <li>นักเรียนจดบันทึกเกี่ยวกับคุณสมบัติของโลหะผสม</li> <li>จากนั้นจับคู่หรือแบ่งกลุ่มคิดอย่างสร้างสรรค์และอภิปรายว่าน่าจะเกิดอะไรขึ้นในระดับโมเลกุลให้นักเรียนแต่ละคู่หรือกลุ่มนำเสนอหนึ่งนาทีเพื่ออธิบายความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่น่าจะเกิดขึ้นในระดับโมเลกุล</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>คลิปวิดีโอเรื่อง 'Shape- memory alloy demonstration' <a href="http://youtube.com/watch?v=1rrPv5AIVXg">http://youtube.com/watch?v=1rrPv5AIVXg</a>.</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	คลิปวิดีโอเรื่อง 'Shape- memory alloy demonstration' ครูเปิดคลิปวิดีโอจากแผ่นซีดี และให้หยุดคลิปวิดีโอเพื่อถามนักเรียนว่า 'ได้เรียนรู้อะไรจากคลิปวิดีโอบ้าง' ครูสามารถหยุดคลิปวิดีโอในนาทีที่ 0:18, 1:07, 2:41, 4:03, 4:38 (บทบรรยายวิดีโอทัศน์ หน้า 72-75)
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายการทำงานของโลหะผสมจำรูปได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p>

## กิจกรรมที่ 7

ชื่อกิจกรรม	โลหะผสมจำรูปทำงานอย่างไร How do shape-memory alloys really work?
ภาพรวมกิจกรรม	(หากนักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงสถานะของโลหะผสมได้ ให้ใช้อุณหภูมิของน้ำหรือไอศกรีมเป็นตัวช่วยให้เห็นว่าน้ำแข็งไม่ได้มีเพียงสถานะเดียว) <ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนจับคู่ วางแผน ออกแบบและดำเนินการทดลอง โดยใช้โลหะผสมจำรูป เช่น นิตินอล (Nitinol) การทดลองนั้นควรเป็นการทบทวนคุณสมบัติของนิตินอลในอุณหภูมิต่างๆ</li> <li>• นักเรียนแต่ละคู่ทำแผนผังเพื่อแสดงว่าเกิดอะไรขึ้นกับนิตินอลในระดับโมเลกุล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ลวดนิตินอล</li> <li>• น้ำอุณหภูมิต่างๆ ตามที่นักเรียนเลือก</li> <li>• เทอร์โมมิเตอร์</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>• บันทึกสำหรับครูเรื่อง 'ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแบบจำลองอนุภาคสำหรับสถานะของแข็งของเหลว และแก๊ส' ในหน้า 43-44</li> <li>• สำหรับข้อมูลเรื่องนิตินอล สามารถดูจากเว็บไซต์ที่ <a href="http://www.gcscscience.com/ex38.htm">http://www.gcscscience.com/ex38.htm</a></li> </ul>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนสามารถวางแผนการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของนิตินอลได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไปสร้างแบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุลหรืออนุภาคของนิตินอลได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	60 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</li> <li>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</li> <li>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</li> <li>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</li> <li>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</li> </ul>

## กิจกรรมที่ 8

ชื่อกิจกรรม	โลหะผสมจำรูปนำมาใช้ทำอะไร What are the uses of shape-memory alloys?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของโลหะผสมจำรูปในปัจจุบันและจัดทำใบข้อมูลเพื่อแสดงสิ่งที่ได้ค้นพบ
สื่อการเรียนรู้ ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>อินเทอร์เน็ต</li> <li>วารสารหรือเอกสารที่เกี่ยวข้องและทันสมัย</li> <li>เว็บไซต์ที่มีประโยชน์ (เป็นภาษาอังกฤษ) <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <a href="http://www.explainthatstuff.com/how-shape-memory-works.html">http://www.explainthatstuff.com/how-shape-memory-works.html</a></li> <li>▶ <a href="http://www.madsci.org/posts/archives/2004-01/1074692368.Ph.r.html">http://www.madsci.org/posts/archives/2004-01/1074692368.Ph.r.html</a></li> <li>▶ <a href="https://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100426113141.htm">https://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100426113141.htm</a></li> </ul> </li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	-
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบข้อมูลของนักเรียนสามารถบรรยายการใช้โลหะจำรูปในปัจจุบันในแง่มุมต่างๆ ดังต่อไปนี้ ได้ดีเพียงใด <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความถูกต้องของเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์</li> <li>2. ความชัดเจนของการนำเสนอ</li> <li>3. การดึงดูดความสนใจของผู้ชม</li> </ol> </li> </ul>
เวลา (นาที)	60 นาที
ทักษะหลัก ทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p> <p>ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (Research)</p>

## กิจกรรมที่ 9

ชื่อกิจกรรม	โลหะผสมจำรูปสามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรในอนาคต How might shape-memory alloys be used in the future?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนจับคู่หรือแบ่งกลุ่มย่อย และช่วยกันคิดอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับแนวคิดในการนำโลหะผสมจำรูปมาใช้ประโยชน์ในอนาคต โดยใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายความคิดของตน
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	-
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	ครูสามารถดูข้อมูลประโยชน์ของโลหะผสมจำรูปได้ที่เว็บไซต์นี้ <a href="https://depts.washington.edu/matseed/mse_resources/Webpage/Memory%20metals/applications_for_shape_memory_al.htm">https://depts.washington.edu/matseed/mse_resources/Webpage/Memory%20metals/applications_for_shape_memory_al.htm</a>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้โลหะจำรูปในอนาคตมีความเป็นนวัตกรรมและสร้างสรรค์เพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายความคิดเกี่ยวกับการใช้โลหะจำรูปได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking))</p>

## กิจกรรมที่ 10

ชื่อกิจกรรม	วัสดุเพียโซอิเล็กทริกทำงานอย่างไร How do piezoelectric materials work?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนจับคู่ เพื่อทำการทดลองตามใบงานและตอบคำถาม
สื่อการเรียนรู้ ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานเรื่อง 'ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก' ในหน้าที่ 17-18 ในสมุดนักเรียน</li> <li>วัสดุ <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตัวแปลงสัญญาณเพียโซ</li> <li>- สายไฟต่อวงจรไฟฟ้า</li> <li>- สวิตช์, มัลติมิเตอร์</li> <li>- แหล่งจ่ายไฟฟ้า (12 โวลต์ DC)</li> <li>- คลิปปากจระเข้</li> <li>- หลอดไฟ LED สำหรับต่อวงจร</li> <li>- กล่องกระดาษแข็ง</li> </ul> </li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานเรื่อง 'ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก' หน้าที่ 45-46</li> </ul>
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาตอบคำถามในใบงานได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	60 นาที
ทักษะหลัก ทาง STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</li> <li>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</li> <li>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</li> <li>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</li> </ul>

## กิจกรรมที่ 11

ชื่อกิจกรรม	วัสดุเพียโซอิเล็กทริกคืออะไร What are piezoelectric materials?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้าเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเพียโซอิเล็กทริก เช่น วิธีการทำงาน และวิธีการใช้งาน จากนั้นให้ทำโปสเตอร์ที่สามารถใช้บอกเล่า เรื่องเพียโซอิเล็กทริกให้กับนักเรียนชั้นเรียนอื่น
สื่อการเรียนรู้ ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• อินเทอร์เน็ต</li> <li>• หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์</li> <li>• วารสารวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง สามารถดูข้อมูลได้จากเว็บไซต์ <a href="http://www.explainthatstuff.com/piezoelectricity.html">http://www.explainthatstuff.com/piezoelectricity.html</a></li> <li>• อุปกรณ์การทำโปสเตอร์</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	-
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนสามารถบรรยายและอธิบายเกี่ยวกับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้อย่างเรียบง่ายและชัดเจนเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	60 นาที
ทักษะหลัก ทาง STEM	<p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p> <p>ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (Research)</p>

## กิจกรรมที่ 12

ชื่อกิจกรรม	วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นอย่างไรในอนาคต What is the future of piezoelectric materials?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนจับคู่เพื่ออ่านใบงานเรื่อง 'ปัญหาของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในปัจจุบัน' และตอบคำถาม นักเรียนอาจต้องค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อหาคำตอบ
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานเรื่อง 'ปัญหาของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในปัจจุบัน' ในหน้าที่ 19 ในสมุดนักเรียน</li> <li>อินเทอร์เน็ต (ถ้าจำเป็น)</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานและใบคำตอบเรื่อง 'ปัญหาของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในปัจจุบัน' หน้าที่ 47</li> </ul>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 – 60 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p> <p>ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (Research)</p>

## กิจกรรมที่ 13

ชื่อกิจกรรม	ความต้านทานของคอมโพสิตอุโมงค์ควอนตัม (QTC pill) เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อใส่แรงบีบอัด How does the resistance of a quantum tunnelling composite (QTC) 'pill' change when pressure is applied?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนจับคู่หรือแบ่งกลุ่มเพื่อออกแบบการทดลองเพื่อค้นหาว่าความต้านไฟฟ้าของ QTC pill เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อใส่แรงบีบอัด</li> <li>นักเรียนจะได้รับอุปกรณ์ต่างๆ แล้วลองผิดลองถูกเพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดที่จะช่วยให้มั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือและทดลองซ้ำได้</li> <li>จากนั้นให้นักเรียนบันทึกผลลัพธ์ ทำกราฟแสดงผลลัพธ์ และหาข้อสรุปจากหลักฐานที่ได้</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>QTC pills</li> <li>ตุ้มน้ำหนักขนาดเล็ก (ขนาด 10 - 20 กรัม)</li> <li>คลิปปากจระเข้</li> <li>มัลติมิเตอร์</li> <li>สายไฟต่อวงจรไฟฟ้า</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบความรู้เรื่อง 'คอมโพสิตอุโมงค์ควอนตัม Quantum tunnelling composite' หน้าที่ 48</li> </ul> <p>ครูแบ่งเวลาการสอนดังต่อไปนี้</p> <p>60 นาที – ออกแบบและทำการทดลอง</p> <p>30 นาที – บันทึกผลลัพธ์</p> <p>30 นาที – อธิบายและนำเสนอผลลัพธ์</p>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถออกแบบและดำเนินการทดลองที่ให้ผลแม่นยำ และน่าเชื่อถือ/ทดลองซ้ำได้ดีเพียงใด</li> <li>นักเรียนสามารถลงข้อสรุปจากหลักฐานได้ดีเพียงใด</li> <li>นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายผลการทดลองได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	120 นาที (2 ชม.)
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p>



## กิจกรรมที่ 14

ชื่อกิจกรรม	เราจะมีวิธีสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ QTCs อย่างไร How can we interrogate data about QTCs?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียน (เดี่ยวหรือเป็นคู่ก็ได้) อ่านใบงานเรื่อง 'ข้อมูล QTC' และตอบคำถาม
สื่อการเรียนรู้ ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานเรื่อง 'ข้อมูล QTC' ในหน้าที่ 20 ในสมุดนักเรียน</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานและใบคำตอบเรื่อง 'ข้อมูล QTC' หน้าที่ 49</li> <li>ใบความรู้ของคุณครูเรื่อง 'QTC – การค้นพบวัสดุชนิดใหม่' หน้าที่ 50-53</li> </ul>
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถนำความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ในการสืบค้นข้อมูลได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลัก ทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p>

## กิจกรรมที่ 15

ชื่อกิจกรรม	นักเรียนคิดว่า QTCs ทำงานอย่างไร How do you think QTCs work?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>ครูทบทวนให้นักเรียนนึกถึงใบความรู้ ที่แนะนำวัสดุอัจฉริยะ ส่วนที่กล่าวว่า คอมโพสิตอิมมัลชันควอนตัม (QTC) “เป็นสารโพลีเมอร์ที่ยืดหยุ่นได้และประกอบด้วยอนุภาคโลหะขนาดเล็ก โดยปกติแล้วเป็นฉนวนกันไฟฟ้า แต่ถ้าหากถูกแรงกดทับจะกลายเป็นตัวนำไฟฟ้า”</li> <li>จากนั้นให้นักเรียนจับคู่หรือแบ่งกลุ่มช่วยกันทำแผนผังที่เชื่อมต่อกันเพื่ออธิบายว่า QTC ทำงานอย่างไรในแง่ของวิทยาศาสตร์ประยุกต์</li> <li>(หากจำเป็น อาจต้องสอนนักเรียนเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในอะตอม/โมเลกุล และเมื่อ “เป็นอิสระ” และได้รับพลังงานอย่างเพียงพอก็จะสามารถเคลื่อนไหวและก่อให้เกิดไฟฟ้าได้ กล่าวคือเปลี่ยนจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า)</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	-
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบความรู้ของครูเรื่อง 'QTC – การค้นพบวัสดุชนิดใหม่' หน้าที่ 50-53</li> <li>ใบความรู้ของครูเรื่อง 'คอมโพสิตอิมมัลชันควอนตัม (QTC)' หน้าที่ 54-58</li> </ul>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถอธิบายการทำงานของ QTC โดยประยุกต์ใช้ความรู้ และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</li> <li>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</li> <li>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</li> <li>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</li> </ul>

## กิจกรรมที่ 16

ชื่อกิจกรรม	QTC สามารถนำไปใช้ทำอะไรได้บ้างในอนาคต How could QTCs be used in the future?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนดูคลิปวิดีโอเรื่อง 'Quantum Tunnelling Composite (QTC) clear' ซึ่งจะบรรยายให้ฟังเกี่ยวกับ QTC และตัวอย่างของการนำไปใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน</li> <li>จากนั้นนักเรียนแบ่งกลุ่มและช่วยกันคิดอย่างสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ QTC ของตนเอง นักเรียนใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายว่าสิ่งประดิษฐ์นั้นทำงานอย่างไร แล้วนำเสนอสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) กับเพื่อนร่วมชั้นเป็นเวลาห้านาที</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>คลิปวิดีโอเรื่อง 'Quantum Tunnelling Composite (QTC) clear' <a href="https://www.youtube.com/watch?v=3_9duPm-rzc">https://www.youtube.com/watch?v=3_9duPm-rzc</a></li> <li>อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการนำเสนอ</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	คลิปวิดีโอเรื่อง 'Quantum Tunnelling Composite (QTC) clear' ครูเปิดคลิปวิดีโอจากแผ่นซีดี และให้หยุดคลิปวิดีโอเพื่อถามนักเรียนว่า 'ได้เรียนรู้อะไรจากคลิปวิดีโอบ้าง' ครูสามารถหยุดคลิปวิดีโอในนาทีที่ 0:43, 0:58, 1:19, 1:42 (บทบรรยายวีดีทัศน์ หน้า 76-77)
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนมีความคิดที่เป็นนวัตกรรมและสร้างสรรค์เพียงใดสำหรับการใช้งาน QTC ในอนาคต</li> <li>นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ QTC ของตนได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	60 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p>

## กิจกรรมที่ 17

ชื่อกิจกรรม	อิเล็กโทรไลต์คืออะไร What is electrolysis?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนจับคู่และค้นคว้าเกี่ยวกับคุณสมบัติของอิเล็กโทรไลต์ โดยปฏิบัติตามคำสั่งและตอบคำถามตามใบงาน
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ใบงานเรื่อง 'อิเล็กโทรไลต์ (Electrolysis) ทำงานอย่างไร' ในหน้าที่ 21 ในสมุดนักเรียน</li> <li>• อุปกรณ์ <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ แถบผ้าอิเล็กโทรไลต์</li> <li>➢ ไม้บรรทัด – 30 ซม.</li> <li>➢ โวลต์มิเตอร์</li> <li>➢ สายไฟต่อวงจรไฟฟ้าและคลิปปากจระเข้</li> <li>➢ อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า – กำลัง 3V d.c.</li> <li>➢ แอมมิเตอร์</li> <li>➢ ลวด</li> </ul> </li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ใบงานเรื่อง 'อิเล็กโทรไลต์ (Electrolysis) ทำงานอย่างไร' หน้าที่ 59</li> <li>• วีดีโอเกี่ยวกับ อิเล็กโทรไลต์ที่ครูสามารถเปิดให้นักเรียน (หมายเหตุ- วีดีโอเป็นสื่อการเรียนรู้เพิ่มเติม ไม่มีบทบรรยายวีดีทัศน์) <a href="https://www.stem.org.uk/elibrary/resource/31617">https://www.stem.org.uk/elibrary/resource/31617</a></li> </ul>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนสามารถนำความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาใช้ตอบคำถามได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณความต้านทานได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	60 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p>

## กิจกรรมที่ 18

ชื่อกิจกรรม	อิเล็กโทรไลต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง How might electrolycra be used?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนจับคู่และช่วยกันคิดอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นไปได้</li> <li>นักเรียนนำแนวคิดที่ได้มาทำแผนผังมโนทัศน์ (mind map)</li> <li>นักเรียนนำเสนอเป็นเวลาสองนาทีเพื่ออธิบายความคิดของตนต่อหน้าชั้น โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>วัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานนำเสนอ</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	ครูอธิบายวิธีการทำแผนผังมโนทัศน์ (mind map)
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับประโยชน์ของอิเล็กโทรไลต์ที่อาจเป็นไปได้โดยพิจารณาจากความเป็นนวัตกรรมและความสร้างสรรค์
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</li> <li>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</li> <li>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</li> <li>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</li> <li>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</li> </ul>

## กิจกรรมที่ 19

<b>ชื่อกิจกรรม</b>	อิเล็กทรอนิกส์โพลีคราในกีฬาต่างๆ นำไปใช้เป็นเซ็นเซอร์ได้ดีเพียงใด How good is electrolycra as a sports sensor?
<b>ภาพรวมกิจกรรม</b>	นักเรียนได้รับใบงานเรื่อง 'อิเล็กทรอนิกส์โพลีคราเป็นเซ็นเซอร์ในกีฬา' แล้วตอบคำถามในใบงาน อาจใช้เป็นการประเมินผลสรุปและทำเป็นงานเดี่ยว
<b>สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ใบงานเรื่อง 'อิเล็กทรอนิกส์โพลีคราเป็นเซ็นเซอร์ในกีฬาได้ดีเพียงใด' ในหน้าที่ 22-23 ในสมุดนักเรียน</li> <li>• กระดาษกราฟ</li> </ul>
<b>สื่อการเรียนรู้ของคุณครู</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ใบงานและใบคำตอบเรื่อง 'อิเล็กทรอนิกส์โพลีคราเป็นเซ็นเซอร์ในกีฬาได้ดีเพียงใด' หน้าที่ 60-62</li> </ul>
<b>การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนสามารถตอบคำถามในใบงานพิจารณาตามแง่มุมต่างๆ ดังต่อไปนี้ได้ดีเพียงใด <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การจัดการข้อมูล</li> <li>2. ความเข้าใจเชิงสถิติ</li> <li>3. การประยุกต์ใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์</li> </ol> </li> </ul>
<b>เวลา (นาที)</b>	60 นาที
<b>ทักษะหลักทาง STEM</b>	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p>

## กิจกรรมที่ 20

ชื่อกิจกรรม	อิเล็กทรอนิกส์ลูมิเนสเซนซ์ (วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้า) คืออะไร What are electroluminescent materials?
ภาพรวมกิจกรรม	นักเรียนพิจารณาคำว่า 'อิเล็กทรอนิกส์ลูมิเนสเซนซ์' แล้วคิดว่าวัสดุเช่นนี้ทำอะไรได้บ้าง นักเรียนเสนอว่าควรใช้ประโยชน์อย่างไรจากวัสดุประเภทนี้และอธิบายว่ามันทำงานอย่างไร
สื่อการเรียนรู้ ของนักเรียน	-
สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	ใบความรู้เรื่อง 'วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้าคืออะไร?' หน้า 63
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดของตนได้ดีเพียงใด
เวลา (นาที)	15 นาที
ทักษะหลัก ทาง STEM	ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving) ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration) ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication) ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

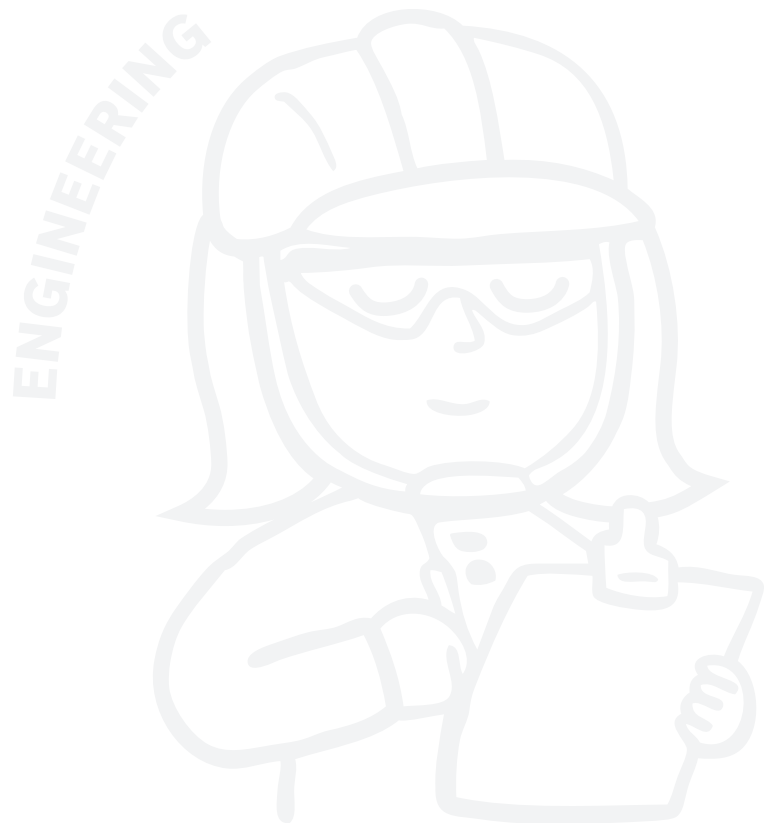
## กิจกรรมที่ 21

ชื่อกิจกรรม	<p>เราจะมีวิธีทำโคมไฟกลางคืนอย่างไร</p> <p>How can we make a night light?</p>
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนจับคู่กันออกแบบและสร้างโคมไฟกลางคืนโดยใช้สายไฟเรืองแสงด้วยไฟฟ้า (electroluminescent wire) ในตอนต้นให้นักเรียนกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จขึ้นมาก่อนว่า “โคมไฟกลางคืนที่ดีเป็นอย่างไร” จากนั้นให้ช่วยกันเสนอความคิดที่สร้างสรรค์หลายๆ อย่าง เพื่อสร้างเป็นเกณฑ์ความสำเร็จที่ดีที่สุด นักเรียนวางแผนอย่างมีระบบระเบียบว่าจะทำอะไรบ้าง รวมถึงการวาดรูปแบบที่มีมาตราส่วนการวัดและคำอธิบายประกอบ</li> <li>เมื่อทำโคมไฟเสร็จ ให้ประเมินแผนการของตนในด้านความชัดเจน และประเมินโคมไฟนั้นในแง่ของการออกแบบและประสิทธิภาพ โดยเทียบกับเกณฑ์ความสำเร็จที่ได้กำหนดไว้ตอนแรก เพื่อดูว่าจะปรับปรุงผลงานอย่างไรได้บ้าง</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>สายไฟเรืองแสงด้วยไฟฟ้า (electroluminescent wire)</li> <li>เซลล์พลังงานไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย (cells)</li> <li>อุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (inverter)</li> <li>สายไฟต่อวงจรไฟฟ้า</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<p>ครูแบ่งเวลาการสอนดังต่อไปนี้</p> <p>10 นาที – กำหนดเกณฑ์ความสำเร็จ</p> <p>40 นาที – วางแผน</p> <p>90 นาที – ทำโคมไฟ</p> <p>10 นาที – ประเมินแผน</p>



## กิจกรรมที่ 21 (ต่อ)

<p>การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนสามารถกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จในแง่ความชัดเจนและความตรงประเด็น ได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถเสนอแนวคิดที่มีจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ได้มากน้อยเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถใช้เกณฑ์ความสำเร็จของตนประเมินแนวคิดเหล่านั้นได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถวางแผนได้อย่างเป็นระบบระเบียบเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถวาดภาพได้อย่างชัดเจนและมีมาตราส่วนที่สามารถแสดงให้เห็นถึงมิติต่างๆ ของโคมไพได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถประเมินการวางแผนของตนได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถประเมินการออกแบบโคมไพกลางคืนโดยเทียบกับเกณฑ์ความสำเร็จของตนได้ดีเพียงใด</li> </ul>
<p>เวลา (นาที)</p>	<p>180 นาที (3 ชม.)</p>
<p>ทักษะหลัก ทาง STEM</p>	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)          ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)          ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)          ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)          ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p>



## กิจกรรมที่ 22

ชื่อกิจกรรม	อะไรคือความแตกต่างระหว่างวัสดุเปลี่ยนสีโดยพลังงานแสง (photochromic) กับวัสดุเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ (thermochromic) What are the differences between photochromic and thermochromic materials?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนจับคู่หรือแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาค้นคว้าความแตกต่างของวัสดุทั้งสองประเภทในแง่ของคุณสมบัติและการใช้งาน</li> <li>จากนั้นนักเรียนจัดทำใบความรู้เพื่ออธิบายความแตกต่างเหล่านั้น นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดทำใบความรู้ได้</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>อินเทอร์เน็ต</li> <li>หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์</li> <li>เทคโนโลยีสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	-
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของวัสดุทั้งสองประเภทได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	30 นาที
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p> <p>ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (Research)</p>

## กิจกรรมที่ 23

ชื่อกิจกรรม	เราจะมีวิธีทำสไลม์ที่เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิได้อย่างไร How can we make thermo-chromic slime?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนจับคู่แล้วทำสไลม์เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิโดยใช้วัสดุตามที่กำหนด ลองใช้การทดลองที่ง่าย ๆ หลากหลาย เพื่อศึกษาคุณสมบัติของสไลม์ที่ได้ นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่อยู่เบื้องหลัง คุณสมบัติของสไลม์และศึกษาค้นคว้าเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติม</li> <li>นักเรียนจัดทำแผนผังอธิบายถึงคุณสมบัติของสไลม์ที่เปลี่ยนสีได้ตามอุณหภูมิ</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานเรื่อง 'วิธีทำสไลม์ที่เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ (thermo-chromic slime)' ในหน้าที่ 24 ในสมุดนักเรียน</li> <li>วัสดุ <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ กาวลาเท็กซ์แบบเหลว</li> <li>▶ น้ำ</li> <li>▶ ผงสีที่เปลี่ยนตามอุณหภูมิ (thermo-chromic pigment)</li> <li>▶ แป้งทำอาหารแบบเหลว (แป้งผสมน้ำ)</li> <li>▶ สีผสมอาหาร</li> <li>▶ พรอทัวด์อุณหภูมิ</li> <li>▶ อินเทอร์เน็ท</li> </ul> </li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของคุณครู	<p>ครูแบ่งเวลาการสอนดังต่อไปนี้</p> <p>20 นาที – ทำสไลม์</p> <p>30 นาที – ทำการทดลอง</p> <p>20 นาที – อภิปรายและค้นคว้าหาข้อมูล</p> <p>20 นาที – แผนผังอธิบาย</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ใบงานเรื่อง 'วิธีทำสไลม์ที่เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ (thermo-chromic slime)' หน้าที่ 64</li> </ul>
การประเมินที่อาจทำได้ (สามารถอ้างอิงถึงคู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนในใบงานได้ดีเพียงใด</li> <li>นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายคุณสมบัติของสไลม์ที่เปลี่ยนสีตามอุณหภูมิได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	90 นาที (1 ชม. 30 นาที)
ทักษะหลักทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (Research)</p>

## กิจกรรมที่ 24

ชื่อกิจกรรม	เราจะสร้างนวัตกรรมโดยใช้วัสดุอัจฉริยะอย่างไร How can we invent something using smart materials?
ภาพรวมกิจกรรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>• นักเรียนจับคู่แล้วช่วยกันคิดหาแนวคิดที่เป็นนวัตกรรมและสร้างสรรค์ในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุอัจฉริยะอย่างน้อย 1 ชนิด</li> <li>• นักเรียนช่วยกันแสดงความคิดที่มีจินตนาการและความเป็นไปได้ออกมาหลายๆ แนวคิด</li> <li>• จากนั้นนักเรียนทำวิจัยการตลาดเกี่ยวกับแนวคิดเหล่านั้นโดยใช้แบบสอบถามที่ออกแบบเอง นักเรียนวิเคราะห์คำตอบที่ได้จากแบบสอบถามเพื่อเลือกสิ่งประดิษฐ์ที่ดีที่สุด พัฒนาต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์นั้นขึ้นมาจากแผนผังมาตราส่วน จากนั้นสร้างสิ่งประดิษฐ์นั้นขึ้น คำนวณค่าใช้จ่ายจากทุกองค์ประกอบเพื่อหา “ราคาขาย” ที่เหมาะสม จากนั้นทำวิจัยการตลาดอีกครั้งเพื่อให้รู้ว่าผู้คนจะซื้อสิ่งประดิษฐ์นั้นในราคาที่ตั้งเอาไว้หรือไม่ สุดท้ายคือให้นักเรียนทำโฆษณาทางโทรทัศน์ความยาวหนึ่งนาที</li> </ul>
สื่อการเรียนรู้ของนักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• วัสดุอัจฉริยะและอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง</li> <li>• เครื่องมือบันทึกวิดีโอ</li> <li>• อินเทอร์เน็ต</li> <li>• เอกสารเรื่อง Prototype จากหน่วยการเรียนรู้ที่ 1</li> </ul> <p>ครูแบ่งเวลาการสอนดังต่อไปนี้</p> <p>30 นาที – คิดหาแนวคิดที่เป็นนวัตกรรม</p> <p>2 ชั่วโมง – ทำวิจัยการตลาด</p> <p>2-4 ชั่วโมง – พัฒนาต้นแบบ หรือ Prototype</p> <p>2-4 ชั่วโมง – สร้างสิ่งประดิษฐ์</p> <p>2 ชั่วโมง – ทำวิจัยการตลาด</p> <p>45 นาที – ทำโฆษณา 1 นาที</p>

## กิจกรรมที่ 24 (ต่อ)

สื่อการเรียนรู้ ของคุณครู	-
การประเมิน ที่อาจทำได้ (สามารถ อ้างอิงถึง คู่มือครู)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ความคิดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุอัจฉริยะของของนักเรียนมีความเป็นนวัตกรรมและสร้างสรรค์เพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถเข้ามาตราส่วนในแผนภาพได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใด</li> <li>• ต้นแบบสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบสำคัญของสิ่งประดิษฐ์นั้นได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งประดิษฐ์ได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถสร้างแบบสอบถามที่มีความหมายและเป็นปรนัยได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถประเมินผลจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเพื่อลงข้อสรุปที่ยึดตามหลักฐานได้ดีเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถระบุต้นทุนขององค์ประกอบต่างๆเพื่อหาราคาขายได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใด</li> <li>• นักเรียนสามารถทำโฆษณาทางวิดีโอที่ชัดเจนและน่าดึงดูดใจต่อผู้ชมได้ดีเพียงใด</li> </ul>
เวลา (นาที)	10–15 ชั่วโมง
ทักษะหลัก ทาง STEM	<p>ทักษะในการแก้ปัญหา (Problem Solving)</p> <p>ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)</p> <p>ทักษะด้านความร่วมมือ (Collaboration)</p> <p>ทักษะด้านการสื่อสาร (Communication)</p> <p>ทักษะด้านการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</p> <p>ทักษะด้านการสืบค้นข้อมูล (Research)</p>

คู่มือการสอนสำหรับครู

## ใบงานและใบคำตอบ หน่วยการเรียนรู้ที่ 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

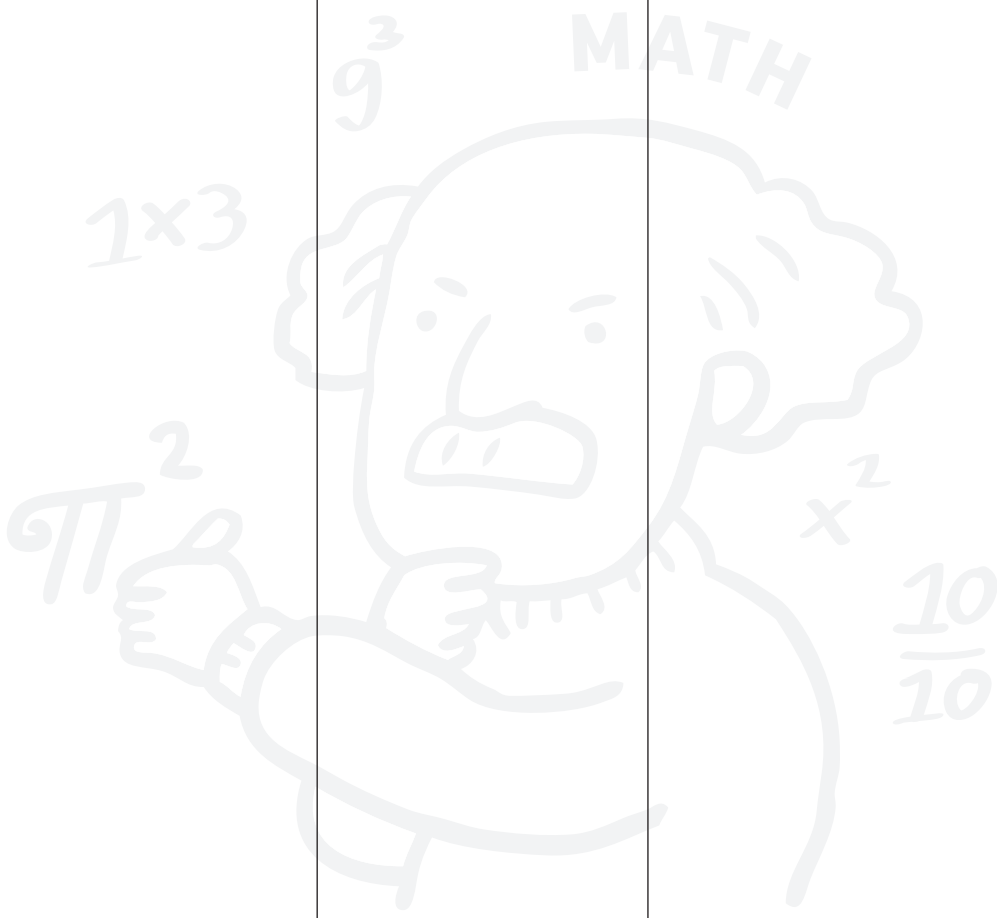
### ประวัติศาสตร์ของเทคโนโลยีวัสดุ

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 โวลต้าคิดค้นแบตเตอรี่กรวดทำจากทองแดง/สังกะสี
ค.ศ.1821	โรมัส โจฮัน ซีเบคคิดค้นเทอร์โมคัปเปิล (เครื่องวัดอุณหภูมิ)
ค.ศ.1839	ชาลส์ กู๊ดเยียร์คิดค้นยางวัลคาไนส์ (ยางดิบผสมกำมะถัน)
ค.ศ.1839	หลุยส์ ดาแกร์และวิลเลียม ฟอกซ์ ทัลบอต คิดค้นกระบวนการถ่ายภาพโดยใช้สารขาบซิลเวอร์
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  $60^{\circ}\text{C}$ ) ในปิกเกอร์ที่ 1 ใส่น้ำอุ่น (อุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมिर่างกายเล็กน้อย) ในปิกเกอร์ที่ 2 และใส่น้ำผสมน้ำแข็ง (อุณหภูมิประมาณ  $5^{\circ}\text{C}$ ) 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

## บันทึกสำหรับคุณครู: ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแบบจำลองอนุภาค สำหรับสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

### 'Particle models of solids, liquids and gases' background notes

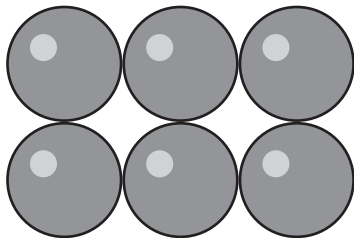
#### ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแบบจำลองอนุภาคสำหรับสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส (‘Particle models of solids, liquids and gases’ background notes)

ปรับปรุงจาก <http://www.bbc.co.uk/education/guides/z2wmxnb/revision/1>

#### ของแข็ง

เหล็ก พลาสติก และไม้ เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง น้ำแข็ง ก็เป็นน้ำในสถานะของแข็ง อนุภาคในของแข็งจะ

- ▶ อยู่ชิดติดกัน
- ▶ จัดเรียงกันเป็นระเบียบ



#### อนุภาคในของแข็ง

มีแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง เรียกว่า **พันธะ** ดึงดูดอนุภาค แต่ละอนุภาคไว้ด้วยกัน อนุภาคในของแข็งมีลักษณะดังนี้

- ▶ สามารถสั่นในตำแหน่งเดิม
- ▶ ไม่สามารถเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่ง ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง

ตารางด้านล่างแสดงคุณสมบัติบางประการของของแข็งและเพราะเหตุใดมันจึงมีคุณสมบัติเช่นนั้น

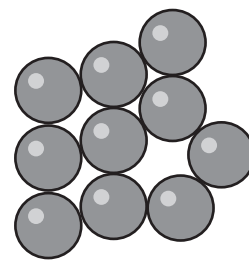
คุณสมบัติ	เหตุผล
มีรูปร่างคงที่และไม่สามารถไหลได้	อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง
ไม่สามารถบีบอัด (ทำให้แบน) ได้ อนุภาคอยู่ชิดติดกันและไม่มีช่องว่างให้เคลื่อนที่เข้าไปด้านในได้	อนุภาคอยู่ชิดติดกันและไม่มีช่องว่างให้เคลื่อนที่เข้าไปด้านในได้

ของแข็ง เช่น คอนกรีตมีประโยชน์ในการก่อสร้างและใช้ทำฐานเนื่องจากว่ามันไม่สามารถบีบอัดได้

#### ของเหลว

ปรอท น้ำมัน และน้ำ เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง อนุภาคในของเหลวจะ

- ▶ ชิดติดกัน
- ▶ จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ



#### อนุภาคในของเหลว

อนุภาคในของเหลวสามารถ

- ▶ เคลื่อนที่ผ่านอนุภาคอื่นๆ

พันธะในของเหลวมีความแข็งแรงพอที่จะยึดให้อนุภาคอยู่ใกล้กัน แต่อ่อนพอที่จะทำให้มันเคลื่อนที่รอบๆ อนุภาคอื่นๆ ได้

ตารางด้านล่างแสดงคุณสมบัติบางประการของของเหลวและเพราะเหตุใดมันจึงมีคุณสมบัติเช่นนั้น

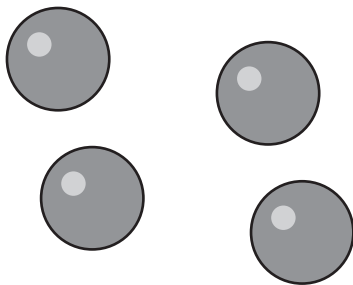
คุณสมบัติ	เหตุผล
เคลื่อนที่และมีรูปร่างเหมือนกับกันของภาชนะที่ใส่	อนุภาคสามารถเคลื่อนที่รอบๆ อนุภาคอื่นๆ ได้
ไม่สามารถที่จะบีบอัด (ทำให้แบน) ได้	อนุภาคใกล้ติดกันและไม่มีช่องว่างให้เคลื่อนที่เข้าไประหว่างอนุภาคได้

ของเหลวมีประโยชน์ในระบบเบรกของรถยนต์ เพราะว่า มันสามารถไหลได้และไม่สามารถที่จะบีบอัดได้

### แก๊ส

อากาศ ฮีเลียม และคลอรีน เป็นแก๊สที่อุดมหมู่มีห้อง ไอ้เป็นน้ำในสถานะแก๊ส อนุภาคในแก๊สจะ

- อยู่ห่างกัน
- จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ



### อนุภาคในแก๊ส

อนุภาคในแก๊สสามารถ

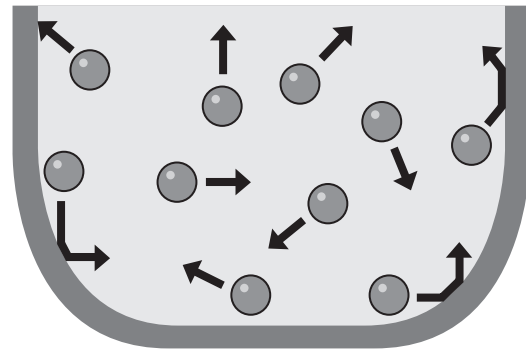
- เคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วในทุกทิศทาง
- ไม่มีพันธะระหว่างอนุภาคในสถานะแก๊ส ดังนั้น อนุภาคจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในทุกทิศทาง

ตารางด้านล่างแสดงคุณสมบัติบางประการของแก๊ส และเพราะเหตุใดมันจึงมีคุณสมบัติเช่นนั้น

คุณสมบัติ	เหตุผล
เคลื่อนที่ไปเต็มภาชนะที่บรรจุ	อนุภาคเคลื่อนที่เร็วในทุกทิศทาง
สามารถบีบอัด (ทำให้แบน) ได้	อนุภาคอยู่ห่างจากกัน และมีพื้นที่ในการเคลื่อนที่เข้าหากัน

### ความดันแก๊ส

อนุภาคในสถานะแก๊สสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วในทุกทิศทาง แต่ไม่อยู่ห่างกันก่อนที่จะชนกันเองหรือผนังของภาชนะที่บรรจุ เมื่ออนุภาคแก๊สชนกับผนังของภาชนะที่บรรจุทำให้เกิดความดัน ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อนุภาคจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ดังนั้นก็จะชนกับผนังของภาชนะถี่มากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความดันเพิ่มขึ้น นี่เป็นเหตุผลว่า เพราะเหตุใดความดันของแก๊สจึงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาตรของภาชนะลดลง



## ใบงานเรื่อง: ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก Piezoelectric Effect

### ข้อมูลทั่วไป

“Piezo” (เพียโซ) เป็นคำภาษากรีก แปลว่า “บีบ” หรือ “อัด” เมื่อบีบหรืออัดวัสดุเพียโซอิเล็กทริก กระแสไฟฟ้าจะถูกผลิตขึ้น ดังนั้นมันจึงเป็น “ตัวกระตุ้นเชิงกล” (mechanical stimulus) ที่ให้การตอบสนองเชิงไฟฟ้า (electrical response) เมื่อมีการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์) เป็นตัวกระตุ้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะเปลี่ยนรูปร่างในกรณีนี้ตัวกระตุ้นไฟฟ้า (electrical stimulus) จะนำไปสู่การตอบสนองเชิงกล (mechanical response)

### ภารกิจ A – ตัวกระตุ้นเชิงกล (mechanical stimulus) ตอบสนองเชิงไฟฟ้า

1. ใช้สายไฟที่มีคลิปหนีบปากจะอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างเพื่อเชื่อมตัวแปลงสัญญาณเพียโซเข้ากับ LED โดยให้สายไฟเส้นสีดำของตัวแปลงสัญญาณเชื่อมต่อเข้ากับขั้วขาของ LED
2. นำเศษกระดาษมาคลุมตัวแปลงสัญญาณเพียโซ จากนั้นใช้ดินสอหรือนิ้วเคาะตัวแปลงสัญญาณเพียโซ อิเล็กทริกตรงกลาง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ LED
  - ▶ เกิดอะไรขึ้นกับ LED
  - ▶ นักเรียนสังเกตเห็นอะไร
  - ▶ นักเรียนคิดว่าปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเพราะอะไร
  - ▶ นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างไร
3. เชื่อมต่อตัวแปลงสัญญาณกับมัลติมิเตอร์ (multimeter) โดยติดขั้วหนึ่งเข้ากับพอร์ต COM และอีกขั้วเข้ากับพอร์ต voltage (V  $\Omega$  mA) ของมัลติมิเตอร์ ใช้คลิปปากจะหนีบขั้วต่อของตัวแปลงสัญญาณเพียโซ
  4. ตั้งมัลติมิเตอร์ให้อยู่ที่ 2000mV
  5. เคาะบนผิวของตัวแปลงสัญญาณอีกรอบ
    - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า
    - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้นถ้าลองบีบผิวหน้า
    - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าเกิดอะไรขึ้นหากบิดแผ่น

- ▶ นักเรียนสามารถใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างไร
- ▶ วัสดุนี้จะนำไปใช้ผลิตเครื่องเซ็นเซอร์ได้อย่างไร
- ▶ เซ็นเซอร์ควรไวแค่ไหน เครื่องเซ็นเซอร์จะจับเสียงได้หรือไม่หากเราถือมันอยู่หน้าลำโพง เพราะเหตุใด

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

หมายเหตุ: ควรระวังลวดและตัวแปลงสัญญาณเพียโซที่อาจร้อนจนจับไม่ได้

1. ใช้เทปติดตัวแปลงสัญญาณเพียโซที่จุดกึ่งกลางของกล่องแผ่นกระดาษที่แข็ง เช่น กล่องกระดาษทิชชู
2. เชื่อมต่อตัวแปลงสัญญาณกับตัวจ่ายไฟ (power pack ตั้งไว้ที่ 12 โวลต์ D.C) และกดสวิทช์โดยใช้ลวดและคลิปปากจะหนีบให้เป็นแบบอนุกรม
3. ขยับกล่องให้ตัวแปลงสัญญาณเข้ามาใกล้หู แต่อย่าให้สัมผัส ลองเชื่อมต่อและตัดการเชื่อมต่อหลายๆ ครั้ง
  - ▶ ให้นักเรียนตั้งใจฟังว่า ได้ยินอะไร
  - ▶ ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า เกิดอะไรขึ้น และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น
4. เมื่อสัญญาณไฟฟ้าถูกส่งไปยังลำโพง ทำให้เกิดการตอบรับเชิงกล หรือในที่นี้ เยื่อหุ้ม (เมมเบรน) ของลำโพงสั่นสะเทือน
  - ▶ การถ่ายโอนพลังงานที่เกิดขึ้นคืออะไร
5. เชื่อมต่อวงจรกับลำโพงของวิทยุหรือเครื่องกำเนิดสัญญาณ
  - ▶ ให้นักเรียนสังเกตว่าตัวแปลงสัญญาณเพียโซผลิตเสียงได้ดีแค่ไหนเมื่อเชื่อมต่อกับลำโพงของวิทยุหรือเครื่องกำเนิดสัญญาณ
  - ▶ 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
- ผลิตต้นทุนที่ต่ำที่จำเป็นในการผลิตวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นวัสดุที่เป็นพิษและใช้งานยาก

#### อนาคตของการผลิตไฟฟ้าเพียโซอิเล็กทริก

เพียโซอิเล็กทริกเป็นสาขาหนึ่งที่นำตื่นเต้นของนาโนเทคโนโลยี มีการทดลองนอกห้องปฏิบัติการที่พยายามลองใช้และควบคุมพลังงานรูปนี้ สถานที่หลายแห่งเช่น รถไฟฟ้าใต้ดินของญี่ปุ่น เวทีเต็นท์และสนามฟุตบอลทั่วโลก วิศวกรได้ติดตั้งพื้นแบบเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้แรงกระตุ้นเท้าจำนวนมากเพื่อลดความต้องการไฟฟ้าจากโครงข่ายกลางหรือกริด หากโชคดี ในอีกไม่ช้า เพียโซอิเล็กทริกจะเป็นทางเลือกอีกหนึ่งวิธีที่เราสามารถใช้เพื่อลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิล และได้พลังงานที่ต้องการได้

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

#### คำถาม

##### 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญในการใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกในปัจจุบันคืออะไร เพราะอะไร

คำตอบ: ให้นักเรียนตัดสินใจว่าประเด็นใดใน 3 ประเด็นที่เขียนรายการไว้ด้านบน ที่นักเรียนคิดว่าเป็นประเด็นหลักเกี่ยวกับการใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกในการสร้างกระแสไฟฟ้า กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและสนับสนุนตัวเลือกของตนเอง

##### 2. นาโนเทคโนโลยีคืออะไร

คำตอบ: 1 นาโนเมตร =  $1 \times 10^{-9}$  เมตร

นาโนเทคโนโลยีสามารถทำให้วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ หรือเทคโนโลยีทำการศึกษาระดับนาโนซึ่งมีขนาดประมาณ 1 – 100 นาโนเมตร

ดูรายละเอียด: <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>

##### 3. นักเรียนคิดว่าไฟฟ้าแบบเพียโซอิเล็กทริกสามารถนำมาใช้ในขนาดได้อย่างไร

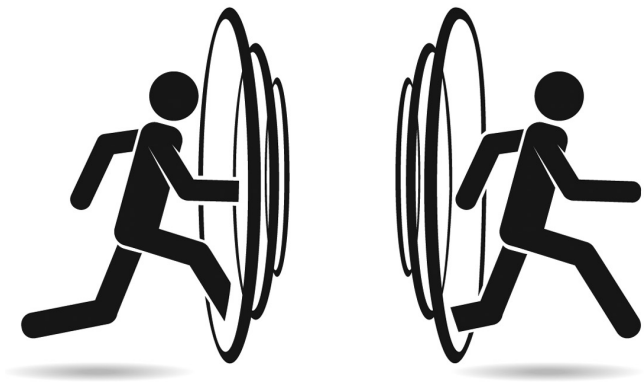
คำตอบ: ขณะนี้นักเรียนทราบประเด็นเกี่ยวกับเพียโซอิเล็กทริก – รายการด้านบน กระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่า

เทคโนโลยีนี้จะนำมาใช้อย่างไรในอนาคต พุดคุยเกี่ยวกับประเด็นนี้อย่างจริงจังพิจารณา นักเรียนสามารถทำการสำรวจวิจัยเพื่อค้นคว้าแนวคิดสำหรับนำมาใช้อภิปรายในกลุ่ม ตัวอย่างเช่น เพียโซอิเล็กทริก เปลี่ยนการเคลื่อนที่เป็นพลังงาน – เราสามารถที่จะเดินและชาร์ตโทรศัพท์ของเราได้ในเวลาเดียวกันได้หรือไม่

## ใบความรู้เรื่อง: คอมโพสิตอูมิงค์ควอนตัม Quantum tunnelling composite

### คอมโพสิตอูมิงค์ควอนตัม

คอมโพสิตอูมิงค์ควอนตัม (QTC) เป็นพอลิเมอร์ที่ยืดหยุ่นได้ซึ่งมีคุณสมบัติที่น่าประหลาดใจและมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า ในสภาวะคงตัวมันเป็นฉนวนสมบูรณ์แบบ แต่เมื่อมันโดนบีบอัดมันจะเปลี่ยนแปลงอย่างน่าอัศจรรย์กลายเป็นตัวนำที่เกือบสมบูรณ์ ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านด้วยความต้านทานที่ต่ำมาก



นักวิทยาศาสตร์พยายามสร้างพอลิเมอร์ที่เป็นตัวนำในอดีตโดยการเติมคาร์บอนลงไป แต่สามารถทำได้ดีที่สุดคือนำไฟฟ้าได้แค่บางส่วน พอลิเมอร์เหล่านั้นจะแสดงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าบ้าง แต่พวกมันไม่สามารถที่จะเปิดปิดการทำงานเป็นฉนวนเหมือนกับที่ QTC ทำได้ QTC ทำหน้าที่เช่นนี้ได้เพราะว่ามีอนุภาคโลหะขนาดเล็ก (นิกเกิล) ฝังอยู่ในอนุภาคนิกเกิลเหล่านี้ไม่เรียบ หากใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสำรวจจะสามารถมองเห็น

ผิวสัมผัสที่ปกคลุมไปด้วยหนามขนาดเล็ก เมื่อวัสดุถูกบีบอัดและแรงดันทำให้อนุภาคข้างเคียงเข้าใกล้กันมากขึ้น ทำให้กระแสของอิเล็กตรอนสามารถจะเคลื่อนที่ระหว่างหนามของอนุภาคข้างเคียง กระบวนการที่อิเล็กตรอน ‘กระโดด’ ข้ามช่องว่างของวัสดุนำไฟฟ้าอันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่งถูกเรียกว่า อูมิงค์ควอนตัม ซึ่งเป็นชื่อของวัสดุนี้

วัสดุนี้ถูกค้นพบโดยนักเทคโนโลยีมือสมัครเล่น ชื่อว่า เดวิด ลูซเซย์ ในห้องครัวของเขาขณะที่เขาพยายามทำกาวที่นำไฟฟ้าสำหรับใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย ในการทำกาวที่นำไฟฟ้า เดวิดผสมผงโลหะเข้ากับกาวในอัตราส่วนที่ต่างกันไป และพบว่าหนึ่งในนั้นเริ่มแสดงคุณสมบัติที่ประหลาด เมื่อแผ่นโลหะสองแผ่นที่ใส่กาวติดกันมันไม่นำไฟฟ้า แต่เมื่อเขาพยายามที่จะดึงมันออกจากกัน มันเริ่มนำไฟฟ้า คุณสมบัติของ QTC นำไปสู่การนำมาใช้ในสวิตช์และเครื่องส่งสัญญาณแรงและมันเริ่มนำมาใช้ในงานที่หลากหลายขึ้น เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ และอุตสาหกรรม รวมถึงในการทำแผงผ้าที่ตอบสนองต่อการสัมผัสในชุดสูท ซึ่งทำให้คุณสามารถที่จะควบคุมเครื่องเล่น MP3 หรืออื่นๆ จากปกเสื้อของคุณ

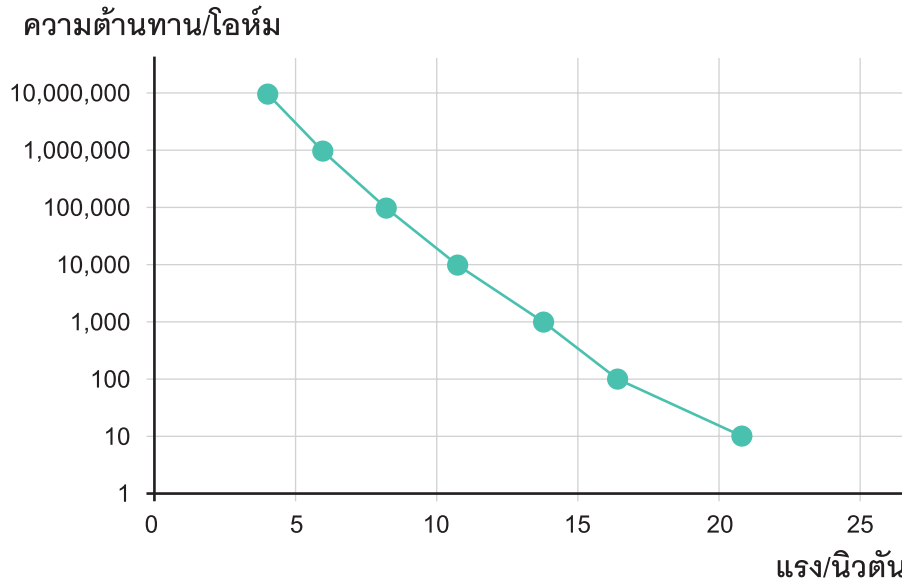
ปรับปรุงจาก <http://www.instituteofmaking.org.uk/materials-library/material/quantum-tunnelling-composite-cord>



## ใบงานและใบคำตอบเรื่อง: ข้อมูล QTC

### ข้อมูล QTC

“เม็ด” QTC เป็นวัสดุชิ้นเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงไม่กี่มิลลิเมตร และหนาเพียง 1 มิลลิเมตร กราฟด้านล่างแสดงถึงค่าความต้านทานของ QTC ที่เปลี่ยนไปเมื่อมีแรงกระทำ



### คำถาม

1. แรงกระทำต่อเม็ด QTC เปลี่ยนแปลงไปในช่วงใด

คำตอบ: แรงเปลี่ยนแปลงจาก 4 นิวตันถึง 21 นิวตันโดยประมาณ

2. ระดับการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานที่อยู่ในแกนความต้านทานมีค่าที่ระดับ

คำตอบ: แกนความต้านทานมีค่า 7 ระดับ (จาก 1 - 10,000 โอห์ม)

3. การเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานเกิดขึ้นในช่วงระยะใด

คำตอบ: ความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงเป็นกำลังยก คือ  $10^6$  (โดยลดลงจาก 10,000,000 เป็น 10)

การทดลอง: ดูตัวอย่างของ QTC วัดค่าความต้านทานของเม็ด QTC ที่ได้ทำการกดลงบนเม็ดของ QTC

4. ยกตัวอย่างปัจจัยอื่นๆ ทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อความต้านทานทางไฟฟ้า

คำตอบ: ตัวอย่างที่คุ้นเคย คือ อุณหภูมิ – ความต้านทานของโลหะบริสุทธิ์จะเพิ่มขึ้นประมาณ 1 ใน 3 ระหว่างอุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  -  $10^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากเมื่อเทียบกับผลของความดันที่มีต่อ QTC ปกติว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่ามากในช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย (ปัจจัยอื่นๆ เช่น สนามแม่เหล็ก ระดับแสง (จาก LDR))

5. อุปกรณ์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ทำอะไรได้บ้าง

คำตอบ: สวิตช์และเซนเซอร์ความดันสามารถนำมาใช้งานได้อย่างมากมาย – ซึ่งมีรายละเอียดในหน้าถัดไป

## ใบความรู้ของครูเรื่อง: QTC – การค้นพบวัสดุชนิดใหม่ QTC – the discovery of a novel material

### QTC – การค้นพบวัสดุชนิดใหม่ (QTC – the discovery of a novel material)

ปรับปรุงจาก <http://practicalphysics.org/qtc---discovery-novel-material.html>

QTC คือคอมโพสิตอุโมงค์ควอนตัม เป็นวัสดุใหม่ที่น่าจับตา ซึ่งค้นพบโดย เดวิด ลูซเซย์ ในปี 1997 ตั้งแต่ตอนนั้นวัสดุนี้ได้มีการศึกษาลักษณะอย่างละเอียด (ตั้งนั้นองค์ประกอบและการทำงานของมันเป็นที่เข้าใจ) และการใช้งานครั้งแรกก็ได้เกิดขึ้น

#### QTC คืออะไร

QTC เป็นวัสดุที่ทำจากอนุภาคของโลหะ (นิกเกิล) ที่ฝังเข้าไปในพอลิเมอร์ ความต้านทานของมันเปลี่ยนอย่างน่าอัศจรรย์เมื่อโดนบีบอัด เมื่อไม่โดนบีบอัด มันมีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้าที่เกือบสมบูรณ์แบบ และเมื่อใส่แรงเข้าไปมันจะนำไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับโลหะ

เม็ดของ QTC คือวัสดุขนาดเล็ก มีขนาดเล็กประมาณ 2-3 มิลลิเมตรและหนา 1 มิลลิเมตร

#### QTC ถูกค้นพบได้อย่างไร

QTC ถูกค้นพบโดย เดวิด ลูซเซย์ ซึ่งทำงานที่ ดาร์ลิงตัน (สหราชอาณาจักร) ณ เวลานั้น เขาพยายามที่จะทำกาวที่เป็นตัวนำสำหรับใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย คอมพิวเตอร์จะถูกยึดติดกับขดลวดที่ต่อไปยังอุปกรณ์เตือนภัย กาวที่เชื่อมระหว่างลวดกับคอมพิวเตอร์ต้องเป็นตัวนำ ดังนั้นถ้าลวดถูกแยกออก อุปกรณ์เตือนภัยก็จะส่งเสียง

เดวิด ลูซเซย์ ได้อธิบายเกี่ยวกับตัวเขาและสิ่งที่เขาพยายามจะทำให้สำเร็จ “ผมไม่ใช่ นักวิทยาศาสตร์ แต่ผมเป็นนักปฏิบัติโดยมีพื้นฐานทางเทคนิค มาจากทหาร เมื่อผมต้องการกาวที่นำไฟฟ้าและพบว่ามันไม่มีอยู่ ผมเลยจะทำมันขึ้นมา”

การทำกาวที่นำไฟฟ้า เดวิดผสมผงโลหะกับกาวโดยใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนผสมหนึ่งมีความพิเศษมาก เมื่อแผ่นโลหะสองแผ่นเชื่อมติดกัน มันไม่นำไฟฟ้า – กาวที่เชื่อมระหว่างมันทำหน้าที่เป็นฉนวน อย่างไรก็ตาม เมื่อเขาพยายามดึงสองแผ่นออกจากกัน มันเริ่มเป็นตัวนำ

“ซึ่งนี่เป็นที่น่าแปลกใจมากและไม่ใช่ว่าสิ่งที่ผมมองหามัน ดังนั้นผมจึงใส่มันบนข้างหนึ่ง (ที่จริงแล้วผมโยนมันลงบนข้างหนึ่ง) และมันไม่เป็นแบบนี้จนกระทั่งเวลาหนึ่งและผมคิดว่า ‘ดีละ นั่นมันเป็นปฏิกิริยาที่แปลก’ และผมกลับไปทำอีกครั้งและวัดด้วยมิเตอร์ พบว่าผมพบบางสิ่งที่ไม่ปกติ”

มันไม่ได้ชัดเจนในตอนนี่ว่าวัสดุนี้มีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ ขณะที่เดวิดเข้าใจว่าวัสดุนี้ทำงานอย่างไรในการสร้างปรากฏการณ์ที่ประหลาดนี้

ก่อนศตวรรษที่ 21 วัสดุส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้โดยไม่เข้าใจว่าคุณสมบัติของมันสัมพันธ์กับโครงสร้างของมันอย่างไร ปัจจุบันการเข้าใจโครงสร้างของวัสดุเป็นสิ่งสำคัญถ้าจะนำมันมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่

## เข้าใจ QTC

เดวิด ลูซเชย์ ต้องการรู้ว่าวัสดุที่เขาค้นพบทำงานอย่างไร เขาจึงได้พบกับนักวิทยาศาสตร์คนหนึ่ง

ผมต้องการนักวิทยาศาสตร์มาช่วยพิสูจน์สิ่งที่ผมค้นพบ และผมก็ได้พบกับศาสตราจารย์ เดวิด บลอร์ จากมหาวิทยาลัยเดอร์แฮม ผมได้นำวัสดุที่ผมได้ทำขึ้นให้กับเขา และเขาได้ทำการทดสอบแบบพิเศษ และเขาได้วาดกราฟบางอันขึ้นมาให้ผมดู กราฟเหล่านั้นทำให้เกิดส่วนของสิทธิบัตรแรกที่เราได้ใส่มันลงไป

รวมถึงการหาคุณสมบัติของวัสดุ ศาสตราจารย์บลอร์สามารถอธิบายพฤติกรรมของมัน คุณสมบัติของวัสดุมาจากอนุภาคของนิเกิล ซึ่งมองเห็นได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนว่ามันไม่เรียบ ถ้าจะพูดให้ถูก ผิวของมันปกคลุมด้วยหนามขนาดเล็ก แรงบีบอัดทำให้อนุภาคข้างเคียงอยู่ใกล้กันมากขึ้น และกระแสของอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ระหว่างสนามบนอนุภาคข้างเคียง

กระบวนการของ ‘การกระโดด’ ข้ามของอิเล็กตรอนระหว่างช่องว่างจากวัสดุนำไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง เป็นที่รู้จักว่าเป็น อุโมงค์ควอนตัม ดังนั้นวัสดุนี้จึงมีชื่อว่า คอมโพสิตอุโมงค์ควอนตัม หรือ QTC (อุโมงค์ควอนตัมก็ทำขึ้นมาเพื่อใช้ในทรานซิสเตอร์)

## การใช้ประโยชน์จาก QTC

เดวิด ลูซเซย์ ได้สร้างบริษัทชื่อว่า พาราเทค ขึ้นมาเพื่อผลิต QTC เิงพาดินทรีย์ทำงานร่วมกับนักออกแบบซึ่งทำให้เกิดการนำไปใช้วัสดุนี้อย่างหลากหลายรวดเร็ว โดยผลิตจากวัสดุต่างๆ รวมถึง สวิตช์ ผ้าอัจฉริยะ เซนเซอร์เส้นใย และจุ่มอิเล็กทรอนิกส์ เดวิด ลูซเซย์ อธิบายว่าเขาเห็นการพัฒนาของสิ่งเหล่านี้อย่างไร

ในเวลา 2-3 ปี ผมคิดว่าผมเห็น QTC ในรูปแบบที่แตกต่างแต่บางทีในการนำไปใช้ที่แตกต่าง เราสามารถทำสิ่งต่างๆ มากมายจากมันและบางสิ่งบางอย่างนี้กำลังจะพัฒนาอย่างรวดเร็วจนกลายเป็นเรื่องธรรมดา ซึ่งเป็นการขับเคลื่อนที่ดีของตัวเอง ซึ่งทำให้ผมต้องพัฒนาต่อเนื่อง เพราะว่าสิ่งที่ผมต้องการก็คือเห็นทุกคนใช้มันในทุกที่ที่เราสามารถทำได้ มันเป็นสิ่งที่ตื่นเต้นที่ทำให้เห็นมันในตลาด และทำให้แน่ใจว่ามันเป็นแบบที่ควรเป็นและทำให้ผมต้องไปต่อ และนั่นมันขับเคลื่อนผม!

## แหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

หนังสือบรรยายเกี่ยวกับ QTC และแนะนำการทดลอง (รวมถึงรายละเอียดวิธีสำหรับข้อแนะนำข้างต้น) ซึ่งได้เผยแพร่โดย Gatsby Science Enhancement Programme ในชุด its Innovations in Practical Work.

หนังสือนี้สามารถสั่งซื้อได้จาก Middlesex University Teaching Resources ซึ่งเป็นผู้จำหน่ายตัวอย่างของ QTC ที่เหมาะสำหรับงานปฏิบัติ

สามารถเข้าร่วม SEP Associates scheme (ลงทะเบียนออนไลน์ได้ฟรีบนเว็บไซต์) ซึ่งทำให้สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ที่หลากหลาย รวมถึงหนังสือเล่มเล็กและคลิปวิดีโอของ เดวิด ลูซเซย์ ที่กล่าวถึงงานของเขาที่สามารถดาวน์โหลดได้

### ลิงค์อื่นๆ

[www.peratech.com](http://www.peratech.com) บริษัทที่ก่อตั้งขึ้นเพื่อผลิต QTC

[www.ideas21.co.uk](http://www.ideas21.co.uk) ซึ่งเป็นแหล่งที่รวบรวมประวัติของเดวิด ลูซเซย์ และคนอื่นๆ

[www.dur.ac.uk/psm.group/qtc.html](http://www.dur.ac.uk/psm.group/qtc.html) ซึ่งทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับ QTC

### กิตติกรรมประกาศ

แหล่งข้อมูลนี้้นำมาจาก QTC: A remarkable new material to control electricity  
เผยแพร่โดย the Gatsby Science Enhancement Programme



## ใบความรู้ของครูเรื่อง: คอมโพสิตอโมงค์ควอนตัม Quantum Tunneling Composite

### คอมโพสิตอโมงค์ควอนตัม

#### วิทยาศาสตร์ในห้องครัวที่ดีที่สุด!

งานวัสดุอัจฉริยะของพวกเรา งานประชุมสามารถพิมพ์ในเดือนมีนาคม เราโชคดีมากที่ได้พบกับ เดวิด ลูซเซย์ ผู้ผลิต QTC และผู้ก่อตั้งบริษัทพาราเทค ในการสำรวจตรวจสอบคุณสมบัติของมัน ผู้ชมทั้งหมดล้วนตะลึงกับการนำเสนอของเดวิด และผมสามารถบอกได้เลยว่ามันเป็นครั้งแรกเลยที่ผมได้เห็นการนำเสนอที่น่าสนใจมาก เพื่อประโยชน์ของผู้ที่ไม่สามารถเข้าร่วมได้ บทความนี้จะบอกข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุที่น่าทึ่งนี้ ว่ามันคืออะไร อย่างไร ทำไม และที่ไหน

#### คอมโพสิตคืออะไร

วัสดุคอมโพสิตสามารถนิยามได้ว่าเป็นวัสดุทางวิศวกรรมซึ่งมีส่วนประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่า โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างกันในระดับจุลภาคซึ่งอยู่ในโครงสร้างของมัน คอมโพสิตสามารถที่จะอธิบายโดยชนิดของวัสดุเนื้อหลักซึ่งเป็นโครงสร้างแม่พิมพ์ หรือเป็นวัสดุเสริมแรงที่มีการกระจายตัวอยู่ไม่ทั่วทั้งหมดยของคอมโพสิต (วัสดุโครงสร้างภายใน) ตัวอย่างเช่น ไฟเบอร์กลาส-อีพ็อกซีคอมโพสิต ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเป็นคอมโพสิตที่มีวัสดุหลักเป็นพอลิเมอร์ (โดยมีอีพ็อกซีเป็นวัสดุแม่พิมพ์โครงสร้าง) หรือไฟเบอร์กลาสเป็นคอมโพสิตเสริมแรง (โดยไฟเบอร์กลาสทำหน้าที่เสริมโครงสร้างที่มีการกระจายตัวอยู่ไม่ทั่วทั้งหมด) โดยการเปลี่ยนแปลงชนิด ขนาด รูปร่าง และปริมาณของวัสดุเสริมแรงจะทำให้คุณสมบัติของคอมโพสิตสามารถที่จะจัดแต่งได้ตามความต้องการสำหรับการใช้งานที่เฉพาะ

#### พอลิเมอร์คอมโพสิต (PMC)

รวมถึงแก้ว คาร์บอน และ เคฟล่าไฟเบอร์เป็นวัสดุเสริมแรง โดยที่วัสดุหลักเป็นเทอร์โมเซตพอลิเมอร์เรซินหรือเทอร์โมพลาสติก เช่น โพลีโพรพิลีน วัสดุเหล่านี้ได้นำมาใช้เป็นเวลาหลายปีและมีคุณสมบัติที่มีความหลากหลาย

ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของมันก็คือวิธีการที่ไฟเบอร์จัดเรียงตัว ไฟเบอร์กลาสในอดีตใช้แบบสั้นหรือเป็นไฟเบอร์เส้นสั้น ขณะที่วัสดุรูปแบบใหม่มากขึ้นจะเป็นแก้วทอหรือเนื้อผ้าคาร์บอน การปรับคุณสมบัติเหล่านี้ทำได้โดยการเปลี่ยนวิธีการทอไฟเบอร์เข้าด้วยกัน

คาร์บอนไฟเบอร์คอมโพสิตได้นำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน รวมถึงการทำแผงลำตัวเครื่องบิน ตัวถังรถยนต์ F1 อุปกรณ์กีฬา (โครงจักรยาน ไม้กอล์ฟ คันเบ็ดตกปลา ไม้พาย ฯลฯ) แขนขาเทียม และชุดเกราะ

#### เมทัลคอมโพสิต (MMC)

ในวัสดุนี้จะมีโลหะเป็นเนื้อหลักและอาจจะผสมกับโลหะชนิดอื่น พอลิเมอร์ หรือเซรามิก ในรูปของอนุภาคหรือไฟเบอร์ แมกนีเซียมมักจะนำมาใช้เป็นวัสดุหลักสำหรับเมทัลคอมโพสิตที่ใช้ในอวกาศ ในการสร้างคุณสมบัติทางกายภาพของเมทัลคอมโพสิต เช่น ความหนาแน่น ความทนต่อการเสียดสี สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน หรือการนำไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ เมทัลคอมโพสิตนำมาใช้มากในงานด้านยานยนต์ โดยเฉพาะรถยนต์ที่ผลิตสำหรับการแข่งขัน นอกจากนี้ยังใช้ในการสร้างเครื่องมือที่มีการสึกหรองได้ง่าย (เช่น โคมบอลต์เสริมด้วยอนุภาคของคาร์ไบด์ทั้งสแตน) เกราะรถถัง และระบบล้อยอดจอดของอากาศยานทางทหาร

#### เซรามิกคอมโพสิต (CMC)

คอนกรีตเป็นคอมโพสิตที่ใช้กันโดยทั่วไปมากที่สุดและยังเป็นวัสดุที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดในโลกจากการคิดค้นโดยมนุษย์ ในกรณีนี้เซรามิกเนื้อหลักถูกเสริมแรงด้วยอนุภาคของเซรามิกในรูปของทรายหรือกรวด เซรามิกคอมโพสิตประเภทอื่นสร้างได้จากการผสมอนุภาคโลหะกับผงเซรามิกเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการนำไฟฟ้า กระดูกเป็นเซรามิกคอมโพสิตในธรรมชาติซึ่งเป็นไฮดรอกซีแอปพาไทต์ (แร่ธาตุที่มีแคลเซียมฟอสเฟตเป็นหลัก) มีตัวเสริมแรงเป็นไฟเบอร์คอลลาเจน (พอลิเมอร์ธรรมชาติ)

### คอมโพสิตอิมโงค์ควอนตัม (QTC) คืออะไร

กล่าวให้ง่ายขึ้น คอมโพสิตอิมโงค์ควอนตัม (QTC) เป็นชนิดของพอลิเมอร์คอมโพสิต สร้างขึ้นโดยการผสมผงนิกเกิลด้วยสารยึดเกาะอีลาสโตเมอร์ ปกติก็คือยางซิลิโคน ซึ่งในตัวมันเองไม่มีคุณสมบัติพิเศษอะไร แต่ QTC มีความแตกต่างออกไปเพราะสามารถเปลี่ยนแปลงความต้านทานทางไฟฟ้าได้ เมื่อให้แรงบีบอัดในสถานะที่ไม่มีความเค้น วัสดุนี้จะเป็นฉนวนไฟฟ้าที่เกือบสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามเมื่อใส่แรงบีบอัดเข้าไปวัสดุจะเริ่มนำไฟฟ้าและถ้าใส่แรงบีบอัดที่มากพอมันสามารถให้ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับเดียวกับโลหะได้

### คอมโพสิตอิมโงค์ควอนตัมถูกค้นพบได้อย่างไร

เหมือนกับการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ที่ยิ่งใหญ่มาก QTC ถูกค้นพบโดยบังเอิญโดย เดวิด ลูซเซย์ พยายามที่จะสร้างกาวที่นำไฟฟ้าสำหรับใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย โดยการผสมผงนิกเกิลกับกาวซิลิโคนอุดรอยรั่วทั่วไปในห้องครัวของเขา เขาทากาวเชื่อมแผ่นโลหะสองแผ่นเข้าด้วยกันด้วยส่วนผสมที่เขาทำขึ้นและต่อมันเข้ากับวงจรไฟฟ้า ปรากฏว่าไม่มีอะไรเกิดขึ้น วัสดุนั้นเป็นฉนวนที่ดีมาก อย่างไรก็ตามเขาพบว่าเมื่อเขาบิดแผ่นโลหะ กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ หลังจากการทดลองหลายๆ ครั้งเขาตระหนักว่าเขาได้พบบางสิ่งที่มีความพิเศษมากและเขาได้นำสิ่งที่เขาพบไปที่มหาวิทยาลัยเดอรัมที่ทำการวิจัยเพิ่มขึ้นเพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุนี้

หลังจากที่ค้นพบในปี 1995 คุณสมบัติของ QTC และกลไกที่อยู่เบื้องหลังมันได้ถูกค้นพบและนั่นทำให้มันได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

### เพราะเหตุใดคอมโพสิตอิมโงค์ควอนตัมจึงดีกว่าคอมโพสิตแบบเดิม

การสร้างคอมโพสิตเนื้อหลักที่เป็นโพลิเมอร์มีมากระยะหนึ่งแล้ว แต่การใช้ผงคาร์บอนเป็นสารเสริมแรงที่ใช้เติมในวัสดุเนื้อหลัก วัสดุนี้ก็จะสามารถนำไฟฟ้าได้ใน

ช่วงหนึ่ง อนุภาคทรงกลมของคาร์บอนจะสัมผัสกันตลอดและทำให้มีการนำไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ความต้านทานจะลดลงเมื่อได้รับแรงบีบอัด เนื่องจากอนุภาคที่สัมผัสกันจะทำให้มีการเคลื่อนที่ของกระแสได้มากขึ้น เมื่ออยู่ในสถานะที่ไม่มีความเค้น คาร์บอนคอมโพสิตจะมีค่าต้านทาน 2000-3000 โอห์มและเมื่อได้รับแรงบีบอัดก็จะมีค่าความต้านทานลดลงอยู่ที่ประมาณ 200-300 โอห์ม

QTC มีค่าความต้านทานมากกว่า  $10^{12} \Omega$  ในสถานะที่ไม่มีความเค้น และจะลดลงจนมีค่าน้อยกว่า  $1 \Omega$  เมื่อได้รับแรงบีบอัด ดังนั้นมันมีความแตกต่างอย่างมากในการนำไฟฟ้าใน QTC และการเปลี่ยนแปลงในระดับคุณ 10 เปลี่ยนความต้านทานใน QTC โดยที่มันเปลี่ยนรูปร่างน้อยมาก ซึ่งทำให้มันเป็นวัสดุที่ไวต่อแรงกระทำได้ดีกว่าคาร์บอนคอมโพสิตแบบเดิม

### คอมโพสิตอิมโงค์ควอนตัมทำงานอย่างไร

ในคอมโพสิตตัวนำแบบเดิมอนุภาคคาร์บอนทรงกลมจะสัมผัสกันเสมอไม่ว่าจะมากหรือน้อย เมื่อได้รับแรงบีบอัดอนุภาคสัมผัสกันมากขึ้นเพิ่มจำนวนเส้นทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าและลดความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุ

ใน QTC ไม่จำเป็นต้องสัมผัสกันเพราะการนำไฟฟ้าเกิดขึ้นผ่านอิมโงค์ควอนตัม อนุภาคนิกเกิลไม่ได้เป็นทรงกลมเรียบ แท้จริงมันจะมีรูปร่างที่ซับซ้อนไม่ปกติโดยมีหนามอยู่รอบๆ ซึ่งอนุภาคของนิกเกิลจะถูกล้อมรอบด้วยชั้นของฉนวนของยางซิลิโคนซึ่งป้องกันไม่ให้มันสัมผัสกันแม้ว่าจะใส่แรงบีบอัดเข้าไป ปลายของหนามแหลมบนอนุภาคจะสร้างอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเข้มข้นสูง และยังไม่มีความกว้างของพื้นที่แนวขวางกันค้ำยันในอิมโงค์ควอนตัม ซึ่งจะลดระยะห่างและพลังงานที่ต้องการสำหรับประจุอิเล็กทรอนิกส์ในการเคลื่อนที่ผ่านอิมโงค์และอนุญาตให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน การเพิ่มขึ้นของแรงบีบอัดบนวัสดุหลักให้อนุภาคเข้าใกล้กันมากขึ้น (โดยไม่สัมผัสกัน) ทำให้มีจำนวนเส้นทางการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น



(ช่วยลดประสิทธิภาพของแนวขวางกันศักย์และเพิ่มโอกาสในอุโมงค์) และในสภาพนี้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับความต้านทานที่ลดลงอย่างมากเมื่อใส่แรงบีบอัดลงไป ในวัสดุ (พิจารณาแผนภาพแสดงการทำงานด้านล่าง)

การใส่ศักย์ไฟฟ้าก็มีผลกับคุณสมบัติของ QTC เช่นกัน เมื่อใส่ศักย์ไฟฟ้าต่ำ อิเล็กตรอนจะมีพลังงานปริมาณน้อย และไม่สามารถข้ามผ่านรอยต่อระหว่างอนุภาคในจำนวนที่มากพอ ดังนั้นในสถานะที่ไม่มีความเค้นนี้ วัสดุก็แทบจะเป็นฉนวนที่สมบูรณ์ และเมื่อใส่แรงบีบอัดจะปลดความต้านทานโดยการลดช่องว่างระหว่างอนุภาคและเพิ่มโอกาสในการสร้างอุโมงค์

ถ้าใส่ศักย์ไฟฟ้ามากขึ้นอิเล็กตรอนจะมีพลังงานมากขึ้น และเมื่อมีศักย์ไฟฟ้าสูงพอมันก็จะมีโอกาสเกิดอุโมงค์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และอนุญาตให้เกิดการนำไฟฟ้าในสถานะที่ไม่มีความเค้น ถ้าศักย์ไฟฟ้าเพียงพอ QTC ก็จะเปลี่ยนเป็นสถานะที่นำไฟฟ้าและจะกลับคืนสู่สภาพเดิมเมื่อนำศักย์ไฟฟ้าออก

QTC ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสนหรือเป็นสวิตช์นั้นจะทำงานนอกเหนือจากระบบวงจรสวิตช์แบบปกติ ซึ่งจะทำงานเมื่อมีความต่างศักย์ของไฟฟ้าน้อยกว่า 40 โวลต์

### คอมโพสิตอุโมงค์ควอนตัม

QTC เป็นวัสดุที่มีความเฉื่อย ทนทานและไม่เปลี่ยนแปลงกับความชื้น ปัจจุบันนี้มีอยู่ในหลายรูปแบบ เม็ด กรวด และน้ำหมึกสำหรับการเคลือบ และใช้ได้ง่ายขึ้น มันสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ได้อย่างง่ายดายและสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ทั่วไปและยังสามารถใช้ทดแทนส่วนประกอบเครื่องจักรกลที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าได้อีกด้วย ความต้านทานของ QTC เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับแรงบีบอัด รวมถึงการกดแบบง่ายๆ ก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน เช่น การดึง การบิด หรือการงอ

QTC สามารถนำมาใช้ในเป็นสวิตช์และอุปกรณ์ตรวจจับสนและพบว่านำมาใช้ในงานที่หลากหลายในหลายส่วนงานได้อีกด้วย บริษัทพาราเทคได้ทำงานร่วมกับหลายบริษัท ตั้งแต่องค์การนาซ่า จนถึง มาร์คส์ แอนด์ สเปนเซอร์ และผลิตภัณฑ์มากมายที่มีส่วนผสมของวัสดุนี้ที่ปัจจุบันมีขายในเชิงพาณิชย์

### QTC ในของเล่นและเกม

QTC อาจจะใช้แทนที่สวิตช์และอุปกรณ์ตรวจจับสนแบบที่มีอยู่ในเกม แผงควบคุมและเมาส์คอมพิวเตอร์ทำให้เพิ่มความไวในการควบคุมที่ดีขึ้น มันสามารถนำมาใช้ในการสร้างเครื่องดนตรีที่มีความยืดหยุ่นและพกพาได้ เช่น กลองชุดและคีย์บอร์ดสามารถนำมาใส่ในของเล่นที่พูดได้ เมื่อถูกบีบ มันสามารถนำมาใช้ในแผ่นเดิน กระดานทรงตัวในเกม Wii ซึ่งใช้ประโยชน์จากความสามารถในการตอบสนองต่อแรงบีบอัดของวัสดุนี้

### QTC ในกีฬา

QTC สามารถใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสนได้หลากหลาย ตั้งแต่อุปกรณ์ตรวจจับสนแรงกดในการฝึกกีฬาฟันดาบ หรือเสื้อคลุมป้องกันจากการต่อสู้ซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจจับสนแบบสัมผัส พื้นรองเท้าที่ทำจาก QTC สามารถนำมาใช้ในรองเท้าสำหรับฝึกวิ่งเพื่อติดตามและประเมินการลงน้ำหนักของนักวิ่ง พื้นมีความบางมากและสามารถที่จะนำไปใส่ไว้ในรองเท้าสำหรับฝึก



### QTC ในยา

เซนเซอร์ QTC สามารถนำไปใช้ร่วมกับผ้าพันแขนของเครื่องวัดความดันโลหิตเพื่อให้แน่ใจว่าวัดได้แม่นยำเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า มันอาจจะใช้แทนที่อุปกรณ์ตรวจวัด ความดันแก๊สในเครื่องตรวจสอบการหายใจซึ่งบันทึกการขยายตัวและหดตัวของหน้าอกขณะหายใจ เซนเซอร์ในการวัดการกดหน้าอกในการช่วยปั๊มหัวใจผู้ป่วยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เซนเซอร์จะจับความถี่และแรงหรือการกด

### QTC ในเสื้อผ้า

การนำไปใช้สวมใส่รวมถึงเครื่องควบคุมเครื่องเล่น MP3 ที่ติดกับแขนเสื้อ ซึ่งทำให้ผู้สวมใส่สามารถเปลี่ยนเพลง ปรับเสียง และอื่นๆ โดยการกดที่สวิตช์ QTC ที่อยู่ในเสื้อผ้า สวิตช์จะยืดหยุ่น ทนทาน และซັกได้ และเชื่อมกับเครื่องเล่น MP3 ได้ผ่านตัวเชื่อมต่อภายในกระเป๋าเสื้อ

### QTC ในเครื่องมือ

QTC อาจจะถูกนำไปใช้ในตัวจับของเครื่องมือเชิงกลเพื่อที่จะทำหน้าที่ตัดสวิตช์หรือควบคุมการเปลี่ยนแปลง สวิตช์จะควบคุมโดยการสัมผัสและจะมีความไวมากกว่าสวิตช์เครื่องกลแบบเดิม

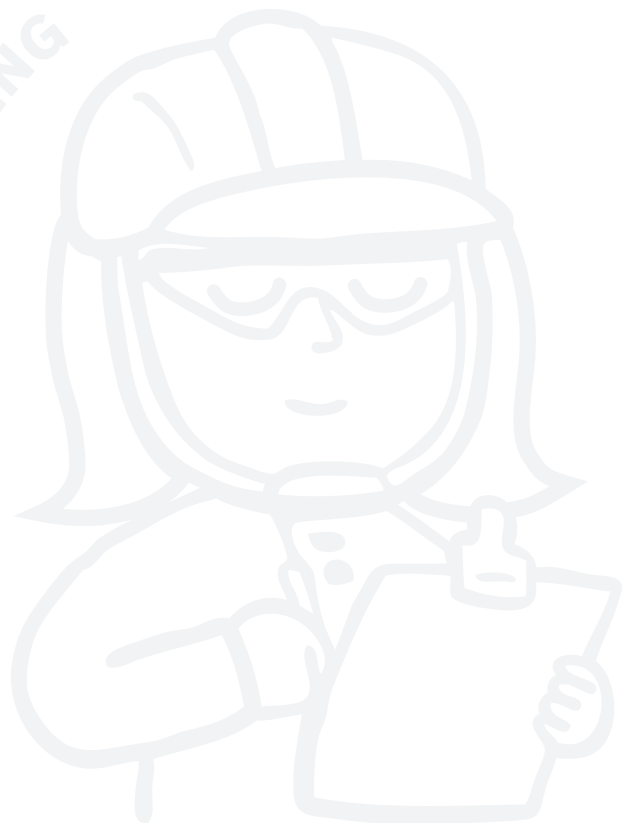
### QTC ในหุ่นยนต์

QTC สามารถนำมาใช้ในแผ่นรองนิ้วที่มีความทนทานในมือเทียมหรือมือของหุ่นยนต์ซึ่งควบคุมปริมาณของความดันที่ใช้ในการควบคุม บริษัทพาราเทคได้ทำงานร่วมกับนาซ่าในการพัฒนาถุงมือที่ไวต่อแรงกดสำหรับใช้กับหุ่นยนต์อวกาศรุ่นต่อไป

### QTC ในคีย์บอร์ด

แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ที่มี QTC สามารถเพิ่มความทนทาน ยืดหยุ่น และความสะดวกในการพกพาได้ รวมทั้งความสามารถในการเชื่อมต่อแบบไร้สายด้วยสัญญาณบลูทูธกับโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์พกพา และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ

ENGINEERING



## อุโมงค์ควอนตัมคืออะไร

อุโมงค์ควอนตัมเป็นแนวคิดที่ซับซ้อนและค่อนข้างยากสำหรับคนธรรมดาจะเข้าใจ มันเกี่ยวกับโอกาสที่อิเล็กตรอนจะข้ามผ่านหรือสร้างอุโมงค์ผ่านแนวขวางกั้นศักย์-พื้นที่ที่มีการเพิ่มสนามศักย์หรือสนามไฟฟ้าที่กั้นเส้นทางการเดินทางของอนุภาค ในฟิสิกส์พื้นฐาน และฟิสิกส์ควอนตัมได้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นไว้อย่างแตกต่างกัน อิเล็กตรอนข้างแนวขวางกั้นศักย์

## การอุปมาอุปไมยที่ช่วยได้

ลองจินตนาการว่ากำลังยืนอยู่บนท่าเรือที่มีคลื่นสูงกำลังมองคลื่นในทะเลกระทบกับกำแพงกันคลื่น ถ้าความสูงของคลื่น ( $h$ ) มากกว่าความสูงของกำแพง ( $H$ ) คุณก็จะเปียกเพราะว่าน้ำสามารถข้ามผ่านแนวกัน แต่ถ้าความสูงของคลื่นต่ำกว่าความสูงของกำแพงคุณก็จะยังคงแห้ง นี่เป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในโลกของฟิสิกส์คลาสสิก ซึ่งระบุว่า ถ้า  $h < H$  มันไม่มีโอกาสที่น้ำจะข้ามกำแพงได้

อย่างไรก็ตามในควอนตัมฟิสิกส์คุณจะต้องแน่ใจว่าคุณได้ใส่เสื้อกันฝน สำหรับคนที่ได้ใช้เวลาเล่นกับคลื่นที่สูงเหมือนกับผมจะรู้ว่าถ้าคลื่นที่  $h < H$  คลื่นที่มาอย่างรวดเร็วคุณก็มีโอกาสที่จะโดนน้ำกระเด็นใส่ เนื่องจากกำแพงไม่ได้สูงมากพอ ดังนั้นมันทำให้คุณแปลกใจและทำเปียก แนวคิดนี้ได้นำมาใช้อธิบายในระดับอะตอมคลื่นก็คืออิเล็กตรอนและกำแพงกันคลื่นก็คือแนวขวางกั้นศักย์

## โลกในมุมมองของฟิสิกส์คลาสสิก

ในฟิสิกส์พื้นฐาน อิเล็กตรอนคืออนุภาค ลองพิจารณาว่าเกิดอะไรขึ้นเมื่อมันเข้ามากระทบกับแนวขวางกั้นศักย์ (เช่น เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่มายังรอยต่อระหว่างวัสดุตัวนำและฉนวน) ถ้าพลังงานของอิเล็กตรอนสูงกว่าพลังงานที่สามารถข้ามที่กั้น แต่ถ้ามันมีพลังงานน้อยกว่าที่กั้นมันจะถูกผลักออกและไม่สามารถที่จะข้ามได้

## การอธิบายของอุโมงค์ควอนตัม

ในควอนตัมฟิสิกส์ อนุภาคสามารถที่จะมองได้เป็นเหมือนคลื่น และมันมีโอกาสน้อยมากที่อิเล็กตรอนจะข้ามแนวขวางกั้นโดยการสร้างอุโมงค์ ใน QTC ที่กั้นเป็นชั้นบางของฉนวนบางซิลิคอนที่แยกอนุภาคนิกเกิล เมื่ออิเล็กตรอนในรูปคลื่นชนกับแนวขวางกั้น (เช่น วัสดุฉนวน) ความสูงของมันจะลดลงแบบชี้กำลัง มันจะลดลงจนเป็นศูนย์ในขณะที่มันไปถึงอีกด้านของที่กั้นและมันก็จะไม่ออกไป ซึ่งนี้แสดงถึง QTC ที่อยู่ในสถานะที่ไม่มี ความเค้น เมื่อให้ความดันความหนาของซิลิคอนลดลง ต.ย. ความกว้างของแนวขวางกั้นลดลง ในกรณีนี้ความสูงของอิเล็กตรอนในรูปคลื่นจะไม่ลดลงจนเป็นศูนย์ขณะที่มันไปถึงอีกข้างหนึ่งและทำให้มันมีโอกาสที่จะหลุดออก

บทความนี้ปรากฏอยู่ในฉบับที่ 32 ของจดหมายข่าวของ the SAS ในฤดูร้อนปี 2009

## ข้อมูลเพิ่มเติม

[www.peratech.com](http://www.peratech.com) เว็บไซต์ของบริษัทที่ก่อตั้งโดย David Lussey เป็นแหล่งข้อมูลที่ดีเกี่ยวกับ QTC SEP ก็ผลิตหนังสือเล่มเล็กเกี่ยวกับวัสดุนี้และแนวคิดเกี่ยวกับว่าวัสดุนี้นำมาใช้ในโรงเรียนได้อย่างไร เม็ดขนาดเล็กของ QTC เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดลองในห้องเรียนซึ่งหาได้จาก TEP และ SEP สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเข้าดูได้ที่ [www.sep.org.uk](http://www.sep.org.uk) หรือ [www.tep.org.uk](http://www.tep.org.uk)

## ใบงานเรื่อง: อิเล็กโทรไลครา

### Electrolycra

#### อิเล็กโทรไลครา (Electrolycra) ทำงานอย่างไร

ความต้านทานทางไฟฟ้าสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการนี้

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

โดยที่ความต้านทานวัดในหน่วย โอห์ม ( $\Omega$ ) ศักย์ไฟฟ้าในหน่วยโวลต์ (V) และ กระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมป์ (A)

**ความปลอดภัย:** ระวังการช็อตจากกระแส โดยให้อยู่ห่างเกิน 10 ซม. และไม่ควรถูกขี้ไต้ถ้าไม่ใช้งาน

#### สิ่งที่นักเรียนต้องใช้

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

#### วิธีการ

1. ต่อกำลังไฟระหว่างเครื่องจ่ายไฟ 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

## ใบงานและใบคำตอบเรื่อง: อิเล็กโทรไลคราเป็นเซ็นเซอร์ในกีฬา

### อิเล็กโทรไลคราเป็นเซ็นเซอร์ในกีฬา

ขณะฝึกซ้อมกรีฑาช่วงสั้นๆ นักกีฬาใช้เซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยใช้อิเล็กโทรไลครา หลังจากพักสัปดาห์ที่ นักกีฬาซ้อมอีกครั้ง โดยใช้เครื่องเซ็นเซอร์ปกติที่ติดกับมิเตอร์ที่จับช้อน

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

คำตอบ:

กราฟเส้น ระหว่าง: 'เวลา' ตัวแปรต้น (สิ่งที่เราเปลี่ยน) โดยเขียนลงบนแกน 'x' (แนวนอน)

'อัตราการเต้นของหัวใจ' ตัวแปรตาม (สิ่งที่เราวัด) โดยบันทึกลงบนแกน 'y' กราฟเส้นจะมี 2 เส้น – ค่าที่ได้จากการอ่านของแต่ละเซ็นเซอร์จะแสดงบนเส้นกราฟคนละเส้น – โดยปกติจะเขียนเส้นกราฟโดยใช้สีต่างกันและมีคำอธิบายประกอบ เส้นกราฟที่เหมาะสมที่สุดควรจะลากผ่านจุดบนแต่ละกราฟ – ซึ่งจะกลายเป็นเส้นโค้ง

### 2. นักกีฬาเริ่มซ้อมเมื่อไหร่

คำตอบ:

ตอนที่ 1 – หลังจาก 2 นาที

ตอนที่ 2 – หลังจาก 3 นาที

### 3. อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะใช้เซ็นเซอร์อิเล็กโทรไลคราและเซ็นเซอร์ปกติอยู่ที่เท่าไร

คำตอบ:

รวมค่าอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละตอน และหารด้วยผลรวมของค่าทั้งหมด

ตอนที่ 1 –  $2,002/20 = 100.1$  ครั้งต่อนาที

ตอนที่ 2 –  $2,026/20 = 101.3$  ครั้งต่อนาที

### 4. ทำไมค่าเฉลี่ยทั้งสองถึงมีความแตกต่างกัน

คำตอบ:

เพราะเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัวอ่านค่าได้ต่างกัน

ในตอนที่ 2 ของการฝึกเริ่มหลังจาก 3 นาทีไม่ใช่ 2 นาที

อัตราการเต้นของหัวใจนักกีฬาจะไม่กลับสู่อัตราการพัก ดังนั้นค่าที่อ่านได้จะมีค่าที่สูงกว่าในตอนที่ 2 –

ในสถานการณ์นี้ ถ้าอิเล็กโทรไลคราถูกนำมาใช้เป็นเซ็นเซอร์สำหรับนักเรียนจะได้ค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าจากตอนที่ 1

### 5. จะสามารถทดสอบได้อย่างไรว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำตอบ:

มีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่าทดสอบแบบ T หรือ t-test)

6. หากต้องทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง จะปรับปรุงผลได้อย่างไร และทำไมวิธีนั้นจึงช่วยปรับปรุงผลของคุณ ครูฝึกนักกีฬาต้องการรู้ว่าการใช้อิเล็กทรอนิกส์โทรไลคราจะช่วยให้นักกีฬาได้และมีความแม่นยำมากกว่าเซ็นเซอร์ปกติหรือไม่

คำตอบ:

เริ่มออกกำลังกาย ณ เวลาเดียวกัน – หลังจาก 2 นาทีของแต่ละเซ็นเซอร์ ค่าที่อ่านอัตราการเต้นของหัวใจมีค่าสูงกว่าระหว่างกำลังออกกำลังกาย เซ็นเซอร์ปกติจะเริ่มวัดค่าได้ 1 นาที ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยจะสูงกว่าถ้าเริ่มวัดในเวลาเดียวกันเทียบกับการนำอิเล็กทรอนิกส์โทรไลครามาใช้เป็นเซ็นเซอร์

ในการตั้งค่าการอ่านควรจะวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกันให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับเซ็นเซอร์ปกติ นักกีฬาจะมีเวลาพักเพียง 10 นาที ค่าที่อ่านได้ที่สูงกว่าจากเซ็นเซอร์เนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของนักกีฬายังไม่กลับสู่ภาวะปกติหลังจากที่ได้ออกกำลังกายในช่วงแรก ข้อมูลจากตอนที่ 1 มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬา คือ 64 – มันกำลังลงมายังค่านี้ขณะที่เราเริ่มตอนที่ 2



อิเล็กทรอนิกส์โทรไลครา



เซ็นเซอร์ปกติ

7. ครูฝึกควรทำการทดลองเพื่อหาว่าเครื่องเซ็นเซอร์จะให้ผลที่แม่นยำ/ทำซ้ำได้และอ่านค่าได้ถูกต้องอย่างไร อธิบายแผนที่โค้ชควรทำ

คำตอบ:

คำตอบของนักเรียนควรระบุว่าเซ็นเซอร์แต่ละตัวจะต้องทดสอบหลายครั้งภายใต้เงื่อนไขเดียวกันให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพื่อให้อ่านค่าได้แม่นยำ/ทำซ้ำได้ เพื่อหาว่าเซ็นเซอร์ใดให้ค่าการอ่านที่แม่นยำที่สุด นักเรียนจะต้องอธิบายว่าค่าที่อ่านจากแต่ละเซ็นเซอร์จะต้องเปรียบเทียบกับค่า 'จริง' ของอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬานักเรียนอาจจะแนะนำวิธีการที่ต่างกันในการทำเช่นนี้ เช่น การวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้การวัดโดยใช้นาฬิกาจับเวลาหรือการวัดโดยใช้เครื่องออกกำลังกายในศูนย์กีฬาหรือในโรงพยาบาลโรคหัวใจ

8. นักเรียนทำนายว่าการทดลองจะให้ผลอย่างไร อธิบายโดยใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

คำตอบ:

คำตอบขึ้นกับแผนการทดลองที่นักเรียนได้วางไว้

## ใบความรู้เรื่อง: วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้าคืออะไร? What are electroluminescent materials?

วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้าทำให้เกิดแสงโดยการใส่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมัน วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้าทำจากส่วนผสมของโพลิเมอร์ที่เป็นสารกึ่งตัวนำ (ยกตัวอย่างเช่น วัสดุเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิ) กับโลหะปริมาณเล็กน้อย วัสดุเหล่านี้เป็นวัสดุออร์แกนิกคือถูกสร้างจากการเปล่งแสงที่ระดับพลังงานต่างกันเมื่อถูกกระตุ้น

โดยปกติ วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้าจะเปล่งแสงที่เป็นสีที่คงที่ ลำดับของแสงที่ปล่อยออกมาจะถูกกำหนดโดยปริมาณของพลังงานที่ปล่อยออกมาจากวัสดุออร์แกนิกที่อยู่ในสถานะกระตุ้น

การวัดระดับของแสงที่ปล่อยออกมาของวัสดุสามารถอธิบายได้โดยช่องว่างระหว่างแถบพลังงานของวัสดุ

วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้าได้นำมาใช้เป็นเรื่องธรรมดามากขึ้นในบ้านของเรา และนำมาใช้ในการแสดงผลของคอมพิวเตอร์พกพา และโทรทัศน์ LCD



### การใช้ในอุตสาหกรรม

วัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้านำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี ในการผลิตหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์ขนาดบาง (และโทรทัศน์) หน้าจอแสดงผลที่ถูกใช้ในคอมพิวเตอร์ (ส่วนใหญ่คือคอมพิวเตอร์พกพา) เรียกว่า จอแบน

ELD - electroluminescent display (หน้าจอเรืองแสงด้วยไฟฟ้า) ทำงานโดยการประกบแผ่นฟิล์มบางของสารฟอสฟอเรสเซนต์สองแผ่นเข้าด้วยกัน แผ่นหนึ่งเคลือบด้วยลวดในแนวตั้งและอีกแผ่นเคลือบด้วยลวดในแนวนอน โดยทำให้เกิดเป็นตาราง

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแผ่นลวดแนวนอนและแนวขวาง ฟิล์มฟอสฟอเรสเซนต์ที่รอยต่อจะเรืองแสง สร้างเป็นจุดแสงหรือจุดภาพ

เทคโนโลยีสารเรืองแสงด้วยไฟฟ้าได้นำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์โฆษณาทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็น งานโฆษณาสัญลักษณ์ การแสดง ร้านอาหาร บาร์ โรงภาพยนตร์ และยานพาหนะ

นอกจากนี้มีการนำวัสดุเรืองแสงด้วยไฟฟ้ามาใช้ในการผลิตสิ่งประดิษฐ์แปลกใหม่ เช่น เสื้อผ้า

## 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 การนำสไลม์ไปแช่ยังช่วยให้อุ่นเปลี่ยนสีเวลาที่เรากำหนดมันอุ่นขึ้นด้วยมือของเรา
6. ใช้น้ำอุ่นในการทำความสะอาดสไลม์ หากใช้สีผสมอาหาร อย่าลืมน้ำสัปดาห์ให้มือและโต๊ะเปียกได้



#### กิจกรรมที่ควรลองกับสไลม์เทอร์โมโครมิก

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



คู่มือการสอนสำหรับครู

# ภาคผนวก 1: บทบรรยายวิดิทัศน์

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

---

กิจกรรม	ลิงค์	ช่วงหยุดภาพ เพื่อพูดคุย
<p>กิจกรรมที่ 5: วัสดุอัจฉริยะมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทำอะไรบ้าง</p> <p>What are the possibilities for smart materials?</p>	<p>Play with smart materials สนุกกับวัสดุอัจฉริยะ</p> <p><a href="https://www.ted.com/talks/catarina_mota_play_with_smart_materials">https://www.ted.com/talks/catarina_mota_play_with_smart_materials</a></p>	<p>1:22, 1:53, 2:16, 2:43, 3:10, 3:58, 4:31, 5:01, 6:35, 7:42, 8:05,8:30, 9:03</p>

I have a friend in Portugal whose grandfather built a vehicle out of a bicycle and a washing machine so he could transport his family.

ฉันมีเพื่อนคนหนึ่งในโปรตุเกส คุณตาของเค้าเอารถจักรยานและเครื่องซักผ้า มาสร้างเป็นรถเพื่อใช้รับส่งคนในครอบครัว

He did it because he couldn't afford a car, but also because he knew how to build one.

เขาทำเช่นนี้ เพราะเขาไม่มีเงินพอที่จะซื้อรถ และเขาก็รู้วิธีการสร้างรถ

There was a time when we understood how things worked and how they were made. So we could build and repair them, or at the very least make informed decisions about what to buy.

เมื่อเราเข้าใจวิธีการทำงานของสิ่งต่างๆ รวมถึงวิธีการสร้างสิ่งเหล่านั้น เราจึงสามารถสร้าง และซ่อมแซมสิ่งของเหล่านั้นได้ หรืออย่างน้อยที่สุด ก็ใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจว่าซื้ออะไร

Many of these do-it-yourself practices were lost in the second half of the 20<sup>th</sup> century.

การลงมือทำด้วยตัวเอง (do-it-yourself) ได้หายไป ในครึ่งหลังของคริสต์ศตวรรษที่ 20

But now, the maker community and the open-source model are bringing this kind of knowledge about how things work and what they're made of back into our lives. And I believe we need to take them to the next level, to the components things are made of.

แต่ตอนนี้ สังคมของนักประดิษฐ์นั้น ได้กลับมาใหม่ ในรูปแบบ “โอเพนซอร์ส” ที่นำความรู้เกี่ยวกับการทำงานของสิ่งต่างๆ ว่ามันทำงานอย่างไร และมันทำด้วยอะไร ออกมาเผยแพร่ และฉันคิดว่าเราจำเป็นต้องทำต่อไปอีกระดับ จนถึงองค์ประกอบที่สร้างสิ่งเหล่านั้นขึ้นมา

For the most part, we still know what traditional materials, like paper and textiles, are made of and how they are produced.

ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ว เรารู้กันดีอยู่แล้วว่า วัสดุดั้งเดิมทั่วไป เช่นกระดาษและเส้นใย ทำมาจากอะไร รวมไปถึงวิธีที่จะผลิตมันขึ้นมา

Now we have these amazing, futuristic composites -- plastics that change shape, paints that conduct electricity, pigments that change color, and fabrics that light up.

แต่ตอนนี้ เรามีวัสดุใหม่ๆ ที่น่าพิศวง เช่น พลาสติกที่เปลี่ยนรูปร่างได้เอง สีที่สามารถใช้เป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า เม็ดสีที่เปลี่ยนสีเองได้ และเนื้อผ้าที่เปล่งแสงได้

Let me show you some examples.

ฉันจะแสดงให้คุณเห็นบางตัวอย่าง

So conductive ink allows us to paint circuits instead of using the traditional printed circuit boards or wires.

นี่คือ หมึกนำไฟฟ้าที่เราสามารถใช้ระบายสีวงจรรูปไฟฟ้า แทนที่จะใช้วิธีแบบดั้งเดิม ที่พิมพ์ลงแผ่นวงจรหรือใช้ลวด

In the case of this little example I'm holding, we used it to create a touch sensor that reacts to my skin by turning on this little light.

สำหรับตัวอย่างชิ้นเล็กๆ นี้ที่ฉันถืออยู่ เราใช้มันสร้าง เซ็นเซอร์แบบสัมผัส ที่เมื่อแตะกับผิวหนัง จะทำให้ไฟดวงเล็กๆ นี้ติด

Conductive ink has been used by artists, but recent developments indicate that we will soon be able to use it in laser printers and pens.

ศิลปินบางกลุ่มได้นำหมึกนำไฟฟ้านี้ไปใช้บ้างแล้ว แต่การพัฒนาล่าสุดบ่งชี้ว่า ในไม่ช้าเราจะสามารถ ใช้งานมัน ในเครื่องพิมพ์เลเซอร์และในปากกา

And this is a sheet of acrylic infused with colorless light-diffusing particles.

และนี่คือแผ่นอะคริลิคเรืองแสง ที่มีการผสมสารเรืองแสง ไม่มีสีไว้ข้างใน

What this means is that, while regular acrylic only diffuses light around the edges, this one illuminates across the entire surface when I turn on the lights around it.

ซึ่งมันมีความสำคัญเพราะในขณะที่อะคริลิคปกติ จะเรืองแสงหรือกระจายแสงเฉพาะรอบๆ ขอบ แต่อะคริลิคใหม่นี้เรืองแสงทั่วทั้งพื้นผิว เมื่อฉันเปิดไฟรอบๆ มัน

Two of the known applications for this material include interior design and multi-touch systems.

เท่าที่ทราบมีการประยุกต์ใช้วัสดุสองรูปแบบสำหรับวัสดุนี้ คือใช้ในการออกแบบตกแต่งภายในและในระบบมัลติ-ทัช

And thermochromic pigments change color at a given temperature.

และนี่คือ เม็ดสีที่เปลี่ยนสีได้ ตามอุณหภูมิที่กำหนด

So I'm going place this on a hot plate that is set to a temperature only slightly higher than ambient and you can see what happens.

ที่นี่ ฉันจะวางของชิ้นนี้บนเครื่องให้ความร้อนที่ถูกต้องค่า เป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อย แล้วคุณ จะเห็นว่าอะไรเกิดขึ้น

So one of the principle applications for this material is, amongst other things, in baby bottles, so it indicates when the contents are cool enough to drink.

หนึ่งในการประยุกต์ใช้วัสดุชนิดนี้ คือการใช้ในขวดนม สำหรับเด็กทารกเพื่อบ่งชี้ว่านมเย็นพอที่จะดื่มได้หรือยัง

So these are just a few of what are commonly known as smart materials.

และนี่เป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของวัสดุที่รู้จักกันทั่วไป ว่าเป็นวัสดุอัจฉริยะ

In a few years, they will be in many of the objects and technologies we use on a daily basis.

ไม่อีกกี่ปีข้างหน้า วัสดุพวกนี้ก็จะอยู่ในสินค้า และเทคโนโลยีที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน

We may not yet have the flying cars science fiction promised us, but we can have walls that change color depending on temperature, keyboards that roll up, and windows that become opaque at the flick of a switch.

เราอาจไม่ได้มีรถที่บินได้เหมือนในหนังแนววิทยาศาสตร์ แต่เราอาจมีกำแพงที่เปลี่ยนสีได้ ตามอุณหภูมิห้อง แป้นพิมพ์ที่ม้วนเก็บได้ และหน้าต่างที่เปลี่ยนเป็นสีทึบเมื่อกดสวิตช์

So I'm a social scientist by training, so why am I here today talking about smart materials?

ฉันเรียนจบมาเป็นนักสังคมศาสตร์ แล้ววันนี้ทำไมฉันจึงมาพูดเกี่ยวกับวัสดุอัจฉริยะ

Well first of all, because I am a maker. I'm curious about how things work and how they are made, but also because I believe we should have a deeper understanding of the components that make up our world, and right now, we don't know enough about these high-tech composites our future will be made of.

ก่อนอื่นเลย ต้องบอกว่าฉันเองเป็นนักประดิษฐ์ ฉันอยากรู้เสมอว่าสิ่งของต่างๆ ทำงานอย่างไร และถูกสร้างขึ้นมาอย่างไร แต่เนื่องจากฉันคิดว่า เราควรมีความเข้าใจที่ลึกมากขึ้น เกี่ยวกับวัสดุต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นโลกของเรา และตอนนี้ เรายังไม่รู้พอเกี่ยวกับวัสดุคอมโพสิตที่ทันสมัยเหล่านี้ที่จะถูกสร้างขึ้นในอนาคต

Smart materials are hard to obtain in small quantities. There's barely any information available on how to use them, and very little is said about how they are produced.

วัสดุอัจฉริยะเหล่านี้เองก็ยากที่จะได้มาในปริมาณน้อย และแทบจะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้และน้อยมากที่จะมีการพูดถึงเกี่ยวกับการผลิตพวกมัน

So for now, they exist mostly in this realm of trade secrets and patents only universities and corporations have access to.

ดังนั้นตอนนี้ วัสดุอัจฉริยะเหล่านี้จึงถูกจำกัดด้วยความลับทางการค้าและสิทธิบัตรที่เฉพาะมหาวิทยาลัยและองค์กรที่ร่วมมือกันถึงสามารถเข้าถึงได้

So a little over three years ago, Kirsty Boyle and I started a project we called Open Materials.

ดังนั้นเมื่อสามปีก่อนๆ ที่ผ่านมา เคิร์สตี บอยล์ และฉันเริ่มต้นโครงการที่เราเรียกว่า "เปิดโลกวัสดุ" (Open Materials)

It's a website where we, and anyone else who wants to join us, share experiments, publish information, encourage others to contribute whenever they can, and aggregate resources such as research papers and tutorials by other makers like ourselves.

ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่เรา หรือใครก็ตามที่อยากร่วมงานกับเรา ร่วมแลกเปลี่ยนการทดลอง และเผยแพร่ข้อมูล กระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วมให้มากที่สุด และรวบรวมทรัพยากรต่างๆ เช่น เอกสารการวิจัย และบทช่วยสอนจากนักประดิษฐ์เหมือนพวกเรา

We would like it to become a large, collectively generated database of do-it-yourself information on smart materials.

เราอยากให้เว็บนี้เติบโตใหญ่ เกิดเป็นการร่วมสร้างฐานข้อมูลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างวัสดุอัจฉริยะด้วยตนเอง

But why should we care how smart materials work and what they are made of?

แต่เหตุใดเราถึงต้องสนใจด้วยว่า วัสดุอัจฉริยะเหล่านี้ทำงาน หรือถูกสร้างขึ้นอย่างไร

First of all, because we can't shape what we don't understand, and what we don't understand and use ends up shaping us.

ก่อนอื่นคือ เราไม่สามารถสร้างอะไรที่เราก็ไม่เข้าใจ และถ้าเราไม่เข้าใจและใช้มัน ในที่สุดเราเองจะถูกสิ่งเหล่านั้นเปลี่ยนแปลง

The objects we use, the clothes we wear, the houses we live in, all have a profound impact on our behavior, health and quality of life.

สิ่งของที่เราใช้ เสื้อผ้าที่เราสวม บ้านที่เราอยู่ ทั้งหมดมีผลกระทบต่อพฤติกรรม สุขภาพ และคุณภาพชีวิตของเรา

So if we are to live in a world made of smart materials, we should know and understand them. ดังนั้นถ้าเราอยู่ใน โลกที่ทำจากวัสดุอัจฉริยะ เราควรรู้ และเข้าใจมัน

Secondly, and just as important, innovation has always been fueled by tinkerers.

สิ่งที่สองที่สำคัญพอๆกัน นวัตกรรมมักจะถูกค้นพบโดยนักประดิษฐ์มือสมัครเล่น

So many times, amateurs, not experts, have been the inventors and improvers of things ranging from mountain bikes to semiconductors, personal computers, airplanes.

ดังนั้นในหลายๆ ครั้ง นวัตกรรมถูกสร้างหรือปรับปรุงโดยมือสมัครเล่นไม่ใช่โดยผู้เชี่ยวชาญ นับจากจักรยานภูเขา สารกึ่งตัวนำ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปจนถึงเครื่องบิน

The biggest challenge is that material science is complex and requires expensive equipment. But that's not always the case.

ที่ทำท่ายที่สุดคือ วัสดุศาสตร์นั้นมีความซับซ้อน และส่วนใหญ่ต้องใช้อุปกรณ์ราคาสูงแต่นั้นไม่เสมอไปนะ

Two scientists at University of Illinois understood this when they published a paper on a simpler method for making conductive ink.

นักวิทยาศาสตร์ 2 คนจากมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์เข้าใจข้อนี้ดี เมื่อพวกเขาเผยแพร่บทความเกี่ยวกับวิธีอย่างง่ายสำหรับทำหมึกนำไฟฟ้า

Jordan Bunker, who had had no experience with chemistry until then, read this paper and reproduced the experiment at his maker space using only off-the-shelf substances and tools.

จอร์แดน บังเกอร์ ผู้ซึ่งไม่มีประสบการณ์ด้านเคมี จนกระทั่งได้อ่านบทความนั้น และทำการทดลองตามในสถานที่ของเขา ใช้เฉพาะวัสดุและเครื่องมือที่หาได้ทั่วไป

He used a toaster oven, and he even made his own vortex mixer, based on a tutorial by another scientist/maker.

เขาใช้เตาอบขนมปัง หรือแม้แต่เครื่องผสมที่ทำขึ้นเองตามคำแนะนำจากนักวิทยาศาสตร์/นักประดิษฐ์อีกคนหนึ่ง

Jordan then published his results online, including all the things he had tried and didn't work, so others could study and reproduce it.

แล้วจอร์แดนก็เผยแพร่ผลการทดลองของเขาลงบนโลกออนไลน์ ซึ่งรวมถึงสิ่งเขาได้พยายามแต่ไม่สำเร็จด้วย เพื่อให้ผู้อื่นสามารถศึกษา และนำไปทำต่อได้

So Jordan's main form of innovation was to take an experiment created in a well-equipped lab at the university and recreate it in a garage in Chicago using only cheap materials and tools he made himself.

นวัตกรรมของ จอร์แดน เปลี่ยนจากการใช้การทดลองที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่ ในมหาวิทยาลัย มาทำขึ้นในโรงเก็บรถเล็กๆ ในชิคาโก และใช้เฉพาะวัสดุราคาถูกลงและเครื่องมือที่เขาทำขึ้นเอง

And now that he published this work, others can pick up where he left and devise even simpler processes and improvements.

และตอนนี้เขาได้เผยแพร่ผลงานของเขา คนอื่นๆ ก็สามารถนำสิ่งที่เค้าทำให้ไปใช้ และอาจจะปรับให้มีวิธีการและการพัฒนาที่ดีหรือง่ายขึ้นไปอีก

Another example I'd like to mention is Hannah Perner-Wilson's Kit-of-No-Parts.

อีกตัวอย่างที่ฉันอยากพูดถึงคือ แฮนน่าห์ เพอร์เนอร์-วิลสัน จาก คัด-ออฟ-โน-พาร์ท

Her project's goal is to highlight the expressive qualities of materials while focusing on the creativity and skills of the builder.

เป้าหมายของโครงการของเธอคือการ การแสดงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ ในขณะที่เดียวกันก็มุ่งเน้นเรื่องความคิดสร้างสรรค์ และทักษะของผู้สร้าง

Electronics kits are very powerful in that. They teach us how things work, but the constraints inherent in their design influence the way we learn.

ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีประสิทธิภาพมากเพราะมันช่วยสอนเราว่าสิ่งต่างๆ ทำงานอย่างไร แต่ข้อจำกัดต่างๆ เนื่องจากการออกแบบชุดทดลองนั้นก็ส่งผลต่อวิธีการเรียนรู้ของเราด้วย

So Hannah's approach, on the other hand, is to formulate a series of techniques for creating unusual objects that free us from pre-designed constraints by teaching us about the materials themselves.

ดังนั้นวิธีการของแฮนน่าห์ หรืออาจจะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสร้างชุดเทคนิคสำหรับการสร้างสรรค์วัสดุพิเศษซึ่งทำให้เราหลุดพ้นข้อจำกัดของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ล่วงหน้า แต่เป็นการสอนให้เรารู้จักเกี่ยวกับตัววัสดุจริงๆ

So amongst Hannah's many impressive experiments, this is one of my favorites.

หนึ่งในการทดลองที่น่าสนใจของแฮนน่าห์ และนี่คือการทดลองหนึ่งที่ฉันชอบ

["Paper speakers"]

["ลำโพงกระดาษ"]

What we're seeing here is just a piece of paper with some copper tape on it connected to an mp3 player and a magnet.

ที่เราเห็นนี้เป็นเพียงกระดาษหนึ่งแผ่น และมีเทปทองแดงเชื่อมต่อกับเครื่องเล่น mp3 และแม่เหล็ก

(Music: "Happy Together")

(เพลง: "มีความสุขร่วมกัน - Happy Together")

So based on the research by Marcelo Coelho from MIT, Hannah created a series of paper speakers out of a wide range of materials from simple copper tape to conductive fabric and ink.

จากงานวิจัยของ มาร์เซลโล โคเอลโฮ จากมหาวิทยาลัยเอ็มไอที (MIT) แฮนน่าห์สร้างลำโพงกระดาษหลายแบบจากวัสดุที่หลากหลาย ตั้งแต่เทปทองแดงจนถึงผ้าและหมึกที่นำไฟฟ้าได้

Just like Jordan and so many other makers, Hannah published her recipes and allows anyone to copy and reproduce them.

เช่นเดียวกับจอร์แดนและนักประดิษฐ์อีกหลายๆ คน แชนนาห์เผยแพร่ผลงานของเธอ และอนุญาตให้คนอื่นสามารถคัดลอกหรือทำซ้ำได้

But paper electronics is one of the most promising branches of material science in that it allows us to create cheaper and flexible electronics.

กระดาษอิเล็กทรอนิกส์เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีอนาคตมาก ในวงการวัสดุศาสตร์ มันทำให้เราสามารถสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาที่ถูกลงและมีความยืดหยุ่นสูงขึ้น

So Hannah's artisanal work, and the fact that she shared her findings, opens the doors to a series of new possibilities that are both aesthetically appealing and innovative.

งานศิลปะของแชนนาห์และผลจากการที่เธอได้แลกเปลี่ยนผลงานของเธอกับคนอื่น ได้เปิดประตูให้กับโอกาสใหม่ๆ ที่มีทั้งความสร้างสรรค์ ความดึงดูดใจ และเป็นนวัตกรรม

So the interesting thing about makers is that we create out of passion and curiosity, and we are not afraid to fail.

สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับการเป็นนักประดิษฐ์คือการที่เราสร้างสิ่งต่างๆ จากความรัก และความอยากรู้อยากเห็น และเราไม่กลัวที่จะล้มเหลว

We often tackle problems from unconventional angles, and, in the process, end up discovering alternatives or even better ways to do things.

เรามักจะแก้ปัญหาจากมุมที่แปลกใหม่ และในกระบวนการนั้นเอง เรามักพบทางเลือกใหม่ หรือกระทั่งวิธีที่ดีกว่า การทำสิ่งต่างๆ

So the more people experiment with materials, the more researchers are willing to share their research, and manufacturers their knowledge, the better

chances we have to create technologies that truly serve us all.

ดังนั้น เมื่อยังมีคนมากขึ้นทดลองเกี่ยวกับวัสดุต่างๆ ก็จะมีนักวิจัยที่อยากแลกเปลี่ยนงานวิจัยของพวกเขาเพิ่มขึ้น และผู้ผลิตที่อยากแชร์ความรู้ของพวกเขา และมันจะนำมาซึ่งโอกาสที่ดีขึ้นในการสร้างเทคโนโลยีที่มีประโยชน์แก่ทุกคน

So I feel a bit as Ted Nelson must have when, in the early 1970s, he wrote, "You must understand computers now."

ดังนั้นฉันรู้สึกเหมือนที่ เท็ด เนลสัน (Ted Nelson) คงรู้สึกในขณะที่เขาได้เขียนไว้ในช่วงปี 1970 ว่า "คุณต้องเข้าใจคอมพิวเตอร์เดี๋ยวนี้"

Back then, computers were these large mainframes only scientists cared about, and no one dreamed of even having one at home.

ซึ่งในขณะนั้น คอมพิวเตอร์มักจะเป็นเมนเฟรมขนาดใหญ่ที่เฉพาะนักวิทยาศาสตร์เท่านั้นจะให้ความสนใจ และไม่มีใครกล้าฝันว่าจะมีคอมพิวเตอร์ที่บ้าน

So it's a little strange that I'm standing here and saying, "You must understand smart materials now." ดังนั้นมันอาจดูแปลกหน่อยที่ฉันยืนอยู่ที่นี่ และบอกคุณว่า "คุณต้องเข้าใจวัสดุอัจฉริยะตอนนี้"

Just keep in mind that acquiring pre-emptive knowledge about emerging technologies is the best way to ensure that we have a say in the making of our future.

ขอเพียงให้คุณทราบว่า การหาความรู้เบื้องต้น เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่กำลังเติบโตนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดเพื่อให้แน่ใจว่าเราจะได้ร่วมกำหนดอนาคตของเราเอง

Thank you.  
ขอบคุณค่ะ



กิจกรรม	ลิงค์	ช่วงหยุดภาพ เพื่อพูดคุย
กิจกรรมที่ 6: โลหะผสมจำรูปคืออะไร? What are shape-memory alloys?	Shape - Memory Alloy Demonstration การสาธิตโลหะผสมคงรูป <a href="http://youtube.com/watch?v=1rrPv5AIVXg">http://youtube.com/watch?v=1rrPv5AIVXg</a>	0:18 1:07 2:41 4:03 4:38

### Shape - Memory Alloy Demonstration การสาธิตโลหะผสมคงรูป

Well when we think of materials, we usually think of bending especially metal press it and last it a little bit like this. And then we permanently deform metal, and then we can't really get it back very easily and we have to do some special treatments to get that back to its original shape

เมื่อผมคิดถึงเกี่ยวกับวัสดุ เรามักจะคิดว่าถ้าเราดัดงอมัน เช่น แผ่นโลหะแบบนี้มันก็จะเปลี่ยนรูปถาวร และเราทำให้มันกลับมาเหมือนเดิมไม่ได้ง่ายๆ และอาจจะต้องทำอะไรพิเศษบางอย่างเพื่อให้มันกลับมาอยู่ในรูปเดิม

Now we have a shape-memory alloy, like this. It's got some really unique properties, but you don't see it other metals, for example it's super elastic.

ขณะนี้เรามีโลหะผสมคงรูปแบบนี้ มันมีคุณสมบัติที่เฉพาะเจาะจงหลายด้านที่เราไม่พบในโลหะอื่นๆ เช่น มันมีสภาพยืดหยุ่นยิ่งยวด

You would not be able to do that level of elasticity of normal metal without being permanently deformed. คุณจะไม่สามารถยืดหยุ่นมันได้ขนาดนี้โดยที่มันยังคงไม่เปลี่ยนรูปกับโลหะปกติ

It's also got this really cool behavior which is called shape-memory behavior.

มันมีพฤติกรรมที่เยี่ยมจริงๆ ซึ่งเราเรียกมันว่า พฤติกรรมคงรูป

To do that, I have to take it to a lower temperature so I'm just cooling it down here. I just let it cool and when it's at its low temperature phase I can deform it into any shape I like. Here you go.

ถ้าจะทำเช่นนั้น ผมจะต้องทำให้มันอยู่ในอุณหภูมิที่ต่ำลง ดังนั้นผมจะทำให้มันเย็นลงในนี้ ปล่อยให้มันเย็นและเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ผมก็จะสามารถเปลี่ยนรูปมันตามที่ผมต้องการ นี่ไง

And just to get it back to its original, high-temperature phase. To get it back, I just need to heat up now. Probably some warm water can do that. Here we go. It's recovered back to its high temperature phase.

และถ้าต้องการให้มันกลับคืนมายังรูปเดิมที่สภาวะอุณหภูมิสูง เพื่อให้มันกลับมาผมจะต้องให้ความร้อนกับมัน และนี่เราอาจจะใช้แค่น้ำอุ่นในการให้ความร้อน มันก็จะกลับสู่สภาวะที่อุณหภูมิสูง



Let see, I can have a bit of fun with this, take this and put all the way in there, here we go.

ดูนี่ ผมสามารถสนุกกับมันโดยการจุ่มมันลงไปแบบนี้ แบบนี้

Watch the end here because I don't want to get liquid spray into my face.

ดูส่วนปลายนี่เพราะผมไม่อยากให้น้ำกระเด็นโดนหน้าผม

Put all the way in just like a reverse rope trick. You just stick it all the way in. Look at this! It's eating all up, there you go.

ค่อยจุ่มลงไปแบบนี้ ให้ทั้งหมดนี้จุ่มลงไป ดูมันหายไปข้างในจนหมด แบบนี้

Now remember it's low temperature phases, and I try to get it all in and take it out, there you go.

จำตอนที่มันอยู่ในสถานะที่อุณหภูมิต่ำ ผมพยายามใส่ทั้งหมดลงไปแบบนี้และนำมันออกมา แบบนี้

Like this, it's held at a low temperature structure and as long as it doesn't warm up, it'll keep that structure. Of course I was room temperature here and room temperature is this is above the vital temperature which is called the transition temperature for that for the switching between the high temperature phase in the low temperature phase

มันจะคงรูปแบบนี้ ในโครงสร้างที่อุณหภูมิต่ำ เป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ ถ้าไม่ได้รับความร้อนมันจะรักษาโครงสร้างแบบนี้ไว้ และแน่นอนขณะนี้ผมอยู่ในอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิห้องนี้เป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิซีพ ซึ่งเรียกว่าอุณหภูมิทรานซิชัน ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนจากสถานะอุณหภูมิสูงและสถานะอุณหภูมิต่ำ

So eventually this will uncurl slowly now this will take a few minutes because it's got quite a high thermal mass it take a while to warm up to room temperature.

So I will speed up the film otherwise you're going to get a bit bored so just wait here and I'm going to twiddle this wire so you can see it going.

ดังนั้นมันจะค่อยๆ คลายเกลียวอย่างช้าๆ และจะใช้เวลาสองสามนาที เพราะว่ามันค่อนข้างที่จะมีมวลอุณหภาพที่สูง ซึ่งจะต้องใช้เวลาประมาณหนึ่งในการปรับอุณหภูมิให้ถึงอุณหภูมิห้อง ดังนั้นผมจะเร่งเวลาในการอัดวิดีโอ ไม่เช่นนั้นคุณจะรู้สึกเบื่อในการรอดูมัน รอดูนี่ผมจะค่อยๆ หมุนมันไปรอบๆ เพื่อคุณจะได้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

Here you are brilliant. Look at that, fantastic!

ดูซิมันสุดยอดจริงๆ ช่างน่าอัศจรรย์

So remember when it's at its high temperature phase I can push it into its low temperature phase by applying some stress that's called super elasticity or I can drop in temperature to a low temperature environment like this liquid nitrogen. I can drop it below its transition temperature.

จำรูปของมันตอนที่อยู่ในสถานะที่อุณหภูมิสูง ผมสามารถที่จะทำให้มันอยู่ในสถานะที่อุณหภูมิต่ำได้โดยการให้แรงกด ซึ่งเรียกว่า ความยืดหยุ่นยิ่งยวด หรือผมสามารถทำให้มันมีอุณหภูมิต่ำโดยนำมันไปไว้ในที่สถานะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ไนโตรเจนเหลว ผมสามารถทำให้มันมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิทรานซิชัน

Now it's a low temperature phase, I can deform it like I did it before and I can now take it out again but this time I'm going to try heats up quickly because before it took a while to heat up.

และตอนนี้มันอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ผมสามารถที่จะเปลี่ยนรูปมันได้เหมือนที่เคยทำก่อนหน้านี้ และผมสามารถที่จะนำมันออกมาอีกครั้ง โดยครั้งนี้ผมจะพยายามให้ความร้อนอย่างรวดเร็วเพราะว่าก่อนหน้านี้มันใช้เวลาค่อนข้างนานในการทำให้ร้อน

So obviously there's a lot of energy stored in there because I put a lot of energy to deform the material to its new phase. So here we go, I'm going to drop it again. I'm going to stand back there. It's gonna go like there. (laugh)

จริงแล้วมันมีพลังงานจำนวนมากที่เก็บไว้ในนั้นเพราะว่าผมได้ใส่พลังงานจำนวนมากการเปลี่ยนรูปของวัสดุไปยังสภาวะใหม่ ลองดูนี่ผมกำลังจะใส่มันลงไปอีกครั้ง ผมจะไปยืนอยู่ด้านหลัง มันกำลังจะเกิดขึ้นแบบนี้ (หัวเราะ)

Now we have it, it didn't quite close according to plan but never mind.

นี่ไง มันไม่ค่อยใกล้เคียงกับที่ควรจะเป็นแต่ไม่เป็นไร

I'll go it again just for the fun of it. You can see I gonna end an hour of fun with this. We go one two three (wow)

ผมจะลองทำอีกครั้ง เพื่อความสนุกสนาน คุณจะพบว่าผมสามารถที่จะสนุกกับมันได้เป็นชั่วโมง ลองดู 1 2 3 (ว้าว)

And there we've got it, look at that it fully transformed back again and of course that's to be expected because it's not diffusion slow crisis is actually done by shear transformation.

และนี่เราทำสำเร็จ ลองดูซิมันกลับมาเหมือนเดิมเต็มรูปแบบ และแน่นอนตามที่ควรจะเป็น เพราะว่ามันไม่ได้เป็นวิกฤติของการแพร่แบบช้าๆ แต่มันเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปแบบบิด

What we're done with this little clip is to cool it down and to bend it into a different shape at its low temperature phase and now is it slowly warms up on my warm hand, and it can revert to its original shape. So what's this useful David

สิ่งที่พวกเราได้ทดสอบกับคลิปขนาดเล็กโดยทำให้มันเย็นลงและมันก็จะงอเปลี่ยนเป็นรูปที่แตกต่างไป ณ สภาวะที่อุณหภูมิต่ำ และตอนนี้มันได้รับความร้อนอย่างช้าๆ จากมือและมันก็จะเปลี่ยนไปยังรูปร่างเดิมของมัน เป็นไงบ้าง มันเป็นประโยชน์หรือไม่ เดวิด

It was designed for bones fractures. Fractures and bones and put pin in either side of the fracture so you can imagine you drill a hole in your bone, pop one end and put the other end staple on the other side and as it warms up obviously closes the fracture side up.

มันได้ออกแบบมาเพื่อรักษากระดูกหัก กระดูกหักและกระดูกติดหมุดเข้าไปในข้างใดข้างหนึ่งของกระดูกที่หัก คุณลองคิดว่าเราคุณเจาะรูเข้าไปในกระดูกของคุณ ยกด้านหนึ่งขึ้นและสมานมันไว้กับอีกข้างหนึ่ง และเมื่อมันอุ่นขึ้นส่วนที่หักก็จะถูกดึงเข้ามาติดกัน

Now one of the beauties of the alloy is that you can tune the transition temperature so that you can have the shape memory effect at any temperature you like, between about minus hundred to plus hundred. This particular alloy you just have to change the composition of the alloy slightly.

หนึ่งความสวยงามของโลหะผสมนี้ก็คือเราสามารถที่จะปรับอุณหภูมิทรานซิชันได้ ซึ่งนั่นทำให้เราสามารถมีโลหะผสมจำรูปที่มีผลกับอุณหภูมิในระดับใดก็ได้ที่เราต้องการ ตั้งแต่ -100 จนถึง +100 โลหะผสมนี้คุณแค่เปลี่ยนองค์ประกอบของโลหะผสมเพียงเล็กน้อย

So anyhow here are the typical spring and this one's got a transition temperature of about 60 to 70 degrees. So I'm in its low-temperature state and that means I can deform it. It is low-temperature crystal phase called Martensite and it holds its shape

อย่างไรก็ตาม นี่คือสปริงปกติและมันมีอุณหภูมิทรานซิชันที่ประมาณ 60-70 องศา และตอนนี้มันอยู่ในภาวะที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ต่ำ นั่นหมายความว่าผมสามารถเปลี่ยนรูปมันได้และกลายเป็นคริสตัลใส ภาวะคริสตัลที่อุณหภูมิต่ำนี้เรียกว่า มาร์เทนไซต์ และมันก็จะอยู่ในรูปนี้

But again to get it back to its high temperature phase. I have to go above 60 degree. I've got some hot water here, and we go. It's going back to its original shape easy and I got my spring back again และถ้าต้องการให้มันกลับมาในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ผมก็ต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่า 60 องศา ผมมีน้ำร้อนอยู่ที่นี่ และคุณนี่ มันก็จะกลับมาอยู่ในรูปเดิมได้อย่างง่ายดาย และผมก็ได้สปริงของผมกลับมาอีกครั้ง

กิจกรรม	ลิงค์	ช่วงหยุดภาพ เพื่อพูดคุย
กิจกรรมที่ 16: QTC สามารถนำไปใช้ทำอะไรได้บ้างในอนาคต How could QTCs be used in the future?	Quantum Tunnelling Composite (QTC) clear ความชัดเจนเกี่ยวกับคอมโพสิตอูโมงค์ควอนตัม (QTC) <a href="https://www.youtube.com/watch?v=3_9duPm-rzc">https://www.youtube.com/watch?v=3_9duPm-rzc</a>	0:43 0:58 1:19 1:42

### Quantum Tunneling Composite (QTC) Clear ความชัดเจนเกี่ยวกับคอมโพสิตอูโมงค์ควอนตัม (QTC)

[Towards the Year 2020 Young Foresight Challenge]  
[ความท้าทายต่อหนุ่มอนาคตไกลปี 2020]

I'm David Lussey. My company is Peratech and we've been working with young foresight here in the Northeast

ผมคือ เดวิด ลูซเซย์ บริษัทของผมคือ เพราเทค และพวกเราได้ทำงานร่วมกับหนุ่มอนาคตไกลที่ทาง ตะวันออกเฉียงเหนือ

Even the smallest inventions have a big impact on all of us. We have invented a brand new substance called QTC.

แม้ว่าสิ่งประดิษฐ์เล็กที่สุดก็มีผลกระทบที่ยิ่งใหญ่ต่อพวกเราทุกคน พวกเราได้สร้างสารชนิดใหม่เรียกว่า QTC

This is QTC. It's like black rubber, but it isn't. It's a conductive substance which works under pressure. If I put it against this contacts, you can see that I can control lamps and other electronic devices just by pressing on it

นี่คือ QTC เหมือนกับยางสีดำ แต่มันไม่ใช่ มันเป็นสารตัวนำที่ทำงานภายใต้ความดัน ถ้าผมกดตรงนี้ คุณจะเห็นว่ามันสามารถควบคุมหลอดไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ เพียงแค่กด

QTC has billions of tiny conductive particles within it, held together in a plastic. These particles never actually touched. But when you moved QTC or put any source of pressure on it, they come closer together and that alters the flow of electricity between them.

QTC ประกอบด้วยอนุภาคตัวนำขนาดเล็กหลายพันล้านอนุภาคที่อยู่ข้างในนี้และอยู่รวมกันในพลาสติก อนุภาคเหล่านี้ไม่สัมผัสกัน แต่เมื่อเราเคลื่อนย้าย QTC หรือให้แรงดันกับมัน อนุภาคเหล่านี้จะเข้ามาใกล้กันและทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างอนุภาค

QTC allows us to design things in a different way.

This is a power tool with QTC panels on it.

QTC ทำให้เราสามารถออกแบบสิ่งของต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย นี่เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังงานที่มีแผง QTC อยู่ข้างใน

These now replace the on-off switch and the speed control because when we touch these panels it switches on the two and we can alter the speed by pressing them harder like this.

ตอนนี้เราได้แทนที่สวิตช์เปิด-ปิดบนและปุ่มควบคุมความเร็ว เพราะว่าเมื่อเราสัมผัสแผงเหล่านี้มันก็จะเปิด-ปิด และเราก็สามารถเพิ่มความเร็วโดยการกดให้แรงขึ้นแบบนี้

That's the power to the future. QTC can be put onto any surface to make it touch sensitive.

นี่เป็นสิ่งที่มีความเป็นไปได้ในอนาคต QTC สามารถใส่ลงในพื้นผิวอะไรก็ได้ทำให้มันรับสัมผัสได้ดี

But you can put it into textiles or clothing. When we do that, we call it soft switch. And down here I'm got the soft switch piano. You can see it's made of the textile.

คุณสามารถใส่มันลงไปในเส้นใยหรือเสื้อผ้า เมื่อเราทำเช่นนั้น เราเรียกมันว่าสวิตช์อ่อน และนี่ผมมีเปียโนที่เป็นสวิตช์อ่อน คุณคงเห็นว่ามันทำจากเส้นใย

But the difference is when this one gets to dirty you can throw it in the wash.

มันต่างจากเปียโนอื่นๆ ตรงที่ ถ้ามันเลอะคุณสามารถโยนมันลงในเครื่องซักผ้าได้

My challenge to you is using QTC imagine what products or Services you could design for the future.

สิ่งที่ผมอยากท้าทายคุณคือ ลองจินตนาการดูว่ามีผลิตภัณฑ์หรือการบริการใดบ้างที่สามารถออกแบบโดยใช้ QTC สำหรับใช้ในอนาคต



คู่มือการสอนสำหรับครู

ภาคผนวก 2: การสั่งซื้ออุปกรณ์วัสดุอัจฉริยะ:  
Smart Material  
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

---

## การสั่งซื้อวัสดุอัจฉริยะจากช่องทางออนไลน์

ในการสอนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 หากครูผู้สอนไม่สามารถหาอุปกรณ์วัสดุอัจฉริยะในร้านค้าท้องถิ่น สามารถสั่งซื้อวัสดุอัจฉริยะได้จากช่องทางออนไลน์ โดยแนะนำให้สั่งซื้อผ่านเว็บไซต์ Amazon (<https://www.amazon.com/>) หรือ Ebay (<http://www.ebay.com/>) ซึ่งมีราคาไม่แพง

แต่หากคุณครูประสบปัญหาในการสั่งซื้ออุปกรณ์วัสดุอัจฉริยะจากเว็บไซต์สองแห่งนี้ สามารถสั่งซื้ออุปกรณ์วัสดุอัจฉริยะได้จากผู้ให้บริการอื่นๆ ตามตารางด้านล่าง (ราคาที่ยระบุยังไม่รวมค่าจัดส่ง หรือค่าภาษี)

ทั้งนี้ อุปกรณ์วัสดุอัจฉริยะส่วนใหญ่สามารถสั่งซื้อได้จาก <http://www.mindsetonline.co.uk>

กิจกรรม	อุปกรณ์วัสดุอัจฉริยะ	จำนวน	ราคา	เว็บไซต์ที่สามารถสั่งซื้อได้
กิจกรรมที่ 4 วัสดุอัจฉริยะ สามารถทำ สิ่งใดได้บ้าง What can smart materials do?	สารเทอร์โมโครมิก- ช้อนพลาสติก Thermochromic plastic spoon	3 ชิ้น	ชิ้นละ £3.79	<a href="http://www.colourchanging.co.uk/babies-children/baby-feeding-spoons/3-colour-changing-feeding-spoons/prod_35.html">http://www.colourchanging.co.uk/babies-children/baby-feeding-spoons/3-colour-changing-feeding-spoons/prod_35.html</a>
	สารเทอร์โมโครมิก- หลอดดูดน้ำ Thermochromic straws	25 ชิ้น	ชิ้นละ £2.99	<a href="http://www.colourchanging.co.uk/around-the-home/colour-changing-straws/25-colour-changing-straws-medium-/prod_350.html">http://www.colourchanging.co.uk/around-the-home/colour-changing-straws/25-colour-changing-straws-medium-/prod_350.html</a>
	ฟิล์มเทอร์โมคัลเลอร์ Thermocolour film	1 ชิ้น	ชิ้นละ £14.34 (ใช้แค่ 1 ชิ้น สำหรับการ สอนใน 1 คาบเรียน)	<a href="http://www.mindsetonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/thermocolour-film-starter-pack?productID=bbf40d12-af5b-482e-a004-cd52ed3cfd1f&amp;catalogueLevelItemID=6ee24db4-73e6-4220-9749-037606d90133">http://www.mindsetonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/thermocolour-film-starter-pack?productID=bbf40d12-af5b-482e-a004-cd52ed3cfd1f&amp;catalogueLevelItemID=6ee24db4-73e6-4220-9749-037606d90133</a>
	ลวดโลหะจำรูป Shape-memory wire	1.5 เมตร	€7.39	<a href="http://smartwires.eu/index.php?id_product=2&amp;controller=product&amp;id_lang=1">http://smartwires.eu/index.php?id_product=2&amp;controller=product&amp;id_lang=1</a>

	ไฮโดรเจล Hydrogel	1 ชิ้น (500 g)	£9.70	<a href="http://www.brecklandscientific.co.uk/product-p/smp-250-100.htm">http://www.brecklandscientific.co.uk/product-p/smp-250-100.htm</a>
	ไฮโดรเจล Hydrogel	1 ชิ้น (114g)	\$6.95	<a href="http://www.teachersource.com/product/water-gel-crystals-ghost-crystals/chemistry">http://www.teachersource.com/product/water-gel-crystals-ghost-crystals/chemistry</a>
	ลูกบิดไวแสงยูวี UV-sensitive beads	50 ชิ้น	£8.99	<a href="http://www.grand-illusions.com/acatalog/UV_Beads.html">http://www.grand-illusions.com/acatalog/UV_Beads.html</a>
	ฟิล์มเรืองแสงในที่มืด Glow in the dark film	1 ชิ้น (500 x 350mm)	£20.34 (ใช้แค่ 1 ชิ้น สำหรับการ สอนใน 1 คาบเรียน)	<a href="http://www.mindsetonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/glow-in-the-dark-film-luminescent-film-?productID=3404449b-d4f2-4c6c-9f5d-bece4c2eaf64&amp;catalogueLevelItemID=8d0c3c93-f94a-483a-a07f-68c151b6df48">http://www.mindsetonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/glow-in-the-dark-film-luminescent-film-?productID=3404449b-d4f2-4c6c-9f5d-bece4c2eaf64&amp;catalogueLevelItemID=8d0c3c93-f94a-483a-a07f-68c151b6df48</a>
	หลอดยูวี UV Lamp	1 ชิ้น	£18.00	<a href="http://www.coleparmer.co.uk/Product/UVL_UVL_4_Handheld_Mini_Ultraviolet_Lamp_4_watt_365_nm/WZ-97602-12">http://www.coleparmer.co.uk/Product/UVL_UVL_4_Handheld_Mini_Ultraviolet_Lamp_4_watt_365_nm/WZ-97602-12</a>
	ที่ป้องกันตาจากแสงยูวี UV filtering eye protection	1 ชิ้น	£4.30	<a href="http://www.preservationequipment.com/Catalogue/Equipment-Tools/Gloves/Ultraviolet-Safety-Spectacles-P946-0400">http://www.preservationequipment.com/Catalogue/Equipment-Tools/Gloves/Ultraviolet-Safety-Spectacles-P946-0400</a>
<b>กิจกรรมที่ 7</b> โลหะผสม จำรูปทำงาน อย่างไร How do shape- memory alloys really work?	ลวดนิตินอล Nitinol wire	1.5m	€7.39 (ใช้แค่ 1 ชิ้น สำหรับการ สอนใน 1 คาบเรียน)	<a href="http://smartwires.eu/index.php?id_product=2&amp;controller=product&amp;id_lang=1">http://smartwires.eu/index.php?id_product=2&amp;controller=product&amp;id_lang=1</a>



<p><b>กิจกรรมที่ 10</b> วัสดุเพียโซ อิเล็กทริก ทำงาน อย่างไร How do piezoelectric materials work?</p>	<p>ตัวแปรสัญญาณเพียโซ Piezo transducer</p>	<p>1 ชิ้น</p>	<p>£1.14</p>	<p><a href="http://www.hobbytronics.co.uk/piezo-transducer-5v">http://www.hobbytronics.co.uk/piezo-transducer-5v</a></p>
<p><b>กิจกรรมที่ 13</b> ความ ต้านทานของ คอมโพสิต อูมิงค์ ควอนตัม (QTC pill) เปลี่ยนแปลง ไปอย่างไรเมื่อ ใส่แรงบีบอัด How does the resistance of a quantum tunnelling composite (QTC) 'pill' change when pressure is applied?</p>	<p>QTC pills</p>	<p>1 ชิ้น</p>	<p>£0.72</p>	<p><a href="http://www.technobotsonline.com/qtc-pill.html">http://www.technobotsonline.com/qtc-pill.html</a></p>
<p><b>กิจกรรมที่ 17</b> อิเล็กโทร ไลครา คืออะไร What is electrolycra?</p>	<p>แถบผ้าอิเล็กโทรไลครา Electrolycra strip</p>	<p>1 ชิ้น</p>	<p>£39.59 (ใช้แค่ 1 ชิ้น สำหรับการสอนใน 1 คาบเรียน)</p>	<p><a href="http://www.mindsetsonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/electrolycra?productID=1ffaa9bf-0b98-4599-bae8-6cd00b68b17d&amp;catalogueLevelItemID=dd45e5bd-734f-408a-a80d-ba436acf6563">http://www.mindsetsonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/electrolycra?productID=1ffaa9bf-0b98-4599-bae8-6cd00b68b17d&amp;catalogueLevelItemID=dd45e5bd-734f-408a-a80d-ba436acf6563</a></p>

<p><b>กิจกรรมที่ 21</b></p> <p>เราจะมีวิธี ทำโคมไฟ กลางคืน อย่างไร How can we make a night light?</p>	<p>หลอดเรืองแสงด้วยไฟฟ้า Electroluminescent wire – per foot -</p>	<p>1 คาบเรียน จะใช้ 2 ฟุต ต่อนักเรียน 1 กลุ่ม/คู่</p>	<p>\$0.99 ต่อฟุต</p>	<p><a href="http://elwireonline.com/">http://elwireonline.com/</a></p>
<p><b>กิจกรรมที่ 23</b></p> <p>เราจะมีวิธี ทำสไลม์ ที่เปลี่ยนสี ตาอุณหภูมิ ได้อย่างไร How can we make thermochromic slime?</p>	<p>เม็ดสีที่เปลี่ยนตาม อุณหภูมิ Thermochromic pigment</p>	<p>1 ช้อน (ควรซื้อ 5 ช้อน สำหรับ 1 คาบเรียน)</p>	<p>£2.70</p>	<p><a href="http://www.mindsetsonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/thermochromic-pigments?productID=f5b261be-6a9d-4262-a436-20320965b12a&amp;catalogueLevelItemID=00000000-0000-0000-0000-000000000000">http://www.mindsetsonline.co.uk/Catalogue/ProductDetail/thermochromic-pigments?productID=f5b261be-6a9d-4262-a436-20320965b12a&amp;catalogueLevelItemID=00000000-0000-0000-0000-000000000000</a></p>



## 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 ตุ่มวารี่
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](http://www.britishcouncil.or.th)  
[www.newtonfund.ac.uk](http://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>