

ขอบเขตการจ้างงาน (TOR)

การจ้างทำสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์
ประกอบหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์
จำนวน 14 เรื่อง ด้วยวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (e-bidding)

1. ความเป็นมา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหน่วยงานหลักในการยกระดับ การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ ทั้งนี้จากหนังสือเรียนแล้ว สื่อการเรียนรู้ ยังเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับใช้ประกอบการเรียนรู้ในหนังสือเรียน ในการนี้ สสวท. ได้มีการพัฒนาสื่อใน รูปแบบสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation) เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียน สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการ จัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผล การเรียนรู้ สาระฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รวมทั้งการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่สอดคล้องกับแนวทางการขับเคลื่อนการจัดการศึกษาฐานสมรรถนะในปัจจุบัน จึงต้องจัดจ้างผู้ผลิตสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมี ปฏิสัมพันธ์ ที่มีประสิทธิภาพและความชำนาญ เข้าใจในบริบทของการนำเสนอเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ อันจะส่งผลต่อการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์

2. วัตถุประสงค์

จ้างพัฒนา “สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์” ที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ ประกอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำนวน 14 เรื่อง

3. คุณสมบัติของผู้ยื่นข้อเสนอ

- 3.1 มีความสามารถตามกฎหมาย
- 3.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย
- 3.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ
- 3.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของ กรมบัญชีกลาง

- 3.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วน ผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย
- 3.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา
- 3.7 เป็นนิติบุคคลผู้มีอาชีพรับจ้างงานที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว
- 3.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ในครั้งนี้
- 3.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น
- 3.10 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนในระบบอิเล็กทรอนิกส์ของกรมบัญชีกลางที่เว็บไซต์ศูนย์ข้อมูลจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (e-Government Procurement: e-GP) ของกรมบัญชีกลาง
- 3.11 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ เป็นไปตามหนังสือคณะกรรมการวินิจฉัยปัญหาการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ ด่วนที่สุด ที่ กค (กวจ) ที่ 0405.2/ว124 ลงวันที่ 1 มีนาคม 2566
- 3.12 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องมีเอกสารหนังสือรับรองผลงานหรือสำเนาสัญญาจ้าง ผลงานประเภทเดียวกันกับงานที่จัดจ้าง ในวงเงินไม่น้อยกว่า 500,000 บาท (ห้าแสนบาทถ้วน) ต่อสัญญาฉบับเดียว จำนวนไม่น้อยกว่า 1 สัญญา ที่มีอายุไม่เกิน 3 ปี (นับถึงวันที่ยื่นข้อเสนอ) ซึ่งต้องเป็นผลงานที่สิ้นสุดและไม่มีพันธะผูกพันกับหน่วยงานผู้ว่าจ้างแล้ว และเป็นผลงานที่เป็นคู่สัญญาโดยตรงกับส่วนราชการหน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจหรือหน่วยงานเอกชน

4. ขอบเขตของการดำเนินงาน

สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ ประกอบหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำนวน 14 เรื่อง ดังนี้

- 1) ฟิซซัน
- 2) ปฏิวัติธาตุไฮโดรเจน
- 3) โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก
- 4) การสะท้อนของคลื่น
- 5) ปฏิกิริยาการแผ่รังสีอิเล็กตรอน
- 6) เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์
- 7) เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว
- 8) ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยว

9) การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน

10) Sound Experiment

11) เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

12) เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา

13) เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

14) เครื่องกลอย่างง่าย: คาน

เพื่อให้ปรากฏผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดกรอบขอบเขตของการดำเนินงาน ซึ่งผู้รับจ้างต้องดำเนินงาน ดังนี้

- 4.1 ผู้รับจ้างต้องจัดทำแผนการดำเนินงานตลอดระยะเวลาตามสัญญา เพื่อให้ สสวท. พิจารณาก่อนเริ่มดำเนินงาน
- 4.2 ผู้รับจ้างต้องจัดทำแผนการใช้วัสดุที่ผลิตภายในประเทศ โดยต้องใช้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของมูลค่าวัสดุที่จะใช้ในงานจ้างนี้ (ถ้ามี)
- 4.3 งานด้านการผลิตสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์
 - 4.3.1 ด้วยรูปแบบที่เป็นงานภาพเคลื่อนไหวและภาพที่สามารถตอบโต้ปฏิสัมพันธ์ สำหรับการใช้งานด้วยเว็บเบราว์เซอร์แบบออนไลน์ ในอุปกรณ์พกพา (mobile device) ทั้งแท็บเล็ต และสมาร์ทโฟน ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ iOS และระบบปฏิบัติการ Android รวมทั้งในคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows และ macOS ให้สามารถแสดงผลตามที่ระบุในเอกสารประกอบเนื้อหาในการจัดจ้างทำสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ ดังเอกสารแนบในภาคผนวก
 - 4.3.2 เว็บเบราว์เซอร์ที่สามารถใช้งานสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ได้ ตามข้อ 4.3.1 ได้แก่
 - Google Chrome สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows, macOS, Android เวอร์ชัน 103 ขึ้นไป
 - Google Chrome สำหรับระบบปฏิบัติการ iOS เวอร์ชัน 103 ขึ้นไป
 - Safari สำหรับระบบปฏิบัติการ iOS และ macOS เวอร์ชัน 16 ขึ้นไป
 - Microsoft Edge สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows เวอร์ชัน 103 ขึ้นไป
 - 4.3.3 ผู้รับจ้างต้องออกแบบกราฟิก วิธีการมีปฏิสัมพันธ์ รูปแบบการนำเสนอเนื้อหาและคำถามให้มีการแสดงผลที่เหมาะสมและน่าสนใจสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพิจารณาร่วมกับคณะทำงานของ สสวท.

- 4.4 ภายใน 45 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา ผู้รับจ้างต้องนำเสนอร่างผลงานสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (mock up) ของแต่ละเรื่อง จำนวน 14 เรื่อง ตามรายละเอียดข้อ 4.3 ที่มีการจัดทำลำดับเนื้อหา รวมทั้งการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface: UI) และประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience: UX) เพื่อให้ สสวท. พิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง และดำเนินการปรับแก้ไขงานตามข้อเสนอแนะของทาง สสวท. ก่อนการผลิตจริง โดยมีคำบรรยายพร้อมระบุลักษณะภาพที่จะนำเสนอ เพื่อใช้ดำเนินการผลิตสื่อดิจิทัลตามรายละเอียดในเอกสารภาคผนวก
- 4.5 ผู้รับจ้างต้องมีเจ้าหน้าที่ประสานงานในการพัฒนาสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนกระทั่งแล้วเสร็จ
- 4.6 เนื้อหา คำบรรยาย คำพูด กราฟิก และภาพ ของสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ต้องมีความถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยผ่านการตรวจสอบจากนักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญ และคณะกรรมการตรวจรับของ สสวท. คณะกรรมการตรวจรับมีสิทธิ์สั่งให้ผู้รับจ้างผลิตสื่อดิจิทัลใหม่ได้ ถ้าเห็นว่าสื่อที่ผลิตไม่มีความเหมาะสม
- 4.7 ผู้รับจ้างต้องจัดอบรมเชิงปฏิบัติการแบบออนไลน์หรือออนไซต์ ให้แก่บุคลากรของ สสวท. จำนวนไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมง โดยครอบคลุมเนื้อหาดังนี้
- 4.7.1 การเข้าถึงและการจัดการ Source Code และไฟล์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสื่อฯ
- 4.7.2 การแก้ไขข้อความ กราฟิก การมีปฏิสัมพันธ์ และส่วนแสดงผลต่าง ๆ ของสื่อ
- 4.7.3 การทดสอบและการติดตั้งสื่อฯ เพื่อการใช้งานจริง
- 4.8 หากมีการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดใด ๆ ในการผลิตสื่อ ต้องได้รับความเห็นชอบจาก สสวท. และ สสวท. มีสิทธิ์สั่งให้ผู้รับจ้างปรับแก้ไขให้มีความเหมาะสม
- 4.9 ผู้รับจ้างจะต้องส่งมอบไฟล์ Digital Assets งานต้นฉบับทั้งหมด โดยจัดเก็บไฟล์สื่ออย่างเป็นระบบ และส่งมอบให้ สสวท.

5. กำหนดเวลาส่งมอบพัสดุ

ภายใน 120 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาจ้าง

6. หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

เกณฑ์ราคา

7. วงเงินงบประมาณ/วงเงินที่ได้รับการจัดสรร

จำนวนเงิน 1,372,000 บาท (หนึ่งล้านสามแสนเจ็ดหมื่นสองพันบาทถ้วน) ซึ่งได้รวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว

8. งานและการจ่ายเงิน

งวดที่ 1 เป็นจำนวนเงินร้อยละ 10 ของวงเงินตามสัญญา เมื่อผู้รับจ้างได้ปฏิบัติงานให้แล้วเสร็จตามสัญญาและส่งมอบงานดังต่อไปนี้ ภายใน 45 (สี่สิบห้า) วัน นับถัดจากวันลงนามสัญญา

- แผนการดำเนินงานตามที่กำหนดในข้อ 4.1 โดยส่งมอบภายใน 10 (สิบ) วัน นับถัดจากวันลงนามสัญญา
- แผนการใช้วัสดุที่ผลิตภายในประเทศ โดยต้องใช้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของมูลค่าวัสดุที่จะใช้ในงานจ้างนี้ (ถ้ามี) ตามที่กำหนดในข้อ 4.2 โดยส่งมอบภายใน 10 (สิบ) วัน นับถัดจากวันลงนามสัญญา
- ร่างผลงานสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (mock up) ที่จะผลิตของแต่ละเรื่องจำนวน 14 เรื่อง ตามรายละเอียดข้อ 4.3 ภายใน 45 (สี่สิบห้า) วัน นับถัดจากวันลงนามสัญญา โดยนำส่งไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ของร่างผลงานตามลิงก์ที่ สสวท. จะแจ้งภายหลัง หรือบันทึกไฟล์ลงใน external hard disk จำนวน 1 ชุด

งวดที่ 2 เป็นจำนวนเงินร้อยละ 90 ของวงเงินตามสัญญา เมื่อผู้รับจ้างได้ปฏิบัติงานให้แล้วเสร็จตามสัญญาและส่งมอบงานดังต่อไปนี้ ภายใน 120 (หนึ่งร้อยยี่สิบ) วัน นับถัดจากวันลงนามสัญญา

- 1) สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ ประกอบหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ที่ได้ดำเนินการปรับแก้ไขเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ตามขอบเขตการดำเนินงานในข้อ 4. ในรูปแบบไฟล์ความละเอียดสูง (HD) สกุลไฟล์ html css และ js ที่ใช้สำหรับเผยแพร่จำนวน 14 เรื่อง
- 2) Digital Assets ทั้งหมดที่ใช้ในการจัดทำสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ ประกอบหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ตามขอบเขตการดำเนินงานข้อ 4.
- 3) ภาพ Thumbnail ที่มีขนาด 360x253 และ 1920x1080 px ตามขอบเขตการดำเนินงานข้อ 4.
- 4) เอกสารหลักฐานที่มาของลิขสิทธิ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานจ้างครั้งนี้ (ถ้ามี)

โดย ข้อ 1) – 3) ผู้รับจ้างต้องจัดทำไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ และนำส่งไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ตามลิงก์ที่ สสวท. จะแจ้งภายหลัง หรือบันทึกไฟล์ลงใน external hard disk จำนวน 1 ชุด โดยแยกโฟลเดอร์การเก็บให้ชัดเจน

9. อัตราค่าปรับ

ในกรณีที่ผู้รับจ้างทำงานล่าช้าไม่เสร็จตามสัญญาที่กำหนด ผู้รับจ้างต้องชำระค่าปรับต่อวันเป็นจำนวนเงินร้อยละ 0.1 ของมูลค่าในการจ้าง

10. การกำหนดระยะเวลาประกันความชำรุดบกพร่อง

- 10.1 ผู้รับจ้างจะต้องแก้ไขสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ จนสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ และใช้งานได้กับอุปกรณ์และระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในขอบเขตการดำเนินงานข้อ 4
- 10.2 ผู้รับจ้างต้องรับประกันผลงานให้ใช้งานได้ถูกต้องเป็นระยะเวลา 1 ปี หลังจากวันส่งมอบงาน และตรวจรับผ่านแล้ว หากเกิดความชำรุดบกพร่อง ต้องปรับแก้ภายใน 10 วัน



11. ลิขสิทธิ์

- 11.1 ผลงานที่ผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้ว (สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ และเอกสารที่ได้พัฒนาหรือจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในงานนี้ทั้งหมด) รวมถึงสื่ออื่น ๆ ที่ใช้ประกอบสื่อ ถือเป็นลิขสิทธิ์ของ สสวท. โดยเด็ดขาด ซึ่ง สสวท. สามารถนำไปใช้เผยแพร่ได้ในสื่อทุกประเภท โดยไม่จำกัดเงื่อนไขทั้งรูปแบบออฟไลน์และออนไลน์
- 11.2 ผู้รับจ้างต้องไม่นำงานที่ผลิตให้กับ สสวท. ไปเผยแพร่หรือกระทำการใด ๆ เพื่อแสวงหาผลประโยชน์โดยมิได้รับอนุญาตจาก สสวท.
- 11.3 ผู้รับจ้างจะต้องระบุที่มาและเงื่อนไขการใช้สื่อใด ๆ ก็ตามที่ได้มาโดยมีลิขสิทธิ์คุ้มครองอย่างชัดเจน
- 11.4 กรณีที่ผู้รับจ้างจำเป็นต้องใช้ตัวอักษร และภาพจากผู้อื่น โดยการซื้อหรือเช่าจะต้องได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิ์ได้โดยไม่จำกัด
- 11.5 หากมีการละเมิดลิขสิทธิ์หรือสิทธิอื่นใดที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่นำมาใช้กับงานที่รับจ้าง ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบต่อการกระทำนั้นทั้งหมด รวมทั้งต้องชำระค่าเสียหายและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเมื่อถูกดำเนินคดี
- 11.6 สสวท. ทรงไว้ซึ่งสิทธิ์ที่จะพิจารณาบอกเลิกจ้าง และหากการกระทำดังกล่าวก่อให้เกิดความเสียหายกับ สสวท. ไม่ว่าในทางใด ผู้รับจ้างจะต้องชดเชยค่าเสียหายที่เกิดขึ้นตามมูลค่าที่ สสวท. จะเรียกร้อง
- 11.7 ในกรณีที่บุคคลภายนอกกล่าวอ้างหรือใช้สิทธิเรียกร้องใด ๆ ว่ามีการละเมิดลิขสิทธิ์หรือสิทธิบัตรเกี่ยวกับงานที่ผู้รับจ้างส่งมอบให้แก่ สสวท. ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทั้งปวงเพื่อให้การกล่าวอ้างหรือการเรียกร้องดังกล่าวระงับสิ้นไปโดยเร็ว ทั้งนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ชำระค่าเสียหายและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

12. เงื่อนไขอื่น ๆ

- 12.1 ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ชำระค่าอากรแสตมป์ตามมูลค่าการจ้างงาน โดยชำระในอัตรา 1,000 บาท ต่ออากร 1 บาท
- 12.2 ผู้รับจ้างต้องใช้โปรแกรมในการพัฒนาสื่อที่ถูกลิขสิทธิ์ และไม่มีโฆษณาแอบแฝง
- 12.3 ผู้รับจ้างจะไม่โอนงานให้ผู้อื่นดำเนินการแทน

13. ภาคผนวก

- ภาคผนวก รายละเอียดเนื้อหาและรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ของสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่ให้ผลิต จำนวน 14 เรื่อง

ภาคผนวก

รายละเอียดเนื้อหาและรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ของ

สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

ประกอบหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์



ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง ฟิชชัน

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	
---------------	--

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง ฟิชชัน มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการฟิชชันที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เริ่มตั้งแต่ การที่นิวตรอนเคลื่อนที่ไปพบกับนิวเคลียสของธาตุหนักแล้วถูกจับโดยนิวเคลียสนั้น ส่งผลให้นิวเคลียสไม่เสถียรแล้วแยกออกเป็นนิวเคลียสของธาตุที่เบากว่า พร้อมปลดปล่อยพลังงานและนิวตรอนออกมา

ผู้เรียนจะได้โต้ตอบกับสื่อโดยสวมบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลอง สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเกิดฟิชชัน เช่น ระดับความเร็วของนิวตรอน การใช้ตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน (moderator) ระบบจะแสดงผลลัพธ์เป็นตัวเลข ณ เวลาจริง เช่น ค่าพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน เพื่อให้นักเรียนได้สังเกต คำนวณ บันทึก และวิเคราะห์เพื่อสรุปผลและตอบคำถาม

สื่อดิจิทัลมีการตอบสนองแบบเรียลไทม์ เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ พร้อมเสียงชาวด์เอฟเฟคและเสียงบรรยายความหมายของคำ วัสดุอุปกรณ์ และ คำอธิบายต่าง ๆ ตลอดการใช้งานสื่อ โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดประมาณ 10 - 15 นาที

ขอบเขตของสื่อ	
---------------	--

สื่อการเรียนรู้นี้เป็น สถานการณ์จำลองเชิงโต้ตอบ (Interactive Simulation) ที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน โดยครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ เกี่ยวกับ กลไกการเกิดฟิชชัน: แสดงแอนิเมชันการปล่อยนิวตรอนไปพบนิวเคลียสเป้าหมาย การแยกออกจากกันของนิวเคลียส และการปลดปล่อยพลังงาน

เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สื่อชุดนี้ได้บูรณาการเครื่องมือและกิจกรรมดังนี้:

- ระบบคำนวณและตรวจสอบ (Computational Tool & Verification):** มีโปรแกรมช่วยคำนวณในตัว เพื่อหาค่าพลังงานที่ปลดปล่อย (Energy Released) และส่วนพร่องมวล (Mass Defect) พร้อมช่องบันทึกคำตอบที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทันที (Instant Feedback)

- **การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis):** มีตารางบันทึกผลการทดลองเสมือนจริง เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ
- **การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment):** สอดแทรกคำถามแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) เพื่อทดสอบความเข้าใจในแต่ละขั้นตอน พร้อมการให้ผลสะท้อนกลับที่ช่วยในการเรียนรู้ เฉลย และ คำอธิบายประกอบ
- **กิจกรรมสรุปบทเรียน (Concept Review):** กิจกรรมแบบลากและวางคำตอบ (Drag and Drop) ลงใน ช่องว่างของบทความสรุป เพื่อทบทวนมโนทัศน์ที่สำคัญ (Key Concepts) ทั้งหมด

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อนี้ ผู้เรียนจะบรรลุวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้:

1. **อธิบายกระบวนการ:** ผู้เรียนสามารถลำดับขั้นตอนและระบุปัจจัยสำคัญของการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ได้อย่างถูกต้อง
2. **คำนวณพลังงาน:** ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน ($E=mc^2$) เพื่อ คำนวณหาค่าพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันได้



หน้าปก

รายละเอียด

หน้าปกประกอบด้วยชื่อของสื่อ ชื่อกลุ่มวิชา ชื่อสถาบัน แอนิเมชันแสดงสถานการณ์จำลอง ฟิชชัน ในสื่อ
 ปุ่มกดดู “วัตถุประสงค์ของสื่อ” และ “คำแนะนำการใช้งาน”
 ปุ่ม “เริ่ม” ให้เข้าไปใช้งาน

ปุ่ม Interactive

1. ปุ่ม “วัตถุประสงค์ของสื่อ” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความวัตถุประสงค์ของสื่อ ดังหน้าถัดไป
2. ปุ่ม “คำแนะนำการใช้งาน” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความคำแนะนำการใช้งาน ดังหน้าถัดไป
3. ปุ่ม “ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ ดังหน้าถัดไป
4. ปุ่ม “การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น ดังหน้าถัดไป

ปุ่ม navigation

1. ปุ่ม “เริ่ม” เพื่อไปสู่หน้าแรกของกิจกรรม

เมื่อกดที่ปุ่ม “วัตถุประสงค์ของสื่อ” จะปรากฏกรอบแสดงข้อความดังนี้

วัตถุประสงค์ของสื่อ

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดพิษชน
2. เพื่อประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานในการคำนวณพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากพิษชน



ส่วน “คำแนะนำการใช้งาน” จะจัดทำเป็นแบบ infographic ซึ่งจะดำเนินการภายหลังที่ได้สตอรี่บอร์ดที่มีการแก้ไขแล้ว

ส่วน “ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ” เป็นกรอบแสดงรายชื่อคณะผู้จัดทำ คณะบรรณาธิการ ระบบและอุปกรณ์ที่รองรับการใช้งานสื่อฯ รวมทั้งเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการพัฒนาสื่อ ซึ่งจะจัดทำในภายหลัง

ส่วน “การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น” เป็นกรอบแสดงคำแนะนำการใช้งานสื่อบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในประเด็นการขยายหน้าจอ

รายละเอียด

เมื่อนักเรียนกดปุ่มเริ่ม สื่อจะแสดงหน้าแรกของกิจกรรม เป็นการให้ผู้ใช้ได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบ ปัจจัย และกระบวนการเกิดฟิชชันของนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี จากการเลือกชนิดไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ใช้ทำเชื้อเพลิง นิวเคลียร์ เลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน สังเกตการเคลื่อนที่ของนิวตรอนและการจับนิวตรอนโดยนิวเคลียส แล้วทำให้นิวเคลียสไม่เสถียรมากขึ้น จนกระทั่งแยกออกจากกันเป็นนิวเคลียสลูก 2 นิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า พร้อมปลดปล่อยนิวตรอนและพลังงานออกมา จากนั้น ผู้ใช้ได้คำนวณหาส่วนพร่องมวลและพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน และบันทึกผลในตาราง

คำถามสำคัญ

เป้าหมายของกิจกรรม

เปิด-ปิด เสียงบรรยาย

กลับไปหน้าแรก

ขยายเต็มหน้าจอ

คำแนะนำการใช้งาน

เลือกหน่วย

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 0 u

มวลนิวตรอน 0 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส ? 0 u

มวลนิวเคลียส ? 0 u

มวลนิวตรอนรวม 0 u

มวลอนุภาค

ต่าง ๆ ก่อน

และหลัง

ฟิชชัน

กดเปิดตาราง

เพื่อบันทึกผล

กดไปตอบ

คำถามและ

สรุปผล

ปุ่มหย่อน

แท่งบรรจุ

แหล่งกำเนิดนิวตรอน

ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุ

แหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

ปุ่มเริ่มใหม่

กดเลือกชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ใช้ทำเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน

กดคำนวณ ส่วนพร่องมวล

กดเปิดหน้าคำนวณ พลังงาน

คำนวณ

ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u

พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ปุ่ม Interactive

ส่วนแถบด้านบนขวา

ส่วนแถบด้านบน

1. ปุ่ม  กดแล้ว จะแสดงกรอบคำแนะนำการใช้งาน
2. ปุ่มรูปลำโพง  กดเพื่อเปิดหรือปิดเสียงบรรยาย
3. ปุ่ม  กดเพื่อขยายให้สื่อแสดงเต็มหน้าจออุปกรณ์

ส่วนแสดงสถานการณ์จำลอง

1. ปุ่ม “คำถามสำคัญ” ที่กดแล้ว จะแสดงกรอบคำถามที่กระตุ้นให้ผู้หาคำตอบผ่านการทำกิจกรรม
2. ปุ่ม “เป้าหมายกิจกรรม” ที่กดแล้ว จะแสดงเป้าหมายที่ผู้หาคำตอบจะต้องทำกิจกรรมให้ครบ เพื่อไปสู่การตอบคำถามท้ายกิจกรรม และสรุปผลการทำกิจกรรม
3. ปุ่มกดหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน
4. ปุ่มเลือกหน่วยมวลและพลังงาน
5. ช่องบันทึกตัวเลขมวลก่อนฟิชชันและมวลหลังฟิชชัน
6. ปุ่มกดเปิดตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
7. ปุ่มกดเปิดคำถามท้ายกิจกรรม

ส่วนแถบด้านล่าง

1. ปุ่มเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี
2. ปุ่มเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
3. ปุ่มคำนวณและช่องบันทึกค่าส่วนพร่องมวล
4. ปุ่มคำนวณและช่องบันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์
5. ปุ่มตรวจคำตอบค่าส่วนพร่องมวลและพลังงานนิวเคลียร์

ปุ่ม navigation

1. ปุ่มรูปบ้าน  กลับไปยังหน้าปก



กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

เริ่มต้นกิจกรรม สื่อจะแสดงกรอบให้ผู้ใช้งานดูคำถามสำคัญและเป้าหมายของกิจกรรม โดยแสดงกรอบข้อความพร้อมลูกศรว่า “กดดูคำถามสำคัญ” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความของคำถามสำคัญของกิจกรรมนี้ จากนั้น สื่อจะให้ “กดดูเป้าหมาย” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความระบุเป้าหมายของกิจกรรม ที่ผู้ใช้งานจะต้องปฏิบัติให้ครบเพื่อไปสู่การตอบคำถามท้ายกิจกรรม ทั้ง คำถามสำคัญและเป้าหมาย ของกิจกรรม เป็นดังนี้

คำถามสำคัญ

“ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันเกิดขึ้นได้อย่างไรและมีกระบวนการเป็นอย่างไร”

เป้าหมาย

“ปล่อยนิวตรอนไปชนกับนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีอย่างน้อย 3 ชนิด เพื่อกระตุ้นให้เกิดฟิชชันอย่างน้อยชนิดละ 2 ครั้ง และทุกครั้ง ให้คำนวณพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน”

หลังจากดูคำถามสำคัญและเป้าหมายแล้ว สื่อจะให้ผู้ใช้ศึกษาคำศัพท์ที่เป็นคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนา

ฟิชชัน

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน
 มวลนิวเคลียสเริ่มต้น u
 มวลนิวตรอน u

มวลหลังฟิชชัน
 มวลนิวเคลียส ? u
 มวลนิวตรอน ? u
 มวลนิวตรอนรวม u

เลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ (?)

เลือกใช้วัสดุหน่วง
 ความเร็วของนิวตรอน (?)
☒ ไม่ใช้ ☐ หนัก

คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = u
 คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ฟิชชัน

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน
 มวลนิวเคลียสเริ่มต้น u
 มวลนิวตรอน u

มวลหลังฟิชชัน
 มวลนิวเคลียส ? u
 มวลนิวตรอน ? u
 มวลนิวตรอนรวม u

เลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ (?)

เลือกใช้วัสดุหน่วง
 ความเร็วของนิวตรอน (?)
☒ ไม่ใช้ ☐ หนัก

คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = u
 คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ไอโซโทปกับมันตรงสี่

ไอโซโทปกับมันตรงสี่ (radioactive isotopes) ที่ใช้ในเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuel) เป็นไอโซโทปของธาตุหนักที่มีนิวเคลียสไม่เสถียร สามารถได้รับการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันและปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ออกมาได้

เมื่อกดคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนาแล้ว จะแสดงกรอบข้อความอธิบายความหมายของคำนั้น ๆ ดังนี้

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน (neutron source) เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวทำจากโลหะปิดผนึก (sealed rod) ภายในบรรจุสารที่ทำหน้าที่ปล่อยนิวตรอนอิสระออกมาเพื่อการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

ไอโซโทปกัมมันตรังสี

ไอโซโทปกัมมันตรังสี (radioactive isotopes) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuel) เป็นไอโซโทปของธาตุหนักที่มีนิวเคลียสไม่เสถียร สามารถได้รับการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันและปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ออกมาได้

วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน

วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน (moderator) คือ สารที่มีอะตอมมวลน้อย เช่น น้ำ ทำหน้าที่ลดความเร็วของนิวตรอนที่มีความเร็วสูงให้เป็นนิวตรอนที่มีความเร็วต่ำ หรือ นิวตรอนพลังงานต่ำ ทั้งนี้ ในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน มีการแบ่งนิวตรอนตามความเร็วที่มาชนนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสี เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. นิวตรอนที่มีความเร็วต่ำ หรือ thermal neutron เป็นนิวตรอนที่มีความเร็วประมาณ 2.2 กิโลเมตรต่อวินาที หรือประมาณความเร็วของโมเลกุลแก๊สที่อุณหภูมิห้อง พลังงานจลน์ประมาณ 0.025 อิเล็กตรอนโวลต์
2. นิวตรอนที่มีความเร็วสูง หรือ fast neutron เป็นนิวตรอนที่มีความเร็วประมาณ 20,000 กิโลเมตรต่อวินาที หรือประมาณ 5% ของความเร็วแสง พลังงานจลน์ประมาณ 1 MeV

ส่วนพร่องมวล

ส่วนพร่องมวล (mass defect, Δm) ในการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ คือ ส่วนของมวลที่แตกต่างระหว่างผลรวมมวลของนิวเคลียสตั้งต้นกับอนุภาคก่อนเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับผลรวมมวลของนิวเคลียสใหม่กับอนุภาคอื่น ๆ หลังเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์

พลังงานนิวเคลียร์

พลังงานนิวเคลียร์ (nuclear energy) เป็นพลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่อยู่ในรูปของความร้อนและรังสีที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อโครงสร้างของนิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลง



หน่วยของมวลและพลังงาน

ในการคำนวณพลังงานนิวเคลียร์จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน ($E = \Delta mc^2$) นักฟิสิกส์เลือกใช้หน่วย 2 ระบบหลักตามความเหมาะสมของขนาดข้อมูล ดังนี้

1. หน่วยระดับอะตอม (u และ MeV)

สะดวกในการคำนวณทางฟิสิกส์นิวเคลียร์ เพราะมวลของนิวเคลียสมีขนาดเล็กมากจนการใช้หน่วยกิโลกรัมทำได้ยาก โดย มวล 1 u ประมาณเท่ากับ 1.66×10^{-27} กิโลกรัม และ พลังงาน 1 MeV ประมาณเท่ากับ 1.6×10^{-13} จูล การหาพลังงานจากมวลหาได้โดยพิจารณา มวล 1 u เทียบเท่ากับพลังงานประมาณ 931.5 MeV

2. ระบบหน่วยระหว่างชาติ (kg และ J)

ใช้สำหรับการคำนวณที่เป็นมาตรฐานสากล หรือเมื่อต้องการเปรียบเทียบกับพลังงานในรูปแบบอื่น (เช่น พลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า) โดยมวลมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) และพลังงานมีหน่วยเป็นจูล (J) การหาพลังงานจากมวลหาได้จากการคูณอัตราเร็วแสงยกกำลังสองในสมการความสัมพันธ์มวลกับพลังงาน

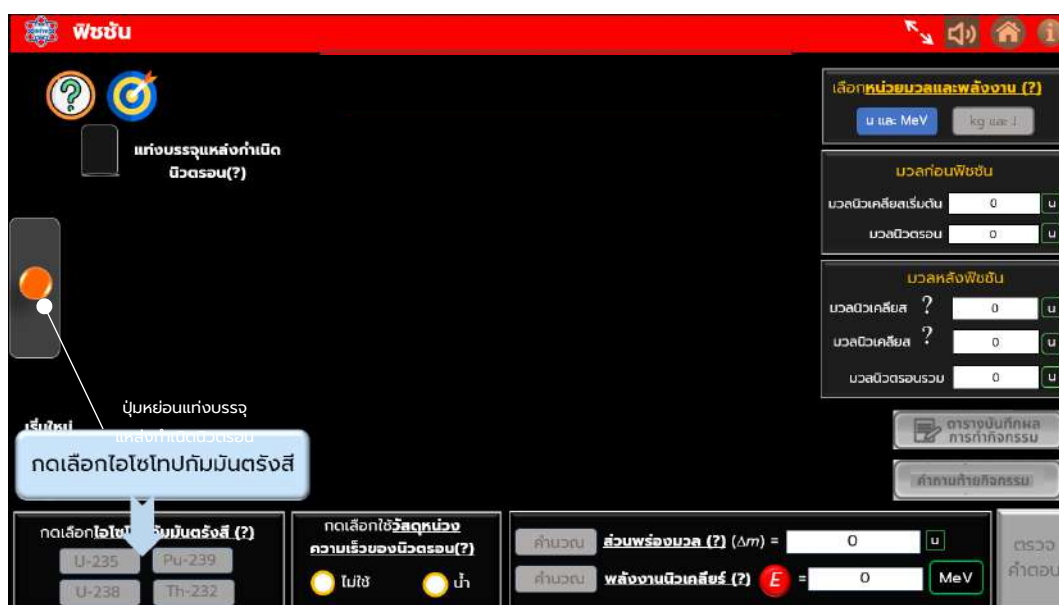


กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

หลังจากที่ผู้ใช้ทราบคำถามสำคัญของกิจกรรม เป้าหมายของกิจกรรม และคำศัพท์ต่าง ๆ ที่ควรรู้แล้ว ต่อไปจะเริ่มให้ผู้ใช้งานเลือกปรับตัวแปรต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่มีกรอบข้อความและลูกศรระบุตามลำดับ โดยเริ่มจากขั้นตอน “กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี” โดยสื่อจะแสดงกรอบข้อความพร้อมลูกศรชี้ไปที่ปุ่มที่มีชื่อไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดต่าง ๆ เมื่อกดเลือกไอโซโทปใดไอโซโทปหนึ่งแล้ว สื่อจะแสดงนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดนั้น 1 นิวเคลียส พร้อมชื่อไอโซโทป โดยนิวเคลียสจะมีการสั่น ๆ เล็กน้อย พร้อมกันนี้ จะมีตัวเลขมวลของนิวเคลียสนั้นก่อนฟิชชัน ตัวอย่างเช่น กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 จะแสดงนิวเคลียสที่มีโปรตอน 92 โปรตอนและนิวตรอน 143 นิวตรอน และค่ามวลของยูเรเนียม-235 ในกรอบมวลก่อนฟิชชัน ดังรูป

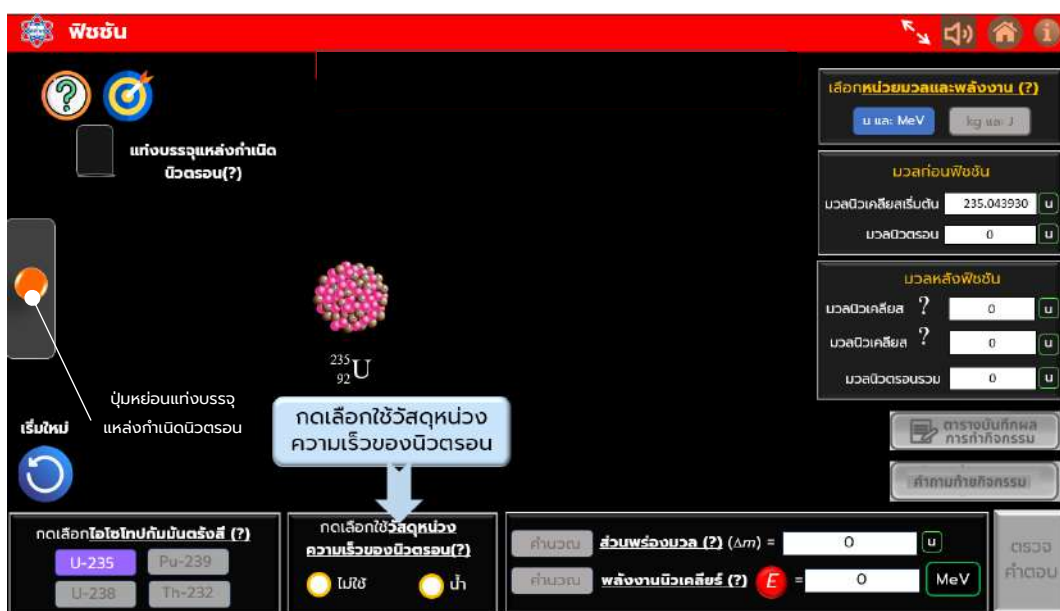


กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

ลำดับต่อไป กรอบแสดงขั้นตอนจะมีลูกศรชี้ไปที่กรอบเลือกใช้วัสดุหน่วยความเร็วของนิวตรอนพร้อมข้อความ “กดเลือกใช้วัสดุหน่วยความเร็วของนิวตรอน” เมื่อกดแล้ว สีจะแสดงปุ่มที่เลือกเป็นสีส้มทึบ โดยถ้าเลือก “น้ำ” พื้นหลังจะเป็นสีฟ้า ถ้าเลือก “ไมโซ” พื้นหลังจะยังคงเป็นสีดำ



กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

ขั้นตอนต่อมา มีรอบข้อความพร้อมลูกศรระบุต่อไปว่า “กดเพื่อย้อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน” ซึ่งสื่อจะแสดงการเลื่อนแท่งฯ ลงมา แล้วมีนิวตรอนเคลื่อนที่ออกจากแท่งไป พบกับนิวเคลียส พร้อมกันนี้ ค่ามวลของนิวตรอน ในกรอบ มวลก่อนฟิชชัน จะแสดงค่ามวลนิวตรอน ตามหน่วยที่เลือก เช่น 1.0085665 u

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 (U-235) หรือ พลูโทเนียม-239 (Pu-239) และเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอนเป็น “น้ำ” นิวตรอนจะถูกจับโดยนิวเคลียส ทำให้นิวเคลียสสั่นมากกว่าเดิม จากนั้น แยกออกเป็นนิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า 2 นิวเคลียส พร้อมปล่อยนิวตรอนออกมา 2 - 3 นิวตรอน พร้อมกับพลังงานที่เป็นแสงวาบ จากนั้น ทั้งนิวเคลียสลูกจะอยู่ใกล้ ๆ ที่แยกออกจากกัน ส่วนนิวตรอนจะพุ่งออกพ่นหน้าจอไป ดังตัวอย่างรูปด้านล่าง

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส ? 0 u

มวลนิวเคลียส ? 0 u

มวลนิวตรอนรวม 0 u

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

คำนวณค่าตอบ

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรังสี (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน(?)

ไม่ใช้ ใช้

คำนวณ ส่วนพร้อมมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส ? 0 u

มวลนิวเคลียส ? 0 u

มวลนิวตรอนรวม 0 u

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

คำนวณค่าตอบ

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรังสี (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน(?)

ไม่ใช้ ใช้

คำนวณ ส่วนพร้อมมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

ปุ่มหยุดแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

เลือกนิวคลีอิดและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 0 u

การจับกับกัมมาการหักเห

คำนวณค่าจลนศาสตร์

กดเลือกไอโซโทปกับนิวตรอน (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน (?)

ไม่มี ป่า

คำนวณ ส่วนประกอบมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) (E) = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

ปุ่มหยุดแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

เลือกนิวคลีอิดและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

การจับกับกัมมาการหักเห

คำนวณค่าจลนศาสตร์

กดเลือกไอโซโทปกับนิวตรอน (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน (?)

ไม่มี ป่า

คำนวณ ส่วนประกอบมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) (E) = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

ปุ่มหยุดแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

เลือกนิวคลีอิดและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

การจับกับกัมมาการหักเห

คำนวณค่าจลนศาสตร์

กดเลือกไอโซโทปกับนิวตรอน (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน (?)

ไม่มี ป่า

คำนวณ ส่วนประกอบมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) (E) = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 (U-235) แล้วเลือก “ไม่ใช่” วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน นิวตรอนจะพุ่งไปพบนิวเคลียสแล้วกระเจิงออกไป จากนั้น มีกรอบแสดงว่า “ไม่เกิดฟิชชัน สำหรับไอโซโทปชนิดนี้ การไม่ใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน อาจทำให้ได้นิวตรอนที่มีความเร็วไม่เหมาะสม ลองเปลี่ยนวิธีดูครับ” แล้วสื่อจะให้ “กดเริ่มใหม่”

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี (?)

U-235 Pu-239
U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน(?)

ไม่ใช่ ☒ ใช่ ☐

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u
มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส ? 0 u
มวลนิวเคลียส ? 0 u
มวลนิวตรอนรวม 0 u

คำนวณส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u
คำนวณพลังงานนิวเคลียร์ (?) (E) = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี (?)

U-235 Pu-239
U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน(?)

ไม่ใช่ ☒ ใช่ ☐

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u
มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส ? 0 u
มวลนิวเคลียส ? 0 u
มวลนิวตรอนรวม 0 u

คำนวณส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u
คำนวณพลังงานนิวเคลียร์ (?) (E) = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

ไม่เกิดฟิชชัน สำหรับไอโซโทปชนิดนี้ การไม่ใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน อาจทำให้ได้นิวตรอนที่มีความเร็วไม่เหมาะสม ลองเปลี่ยนวิธีดูครับ

กดเริ่มใหม่

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

กรณีเลือกยูเรเนียม-238 หรือ ทอเรียม-232 และเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอนเป็น “น้ำ” นิวตรอนจะเคลื่อนที่ไปพบนิวเคลียสแล้วถูกจับไว้ แล้วไม่มีอะไรเกิดขึ้น แล้วสีจะแสดงกรอบข้อความ “ไม่เกิดฟิชชัน สำหรับไอโซโทปชนิดนี้ การใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน อาจทำให้ได้นิวตรอนที่มีความเร็วไม่เหมาะสม ลองเปลี่ยนวิธีดูครับ” ให้ “กดเริ่มใหม่”

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

กรณีที่เลือกเงื่อนไขที่ทำให้เกิดฟิชชัน ได้แก่

- เลือก ยูเรเนียม-235 และเลือกใช้ “น้ำ” เป็นวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
- เลือก พลูโทเนียม-239 และเลือกใช้ “น้ำ” เป็นวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
- เลือก ยูเรเนียม-238 และเลือกใช้ “ไมใช่” วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
- เลือก ทอเรียม-232 และเลือกใช้ “ไมใช่” วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน

นิวตรอนที่ปล่อยออกมาจากแท่งบรรจุแหล่งกำเนิด จะมีการเคลื่อนที่ไปชนนิวเคลียสไอโซโทกัมมันตรังสีเริ่มต้นแล้ว จะเกิดการแยกของนิวเคลียส พร้อมปล่อยนิวตรอนออกมา 2 – 3 นิวตรอน โดยนิวเคลียสที่แยกออกมาจะอยู่ใกล้ ๆ จุดที่แยก ส่วนนิวตรอนจะเคลื่อนที่ออกไปจากหน้าจอแล้ว จะมีกรอบขึ้นตอนระบุว่า “คำนวณหาส่วนประกอบมวลของฟิชชันนี้ แล้วบันทึกผลเป็นตัวเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง” ซึ่งเมื่อกดปุ่ม “คำนวณ” แล้ว จะมีกรอบช่วยคำนวณส่วนประกอบมวลปรากฏขึ้นมา ให้เลือก “คำนวณด้วยตนเอง” หรือ “ให้โปรแกรมคำนวณ” ดังตัวอย่างกรณี ยูเรเนียม-235 ด้านล่าง

ฟิชชัน

หาส่วนพร้อมมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

ก่อนเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลของนิวตรอน

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชัน

+ =

หลังเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 1

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 2

มวลของนิวตรอนรวม

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังเกิดฟิชชัน

+ + =

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลนิวตรอน

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{54}\text{Ba}$

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$

มวลนิวตรอนรวม

กรณีเลือก “คำนวณด้วยตนเอง” จะต้องคำนวณหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลก่อนกับหลังฟิชชันด้วยตนเอง จากนั้น บันทึกค่าที่คำนวณได้ แล้วกดตรวจคำตอบ ถ้าตอบไม่ถูก จะมีเสียงเอฟเฟค “ตื๊ด” แล้วมีการขอข้อความแจ้งว่า “เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ในการคำนวณถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ คำนวณอย่างระมัดระวัง” ดังตัวอย่างด้านล่างกรณี U-235 ด้านล่าง

ฟิชชัน

หาส่วนพร้อมมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

ก่อนเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลของนิวตรอน

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชัน

+ =

หลังเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 1

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 2

มวลของนิวตรอนรวม

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังเกิดฟิชชัน

+ + =

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลนิวตรอน

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{54}\text{Ba}$

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$

มวลนิวตรอนรวม

ฟิชชัน

หาส่วนพร่องมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

ก่อนเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลของนิวตรอน

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชัน

+ =

หลังเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$

มวลของนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$

มวลของนิวตรอนรวม

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังเกิดฟิชชัน

+ + =

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลนิวตรอน

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$

มวลนิวตรอนรวม

E = 0 MeV

เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ คำนวณอย่างระมัดระวัง

ถ้าคำนวณและบันทึกตัวเลขถูก จะมีเครื่องหมายถูก พร้อมเสียงเอฟเฟค ดังต๋อง

ฟิชชัน

หาส่วนพร่องมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

ก่อนเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลของนิวตรอน

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชัน

+ =

หลังเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 1

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 2

มวลของนิวตรอนรวม

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังเกิดฟิชชัน

+ + =

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น

มวลนิวตรอน

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$

มวลนิวตรอนรวม

E = 0 MeV

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

คำนวณค่ากิจกรรม

เมื่อหาผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนและหลังฟิชชันได้แล้ว ให้กด “หน้าถัดไป” สี่จะพาไปหน้าคำนวณส่วนพร่องมวล

ฟิชชัน

กิจกรรมที่ 1 ฟิชชันของนิวเคลียส

หาส่วนพร่องมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

ส่วนพร่องมวล = ผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน - ผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชัน

= 236.052595 u - 235.866662 u

=

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)

กดเลือกใช้วัสดุหน่วง

ความเร็วของนิวตรอน(?)

คำนวณ **ส่วนพร่องมวล (?) (Δm)** = u

คำนวณ **พลังงานนิวเคลียร์ (?)** **E** = MeV

เช่นเดียวกัน ถ้าเลือก “คำนวณด้วยตนเอง” จะต้องหาผลต่าง ระหว่างมวลก่อนกับหลังฟิชชันด้วยตนเอง แล้วบันทึกผลคำนวณ จากนั้น กดตรวจคำตอบ ถ้าตอบไม่ถูก จะมีกรอบแจ้งว่า “เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ในการคำนวณถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ คำนวณอย่างระมัดระวัง”

ฟิชชัน

กิจกรรมที่ 1 ฟิชชันของนิวเคลียส

หาส่วนพร่องมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

ส่วนพร่องมวล = ผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน - ผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชัน

= 236.052595 u - 235.866662 u

= 0.189267 u

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)

กดเลือกใช้วัสดุหน่วง

ความเร็วของนิวตรอน(?)

คำนวณ **ส่วนพร่องมวล (?) (Δm)** = u

คำนวณ **พลังงานนิวเคลียร์ (?)** **E** = MeV

เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ในการคำนวณถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ คำนวณอย่างระมัดระวัง

ถ้าตอบถูก จะมีเครื่องหมายถูก และเสียงเอฟเฟ็ค “ติ๊งต่อง” พร้อมมีกรอบข้อความให้ “บันทึกค่าส่วนพร่องมวลที่คำนวณได้เป็นเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง”

ฟิชชัน

กิจกรรมที่ 1 ฟิชชันของนิวเคลียส

หาส่วนพร่องมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

คำนวณด้วยตนเอง

ส่วนพร่องมวล = ผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน - ผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชัน

= 236.052595 u - 235.866662 u

= 0.189288 u ✓

← กลับ

บันทึกค่าส่วนพร่องมวลที่คำนวณได้เป็นเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

กดเลือกไอโซโทปกับมันดริงส์ (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกระดับความเร็วของนิวตรอน (?)

ต่ำ สูง

คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV

กรณีเลือก “ให้โปรแกรมคำนวณ” สี่จะแสดงตัวเลขต่าง ๆ รวมทั้งผลการคำนวณอัตโนมัติ ทั้ง ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชัน หลังเกิดฟิชชัน ผลต่างระหว่างผลรวมมวลก่อนกับหลัง ดังตัวอย่างด้านล่างกรณี U-235 ด้านล่าง

ฟิชชัน

กิจกรรมที่ 1 ฟิชชันของนิวเคลียส

หาส่วนพร่องมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

คำนวณด้วยตนเอง

ก่อนเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลของนิวตรอน 1.008665 u

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชัน

235.043930 u + 1.008665 u = 236.052595 u

หลังเกิดฟิชชัน

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 1 140.914494 u

มวลของนิวเคลียสลูกที่ 2 91.926173 u

มวลของนิวตรอนรวม 3.025995 u

ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังเกิดฟิชชัน

140.914494 u + 91.926173 u + 3.025995 u = 235.866662 u

บันทึกค่าส่วนพร่องมวลที่คำนวณได้เป็นเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

กดเลือกไอโซโทปกับมันดริงส์ (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกระดับความเร็วของนิวตรอน (?)

ต่ำ สูง

คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV

ฟิชชัน

กิจกรรมที่ 1 ฟิชชันของนิวเคลียส

หาส่วนพร่องมวลได้จากการหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน กับ หลังการเกิดฟิชชัน

คำนวณด้วยตนเอง ให้โปรแกรมคำนวณ

ส่วนพร่องมวล = ผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน - ผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชัน

$$= 236.052595 \text{ u} - 235.866662 \text{ u}$$

$$= 0.189288 \text{ u}$$

← กลับ

บันทึกค่า ส่วนพร่องมวลที่คำนวณได้ เป็นเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

คำนวณค่าพลังงาน

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ (?)

U-235 Pu-239 U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหุ้มวง ความเร็วของนิวตรอน (?)

ไม่ใช้ ใช้

คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) (E) = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

เมื่อได้ค่า “ส่วนพร่องมวล” ที่ถูกต้องแล้ว จะมีกรอบแจ้งให้ผู้ใช้งานบันทึกค่าส่วนพร่องมวลลงในช่องว่างด้านล่าง แล้วกดตรวจคำตอบ ถ้าไม่ถูก มีข้อความแจ้งว่า “เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ บันทึกอย่างระมัดระวัง” ถ้าถูก จะมีแสดงกรอบระบุขั้นตอนต่อไปว่า “คำนวณหาพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันนี้ แล้วบันทึกผลเป็นตัวเลขทศนิยม 3 ตำแหน่ง” และเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “คำนวณ” แล้ว จะปรากฏกรอบแสดงการคำนวณพลังงานนิวเคลียร์ ดังตัวอย่างด้านล่าง

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน (?)

ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

คำนวณหาพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันนี้ แล้วบันทึกผลเป็นตัวเลขทศนิยม 3 ตำแหน่ง

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

u และ MeV kg และ J

มวลก่อนฟิชชัน

มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u

มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน

มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u

มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u

มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

คำนวณค่าพลังงาน

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ (?)

U-235 Pu-239 U-238 Th-232

กดเลือกใช้วัสดุหุ้มวง ความเร็วของนิวตรอน (?)

ไม่ใช้ ใช้

คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0.189288 u

คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) (E) = 0 MeV

ตรวจสอบคำตอบ

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เช่นเดียวกับกรณีการคำนวณส่วนพร่องมวล ผู้ใช้สามารถเลือก “คำนวณด้วยตนเอง” หรือ “ให้โปรแกรมคำนวณ” ถ้าเลือกคำนวณเอง ให้คำนวณเพื่อหาคำตอบ ตรวจสอบคำตอบ และบันทึกเอง แต่ถ้าเลือกให้โปรแกรมคำนวณ คำตอบจะแสดงโดยอัตโนมัติ โดยกรณีที่คำนวณด้วยตัวเองแล้ว ค่าที่บันทึกไม่ถูกต้อง เมื่อกด “ตรวจสอบคำตอบ” จะมีกรอบข้อความแจ้งว่า “เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ บันทึกอย่างระมัดระวัง”

ถ้าบันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์ถูกต้อง จะมีเครื่องหมายถูก และกรอบข้อความแจ้งว่า “บันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์ที่คำนวณได้เป็นเลขทศนิยม 3 ตำแหน่ง” โดยมีลูกศรชี้ไปที่กรอบที่ว่างในส่วน พลังงานนิวเคลียร์

ฟิชชัน

กิจกรรมที่ 1 ฟิชชันของนิวเคลียส

หาพลังงานนิวเคลียร์จากส่วนประกอบมวล โดยมวล 1 u เทียบเท่าพลังงาน 9315 MeV

คำนวณด้วยตนเอง

$$E = \Delta m \times (9315 \text{ MeV/u})$$

$$= 0.189288 \text{ u} \times (9315 \text{ MeV/u})$$

$$= 176.323 \text{ MeV}$$

บันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์ที่คำนวณได้ เป็นเลขทศนิยม 3 ตำแหน่ง

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน
 มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u
 มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน
 มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u
 มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u
 มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ (?)

กดเลือกใช้วัสดุหุ้ม
 ความเร็วของนิวตรอน (?)
☐ ไม่ใช้ ☐ น้ำ

คำนวณ ส่วนประกอบมวล (?) (Δm) = 0.189288 u
 คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 176.323 MeV

เมื่อบันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์ แล้ว สื่อจะแนะนำให้ “กดเปิดตารางบันทึกผล” เมื่อกดแล้ว จะแสดงตาราง พร้อมข้อมูลจากการทำกิจกรรมบันทึกให้อัตโนมัติ

ฟิชชัน

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิด นิวตรอน (?)

ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุ แหล่งกำเนิดนิวตรอน

กดเปิดตารางบันทึกผล

เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)

มวลก่อนฟิชชัน
 มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u
 มวลนิวตรอน 1.008665 u

มวลหลังฟิชชัน
 มวลนิวเคลียส $^{141}_{56}\text{Ba}$ 140.914494 u
 มวลนิวเคลียส $^{92}_{36}\text{Kr}$ 91.926173 u
 มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ (?)

กดเลือกใช้วัสดุหุ้ม
 ความเร็วของนิวตรอน (?)
☐ ไม่ใช้ ☐ น้ำ

คำนวณ ส่วนประกอบมวล (?) (Δm) = 0.189288 u
 คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 173.197 MeV

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

สำเนาทำกิจกรรม

ในกรณีที่เป็นการทำกิจกรรมด้วยไอโซโทปชนิดใดชนิดหนึ่งครั้งที่ 1 เมื่อแสดงตารางแล้ว จะมีกรอบขั้นตอน ระบุว่า “กลับไปทำกิจกรรมต่อโดยเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ชนิดเดิมอีก 1 ครั้ง” ดังรูป

ฟิชชัน

หน้า 1

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

นิวเคลียส ไอโซโทปกับมันตรงสี่	วัสดุห่อหุ้ม ความเร็วนิวตรอน?	ผลิตภัณฑ์หลังปฏิกิริยา	ส่วนประกอบมวล (u)	พลังงานนิวเคลียร์ (MeV)
U-235	น้ำ	$^{141}_{56}\text{Ba}$, $^{92}_{36}\text{Kr}$, 3 neutrons	0.185933	173.323

ปล่อยนิวตรอนไปชนกับนิวเคลียสไอโซโทปกับมันตรงสี่ เพื่อกระตุ้นให้เกิดฟิชชัน และคำนวณพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน

เป้าหมายของกิจกรรม

☒ ไอโซโทป ชนิดที่ 1
 ☒ ครั้งที่ 1
 ☐ ไอโซโทป ชนิดที่ 2
 ☐ ครั้งที่ 2
 ☐ ไอโซโทป ชนิดที่ 3
 ☐ ครั้งที่ 2

กลับไปทำกิจกรรมต่อโดยเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ชนิดเดิมอีก 1 ครั้ง

ถ้าเป็นกรณีที่ทำการกิจกรรมสำหรับไอโซโทปชนิดใด ชนิดหนึ่ง โดยการทำให้เกิดฟิชชันครบ 2 ครั้ง และได้ค่าในตารางครบ 2 ครั้งแล้ว แต่ยังไม่ครบ 3 ชนิดไอโซโทป ตอนเปิดตาราง จะมีการแสดงกรอบขึ้นตอนว่า “กลับไปทำกิจกรรมต่อโดยเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ชนิดใหม่” ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง

ฟิชชัน

หน้า 1

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

นิวเคลียส ไอโซโทปกับมันตรงสี่	วัสดุห่อหุ้ม ความเร็วนิวตรอน?	ผลิตภัณฑ์หลังปฏิกิริยา	ส่วนประกอบมวล (u)	พลังงานนิวเคลียร์ (MeV)
U-235	น้ำ	$^{141}_{56}\text{Ba}$, $^{92}_{36}\text{Kr}$, 3 neutrons	0.185933	173.323
U-235	น้ำ	$^{96}_{38}\text{Sr}$, $^{138}_{54}\text{Xe}$, 2 neutrons	0.205845	191.745

ปล่อยนิวตรอนไปชนกับนิวเคลียสไอโซโทปกับมันตรงสี่ เพื่อกระตุ้นให้เกิดฟิชชัน และคำนวณพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน

เป้าหมายของกิจกรรม

☒ ไอโซโทป ชนิดที่ 1
 ☒ ครั้งที่ 1
 ☒ ครั้งที่ 2
 ☐ ไอโซโทป ชนิดที่ 2
 ☐ ครั้งที่ 1
 ☐ ไอโซโทป ชนิดที่ 3
 ☐ ครั้งที่ 2

กลับไปทำกิจกรรมต่อโดยเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี่ชนิดใหม่

ผู้ใช้งานจะต้องเลือกชนิดไอโซโทปและวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน เพื่อทำให้เกิดฟิชชันและคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ถูกต้อง เพื่อให้ได้ค่าในตารางครบตามที่เป้าหมายกิจกรรม นั่นคือ ทำให้เกิดฟิชชันกับนิวเคลียสของไอโซโทปอย่างน้อย 3 ชนิด โดยแต่ละชนิด ให้ทำให้เกิดฟิชชันอย่างน้อย 2 ครั้ง และเมื่อทำครบแล้ว จะมีกรอบแสดงข้อความ “ทำกิจกรรมครบแล้ว ไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม” พร้อมลูกศรชี้ไปที่ปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรม”

ฟิชชัน

หน้า 1

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

นิวเคลียส ไอโซโทปกับปฏิกิริยา	วัสดุหน่วง ความเร็วนิวตรอน?	ผลิตภัณฑ์หลังปฏิกิริยา	ส่วนประกอบมวล (u)	พลังงานนิวเคลียร์ (MeV)
U-235	น้ำ	$^{141}_{56}\text{Ba}$, $^{92}_{36}\text{Kr}$, 3 neutrons	0.185933	173.323
U-235	น้ำ	$^{96}_{38}\text{Sr}$, $^{138}_{54}\text{Xe}$, 2 neutrons	0.205845	191.745
Pu-239	น้ำ	$^{103}_{40}\text{Zr}$, $^{134}_{54}\text{Xe}$, 3 neutrons	0.202244	188.390
Pu-239	น้ำ	$^{144}_{56}\text{Ba}$, $^{94}_{38}\text{Sr}$, 2 neutrons	0.205184	191.129
Th-232	ไม่ใช่น้ำ	$^{90}_{42}\text{Mo}$, $^{131}_{50}\text{Sn}$, 3 neutrons	0.201032	187.261
Th-232	ไม่ใช่น้ำ	$^{131}_{53}\text{I}$, $^{100}_{37}\text{Y}$, 2 neutrons	0.195816	182.403

ปล่อยนิวตรอนไปชนกับนิวเคลียสไอโซโทปกับปฏิกิริยา เพื่อกระตุ้นให้เกิดฟิชชัน
และคำนวณพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน

เป้าหมายของกิจกรรม

- ไอโซโทป ชนิดที่ 1 ครึ่งที่ 1
- ไอโซโทป ชนิดที่ 2 ครึ่งที่ 2
- ไอโซโทป ชนิดที่ 3 ครึ่งที่ 2

ทำกิจกรรมครบตามเป้าหมายแล้ว ไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม

MeV

ตรวจสอบคำตอบ

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

คำถามท้ายกิจกรรม

รายละเอียด

เมื่อปิดตาราง และกดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมแล้ว จะไปที่หน้าคำถาม ซึ่งเป็นคำถามแบบ 3 ตัวเลือก ถ้าเลือกตัวเลือกแล้วกดตรวจคำตอบ ถ้าคำตอบไม่ถูกต้อง จะมีไอคอนกากบาทแสดง พร้อมข้อความสั้น ๆ บอกแนวทางการตอบ และปุ่ม “ไปข้อถัดไป” ยังไม่สว่าง กดไม่ได้ ดังตัวอย่างรูปด้านล่าง ให้พิจารณาข้อความแนะนำและเลือกคำตอบใหม่ ทั้งนี้ ถ้าตอบผิด 2 ครั้ง จะแสดงเฉลย

The screenshot shows a quiz titled "คำถามท้ายกิจกรรม" (End of Activity Question). The question is: "1. ความเร็วของนิวตรอนที่สามารถกระตุ้นให้เกิดฟิชชัน เป็นความเร็วระดับใด" (1. The speed of neutrons that can stimulate fission is at what level of speed?). There are three radio button options: "ต่ำเท่านั้น" (Only low), "สูงเท่านั้น" (Only high), and "ทั้งต่ำและสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปกับมันตรังสี" (Both low and high, depending on the type of isotope and the radiation). The first option is selected, and a red 'X' icon is next to it. A green button labeled "ตรวจคำตอบ" (Check Answer) is below the options. A yellow box contains feedback text: "พิจารณาอีกที การเลือกใช้หรือไม่ใช้วัสดุทางความเร็วนิวตรอน ส่งผลให้นิวตรอนมีความเร็วเป็นอย่างไร และส่งผลกับการเกิดฟิชชันได้หรือไม่ได้ วิเคราะห์การบันทึกผลในตารางอีกที" (Consider again, the selection or non-selection of materials for neutron speed affects how fast the neutrons are, and whether fission can occur or not. Analyze the recorded results in the table again). A blue arrow button is on the left, and a pink arrow button labeled "ไปข้อถัดไป" (Go to next question) is on the right.

ถ้าเลือกคำตอบ แล้วตรวจคำตอบ ได้ผลถูกต้อง สี่จะแสดงเครื่องหมายถูก พร้อมกรอบข้อความเฉลยและคำอธิบายสั้น ๆ ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง

The screenshot shows the same quiz question as above. The third option, "ทั้งต่ำและสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปกับมันตรังสี", is selected, and a green checkmark icon is next to it. The green "ตรวจคำตอบ" button is visible. A blue box contains feedback text: "เก่งมาก สามารถเข้าใจผลของระดับความเร็วนิวตรอนเร็วกับการเกิดฟิชชันได้อย่างถูกต้อง ความเร็วของนิวตรอนเป็นหัวใจสำคัญของการควบคุมพลังงานนิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์" (Great! You can understand the effect of neutron speed level on fission correctly. Neutron speed is a key factor in controlling nuclear energy in nuclear reactors, which depends on the type of nuclear fuel). The blue arrow button is on the left, and the pink arrow button labeled "ไปข้อถัดไป" is on the right.

คำถามท้ายกิจกรรมมีทั้งหมด 6 ข้อ ดังนี้

1. ความเร็วของนิวตรอนที่สามารถกระตุ้นให้เกิดฟิชชัน เป็นความเร็วระดับใด

- ต่ำเท่านั้น
- สูงเท่านั้น
- ทั้งต่ำและสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสี

เฉลย ตัวเลือกที่ 3 ทั้งต่ำและสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสี

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที การเลือกใช้หรือไม่ใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน ส่งผลให้นิวตรอนมีความเร็วเป็นอย่างไร และส่งผลกับการเกิดฟิชชันได้หรือไม่ได้ วิเคราะห์การบันทึกผลในตารางอีกที”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก สามารถเข้าใจผลของระดับความเร็วนิวตรอนกับการเกิดฟิชชันได้อย่างถูกต้อง ความเร็วของนิวตรอนเป็นหัวใจสำคัญของการควบคุมการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์”

2. การใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน ทำให้ไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดใดเกิดฟิชชันทั้ง 2 ไอโซโทป

- U-235 และ Pu-239
- Th-232 และ Pu-239
- U-238 และ Th-232

เฉลย ตัวเลือกที่ 1 U-235 และ Pu-239

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล ชนิดของไอโซโทปอยู่คอลัมน์แรก และพิจารณาในแต่ละแถวว่า เกิดฟิชชันถ้าเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตและวิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมได้ดีมาก ยูเรเนียม-235 เป็นไอโซโทปที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันกับนิวตรอนความเร็วต่ำ และนิยมนำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์มากที่สุด”



3. ถ้าเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอนกับไอโซโทปกัมมันตรังสี U-238 หรือ Th-232 เมื่อนิวตรอนไปชนนิวเคลียสของไอโซโทปทั้งสอง ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร

- เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น
- ไม่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น
- อาจเกิดหรือไม่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น

เฉลย ตัวเลือกที่ 2 ไม่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล ชนิดของไอโซโทปอยู่คอลัมน์แรก และพิจารณาในแต่ละแถวว่า ถ้าใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน ทำให้ไอโซโทปนั้นเป็นอย่างไร”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตและวิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมได้ดี ยูเรเนียม-238 และ ทอเรียม-232 เป็นไอโซโทปเกิดฟิชชันเมื่อถูกกระตุ้นด้วยนิวตรอนความเร็วสูง การใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน ทำให้นิวตรอนมีความเร็วต่ำ ไม่เหมาะสมกับการทำให้ U-238 หรือ Th-232 เกิดฟิชชัน”

4. สิ่งที่ได้จากการฟิชชันของนิวเคลียสมีอะไรบ้าง

- นิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียส และ พลังงาน
- นิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียส พลังงาน และ นิวตรอน 3 นิวตรอน
- นิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียส พลังงาน และ นิวตรอนจำนวนหนึ่ง

เฉลย ตัวเลือกที่ 3. นิวเคลียสลูก 2 นิวเคลียส พลังงาน และ นิวตรอนจำนวนหนึ่ง

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากฟิชชันมีอะไรบ้าง จำนวนเท่าไร”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตและวิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมได้ดี ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากฟิชชัน นอกจากจะมีนิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียส แล้ว ยังมีพลังงาน และนิวตรอนจำนวนหนึ่ง โดยอาจเป็น 2 หรือ 3 นิวตรอน”



5. ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชันแตกต่างจากผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังเกิดฟิชชันหรือไม่ อย่างไร

- แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันน้อยกว่าผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน
- ไม่แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันเท่ากับผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน
- แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันมากกว่าผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน

เฉลย ตัวเลือกที่ 1 . แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันน้อยกว่าผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในขั้นตอนการคำนวณหาส่วนพร่องมวล มวลรวมก่อนเกิดฟิชชัน กับหลังเกิดฟิชชัน มีค่าเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับกัน”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตและวิเคราะห์ผลการคำนวณได้ดี ในการเกิดฟิชชัน ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังการเกิดฟิชชันมีค่าน้อยกว่าผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน และมวลที่ลดลงนี้มีความสัมพันธ์กับพลังงานที่ปล่อยออกมาจากฟิชชัน”

6. สำหรับไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดเดียวกัน เมื่อเกิดฟิชชัน มีสิ่งใดที่เหมือนกัน สิ่งใดที่อาจแตกต่างกัน

- เหมือนกันคือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ ต่างกันคือ จำนวนนิวตรอน พลังงานนิวเคลียร์
- เหมือนกันคือ ผลรวมมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่น้อยกว่าก่อนเกิดฟิชชัน ต่างกันคือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ พลังงานนิวเคลียร์
- เหมือนกันคือ จำนวนนิวตรอน ต่างกันคือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ พลังงานนิวเคลียร์

เฉลย ตัวเลือกที่ 2. เหมือนกันคือ ผลรวมมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่น้อยกว่าก่อนเกิดฟิชชัน ต่างกันคือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ พลังงานนิวเคลียร์

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที จากตารางที่แสดงผลของไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดเดียวกัน ชนิดของผลิตภัณฑ์ พลังงานนิวเคลียร์ และจำนวนนิวตรอน เหมือนหรือแตกต่างกัน”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตและวิเคราะห์ผลได้ดี ในการเกิดฟิชชัน ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังการเกิดฟิชชันมีค่าน้อยกว่าผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนการเกิดฟิชชัน และ ชนิดของผลิตภัณฑ์ พลังงานนิวเคลียร์ มีค่าแตกต่างกัน”

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส

สรุปผลการทำกิจกรรม

รายละเอียด

เมื่อตอบคำถามถูกทุกข้อแล้ว ปุ่ม “ไปสรุปผลการทำกิจกรรม” จะสว่างขึ้น เมื่อกดแล้ว จะไปหน้าสรุปผลการทำกิจกรรม ให้ผู้ใช้กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมให้ถูกต้อง

โดยมีคำและข้อความสรุปดังนี้

คำที่ลากไปวาง

สูง	ต่ำ	สูงหรือต่ำ	Th-232	U-235	สะท้อน	ถูกจับ	มากกว่า	น้อยกว่า
เหมือนกัน	ต่างกัน	Pu-233	ส่วนพร่องมวล	นิวตรอน	พลังงานนิวเคลียร์			

ข้อความสรุป

กระบวนการนิวเคลียร์ฟิชชันเริ่มต้นเมื่อ นิวตรอนความเร็ว เคลื่อนที่ไปชนนิวเคลียสของ ไอโซโทปกัมมันตรังสี เช่น หรือ ซึ่งนิวตรอนจะ โดยนิวเคลียส ทำให้ เปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสใหม่ และแยกออกเป็นนิวเคลียสผลิตภัณฑ์สองนิวเคลียสที่มีมวล.....นิวเคลียส เริ่มต้นพร้อมปลดปล่อย.....และ ออกมา โดยพลังงานนี้มาจากการเปลี่ยนรูปของ ซึ่งเป็นส่วนต่างระหว่างมวลก่อนกับมวลหลังเกิดปฏิกิริยา ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ โดยไอโซโทป กัมมันตรังสีชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันอาจให้พลังงานและจำนวนนิวตรอน..... ได้

ตั้งตัวอย่างหน้าจอ ตั้งรูปด้านล่าง

ฟิชชัน

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

สูง ต่ำ สูงหรือต่ำ Th-232 U-235 สะกอน ถูกจับ มากกว่า น้อยกว่า

เหมือนกัน ต่างกัน Pu-233 ส่วนพรองมวล นิวตรอน พลังงานนิวเคลียร์

กระบวนการนิวเคลียร์ฟิชชันเริ่มต้นเมื่อ นิวตรอนความเร็ว เคลื่อนที่ไปชน นิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสี เช่น หรือ ซึ่งนิวตรอนจะ โดยนิวเคลียส ทำให้เปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสใหม่ และแยกออกเป็นนิวเคลียสผลิตภัณฑ์สองนิวเคลียสที่มีมวล นิวเคลียสเริ่มต้นพร้อมปลดปล่อย และ ออกมา โดยพลังงานนี้มาจากการเปลี่ยนรูปของ ซึ่งเป็นส่วนต่างระหว่างมวลก่อนกับมวลหลัง เกิดปฏิกิริยา ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ โดยไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันอาจให้พลังงานและจำนวนนิวตรอน ได้

ตรวจคำตอบ

ถ้ามีการลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบไม่ถูกต้อง ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามทำกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้” โดยจะไม่มีกรอบเฉลย แม้จะยังลากคำมาวางไม่ถูก 2 ครั้ง หรือกี่ครั้งก็ตาม รูปตัวอย่างเมื่อลากคำมาวางไม่ถูกต้องด้านล่าง

ฟิชชัน

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

สูง ต่ำ T

ต่างกัน

พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามทำกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

กระบวนการนิวเคลียร์ฟิชชันเริ่มต้นเมื่อ นิวตรอนความเร็ว สูงหรือต่ำ ✓ เคลื่อนที่ไปชน นิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสี เช่น U-235 ✓ หรือ Pu-233 ✗ ซึ่งนิวตรอนจะ ถูกจับ ✓ โดยนิวเคลียส ทำให้เปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสใหม่ และแยกออกเป็นนิวเคลียสผลิตภัณฑ์สองนิวเคลียสที่มีมวล น้อยกว่า ✓ นิวเคลียสเริ่มต้นพร้อมปลดปล่อย นิวตรอน ✓ พลังงานนิวเคลียร์ ✓ ออกมา โดยพลังงานนี้มาจากการเปลี่ยนรูปของ ส่วนพรองมวล ✓ ซึ่งเป็นส่วนต่างระหว่างมวลก่อนกับมวลหลัง เกิดปฏิกิริยา ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ โดยไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันอาจให้พลังงานและจำนวนนิวตรอน เหมือนกัน ✗ ได้

ตรวจคำตอบ

ถ้ามีการลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบถูกต้องทั้งหมด 9 จุด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรม ฟิชชัน ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” พร้อมแสดงกราฟิกยินดีที่ทำกิจกรรมได้สำเร็จ มีเสียงเอฟเฟคปรบมือ และปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ” ที่เป็นลิงก์ไป Google Form ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง

ฟิชชัน

ทำกิจกรรม ฟิชชัน ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว

กระบวนการนิวเคลียร์ฟิชชันเริ่มต้นเมื่อ นิวตรอนความเร็ว สูงหรือช้า เคลื่อนที่ไปชน นิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสี เช่น U-235 หรือ Th-232 ซึ่งนิวตรอนจะ ถูกจับ โดยนิวเคลียส ทำให้เปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสใหม่ และแยกออกเป็นนิวเคลียสผลิตภัณฑ์สองนิวเคลียสที่มีมวล... น้อยกว่า นิวเคลียสเริ่มต้นพร้อมปลดปล่อย นิวตรอน และ พลังงานนิวเคลียร์ ออกมา โดย พลังงานนี้มาจากการเปลี่ยนรูปของ ส่วนพร่องมวล ไปเป็นส่วนต่างระหว่างมวลก่อนกับมวลหลัง เกิดปฏิกิริยา ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ โดยไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันอาจให้ พลังงานและจำนวนนิวตรอน ต่างกัน

ตรวจคำตอบ **ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ**

ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง ปฏิกริยาลูกโซ่

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	
---------------	--

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง ปฏิกริยาลูกโซ่ มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการเกิดปฏิกริยาลูกโซ่ ผู้เรียนจะได้โต้ตอบกับสื่อโดยสวมบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลอง สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเกิดปฏิกริยาลูกโซ่ เช่น ระดับความเร็วของนิวตรอน การใช้ตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน ระบบจะแสดงผลลัพธ์เป็นตัวเลข และกราฟแท่ง ณ เวลา เพื่อให้นักเรียนได้สังเกต และวิเคราะห์เพื่อสรุปผลและตอบคำถาม

สื่อดิจิทัลมีการตอบสนองแบบเรียลไทม์ เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ พร้อมเสียงชาวด์เอฟเฟคและเสียงบรรยายความหมายของคำ วัสดุอุปกรณ์ และ คำอธิบายต่าง ๆ ตลอดการใช้งานสื่อ โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดประมาณ 8 - 12 นาที

ขอบเขตของสื่อ	
---------------	--

สื่อการเรียนรู้นี้เป็น สถานการณ์จำลองเชิงโต้ตอบ (Interactive Simulation) ที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดปฏิกริยาลูกโซ่ โดยครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ เกี่ยวกับ กลไกการเกิดปฏิกริยาลูกโซ่ แสดงแอนิเมชันการปล่อยนิวตรอนไปพบนิวเคลียสเป้าหมาย การแยกออกจากกันของนิวเคลียส และการเกิดฟิชชันอย่างต่อเนื่อง

เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สื่อชุดนี้ได้บูรณาการเครื่องมือและกิจกรรมดังนี้:

- **การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis):** มีตารางบันทึกผลการทดลองเสมือนจริง เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ
- **การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment):** สอดแทรกคำถามแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) เพื่อทดสอบความเข้าใจในแต่ละขั้นตอน พร้อมการให้ผลสะท้อนกลับที่ช่วยในการเรียนรู้ เฉลย และ คำอธิบายประกอบ

- **กิจกรรมสรุปบทเรียน (Concept Review):** กิจกรรมแบบลากและวางคำตอบ (Drag and Drop) ลงในช่องว่างของบทความสรุป เพื่อทบทวนมโนทัศน์ที่สำคัญ (Key Concepts) ทั้งหมด

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อนี้ ผู้เรียนจะบรรลุวัตถุประสงค์ คือสามารถบอกลำดับขั้นตอนและระบุปัจจัยสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน ได้อย่างถูกต้อง

หน้าปก

รายละเอียด

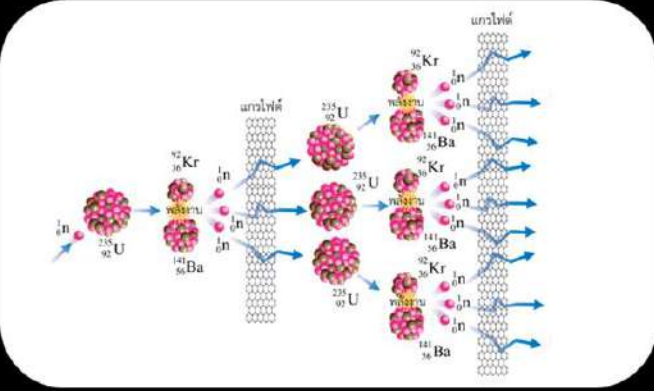
หน้าปกประกอบด้วยชื่อหนังสือ ชื่อกลุ่มวิชา ชื่อสถาบัน แอนิเมชันแสดงสถานการณ์จำลอง ฟิชชัน ในสื่อ

ปุ่มกดดู “วัตถุประสงค์ของสื่อ” และ “คำแนะนำการใช้งาน”

ปุ่ม “เริ่ม” ให้เข้าไปใช้งาน

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)

เรื่อง ปฏิกิริยาฟิชชัน



กลุ่มวิชาฟิสิกส์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์ของสื่อ

คำแนะนำการใช้งาน

เริ่ม

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ
การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ปุ่ม Interactive

1. ปุ่ม “วัตถุประสงค์ของสื่อ” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความวัตถุประสงค์ของสื่อ ดังหน้าถัดไป
2. ปุ่ม “คำแนะนำการใช้งาน” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความคำแนะนำการใช้งาน ดังหน้าถัดไป
3. ปุ่ม “ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ ดังหน้าถัดไป
4. ปุ่ม “การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น ดังหน้าถัดไป

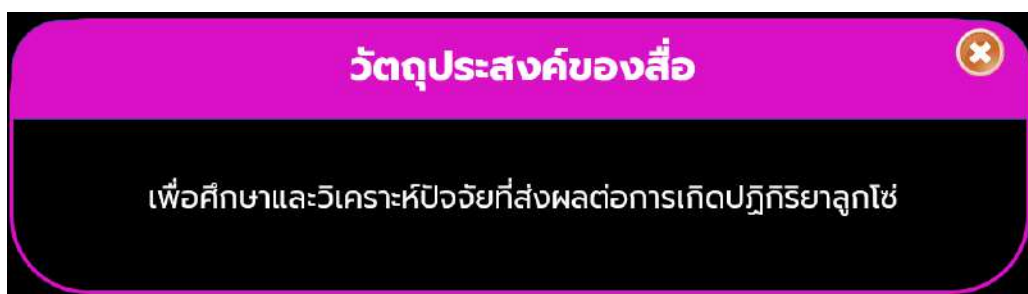
ปุ่ม navigation

1. ปุ่ม “เริ่ม” เพื่อไปสู่หน้าแรกของกิจกรรม

เมื่อกดที่ปุ่ม “วัตถุประสงค์ของสื่อ” จะปรากฏกรอบแสดงข้อความดังนี้

วัตถุประสงค์ของสื่อ

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่



ส่วน “คำแนะนำการใช้งาน” จะจัดทำเป็นแบบ infographic ซึ่งจะดำเนินการภายหลังที่ได้สตอรี่บอร์ดที่มีการแก้ไขแล้ว

ส่วน “ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ” เป็นกรอบแสดงรายชื่อคณะผู้จัดทำ คณะบรรณาธิการ ระบบและอุปกรณ์ที่รองรับการใช้งานสื่อฯ รวมทั้งเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการพัฒนาสื่อ ซึ่งจะจัดทำในภายหลัง

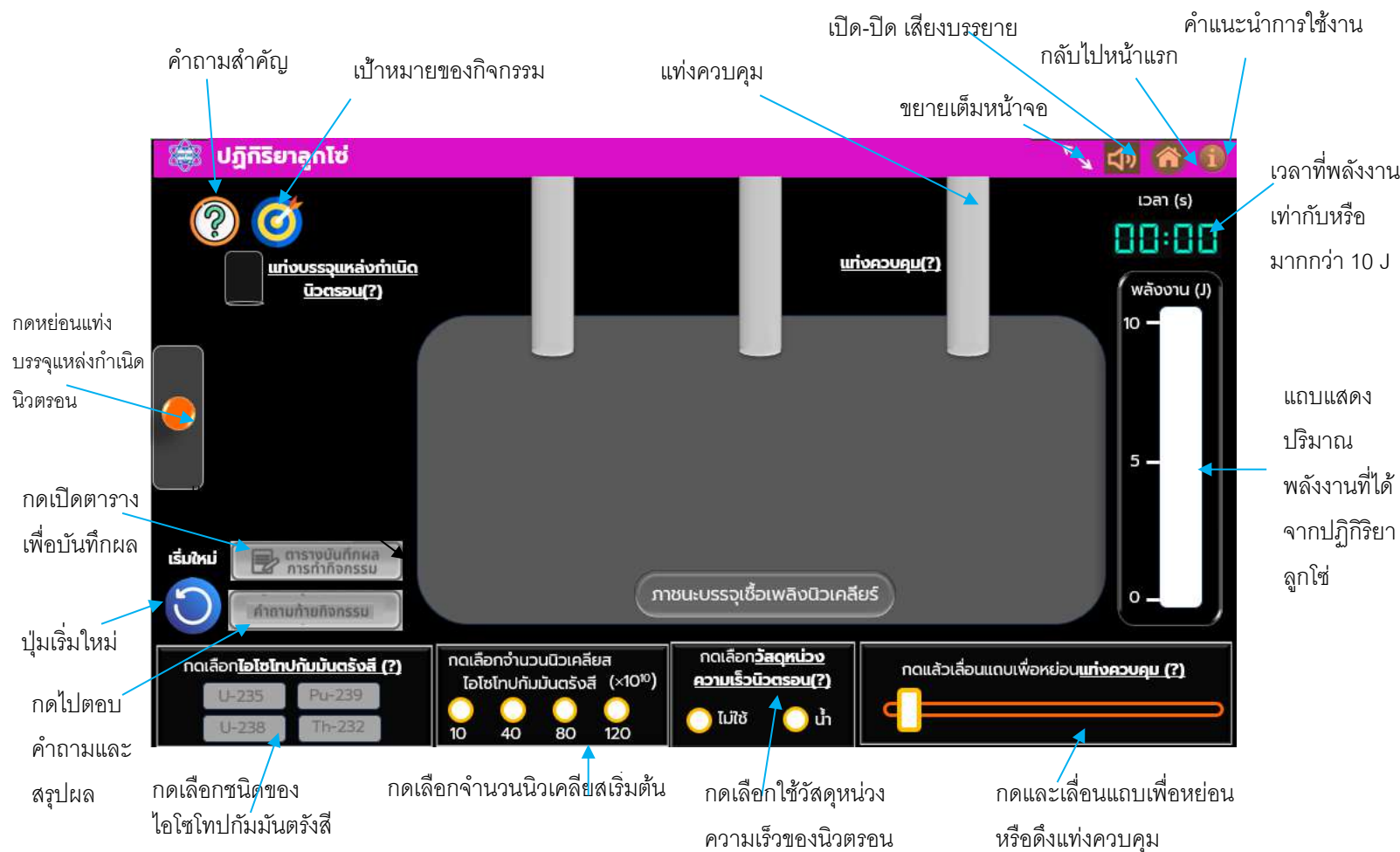
ส่วน “การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น” เป็นกรอบแสดงคำแนะนำการใช้งานสื่อบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในประเด็นการขยายหน้าจอ

กิจกรรม ปฏิริยาลูกโซ่

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อนักเรียนกด “เริ่ม” สื่อจะแสดงหน้าแรกของกิจกรรม เป็นการให้ผู้ใช้ได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบ ปฏิกิริยาและกระบวนการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี จากการเลือกชนิดไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ใช้ทำเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ เลือกจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น เลือกระดับความเร็วของนิวตรอนที่ถูกปล่อยไปพบกับนิวเคลียส และเลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน ก่อนจะให้นิวตรอนเคลื่อนที่ออกจากแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอนไปกระตุ้นให้เกิดฟิชชัน สังเกตการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ จากนั้น ผู้ใช้ได้บันทึกผลในตาราง



ปุ่ม Interactive

ส่วนแถบด้านบน เหมือนกิจกรรม ฟิชชัน

ส่วนแสดงสถานการณ์จำลอง

1. ปุ่ม “คำถามสำคัญ” ที่กดแล้ว จะแสดงกรอบคำถามที่กระตุ้นให้ผู้ห้หาคำตอบผ่านการทำกิจกรรม
2. ปุ่ม “เป้าหมายกิจกรรม” ที่กดแล้ว จะแสดงเป้าหมายที่ผู้ห้จะต้องทำกิจกรรมให้ครบ เพื่อไปสู่การตอบคำถามท้ายกิจกรรม และสรุปผลการทำกิจกรรม
3. ปุ่มกดหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน
4. ปุ่มกดเปิดตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
5. ปุ่มกดเปิดคำถามท้ายกิจกรรม

ส่วนแถบด้านล่าง

1. ปุ่มเลือกชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสี
2. ปุ่มเลือกจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น
3. ปุ่มเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
4. แถบเลื่อนสำหรับกดแล้วลากเพื่อหย่อนแท่งควบคุม

ปุ่ม navigation

1. ปุ่มรูปบ้าน  กลับไปยังหน้าปก



กิจกรรม ปฏิกริยาลูกโซ่

สถานการณ์จำลอง

เริ่มต้นกิจกรรม สื่อจะแสดงกรอบให้ผู้ใช้กดดูคำถามสำคัญและเป้าหมายของกิจกรรม โดยแสดงกรอบข้อความพร้อมลูกศรว่า “กดดูคำถามสำคัญ” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความของคำถามสำคัญของกิจกรรมนี้ จากนั้น สื่อจะให้ “กดดูเป้าหมาย” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความระบุเป้าหมายของกิจกรรม ที่ผู้ใช้งานจะต้องปฏิบัติให้ครบเพื่อไปสู่การตอบคำถามท้ายกิจกรรม ทั้ง คำถามสำคัญและเป้าหมาย ของกิจกรรมที่ 1 เป็นดังนี้

คำถามสำคัญ

“ปฏิกริยาลูกโซ่เกิดขึ้นได้อย่างไร มีกระบวนการเป็นอย่างไร และสามารถควบคุมได้อย่างไร ”

เป้าหมาย

“สร้างปฏิกริยาลูกโซ่จากไอโซโทปกัมมันตรังสีอย่างน้อย 2 ชนิด โดยต้องควบคุมให้ได้พลังงานจากปฏิกริยาประมาณ 10 จูล อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 10 วินาที”

ตัวอย่างภาพแสดงหน้าจอ เป้าหมายกิจกรรม



[Handwritten signature]

หลังจากดูคำถามสำคัญและเป้าหมายแล้ว สื่อจะให้ผู้ใช้ศึกษาคำศัพท์ที่เป็นคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนา



เมื่อกดคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนาแล้ว จะแสดงกรอบข้อความอธิบายความหมายของคำนั้น ๆ

ทั้งนี้ คำศัพท์ที่เหมือนกับกิจกรรมที่ 1 จะมีกรอบแสดงข้อความอธิบายเหมือนกัน ส่วนคำศัพท์ที่มีเฉพาะในกิจกรรม มีข้อความอธิบายดังนี้

แท่งควบคุม

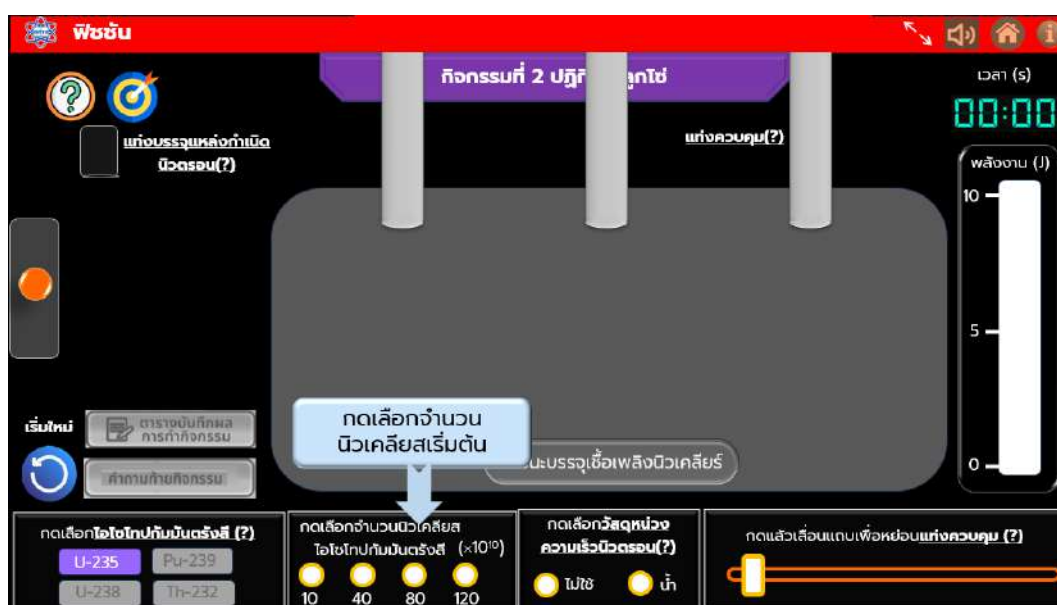
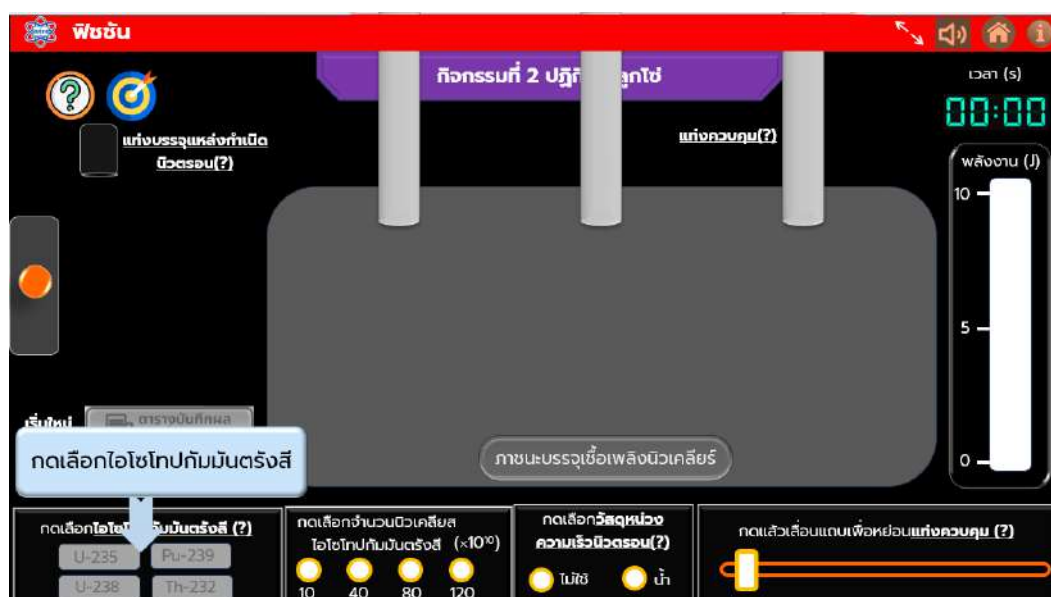
แท่งควบคุม (control rod) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จับนิวตรอนที่เกิดขึ้นในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันเพื่อลดจำนวนนิวตรอนที่ทำให้เกิดฟิชชัน ทำจากวัสดุที่มีสมบัติจับนิวตรอนได้ดี เช่น โบรอน (boron), แคดเมียม (cadmium) หรือฮาฟเนียม (hafnium)

กิจกรรม ปฏิบัติการลูกโซ่

สถานการณ์จำลอง

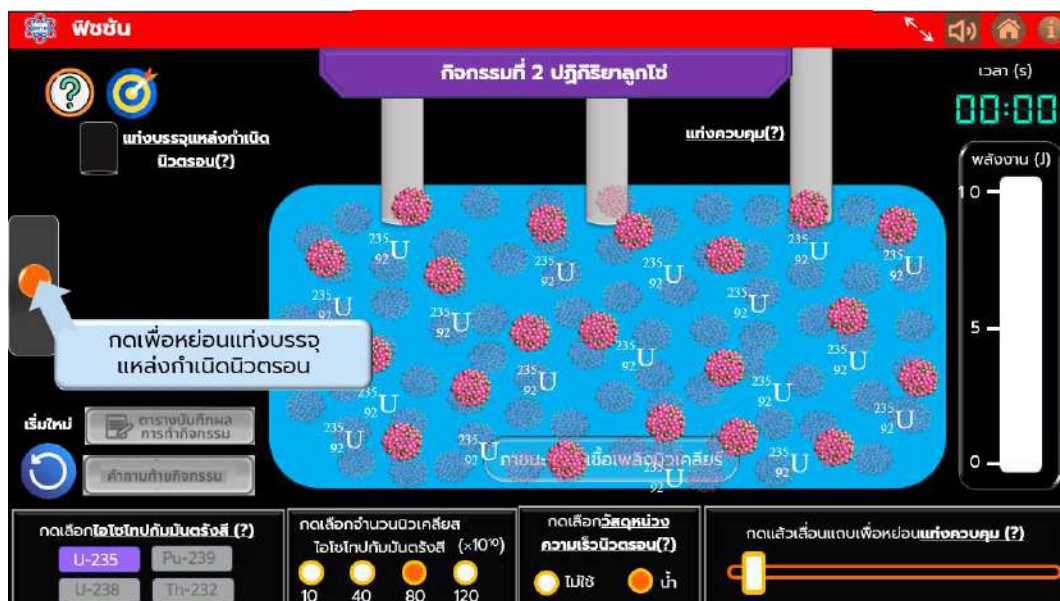
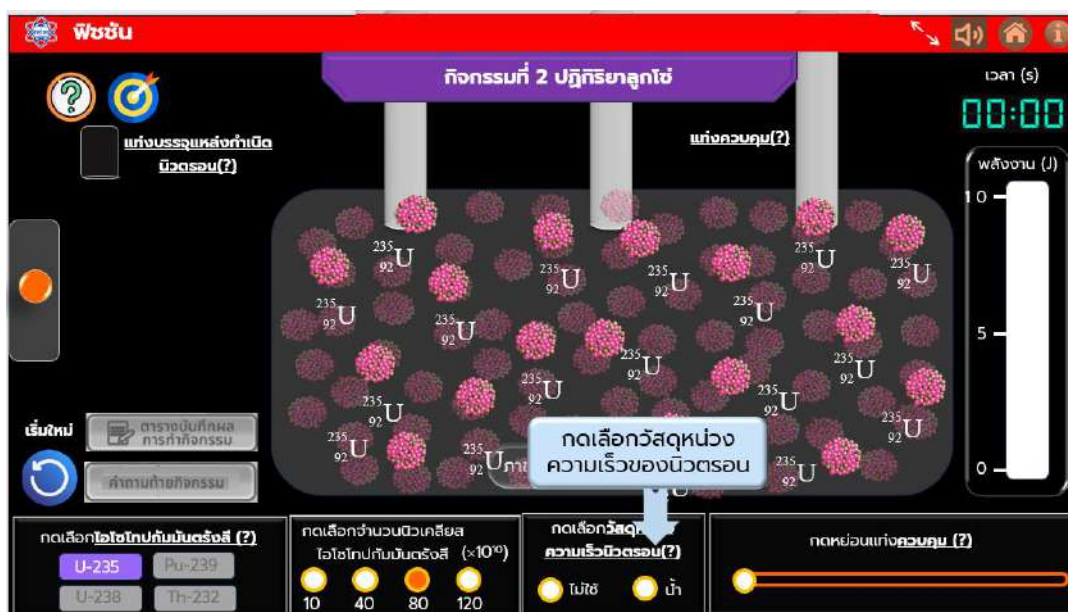
รายละเอียด

หลังจากที่ผู้ใช้ทราบคำถามสำคัญของกิจกรรม เป้าหมายของกิจกรรม และคำศัพท์ต่าง ๆ ที่ควรรู้แล้ว ต่อไปจะเริ่มให้ผู้ใช้งานเลือกปรับตัวแปรต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่มีกรอบข้อความและลูกศรระบุตามลำดับ โดยเริ่มจากขั้นตอน “กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี” โดยสื่อจะแสดงกรอบข้อความพร้อมลูกศรชี้ไปที่ปุ่มที่มีชื่อไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดต่าง ๆ เมื่อกดเลือกไอโซโทปใดไอโซโทปหนึ่งแล้ว สื่อจะแสดงกรอบข้อความขั้นตอนต่อไปว่า “กดเลือกจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น” พร้อมลูกศรชี้ไปที่กรอบที่มีปุ่มเลือกจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น



รายละเอียด

เมื่อเลือกจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นแล้ว สื่อจะแสดงนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดนั้น พร้อมชื่อไอโซโทป โดยจะมีส่วนที่ทำให้เห็นชัดประมาณ 20 นิวเคลียส แล้วส่วนอื่นทำเป็นจาง ๆ ด้านหลัง ทั้งนี้ นิวเคลียสจะมีการสั่น เล็กน้อย จากนั้น ลำดับต่อไป กรอบแสดงขั้นตอนจะมีลูกศรชี้ไปที่กรอบเลือกวัสดุหน่วยความเร็วของนิวตรอน พร้อมข้อความ “กดเลือกวัสดุหน่วยความเร็วนิวตรอน” สมมติให้เลือก “น้ำ” ภาชนะบรรจุจะเป็นสีฟ้า และเมื่อเลือกแล้ว จะมีกรอบบอกขั้นตอนต่อไปให้ “กดเพื่อย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน” ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง

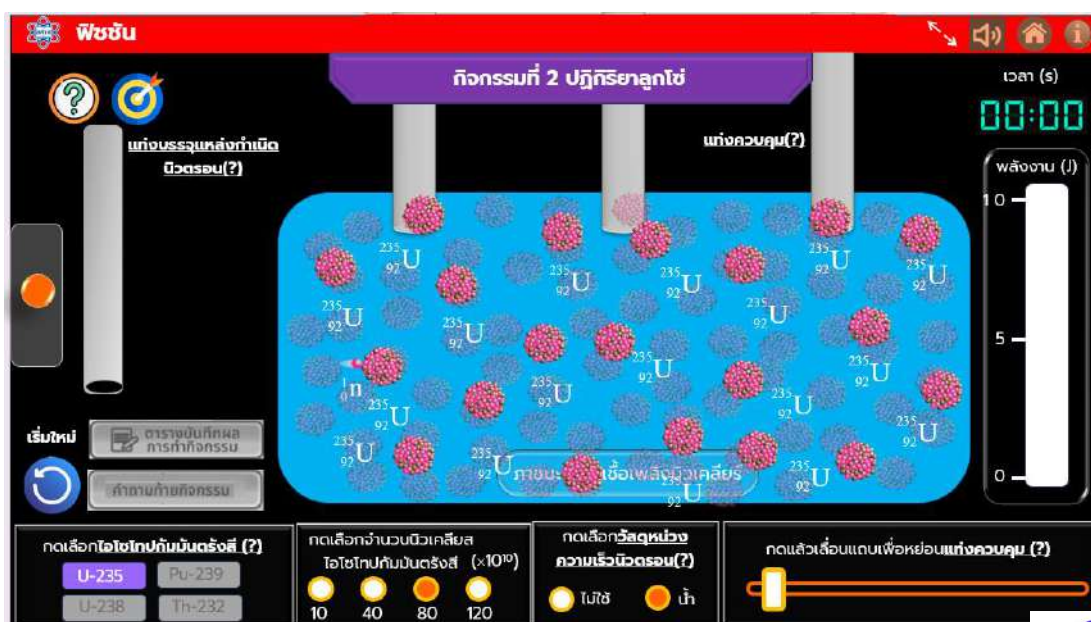
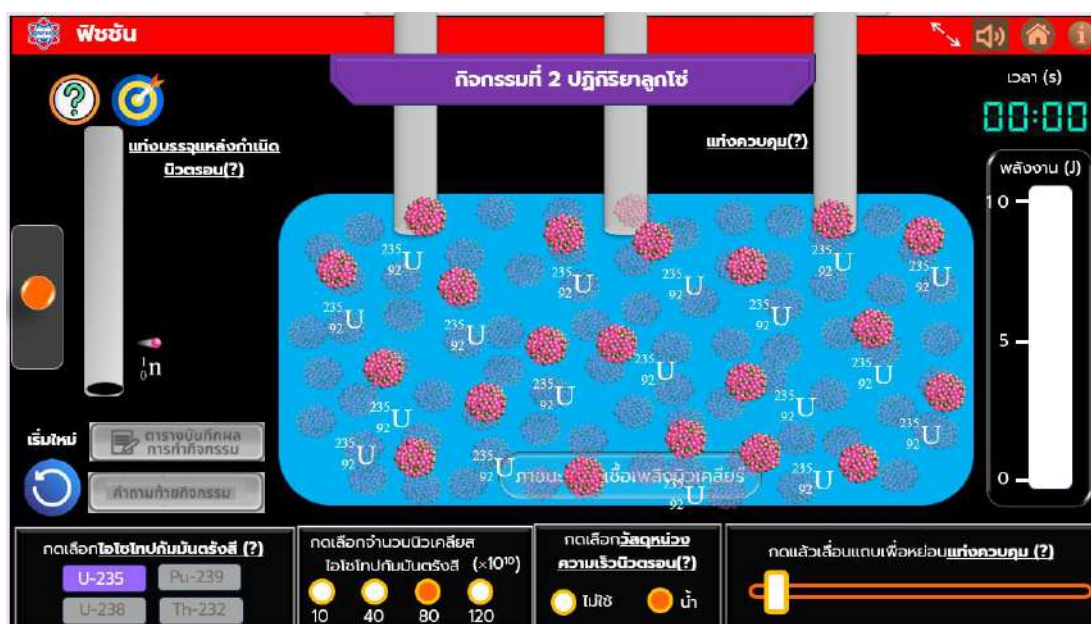


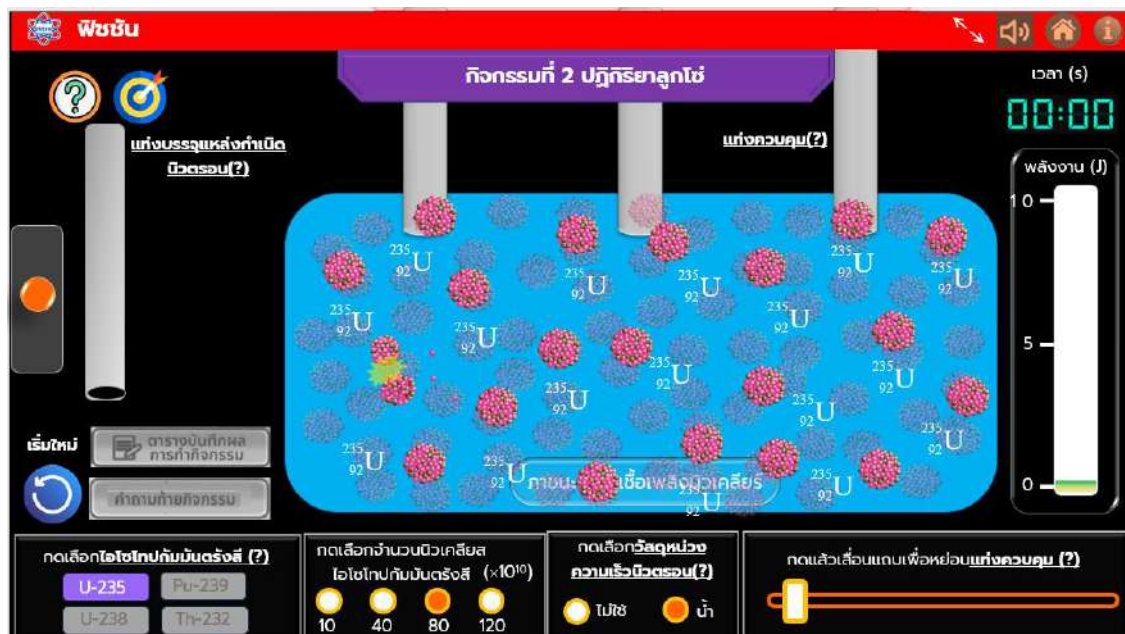
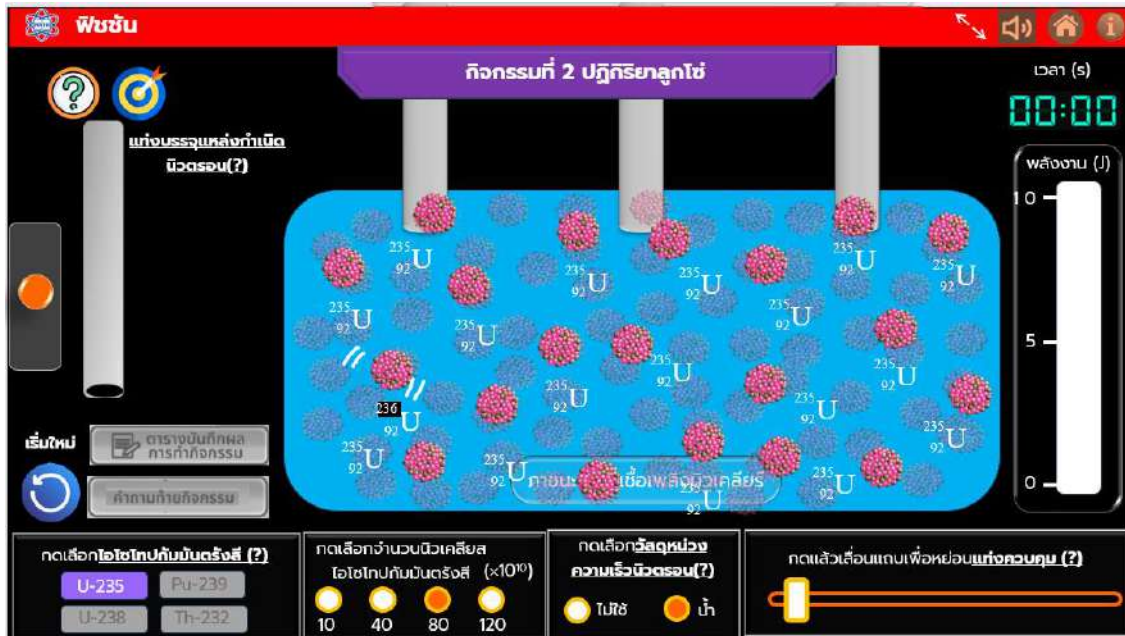
กิจกรรม ปฏิริยาอุกโช

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อกดที่ปุ่มให้แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอนหย่อนลงมา ซึ่งสื่อจะแสดงการเลื่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอนลงมา จากนั้น จะมีนิวตรอน 1 นิวตรอน เคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ออกจากแท่งไปชนกับนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสี 1 นิวเคลียส ซึ่งนิวเคลียสจะจับนิวตรอนไว้ ทำให้เปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสใหม่ เช่น ยูเรเนียม-236 หรือพลูโทเนียม-240 ซึ่งมีความไม่เสถียรมากขึ้น โดยสื่อแสดงความไม่เสถียรที่มากขึ้นด้วยการแสดงนิวเคลียสที่จับนิวตรอนไว้สั้นที่มากกว่าเดิม จากนั้น นิวเคลียสที่ไม่เสถียรจะแยกออกเป็นนิวเคลียสมวลน้อยกว่า 2 นิวเคลียสพร้อมปลดปล่อยพลังงานและนิวตรอนอีก 3 นิวตรอน

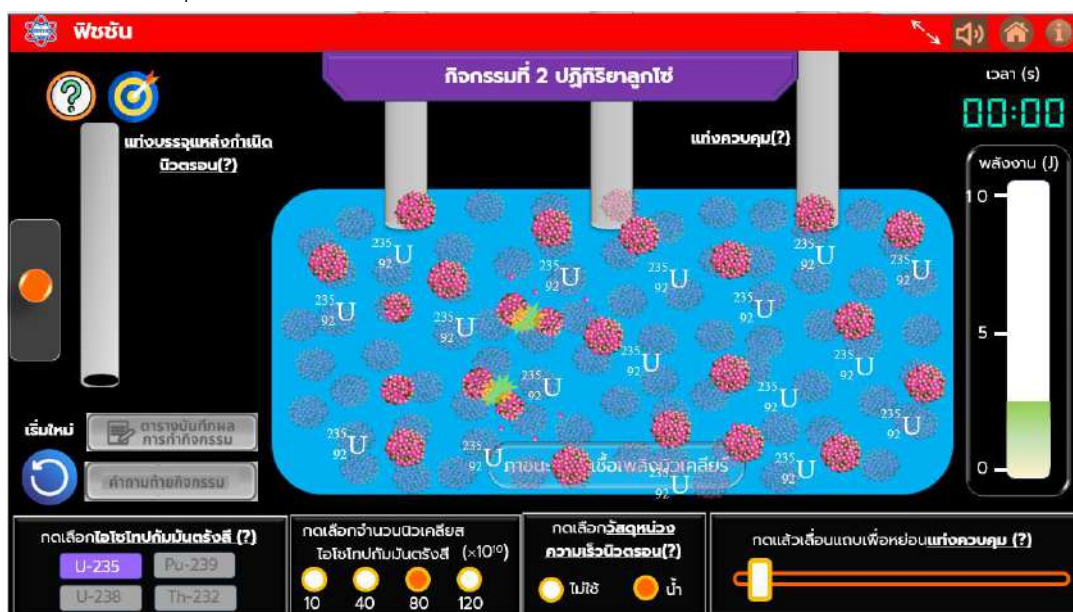




Dr.

รายละเอียด

กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 (U-235) หรือ พลูโทเนียม-239 (Pu-239) เลือกจำนวนนิวเคลียส 80 หรือ 120 นิวเคลียส และ เลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนเป็น “น้ำ” นิวตรอนที่ถูกปล่อยออกมาจากฟิชชันครั้งแรก จะไป กระตุ้นนิวเคลียสอื่นให้เกิดฟิชชันครั้งต่อ ๆ ไป ทำให้ระดับพลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากกว่า 10 จูล แล้วจะมี หลอดไฟสีแดง ส่งเสียงเอฟเฟคเหมือนรถพยาบาล เตือนอันตราย พร้อมคำว่า DANGER จากนั้น มีกรอบข้อความแจ้ง ให้ผู้ใช้ “หย่อนแท่งควบคุม”



เมื่อผู้ใช้กดแล้วเลื่อนแถบเลื่อนเพื่อขยายแท่งควบคุมขึ้น การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ จะเกิดด้วยจำนวนที่มากขึ้น และพลังงานที่ได้มากขึ้น จนบางครั้งบางกว่า 10 จูล ซึ่งส่งผลให้เกิดการเตือนอันตราย แต่ถ้า หยอนแท่งควบคุมลง จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่น้อยลง จนกระทั่ง เมื่อผู้ใช้ขยายแท่งควบคุมมาที่ระดับกลาง ๆ จะเป็นระดับที่พอดีทำให้ปฏิกิริยา ลูกโซ่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและปลดปล่อยพลังงานออกมา ประมาณ 10 จูล ตัวเลขเวลาดิจิทัลจะเริ่มวิ่ง พร้อมมีกรอบ ข้อความแจ้งว่า “ดีมาก ได้พลังงานประมาณ 10 จูลแล้ว ให้หยุดการขยายแท่งควบคุม แล้วให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ปล่อย พลังงานระดับนี้อีกอย่างต่อเนื่องจนครบ 10 วินาที”



เมื่อเวลาผ่านไปครบ 10 วินาที จะมีกรอบข้อความแจ้งว่า “ได้พลังงานนิวเคลียร์ 10 จูลเป็นเวลา 10 วินาที แล้วกดเปิดตารางบันทึกผล” พร้อมลูกศรชี้ไปที่ปุ่ม “ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม”



เมื่อกด “ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม” สื่อจะแสดงตารางบันทึกผล โดยมีค่าต่าง ๆ กรอกให้อัตโนมัติ พร้อมแสดงเป้าหมายกิจกรรม ที่ได้ทำแล้ว ทั้งนี้ ถ้ายังทำกิจกรรมไม่ครบตามเป้าหมาย จะมีกรอบข้อความแจ้งว่า “กลับไปทำกิจกรรมต่อ โดยเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดใหม่” ดังตัวอย่างด้านล่าง

ฟองชั้น

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

นิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี	จำนวนนิวเคลียส ($\times 10^{10}$)	การใช้วัสดุแบ่งความเร็วนิวตรอน	ระดับแท่งควบคุมที่ย่อนลงใบที่บรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
U-235	80	น้ำ	ปานกลาง

เป้าหมายของกิจกรรม

สร้างปฏิกิริยาลูกโซ่จากไอโซโทปกัมมันตรังสีอย่างน้อย 2 ชนิด โดยควบคุมให้ได้พลังงานจากปฏิกิริยาเท่ากับหรือมากกว่า 10 จูล อย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนานอย่างน้อย 10 วินาที

☒ ไอโซโทปชนิดที่ 1 ☐ ไอโซโทปชนิดที่ 2

เวลา (s) 10:00

พลังงาน (J) 0 5 10

กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)

U-235 Pu-239
U-238 Th-232

กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี ($\times 10^{10}$)

10 40 80 120

กดเลือกวัสดุแบ่งความเร็วนิวตรอน (?)

ไม่มี น้ำ

กดเลื่อนแถบเพื่อย่นแท่งควบคุม (?)

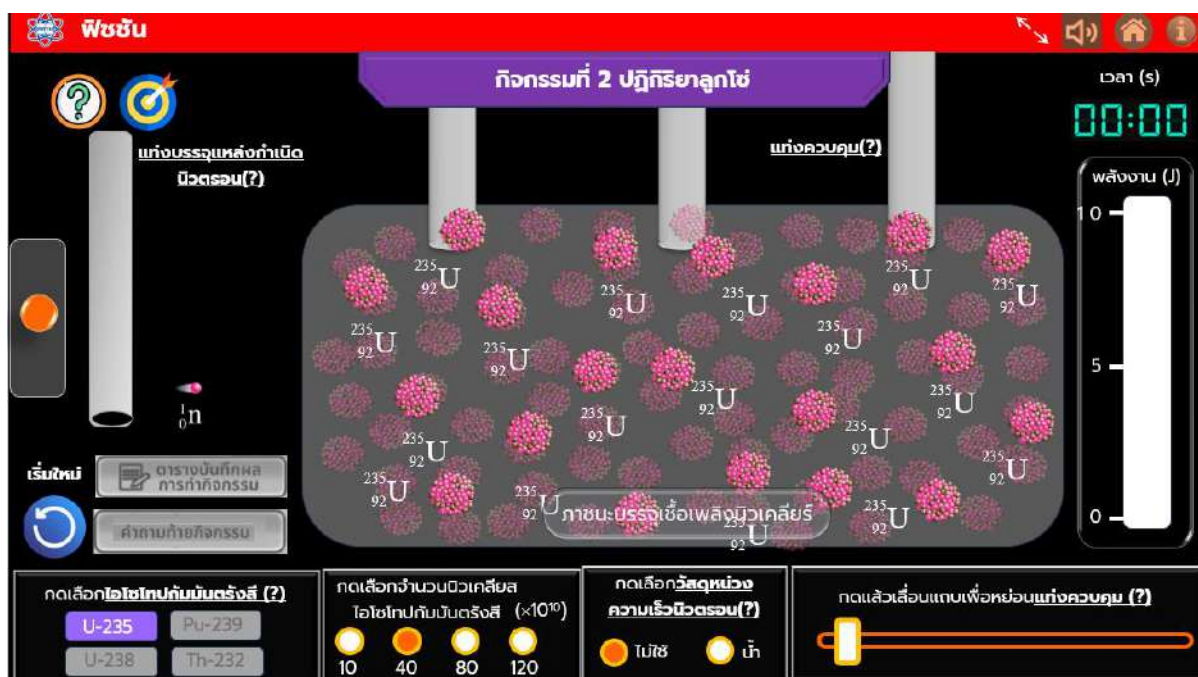
0 5 10

กิจกรรม ปฏิริยาอุกโช

สถานการณ์จำลอง

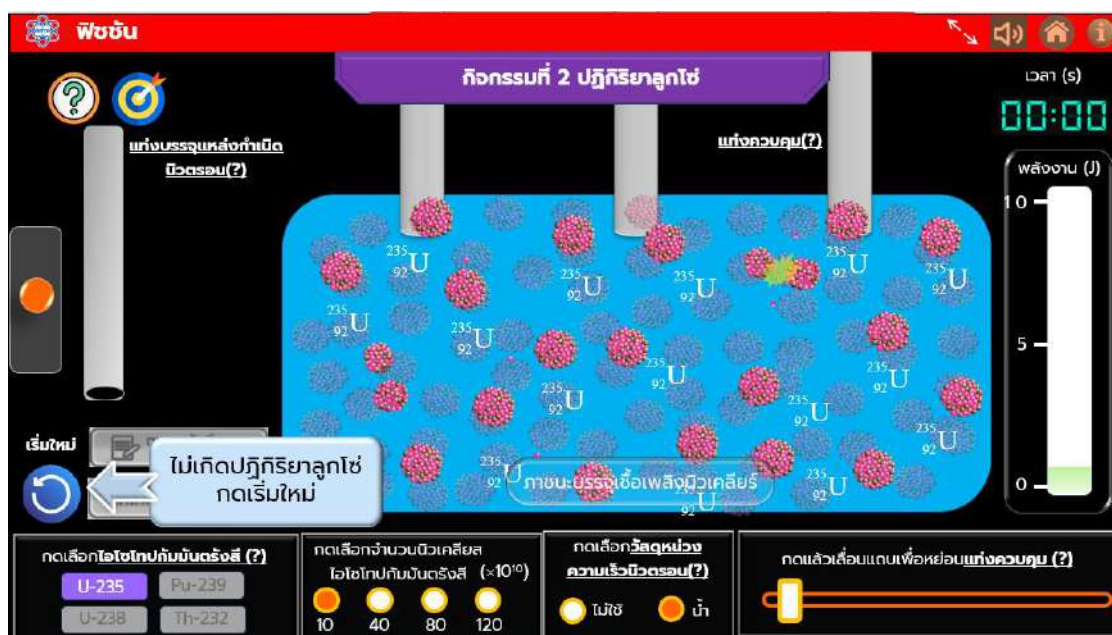
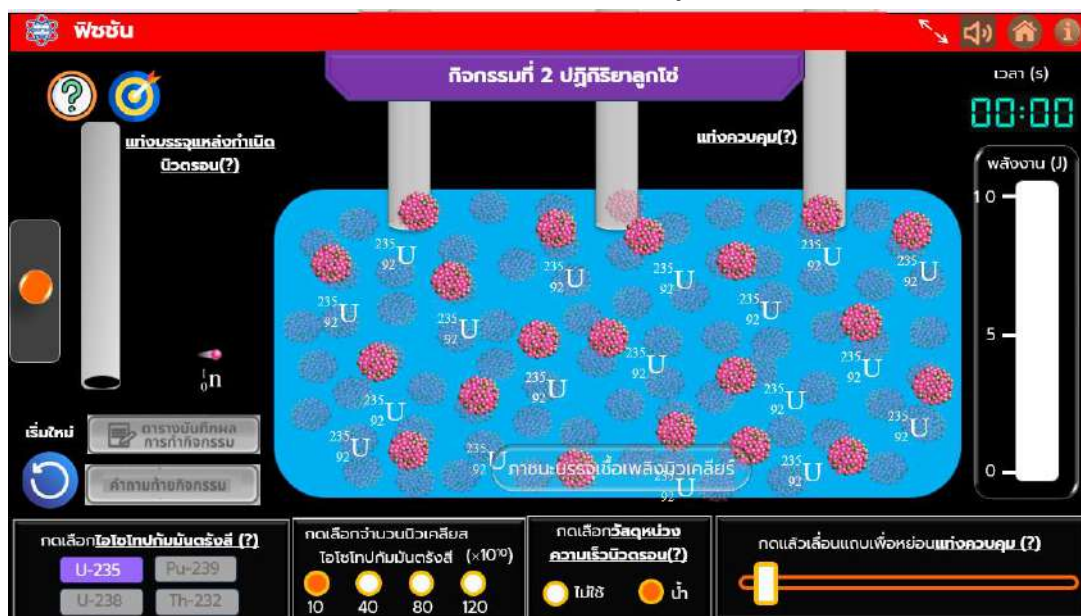
รายละเอียด

กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 (U-235) หรือ พลูโทเนียม-239 (Pu-239) เลือกจำนวนนิวเคลียส 10 40 80 หรือ 120 แล้วเลือก “ไม่ใช่” วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน นิวตรอนจะพุ่งไปพบนิวเคลียสแล้วกระเจิงออกไป แล้วสื่อจะแสดงกรอบข้อความ “ไม่เกิดฟิชชัน กดเริ่มใหม่” ดังภาพตัวอย่างด้านล่าง



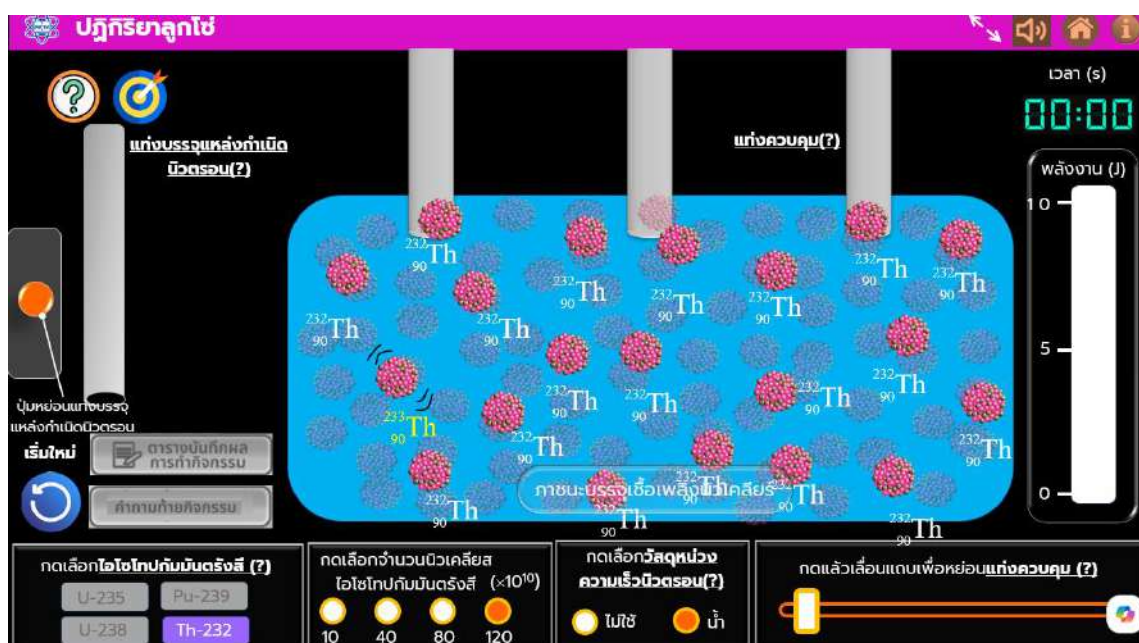
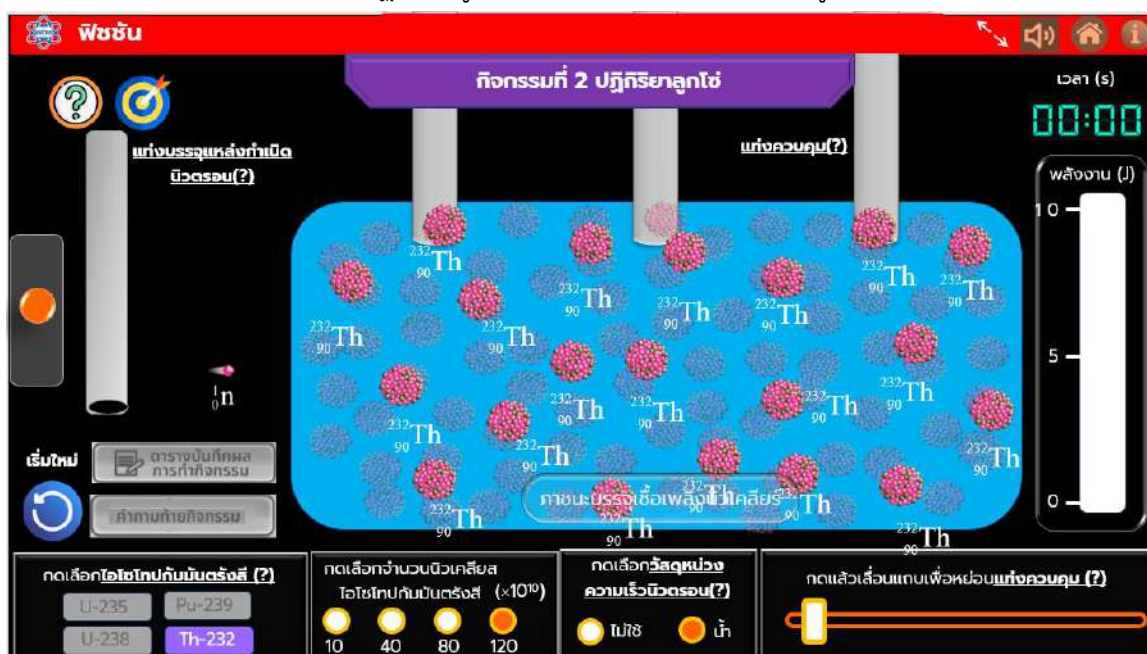
รายละเอียด

กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 (U-235) หรือ พลูโทเนียม-239 (Pu-239) เลือกจำนวนนิวเคลียส 10 40 แล้วเลือก “น้ำ” เป็นวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน นิวตรอนจะพุ่งไปพบนิวเคลียสแล้วเกิดฟิชชันครั้งแรก และครั้งต่อไปอีก 1 หรือ 2 ครั้ง จากนั้น สื่อจะแสดงกรอบข้อความ “ไม่เกิดปฏิกริยาลูกโซ่ กดเริ่มใหม่” ดังภาพตัวอย่างด้านล่าง



รายละเอียด

กรณีเลือกยูเรเนียม-238 หรือ ทอเรียม-232 เลือกจำนวนนิวเคลียส 10 40 80 หรือ 120 แล้วเลือกวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอนเป็น “ไม้ขีด” หรือ “น้ำ” นิวตรอนจะเคลื่อนที่ไปชนนิวเคลียสแล้วถูกจับไว้ กลายเป็นนิวเคลียสของไอโซโทปใหม่ คือ ยูเรเนียม-239 หรือ ทอเรียม-233 ตามลำดับ จากนั้น นิวเคลียสจะแยกออกจากกันเป็นนิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า พร้อมปล่อยนิวตรอนออกมา 3 นิวตรอน เพียงครั้งเดียว ไม่เกิดฟิชชันครั้งต่อไป แล้วสื่อจะแสดงข้อความ “ไม่เกิดปฏิริยาลูกโซ่ กดเริ่มใหม่” ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง



ปฏิกิริยาฟิวชัน

เวลา (s) 00:00

พลังงาน (J) 0

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

แท่งควบคุม(?)

ป้อนยูเรเนียมแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ทำตามทำกิจกรรม

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกับมันตรงสี ($\times 10^{10}$)

10 40 80 120

กดเลือกวัสดุห่อหุ้มความเร็วนิวตรอน(?)

ไม่ใช้ น้ำ

กดเลื่อนแถบเพื่อหอยอนแท่งควบคุม (?)

ภาชนะบรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

Th-232

ปฏิกิริยาฟิวชัน

เวลา (s) 00:00

พลังงาน (J) 0

แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)

แท่งควบคุม(?)

ป้อนยูเรเนียมแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน

เริ่มใหม่

ไม่เกิดปฏิกิริยาฟิวชัน
กดเริ่มใหม่

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ทำตามทำกิจกรรม

กดเลือกไอโซโทปกับมันตรงสี (?)

U-235 Pu-239

U-238 Th-232

กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกับมันตรงสี ($\times 10^{10}$)

10 40 80 120

กดเลือกวัสดุห่อหุ้มความเร็วนิวตรอน(?)

ไม่ใช้ น้ำ

กดเลื่อนแถบเพื่อหอยอนแท่งควบคุม (?)

ภาชนะบรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

Th-232

กิจกรรม ปฏิบัติการลูกโซ่

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

กรณีสามารถสร้างปฏิบัติการลูกโซ่ได้ครบ 2 ไอโซโทป ตารางบันทึกผลจะแสดงข้อมูลผลการทำกิจกรรมครบถ้วน จากนั้น สื่อจะแสดงปุ่มคำถามเป็นสีแดง พร้อมกรอบข้อความระบุให้กดเพื่อไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม ดังตัวอย่างด้านล่าง

นิวเคลียสไอโซโทป กัมมันตรังสี	จำนวนนิวเคลียส ($\times 10^{10}$)	การใช้วัสดุหน่วง ความเร็วนิวตรอน	ระดับแท่งควบคุมที่ย่อนลงใน ที่บรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
U-235	80	น้ำ	ปานกลาง
Pu-239	120	น้ำ	ต่ำ

สร้างปฏิกิริยาลูกโซ่จากไอโซโทปกัมมันตรังสีอย่างน้อย 2 ชนิด โดยควบคุมให้ได้พลังงานจากปฏิกิริยาเท่ากับหรือมากกว่า 10 จูล อย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนานอย่างน้อย 10 วินาที

เป้าหมายของกิจกรรม

ไอโซโทปชนิดที่ 1 ☒ ไอโซโทปชนิดที่ 2 ☒

กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)

กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี ($\times 10^{10}$)

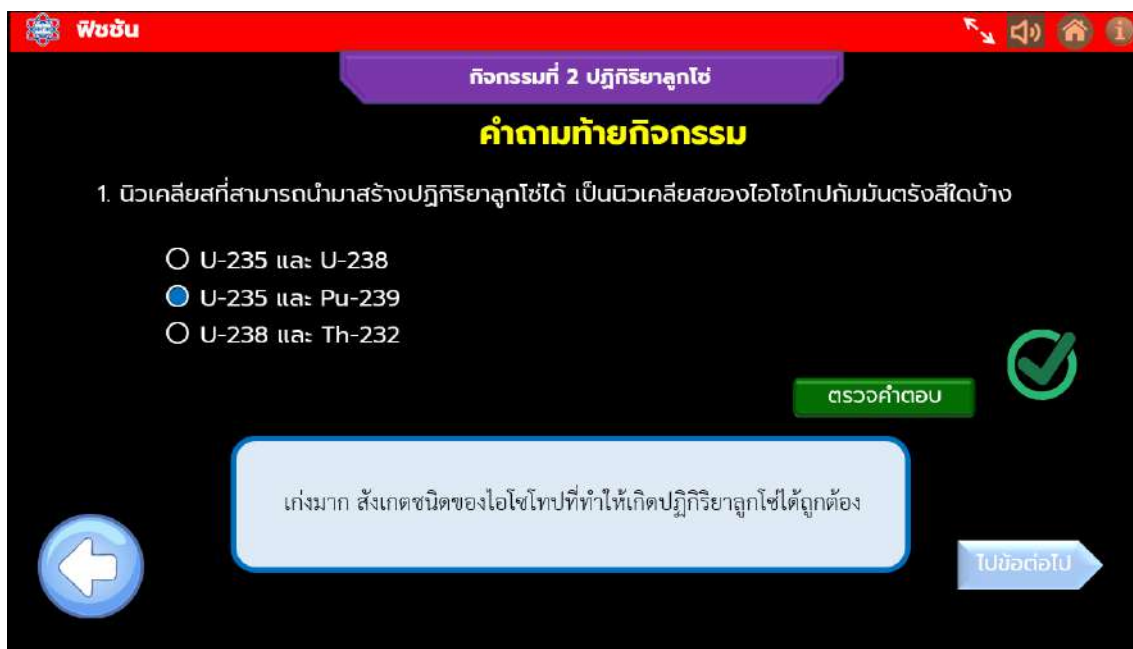
กดเลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน (?)

กดแล้วเลื่อนแถบเพื่อย่นแท่งควบคุม (?)

ทำกิจกรรมครบตามเป้าหมายแล้ว ปิดตาราง แล้วไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม

รายละเอียด

เมื่อกด “คำถามท้ายกิจกรรม” และเมื่อกดแล้ว จะไปที่หน้าคำถาม



คำถามท้ายกิจกรรมมีทั้งหมด 3 ข้อ ดังนี้

- ไอโซโทปกับมันตรงสัใดบ้างที่สามารถนำมาสร้างปฏิริยาอุกโซได้
 - ☐ U-235 และ U-238
 - ☐ U-235 และ Pu-239
 - ☐ U-238 และ Th-232

เฉลย ตัวเลือกที่ 2 U-235 และ Pu-239

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ไอโซโทปกับมันตรงสัใดบ้าง ที่เมื่อกระตุ้นด้วยนิวตรอนแล้ว เกิดพิชชันอย่างต่อเนื่อง จำนวนมาก”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก! สังเกตชนิดของชนิดของไอโซโทปกับมันตรงสัที่ทำให้เกิดปฏิริยาอุกโซได้ถูกต้อง”

2. ในกรณีไอโซโทปที่สามารถนำมาสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ การใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนช่วยในการสร้างปฏิกิริยา ลูกโซ่ได้อย่างไร

- ลดความเร็วของการดูดจับนิวตรอนโดยนิวเคลียส ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างต่อเนื่อง
- ลดความเร็วนิวตรอนที่อยู่ภายในนิวเคลียส ทำให้ได้พลังงานจากฟิชชันมากขึ้น
- ลดความเร็วนิวตรอนที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน ทำให้สามารถทำให้เกิดฟิชชันครั้งต่อ ๆ ไปได้

เฉลย ค. ลดความเร็วนิวตรอนที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน ทำให้สามารถทำให้เกิดฟิชชันครั้งต่อ ๆ ไปได้

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนทำให้อัตราเร็วของนิวตรอนที่ออกมาจากฟิชชันเป็นอย่างไร”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “สังเกตได้ดีมาก นิวตรอนปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันที่มีความเร็วสูงจะไม่สามารถกระตุ้นให้นิวเคลียสอื่น ๆ ของไอโซโทปกัมมันตรังสีที่อยู่รอบ ๆ เกิดฟิชชันได้ จึงจำเป็นต้องลดความเร็วลงด้วยวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน เพื่อทำให้เกิดฟิชชันในครั้งต่อ ๆ ไปได้”

3. ในกรณีไอโซโทปที่สามารถนำมาสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ จำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นของไอโซโทปกัมมันตรังสี ส่งผลอย่างไรกับปฏิกิริยาลูกโซ่

- ถ้าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นน้อยเกินไป ปฏิกิริยาลูกโซ่จะไม่เกิดขึ้น
- ไม่ว่าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นน้อยหรือมาก ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดขึ้น
- ถ้าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นมากขึ้น ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดได้มากขึ้น

เฉลย ตัวเลือกที่ 3 ถ้าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นมากขึ้น ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดได้มากขึ้น

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที เมื่อจำนวนนิวเคลียสเปลี่ยนจาก 80 เป็น 120 ต้องขยับแบ่งควบคุมเพื่อลดหรือเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก สามารถเข้าใจผลของจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นกับการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้อย่างถูกต้อง จำนวนนิวเคลียสที่มากขึ้น จะสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้มากขึ้น”

4. การหย่อนแท่งควบคุมลงในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาลุกไหม้ ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาลุกไหม้อย่างไร

- ปฏิกิริยาลุกไหม้เกิดได้ง่ายขึ้น ทำให้มีการเพิ่มของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป
- ปฏิกิริยาลุกไหม้ลดลง ทำให้มีความสม่ำเสมอของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป
- ปฏิกิริยาลุกไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น แล้วจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

เฉลย ตัวเลือกที่ 2 ปฏิกิริยาลุกไหม้ลดลง ทำให้มีความสม่ำเสมอของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที เมื่อหย่อนแท่งควบคุม พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาลุกไหม้เพิ่มขึ้นหรือลดลง แล้วระดับพลังงานที่ได้ สู่ถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาลุกไหม้อย่างไร”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก แท่งควบคุมทำจากวัสดุที่มีสมบัติพิเศษในการจับนิวตรอนได้ดี เมื่อหย่อนแท่งเหล่านี้นิ่งไปในบริเวณเกิดปฏิกิริยาลุกไหม้ จะจับนิวตรอนที่จะไปทำให้เกิดฟิชชันต่อเนื่องมีจำนวนน้อยลง การเกิดปฏิกิริยาลุกไหม้จึงลดลง และเมื่อปล่อยแท่งควบคุมไว้ระยะเวลาหนึ่ง ปฏิกิริยาลุกไหม้จะมีความสม่ำเสมอ”

เมื่อตอบคำถามถูกทุกข้อแล้ว จะปรากฏปุ่ม “ไปสรุปผลการทำกิจกรรม” ดังตัวอย่างด้านล่าง

ปฏิกิริยาลุกไหม้

คำถามท้ายกิจกรรม

4. การหย่อนแท่งควบคุมลงในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาลุกไหม้ ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาลุกไหม้อย่างไร

- ปฏิกิริยาลุกไหม้เกิดได้ง่ายขึ้น ทำให้มีการเพิ่มของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป
- ปฏิกิริยาลุกไหม้ลดลง ทำให้มีความสม่ำเสมอของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป
- ปฏิกิริยาลุกไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น แล้วจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

ตรวจสอบคำตอบ

เก่งมาก แท่งควบคุมทำจากวัสดุที่มีสมบัติพิเศษในการจับนิวตรอนได้ดี เมื่อหย่อนแท่งเหล่านี้นิ่งไปในบริเวณเกิดปฏิกิริยาลุกไหม้ จะจับนิวตรอนที่จะไปทำให้เกิดฟิชชันต่อเนื่องมีจำนวนน้อยลง การเกิดปฏิกิริยาลุกไหม้จึงลดลง และเมื่อปล่อยแท่งควบคุมไว้ระยะเวลาหนึ่ง ปฏิกิริยาลุกไหม้จะมีความสม่ำเสมอ

ไปสรุปผลการทำกิจกรรม

กิจกรรม ปฏิกริยาลูกโซ่

สรุปผลการทำกิจกรรม

รายละเอียด

เมื่อกดปุ่ม “ไปสรุปผลการทำกิจกรรม” จะไปหน้าสรุปผลการทำกิจกรรม โดยให้เลือกค่าในกรอบสีฟ้ามาเติมในข้อความด้านล่าง โดยมีค่าและข้อความสรุปดังนี้

ค่าที่ลากไปวาง

น้ำ	โลหะ	ลดความเร็ว	ความเร็วสูง	แท่งควบคุม	อย่างต่อเนื่อง	
ความเร็วต่ำ	เพิ่มความเร็ว	แท่งเชื้อเพลิง	อย่างสม่ำเสมอ	Th-232	U-235	Pu-239

ข้อความสรุป

ปฏิกริยาลูกโซ่เป็นกระบวนการเกิดนิวเคลียร์ฟิชชัน โดยเริ่มต้นจากนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีเช่น หรือ ถูกกระตุ้นด้วยนิวตรอน ทำให้เกิดฟิชชันที่ปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์และนิวตรอนออกมาจำนวนหนึ่ง นิวตรอนเหล่านี้ก็มี เกินไป จึงไม่สามารถทำให้เกิดฟิชชันในครั้งต่อไป การใช้ เป็นวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนช่วย ของนิวตรอนเหล่านี้ลง จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะไปกระตุ้นให้นิวเคลียสอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดฟิชชันต่อเนื่องกันไป ส่งผลให้เกิดปฏิกริยาลูกโซ่ ทั้งนี้ เพื่อให้ปฏิกริยาลูกโซ่ดำเนินไปได้อย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมี ที่สามารถหย่อนลงหรือดึงขึ้นเพื่อควบคุมการเกิดอัตราการเกิดปฏิกริยาลูกโซ่ให้พอดีกับที่ต้องการ

รูปตัวอย่างหน้าสรุป

ปฏิกริยาลูกโซ่

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากค่าในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

น้ำ โลหะ ลดความเร็ว ความเร็วสูง แท่งควบคุม อย่างต่อเนื่อง

ความเร็วต่ำ เพิ่มความเร็ว แท่งเชื้อเพลิง อย่างสม่ำเสมอ Th-232 U-235 Pu-239

ปฏิกริยาลูกโซ่เป็นกระบวนการเกิดนิวเคลียร์ฟิชชัน โดยเริ่มต้นจากนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีเช่น หรือ ถูกกระตุ้นด้วยนิวตรอน ทำให้เกิดฟิชชันที่ปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์และนิวตรอนออกมาจำนวนหนึ่ง นิวตรอนเหล่านี้ก็มี เกินไป จึงไม่สามารถทำให้เกิดฟิชชันในครั้งต่อไป การใช้ เป็นวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนช่วย ของนิวตรอนเหล่านี้ลง จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะไปกระตุ้นให้นิวเคลียสอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดฟิชชันต่อเนื่องกันไป ส่งผลให้เกิดปฏิกริยาลูกโซ่ ทั้งนี้ เพื่อให้ปฏิกริยาลูกโซ่ดำเนินไปได้อย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมี ที่สามารถหย่อนลงหรือดึงขึ้นเพื่อควบคุมการเกิดอัตราการเกิดปฏิกริยาลูกโซ่ให้พอดีกับที่ต้องการ

ตรวจคำตอบ

ถ้ามีการลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบไม่ถูกต้อง ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้” โดยจะไม่มีเฉลย แม้จะยังลากคำมาวางไม่ถูก 2 ครั้ง หรือกี่ครั้งก็ตาม รูปตัวอย่างเมื่อลากคำมาวางไม่ถูกต้องด้านล่าง

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ลดความเร็ว

ความเร็วต่ำ อย่างสม่ำเสมอ Pu-239

ปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นกระบวนการเกิดนิวเคลียร์ฟิชชันอย่างต่อเนื่อง เริ่มต้นจากนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีอย่าง U-235 หรือ Th-232 กระตุ้นด้วยนิวตรอน ทำให้เกิดฟิชชันที่ปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์และนิวตรอนออกมาจำนวนหนึ่ง นิวตรอนเหล่านี้มักมีความเร็วสูงเกินไป จึงไม่สามารถทำให้เกิดฟิชชันในครั้งต่อไป การใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนช่วยของนิวตรอนเหล่านี้ลง จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะไปกระตุ้นให้นิวเคลียสอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดฟิชชันต่อเนื่องกันไป ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ทั้งนี้ เพื่อให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ดำเนินไปได้อย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมีจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นที่เพียงพอ

พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

ถ้ามีการลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบถูกต้องทั้งหมด 7 จุด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรม ปฏิบัติยานิวเคลียร์ ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” พร้อมแสดงกราฟิกยินดีที่ทำกิจกรรมได้สำเร็จ มีเสียงเอฟเฟคปรบมือ และปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่เป็นลิงก์ไป Google Form ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ลดความเร็ว

ความเร็วต่ำ อย่างสม่ำเสมอ Pu-239

ปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นกระบวนการเกิดนิวเคลียร์ฟิชชันอย่างต่อเนื่อง เริ่มต้นจากนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีเช่น U-235 หรือ Th-232 กระตุ้นด้วยนิวตรอน ทำให้เกิดฟิชชันที่ปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์และนิวตรอนออกมาจำนวนหนึ่ง นิวตรอนเหล่านี้มักมีความเร็วสูงเกินไป จึงไม่สามารถทำให้เกิดฟิชชันในครั้งต่อไป การใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนช่วยของนิวตรอนเหล่านี้ลง จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะไปกระตุ้นให้นิวเคลียสอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดฟิชชันต่อเนื่องกันไป ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ทั้งนี้ เพื่อให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ดำเนินไปได้อย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมีจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นที่เพียงพอ

พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

ทำกิจกรรม ปฏิบัติยานิวเคลียร์ ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว

ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ

Handwritten signature

ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง ฟิชชัน มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (SMR) ในการเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยผู้เรียนจะได้โต้ตอบกับสื่อโดยสวมบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลอง สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ระบบจะแสดงผลลัพธ์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ เป็นตัวเลข และ กราฟแท่ง ณ เวลาจริง เพื่อให้นักเรียนได้สังเกต คำนวณ บันทึก และวิเคราะห์เพื่อสรุปผลและตอบคำถาม

สื่อดิจิทัลมีการตอบสนองแบบเรียลไทม์ เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ พร้อมเสียงชาวด์เอฟเฟคและเสียงบรรยายความหมายของคำ วัสดุอุปกรณ์ และ คำอธิบายต่าง ๆ ตลอดการใช้งานสื่อ โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดประมาณ 30 - 45 นาที

ขอบเขตของสื่อ

สื่อการเรียนรู้นี้เป็น สถานการณ์จำลองเชิงโต้ตอบ (Interactive Simulation) ที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (Small Modular Reactor - SMR): เชื่อมโยงหลักการฟิสิกส์เข้าสู่การประยุกต์ใช้จริงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเน้นท้องประกอบและการทำงานหลักในการเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้ง ความปลอดภัยจากรังสีบริเวณภายในและรอบโรงไฟฟ้า

เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สื่อชุดนี้ได้บูรณาการเครื่องมือและกิจกรรมดังนี้:

- **การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis):** มีตารางบันทึกผลการทดลองเสมือนจริง เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ
- **การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment):** สอดแทรกคำถามแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) เพื่อทดสอบความเข้าใจในแต่ละขั้นตอน พร้อมการให้ผลสะท้อนกลับที่ช่วยในการเรียนรู้ เฉลย และ คำอธิบายประกอบ
- **กิจกรรมสรุปบทเรียน (Concept Review):** กิจกรรมแบบลากและวางคำตอบ (Drag and Drop) ลงใน ช่องว่างของบทความสรุป เพื่อทบทวนมโนทัศน์ที่สำคัญ (Key Concepts) ทั้งหมด

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อนี้ ผู้เรียนจะสามารถระบุองค์ประกอบสำคัญและอธิบายหลักการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (SMR) ในการเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ รวมทั้ง สรุปเกี่ยวกับความปลอดภัยจากรังสีบริเวณภายในและรอบโรงไฟฟ้าได้ถูกต้อง

หน้าปก

รายละเอียด

หน้าปกประกอบด้วยชื่อของสื่อ ชื่อกลุ่มวิชา ชื่อสถาบัน แอนิเมชันแสดงสถานการณ์จำลอง ปฏิกริยาลูกโซ่ ในสื่อ ปุ่มกดดู “วัตถุประสงค์ของสื่อ” และ “คำแนะนำการใช้งาน”
ปุ่ม “เริ่ม” ให้เข้าไปใช้งาน



ปุ่ม Interactive

1. ปุ่ม “วัตถุประสงค์ของสื่อ” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความวัตถุประสงค์ของสื่อ ดังหน้าถัดไป
2. ปุ่ม “คำแนะนำการใช้งาน” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความคำแนะนำการใช้งาน ดังหน้าถัดไป
3. ปุ่ม “ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ ดังหน้าถัดไป
4. ปุ่ม “การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น” กดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น ดังหน้าถัดไป

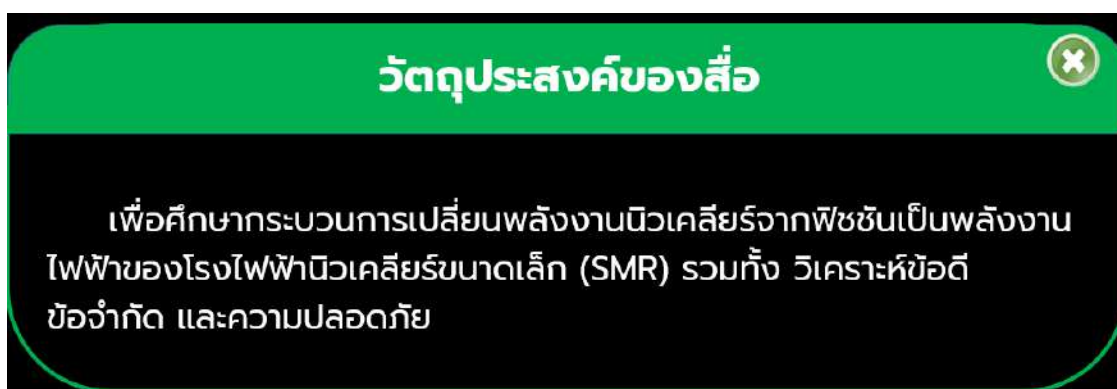
ปุ่ม navigation

1. ปุ่ม “เริ่ม” เพื่อไปสู่หน้าแรกของกิจกรรม

เมื่อกดที่ปุ่ม “วัตถุประสงค์ของสื่อ” จะปรากฏกรอบแสดงข้อความดังนี้

วัตถุประสงค์ของสื่อ

เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์จากฟิชชันเป็นพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (SMR) รวมทั้ง วิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัด และความปลอดภัย



ส่วน “คำแนะนำการใช้งาน” จะจัดทำเป็นแบบ infographic ซึ่งจะดำเนินการภายหลังที่ได้สตอรี่บอร์ดที่มีการแก้ไขแล้ว

ส่วน “ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ” เป็นกรอบแสดงรายชื่อคณะผู้จัดทำ คณะบรรณาธิการ ระบบและอุปกรณ์ที่รองรับการใช้งานสื่อฯ รวมทั้งเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการพัฒนาสื่อ ซึ่งจะจัดทำในภายหลัง

ส่วน “การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น” เป็นกรอบแสดงคำแนะนำการใช้งานสื่อบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในประเด็นการขยายหน้าจอ

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อนักเรียนเลือกกิจกรรม สื่อจะแสดงหน้าแรกของกิจกรรม เป็นการให้ผู้ใช้ได้ศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบหลักและหลักการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก จากการระบุส่วนประกอบหลัก การกดปุ่มเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ควบคุมแท่งควบคุมให้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ปล่อยพลังงานออกมาในระดับที่เหมาะสมและอย่างต่อเนื่องสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า และการใช้เครื่องนับรังสีไกเกอร์ตรวจวัดปริมาณรังสีบริเวณโรงไฟฟ้า



ปุ่ม Interactive

ส่วนแถบด้านบน เหมือนเรื่องฟิชชัน

ส่วนแสดงสถานการณ์จำลอง

1. ปุ่ม “คำถามสำคัญ” ที่กดแล้ว จะแสดงกรอบคำถามที่กระตุ้นให้ผู้ใช้หาคำตอบผ่านการทำกิจกรรม
2. ปุ่ม “เป้าหมายกิจกรรม” ที่กดแล้ว จะแสดงเป้าหมายที่ผู้ใช้จะต้องทำกิจกรรมให้ครบ เพื่อไปสู่การตอบคำถามท้ายกิจกรรม และสรุปผลการทำกิจกรรม
3. ปุ่ม “เริ่มใหม่” ที่กดแล้ว จะกลับไปเริ่มขั้นตอนแรกของกิจกรรม (ระบุส่วนประกอบโรงไฟฟ้าฯ)

ส่วนแถบด้านล่าง

1. ปุ่ม “เริ่ม” และ “ตรวจคำตอบ” ในกรอบระบุส่วนประกอบโรงไฟฟ้า กด “เริ่ม” แล้วจะแสดงคำศัพท์ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าและกรอบที่มีลูกศรชี้ที่ส่วนต่าง ๆ ของโรงไฟฟ้า ให้ลากคำศัพท์ไปวาง จากนั้น กด “ตรวจคำตอบ” เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการลากคำศัพท์ไปวาง
2. ปุ่ม “START” และ “STOP” ในกรอบสวิตช์เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า กดแล้วจะเดินหรือหยุดเดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า
3. ปุ่มปรับระดับแท่งควบคุม ในกรอบแถบปรับระดับแท่งควบคุม กดแล้วลากไปมา จะเป็นการหย่อนหรือยกแท่งควบคุม
4. รูปเครื่องนับรังสีไกเกอร์ ในกรอบเครื่องนับรังสีไกเกอร์ กดแล้วลากไปวัดปริมาณรังสีรอบโรงไฟฟ้าในบริเวณที่กำหนด
5. ปุ่มตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม ที่กดแล้วจะแสดงตารางสำหรับใช้บันทึกผลการทำกิจกรรม
6. ปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม ที่กดแล้วจะไปสู่หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

ปุ่ม navigation

1. ปุ่มรูปบ้าน  กลับไปยังหน้าปก



กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สถานการณ์จำลอง

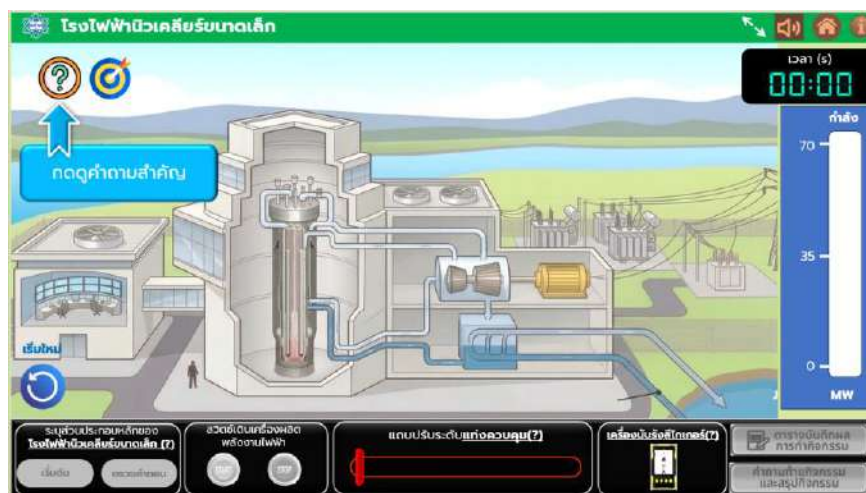
เริ่มต้นกิจกรรม สื่อจะแสดงกรอบให้ผู้ใช้งานดูคำถามสำคัญและเป้าหมายของกิจกรรม โดยแสดงกรอบข้อความพร้อมลูกศรว่า “กดดูคำถามสำคัญ” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความของคำถามสำคัญของกิจกรรมนี้ จากนั้น สื่อจะให้ “กดดูเป้าหมาย” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความระบุเป้าหมายของกิจกรรม ที่ผู้ใช้งานจะต้องปฏิบัติให้ครบเพื่อไปสู่การตอบคำถามท้ายกิจกรรม ทั้ง คำถามสำคัญและเป้าหมาย ของกิจกรรม เป็นดังนี้

คำถามสำคัญ

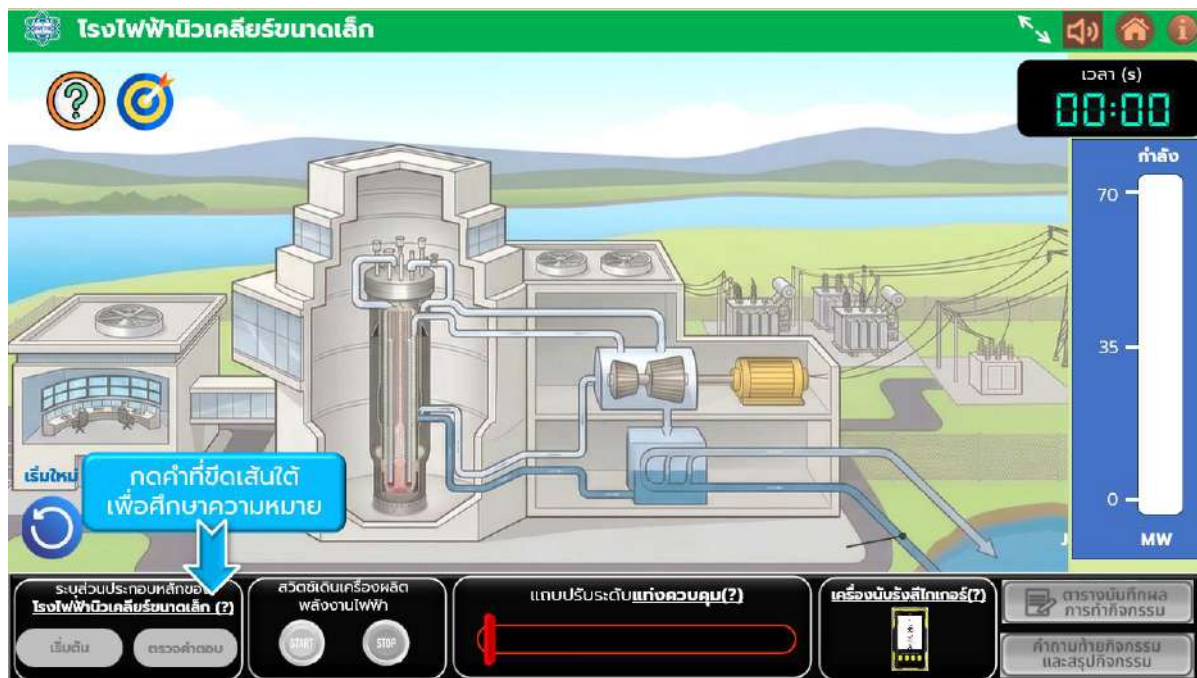
“โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (SMR) มีส่วนประกอบหลักอะไร และสามารถเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างไร”

เป้าหมาย

“ควบคุมให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยกำลังไฟฟ้า 70 เมกะวัตต์เป็นเวลานานอย่างน้อย 10 วินาที จากนั้น วัดและบันทึกปริมาณรังสี ณ บริเวณที่กำหนด 6 บริเวณ”



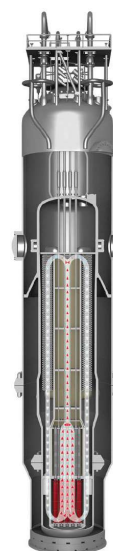
หลังจากดูคำถามสำคัญและเป้าหมายแล้ว สื่อจะให้ผู้ศึกษาคำศัพท์ที่เป็นคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนา



เมื่อกดคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนาแล้ว จะแสดงกรอบข้อความอธิบายความหมายของคำนั้น ๆ ดังนี้

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ Small Modular Reactor (SMR) ในการเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในขนาดที่ไม่เกิน 300 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตแต่ละชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานแล้วขนส่งไปประกอบยังสถานที่ติดตั้งโดยตรง ช่วยลดระยะเวลาและงบประมาณในการก่อสร้างได้อย่างมาก และถ้าต้องการพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น สามารถนำ SMR หลายโมดูลมาทำงานร่วมกันได้ ตัวอย่างหนึ่งของ SMR ดังแสดงในรูป นอกจากนี้ SMR ยังเน้นความปลอดภัยด้วยระบบ Passive Safety ที่สามารถหล่อเย็นได้โดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าภายนอกกรณีฉุกเฉิน ทั้งนี้ ด้วยความเป็นโมดูลาร์ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กจึงสามารถปรับใช้ได้หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นในชุมชนชนบทห่างไกลหรือในโรงงานอุตสาหกรรม

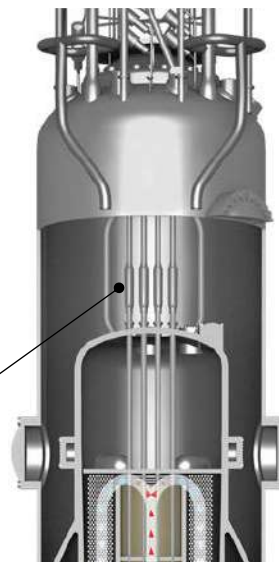


ตัวอย่าง SMR ที่ออกแบบโดย
บริษัท NuScale Power

แท่งควบคุม

แท่งควบคุม (control rod) คืออุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการปรับและควบคุมระดับพลังงานภายในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ โดยทำหน้าที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาฟิชชันด้วยการดูดกลืนนิวตรอน แท่งเหล่านี้จึงทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนนิวตรอนได้ดี เช่น โบรอนหรือแคดเมียม

ตัวอย่างแท่งควบคุม



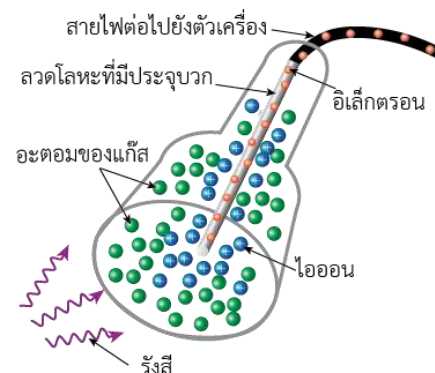
เครื่องนับรังสีไกเกอร์

เครื่องนับรังสีแบบไกเกอร์-มิลเลอร์ (Geiger-Müller Counter) หรือที่เรียกสั้นๆ ว่าเครื่องนับรังสีไกเกอร์ คืออุปกรณ์ตรวจวัดและนับจำนวนอนุภาคของรังสีชนิดก่อไอออน (ionizing radiation) เช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตา หรือ รังสีแกมมา มีหลากหลายรูปแบบ ตัวอย่างเครื่องนับรังสีไกเกอร์รูปแบบหนึ่งดังรูป 1

เครื่องนับรังสีไกเกอร์ ทำงานโดยให้รังสีผ่านเข้าไปในหัววัดที่มีแก๊สเฉื่อยอยู่ จากนั้นรังสีจะทำให้แก๊สแตกตัวเป็นไอออนและทำให้เกิดมีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ไปยังลวดโลหะตรงแกนกลางที่มีประจุบวก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าตามปริมาณรังสีที่ผ่านเข้าไปในหัววัด ดังรูป 2 โดยการแสดงปริมาณรังสีที่วัดได้มีทั้งการแสดงด้วยเข็มบนสเกล ตัวเลขบนหน้าจอแสดงผล หรือการให้เสียงผ่านลำโพง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเสียง “คลิก” ถ้าเสียงคลิกดังหลายครั้งในไม่กี่วินาที แสดง มีรังสีมากในบริเวณที่วัด แต่ถ้าเสียงคลิกดังไม่กี่ครั้งในช่วงเวลา 2 – 3 นาที แสดงว่า มีรังสีไม่มากในบริเวณที่วัด



รูป 1 ตัวอย่างเครื่องนับรังสีไกเกอร์-มิลเลอร์



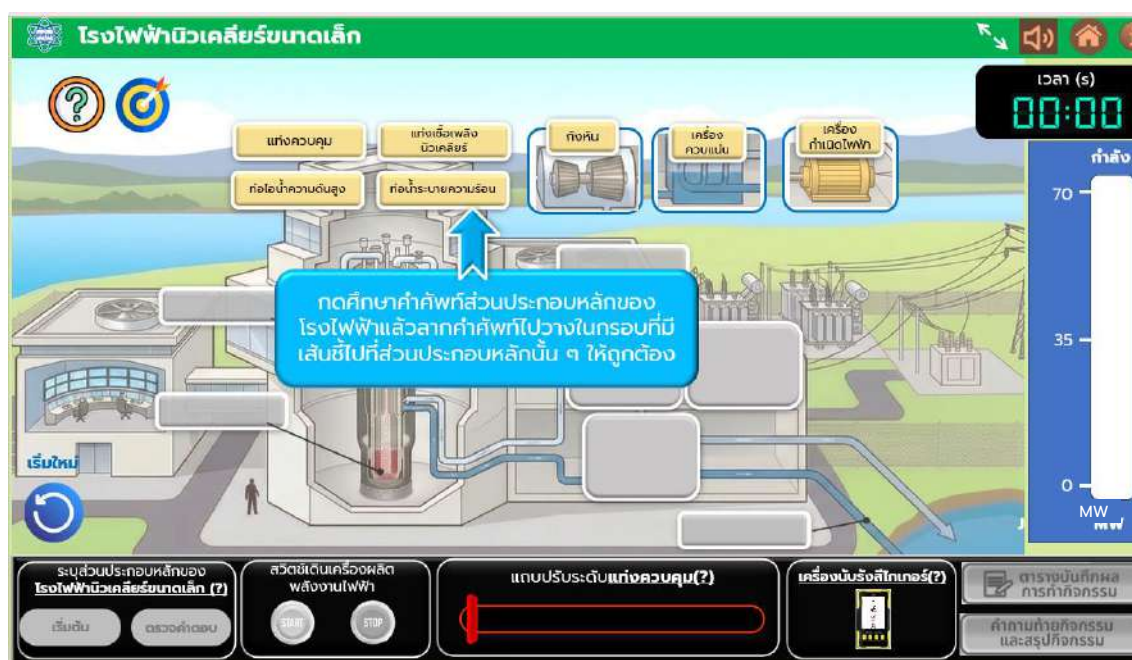
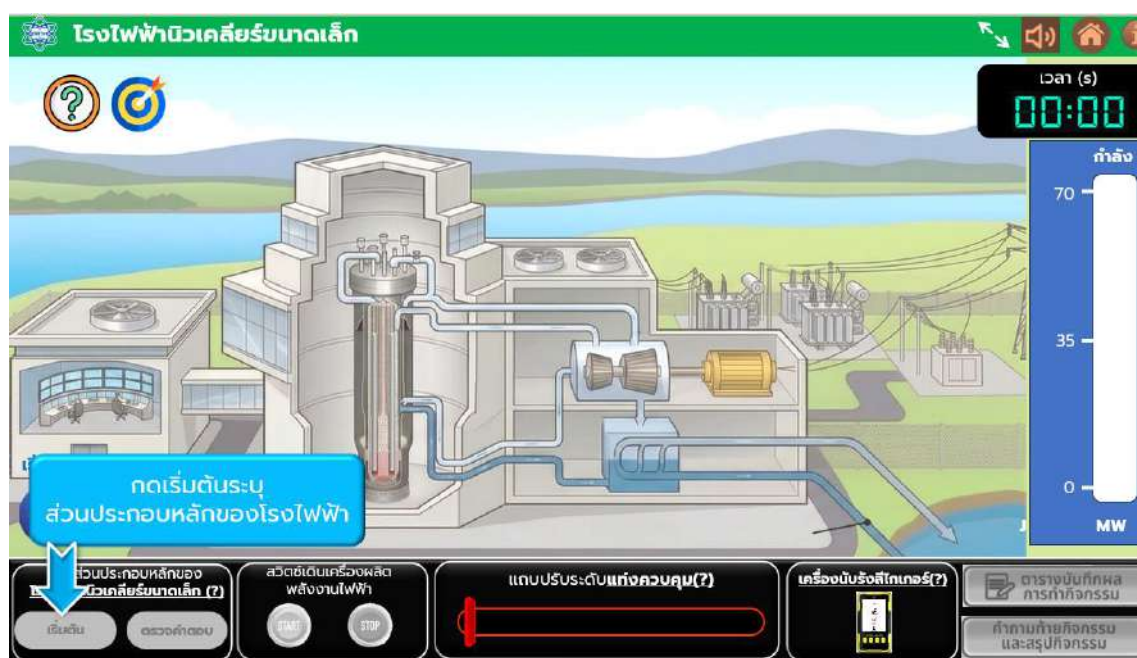
รูป 2 แผนภาพแสดงการทำงานของหัววัดของเครื่องนับรังสีไกเกอร์-มิลเลอร์

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

หลังจากที่ผู้ใช้ทราบคำถามสำคัญของกิจกรรม เป้าหมายของกิจกรรม และคำศัพท์ต่าง ๆ ที่ควรรู้แล้ว ต่อไปจะเริ่มให้ผู้ใช้งานเลือกปรับตัวแปรต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่มีกรอบข้อความและลูกศรระบุตามลำดับ โดยเริ่มจากขั้นตอน “กดเริ่มต้นระบุส่วนประกอบหลักของโรงไฟฟ้า” เมื่อกดเริ่มต้นแล้ว จะมีกรอบระบุขั้นตอนว่า “กดศึกษาคำศัพท์ส่วนประกอบหลักของโรงไฟฟ้าแล้วลากคำศัพท์ไปวางในกรอบที่มีเส้นชี้ไปที่ส่วนประกอบหลักนั้น ๆ ให้ถูกต้อง”



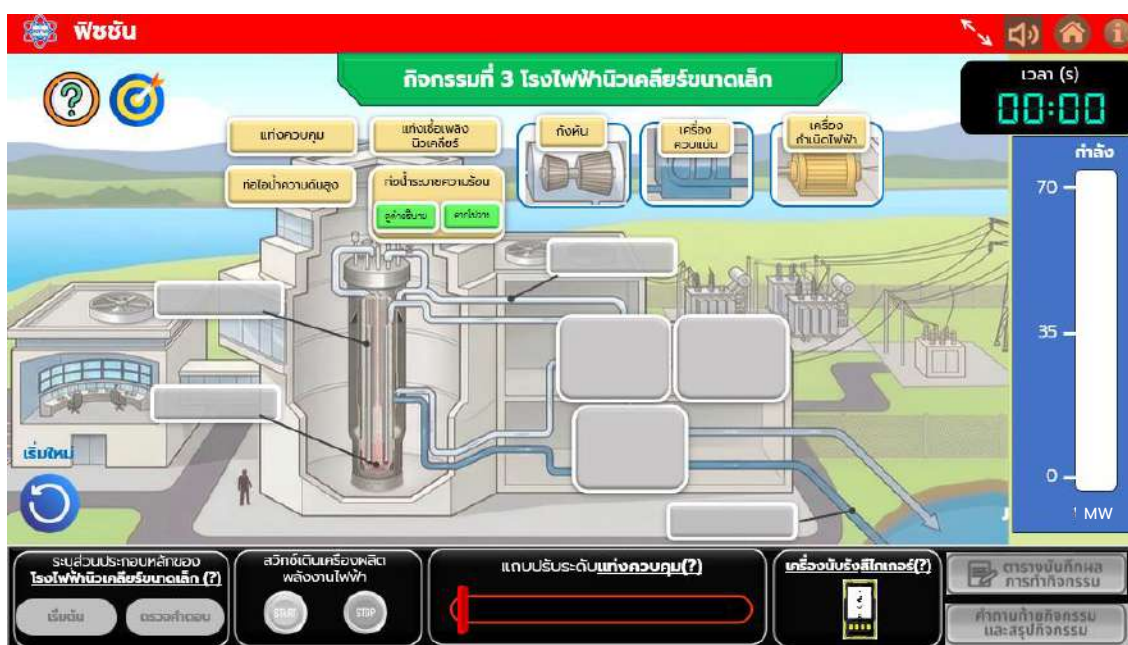
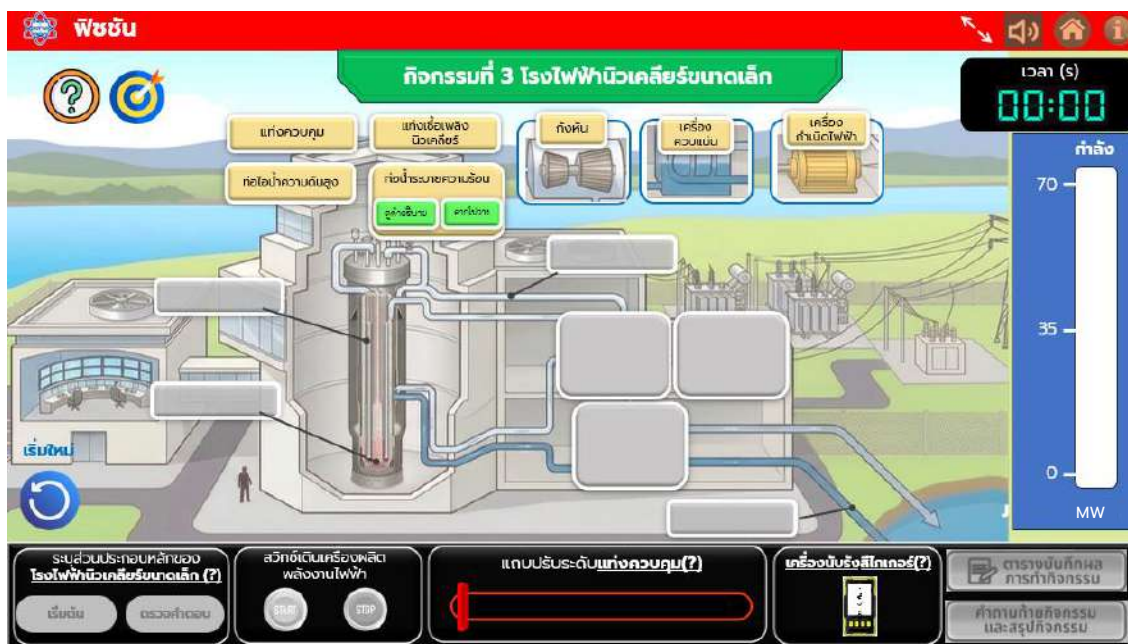
Handwritten signature

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อกดที่คำศัพท์ที่จะลากมาวาง จะปรากฏปุ่มให้เลือกว่า จะ “ดูคำอธิบาย” หรือ “ลากไปวาง” ถ้ากดดูคำอธิบาย จะมีการแสดงคำอธิบายคำศัพท์นั้น ดังรูป



คำศัพท์แต่ละคำ มีคำอธิบายดังนี้

แท่งควบคุม (control rod) คืออุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการปรับและควบคุมระดับพลังงานภายในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ โดยทำหน้าที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาฟิชชันด้วยการดูดกลืนนิวตรอน แท่งเหล่านี้จึงทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนนิวตรอนได้ดี เช่น โบรอนหรือแคดเมียม

ท่อไอน้ำความดันสูง (high pressure pipe) เป็นท่อส่งไอน้ำที่ได้รับพลังงานความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์เพื่อนำไปขับเคลื่อนกังหัน

แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuel rod) อุปกรณ์ทรงกระบอกยาวที่เป็นส่วนประกอบหลักภายในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ ทำหน้าที่บรรจุเม็ดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่มีไอโซโทปกัมมันตรังสี U-235 หรือ Pu-239 ไว้ภายในอย่างมิดชิด ตัวแท่งทำจากโลหะผสมที่มีสมบัติทนความร้อนสูง แข็งแรง และยอมให้นิวตรอนวิ่งผ่านได้ดีโดยไม่ดูดกลืนไว้ มีการจัดเรียงแท่งเชื้อเพลิงอย่างเป็นระเบียบเพื่อให้สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาฟิชชันได้

ท่อน้ำระบายความร้อน (cooling water discharge) เป็นท่อที่นำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาผ่านเครื่องควบแน่นและรับความร้อนจากไอน้ำที่มาจากการใช้หมุนกังหัน ทำให้น้ำในท่อนี้มีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 5–15 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะถูกปล่อยกลับคืนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

กังหัน (turbine) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากไอน้ำความดันสูงให้เป็นพลังงานกล โดยไอน้ำจะพุ่งเข้าชนใบพัดของกังหันทำให้แกนหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงมาก พลังงานจลน์จากการหมุนนี้จะถูกส่งผ่านแกนเพลลาที่เชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องควบแน่น (condenser) คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไอน้ำที่ผ่านการขับเคลื่อนกังหันแล้ว ให้กลับคืนสภาพเป็นน้ำที่มีสถานะเป็นของเหลวอีกครั้งเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ไอน้ำที่ผ่านเข้าเครื่องควบแน่นจะถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำอุณหภูมิปกติที่มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานกลจากการหมุนของกังหันให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) เมื่อแกนแม่เหล็กภายในหมุน ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำรอบ ๆ แกนแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดสำหรับส่งเข้าสู่โครงข่ายการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อไป

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

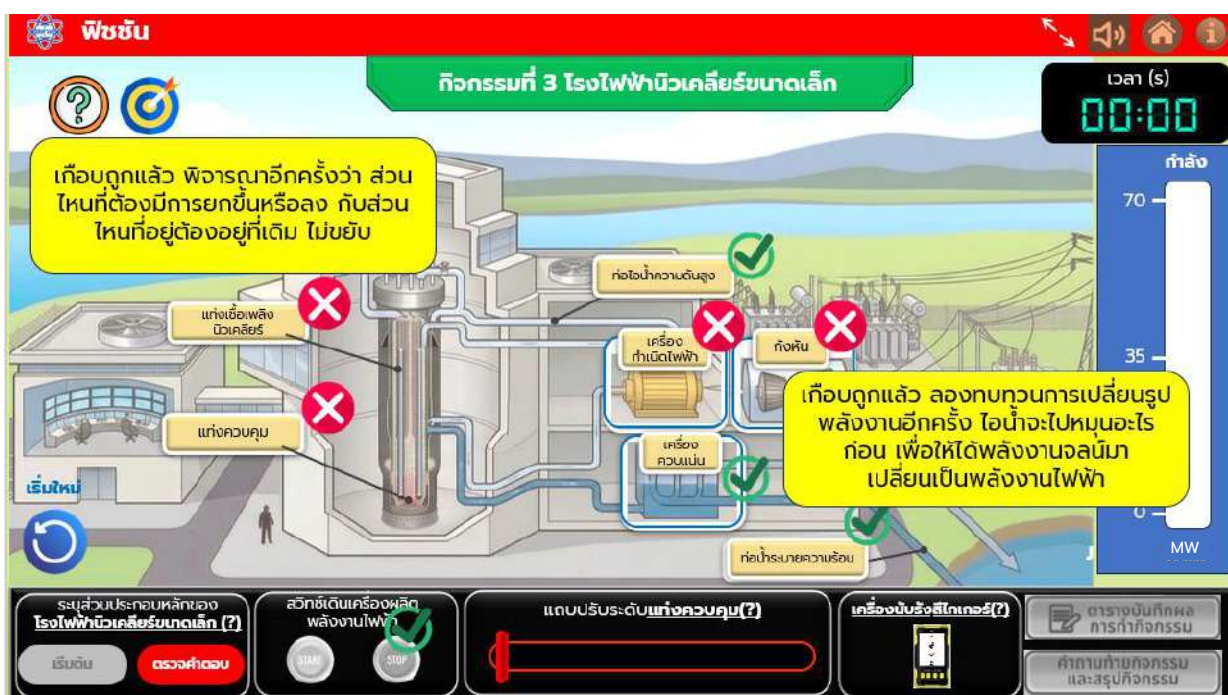
สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อเลือกคำมาวางในกรอบที่ว่างๆ ทุกกรอบแล้วกดตรวจคำตอบแล้ว ยังได้ผลไม่ถูกต้องทั้งหมด จะมีเครื่องหมายผิดแจ้งจุดที่ผิด และเครื่องหมายถูกแจ้งจุดที่ถูก โดยถ้ายังสลับตำแหน่ง กันหัน กับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีข้อความแจ้งว่า “เกือบถูกแล้ว ลองทบทวนการเปลี่ยนรูปพลังงานอีกครั้ง ไอน้ำจะไปหมุ่นอะไรก่อน เพื่อให้ได้พลังงาน จลน์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า”

หรือถ้ามีการสลับตำแหน่ง แท่งเชื้อเพลิง กับ แท่งควบคุม จะมีข้อความแจ้งว่า “เกือบถูกแล้ว พิจารณาอีกครั้ง ว่า ส่วนไหนที่ต้องมีการยกขึ้นหรือลง กับส่วนไหนที่อยู่ต้องอยู่ที่เดิม ไม่ขยับ”

ส่วนการลากคำมาวางที่ตำแหน่งอื่น ๆ ผิด จะมีข้อความแจ้งว่า “เกือบถูกแล้ว โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ขนาดเล็กมีหลักการทำงานคล้ายกับโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ยกเว้นส่วนที่เป็นเครื่องปฏิกรณ์”

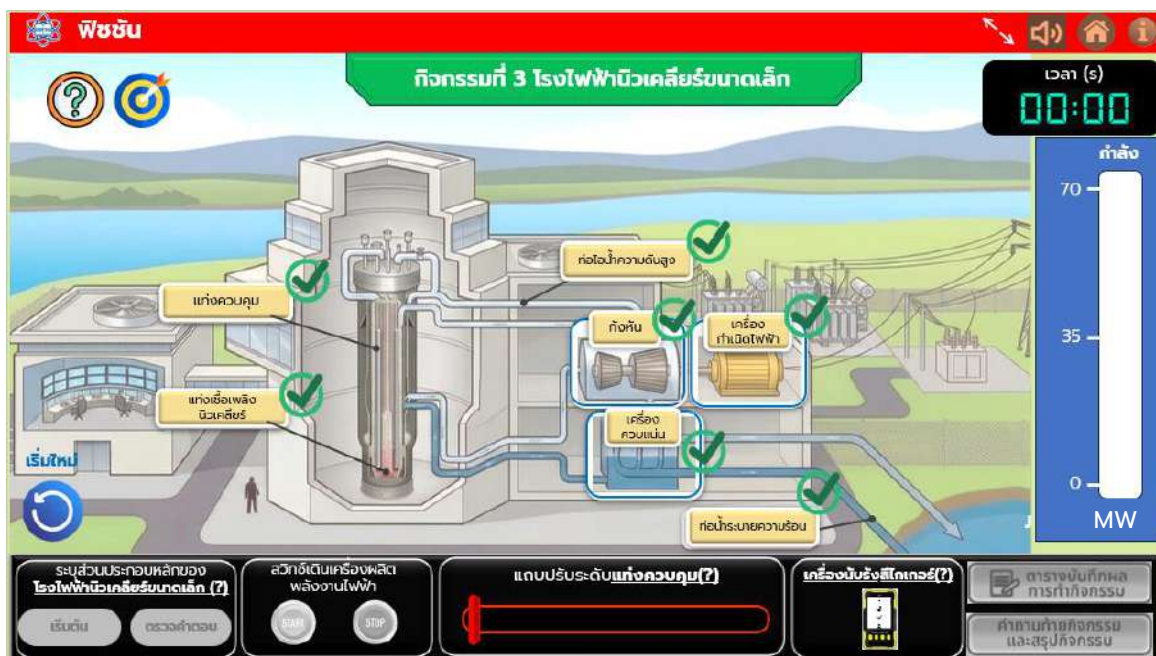


กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อเลือกคำมาวางในกรอบที่ว่างๆ ทุกกรอบแล้วกดตรวจคำตอบแล้ว ถูกต้องทั้งหมดแล้ว จะมีกรอบข้อความอธิบายการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ให้กด “ถัดไป” อ่าน พร้อมแอนิเมชันและเสียงบรรยายประกอบ



แอนิเมชัน แสดงการที่แกนเครื่องปฏิกรณ์มีสีแดง แล้วน้ำที่ผ่านเข้าไป จากเป็นน้ำสีน้ำเงิน ได้รับการถ่ายโอนความร้อนจะกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งจะถูกส่งต่อไปตามท่อ จนถึงกังหัน ทำให้กังหันหมุน จากนั้น ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน เปลี่ยนพลังงานจลน์จากการหมุนเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ส่งไปตามสายด้านนอก ส่วนไอน้ำที่ผ่านกังหัน จะไหลลงไปสู่เครื่องควบแน่น แล้วกลายเป็นน้ำเย็น น้ำที่เครื่องควบแน่นจะถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ตัวอย่างที่คลิกการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ดังลิงก์ด้านล่าง

<https://youtu.be/Othg5xE196w?si=CwvQiz6fxsvZv7P> 1

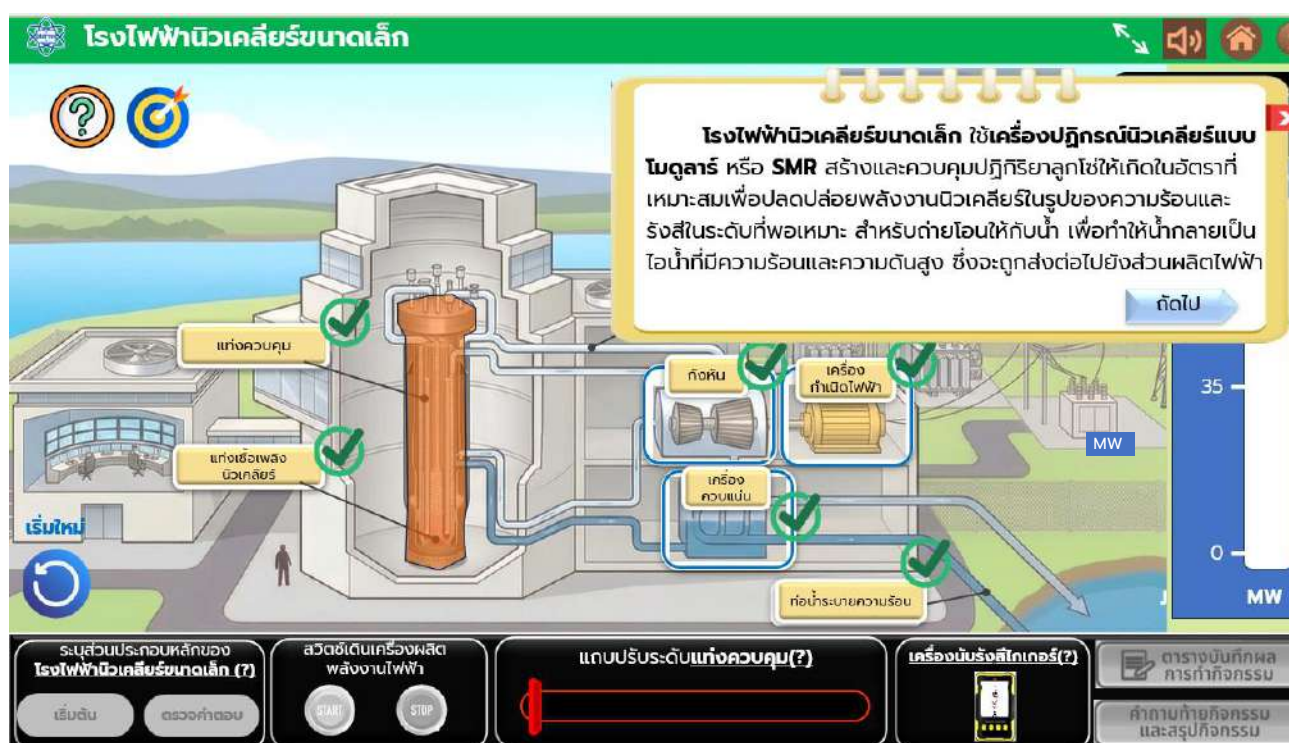
ข้อความอธิบายการทำงานของโรงไฟฟ้า ดังนี้ (เมื่อขึ้นข้อความใด มีการไฮไลต์ส่วนนั้นตามคำบรรยาย)

“โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ SMR สร้างและควบคุมปฏิกิริยาฟิชชันให้เกิดในอัตราที่เหมาะสมเพื่อปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ในรูปของความร้อนและรังสีในระดับที่พอเหมาะ โดยความร้อนจะถูกถ่ายโอนให้กับน้ำ เพื่อทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่มีความร้อนและความดันสูง ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังส่วนผลิตไฟฟ้า”

“ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังส่วนผลิตไฟฟ้า จะไปหมุนกังหันที่มีเพลาคู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะถูกส่งผ่านสายไฟไปยังหม้อแปลงและส่งต่อไปสถานีไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ได้จากการหมุนกังหัน จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่น”

“ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังเครื่องควบแน่นจะคายความร้อนให้กับส่วนระบายความร้อน โดยถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำเย็นที่ถูกสูบเข้ามาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จากนั้นไอน้ำที่ควบแน่นเป็นน้ำจะถูกสูบกลับไปรับความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เปลี่ยนเป็นไอน้ำที่มีความร้อนและความดันสูง ส่งต่อไปยังส่วนผลิตไฟฟ้าต่อไป

ส่วนน้ำเย็นที่ได้รับความร้อนจากไอน้ำในเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในระดับที่สามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป”



Handwritten signature

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังส่วนผลิตไฟฟ้า จะไปหมุนกังหันที่มีเฟลาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะถูกส่งผ่านสายไฟไปยังหม้อแปลงและส่งต่อไปสถานีไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ได้จากการหมุนกังหัน จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่น

ก่อนหน้า ถัดไป

แมงควมคุม
แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
เริ่มใหม่

กังหัน
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
เครื่องควบแน่น
ท่อน้ำระบายความร้อน

35
0
MW

ระบุส่วนประกอบหลักของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (?)
เริ่มต้น ตรวจสอบคำตอบ

สวิตช์เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า
START STOP

แถบปรับระดับแท่งควบคุม (?)

เครื่องนับรังสีไอเกอร์ (?)

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังเครื่องควบแน่นจะคายความร้อนให้กับส่วนระบายความร้อน โดยถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำเย็นที่ถูกสูบเข้ามาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จากนั้นไอน้ำที่ควบแน่นเป็นน้ำจะถูกสูบกลับไปรับความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เปลี่ยนเป็นไอน้ำที่มีความร้อนและความดันสูง ส่งต่อไปยังส่วนผลิตไฟฟ้าต่อไป

ส่วนน้ำเย็นที่ได้รับความร้อนจากไอน้ำในเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในระดับที่สามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป

ก่อนหน้า

แมงควมคุม
แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
เริ่มใหม่

กังหัน
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
เครื่องควบแน่น
ท่อน้ำระบายความร้อน

35
0
MW

ระบุส่วนประกอบหลักของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (?)
เริ่มต้น ตรวจสอบคำตอบ

สวิตช์เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า
START STOP

แถบปรับระดับแท่งควบคุม (?)

เครื่องนับรังสีไอเกอร์ (?)

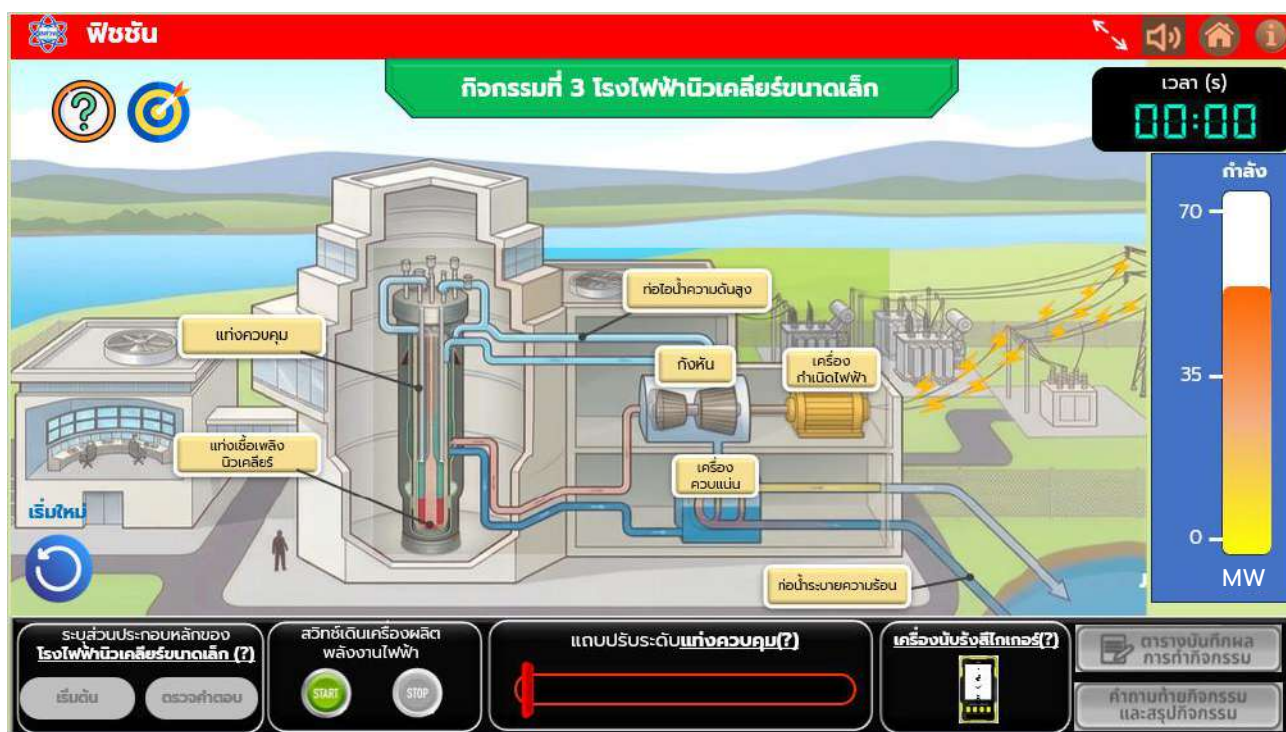
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

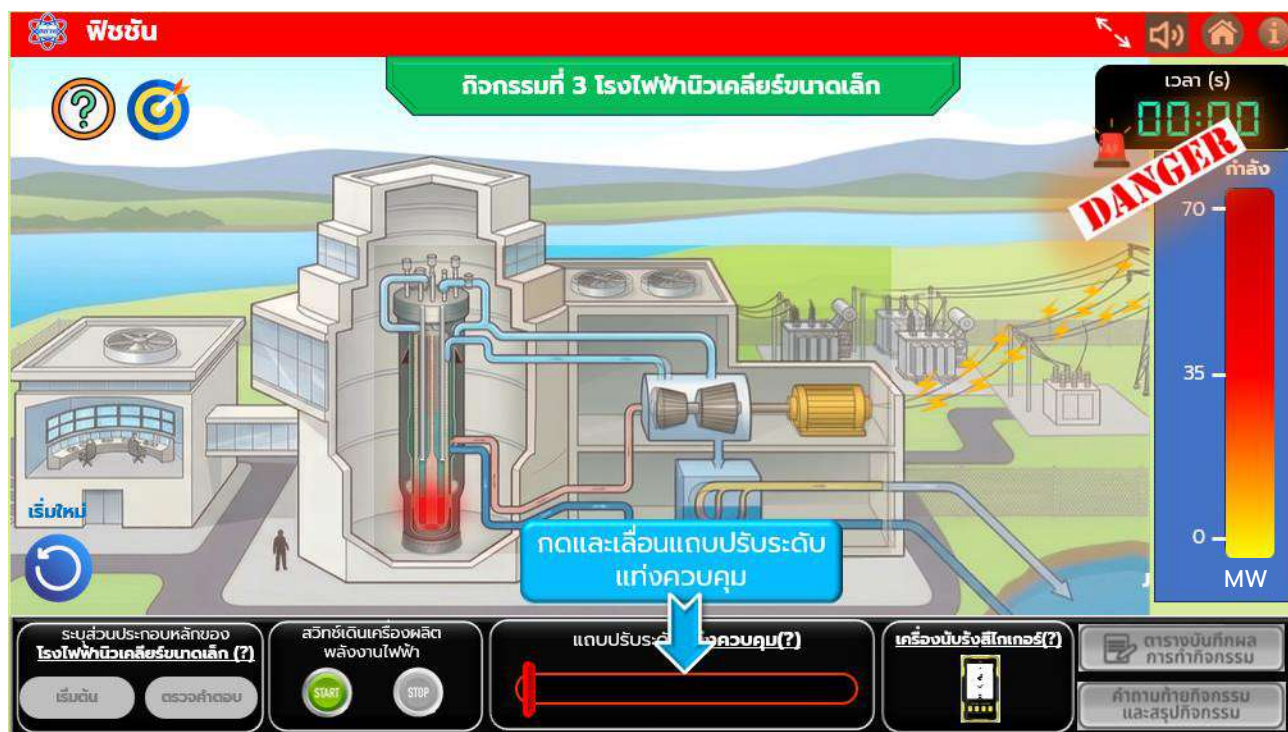
สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

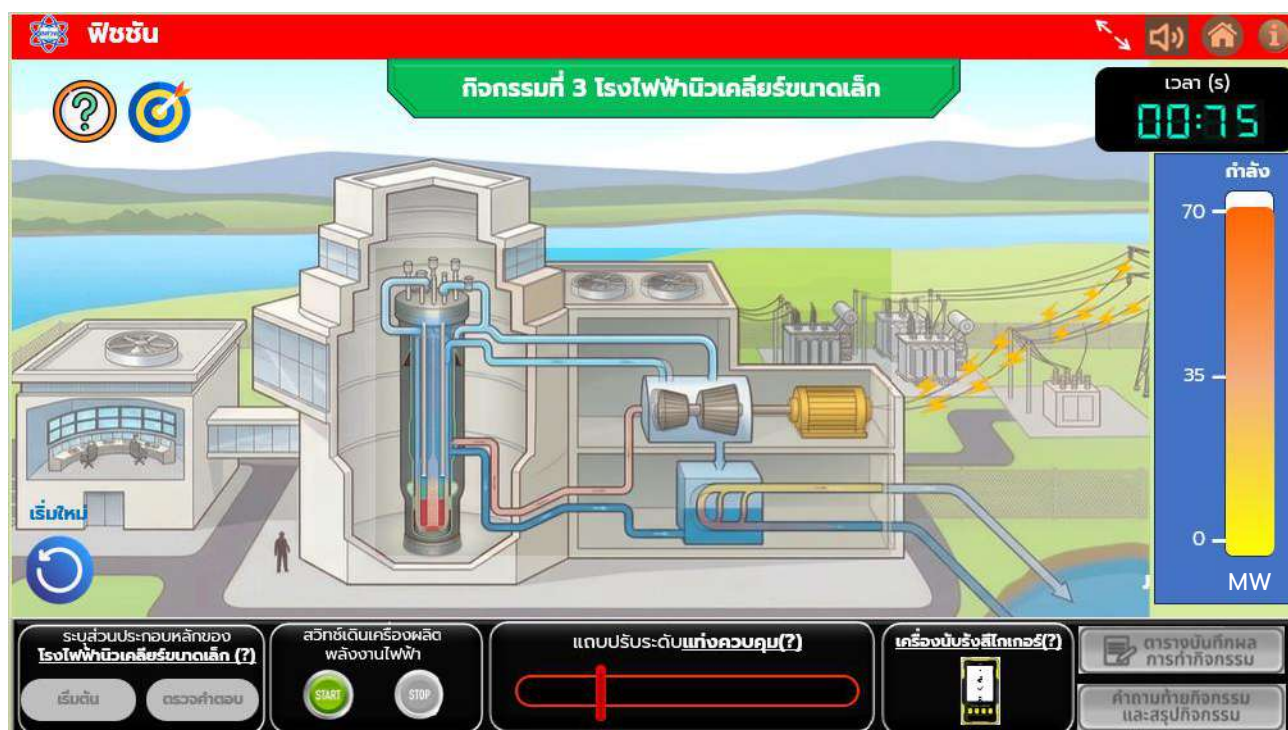
หลังจากศึกษาการทำงานของโรงไฟฟ้าแล้ว จะมีกรอบข้อความให้ “กดสวิตช์เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า” ซึ่งเมื่อกด START แล้ว สถานการณ์จำลองจะแสดงแอนิเมชัน แท่งควบคุมเคลื่อนที่ขึ้นไปจนสุด แล้วส่วนแท่งเชื้อเพลิง จะมีสีแดงเรือง ๆ ออกมา จากนั้น จะเกิดไอน้ำในท่อด้านบน เคลื่อนที่ไปยังกังหัน ทำให้กังหันหมุน จากนั้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะหมุน แล้ว มีไฟฟ้าส่งไปตามสายไฟ ไปยังหม้อแปลงด้านนอก ส่วนไอน้ำที่หมุนกังหันแล้ว จะถูกส่งไปเครื่องควบแน่น กลายเป็นน้ำ ที่ถูกส่งกลับไปเครื่องปฏิกรณ์ ทั้งนี้ น้ำที่ใช้ในเครื่องควบแน่น จะมีการสูบด้วยเครื่องสูบน้ำมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ แล้วเมื่อได้รับความร้อนจากไอน้ำแล้ว จะถูกปั๊มออกสู่แหล่งน้ำเดิม



เมื่อโรงไฟฟ้าเดินเครื่องได้ไปเรื่อย ๆ แลပ်พลังงาน จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่ง เกินค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแถบด้านขวา จะแสดงไฟเตือนอันตรายพร้อมคำว่า “DANGER” จากนั้น จะมีกรอบข้อความ ให้ “กดและเลื่อนแถบปรับระดับแท่งควบคุม”



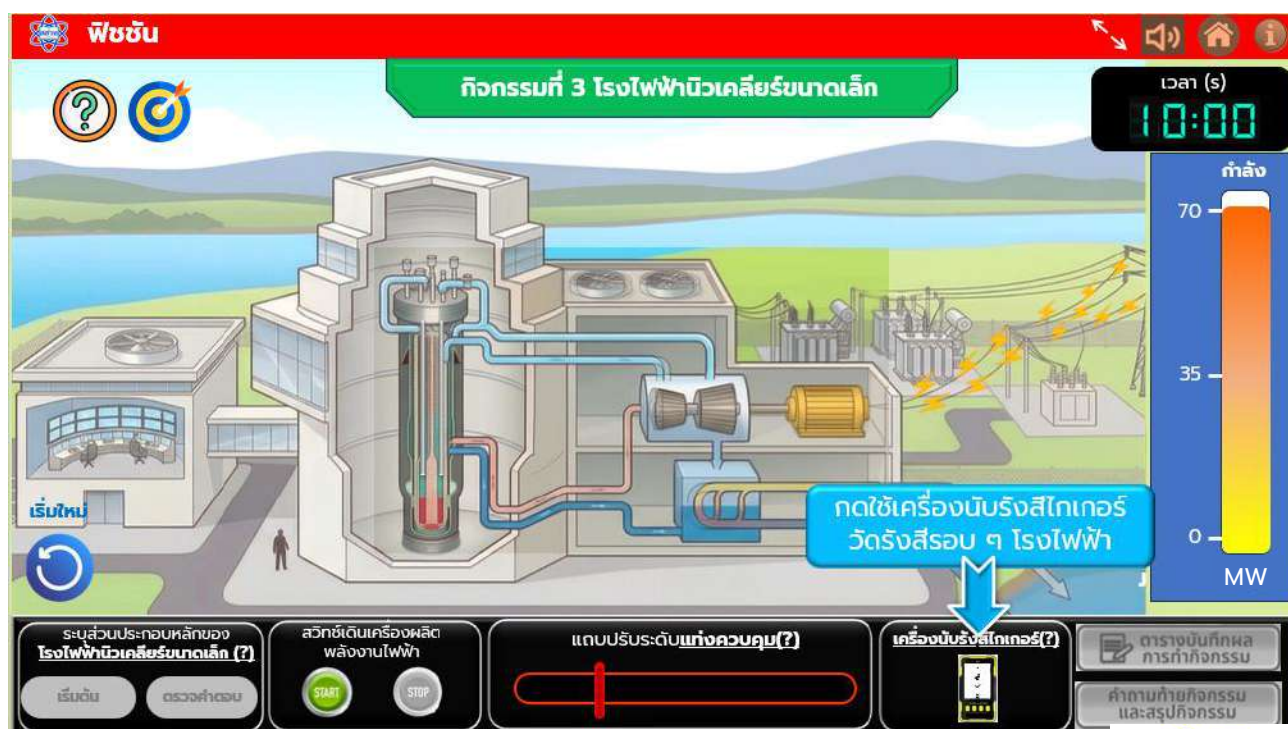
เมื่อก๊อดแล้วลากแถบเพื่อหย่อนแท่งควบคุมลงในแกนปฏิกรณ์แล้ว ระดับกำลังไฟฟ้าในแถบด้านขวา จะลดลง และถ้าปรับให้แท่งควบคุมอยู่ในระดับที่หย่อนลงไปแกนปฏิกรณ์ไม่มากนัก ประมาณ 25% จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้า 70 เมกะวัตต์ แล้วเมื่อปล่อยให้แท่งควบคุมอยู่ระดับนี้ เวลาจะเริ่มเดินไปเรื่อย ๆ จนถึง 10:00 วินาที



Red

เมื่อปล่อยให้แท่งควบคุมผลิตไฟฟ้าด้วยกำลัง 70 เมกะวัตต์จนครบ 10:00 วินาที แล้ว จะมีการขอความแจ้งว่า “ยอดเยี่ยม 'หัวใจ' ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กคือเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ SMR โดยการจัดวางแท่งควบคุมเป็นวิธีการสำคัญที่ช่วยให้สามารถควบคุมพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาได้”

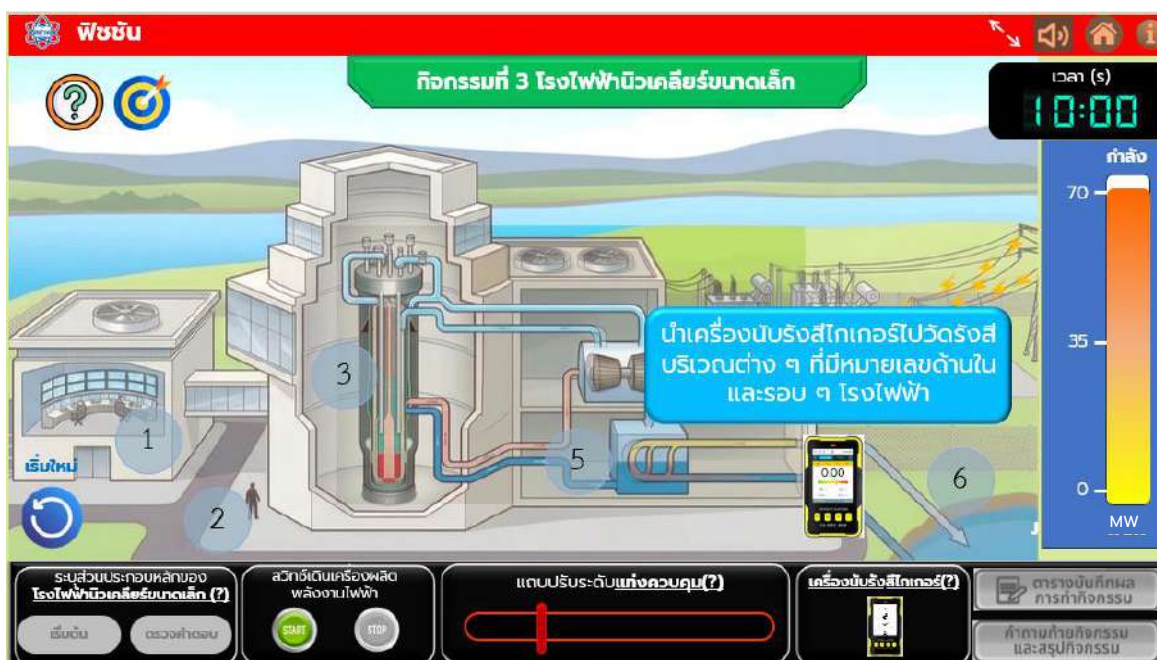
จากนั้น จะมีการขอความขั้นตอนต่อไป ให้ “กดใช้เครื่องนับรังสีไกเกอร์วัดรังสี ณ บริเวณรอบ ๆ โรงไฟฟ้า”



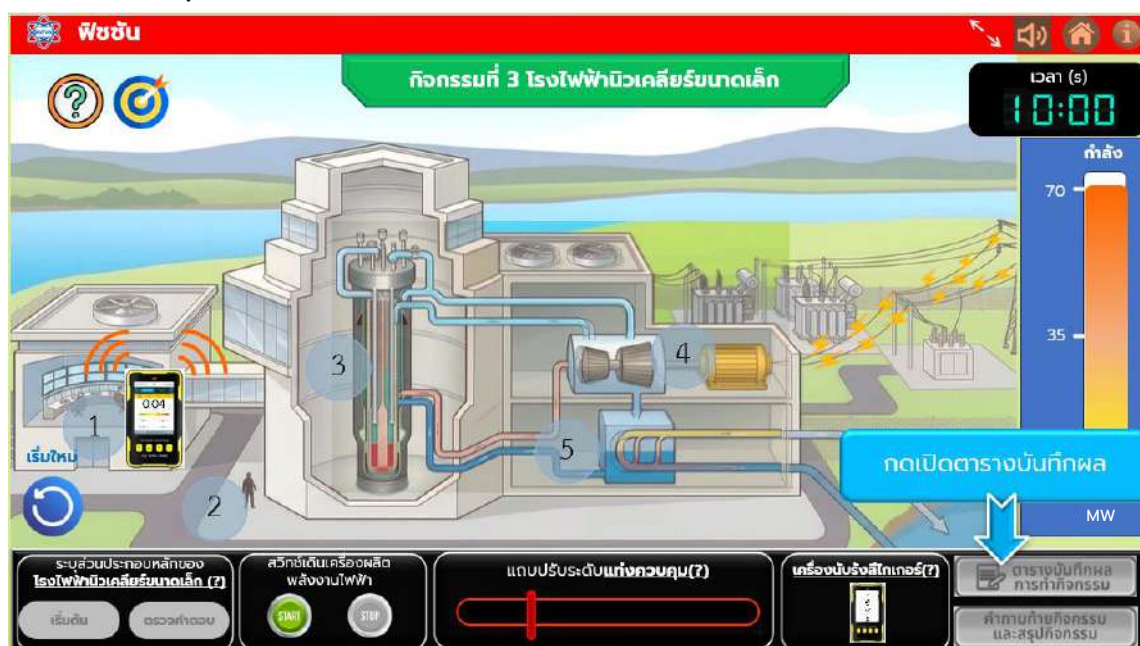
[Handwritten signature]

รายละเอียด

เมื่อกดที่ “เครื่องนับรังสีไกเกอร์” แล้ว จะปรากฏเครื่องนับรังสีไกเกอร์ในส่วนสถานการณ์จำลอง พร้อมหมายเลข 1 – 6 ที่บริเวณต่าง ๆ ด้านในและรอบ ๆ โรงไฟฟ้า และกรอบข้อความ “นำเครื่องนับรังสีไกเกอร์ไปวัดรังสี ณ บริเวณต่าง ๆ ที่มีหมายเลขด้านในและรอบ ๆ โรงไฟฟ้า”



เมื่อนำเครื่องนับรังสีไปที่บริเวณที่ 1 จะได้ยินเสียงติ๊ด ๆ ห่างกันหลายวินาที และมีตัวเลขปรากฏที่หน้าจอเครื่องนับฯ เป็น $0.04 \mu\text{Sv/h}$ จากนั้น จะมีกรอบข้อความให้ “กดเปิดตารางบันทึกผล”



[Handwritten signature]

เมื่อกดเปิดตารางบันทึกผล จะมีตารางแสดงผลการวัดอัตโนมัติ พร้อมกรอบข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ “กดยกระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสีแล้วเลือกความหมายของปริมาณรังสีที่วัดได้” พร้อมลูกศรชี้ไปที่กรอบสีขาว เมื่อกดที่ไอคอนตารางสีเขียวด้านบนจะแสดงตารางความเสี่ยงจากปริมาณรังสี

พิชชัย

ข้อมูลระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสี

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

เลข	บริเวณที่วัดปริมาณรังสี	ปริมาณรังสีที่วัดได้ ($\mu\text{Sv/h}$)	แปลความหมาย
1	ภายในห้องควบคุม	0.04	
2	รอบ ๆ อาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์		
3	ด้านบนแท่งเชื้อเพลิงภายในเครื่องปฏิกรณ์		
4	บริเวณรอบ ๆ กังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า		
5	บริเวณรอบ ๆ เครื่องควบแน่น		
6	น้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ		

กดยกระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสีแล้วเลือกความหมายของปริมาณรังสีที่วัดได้

วัดปริมาณรังสี 6 บริเวณ บันทึกผลและแปลความหมาย
สถานที่หมายเลข ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

เป้าหมายของกิจกรรม **ตรวจคำตอบ**

เวลา (s) 00

กำลัง 70

MW

ระบบส่วนประกอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

เริ่มต้น **ตรวจคำตอบ** **START** **STOP**

ทำตามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

ข้อมูลระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสี

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสี

ระดับรังสี	ปริมาณรังสี ($\mu\text{Sv/h}$)
ต่ำ (ปลอดภัย)	0.02 – 0.5
ปานกลาง (ใช้วัสดุป้องกัน)	0.5 – 25
สูง (อันตราย)	มากกว่า 25

5	บริเวณรอบ ๆ เครื่องควบแน่น		
6	น้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ		

วัดปริมาณรังสี 6 บริเวณ บันทึกผลและแปลความหมาย
สถานที่หมายเลข ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

เป้าหมายของกิจกรรม **ตรวจคำตอบ**

เวลา (s) 00

กำลัง 70

35

0

MW

ระบบส่วนประกอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

เริ่มต้น **ตรวจคำตอบ** **START** **STOP**

ทำตามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

เมื่อปิดกรอบแสดงความเสี่ยงจากปริมาณรังสีแล้ว ให้กดเลือกการแปลความหมายของปริมาณรังสีที่วัดได้ ซึ่งจะเป็น drop down ที่มีตัวเลือกคือ “ปลอดภัย” กับ “อันตราย” ให้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง

เมื่อเลือกการแปลความหมายปริมาณรังสีผิด จะมีกรอบข้อความแจ้งว่า “ลองใหม่ พิจารณาข้อมูลระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสีอีกครั้ง”

เลข	บริเวณที่วัดปริมาณรังสี	ปริมาณรังสีที่วัดได้ (µSv/h)	แปลความหมาย
1	ภายในห้องควบคุม	0.04	ปลอดภัย อันตราย
2	รอบ ๆ อาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์		
3	ด้านบนแท่งเชื้อเพลิงภายในเครื่องปฏิกรณ์		
4	บริเวณรอบ ๆ กังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า		
5	บริเวณรอบ ๆ เครื่องควบแน่น		
6	น้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ		

วัดปริมาณรังสี 6 บริเวณ บันทึกผลและแปลความหมาย
สถานที่หมายเลข ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

เป้าหมายของกิจกรรม

ตรวจสอบคำตอบ

เมื่อเลือกการแปลความหมายได้ถูกต้อง จะมีกรอบข้อความแจ้งให้ “ปิดตาราง แล้วไปวัดปริมาณรังสีให้ครบทั้ง 6 บริเวณ” แต่ถ้าเลือกผิด จะมีกรอบแจ้งว่า “ลองดูใหม่”

เลข	บริเวณที่วัดปริมาณรังสี	ปริมาณรังสีที่วัดได้ (µSv/h)	แปลความหมาย
1	ภายในห้องควบคุม	0.04	ปลอดภัย อันตราย
2	รอบ ๆ อาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์		
3	ด้านบนแท่งเชื้อเพลิงภายในเครื่องปฏิกรณ์		
4	บริเวณรอบ ๆ กังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า		
5	บริเวณรอบ ๆ เครื่องควบแน่น		
6	น้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ		

วัดปริมาณรังสี 6 บริเวณ บันทึกผลและแปลความหมาย
สถานที่หมายเลข ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

เป้าหมายของกิจกรรม

ตรวจสอบคำตอบ

เมื่อทำกิจกรรมวัดรังสีและบันทึกการแปลความหมายได้ถูกต้องทั้ง 6 บริเวณแล้ว จะมีกรอบข้อความแจ้งให้ “กดปิดตารางเพื่อไปหน้าตอบคำถามท้ายกิจกรรม” ซึ่งต้องกดปิดตารางก่อน จึงจะไปหน้าสถานการณ์จำลอง แล้วจึงกดปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” ได้

ฟิชชัน

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ข้อมูลระดับความเสี่ยง จากปริมาณรังสี

เลข	บริเวณที่วัดปริมาณรังสี	ปริมาณรังสีที่วัดได้ ($\mu\text{Sv/h}$)	แปลความหมาย
1	ภายในห้องควบคุม	0.04	ปลอดภัย
2	รอบ ๆ อาคารกลุ่มเครื่องปฏิกรณ์	0.06	ปลอดภัย
3	ด้านบนแท่งเชื้อเพลิงภายในเครื่องปฏิกรณ์	99	อันตราย
4	บริเวณรอบ ๆ กังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	0.25	ปลอดภัย
5	บริเวณรอบ ๆ เครื่องควบแน่น	0.08	ปลอดภัย
6	น้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ	0.07	ปลอดภัย

วัดปริมาณรังสี 6 บริเวณ บันทึกผลและแปลความหมาย
สถานที่หมายเลข 1 2 3 4 5 6

เป้าหมายของกิจกรรม

กดปิดตารางเพื่อไปหน้าตอบคำถามท้ายกิจกรรม

เวลา (s) 10:00

กำลัง 70 35 0

เริ่มใหม่

ระบบประกอบหลักของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

เริ่มต้น

ตรวจสอบคำตอบ

START

STOP

แถบปรับระดับแท่งควบคุม(?)

เลือก

ตามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

เวลา (s) 10:00

กำลัง 70 35 0

เริ่มใหม่

ระบบประกอบหลักของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (?)

เริ่มต้น

ตรวจสอบคำตอบ

START

STOP

แถบปรับระดับแท่งควบคุม(?)

เลือก

ตามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

กดปิดตารางเพื่อไปหน้าตอบคำถามท้ายกิจกรรม

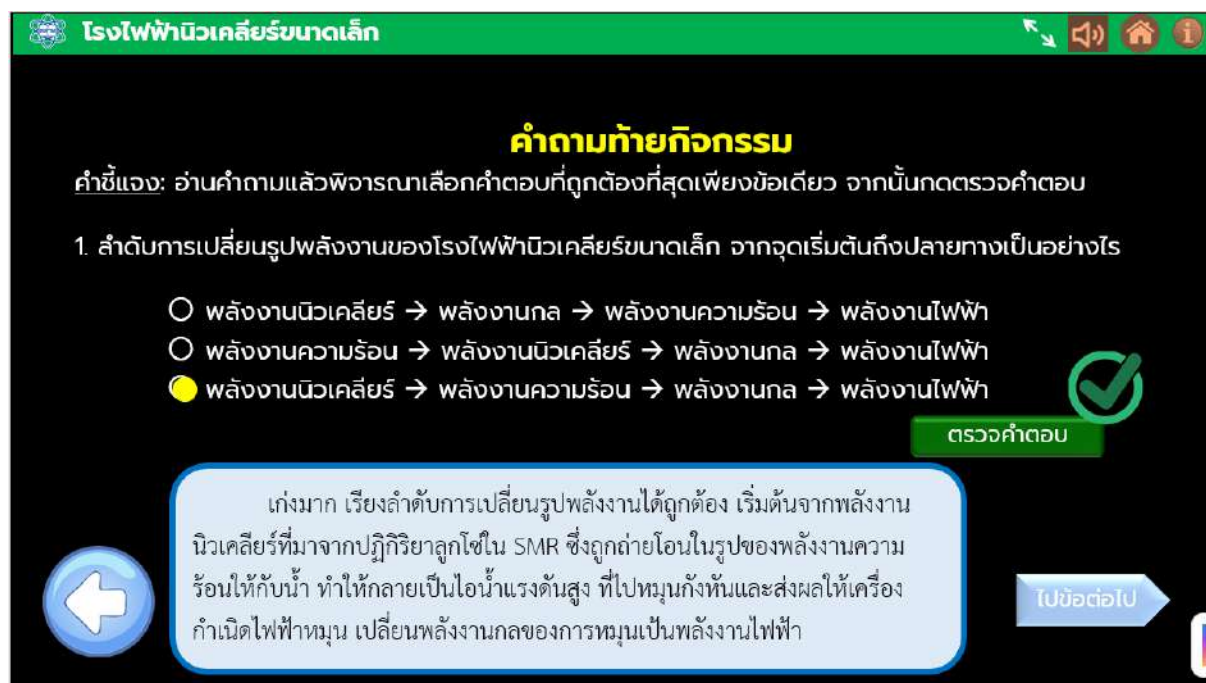
Signature

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

คำถามท้ายกิจกรรม

รายละเอียด

เมื่อกดปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” จะมาหน้าคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งเป็นคำถามแบบ 3 ตัวเลือก ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้อง แล้วกดตรวจคำตอบ ถ้าตอบยังไม่ถูก 2 ครั้ง จะเฉลย



คำถามท้ายกิจกรรมมีทั้งหมด 5 ข้อ ดังนี้

1. ลำดับการเปลี่ยนรูปพลังงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก จากจุดเริ่มต้นถึงปลายทางเป็นอย่างไร
 - พลังงานนิวเคลียร์ → พลังงานกล → พลังงานความร้อน → พลังงานไฟฟ้า
 - พลังงานความร้อน → พลังงานนิวเคลียร์ → พลังงานกล → พลังงานไฟฟ้า
 - พลังงานนิวเคลียร์ → พลังงานความร้อน → พลังงานกล → พลังงานไฟฟ้า

เฉลย ตัวเลือกที่ 3 พลังงานนิวเคลียร์ → พลังงานความร้อน → พลังงานกล → พลังงานไฟฟ้า

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “ลองไล่ลำดับดูใหม่อีกครั้ง จุดเริ่มต้นคือ พลังงานอะไรที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานอะไรที่ให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่ไปหมุนกังหัน และสุดท้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก เรียงลำดับการเปลี่ยนรูปพลังงานได้ถูกต้อง เริ่มต้นจากพลังงานนิวเคลียร์ที่มาจากปฏิกิริยาฟิวชันใน SMR ซึ่งถูกถ่ายโอนในรูปของพลังงานความร้อนให้กับน้ำ ทำให้กลายเป็นไอน้ำแรงดันสูง ที่ไปหมุนกังหันและส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน เปลี่ยนพลังงานกลของการหมุนเป็นพลังงานไฟฟ้า”

2. ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก แท่งควบคุมมีหน้าที่เทียบได้กับอะไร และเกี่ยวข้องกับนิวตรอนที่ไปทำปฏิกิริยาฟิวชันอย่างไร

- เทียบได้กับคันเร่งรถ โดยจับนิวตรอนให้ไปทำปฏิกิริยาฟิวชันเพิ่มขึ้น
- เทียบได้กับเบรกของรถ โดยจับนิวตรอนให้ไปทำปฏิกิริยาฟิวชันลดลง
- เทียบได้กับคันเร่งหรือเบรกของรถ โดยจับนิวตรอน ให้ไปทำปฏิกิริยาฟิวชันเพิ่มขึ้นหรือลดลง

เฉลย ตัวเลือกที่ 3 เทียบได้กับคันเร่งหรือเบรกของรถ โดยจับนิวตรอน ให้ไปทำปฏิกิริยาฟิวชันเพิ่มขึ้นหรือลดลง

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที เมื่อปรับระดับแท่งควบคุมโดยดึงขึ้นหรือหย่อนลึกลงไปในเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อให้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มากขึ้นหรือลดลง และการเปลี่ยนแปลงนี้ เกิดขึ้นจากอะไร”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก แท่งควบคุมทำหน้าที่เหมือน “คันเร่ง” หรือ “เบรก” ของการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์ โดยการจับนิวตรอนไว้ ทำให้มีจำนวนนิวตรอนที่จะไปทำปฏิกิริยาฟิวชันเพิ่มขึ้นหรือลดลง”

3. ถ้าขณะที่แท่งควบคุมถูกดึงขึ้นหรือหย่อนลงไว้บริเวณแท่งเชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จำนวนนิวตรอนที่จะไปทำปฏิกิริยาฟิวชันเปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีผลอย่างไรต่อปฏิกิริยาฟิวชัน

- ดึงแท่งควบคุมขึ้นจากบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนเพิ่มขึ้น และปฏิกิริยาฟิวชันเพิ่มขึ้น
- ดึงแท่งควบคุมขึ้นจากบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนลดลง และปฏิกิริยาฟิวชันเพิ่มขึ้น
- หย่อนแท่งควบคุมลงไปในบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนลดลง และปฏิกิริยาฟิวชันลดลง

เฉลย ตัวเลือกที่ 3 หย่อนแท่งควบคุมลงไปในบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนลดลง และปฏิกิริยาฟิวชันลดลง

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที เมื่อดึงแท่งควบคุมให้สูงขึ้นจากเครื่องปฏิกรณ์ พลังงานไฟฟ้าที่ได้มากขึ้นหรือลดลง แล้วเมื่อหย่อนแท่งควบคุมให้ลงไป พลังงานไฟฟ้าที่ได้มากขึ้นหรือลดลง”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก แท่งควบคุมทำหน้าที่จับนิวตรอนไว้ เมื่อหย่อนแท่งควบคุมลงไปในบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จะทำให้จำนวนนิวตรอนที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ลดลง ปฏิกิริยาลูกโซ่จึงลดลง”

4. บริเวณใดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กมีระดับปริมาณรังสีในระดับที่เป็นอันตราย

- รอบ ๆ อาคารเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์
- ด้านบนแท่งเชื้อเพลิงภายในเครื่องปฏิกรณ์
- รอบ ๆ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เฉลย ตัวเลือกที่ 2 ด้านบนแท่งเชื้อเพลิงภายในเครื่องปฏิกรณ์

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “เกือบจะถูกแล้ว พิจารณาว่า บริเวณไหนที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งเป็นบริเวณที่น่าจะมีรังสีเข้มข้น และบริเวณไหน ที่น่าจะมีการป้องกันอย่างดีเพื่อไม่ให้มีรังสีรั่วไหลออกมา”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก ระบุตำแหน่งได้ถูกต้อง บริเวณ แท่งเชื้อเพลิงเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาฟิชชัน จึงมีปริมาณรังสีเข้มข้นและอันตรายมากที่สุด ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมต้องมีอาคารกำบังที่หนาแน่นเพื่อความปลอดภัย”

5. จากตารางบันทึกผล การที่ระดับรังสีบริเวณรอบ ๆ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก และในแหล่งน้ำธรรมชาติที่รับน้ำมาจากระบบน้ำระบายความร้อน มีระดับใกล้เคียงกัน สามารถสรุปได้อย่างไร

- บริเวณทั้งสาม มีการปนเปื้อนวัสดุกัมมันตรังสีในระดับเดียวกัน
- ระดับรังสีในบริเวณทั้งสาม ใกล้เคียงกับระดับรังสีปกติในธรรมชาติ
- น้ำและอากาศในบริเวณทั้งสาม มีระดับรังสีใกล้เคียงกับบริเวณในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

เฉลย ตัวเลือกที่ 2 ระดับรังสีในบริเวณทั้งสาม ใกล้เคียงกับระดับรังสีปกติในธรรมชาติ

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “ลองพิจารณาข้อมูลใหม่อีกครั้ง”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก การวิเคราะห์ข้อมูลของคุณถูกต้อง ผลการวัดที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่า อาคารที่ตั้งของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ มีการออกแบบให้มีวัสดุที่สามารถป้องกันไม่ให้รังสีจากภายในออกสู่ภายนอกได้ อีกทั้ง ระบบน้ำระบายความร้อนแยกออกจากระบบน้ำที่ผ่านเครื่องปฏิกรณ์ น้ำที่ระบายออกสู่ภายนอกจึงระดับรังสีใกล้เคียงกับระดับรังสีในธรรมชาติ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้าง”

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อตอบคำถามข้อที่ 5 ถูกแล้ว จะมีปุ่ม “ไปสรุปผลการทำกิจกรรม” ขึ้นมา และเมื่อกดแล้ว จะไปหน้าสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เลือกคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปให้ถูกต้อง

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

พลังงานนิวเคลียร์ เครื่องควบคุม แท่งควบคุม ระบบระบายความร้อน ไอโซโทปกัมมันตรังสี

ปฏิกิริยาลูกโซ่ รอบนอกอาคาร SMR เหนือแท่งเชื้อเพลิง แท่งเชื้อเพลิง

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ ในการเปลี่ยน เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แท่งควบคุม กังหัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ โดย ในเครื่องปฏิกรณ์ทำหน้าที่สำคัญในการดูดกลืนนิวตรอนเพื่อปรับลดหรือเพิ่มอัตราการเกิด

ในด้านความปลอดภัย ระดับรังสีภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ บริเวณ จะมีระดับสูงจนเป็นอันตรายต่อร่างกาย ในขณะที่บริเวณ และน้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีระดับรังสี เท่ากับรังสีพื้นหลังตามธรรมชาติ ทำให้มั่นใจได้ว่าปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง

ตรวจสอบคำตอบ

คำศัพท์และข้อความสรุป เป็นดังนี้

พลังงานนิวเคลียร์ เครื่องควบคุม แท่งควบคุม ระบบระบายความร้อน ไอโซโทปกัมมันตรังสี

ปฏิกิริยาลูกโซ่ รอบนอกอาคาร SMR เหนือแท่งเชื้อเพลิง แท่งเชื้อเพลิง

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ ในการเปลี่ยน เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แท่งควบคุม กังหัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ โดย ในเครื่องปฏิกรณ์ทำหน้าที่สำคัญในการดูดกลืนนิวตรอนเพื่อปรับลดหรือเพิ่มอัตราการเกิด

ในด้านความปลอดภัย ระดับรังสีภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ บริเวณ จะมีระดับสูงจนเป็นอันตรายต่อร่างกาย ในขณะที่บริเวณ และน้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำ

ธรรมชาติ จะมีระดับรังสีเทียบเท่ากับรังสีพื้นหลังตามธรรมชาติ ทำให้มั่นใจได้ว่าปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง

เมื่อวางคำผิด จะมีรอบข้อความ “เกือบถูกแล้ว ลองทบทวนส่วนประกอบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือผลที่บันทึกในตารางอีกครั้ง สามารถย้อนกลับไปทบทวนแล้วกลับมาหน้าสรุปนี้อีกครั้งได้” จากนั้น ให้ลองวางใหม่ จนกว่าจะถูก

เมื่อลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบถูกต้องทั้งหมด 9 จุด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” พร้อมแสดงกราฟิกยินดีที่ทำกิจกรรมได้สำเร็จ มีเสียงเอฟเฟค ปรบมือ และปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่กดแล้ว จะไปแบบทดสอบด้านนอกสื่อ ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สรุปผลการทำกิจกรรม

ทดและแลกคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ไอโซโทปกัมมันตรังสี

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ **SMR** ในการ
เปลี่ยน **พลังงานนิวเคลียร์** เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ **แท่งเชื้อเพลิง** แท่งควบคุม
กักกัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า **ระบบระบายความร้อน** และ **เครื่องควบคุม** แท่งควบคุม **ปฏิกิริยาลูกโซ่**
ในเครื่องปฏิกรณ์ทำหน้าที่สำคัญในการดูดกลืนนิวตรอนเพื่อปรับลดหรือเพิ่มอัตราการเกิด
ในด้านความปลอดภัย ระดับรังสีภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ บริเวณ **เหนือแท่งเชื้อเพลิง** จะมีระดับสูงจน
เป็นอันตรายต่อร่างกาย ในขณะที่บริเวณ **รอบนอกอาคาร** และน้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีระดับรังสี
ต่ำกว่ากับรังสีพื้นหลังตามธรรมชาติ ทำให้มั่นใจได้ว่าปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง

ตรวจสอบคำตอบ

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

สรุปผลการทำกิจกรรม

ทดและแลกคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ทำกิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ได้สำเร็จครบถ้วนแล้ว

ไอโซโทปกัมมันตรังสี

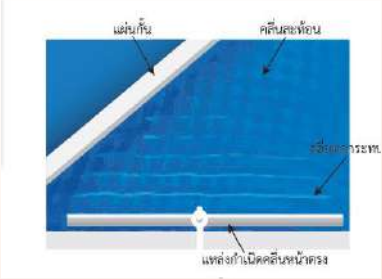
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ **SMR** ในการ
เปลี่ยน **พลังงานนิวเคลียร์** เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ **แท่งเชื้อเพลิง** แท่งควบคุม
กักกัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า **ระบบระบายความร้อน** และ **เครื่องควบคุม** แท่งควบคุม **ปฏิกิริยาลูกโซ่**
ในเครื่องปฏิกรณ์ทำหน้าที่สำคัญในการดูดกลืนนิวตรอนเพื่อปรับลดหรือเพิ่มอัตราการเกิด
ในด้านความปลอดภัย ระดับรังสีภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ บริเวณ **เหนือแท่งเชื้อเพลิง** จะมีระดับสูงจน
เป็นอันตรายต่อร่างกาย ในขณะที่บริเวณ **รอบนอกอาคาร** และน้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีระดับรังสี
ต่ำกว่ากับรังสีพื้นหลังตามธรรมชาติ ทำให้มั่นใจได้ว่าปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง

ตรวจสอบคำตอบ

ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ

Slide 1

~ (interactive simulation)



แผ่นกั้น

พัดลมยกน้ำ

ช่องระบายน้ำ

แผงกักน้ำคั่นชั้นน้ำสอง



Two empty red rectangular input fields.

Play button icon.

Progress bar.



วัตถุประสงค์ของสื่อ

เพื่อศึกษาพฤติกรรมกระสาก่อนของคลื่นผิวน้ำผ่านการทำกิจกรรมที่เป็นสถานการณ์จำลอง

คำแนะนำการใช้งาน

ให้นักเรียนปฏิบัติตามกรอบข้อความและลูกศรแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ปรากฏขึ้นมาตามลำดับ เช่น.....

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ

✕

คณะผู้จัดทำ

นาย.....
นางสาว.....

คณะบรรณาธิการ

นาย.....
นาง.....
นาย.....

บรรณานุกรม

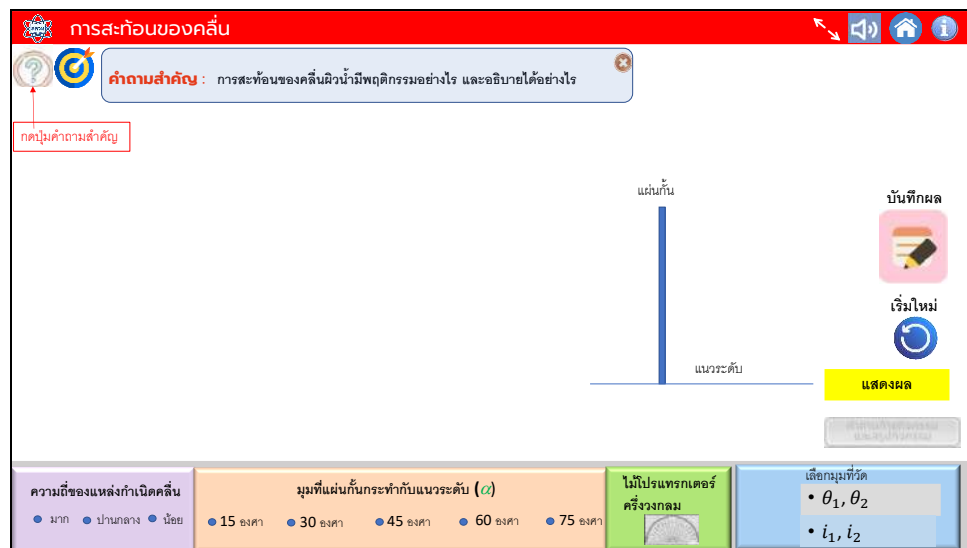
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ... เล่ม (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
สงวนลิขสิทธิ์ © 2567 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

หากพบว่า หน้าแสดงผลของสื่อมีขนาดเล็กในอุปกรณ์พกพา ให้เอียงอุปกรณ์ไป
อีกแนวหนึ่ง และเมื่อได้ภาพและตัวอักษรขนาดใหญ่กว่าแล้ว ให้ตั้งค่าการหมุนหน้าจอ
ในแนวนั้นไว้ ซึ่งทำได้โดยกดเลือกที่ปุ่มไอคอนลักษณะมีลูกศรวนรอบเช่น  หรือ 
กรณีที่ไม่ปรากฏภาพของสื่อให้เห็นในเบราว์เซอร์ ให้ลองกดปุ่ม Reload หรือ
Refresh ที่มีสัญลักษณ์  บริเวณด้านบนของเบราว์เซอร์ ถ้ายังไม่ปรากฏภาพของสื่อ
อีก ให้ตรวจสอบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
หากพบปัญหาอื่น ๆ เพิ่มเติม สามารถติดต่อเจ้าหน้าที่ดูแลสื่อประกอบบทเรียน
วิชาฟิสิกส์ ได้ที่ e-mail: physics@proj.ipst.ac.th



Slide 5



ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มคำถามสำคัญว่า "กดปุ่มคำถามสำคัญ"

การแสดงผลหน้าจอ : กรอบคำถามสำคัญแสดงขึ้นมา

Slide 6

เป้าหมาย: วัดมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมสะท้อน (θ_2) โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

กดปุ่มเป้าหมาย

แนวนอน

แนวระดับ

บันทึกผล

เริ่มใหม่

แสดงผล

ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น

• มาก • ปานกลาง • น้อย

มุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α)

• 15 องศา • 30 องศา • 45 องศา • 60 องศา • 75 องศา

ไมโปรแทรกเตอร์

ครึ่งวงกลม

เลือกมุมที่วัด

• θ_1, θ_2

• i_1, i_2

ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มเป้าหมายว่า “กดปุ่มเป้าหมาย”

การแสดงผลหน้าจอ : กรอบเป้าหมายแสดงขึ้นมา

Slide 7

ย: วัดมุมคกกระทบ (และมุมสะท้อน θ โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่ ผ่านกันกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

15 องศา 30 องศา 45 องศา 60 องศา 75 องศา

มุม (α)

งผล : ม

ู้ใช้ก

Slide 8

เป้าหมาย: วัดมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมสะท้อน (θ_2) โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

Diagram showing a blue line labeled "แผ่นกั้น" (Barrier) at an angle $\alpha = 45^\circ$ to a horizontal line labeled "แนวระดับ" (Horizontal line).

Control panel on the right:

- บันทึกผล (Record Result)
- เริ่มใหม่ (Restart)
- แสดงผล (Show Result)

Bottom navigation bar:

- ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น (Frequency of the source): มาก (High), ปานกลาง (Medium), น้อย (Low)
- มุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) (Angle of the barrier with the horizontal): 15 องศา, 30 องศา, 45 องศา (selected), 60 องศา, 75 องศา
- ไมโครแทรกเตอร์ ครึ่งวงกลม (Microtractor semi-circle)
- เลือกมุมที่วัด (Select angle to measure): θ_1, θ_2 , i_1, i_2

A red box with the text "กดเลือกมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ" (Click to select the angle of the barrier with the horizontal) points to the 45 องศา option in the bottom bar.

ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มมุมแผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) ว่า “กดเลือกมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α)”

การแสดงผลหน้าจอ : เมื่อมีการกดปุ่มแสดงการเลือกมุมที่ผู้ใช้กด ให้แสดงแผ่นกั้นวางตัวทำมุมกับแนวระดับตามมุมที่กดเลือก

เป้าหมาย: วัตถุประสงค์ (๑) และมุมสะท้อน (๒) โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของคลื่นเข้าตกกระทบบนแผ่นกั้น (แสดงบอกผู้ทำแล็บและนักเรียน และจัดภาพให้อยู่ตรงกลางหน้าจอ)

บันทึกผล

เริ่มใหม่

กดปุ่มแสดงผล

แสดงผล

ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น

มุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α)

ไมโครแทรกเตอร์ ครึ่งวงกลม

เลือกมุมที่วัด

ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มแสดงผล ว่า “กดปุ่มแสดงผล”

การแสดงผลหน้าจอ : เมื่อมีการกดปุ่มแสดงผลที่ผู้ใช้กด โปรแกรมแสดงหน้าคลื่นเคลื่อนที่ตกกระทบบนแผ่นกั้น แล้วสะท้อนออกมา

โดยแสดงให้เห็นหน้าคลื่นขณะตกกระทบบนแผ่นกั้นให้เป็นที่ i_1 และหน้าคลื่นของคลื่นสะท้อนทำมุมกับแผ่นกั้นเป็นมุม i_2

โดยเมื่อหน้าคลื่นตกกระทบบนแผ่นกั้น หน้าคลื่นสะท้อนจะเป็นดังวิดิทัศน์นี้

<https://www.youtube.com/watch?v=iGuUKRmytLw> (ข้อสังเกตเมื่อหน้าคลื่นกระทบบนแผ่นกั้นจะพบว่าหน้าคลื่นตลอดแนวไม่ได้ถึงแผ่นกั้นพร้อมกัน จึงต้องสะท้อนหน้าคลื่นเฉพาะส่วนที่กระทบบนแผ่นกั้นก่อน

แต่การแสดงผลในสื่อไม่ได้แสดงแค่หน้าคลื่นเส้นเดียว จะแสดงหน้าคลื่นหลายๆหน้าคลื่นดังรูป ต่อเนื่องสม่ำเสมอแล้วสะท้อนให้แต่ละหน้าคลื่นตกกระทบบนแผ่นกั้นให้สะท้อนแบบในวิดิทัศน์ที่แนบลิงก์ไว้ในข้างต้น)

เป้าหมาย: วัดมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมสะท้อน (θ_2) โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่แผ่นกันกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

มุมหน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับแผ่นกัน (i_1)
 มุมหน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกัน (i_2)
 มุมทิศทางของคลื่นตกกระทบกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_1)
 มุมทิศทางของคลื่นสะท้อนกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_2)

ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น: มาก, ปานกลาง, น้อย
 มุมที่แผ่นกันกระทำกับแนวระดับ (α): 15 องศา, 30 องศา, 45 องศา, 60 องศา, 75 องศา
 ไม่โปรแทรกเตอร์
 เลือกมุมที่วัด: θ_1, θ_2 , i_1, i_2

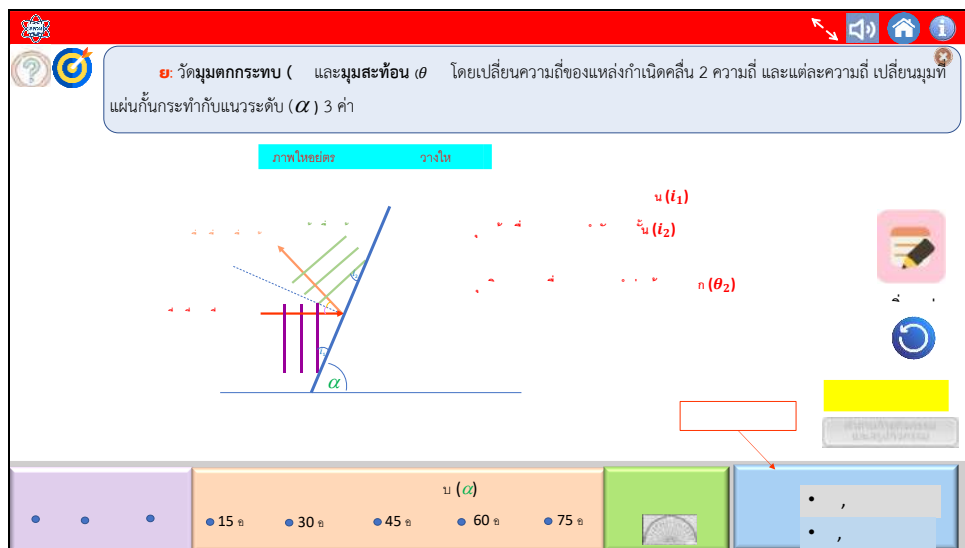
ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มแสดงผล ว่า “กดปุ่มไม่โปรแทรกเตอร์จึงวงกลมเพื่อวัดมุม”

การแสดงผลหน้าจอ : ไม่โปรแทรกเตอร์ถูกลากไปในพื้นที่ใกล้ๆแผ่นกัน

หากผู้เล่นกดดูความหมายคำว่า “มุมคลื่นตกกระทบกับแผ่นกัน (θ_1)” และ “มุมทิศทางของคลื่นตกกระทบกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_1)”
 ให้ไปแสดงข้อความมุมตกกระทบ

ส่วนถ้าผู้เล่นกดดูความหมายคำว่า

“มุมหน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกัน (θ_2)” และ “มุมทิศทางของคลื่นสะท้อนกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_2)”
 ให้ไปแสดงข้อความมุมสะท้อน



มชิต “กตป ม”

1. **การวัดความยาว** : ใช้ **ทฤษฎีบทพีทาโกรัส** เพื่อหาความยาวของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดสองจุดในระนาบ 2 มิติ

แต่ถ้
นตกก
 (i_1)

, ให้
และขึ้นช
 (i_2)

งขณะน เป็นภาพ ขึ้นม
า “ม
นต
และไ

, งในภาพ พร

น้ไม่โปรแทรกเตอร์เลื่อนไป มตา เลือกไว

โดยเริ่มต้นให้ไม้โปรแทรกเตอร์ ^๔ อนไป

วให้ขึ้นขอความไห นที่ก ^๕ ก็ให้ไมโปรแทรกเตอร์ อนไปวัดม

วให้ขึ้นขอความไห นที่ก

(<https://www.google.com/search?q=%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81>



E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%A1%E0%B8%B8%E0%B8%A1&sca_esv=9a26454b369da4f9&udm=7&biw=1920&bih=911&sxsrf=ANbL-n6ftJ-kQRxE4FEUfkg7Ve_sqXaJKQ%3A1780479039503&ei=P_Qfap2vHsix2roPysrbiAo&oq=%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81&gs_lp=EhZnd3Mtd2l6LW1vZGVsZXNzLXZpZGVvIifguIHguLLguKPguYPguIrguYnguYTguKHguYnguYLguJvguKPguYEqAggBMgUQABiABDIFEAAyGAQyBRAAGO8FMggQABiiBBiABDIIEAAyogQYgARI7ihQqgVYihNwAXgBkAEAmAHCAaABnwqqAQMWLji4AQHIAQD4AQGYAgigAs0JwglKEAAYRxjWBBiwA8ICDhAAGIMBGIAEGIoFGLEDwglHEAAyGAQYE5gDAIgGAZAGCJIHAzEuN6AHvByyBwMwLje4B8UJwgcHMC4xLjUuMsgHMYAIAQ&sclient=gws-wiz-modeless-video#fpstate=ive&vld=cid:812eabb5,vid:JDJt0mhJSjE,st:0
วิธีการวางไม้โปรแทรกเตอร์วัดมุมที่ต้องการดูวิธีการวางได้จากวีดิทัศน์ในลิงก์ข้างต้น)

นอกจากนี้ กรณีผู้เฝ้าสังเกตดูความหมายของคำว่า มุมคลื่นตกกระทบกับแผ่นกัน (i_1) และ มุมทิศทาง
ของคลื่นตกกระทบกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_1)
ให้ไปแสดงข้อความมุมตกกระทบ

ส่วนการดูความหมาย มุมหน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกัน (i_2) และ มุมทิศทางของคลื่น
สะท้อนกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_2)
ให้ไปแสดงข้อความมุมสะท้อน

เป้าหมาย: วัดมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมสะท้อน (θ_2) โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่ผ่านกันกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น (Hz)	มุมตกกระทบ (θ_1)	มุมสะท้อน (θ_2)	มุมที่ผ่านกันกระทำกับแนวระดับ (α)
15	15.0	15.0	15.0
30	30.0	30.0	30.0
45	45.0	45.0	45.0
60	60.0	60.0	60.0
75	75.0	75.0	75.0

บันทึกผล
กดปุ่มบันทึกผล
เริ่มใหม่
แสดงผล

ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น
• มาก • ปานกลาง • น้อย

มุมที่ผ่านกันกระทำกับแนวระดับ (α)
• 15 องศา • 30 องศา • 45 องศา • 60 องศา • 75 องศา

ไมโครแทรกเตอร์
ครึ่งวงกลม

เลือกมุมที่วัด
• θ_1, θ_2
• i_1, i_2

ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มบันทึกผลว่า “กดปุ่มบันทึกผล”

การแสดงผลหน้าจอ : เมื่อกดบันทึกผล ให้ตารางบันทึกผลขึ้น โดยขึ้นเฉพาะค่าตามที่นักเรียนเลือกมุมและค่าความถี่ที่เลือกทำเท่านั้น และตารางบันทึกผล ผู้เล่นสามารถเลื่อนตำแหน่งได้ โดยตารางบันทึกผลแสดงดัง ppt หน้า 29 ของไฟล์นี้

เมื่อผู้เล่นบันทึกแล้ว ถ้าบันทึกไม่ถูกให้แสดงเครื่องหมาย X หลังคำตอบที่บันทึก แต่ถ้าบันทึกถูกให้แสดงเครื่องหมาย ✓ หลังคำตอบที่บันทึก แต่ถ้าบันทึกไม่ถูกครั้งที่ 3 ก็ให้เฉลย

เป้าหมาย: วัดมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมสะท้อน (θ_2) โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

ทดลองซ้ำ โดยทดลองอย่างน้อย 2 ความถี่ และแต่ละความถี่เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับอย่างน้อย 3 ค่า

ปิดตารางบันทึกผล

บันทึกผล

เริ่มใหม่

กดปุ่มเริ่มใหม่

แสดงผล

กดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น	มุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α)	มุมตกกระทบ (θ_1)	มุมสะท้อน (θ_2)	ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น
15	15	15.0	15.0	15
30	30	30.0	30.0	30
45	45	45.0	45.0	45
60	60	60.0	60.0	60
75	75	75.0	75.0	75

แนวระดับ

กดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น

มุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α)

ไม่โปรแกรมเครื่องวัด

เลือกมุมที่วัด

θ_1, θ_2

i_1, i_2

ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มกากบาทว่า “ปิดตารางบันทึกผล”

การแสดงผลหน้าจอ : เมื่อกดปุ่มปิดตารางบันทึกผล ตารางหายไป และมีข้อความแนะนำว่า “ทดลองซ้ำ โดยทดลองอย่างน้อย 2 ความถี่ และแต่ละความถี่เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับอย่างน้อย 3 ค่า”

พร้อมข้อความชี้ไปที่ปุ่มเริ่มใหม่ ว่า “กดปุ่มเริ่มใหม่”

กรณีทำตามเงื่อนไขครบแล้ว คือ ทำครบ 2 ความถี่ โดยแต่ละความถี่เปลี่ยนมุมครบ 3 ค่า ให้ขึ้นปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม เพื่อให้สามารถคลิกเข้าไปดูได้เลย พร้อมข้อความว่า “กดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”

Slide 14

เป้าหมาย: วัดมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมสะท้อน (θ_2) โดยเปลี่ยนความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น 2 ความถี่ และแต่ละความถี่ เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) 3 ค่า

มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับแผ่นกั้น (i_1)

มุมที่หน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกั้น (i_2)

มุมทิศทางของคลื่นตกกระทบกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_1)

มุมทิศทางของคลื่นสะท้อนกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_2)

บันทึกผล

เริ่มใหม่

กดปุ่มเริ่มใหม่

แสดงผล

กดปุ่มเพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

ความถี่คลื่น

• มาก • ปานกลาง • น้อย

มุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α)

• 15 องศา • 30 องศา • 45 องศา • 60 องศา • 75 องศา

ไมโครแทรกเตอร์

ครึ่งวงกลม

เลือกมุมที่วัด

• θ_1, θ_2

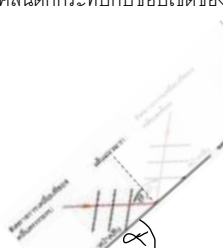
• i_1, i_2

ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม ว่า “กดปุ่มเพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”

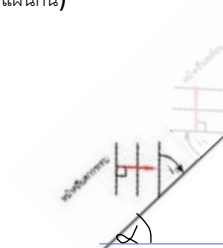
การแสดงผลหน้าจอ : แสดงเมื่อทำตามเป้าหมายครบแล้ว คือ ทำครบ 2 ความถี่ โดยแต่ละความถี่เปลี่ยนมุมครบ 3 ค่า ให้ขึ้นปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม เพื่อให้สามารถคลิกเข้าไปดูได้เลยพร้อมกับข้อความว่า “กดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”

มุมตกกระทบ
✕

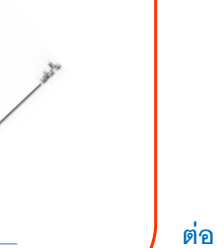
มุมตกกระทบ θ_1 เป็นมุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบกระทำกับเส้นแนวฉาก โดยเส้นแนวฉาก คือ เส้นตั้งฉากกับขอบเขตของตัวกลาง (แผ่นกั้น) โดยมุม i_1 เป็นมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกับขอบเขตของตัวกลาง (แผ่นกั้น)



รูป ก มุมตกกระทบ θ_1



รูป มุมตกกระทบ θ_1 และมุม i_1



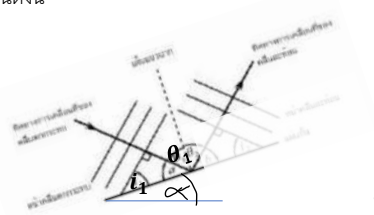
รูป ข มุม i_1

➡



มุมตกกระทบ
✕

มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบบนพื้น (i_1) กับ มุมตกกระทบ (θ_1) มีความสัมพันธ์กันดังนี้



รูป แสดงหน้าคลื่นและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหน้าตรงตกกระทบบนพื้น

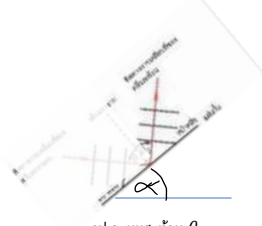
จากรูป $i_1 + a = 90^\circ$
 และ $\theta_1 + a = 90^\circ$
 ดังนั้น $i_1 = \theta_1$

จากข้างต้น จะได้ว่า มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบบนพื้น (i_1) เท่ากับ มุมตกกระทบ (θ_1)

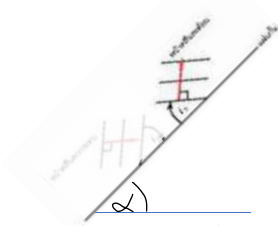


มุมสะท้อน
✕

มุมสะท้อน θ_2 เป็นมุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นสะท้อนกระทำกับเส้นแนวฉาก โดยเส้นแนวฉาก คือ เส้นตั้งฉากกับขอบเขตของตัวกลาง (แผ่นแก้ว) โดยมุม i_2 เป็นมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับขอบเขตของตัวกลาง (แผ่นแก้ว)



รูป ก มุมสะท้อน θ_2



รูป ข มุม i_2

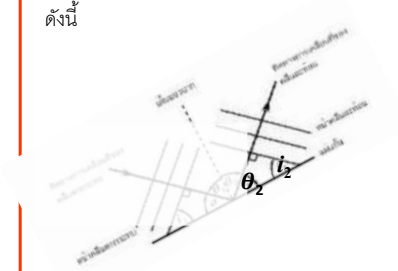
รูป มุมสะท้อน θ_2 และมุม i_2

➡ **ต่อ**



มุมสะท้อน
✕

มุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับ"แผ่นกั้น" (i_2) กับ มุมสะท้อน (θ_2) มีความสัมพันธ์กันดังนี้



จากรูป $i_2 + b = 90^\circ$

และ $\theta_2 + b = 90^\circ$

ดังนั้น $i_2 = \theta_2$

จากข้างต้น จะได้ว่า มุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นกั้น (i_2) เท่ากับ มุมสะท้อน (θ_2)

รูป แสดงหน้าคลื่นและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหน้าตรง สะท้อนกระทบกับแผ่นกั้น

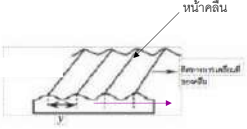


ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น
✕

ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เป็นทิศทางที่แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่น ซึ่งจะมีทิศทางตั้งฉากกับหน้าคลื่นเสมอ ดังรูป



ก. หน้าคลื่นของคลื่นวงกลม



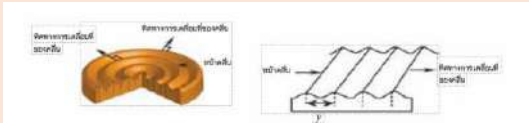
ข. หน้าคลื่นของคลื่นเส้นตรง

รูป ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น



หน้าคลื่น
✕

หน้าคลื่น (wave front) คือ แนวของคลื่นที่มีเฟสตรงกันออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นพร้อมกัน เช่น แนวสันคลื่นหรือแนวท้องคลื่น ดังรูป ซึ่งหน้าคลื่นมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยระยะระหว่างหน้าคลื่นของสันคลื่นถึงสันคลื่นถัดกัน หรือระยะระหว่างหน้าคลื่นของท้องคลื่นถึงท้องคลื่นถัดกัน หรือระยะระหว่างหน้าคลื่นที่มีเฟสเดียวกันของคลื่นถัดกัน มีค่าเท่ากับความยาวคลื่น



ก. หน้าคลื่นของคลื่นวงกลม ข. หน้าคลื่นของคลื่นเส้นตรง

รูป หน้าคลื่นของคลื่น



ความถี่คลื่น
✕

ความถี่คลื่น ก็คือ จำนวนลูกคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งหนึ่ง ๆ ในหนึ่งหน่วยเวลา
 แทนด้วยสัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz)

กรณีคลื่นเคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกันด้วยความเร็วค่าหนึ่ง คลื่นที่มีความถี่มาก
 สั้นคลื่นถึงสั้นคลื่น หรือท้องคลื่นถึงท้องคลื่นที่ติดกันจะอยู่ห่างกันน้อยกว่าคลื่นที่มีความถี่น้อย
 ซึ่งก็คือคลื่นที่มีความถี่มากจะมีความยาวคลื่นน้อยกว่าคลื่นที่มีความถี่น้อย



คลื่นความถี่มาก



คลื่นความถี่น้อย

รูป แสดงความถี่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกันด้วยความเร็วค่าหนึ่ง



ตารางบันทึกผลการทดลองของการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำ				
ความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่น เป็นเฮิรตซ์	มุมที่ตกกระทบกับแนว ระดับ (องศา)	มุมตกกระทบ (องศา)	มุมสะท้อน (องศา)	ความยาวคลื่นของคลื่นตก กระทบและคลื่นสะท้อน (เป็นเซนติเมตร คอลัม)
น้อย	15	75.0	75.0	✓ เท่าเดิม
	30	60.0	60.0	✓ เท่าเดิม
	45	45.0	45.0	เท่าเดิม
	60	30.0	30.0	เท่าเดิม
	75	15.0	15.0	เท่าเดิม
ปานกลาง	15	75.0	75.0	เท่าเดิม
	30	60.0	60.0	เท่าเดิม
	45	45.0	45.0	เท่าเดิม
	60	30.0	30.0	เท่าเดิม
	75	15.0	15.0	เท่าเดิม
มาก	15	75.0	75.0	เท่าเดิม
	30	60.0	60.0	เท่าเดิม
	45	45.0	45.0	เท่าเดิม
	60	30.0	30.0	เท่าเดิม
	75	15.0	15.0	เท่าเดิม

ถ้าตอบตามคำตอบตามที่ระบุให้ขึ้น
เครื่องหมายว่า "✓"

หากครั้งแรกรอไม่ถูกให้ขึ้นข้อความว่า "ยังไม่ถูกต้องและให้
กลับไปสังเกตค่าที่วัดใหม่อีกครั้ง โดยให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วย"

หากครั้งที่สองยังรอไม่ถูกให้ขึ้นข้อความว่า "ยังไม่ถูกต้อง ให้ลอง
กลับไปสังเกตค่าที่วัดใหม่อีกครั้ง โดยให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วย
ตัวอย่างการบันทึก
ใส่ภาพประกอบ 1 รูป โดยทำเส้นประตรงของไม้โปรแทรกเตอร์
วัดมุมกับแนวเส้นทิศทางของคลื่น หรือแนวหน้าคลื่น และบอกว่าควรวัด
บันทึกว่า 30.0 (เอาภาพการใช้อไม้โปรแทรกเตอร์วัดมุม)"

ขึ้นข้อความ/ ตรงตัวเลขหรือข้อความในตารางที่ผู้เล่นบันทึกผลได้ถูกต้อง (ตามตัวเลขที่แสดงในตาราง

โดยตอบต่างได้ ตั้งแต่ ± 0.1 และคงเลขตามทศนิยมที่บันทึก เช่น เฉลย 75.0 ถ้าเด็กตอบมา 74.9 ก็ให้ถูกและแสดง

ตัวเลข 74.9 แต่ถ้าเด็กตอบ 75.1 ก็ให้ถูกและแสดงตัวเลข 75.1 (ถ้าเด็กบันทึก 75 ก็ให้ผิดนะคะ จะให้ถูกเมื่อ

ตอบ 75.0)

และขึ้นข้อความ x ตรงตัวเลขหรือข้อความในตารางที่ผู้เล่นบันทึกผลได้ไม่ถูกต้อง (ตอบตัวเลขไม่ตรงกับ

ตาราง หรือตอบตัวเลขต่างจากค่าในตารางเกิน ± 0.1)

การแสดงผลหน้าจอ :

ให้โปรแกรมเมอร์ทำตารางบันทึกผลให้เรียงลำดับตามความถี่น้อยไปมาก และมุมตกกระทบกับแนวระดับน้อยไป

มาก (และมุมที่แผ่นกัน นักเรียนไม่ต้องกรอก) ส่วนการโชว์ค่าให้โชว์เฉพาะค่าที่นักเรียนเลือกเท่านั้น ส่วนค่าเดิม

ที่เคยทำแล้วยังคงอยู่ แต่ค่าที่ยังไม่ได้เลือกทดลองก็ยังไม่ขึ้น

แสดง “✓” ในคำตอบที่ถูกต้องพร้อมข้อความ **feedback** ว่า “บันทึกค่าได้ถูกต้อง เยี่ยมไปเลย”

แต่ถ้าบันทึกครั้งแรกไม่ถูกครั้งแรกให้ขึ้น **feedback** ว่า “ยังไม่ถูกต้อง ให้ลองกลับไปสังเกตค่าที่วัดใหม่อีกครั้ง
โดยให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วย”

หากยังกรอกไม่ถูกครั้งที่ 2 ให้แสดงภาพประกอบ **feedback** ว่า “ยังไม่ถูกต้อง ให้ลองกลับไปสังเกตค่าที่วัดใหม่อีกครั้ง โดยให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วย (ใส่ภาพประกอบ 1 รูป โดยทำเส้นประตรงมุมของเครื่องวงกลมวัดมุมกับ
แนวเส้นทิศทางของคลื่น หรือแนวหน้าคลื่น และบอกว่าควรบันทึกว่า 30.0”



คำถามท้ายกิจกรรม

คำชี้แจง: อ่านคำถามแล้วพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว จากนั้น กดตรวจคำตอบ

1. การสะท้อน มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบกระทำกับแผ่นกัน (i_1) มีความสัมพันธ์กับมุมที่หน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกัน (i_2) อย่างไร

ก. $i_1 < i_2$

ข. $i_1 = i_2$

ค. $i_1 > i_2$

ง. ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ผลการทดลอง

ตรวจคำตอบ

คำถามข้อที่ 2 >

ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มแสดงการเลือกคำตอบ จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบ ถ้าตอบข้อ ข **feedback** ถูกต้อง ถ้าตอบข้ออื่น **feedback** ไม่ถูกต้อง หากตอบไม่ถูกต้องครบ 3 ครั้งหรือตอบถูกต้อง ให้เฉลยแล้ว ให้ไปคำถามข้อที่ 2 เมื่อกดปุ่มคำถามข้อที่ 2

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำงานทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตาราง บันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

คำถามท้ายกิจกรรม

2. การสะท้อน มุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบกับเส้นแนวฉาก (θ_1) และมุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นสะท้อนกระทำกับเส้นแนวฉาก (θ_2) มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ก. $\theta_1 < \theta_2$

ข. $\theta_1 = \theta_2$

ค. $\theta_1 > \theta_2$

ง. ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ผลการทดลอง



ตรวจคำตอบ

คำถามข้อที่ 3 >



ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มแสดงการเลือกคำตอบ จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบ ถ้าตอบข้อ ข **feedback** ถูกต้อง ถ้าตอบข้ออื่น **feedback** ไม่ถูกต้อง หากตอบไม่ถูกต้องครบ 3 ครั้ง หรือตอบถูกต้อง ให้เฉลย แล้วให้ไปคำถามข้อที่ 3 เมื่อกดปุ่มคำถามข้อที่ 3

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำการทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น



คำถามท้ายกิจกรรม

3. การสะท้อนมุมมองกระทบและมุมมองอื่นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ก. มุมตกระทบน้อยกว่ามุมมองอื่น

ข. มุมตกระทบเท่ากับมุมมองอื่น

ค. มุมตกระทบมากกว่ามุมมองอื่น

ง. ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ผลการทดลอง

ตรวจคำตอบ

คำถามข้อที่ 4 >

ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มแสดงการเลือกคำตอบ จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบ ถ้าตอบข้อ ข **feedback** ถูกต้อง ถ้าตอบข้ออื่น **feedback** ไม่ถูกต้อง หากตอบไม่ถูกต้องครบ 3 ครั้ง หรือตอบถูกต้องให้เฉลย แล้วให้ไปคำถามข้อที่ 4 เมื่อกดปุ่มคำถามข้อที่ 4

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำงานทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

คำถามท้ายกิจกรรม

4. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ไปกระทบสิ่งกีดขวาง แล้วกลับทางเดิมในตัวกลางเดิม ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง

ก. ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยน

ข. ความถี่คลื่นไม่เปลี่ยน

ค. ความยาวคลื่นไม่เปลี่ยน

ง. ถูกทุกข้อ

ผลการตอบ

ตรวจคำตอบ

(ติดหน้านี้อยู่)

คำถามข้อที่ 5 >

ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มแสดงการเลือกคำตอบ จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบ ถ้าตอบข้อ ง **feedback** ถูกต้อง ถ้าตอบข้ออื่น **feedback** ไม่ถูกต้อง หากตอบไม่ถูกต้องครบ 3 ครั้ง หรือตอบถูกต้อง ให้เฉลย แล้วให้ไปคำถามข้อที่ 5 เมื่อกดปุ่มคำถามข้อที่ 5

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำงานทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

คำถามท้ายกิจกรรม

5. เมื่อคลื่นผิวน้ำเคลื่อนที่ไปกระทบสิ่งกีดขวาง แล้วกลับทางเดิมในตัวกลางเดิม ข้อใดกล่าวถึงอัตราเร็วของคลื่นสะท้อนได้ถูกต้อง (อัตราเร็วคลื่นหาได้จาก $v=f\lambda$)

ก. เพิ่มขึ้นหลังการสะท้อน

ข. เท่าเดิมหลังการสะท้อน

ค. ลดลงหลังการสะท้อน

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

ผลการตอบ

ตรวจคำตอบ

สรุปผลการทำกิจกรรม>

ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มแสดงการเลือกคำตอบ จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบ ถ้าตอบข้อ ข **feedback** ถูกต้อง ถ้าตอบข้ออื่น **feedback** ไม่ถูกต้อง หากตอบไม่ถูกต้องครบ 3 ครั้ง หรือตอบถูกให้เฉลย แล้วให้ไปสรุปผลการทำกิจกรรมเมื่อกดปุ่มสรุปผลการทำกิจกรรม

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำการทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

สรุปผลการทำกิจกรรม

คำสั่ง กดและลากค่าในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

น้อยกว่า

เท่ากับ

มากกว่า

เคลื่อนตกกระทบบ

เคลื่อนสะท้อน

น้ำหนักขึ้น

ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

มุมตกกระทบบ

มุมสะท้อน

รังสีตกกระทบบ

รังสีสะท้อน

ความเร็วคลื่น

ความยาวคลื่น

เส้นแนวฉาก

เมื่อคลื่นตกกระทบบผ่านกัน จะมีคลื่นเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิม เรียกว่า คลื่นสะท้อน โดยคลื่นสะท้อนจะมี ความยาวคลื่น และ ความถี่เท่าเดิม แต่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยนไป รวมทั้งมุมตกกระทบบ เท่ากับ มุมสะท้อน เสมอ

คำถามสำคัญ : การสะท้อนของคลื่นมีน้มีพฤติกรรมกรรมอย่างไร และอธิบายได้อย่างไร

ตรวจคำตอบ

ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มค่าแล้วลากมาใกล้เส้นประตรงไหน เมื่อปล่อยเมาส์ก็ให้ค่านั้นวางตรงเส้นประนั้น จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบให้แสดงเครื่องหมายถูกหรือผิดตามคำตอบที่ลากลงมา



Slide 29

ความถี่ของเวลาที่ใช้นั่งหรือยืนทำงาน	เวลาที่นั่งหรือยืนทำงานต่อวัน (ชั่วโมง)	จุดตรวจท่า? (๑๐๐)	จุดตรวจท่า? (๑๐๐)	จำนวนครั้งของท่าที่ตรวจท่า (ท่าที่ตรวจท่า) (ท่าที่ตรวจท่า ท่าที่ตรวจท่า ท่าที่ตรวจท่า)
น้อย	15	75.0	75.0	ท่าที่ตรวจท่า
	30	60.0	60.0	ท่าที่ตรวจท่า
	45	45.0	45.0	ท่าที่ตรวจท่า
	60	30.0	30.0	ท่าที่ตรวจท่า
	75	15.0	15.0	ท่าที่ตรวจท่า
ปานกลาง	15	75.0	75.0	ท่าที่ตรวจท่า
	30	60.0	60.0	ท่าที่ตรวจท่า
	45	45.0	45.0	ท่าที่ตรวจท่า
	60	30.0	30.0	ท่าที่ตรวจท่า
	75	15.0	15.0	ท่าที่ตรวจท่า
มาก	15	75.0	75.0	ท่าที่ตรวจท่า
	30	60.0	60.0	ท่าที่ตรวจท่า
	45	45.0	45.0	ท่าที่ตรวจท่า
	60	30.0	30.0	ท่าที่ตรวจท่า
	75	15.0	15.0	ท่าที่ตรวจท่า

ต้นร่าง 1 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ลิงก์สื่อ <https://bit.ly/4b8wSPQ>

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก มีวัตถุประสงค์คือ สํารวจตรวจสอบและปัจจัยที่ส่งผลในการทำให้เกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก รวมทั้งปัจจัยที่ส่งผลต่อกระแสโฟโตอิเล็กตรอนและพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน ภายในสื่อประกอบด้วยกิจกรรมการทดลอง 5 กิจกรรม ที่เป็นการจำลองการทดลองจริง

ในการเรียนรู้ด้วยสื่อฯ เรื่องนี้ ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ เช่น ค่าความเข้มและ ความถี่แสง รวมทั้งชนิดของแผ่นโลหะ ในการหาค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง และพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน โดยการสังเกตผลที่เกิดขึ้น เพื่อวิเคราะห์และตอบคำถาม รวมทั้งสรุปผลการทำกิจกรรม

ทั้งนี้ ในช่วงท้ายของกิจกรรมจะมีคำถามให้ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบความเข้าใจ และมีการให้ผู้ใช้งานลองสรุปผลการทำกิจกรรมก่อนที่จะศึกษาผลสรุปที่อยู่ท้ายกิจกรรม

สื่อดิจิทัลมีเสียงบรรยายประกอบขั้นตอนการทำกิจกรรม ความหมายของคำ และ คำอธิบายต่าง ๆ ตลอดการใช้งานสื่อ

ขอบเขตของสื่อ

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงผลการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจากการที่มีอิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะ เมื่อมีโฟตอนที่มีความถี่ที่เหมาะสมตกกระทบบโลหะโดยความถี่ของโฟตอนนั้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับความถี่ขีดเริ่มของโลหะ โดยการเพิ่มปริมาณความเข้มแสงจะส่งผลต่อปริมาณของโฟโตอิเล็กตรอน สามารถตรวจสอบได้จากเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า และการต่อศักย์ไฟฟ้าลบจนทำให้กระแสโฟโตอิเล็กตรอนในวงจรเป็นศูนย์ เป็นการหาค่าของศักย์ไฟฟ้าหยุดยั้ง และค่าพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน โดยมีโปรแกรมช่วยสร้างกราฟ ช่วยในการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีการให้เนื้อหาในส่วนความหมายของคำศัพท์ ความรู้เกี่ยวกับโฟตอน โฟโตอิเล็กตรอน รวมทั้ง คำถามแบบเลือกตอบที่ตรวจสอบคำตอบได้ การให้กดและลากคำมาใส่ในช่องว่างเพื่อการสรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่า ผู้ใช้จะสามารถตอบคำถาม 2 คำถามดังนี้ได้

1. ความเข้มแสงและความถี่แสง รวมทั้งชนิดของโลหะมีผลอย่างไรกับการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก
2. กระแสโฟโตอิเล็กทริก และ พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน เกี่ยวข้องกับความเข้มแสงและความถี่แสงอย่างไร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
หน้าปก		คำในหน้าหลัก <u>โฟตอน</u> และ <u>โฟโตอิเล็กตรอน</u> มีแก้ไขข้อความเล็กน้อย	ควรย้ายเข้าไปอยู่ในกิจกรรมในกิจกรรมที่ 1 หากคงไว้ที่หน้าหลักจะเป็นการเฉลยให้รู้ก่อน ควรจะได้เข้าใจจากการศึกษาผ่านกิจกรรม
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			

โฟตอน

โฟตอนหรืออนุภาคแสง เป็นก้อนพลังงานของแสง ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่สุดของพลังงานแสง มีค่าเท่ากับ hf โดย h คือ ค่าคงตัวของพลังค์และ f คือ ความถี่ของแสง

โฟโตอิเล็กตรอน

โฟโตอิเล็กตรอน เป็นอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากผิวโลหะ เมื่อโฟตอนพลังงานมากพอตกกระทบโลหะ

โฟตอน

โฟตอนหรืออนุภาคแสง เป็นก้อนพลังงานของแสง ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่สุดของพลังงานแสง มีค่าเท่ากับ hf โดย h คือ ค่าคงตัวของพลังค์และ f คือ ความถี่ของแสง

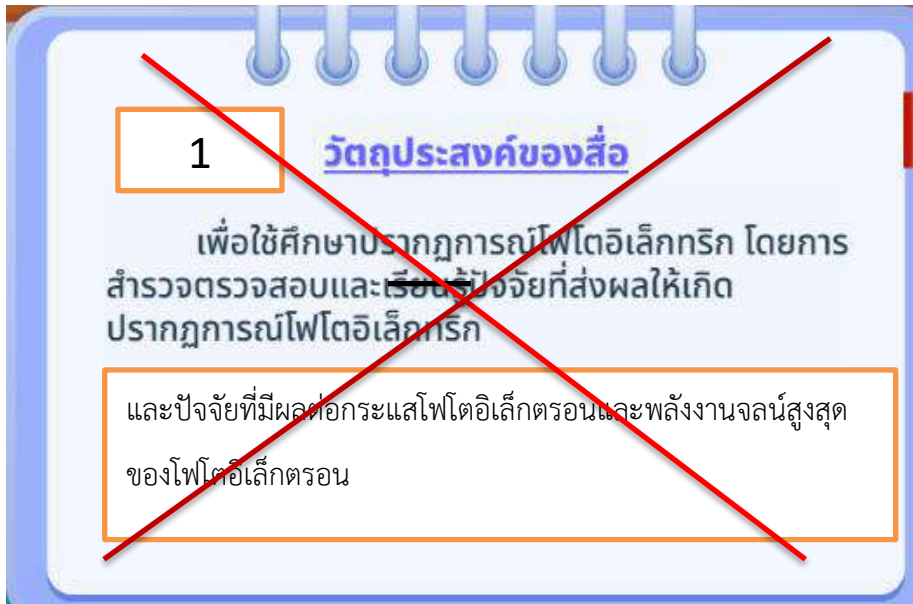
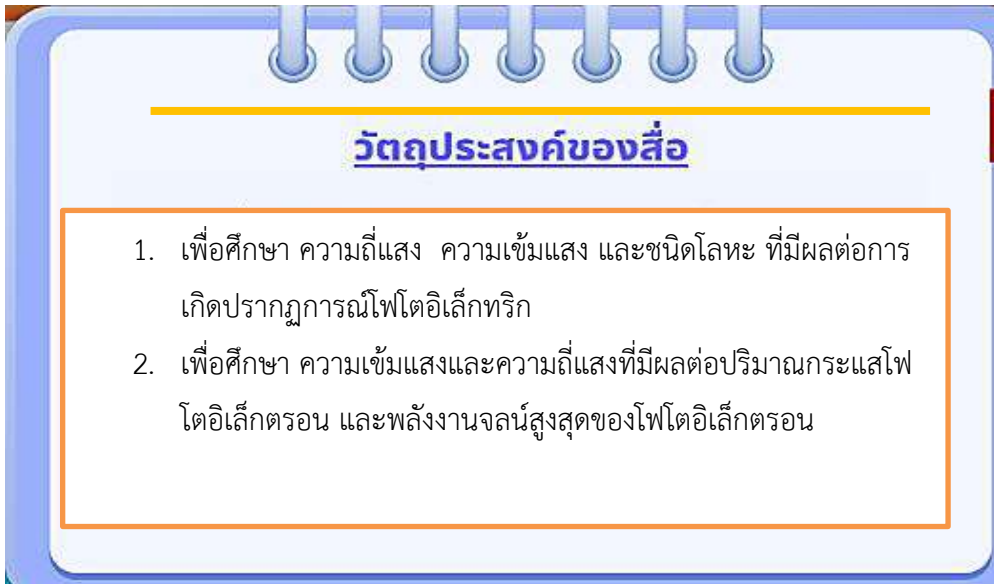
พลังงาน

โฟโตอิเล็กตรอน

โฟโตอิเล็กตรอน เป็นอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากผิวโลหะ เมื่อโฟตอนพลังงานมากพอตกกระทบโลหะ

ปรับใหม่ ตัดข้อความบางส่วนของโฟตอนออก และคงความหมายโฟโตอิเล็กตรอน เนื่องจากเป็นการแนะนำเบื้องต้น ไม่ถือเป็นการเฉลย



จุดด้อย	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
	วัตถุประสงค์ของสื่อ	ให้แก้ไขตามหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	ให้ครอบคลุมกิจกรรมของสื่อที่มีอยู่
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
3.	 ในสื่อดิจิทัลต้องสลับลำดับการเลือก โดยให้เลือกที่ชนิดโลหะก่อนแล้วจึงแผ่นกรองแสงสี  	เพิ่มเติม ปุ่มกด ที่แสดงถึง คำถามสำคัญ และเป้าหมายของแต่ละกิจกรรม ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1-5 กิจกรรมที่ 1 ความถี่แสงกับการเกิดโฟโตอิเล็กทริก คำถามสำคัญ - ความถี่แสงมีค่าอย่างไร จึงมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและสังเกตอย่างไร (แสงที่มีความถี่สูงพอจะมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก สังเกตจากแสงที่ผ่านแผ่นกรองแสงสีแล้วทำให้แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปกางออก) เป้าหมาย เลือกแผ่นกรองแสงสีให้ครบทั้ง 3 สี กิจกรรมที่ 2 ชนิดโลหะกับการเกิดโฟโตอิเล็กทริก คำถามสำคัญ - หากเปรียบเทียบกับชนิดโลหะต่างชนิดกัน ความถี่แสงมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก อย่างไร และสังเกตอย่างไร (ชนิดโลหะต่างกัน ความถี่แสงที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจะแตกต่างกัน โดยชนิดโลหะหนึ่ง ต้องใช้ความถี่แสงสูงกว่าอีกชนิดโลหะหนึ่ง สังเกตจากเมื่อเปลี่ยนชนิดโลหะ แสงสีต่างกันทำให้แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปกางออก) เป้าหมาย เลือกชนิดโลหะให้ครบทั้ง 2 ชนิด แต่ละชนิดโลหะที่เลือกให้ใช้แผ่นกรองแสงสีให้ครบทั้ง 3 สี	เนื่องจากต้องการปรับ platform นี้ ให้มี platform ลักษณะเดียวกับสื่อดิจิทัลเรื่องอื่น ๆ จึงเพิ่มคำถามสำคัญและเป้าหมาย ในแต่ละคำถามสำคัญ จะมีข้อความอยู่ในวงเล็บ ข้อความเหล่านี้เป็นข้อความอ้างอิงภายในสื่อไม่ต้องเอามาตั้งเป็นคำถาม-คำตอบ)

กิจกรรมที่ 3 ความเข้มแสงกับการเกิดโฟโตอิเล็กทริก

คำถามสำคัญ

- แสงสีหนึ่งที่มีความเข้มแตกต่างกัน ความเข้มแสงมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกอย่างไรและสังเกตได้อย่างไร

(ความเข้มแสงที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก แต่เมื่อเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกแล้ว ความเข้มแสงมีผลต่อจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น สังเกตจากเมื่อแผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปกางแล้ว ยิ่งแสงมีความเข้มมาก แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปจะกางมากขึ้น)

เป้าหมาย เลือกแผ่นกรองแสงสีให้ครบทั้ง 2 สี และปรับระดับความเข้มแสงให้ครบทุกระดับเรียงตามลำดับจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด ภายใต้แสงแต่ละสี



กิจกรรมที่ 4 ผลของความถี่และความเข้มแสงต่อจำนวนโฟโตอิเล็กตรอน

คำถามสำคัญ

- ความถี่และความเข้มแสงมีผลต่อจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนอย่างไร สังเกตได้อย่างไร

(ความถี่แสงมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก โดยความถี่แสงที่สูงพอจะมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์นี้ สังเกตได้จากการเบนเข็มของมิลลิแอมป์มิเตอร์ ส่วนความเข้มมีผลต่อจำนวนโฟโตอิเล็กตรอน เมื่อเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกแล้ว โดยโฟโตอิเล็กตรอนมีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มแสงมีค่ามากขึ้น สังเกตจากเข็มของมิลลิแอมป์มิเตอร์เบนมากขึ้น)

กิจกรรมที่ 5 ผลของความถี่และความเข้มแสงต่อพลังงานจลน์สูงสุด

คำถามสำคัญ

- ความถี่และความเข้มแสงมีผลต่อพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนอย่างไร สังเกตได้อย่างไร

(ความเข้มแสงไม่มีผลต่อพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน สังเกตจากเข็มของมิลลิแอมป์มิเตอร์เบนกลับมาที่ศูนย์ที่ความต่างศักย์ป้อนกลับเท่าเดิมทุกระดับความเข้มแสง ส่วนความถี่แสงมีผลต่อพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน เมื่อเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกแล้ว พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่แสงมีค่ามากขึ้น สังเกตจากเข็มของมิลลิแอมป์มิเตอร์เบนกลับมาที่ศูนย์ที่ความต่างศักย์ป้อนกลับเพิ่มขึ้น เมื่อความถี่ของแสงมากขึ้น)

สำหรับกิจกรรมที่ 4 ** ให้เพิ่มปุ่ม ความรู้เพิ่มเติม สำหรับการเสริมความรู้เกี่ยวกับข้อมูลตัวเลขในตารางบันทึกผล

สำหรับกิจกรรมที่ 5 ** จะมีเพิ่มกิจกรรมการเขียนกราฟ และเพิ่มปุ่ม ความรู้เพิ่มเติมเหมือนกิจกรรมที่ 4 เพื่อเสริมความรู้เกี่ยวกับข้อมูลตัวเลขในตารางบันทึกผล



- หาค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง จากการเบนของเข็มมิลลิแอมป์มิเตอร์ได้อย่างไร
- พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นกับความเข้มแสงและความถี่แสงหรือไม่ อย่างไร

(ค่าความต่างศักย์ที่ปรับจนกระทั่ง เข็มของมิลลิแอมป์มิเตอร์ เบนกลับมาที่ศูนย์ ค่าความต่างศักย์นั้นจะเป็นค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง และ ค่าพลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่แสงสูงขึ้น แต่มีค่าคงเดิมเมื่อเปลี่ยนความเข้มแสง)

- กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนกับความถี่แสง มีลักษณะอย่างไรและบอกความหมายถึงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับค่าคงตัวของพลังค์ ความถี่ขีดเริ่ม และค่าฟังก์ชันงานอย่างไร

(กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง จุดตัดแกนนอน เป็นค่าความถี่ขีดเริ่มของแสงสีขึ้นกับชนิดโลหะ จุดตัดแกนตั้ง เป็นค่าฟังก์ชันงานซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของโลหะ ค่าความชันคือค่าคงตัวของพลังค์ และเส้นกราฟของโลหะแต่ละชนิดจะมีค่าคงตัวของพลังค์เท่ากัน เพราะกราฟแต่ละเส้นขนานกัน)

เป้าหมาย 1. เลือกแผ่นกรองแสงสีแดงกับสีม่วง และสีอื่นอีก 1 สี

2. เลือกชนิดโลหะอย่างน้อย 2 ชนิด

3. เลือกความเข้มแสงอย่างน้อย 3 ระดับ

โดยปรับระดับความเข้มแสงอย่างน้อย 3 ระดับ เรียงลำดับจากน้อยไปมาก

ภาพประกอบการแก้ไขจุดที่ 3

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

เป็นหน้าจอเดิมของแต่ละกิจกรรม

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

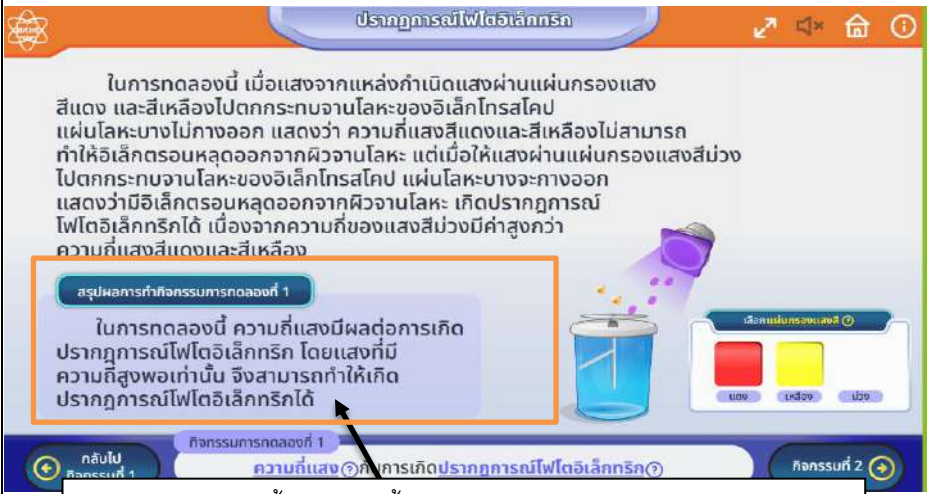
หน้าจอกิจกรรมของสื่อ จะปรากฏปุ่มกดเมื่อกดแล้ว เข้า คำถามสำคัญ

และเป้าหมาย

คำถามสำคัญ

เป้าหมาย



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
4.	แก้ไขเฉพาะในส่วนของการสรุปผลการทำกิจกรรมของแต่ละกิจกรรม ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1-5 ไม่ต้องแก้ไขข้อความก่อนหน้าการสรุปผล	— แก้ไขการสรุปให้เป็นข้อความแบบเลือกไปใส่ลงในที่ว่าง โดยการลากข้อความในกรอบไปวางลงในตำแหน่งที่ว่างของข้อความที่ว่างอยู่	หากให้มีการพิมพ์สรุปเป็นข้อความจากผู้ใช้สื่อก็จะทำให้การตรวจสอบได้ยาก เพราะอาจพิมพ์ข้อความไม่ตรงกัน และมีโอกาสสูงที่ผู้ใช้จะไม่พิมพ์ หรือพิมพ์สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง แล้วข้ามไปดูสรุปเลย
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม  ตรงสรุปผลในส่วนนี้ จะย้ายไปขึ้นหน้าใหม่ โดยมีรายละเอียดตัวอย่างหน้าจอแบบด้านขวา ของทุกกิจกรรม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 		

การเคลือบเมื่อผู้ใช้งานให้ครบทั้งหมดก่อน
และมีปุ่มรีเซ็ตให้ทำใหม่กรณียังมีจุดผิด

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 1

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ความถี่แสง

แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปไม่กาง

ความถี่สูงพอ

แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปกางออก

ความถี่สูง

ความถี่แสง

มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก โดยแสงที่มี

ความถี่สูงพอ

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

เท่านั้น จึงจะสามารถทำให้เกิดได้

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 2

ในการทดลองนี้ เมื่อเลือกชนิดโลหะ A ทำจากโลหะของซิลิกอนคริสตัล และให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดงหรือสีเหลืองไปตกกระทบบนโลหะ พบว่าแผ่นโลหะบางไม่ทางออก แต่เมื่อให้แสงผ่านแผ่นกรองแสงสีม่วงไปตกกระทบบนแผ่นโลหะบางจะทางออก แสดงว่า เมื่อเลือกชนิดโลหะ B ทำจากโลหะของซิลิกอนคริสตัล และให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดงไปตกกระทบบนโลหะ พบว่าแผ่นโลหะบางไม่ทางออก แต่เมื่อให้แสงผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลืองหรือสีม่วงไปตกกระทบบนแผ่นโลหะบางจะทางออก แสดงว่า เมื่อใช้ชนิดของโลหะที่ไม่ทำจากโลหะของซิลิกอนคริสตัลแตกต่างกัน แสงที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริกจะเป็นแสงความถี่แตกต่างกัน

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 2

เมื่อฉายแสงตกกระทบบนโลหะที่มีชนิดแตกต่างกัน ความถี่ของแสงที่สูงพอทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริกจะเป็นแสงความถี่แตกต่างกัน

ชนิดของโลหะกับการเกิด ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก

ตรงสรุปผลในส่วนนี้ ให้สามารถเปิดและปิดแบบขยายย่อได้
โดยมีรายละเอียดตัวอย่างหน้าจอแบบด้านขวา ของทุกกิจกรรม

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 2

โลหะ: แผ่นโลหะบางของซิลิกอนคริสตัลทางออก
ความถี่ของแสง: แผ่นโลหะบางของซิลิกอนคริสตัลไม่ทางออก
ความถี่แตกต่างกัน: ...

เมื่อฉายแสงตกกระทบบนโลหะที่มีชนิดแตกต่างกัน ความถี่ของแสงที่สูงพอทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริกจะเป็นแสงความถี่แตกต่างกัน

ชนิดของโลหะกับการเกิด ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 2

โลหะ: แผ่นโลหะบางของซิลิกอนคริสตัลทางออก

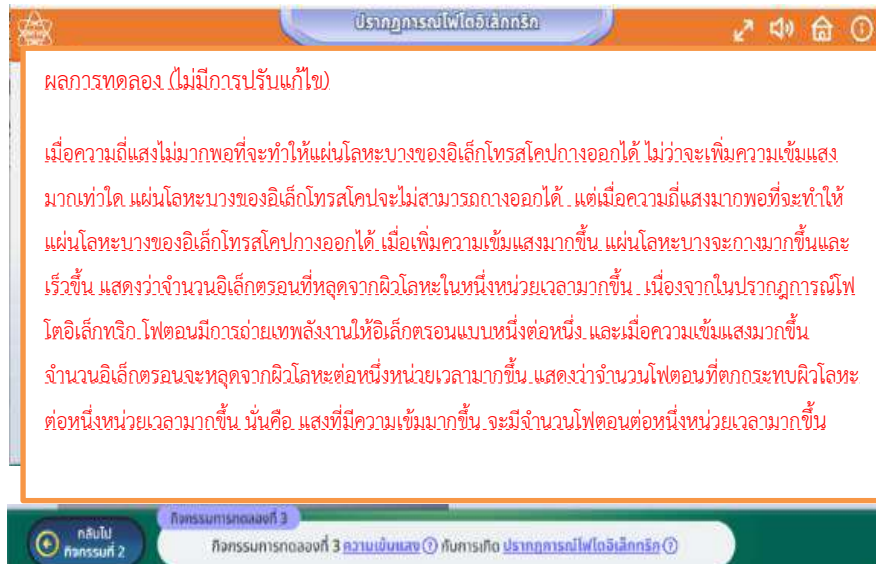
ความถี่ของแสง: แผ่นโลหะบางของซิลิกอนคริสตัลไม่ทางออก

ความถี่แตกต่างกัน: ...

เมื่อฉายแสงตกกระทบบนโลหะที่มีชนิดแตกต่างกัน ความถี่ของแสงที่สูงพอทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริกจะเป็นแสงความถี่แตกต่างกัน

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 3



ผลการทดลอง (ไม่มีการปรับแก้ไข)

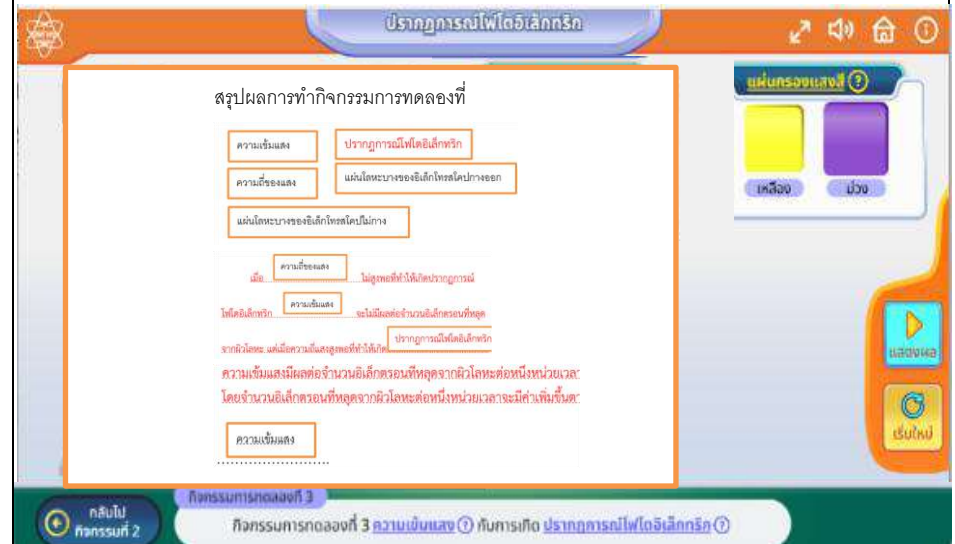
เมื่อความถี่แสงไม่มากพอที่จะทำให้แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปวางออกได้ ไม่ว่าจะเพิ่มความเข้มแสงมากเท่าใด แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปจะไม่สามารถวางออกได้ แต่เมื่อความถี่แสงมากพอที่จะทำให้แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปวางออกได้ เมื่อเพิ่มความเข้มแสงมากขึ้น แผ่นโลหะบางจะถ่างมากขึ้นและเร็วขึ้น แสดงว่าจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะในหนึ่งหน่วยเวลามากขึ้น เนื่องจากในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก โฟตอนมีการถ่ายเทพลังงานให้อิเล็กตรอนบนหนึ่งต่อหนึ่ง และเมื่อความเข้มแสงมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนจะหลุดจากผิวโลหะต่อหนึ่งหน่วยเวลามากขึ้น แสดงว่าจำนวนโฟตอนที่ตกกระทบผิวโลหะต่อหนึ่งหน่วยเวลามากขึ้น นั่นคือ แสงที่มีความเข้มมากขึ้น จะมีจำนวนโฟตอนต่อหนึ่งหน่วยเวลามากขึ้น

กิจกรรมการทดลองที่ 3
กลับไปที่กิจกรรมที่ 2
กิจกรรมการทดลองที่ 3 ความเข้มแสง กับการเกิด ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก

สรุปผลการทำกิจกรรม

เปลี่ยนเป็นแบบเต็มข้อความในที่ว่าง แบบด้านขวา

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่

ความเข้มแสง ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก
ความถี่แสง แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปวางออก
แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปไม่กาง

เมื่อ ความเข้มแสง ไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก จะไม่มีผลต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะ แต่เมื่อความถี่แสงสูงพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก ความเข้มแสงมีผลต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสง

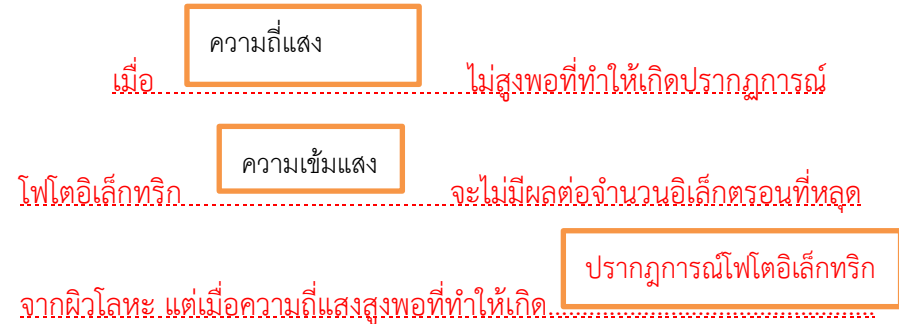
เลือก บันทึก

กิจกรรมการทดลองที่ 3
กลับไปที่กิจกรรมที่ 2
กิจกรรมการทดลองที่ 3 ความเข้มแสง กับการเกิด ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 3



ความเข้มแสง ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก
ความถี่แสง แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปไม่กาง
ความถี่และความเข้มแสง



ความถี่แสง ไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก จะไม่มีผลต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะ แต่เมื่อความถี่แสงสูงพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก

ความเข้มแสง ปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริก



สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 4

ความเข้มแสง

โฟโตอิเล็กตรอน

ความถี่แสง

มิลลิแอมป์มิเตอร์

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

.....เมื่อความถี่แสงมีค่าสูงพอทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน จำนวน

โฟโตอิเล็กตรอน

จะขึ้นกับ

ความเข้มแสง

ไม่ขึ้นกับ

ความถี่แสง

โดยถ้าความเข้มแสง

มาก จำนวน

โฟโตอิเล็กตรอน

จะมากด้วย

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

ผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 5

กรณีให้แสงความถี่ค่าหนึ่งตกกระทบแคโทด แล้วทำให้เพิ่มมิลลิแอมมิเตอร์เบนออกจากศูนย์ เมื่อปรับความเข้มแสงให้มากขึ้น พบว่า ความต่างศักย์หยุดยั้งจะมีค่าเท่าเดิม แต่ถ้าเปลี่ยนเป็นแสงที่มีความถี่สูงขึ้น พบว่าค่าความต่างศักย์หยุดยั้งจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจาก ความต่างศักย์หยุดยั้ง แปรผันตรงกับ พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน แสดงว่า พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนไม่ขึ้นกับความเข้มแสง แต่ขึ้นกับความถี่แสง นอกจากนี้ สำหรับชนิดของโลหะที่ใช้ทำแคโทดแตกต่างกัน พบว่า เมื่อแสงค่าหนึ่งตกกระทบแคโทดแล้วทำให้เพิ่มมิลลิแอมมิเตอร์เบน ถ้าโลหะที่มีฟังก์ชันงานมาก ค่าความต่างศักย์

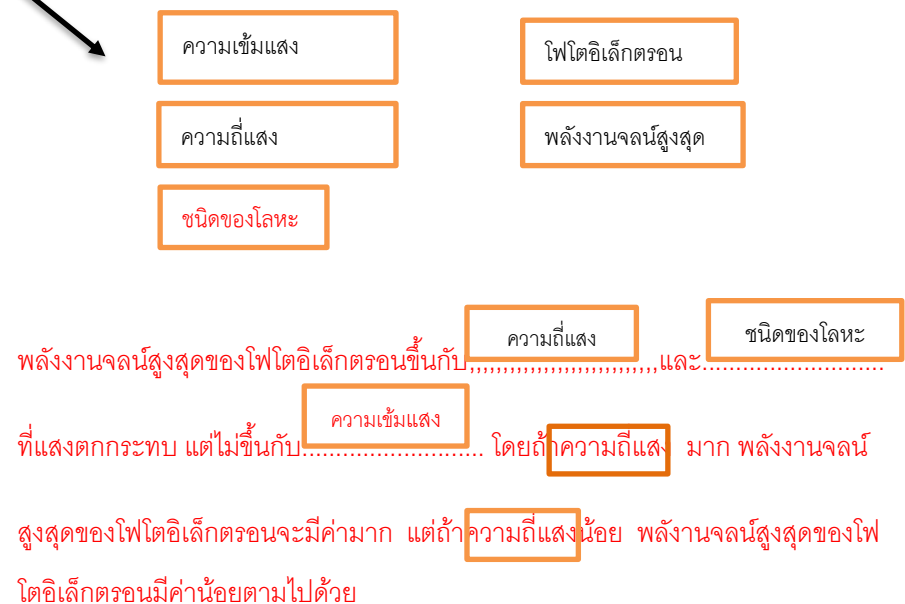
สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 5

พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นกับความถี่แสง และชนิดของโลหะที่แสงตกกระทบ แต่ไม่ขึ้นกับความเข้มแสง โดยถ้าความถี่แสงมาก พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนจะมีค่ามาก แต่ถ้าความถี่แสงน้อย พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนมีค่าน้อยตามไปด้วย

ตัวอย่างหน้าจอสอดส่องการปรับปรุงสื่อ

[illegible]

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 5



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข												
5.	การบันทึกผลกิจกรรม 1-5 ให้มีการเพิ่มตารางบันทึกผล	— เพิ่มปุ่มกดตารางบันทึกผล เมื่อกดปุ่มจะแสดงตารางบันทึกผลแบบมีที่ว่างให้เติม	เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์มากขึ้นระหว่างสื่อและผู้ใช้งาน												
ภาพประกอบการแก้ไข															
หน้าจอแสดงสื่อเดิม กิจกรรมการทดลองที่ 1 หน้าจอเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ  ปุ่มเพื่อแสดงตารางบันทึกผล ปุ่มแสดงความถี่แสง สีแดง 4.6×10^{14} เฮิ สีเหลือง 5.1×10^{14} เฮ สีม่วง 7.5×10^{14} เฮ													
ตารางบันทึกผลกิจกรรมที่ 1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>สีของแผ่นกรองแสงสี</th> <th>ความถี่ของแสงที่ตกกระทบบนจานโลหะ (Hz)</th> <th>การกางของแผ่นโลหะบาง</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>แดง</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>เหลือง</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ม่วง</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบบนจานโลหะ (Hz)	การกางของแผ่นโลหะบาง	แดง			เหลือง			ม่วง			(จะปรากฏตารางบันทึกผล ซ้อนกับหน้ากิจกรรมก็ได้ หรือแสดงแยกหน้าต่างหากแต่ตารางบันทึกผลสามารถเลื่อนไปมาได้ และกดปิดได้ ข้อความที่ให้เติม สามารถนำมาจากข้อความที่จะปรากฏบนหน้าจอหลังจากทำกิจกรรมจบในแต่ละครั้ง ซึ่ง	
สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบบนจานโลหะ (Hz)	การกางของแผ่นโลหะบาง													
แดง															
เหลือง															
ม่วง															

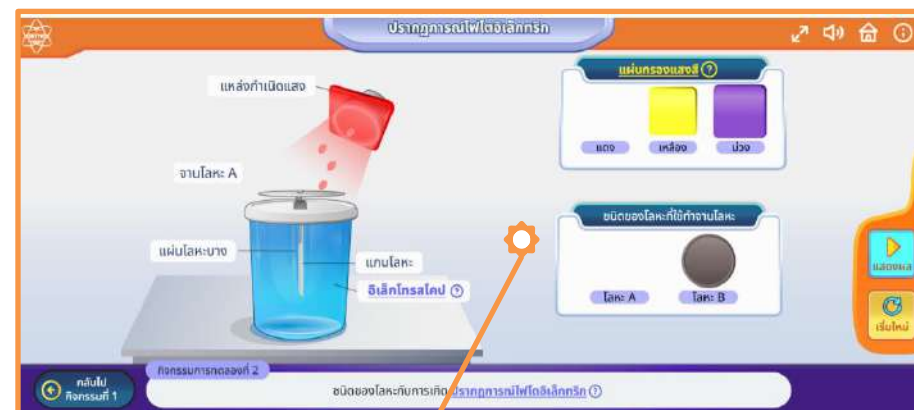


กิจกรรมการทดลองที่ 2 หน้าจอเดิม



เพิ่มตารางบันทึกผลแบบด้านขวามือ

กิจกรรมที่ 2-5 จะแสดง ข้อความผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน สามารถนำข้อมูลไปเติมในตารางบันทึกผลได้)



กดปุ่มเพื่อแสดงตารางบันทึกผล

สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบบ จานโลหะ (Hz)	ชนิดของโลหะที่ ใช้ทำจานโลหะ	การกางของแผ่นโลหะบาง
แดง	4.6×10^{14}	จานโลหะ A	ไม่กาง
		จานโลหะ B	ไม่กาง
เหลือง	5.1×10^{14}	จานโลหะ A	ไม่กาง
		จานโลหะ B	กางออก
ม่วง	7.5×10^{14}	จานโลหะ A	กางออก
		จานโลหะ B	กางออก

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

กิจกรรมการทดลองที่ 3 หน้าจอเดิม



เพิ่มตารางบันทึกผล และสำหรับ
กิจกรรมที่ 3 นี้ การเดิมคำตอบอาจทำ
เป็นแบบ Drop-Down แนว option
แบบ 3 ตัวเลือก

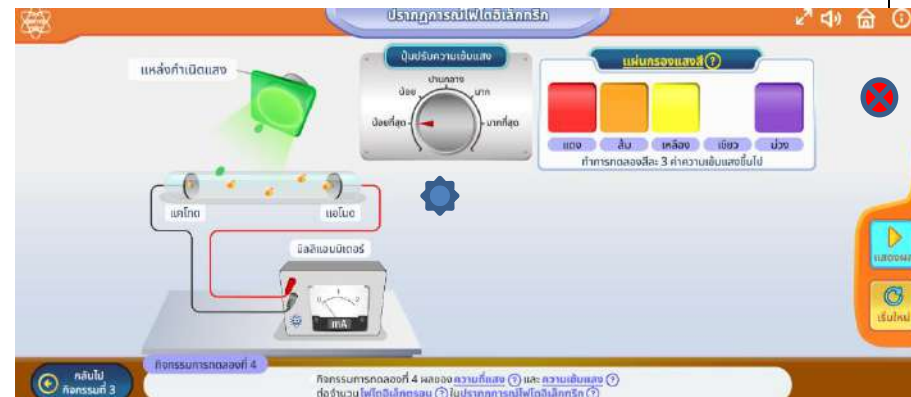
“เพิ่มขึ้น” “ลดลง” “เท่าเดิม”



สีของ แผ่นกรอง แสงสี	ความถี่ของแสงที่ ตกกระทบบานโลหะ (Hz)	ความเข้มแสง	การกางของแผ่นโลหะบาง
สีเหลือง	5.1×10^{14}	น้อยที่สุด	ไม่กาง
		น้อย	ไม่กาง
		ปานกลาง	ไม่กาง
		มาก	ไม่กาง
		มากที่สุด	ไม่กาง

สีของแผ่น กรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ ตกกระทบบานโลหะ (Hz)	ความเข้มแสง	การกางของแผ่นโลหะบาง
สีม่วง	7.5×10^{14}	น้อยที่สุด	แผ่นโลหะบางกางออกเล็กน้อย
		น้อย	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับน้อยที่สุด
		ปานกลาง	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับน้อย
		มาก	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับปานกลาง
		มากที่สุด	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับมาก

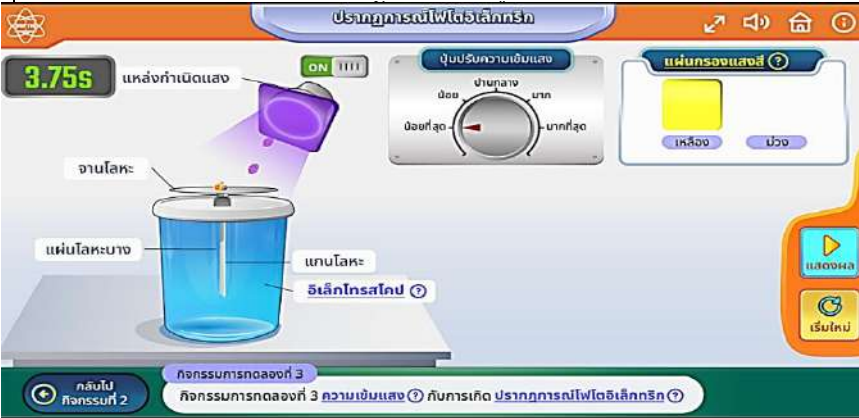
กิจกรรมการทดลองที่ 4 หน้าจอเดิม



สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ ตก กระทบแคโทด (Hz)	ความเข้มแสง	ค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จาก มิลลิแอมมิเตอร์ (mA)
แดง	4.6×10^{14}	น้อยที่สุด	0
		น้อย	0
		ปานกลาง	0
		มาก	0
		มากที่สุด	0
ส้ม	4.8×10^{14}	น้อยที่สุด	0
		น้อย	0
		ปานกลาง	0
		มาก	0
		มากที่สุด	0
เหลือง	5.1×10^{14}	น้อยที่สุด	0
		น้อย	0
		ปานกลาง	0
		มาก	0
		มากที่สุด	0
เขียว	5.6×10^{14}	น้อยที่สุด	0.25
		น้อย	0.50
		ปานกลาง	0.80
		มาก	0.95
		มากที่สุด	1.20
ม่วง	7.5×10^{14}	น้อยที่สุด	0.25
		น้อย	0.50
		ปานกลาง	0.80

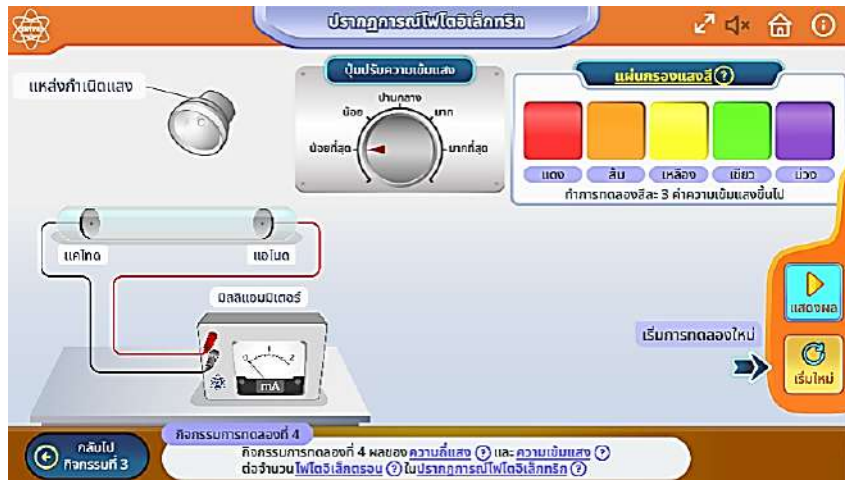
ชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด: โทแทสเซียม				
สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบบแคโทด (Hz)	ความเข้มของแสงที่ตกกระทบบแคโทด	ค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (V)	พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน (eV)
แดง	4.6×10^{14}	ปานกลาง	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
ส้ม	4.8×10^{14}	ปานกลาง	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
เหลือง	5.1×10^{14}	น้อย	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
เขียว	5.6×10^{14}	น้อย	0.12	0.12
		ปานกลาง	0.12	0.12
		มาก	0.12	0.12
ม่วง	7.5×10^{14}	น้อยที่สุด	0.7	0.7
		น้อย	0.7	0.7
		ปานกลาง	0.7	0.7

ชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด: โซเดียม				
สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบบแคโทด (Hz)	ความเข้มของแสงที่ตกกระทบบแคโทด	ค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (V)	พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน (eV)
แดง	4.6×10^{14}	ปานกลาง	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
ส้ม	4.8×10^{14}	ปานกลาง	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
เหลือง	5.1×10^{14}	น้อย	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
เขียว	5.6×10^{14}	น้อย	0.04	0.04
		ปานกลาง	0.04	0.04
		มาก	0.04	0.04
ม่วง	7.5×10^{14}	น้อยที่สุด	0.62	0.62
		น้อย	0.62	0.62
		ปานกลาง	0.62	0.62

จุด ที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
	 ในกิจกรรมที่ 3	- แสดงช่วงเวลาแบบเดิม 0-5 วินาที แต่เมื่อเปิดสวิตช์แล้ว ให้แอนิเมชัน แสดงขอบแสงกับโฟตอนกระทบที่แผ่นจานโลหะพร้อมกัน ขณะที่เวลาเริ่มต้นจากศูนย์ ทั้งแสงสีเหลืองและแสงสีม่วง เพราะแอนิเมชันเดิม โฟตอนกับของแสงมาไม่พร้อมกัน ขอบแสงมาถึงก่อน ซึ่งไม่ถูกต้อง และจากแหล่งกำเนิดแสง ขณะที่โฟตอนกระทบชั่วคราวให้หายไป แล้วปรากฏโฟโตอิเล็กตรอน ออกมา โดยที่ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกตัว	หากไม่แก้ไข อาจทำให้เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเวลาที่ใช่ไปขณะที่โฟตอนยังมาไม่ถึงแผ่นจานโลหะ เพราะถ้าเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจะเกิดขึ้นที่ ไม่เกี่ยวกับเวลาที่แสงไปกระทบแผ่นจานโลหะ
	ภาพประ	กิจกรรมการทดลองที่ 3 กิจกรรมการทดลองที่ 3 ความเข้มแสง ? กับ การเกิด ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ?	
		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ กิจกรรมการทดลองที่ 3 ความเข้มแสง ? กับ การเกิด ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ? ให้แสดงเวลาเริ่มต้นนับจากศูนย์ ขณะที่ปรากฏขอบแสงกับโฟตอนกระทบที่แผ่นจานโลหะแล้ว	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ กิจกรรมการทดลองที่ 3 ความเข้มแสง ? กับ การเกิด ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ? ให้แสดงเวลาเริ่มต้นนับจากศูนย์ ขณะที่ปรากฏขอบแสงกับโฟตอนกระทบที่แผ่นจานโลหะแล้ว



ส่วนที่แก้ไขเพิ่มเติมสำหรับ กิจกรรมที่ 4 ที่เกี่ยวกับแอนิเมชัน



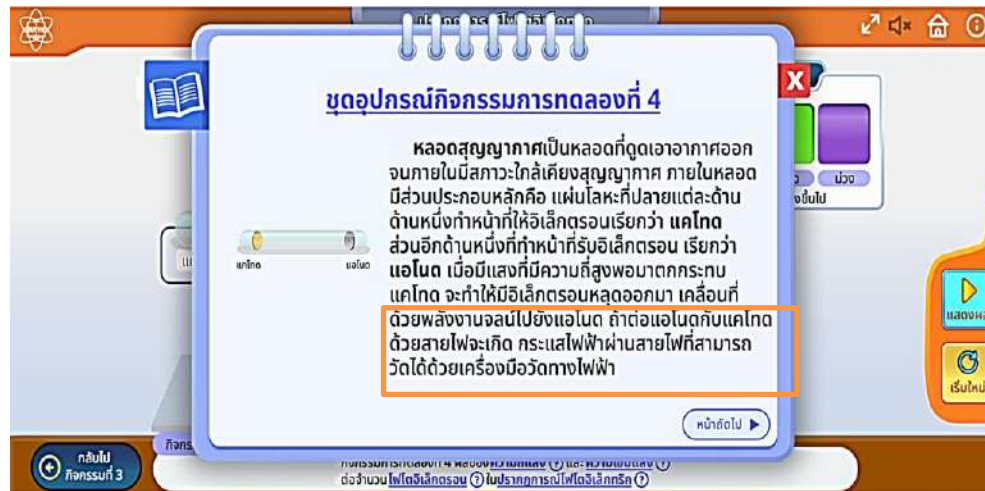
- เมื่อกดปุ่มแสดงผล ให้แอนิเมชันแสดงลำแสงพร้อมกลุ่มโฟตอนทันทีที่ขั้วแคโทด และขณะที่โฟตอนตัวใดก็ตามที่กระทบขั้วแคโทด ให้หายไปเมื่อปรากฏโฟโตอิเล็กตรอนออกมาจากขั้วแคโทด โดยความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนที่ออกมาจากขั้วแคโทดไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกตัว

- แอนิเมชันจะมีการลดขนาดของโฟโตอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดโฟโตเพื่อให้เห็นเคลื่อนที่ที่เป็นกลุ่มชัดเจนขึ้น (กรณีเพิ่มความเข้มแสง) และให้เห็นถึงความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอน (กรณีเพิ่มความถี่แสง)
- ความถี่แสงค่าหนึ่งของแต่ละสี โฟโตอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดสุญญากาศแม้เคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับสีที่มีความถี่ต่ำกว่า แต่ในสีเดียวกัน ให้แสดงถึงความเร็วที่แตกต่างกันด้วย คือให้บางตัววิ่งเร็ว บางตัววิ่งช้าก่อนไปถึงขั้วแอโนด

ส่วนแก้ไขสำหรับ กิจกรรมที่ 4 ที่เกี่ยวกับความรู้เพิ่มเติม

- เพิ่มปุ่มเพื่อให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวข้องกับค่าข้อมูลในตารางของกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เพื่อให้มีความเข้าใจที่ถูกต้อง (ไฟล์เพิ่มเติม)

ส่วนแก้ไขสำหรับกิจกรรมที่ 4 เกี่ยวกับข้อความอธิบาย



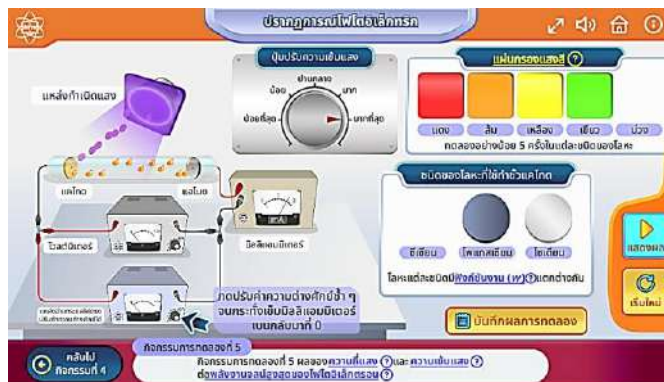
ข้อความเดิม การต่อแอโนดกับแคโทดด้วยสายไฟจะเกิดกระแสไฟฟ้า สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

แก้ไขเป็น ถ้าต่อขั้วแอโนดกับขั้วแคโทดให้ครบวงจรไฟฟ้า จะเกิดกระแสไฟฟ้าในวงจร สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอน ใน หลอดสุญญากาศ ของกิจกรรมที่ 4-5	เมื่อมีการเปลี่ยนความถี่แสงให้สูงขึ้น จากสีเหลืองเป็นสีเขียวและสีม่วง ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนต้องเพิ่มขึ้น คือ ความเร็วของโฟตอน อิเล็กตรอนของแสงสีม่วงจะมากกว่าสีเขียว สีเขียวมากกว่าสีเหลือง สี เหลืองมากกว่าสีส้ม สีส้มมากกว่าสีแดง สรุปคือ ถ้าใช้สีม่วง โฟโต อิเล็กตรอนจะมีความเร็วมากที่สุดเมื่อเทียบกับแสงสีอื่น และความเร็ว ของสีอื่นจะลดความเร็วลงตามลำดับเมื่อเทียบกับสีม่วง	เพราะความถี่แสงที่เพิ่มขึ้น จะทำให้พลังงานจลน์สูงสุด ของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น ตามสมการ $hf = W + E_{kmax}$
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)			
1	หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
		กิจกรรมที่ 5 กิจกรรมการทดลองที่ 5 ผลของ ความถี่แสง และ ความเข้มแสง ต่อพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน (เพื่อให้เห็นว่า มีความเร็วเพิ่มขึ้น อาจย่อขนาดของโฟโตอิเล็กตรอนทุกกรณีของการ ปรับระดับความเข้มแสงให้เล็กลงกว่าเดิมเล็กน้อย เพื่อในกรณีที่ปรับให้ระดับความ เข้มของโฟโตอิเล็กตรอน จะได้ไม่ดูแน่นเกินไป และเห็นถึงการเคลื่อนที่เร็วขึ้นได้ ชัดเจน)	
2		การปรับแก้ กิจกรรมที่ 5 เกี่ยวกับแอนิเมชันในหลอดโฟโต - แอนิเมชันจะมีการลดขนาดของโฟโตอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดโฟโต เพื่อให้เห็นเคลื่อนที่ที่เป็นกลุ่มชัดเจนขึ้น (กรณีเพิ่มความเข้มแสง เหมือนใน กิจกรรมที่ 4) และให้เห็นถึงความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอน (กรณีเพิ่มความถี่ แสง เหมือนในกิจกรรมที่ 4)	

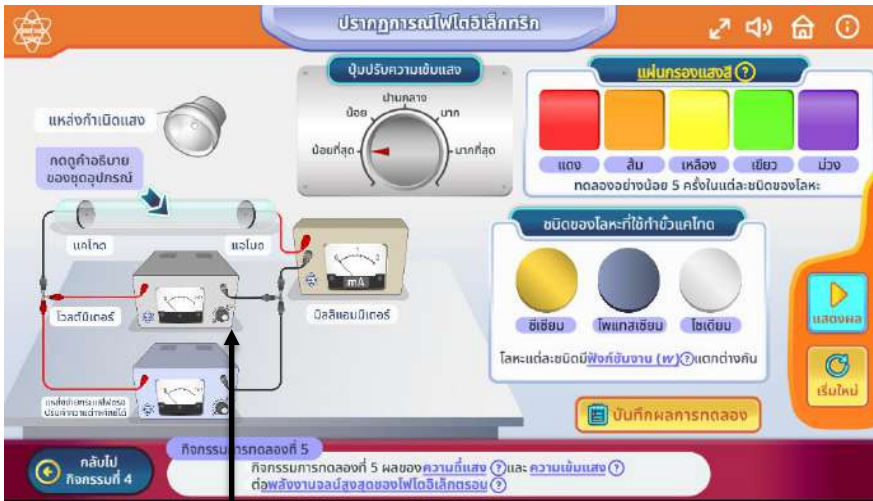
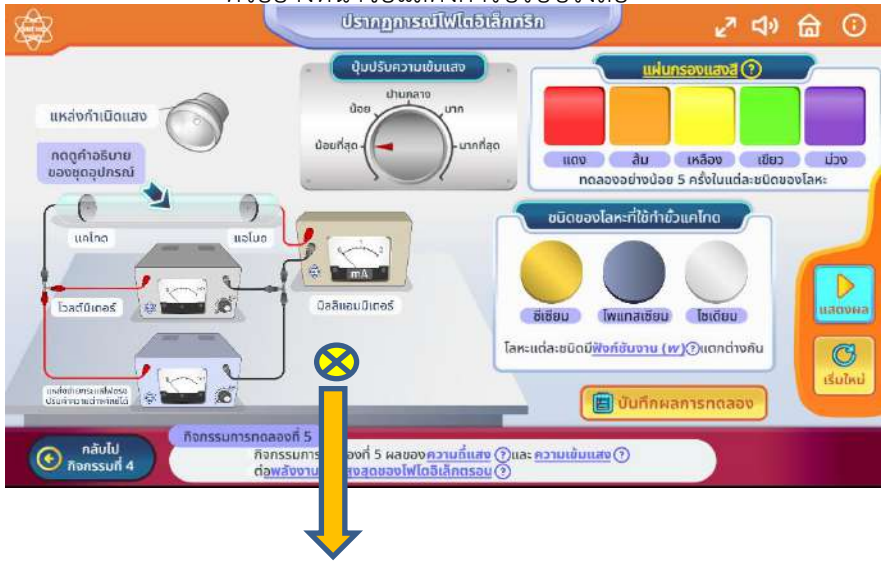


3



จากภาพ หน้าจอกิจกรรม (ของเดิม) จะพบว่า ไม่ว่าเปลี่ยนความถี่แสงให้สูงขึ้น (จากสีเหลืองเป็น สีเขียว ไปเป็นสีม่วง) แต่ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนของแต่ละสีกลับเร็วเท่ากันหมด ซึ่งในที่นี้เป็นภาพนิ่งเลยอาจมองไม่ออก แต่ในแอนิเมชัน จะเห็นชัดเจนว่าเร็วเท่ากันหมด

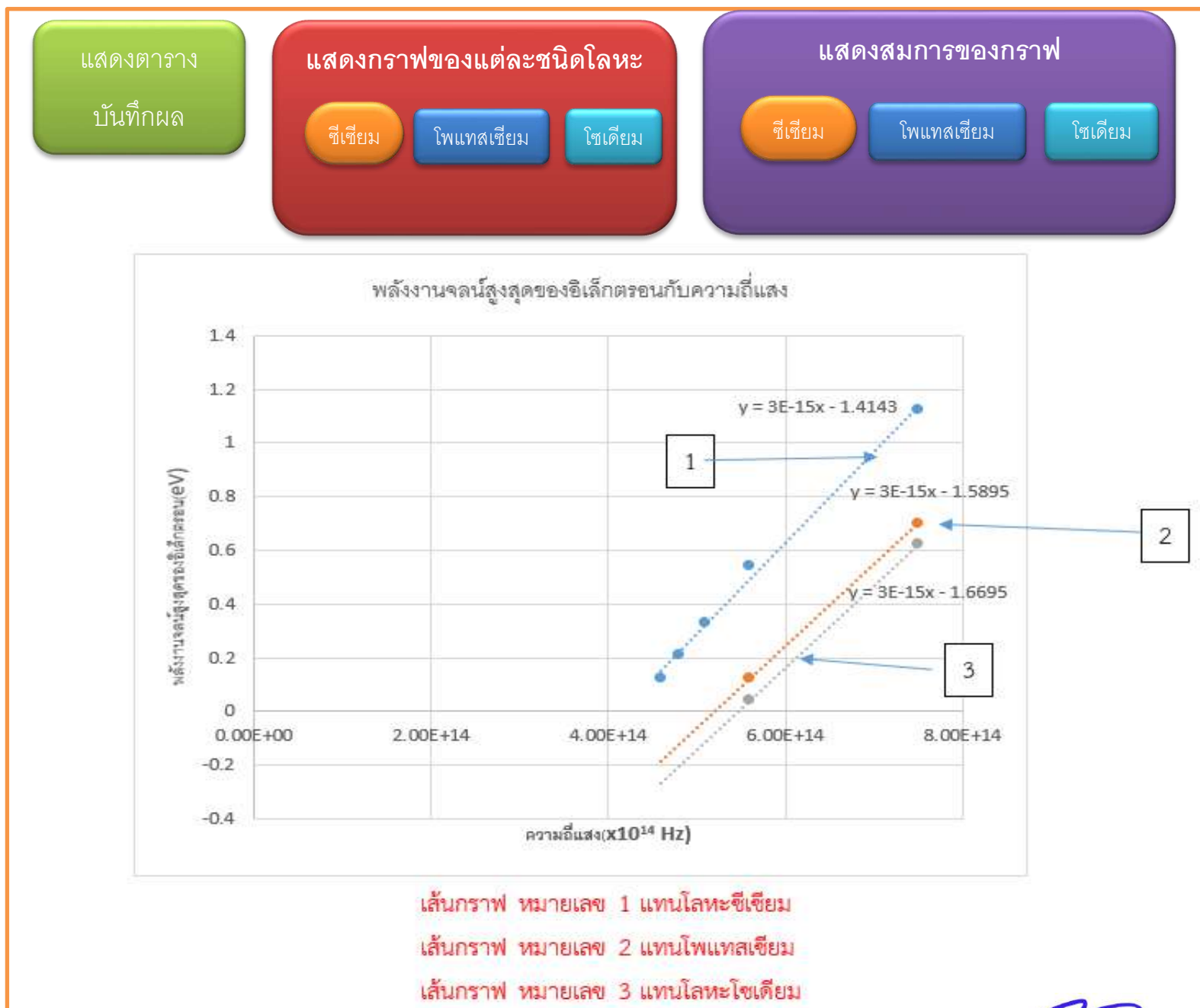
- ความถี่แสงค่าหนึ่งของแต่ละสี อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดสุญญากาศแม้เคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับสีที่มีความถี่ต่ำกว่า แต่ในสีเดียวกัน ให้แสดงถึงความเร็วที่แตกต่างกันด้วย คือให้บางตัววิ่งเร็ว บางตัววิ่งช้าก่อนไปถึงที่ขั้วแอโนด(เหมือนกิจกรรม 4)
- เพิ่มปุ่มให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนกับความถี่แสง รวมทั้งปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตามเอกสารไฟล์แนบ

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
8.	หน้าจอหลักในกิจกรรมที่ 5	— เพิ่มปุ่มกดให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ การหาค่าพลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน	เสริมความรู้
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม  ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ  https://drive.google.com/file/d/1gM3wni-txj6CpwC7TshscluF-0sZe4jn/view?usp=sharing (เพิ่มลิงก์เพื่อเพิ่มแอนิเมชันอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาค่าพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนผ่านค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง)			
ปรับรูปของแหล่งจ่ายไฟ ให้ดูแตกต่างกับโวลต์มิเตอร์ เพราะรูปเหมือนกันทั้ง 2 รูป แยกไม่ออก			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข																								
9.	เพิ่มการเขียนกราฟ และเพิ่มความรู้เพิ่มเติม เกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกราฟ และจำนวนข้อมูลที่ควรเพียงพอต่อการการเขียนกราฟ เนื่องจากข้อมูลที่นำมาเขียนกราฟ เพื่อความน่าเชื่อถือในทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นคำอธิบายในความรู้เพิ่มเติม	— แก้ไขให้ผู้ใช้ได้เขียนกราฟโดยการลงจุดเอง แล้วมีการตรวจคำตอบด้วย ทำให้สามารถปรับสเกลกราฟ เพื่อ zoom ไปจุดที่ต้องลงกราฟได้ — รวมทั้ง มีการให้ feedback ที่ดี แนะนำการลงจุด ถ้าทำไม่ถูก	การสร้างกราฟเอง จะได้ฝึกทักษะการเขียนกราฟ และได้วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมระหว่างการลงจุดบนกราฟ																								
ภาพประกอบการแก้ไข																											
หน้าจอแสดงสื่อเดิม ไม่มีการแสดงกราฟ มีแต่ตารางข้อมูล		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ <u>ให้เขียนกราฟจากข้อมูลในตาราง</u> เขียนกราฟระหว่าง พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน กับความถี่แสงที่ใช้ ภายใต้ชนิดของแต่ละโลหะ จากตารางบันทึกผลนี้ <table border="1"> <thead> <tr> <th>ความถี่ของแสง (Hz)</th><th>พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - ซีเซียม</th><th>พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โพแทสเซียม</th><th>พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โซเดียม</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.6×10^{14}</td><td>0.12</td><td>ระบุไม่ได้</td><td>ระบุไม่ได้</td></tr> <tr> <td>4.8×10^{14}</td><td>0.21</td><td>ระบุไม่ได้</td><td>ระบุไม่ได้</td></tr> <tr> <td>5.1×10^{14}</td><td>0.33</td><td>ระบุไม่ได้</td><td>ระบุไม่ได้</td></tr> <tr> <td>5.6×10^{14}</td><td>0.54</td><td>0.12</td><td>0.04</td></tr> <tr> <td>7.5×10^{14}</td><td>1.12</td><td>0.7</td><td>0.62</td></tr> </tbody> </table>		ความถี่ของแสง (Hz)	พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - ซีเซียม	พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โพแทสเซียม	พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โซเดียม	4.6×10^{14}	0.12	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้	4.8×10^{14}	0.21	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้	5.1×10^{14}	0.33	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้	5.6×10^{14}	0.54	0.12	0.04	7.5×10^{14}	1.12	0.7	0.62
ความถี่ของแสง (Hz)	พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - ซีเซียม	พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โพแทสเซียม	พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โซเดียม																								
4.6×10^{14}	0.12	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้																								
4.8×10^{14}	0.21	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้																								
5.1×10^{14}	0.33	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้																								
5.6×10^{14}	0.54	0.12	0.04																								
7.5×10^{14}	1.12	0.7	0.62																								

กิจกรรมที่ 5 หากบันทึกค่าในตารางแล้ว จะปรากฏหน้าต่างต่อไปคือ หน้านี้ โดยปรากฏเมนูตามรูป และ template แกนตั้ง แกนนอนและตัวเลขบนแกน



จุดข้อมูล สำหรับใช้เขียนกราฟ (สำหรับส่งบริษัท)

ซีเซียม Cs	โพแทสเซียม K	โซเดียม Na
(4.6, 0.12)	----	----
(4.8, 0.21)	----	----
(5.1, 0.33)	----	-----
(5.6, 0.54)	(5.6, 0.12)	(5.6, 0.04)
(7.5, 1.12)	(7.5, 0.70)	(7.5, 0.62)

เพิ่มเติมคำถามท้ายกิจกรรมที่ 5 เนื่องจากมีการเขียนกราฟเพิ่มเติม

1. กราฟระหว่าง $E_{k_{\max}}$ กับ f ของโลหะทั้ง 3 ชนิด มีลักษณะอย่างไร

- ก. เส้นตรงตัดแกนที่ต่างกัน
- ข. เส้นโค้งที่ชันขึ้นเรื่อย ๆ
- ค. เส้นตรงที่ซ้อนทับกันทั้งหมด

เฉลย ก.

2. ความชันของกราฟของโลหะแต่ละชนิดเป็นอย่างไร

- ก. แตกต่างกัน เพราะโลหะแต่ละชนิดต่างกัน
- ข. เท่ากัน เพราะขึ้นกับค่าคงตัวของพลังค์
- ค. ขึ้นกับความเข้มแสง

เฉลย ข.

3. โลหะใดมีความถี่ขีดเริ่มต่ำที่สุด

- ก. ซีเซียม
- ข. โพแทสเซียม
- ค. โซเดียม

เฉลย ก.

4. จุดที่กราฟตัดแกนความถี่ มีความหมายว่าอะไร

- ก. จุดที่พลังงานจลน์สูงสุด
- ข. จุดที่เริ่มมีกระแสไฟฟ้า
- ค. ความถี่ต่ำสุดที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุด

เฉลย ค.

5. จากสมการ $E_{k_{\max}} = hf - W$ ข้อใดถูกต้อง

ก. ความชัน = W จุดตัดแกนตั้ง = h

ข. ความชัน = h จุดตัดแกนตั้ง = W

ค. ความชัน = f จุดตัดแกนตั้ง = 0

เฉลย ข.

6. ถ้าใช้แสงความถี่ต่ำกว่าความถี่ขีดเริ่ม แต่เพิ่มความเข้มแสงมากขึ้น จะเกิดอะไร

ก. อิเล็กตรอนหลุดมากขึ้น

ข. ไม่เกิดโฟโตอิเล็กทริก

ค. พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น

เฉลย ข.

7. เมื่อความถี่สูงกว่าค่าขีดเริ่ม แล้วเพิ่มความเข้มแสง จะเกิดอะไร

ก. พลังงานจลน์สูงสุดเพิ่ม

ข. จำนวนอิเล็กตรอนเพิ่ม แต่พลังงานเท่าเดิม

ค. ความถี่ของแสงเพิ่ม

เฉลย ข.

8. เหตุใดข้อมูลบางค่าในตารางจึงระบุว่า “ระบุค่าไม่ได้” แทนการใส่ค่าเป็นศูนย์

ก. เพราะเครื่องมือวัดไม่ละเอียดพอ

ข. เพราะไม่มีอิเล็กตรอนถูกปล่อยออกมาเลย

ค. เพราะค่าความถี่เท่ากับศูนย์

เฉลย ข.

9. จากการทดลอง เมื่อความถี่ของแสงต่ำกว่าความถี่ขีดเริ่ม เครื่องมือวัดให้ค่า “ระบุค่าไม่ได้”

หากบันทึกค่าเป็น $E_{k_{\max}} = 0$ แล้วนำไปเขียนกราฟ กราฟจะมีลักษณะใด

ก. กราฟเส้นตรง มีจุดตัดแกนความถี่ที่ $E_{k_{\max}} = 0$ เพียงจุดเดียว ไม่มีจุดอื่น

ข. กราฟมีจุดหลายจุดที่ $E_{k_{\max}} = 0$ กระจายอยู่ในช่วงความถี่ต่ำ

ค. กราฟเส้นตรง แต่เลื่อนขึ้นลงเล็กน้อยจากข้อมูลจริง

เฉลย ข.

10. จากข้อ 9 หากเขียนกราฟแล้วได้จุดหลายจุดที่ $E_{k_{\max}} = 0$ สำหรับโลหะแต่ละชนิด จะตีความหมายทางฟิสิกส์หรือไม่ อย่างไร

ก. **ไม่ผิด** เพราะความถี่ขีดเริ่มของโลหะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเข้มของแสง

ข. **ผิด** เพราะโลหะชนิดหนึ่งมีความถี่ขีดเริ่มเพียงค่าเดียว แต่กราฟลักษณะนี้ทำให้เข้าใจผิดว่ามีหลายค่า

ค. **ไม่ผิด** เพราะพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนสามารถเป็นศูนย์ได้หลายค่าความถี่

เฉลย ข.

ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกิจกรรมที่ 4

จากตารางบันทึกผลในกิจกรรมนี้ กำหนดให้ความเข้มแสงของแต่ละสีแต่ละระดับ ตั้งแต่น้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด จะมีพลังงานของแสงที่ตกกระทบต่อหน่วยเวลาเท่ากันทุกสี ทำให้จำนวนโฟตอนของแสงที่มีความถี่ต่างกันสีจึงอาจเท่ากันเมื่อปรับความเข้มแสงในระดับเดียวกัน อย่างไรก็ตาม จากความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความถี่ของโฟตอนตามสมการที่ไอน์สไตน์เสนอ คือ $E = hf$ จากสมการจะมีความหมายว่า ความถี่แสงใดสูงกว่า ที่ความถี่นั้นจะมีค่าพลังงานต่อโฟตอนมากกว่า

สำหรับการทดลองจริง หากพิจารณาให้ความเข้มพลังงานรวมของแต่ละสีมีค่าเท่ากัน จะส่งผลให้แสงที่มีความถี่มากกว่า จะมีจำนวนโฟตอนลดลง เช่น กรณีของแสงสีม่วงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีเขียว จำนวนโฟตอนของแสงสีม่วงจึงมีจำนวนน้อยกว่าแสงสีเขียว แต่จำนวนโฟตอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ หากโฟตอนปล่อยอิเล็กตรอนจากผิวโลหะได้มากขึ้น กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะมากขึ้น ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากการใช้แสงสีต่างกัน แต่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้อาจจะน้อยกว่า เท่ากัน หรือ มากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ สมบัติของผิวโลหะ ความหนาของวัสดุแผ่นกรองแสงสีที่ใช้ และประสิทธิภาพการปล่อยโฟโตอิเล็กตรอนของแสงแต่ละสี เช่น แสงสีม่วงมีพลังงานมากกว่า จะมีประสิทธิภาพในการปล่อยโฟโตอิเล็กตรอนได้มากกว่าแสงสีเขียว แม้จะมีจำนวนโฟตอนน้อยกว่า เนื่องจากโฟตอนแต่ละตัวอาจไม่สามารถทำให้โฟโตอิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะได้ทุกครั้ง อย่างไรก็ตาม โฟตอน 1 ตัวสามารถปล่อยโฟโตอิเล็กตรอนจากผิวโลหะได้สูงสุด 1 ตัว

ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกิจกรรมที่ 5

ในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน กับความถี่ของแสงในกิจกรรมที่ 5 นี้ มีลักษณะเป็น เส้นตรง ความชันของกราฟมีค่าเท่ากับ ค่าคงตัวของพลังค์ จุดตัดแกนนอนของกราฟมีค่าเท่ากับ ความถี่ขีดเริ่ม และ จุดตัดแกนตั้งของกราฟ มีค่าเท่ากับ ค่าฟังก์ชันงานของโลหะ สมการของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ 3 ค่า ได้แก่

- พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน พลังงานของโฟตอน และ ฟังก์ชันงานของโลหะ เขียนสมการได้ว่า $E_{k\max} = hf - W$ โดย $W = hf_0$
- เมื่อเปลี่ยนชนิดโลหะที่ขั้วแคโทด คือ โลหะซีเซียม โปแตสเซียม และโซเดียม จุดตัดแกนนอนที่แสดงค่าความถี่ขีดเริ่มของแต่ละชนิดโลหะจะไม่เท่ากันขึ้นกับแต่ละชนิดโลหะ จุดตัดแกนตั้งซึ่งเป็นค่าฟังก์ชันงานของโลหะแต่ละชนิด มีค่าไม่เท่ากันขึ้นกับแต่ละชนิดโลหะ กราฟเส้นตรงแต่ละเส้นมีค่าความชันเท่ากัน เท่ากับค่าคงตัวของพลังค์

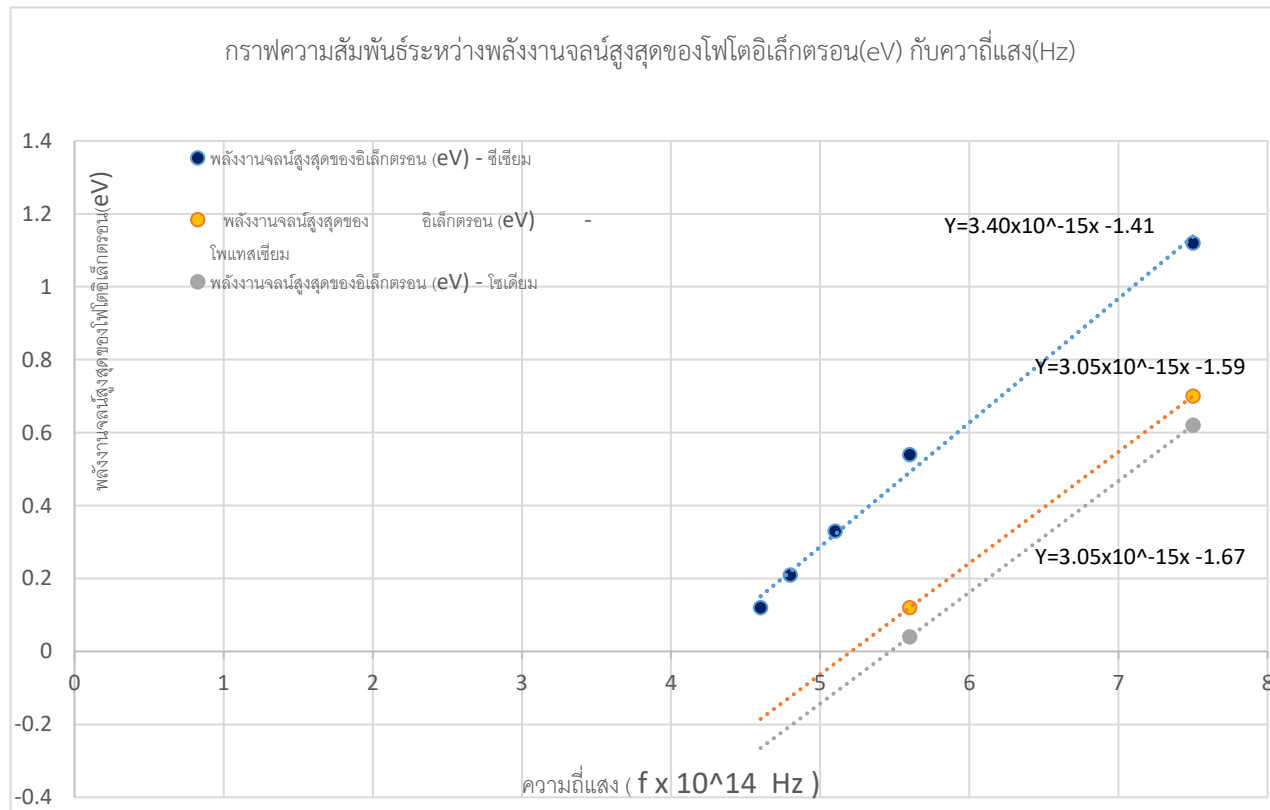
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนกับความถี่แสง ในกิจกรรมที่ 5 นี้ พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถคำนวณได้

จากค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (V_s) ด้วยสมการ $E_{k_{\max}} = eV_s$

โดยที่ $E_{k_{\max}}$ คือพลังงานจลน์สูงสุด (หน่วย จูล หรือ อิเล็กตรอนโวลต์ ก็ได้) และ V_s คือความต่างศักย์หยุดยั้ง

(หน่วย โวลต์) หากค่า $E_{k_{\max}}$ ใช้หน่วย eV ค่าตัวเลขของ $E_{k_{\max}}$ และ V_s จะเท่ากันพอดีตามค่าตัวเลขที่ปรากฏในตารางบันทึกผล เช่น ความต่างศักย์หยุดยั้ง (V) ที่ 1.12 V และพลังงานจลน์สูงสุด (eV) ที่ 1.12 eV เนื่องจาก

$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ หากต้องการค่าพลังงานจลน์สูงสุดในหน่วยจูลจะมีค่าเท่ากับ $(1.12 \text{ eV})(1.6 \times 10^{-19} \text{ J}) = 1.8 \times 10^{-19} \text{ J}$



กราฟเส้นตรงที่ได้ของแต่ละชนิดโลหะ ค่าข้อมูลที่นำมาเขียนกราฟจากตารางบันทึกผลนั้น โลหะซีเซียมมีจำนวนจุดข้อมูล 5 จุด ขณะที่โลหะโพแทสเซียมและโซเดียม มีจำนวนจุดข้อมูลอย่างละ 2 จุด ซึ่งในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องนั้น การตรวจสอบว่า เส้นกราฟที่ลากผ่านจุดเป็นเส้นตรงหรือไม่นั้น ควรมีจำนวนจุดข้อมูลไม่น้อยกว่า 3 จุดขึ้นไป เพื่อเห็นแนวโน้มของเส้นตรงได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาจากกราฟเส้นตรง สมการของกราฟเส้นตรงของแต่ละชนิดโลหะ จะอยู่ในรูปสมการ $E_{k_{\max}} = hf - W$ เมื่อเทียบกับสมการเส้นตรง $y = mx + c$ หากพิจารณาตัวอย่างค่าความชันของโลหะซีเซียม m มีค่าเท่ากับ 3.40×10^{-15} ซึ่งค่าความชันนี้ มีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ ซึ่งหน่วยของ Δy คือ eV และหน่วยของ Δx คือ Hz ดังนั้นหน่วยของความชัน m คือ $\frac{\text{eV}}{\text{Hz}} = \text{eV} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\text{s}}} = \text{eV} \cdot \text{s}$ ค่าตัวเลข 3.40×10^{-15} เป็นค่าคงตัวของพลังค์ แต่อยู่ในหน่วย $\text{eV} \cdot \text{s}$ หากเปรียบเทียบกับ $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ สามารถเปลี่ยนหน่วย $\text{eV} \cdot \text{s}$ ไปเป็นหน่วย $\text{J} \cdot \text{s}$ ได้ โดย

$$(3.40 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}) \left(\frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} \right) = 5.44 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

ซึ่งจะพบว่า ค่าตัวเลขมีความคลาดเคลื่อนจากค่าคงตัวของพลังค์ ที่ $6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ อยู่พอสมควร รวมถึงกราฟ

เส้นตรงของแต่ละชนิดโลหะควรมีค่าความชันเท่ากัน แต่สำหรับชนิดโลหะโพแทสเซียมและโซเดียม มีค่าความชันที่ไม่เท่ากับของโลหะซีเซียม เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่น้อยเกินไป และค่าข้อมูลที่ปรากฏในสื่อดิจิทัลเป็นเพียงค่าประมาณเบื้องต้นเท่านั้น

และจากสมการกราฟเส้นตรงตัวอย่างของโลหะซีเซียม $y = 3.40 \times 10^{-34} x - 1.41$ ค่าตัวเลข 1.41 คือจุดตัดแกนค่าพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนซึ่งอยู่ด้านล่างใต้แกนของความถี่แสง ซึ่งเป็นค่าฟังก์ชันงานของโลหะซีเซียม แต่มีค่าความคลาดเคลื่อนด้วย เนื่องจากค่าฟังก์ชันงานของโลหะซีเซียมจะมีค่าประมาณ 1.81 eV หากการทดลองมีการควบคุมตัวแปรและคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนที่ส่งผลต่อการทดลอง ค่าที่วัดได้จะใกล้เคียงขึ้นมาก หากพิจารณาจากการทดลองจริง ของ โรเบิร์ต มิลลิแกน ที่มีความพิถีพิถันอย่างมากในการทำการทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกที่สามารถหาค่าคงตัวของพลังค์ได้ใกล้เคียงมาก แต่การทดลองที่มิลลิแกนทำนั้นเพียงเพื่อจะตรวจสอบให้ได้ว่า แนวคิดของไอน์สไตน์ที่เสนอถึงความเป็นอนุภาคของแสงตามสมการ $hf = W + E_{k_{\max}}$ นั้นไม่ถูกต้อง เพราะแสงควรจะเป็นคลื่นเท่านั้น มิลลิแกนได้ใช้โลหะลิเทียม โพแทสเซียม และ โซเดียม แต่ไม่ได้ใช้โลหะซีเซียมตั้งแต่แรก เนื่องจากเนื้อโลหะซีเซียมค่อนข้างนิ่ม และไวต่อปฏิกิริยาหากโดนไอน้ำหรือออกซิเจนในอากาศ หากเครื่องมือที่ทำการทดลองเกิดความร้อน ผิวโลหะซีเซียมจะเปลี่ยนได้ง่ายและอาจเกิดการออกไซด์ ทำให้เนื้อผิวสกปรก ค่าฟังก์ชันงานจะเปลี่ยนทันที จึงไม่เหมาะกับการทดลองที่ต้องการวัดค่าที่ละเอียดและแม่นยำ โดยเฉพาะจุดประสงค์ของการทดลองที่จะพิสูจน์ให้ได้ว่า สิ่งไอน์สไตน์เสนอนั้นเป็นความคิดที่ไม่ถูกต้อง แต่สำหรับโลหะลิเทียม โพแทสเซียมและโซเดียม ซึ่งเป็นโลหะอัลคาไล มีความแข็งที่ควบคุมสภาพผิวได้ดีกว่า และค่าฟังก์ชันงานไม่เปลี่ยน อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมไม่มีการแสดงกราฟข้อมูล จากสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุขณะทดลองซึ่งไม่มีการระบุไว้

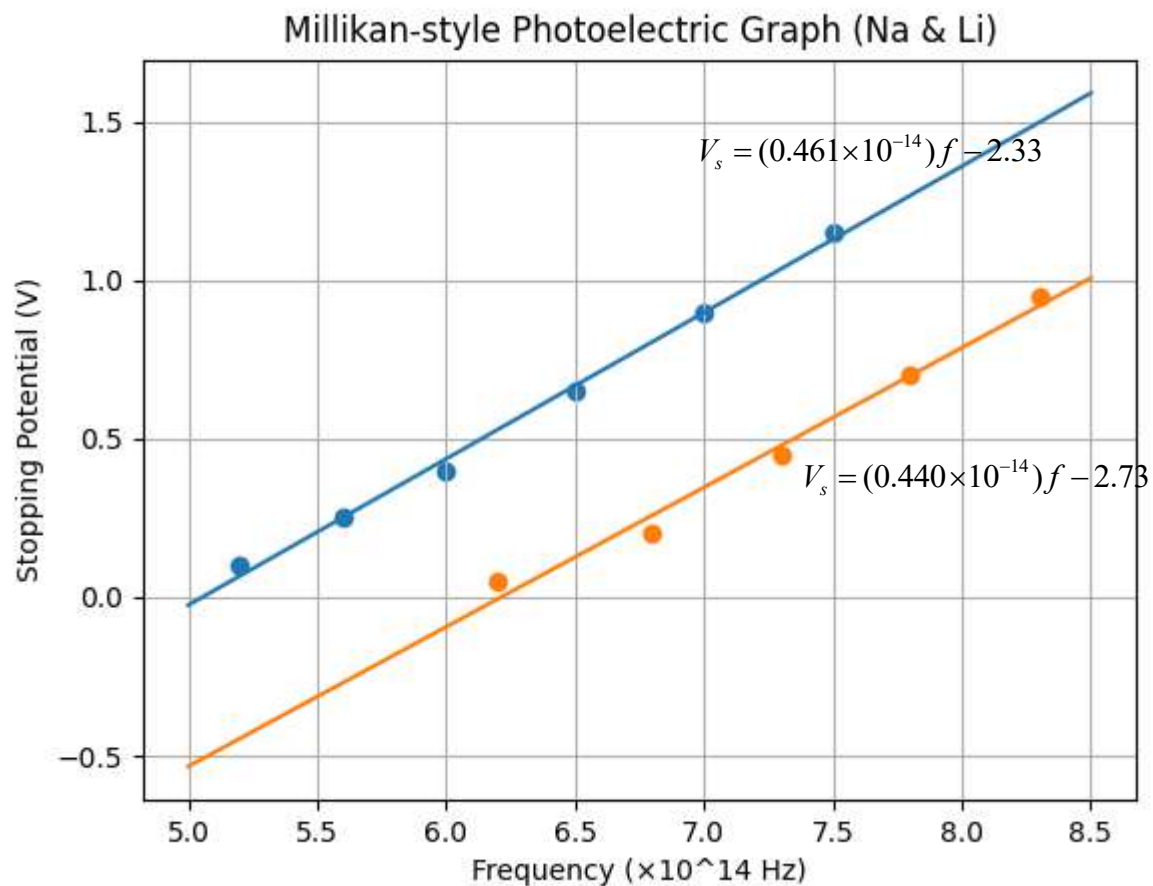
ข้อมูลหลักที่มิลลิแกนนำเสนอกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์หยุดยั้ง กับ ความถี่แสง เป็นของโลหะลิเทียมและโซเดียม เป็นกราฟเส้นตรงที่น่าเชื่อถือ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่มากพอ เพราะแสงที่มิลลิแกนใช้ไม่ใช่เฉพาะแสงที่ตามองเห็น แต่ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตด้วย ดังข้อมูลในตาราง

โลหะ	ความยาวคลื่น $\lambda(\text{nm})$	ความถี่แสง $f \times 10^{14} (\text{Hz})$	ความต่างศักย์หยุดยั้ง $V_s (\text{V})$
Na	546.1	5.489	0.115
	433.9	6.911	0.724
	404.7	7.411	0.933
	365.0	8.216	1.252
	312.5	9.597	1.838
	253.5	11.83	2.805

โลหะ	ความยาวคลื่น $\lambda(\text{nm})$	ความถี่แสง $f \times 10^{14} (\text{Hz})$	ความต่างศักย์หยุดยั้ง $V_s (\text{V})$
Li	433.9	6.911	0.55
	404.7	7.411	0.75
	365	8.216	1.05
	312.5	9.597	1.65
	253.5	11.83	2.55

หมายเหตุ : ทั้งสองตารางความยาวคลื่น ใช้หน่วย นาโนเมตร และตัวคูณความถี่แสง 10^{14} ให้สอดคล้องกับหนังสือเรียน เพื่อความเข้าใจได้ง่ายขึ้น และความยาวคลื่นที่น้อยกว่า 400 นาโนเมตร จะเป็นความยาวคลื่นในช่วงอัลตราไวโอเล็ต

แสดงกราฟจากตารางข้อมูล (ไม่ได้แสดงค่าความยาวคลื่น)



หมายเหตุ : เส้นตรงสีฟ้า เป็นของโลหะโซเดียม Na

เส้นตรงสีส้ม เป็นของโลหะลิเทียม Li

พบว่า ความชันเกือบจะเป็นค่าเดียวกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

ตัวเลขที่แสดงค่าความชันของกราฟที่จะเป็นค่าคงตัวของพลังค์ ยังไม่ใช่ค่าคงตัวของพลังค์โดยตรง เพราะจากสมการ $E_{k_{\max}} = hf - W$ โดยที่ $E_{k_{\max}} = eV_s$ หากเขียนกราฟระหว่าง ความต่างศักย์หยุดยั้ง กับ ความถี่แสง จะได้สมการว่า $V_s = \frac{h}{e}f - \frac{W}{e}$ ที่ค่า ดังนั้น ค่าความชันจากสมการคือ $\frac{h}{e}$ หากนำค่าตัวเลขจากการทดลองมาแทนค่า

$$\frac{h}{e} = 0.461 \times 10^{-14} \text{ ซึ่งค่าความชันมีหน่วยเป็น } \frac{V}{\text{Hz}} = V \cdot \frac{1}{\frac{1}{s}} = V \cdot s \text{ จะได้ว่า } h = (0.461 \times 10^{-14} \text{ V} \cdot s)(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

ซึ่งได้ค่าออกมา เท่ากับ $h = 7.38 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot s$ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าคงตัวของพลังค์อย่างมาก ที่ค่าคงตัวของพลังค์

$h \cong 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot s$ จากการทดลองของมิลลิแกน ทำให้หาค่าคงตัวของพลังค์ได้ใกล้เคียงอย่างมาก จากสมการที่เสนอโดยไอน์สไตน์เกี่ยวกับความเป็นอนุภาคของแสง ซึ่งต่อมากลายเป็นข้อพิสูจน์จากหลักฐานการทดลองของมิลลิแกนว่า แสงมีสมบัติของความเป็นอนุภาคได้ด้วย

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
1.	- หน้าปกเป็นของสื่อเสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์เรื่องเดียว - เสียงบรรยายดังขึ้นมาเลย ไม่สามารถเลือกปิดเปิดเสียงได้	- ปรับชื่อเรื่องเป็น “เสถียรภาพของนิวเคลียส” ที่จะรวมสื่อทั้งเรื่อง เสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์ และ เสถียรภาพฯ กับพลังงานยึดเหนี่ยว - เปลี่ยนภาพปกเป็นภาพอื่น ที่กระตุ้นความสนใจมากขึ้น และสื่อถึงเสถียรภาพของนิวเคลียส - ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect	นำสื่อ 2 เรื่อง คือ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ กับ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว มา รวมกัน แบ่งเป็น 2 กิจกรรม เพราะเป็นสื่อที่เกี่ยวกับ เสถียรภาพของนิวเคลียส เหมือนกัน
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม 	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
2.	วัตถุประสงคของสื่อ ที่เป็นของเรื่องเดียว	แก้ไขให้รวมวัตถุประสงค์ของสื่อทั้ง 2 กิจกรรม คือ 1. เพื่อศึกษาผลของแรงนิวเคลียร์และผลของจำนวนโปรตอนกับจำนวนนิวตรอนที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส 2. เพื่อศึกษาและคำนวณพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส รวมทั้งความสัมพันธ์ที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส	รวมสื่อฯ ที่อยู่ในหัวข้อใหญ่เดียวกันแล้ว ต้องเปลี่ยนวัตถุประสงค์ให้รวมกัน
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
3.	คำแนะนำการใช้งาน ที่เป็นของสื่อเดียว และไม่มีแนะนำเกี่ยวกับการไม่บันทึกผล	แก้ไขให้คำแนะนำการใช้งานในหน้าแรก เป็นข้อความที่สื่อถึงการใช้งานของสื่อทั้งสองเรื่อง โดยเป็นข้อความว่า “ให้ปฏิบัติตามกรอบข้อความและลูกศรแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ปรากฏขึ้นตามลำดับ ในแต่ละกิจกรรม การทำกิจกรรมภายในสื่อ ไม่มีการบันทึกผลไว้ ถ้าปิดบราวเซอร์ หรือ เปิดสื่อค้างไว้นานเกินกว่า 10 นาที จะต้องเริ่มทำกิจกรรมใหม่ทั้งหมด ดังนั้น ควรเผื่อเวลาในการเรียนรู้จากสื่อประมาณ 10 – 15 นาที ต่อเนื่อง เพื่อให้การเรียนรู้ที่ครบถ้วนสมบูรณ์”	คำแนะนำสอดคล้องกับการรวมสื่อฯ 2 เรื่องให้เป็นเรื่องเดียว
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	







จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
4.	เมื่อกด “เริ่ม” แล้ว จะไม่มีหน้าให้เลือกกิจกรรม	— เพิ่ม หน้าให้เลือกทำกิจกรรม 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ กิจกรรมที่ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว — เพิ่มภาพแสดงนิวเคลียส และตัวอย่างหน้าทำกิจกรรมของสื่อแต่ละเรื่องให้แสดงเป็นสไลด์โชว์ เปลี่ยนไปเรื่อย ๆ พร้อมมีข้อความด้านล่าง ว่า <u>ข้อความแรก</u> “นิวเคลียสที่อยู่ในอะตอมประกอบด้วยโปรตอนที่มีประจุไฟฟ้าบวกและนิวตรอนที่เป็นกลางทางไฟฟ้าอัดแน่นรวมอยู่ด้วยกัน เพราะเหตุใดโปรตอนจึงไม่ผลักออกจากกันด้วยแรงไฟฟ้า มีแรงอะไรที่ทำให้โปรตอนและนิวตรอนยึดเหนี่ยวกันแน่นทำให้นิวเคลียสมีเสถียรภาพ” <u>ข้อความสอง</u> “แล้วถ้าให้พลังงานมากพอแก่นิวเคลียส จะทำให้โปรตอนและนิวตรอนแยกออกจากกันได้หรือไม่ สามารถหาค่าพลังงานนั้นได้หรือไม่ อย่างไร หาคำตอบได้จากการทำกิจกรรมในสื่อสถานการณ์จำลองนี้”	รวมสื่อฯ สองเรื่องให้เป็นหัวข้อใหญ่เดียวกัน

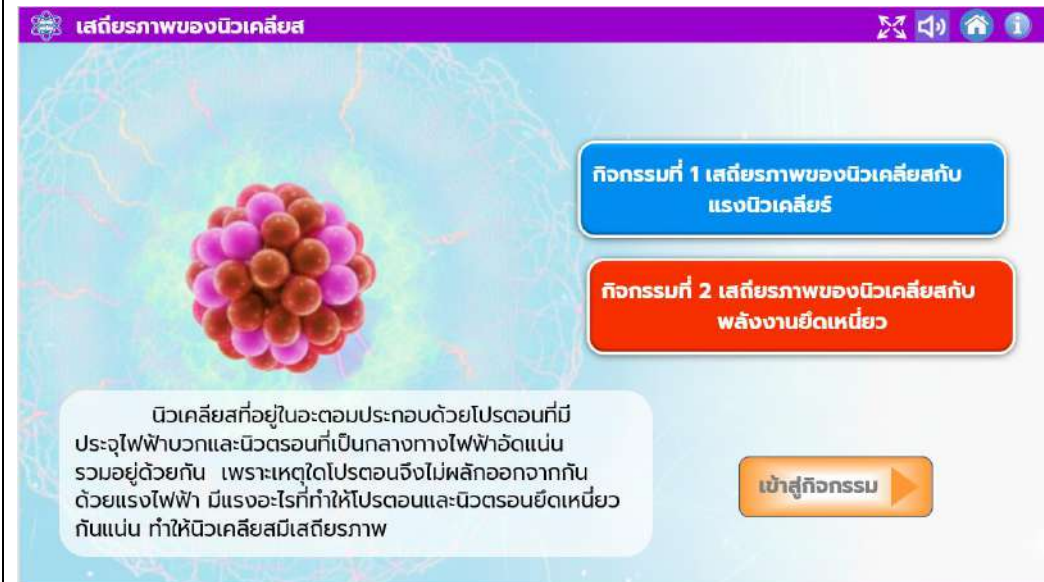


ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
5.	- เมื่อกดเข้ามากิจกรรมที่ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ ที่หน้าแรก ไม่มีคำถามสำคัญ - มีกรอบเป้าหมาย แต่กรอบค้างไว้ กดปิดไม่ได้	- เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญและเป้าหมาย ที่กดแล้ว แสดงกรอบคำถามและเป้าหมายสำคัญ แล้วกดปุ่มกากบาทเพื่อปิดได้ - มีกรอบข้อความแนะนำให้ “กดดูคำถามสำคัญ” และ “กดดูเป้าหมายกิจกรรม” - คำถามสำคัญ ○ แรงนิวเคลียร์ จำนวนโปรตอน และจำนวนนิวตรอนมีผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียสอย่างไร - เป้าหมาย ○ สำรวจหาสิ่งของที่มีนิวเคลียสไม่เสถียร แล้วเพิ่มหรือลดจำนวนโปรตอนหรือ นิวตรอน จนได้นิวเคลียสที่เสถียร 5 นิวเคลียส	- ผู้เรียน จะมีคำถามเป็นสิ่งที่ชี้แนวทางการในการทำกิจกรรมเพื่อหาคำตอบ สามารถเปิดดู และปิดได้ - ผู้เรียน ทราบเป้าหมายและขอบเขตการเรียนรู้จากสื่อ สามารถเปิดดู และปิดได้

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ







จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
6.	— ไม่มีกรอบข้อความแนะนำให้ดูคำแนะนำการใช้งาน	— หลังจากให้ดูเป้าหมายการทำกิจกรรมแล้ว มีกรอบข้อความแนะนำให้ “กดดูคำแนะนำการใช้งาน” โดยลูกศรชี้ไปที่ไอคอน (i) ด้านบนขวา	— คำแนะนำการใช้งานสื่อ ได้เปลี่ยนเป็นของสื่อทั้งสองเรื่อง ดังนั้น จึงย้ายคำแนะนำการใช้งานสื่อเรื่องนี้มาอยู่ที่ไอคอน (i) ด้านบนขวา

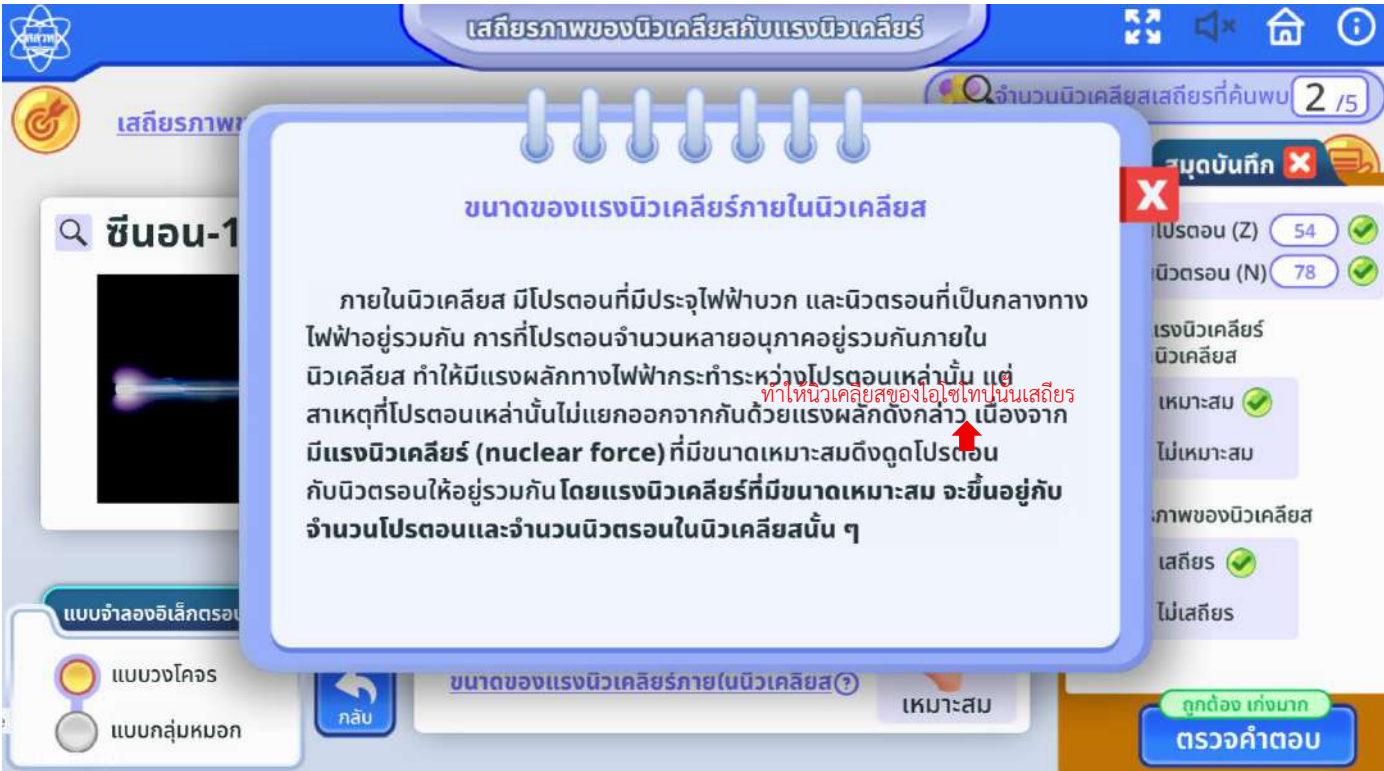
ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



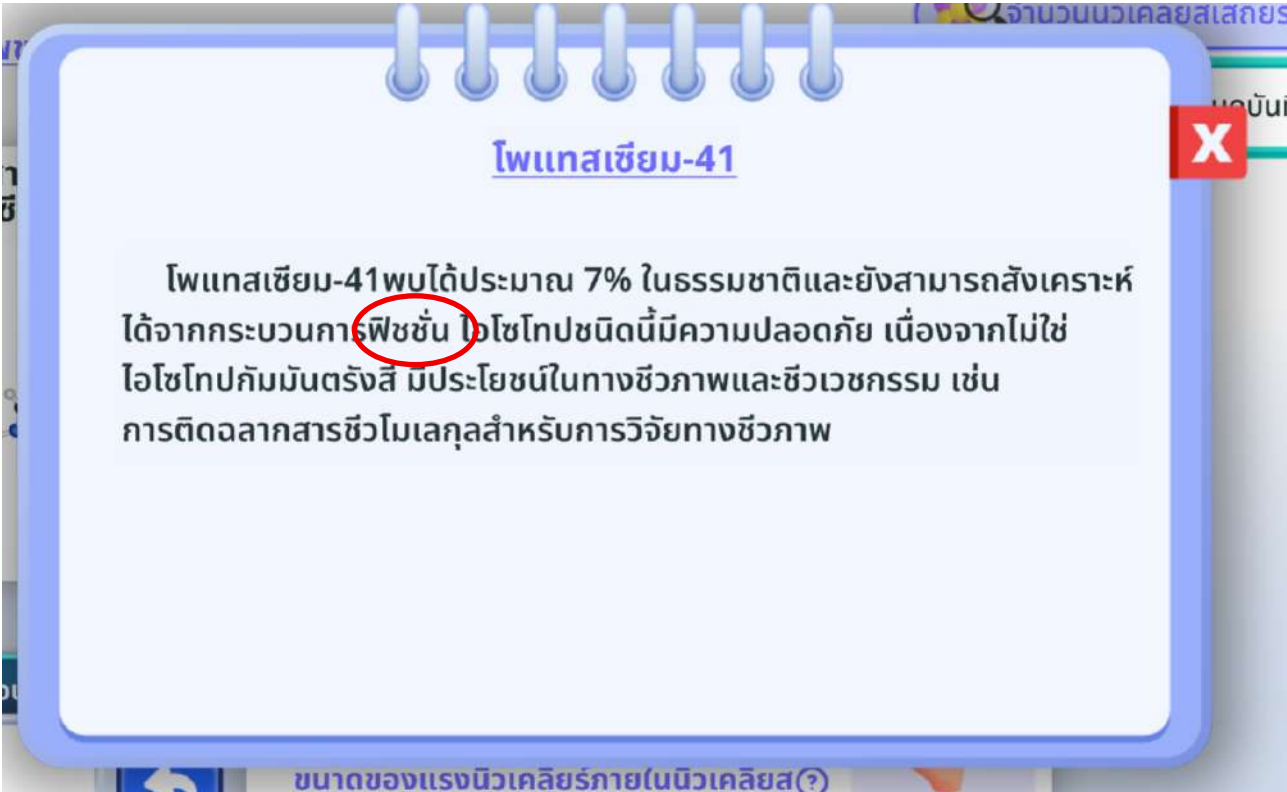
ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
8.	กรอบอธิบายคำศัพท์ “ขนาดแรงนิวเคลียร์ภายในนิวเคลียส”	เพิ่มคำว่า “ทำให้นิวเคลียสของไอโซโทปนั้นเสถียร” หลังคำว่า “ดังกล่าว” บรรทัดที่ 4	เพื่อความชัดเจน
ภาพประกอบการแก้ไข			
 The screenshot shows an educational interface for nuclear physics. The main title is 'เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์'. A central pop-up box titled 'ขนาดของแรงนิวเคลียร์ภายในนิวเคลียส' (Size of Nuclear Force Inside Nucleus) contains the following text: 'ภายในนิวเคลียส มีโปรตอนที่มีประจุไฟฟ้าบวก และนิวตรอนที่เป็นกลางทางไฟฟ้าอยู่รวมกัน การที่โปรตอนจำนวนมากอยู่รวมกันภายในนิวเคลียส ทำให้มีแรงผลักทางไฟฟ้ากระทำระหว่างโปรตอนเหล่านั้น แต่สาเหตุที่โปรตอนเหล่านั้นไม่แยกออกจากกันด้วยแรงผลัสดังกล่าว เนื่องจากมีแรงนิวเคลียร์ (nuclear force) ที่มีขนาดเหมาะสมดึงดูดโปรตอนกับนิวตรอนให้อยู่รวมกัน โดยแรงนิวเคลียร์ที่มีขนาดเหมาะสม จะขึ้นอยู่กับจำนวนโปรตอนและจำนวนนิวตรอนในนิวเคลียสนั้น ๆ'. A red arrow points to the word 'เสถียร' (stable) in the text. The background interface includes a search bar with 'ซีซอน-1', a list of nuclear data (Protons (Z)=54, Neutrons (N)=78), and buttons for 'เหมาะสม' (Suitable) and 'ไม่เหมาะสม' (Not suitable).			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
9.	ข้อความในกรอบแสดงเกร็ดความรู้ของ ซีเซียม-137	— จัดคำว่า “กระบวนการ” ให้อยู่บรรทัดเดียวกัน — ตัดคำว่า “โดยสามารถ” ออก	คำตกบรรทัด และ สะกดคำผิด
	ภาพประกอบการแก้ไข <u>ซีเซียม-137</u> ซีเซียม-137 เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีของธาตุซีเซียม ที่เกิดจากกระบวนการ การฟิชชัน โดยสามารถพบได้ในฝุ่นกัมมันตรังสีที่ตกค้างจากการทดลองอาวุธ นิวเคลียร์และอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ ซีเซียม-137 ที่ปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหาร สามารถถูกดูดซึมเข้าร่างกาย และถ้าได้รับเป็นเวลานานสามารถก่อให้เกิด โรคมะเร็งได้		

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
10	ข้อความในกรอบแสดงเกร็ดความรู้ของ โพแทสเซียม-41	— แก้ไขคำว่า “ฟิชชั่น” เป็น “ฟิชชัน”	สะกดคำผิด
	ภาพประกอบการแก้ไข 		



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
11.	เมื่อกดแล้วลากเพิ่มหรือลดจำนวนนิวตรอนหรือจำนวนโปรตอนแล้ว ไม่มีการแสดงว่าให้ทำขั้นตอนอะไรต่อ	— เมื่อกดแล้วลากเพิ่มหรือลดจำนวนนิวตรอนหรือจำนวนโปรตอนแล้ว ให้มีกรอบข้อความบอกว่า “กดแสดงผล” และลูกศรชี้ไปที่ปุ่ม “แสดงผล” ด้วย	— ผู้ใช้ไม่รู้ว่า ต้องทำอะไรเมื่อกดเลื่อนปรับจำนวนโปรตอนหรือนิวตรอนแล้ว

ภาพประกอบการแก้ไข

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

เสถียรภาพของนิวเคลียส ๑ กับ แรงนิวเคลียร์ ๑

จำนวนนิวเคลียสเสถียรที่ค้นพบ 0 / 5

ขวดยาบรรจุสารประกอบที่มีไอโอดีน-131

ไอโอดีน-131 ๑

สัญลักษณ์นิวเคลียร์

$^{131}_{53}\text{I}$

ขนาดของแรงนิวเคลียร์ภายในนิวเคลียส ๑

ไม่เหมาะสม

หานิวเคลียสที่เสถียรด้วยการเพิ่มหรือลดจำนวนนิวตรอน 1 นิวตรอนหรือจำนวนโปรตอน 1 โปรตอน

-1 +1

-1

n p

แสดงผล

กดปุ่มแสดงผล

กลับ

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
12.	สำหรับ ยูเรเนียม-238 ที่ไม่มีไอโซโทปที่เสถียร มีการบอกข้อความแจ้งว่า “ไอโซโทปทุกไอโซโทปของธาตุที่มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนมาก เช่น ยูเรเนียม ไม่มีไอโซโทปที่เสถียร”	- แก้ไขเป็น “ไอโซโทปทุกไอโซโทปของธาตุที่มีจำนวนโปรตอนมากกว่า 83 เช่น ยูเรเนียม พลูโทเนียม ทอเรียม เป็นไอโซโทปที่ไม่เสถียร ให้หาไอโซโทปที่เสถียรจากธาตุอื่น” - มีการบอกข้อความพร้อมลูกศรแจ้งว่า “กลับไปค้นหาสิ่งของที่มีนิวเคลียสไม่เสถียรจากสถานที่อื่น” โดยลูกศรชี้ไปที่ปุ่ม “กลับ”	ข้อความเดิมไม่ถูกต้อง และ เมื่อขึ้นข้อความนี้แล้ว อาจยังไม่รู้ว่า ต้องปิดหน้าต่างเพื่อไปหาไอโซโทปที่เสถียรจากสิ่งอื่นในสถานที่อื่น
ภาพประกอบการแก้ไข			

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
13.	รูปอุปกรณ์และสิ่งของต่าง ๆ ดูไม่สมจริง	— ใช้ AI สร้างภาพให้สมจริง ดังตัวอย่างด้านล่าง	— เพื่อความสมจริง
ภาพประกอบการแก้ไข			

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



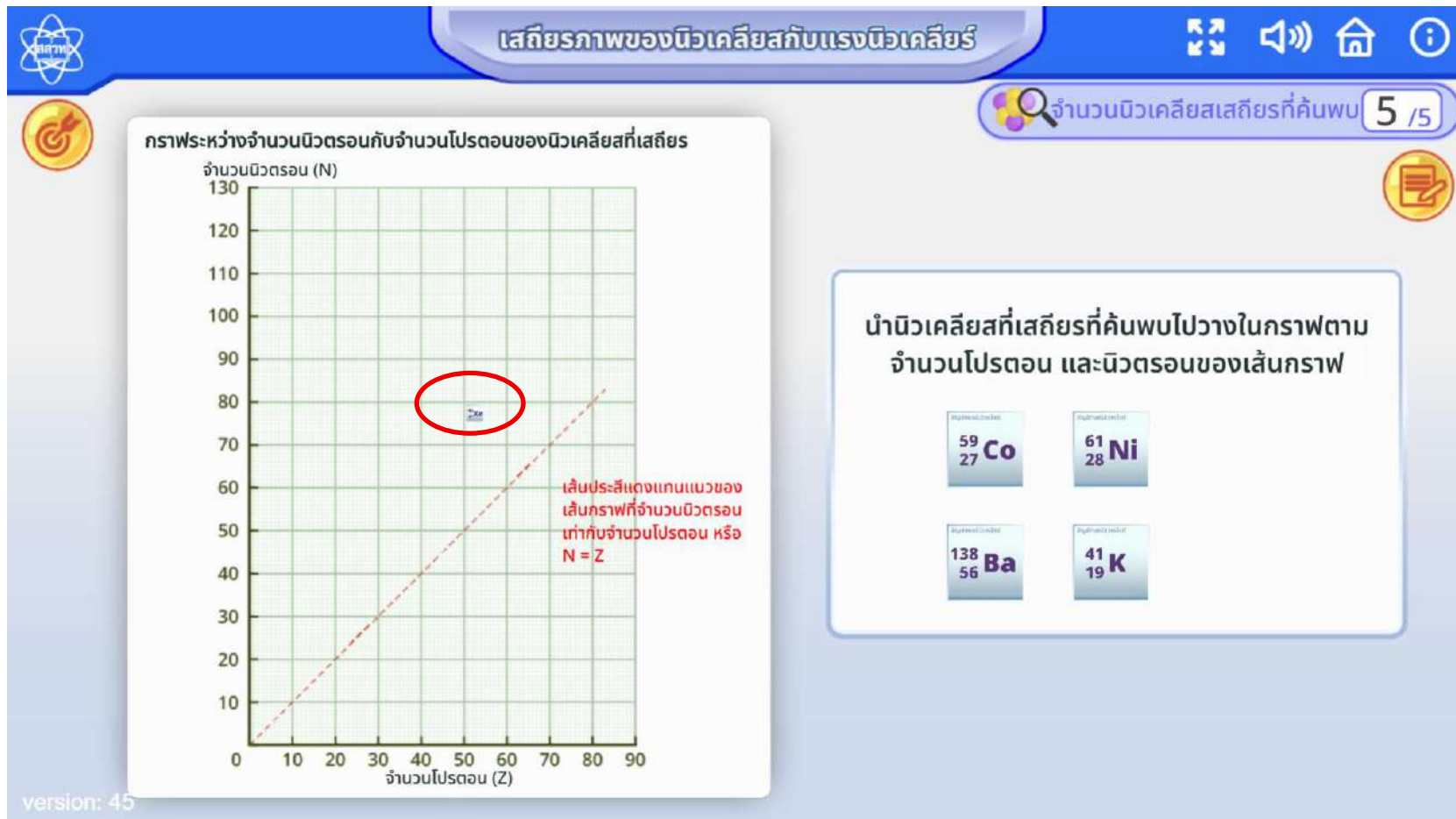
ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
14.	การสร้างกราฟและการแสดงกราฟ — ไม่สามารถกลับไปดูได้ว่า นิวเคลียสเสถียรที่หาได้ 5 นิวเคลียส มีอะไรบ้าง — มีการแสดงกราฟทั้งหมดเลย ไม่มีคำอธิบาย หรือคำถามให้คิดก่อนแสดง — ไม่มีคำถาม ให้วิเคราะห์ ว่า การเพิ่มจำนวนนิวตรอนยิ่งมาก ทำให้เสถียรมากหรือไม่	— แก้ไขการนำแผ่นสัญลักษณ์นิวเคลียร์ ไปวางในกราฟ ให้เป็นการลงจุดบนกราฟ ตามค่า Z, N — แก้ไขการแสดงสัญลักษณ์นิวเคลียร์บนกราฟให้ชัด ขนาดสังเกตได้ — สามารถ Zoom ดูกราฟได้ ขยายได้ — ที่หน้ากราฟ ให้มีปุ่มสำหรับกดกลับไปดูด้วยว่า นิวเคลียสเสถียรที่หาได้ 5 นิวเคลียส มีอะไรบ้าง — เมื่อลงจุดได้ครบทั้ง 5 จุดแล้ว ให้มีกรอบคำถาม ถามก่อนว่า “นิวเคลียสที่เสถียร จะมีจำนวนนิวตรอนกับจำนวนโปรตอนเป็นอย่างไร” โดยมีตัวเลือก คือ “เท่ากัน” “โปรตอนมากกว่านิวตรอน” และ “โปรตอนน้อยกว่านิวตรอน” จากนั้น มีปุ่มให้กดตรวจคำตอบ คำตอบที่ถูกคือ “โปรตอนน้อยกว่านิวตรอน” — เมื่อตอบคำถามแล้ว จากนั้น ให้กราฟแสดงจำนวนนิวเคลียสเสถียรทั้ง 10 นิวเคลียสที่มีในสื่อฯ แต่ไม่ได้ค้นพบโดยผู้ใช้ แล้วมีกรอบอธิบายว่า “จุดสีดำที่แสดงเป็นจุดสำหรับนิวเคลียสเสถียรทั้งหมดในกิจกรรม” — ต่อมา มีคำถาม ให้วิเคราะห์ด้วย ว่า “การเพิ่มจำนวนนิวตรอนให้มากขึ้น ทำให้เสถียรภาพของนิวเคลียสเป็นอย่างไร” โดยมีตัวเลือก คือ “น้อยลง” “เท่าเดิม” และ “มากขึ้น” คำตอบคือ “มากขึ้น” — จากนั้น เป็นการแสดงกราฟของนิวเคลียสที่เสถียรทั้งหมด	— การสร้างกราฟ ไม่สามารถระบุค่าลงจุดได้ชัดเจน และเมื่อลงแล้วได้ค่าที่คลาดเคลื่อน — การแสดงกราฟนิวเคลียสที่เสถียรทั้งหมด ไม่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้

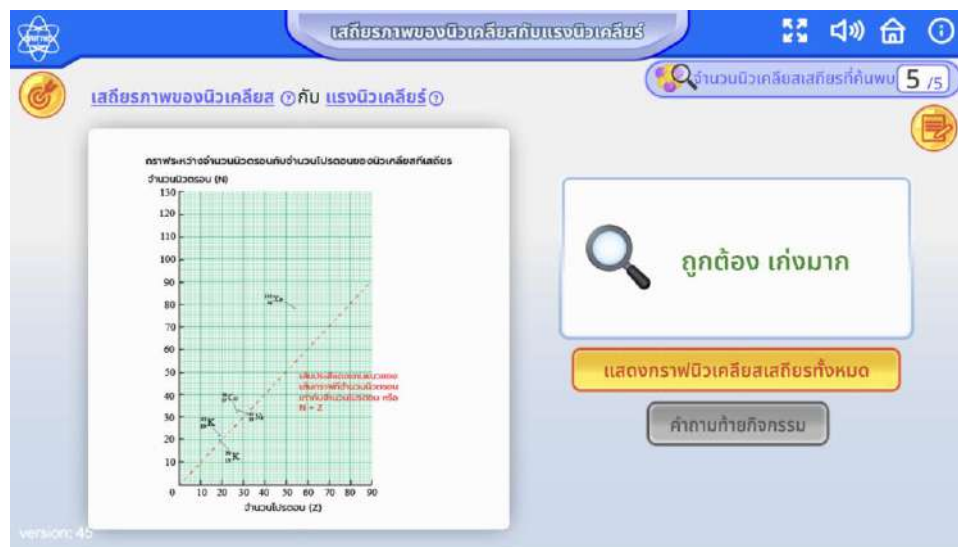


ภาพประกอบการแก้ไข

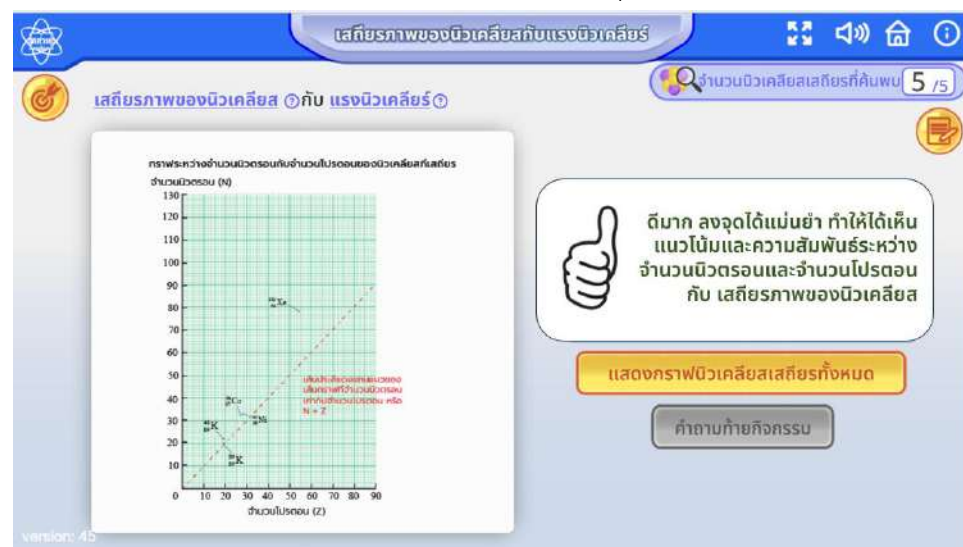


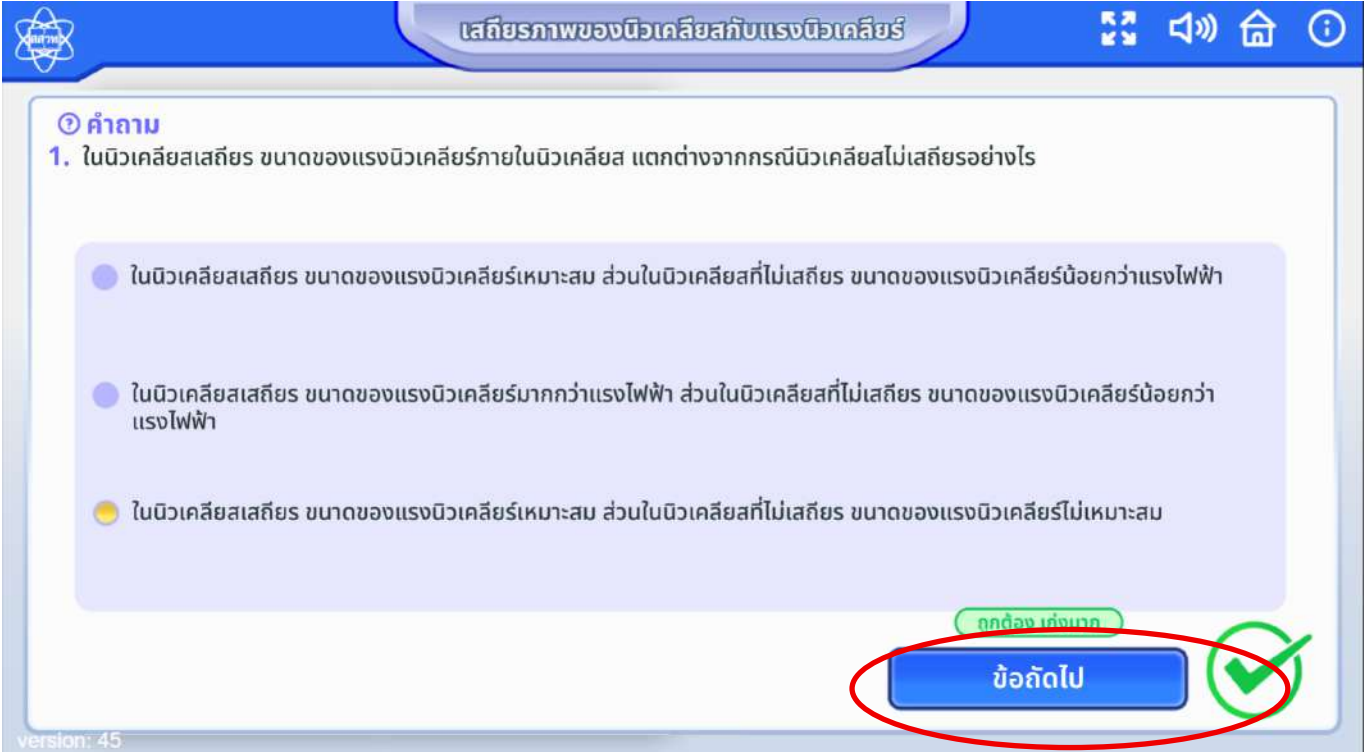
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
15.	การให้ feedback เมื่อทำกิจกรรมได้สำเร็จ	— แก้ไขจากการแสดงกรอบข้อความ “ถูกต้อง เก่งมาก” เป็นกรอบข้อความว่า “ดีมาก ลงจุดได้แม่นยำ ทำให้ได้เห็นแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนิวตรอนและจำนวนโปรตอน กับ เสถียรภาพของนิวเคลียส”	เน้นการให้ feedback ที่กระบวนการ และผลลัพธ์ที่มีความหมาย ตามหลักการให้ feedback ที่ดี
ภาพประกอบการแก้ไข			

หน้าจอสื่อเดิม

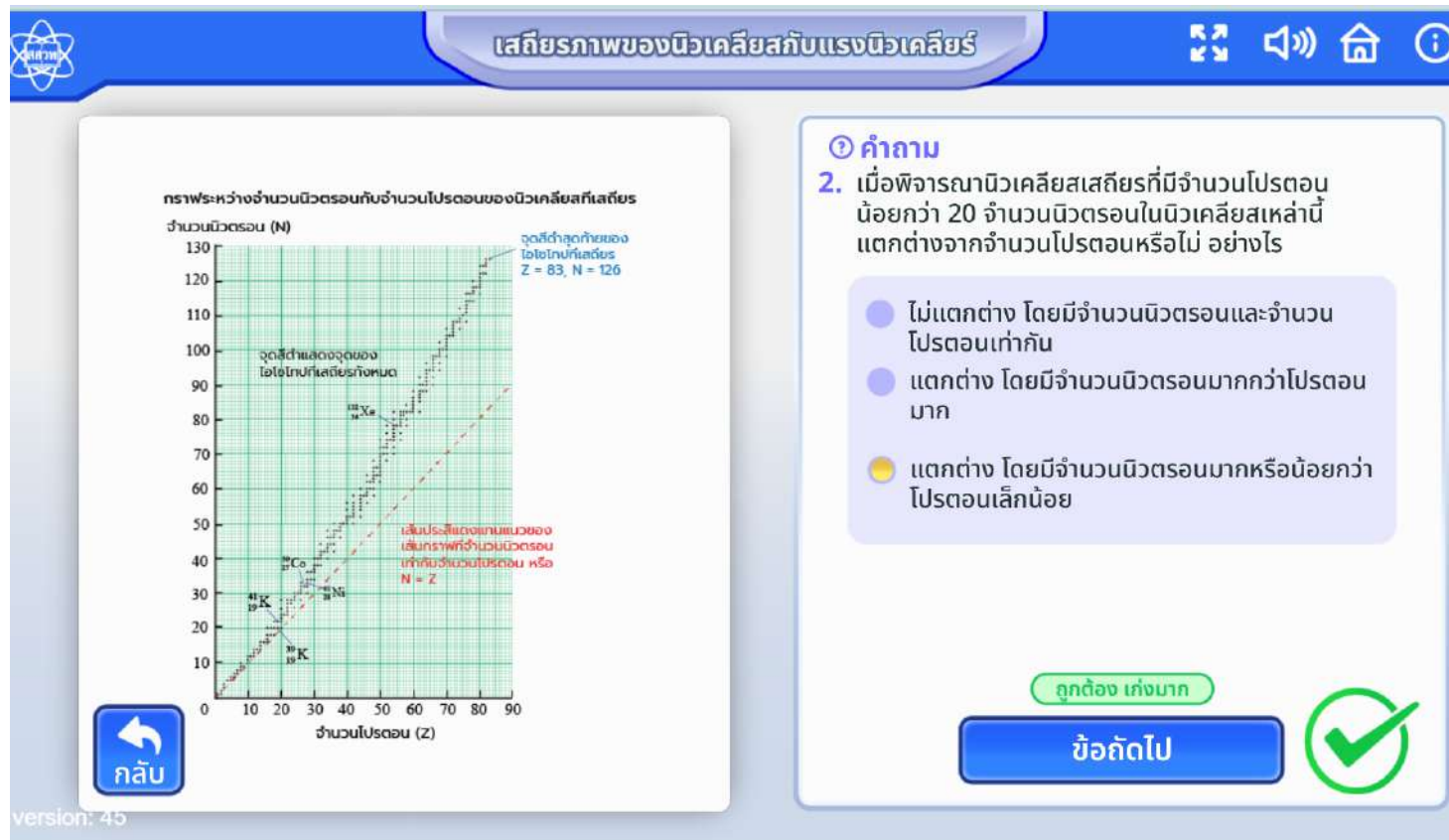


ตัวอย่างหน้าจอที่ปรับปรุง



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
16.	การให้ feedback การตอบคำถามท้ายกิจกรรม และ รูปภาพประกอบคำถามท้ายกิจกรรม	— ถ้าตอบถูก แก้ไขจาก “ถูกต้อง เก่งมาก” เป็นกรอบข้อความที่แสดงทั้งในกรณีตอบถูกและตอบผิด ดังรายละเอียดด้านล่าง — แก้ไขการแสดงกราฟ ให้กราฟใหญ่ ชัดเจน อาจทำเป็นปุ่มกราฟให้กดดูข้าง ๆ คำถาม	เปลี่ยนเป็นการให้ feedback ตามหลักการให้ feedback ที่ดี
ภาพประกอบการแก้ไข  ○ ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง ในนิวเคลียสที่เสถียรส่วนใหญ่ แรงนิวเคลียร์เป็นแรงดึงดูดจะมีขนาดมากกว่าแรงไฟฟ้าที่เป็นแรงผลักระหว่างโปรตอนมาก ทำให้นิวคลีออนยึดเหนี่ยวกันได้ แต่ในนิวเคลียสที่ไม่เสถียร แรงนิวเคลียร์จะไม่สามารถเอาชนะแรงไฟฟ้าได้” ○ ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ นิวเคลียสเสถียรคือนิวคลีออนรวมกันอยู่ได้ ถ้าแรงไฟฟ้าที่เป็นแรงผลักรมากกว่าแรงนิวเคลียร์ซึ่งเป็นแรงดึงดูด จะเกิดอะไรขึ้น ลองกลับไปดูคำนิยามของคำว่า นิวเคลียสที่เสถียร และลองเปรียบเทียบขนาดของแรงทั้งสองอีกครั้ง”			





- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สักเกตได้ดีมาก สำหรับธาตุเบา นิวเคลียสที่เสถียรจะมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนใกล้เคียงกัน”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ดูกราฟระหว่างจำนวนนิวตรอนกับจำนวนโปรตอนของนิวเคลียสที่เสถียรอีกที ช่วงที่ $Z < 20$ นิวเคลียสที่เสถียรมีจำนวนนิวตรอนใกล้เคียงกันกับจำนวนโปรตอน”

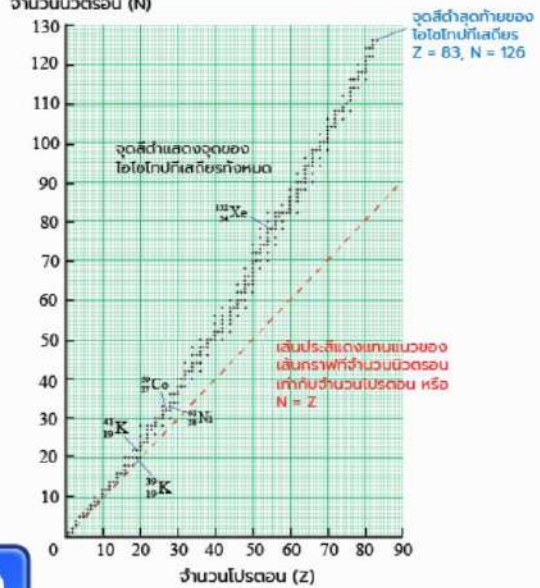


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์






กราฟระหว่างจำนวนนิวตรอนกับจำนวนโปรตอนของนิวเคลียสที่เสถียร



จำนวนนิวตรอน (N)

จำนวนโปรตอน (Z)

version: 45

 กลับ

คำถาม

3. เมื่อพิจารณานิวเคลียสเสถียรที่มีจำนวนโปรตอนมากกว่า 20 จำนวนนิวตรอนในนิวเคลียสเหล่านี้แตกต่างจากจำนวนโปรตอนหรือไม่ อย่างไร

- ☐ ไม่แตกต่าง โดยมีจำนวนนิวตรอนและจำนวนโปรตอนเท่ากัน
- ☒ แตกต่าง โดยมีจำนวนนิวตรอนมากกว่าโปรตอนมากขึ้นเรื่อย ๆ
- ☐ แตกต่าง โดยมีจำนวนนิวตรอนมากหรือน้อยกว่าโปรตอนเล็กน้อย

ถูกต้อง เก่งมาก

ข้อถัดไป



- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟได้ดี นิวเคลียสที่ใหญ่ขึ้น จะมีสัดส่วนของจำนวนนิวตรอนมากขึ้น เพื่อให้มีแรงนิวเคลียร์มากขึ้น ที่สามารถเอาชนะแรงผลักระหว่างโปรตอนที่มากขึ้นได้”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ เมื่อโปรตอนเพิ่มมากขึ้น แรงผลักไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ถ้านิวตรอนยังเท่าเดิม นิวเคลียสจะอยู่ได้หรือไม่”

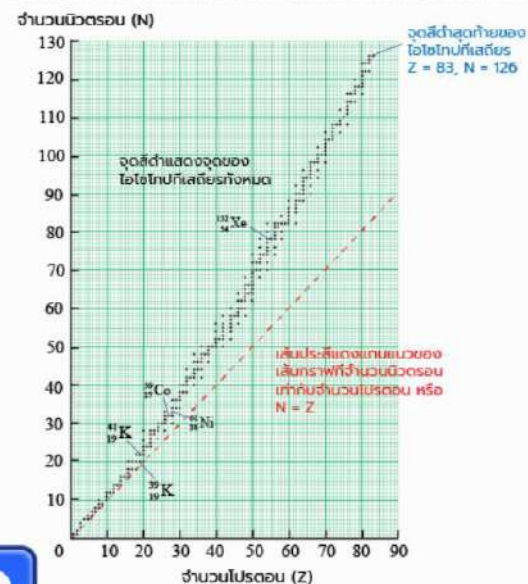




เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์



กราฟระหว่างจำนวนนิวตรอนกับจำนวนโปรตอนของนิวเคลียสที่เสถียร



version: 45

๑ คำถาม

4. เพราะเหตุใด นิวเคลียสเสถียรที่มีจำนวนโปรตอนมากกว่า 20 จึงมีจำนวนนิวตรอนมากกว่าจำนวนโปรตอน

- ☐ เพราะทำให้มีแรงนิวเคลียร์ที่เป็นแรงดึงดูดน้อยลง ชดเชยกับแรงไฟฟ้าที่มากขึ้นและเป็นแรงผลัก
- ☐ เพราะทำให้แรงนิวเคลียร์ที่เป็นแรงดึงดูดมากขึ้น ชดเชยกับแรงไฟฟ้าที่น้อยลงและเป็นแรงผลัก
- ☒ เพราะทำให้มีแรงนิวเคลียร์ที่เป็นแรงดึงดูดมากขึ้น ชดเชยกับแรงไฟฟ้าที่มากขึ้นและเป็นแรงผลัก

ถูกต้อง เก่งมาก

ข้อถัดไป



- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง เข้าใจเหตุผลเชิงฟิสิกส์ได้ดี โดยเฉพาะการมีสมดุลของแรงระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลัก การเข้าใจกลไกนี้ทำให้เข้าใจว่าทำไมธาตุหนัก ๆ ถึงยังมีเสถียรภาพอยู่ได้”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ พิจารณา 'แรง' ที่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อจำนวนโปรตอนเพิ่ม แรงอะไรเพิ่มตาม และนิวตรอนทำหน้าที่อะไรได้โดยที่ไม่เพิ่มแรงผลักนั้น ลองพิจารณาบทบาทของแรงนิวเคลียร์และแรงไฟฟ้าเป็นหลักดู”

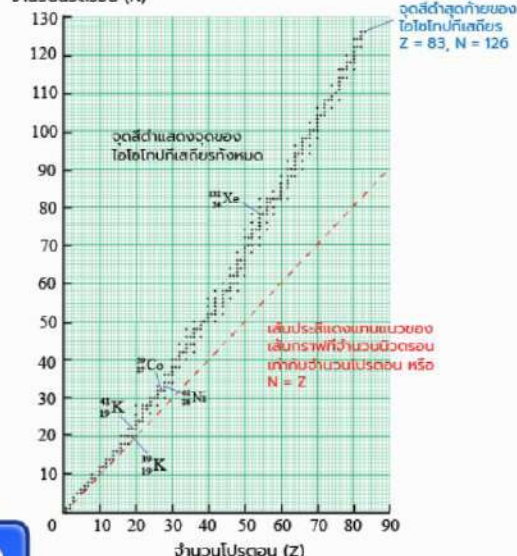


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์






กราฟระหว่างจำนวนนิวตรอนกับจำนวนโปรตอนของนิวเคลียสที่เสถียร



version: 45

❗ คำถาม

5. เมื่อนิวเคลียสมีจำนวนโปรตอนมากกว่า 83 เสถียรภาพของนิวเคลียสเป็นอย่างไร และจำนวนนิวตรอนในนิวเคลียสเหล่านี้ แตกต่างจากจำนวนโปรตอนหรือไม่ อย่างไร

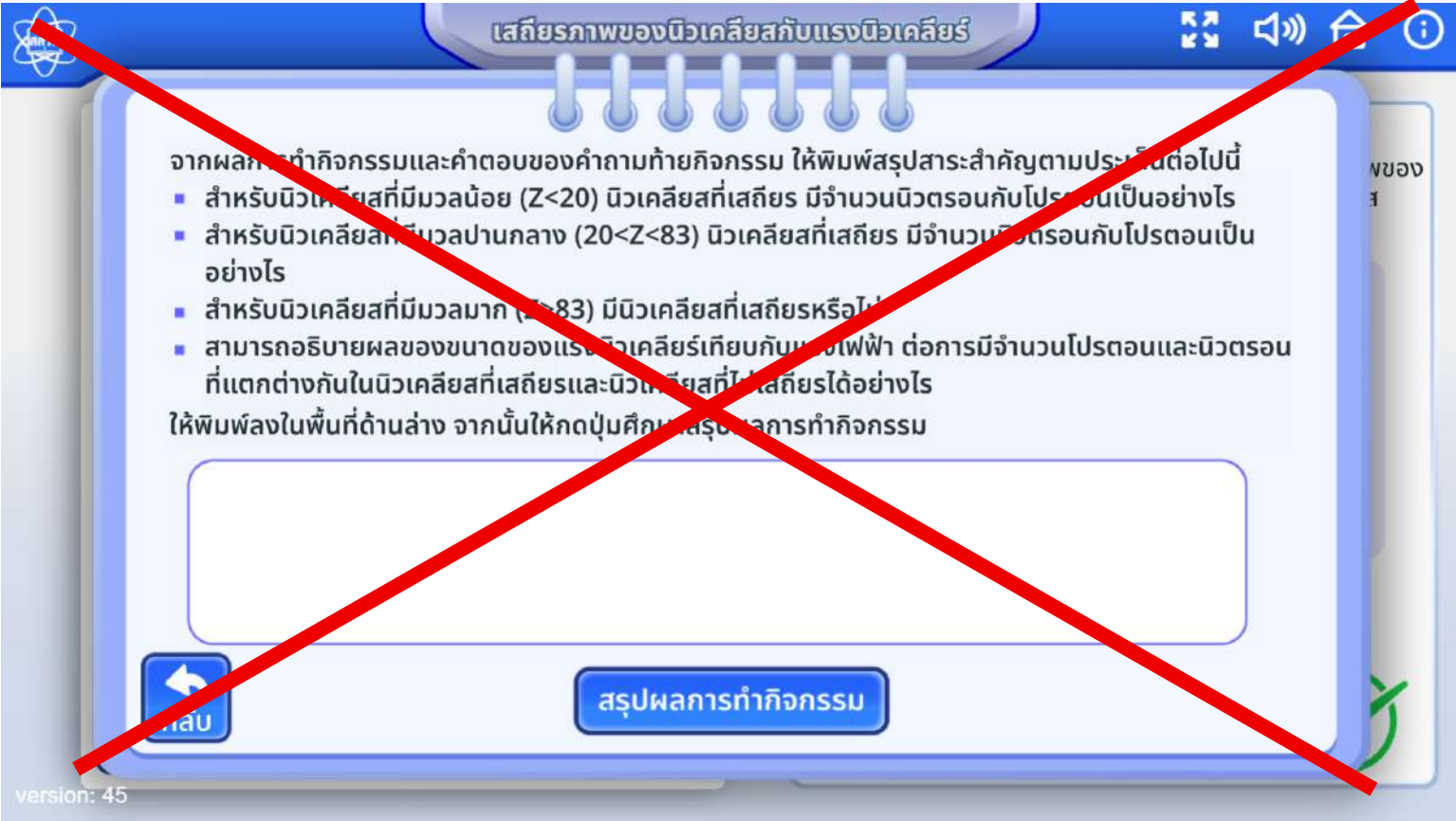
- นิวเคลียสเสถียร โดยจำนวนนิวตรอนมากกว่าโปรตอนมาก
- นิวเคลียสเสถียร โดยจำนวนโปรตอนมากกว่านิวตรอน
- นิวเคลียสไม่เสถียร โดยจำนวนนิวตรอนมากกว่าโปรตอนมาก

สรุปผลการทำกิจกรรม

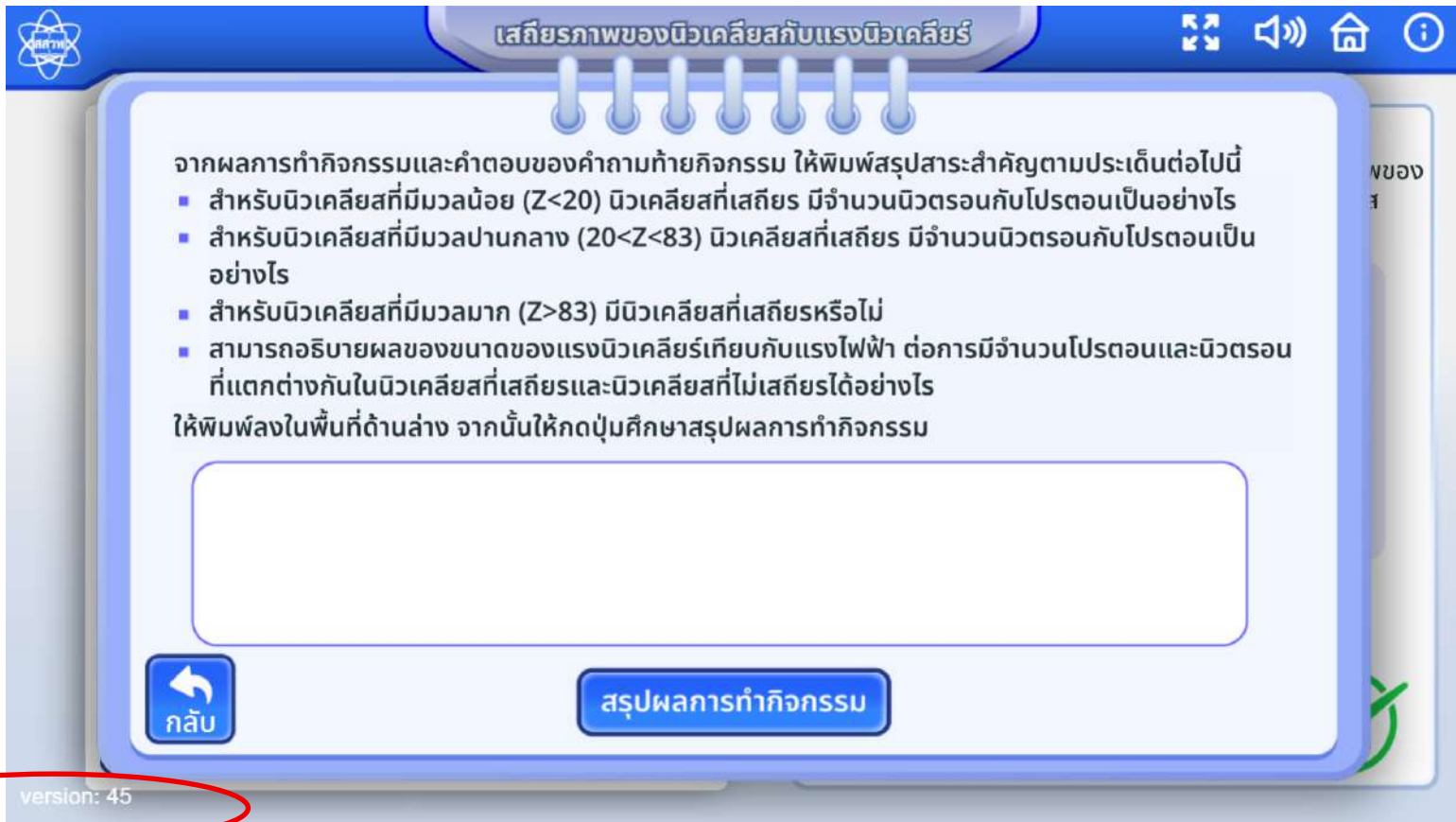
✓

- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง เสถียรภาพของนิวเคลียสมีขีดจำกัด เมื่อนิวเคลียสมีจำนวนโปรตอนมากถึงจุด ๆ หนึ่ง ถึงแม้จำนวนนิวตรอนจะมีมากแค่ไหน แรงผลักทางไฟฟ้าจากโปรตอนจะมากกว่าเสมอ”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที พิจารณาจากกราฟว่า มีนิวเคลียสที่มีจำนวนโปรตอนมากกว่า 83 เป็นนิวเคลียสที่เสถียรหรือไม่ และสัดส่วนระหว่างนิวตรอนกับโปรตอนเป็นอย่างไร”



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
17.	ข้อความให้สรุปผลการทำกิจกรรม	— ตัดออกทั้งหน้า	การพิมพ์สรุป ตรวจสอบได้ยาก และมีโอกาสสูงที่นักเรียนจะไม่พิมพ์แล้วไปดูสรุปเลย
ภาพประกอบการแก้ไข 			

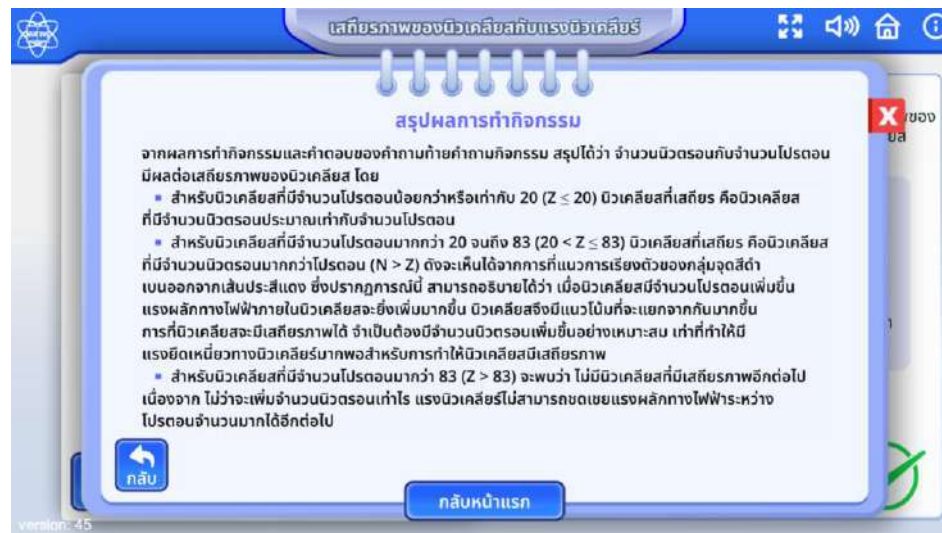


จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
18.	ทุกหน้า	— นำคำว่า version: 45 ออก	ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อเรียนรู้ อาจทำให้สับสน และเข้าใจว่า ยังพัฒนาไม่เสร็จ ไม่พร้อมใช้งาน
ภาพประกอบการแก้ไข 			

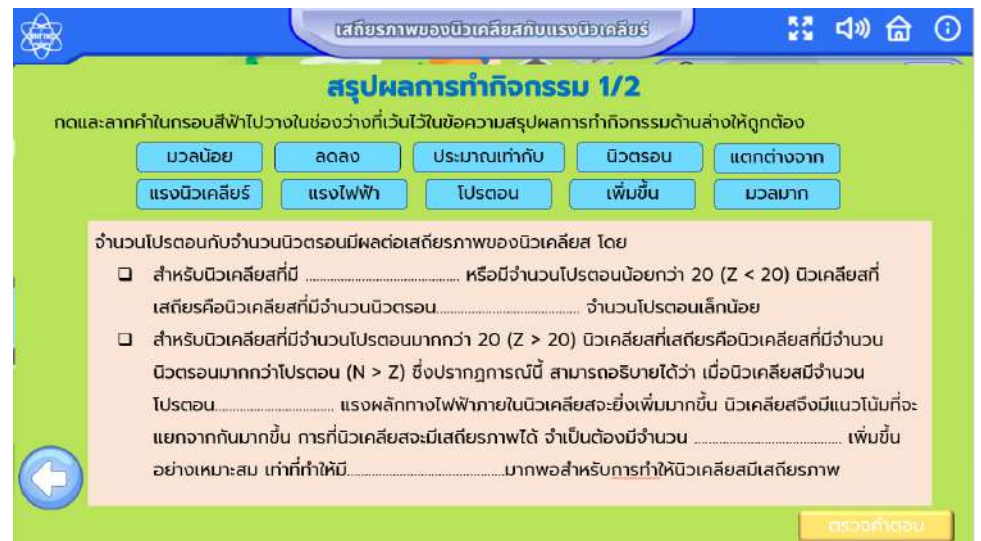


จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
19.	- การสรุปผลการทำกิจกรรมเป็นแบบให้ตรวจสอบกับที่สรุปไว้ - ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ	- ปรับการสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง - มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟค ประมื่อ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้	— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย — ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ — ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว — มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน
ภาพประกอบการแก้ไข			

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

สรุปผลการทำกิจกรรม 1/2

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ประมาณเท่ากับ นิวตรอน

แรงไฟฟ้า โปรตอน เพิ่มขึ้น มวลมาก

จำนวนโปรตอนกับจำนวนนิวตรอนมีผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส โดย

☐ สำหรับนิวเคลียสที่มี ... **มวลน้อย** ✓ หรือมีจำนวนโปรตอนน้อยกว่า 20 ($Z < 20$) นิวเคลียสที่

ต่างจาก **มวลน้อย** ✗ จำนวนโปรตอนเล็กน้อย

20 ($Z > 20$) นิวเคลียสที่เสถียรคือนิวเคลียสที่มีจำนวน

การนี้ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อนิวเคลียสมีจำนวน

โปรตอน **ลดลง** ✗ แรงผลัทางไฟฟ้าภายในนิวเคลียสจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น นิวเคลียสจึงมีแนวโน้มที่จะ

แยกจากกันมากขึ้น การที่นิวเคลียสจะมีเสถียรภาพได้ จำเป็นต้องมีจำนวน **นิวตรอน** ✓ เพิ่มขึ้น

อย่างเหมาะสม เท่าที่ทำได้ **แรงนิวเคลียร์** ✓ มากพอสำหรับการทำให้นิวเคลียสมีเสถียรภาพ

←

ตรวจสอบคำตอบ

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

สรุปผลการทำกิจกรรม 1/2

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ลดลง แตกต่างจาก

แรงไฟฟ้า โปรตอน มวลมาก

จำนวนโปรตอนกับจำนวนนิวตรอนมีผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส โดย

☐ สำหรับนิวเคลียสที่มี ... **มวลน้อย** ✓ หรือมีจำนวนโปรตอนน้อยกว่า 20 ($Z < 20$) นิวเคลียสที่

เสถียรคือนิวเคลียสที่มีจำนวนนิวตรอน **ประมาณเท่ากับ** จำนวนโปรตอนเล็กน้อย

☐ สำหรับนิวเคลียสที่มีจำนวนโปรตอนมากกว่า 20 ($Z > 20$) นิวเคลียสที่เสถียรคือนิวเคลียสที่มีจำนวน

นิวตรอนมากกว่าโปรตอน ($N > Z$) ซึ่งปรากฏการณ์นี้ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อนิวเคลียสมีจำนวน

โปรตอน **เพิ่มขึ้น** แรงผลัทางไฟฟ้าภายในนิวเคลียสจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น นิวเคลียสจึงมีแนวโน้มที่จะ

แยกจากกันมากขึ้น การที่นิวเคลียสจะมีเสถียรภาพได้ จำเป็นต้องมีจำนวน **นิวตรอน** ✓ เพิ่มขึ้น

อย่างเหมาะสม เท่าที่ทำได้ **แรงนิวเคลียร์** ✓ มากพอสำหรับการทำให้นิวเคลียสมีเสถียรภาพ

←

ถัดไป ▶

ตรวจสอบคำตอบ

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

นิวเคลียส แรงโน้มถ่วง นิวตรอน แตกต่างจาก เพิ่มขึ้น
นิวคลีออน แรงผลักระหว่างไฟฟ้า โปรตอน แรงไฟฟ้า แรงนิวเคลียร์

☐ สำหรับนิวเคลียสที่มีจำนวน.....มากกว่า 83 ($Z > 83$) จะพบว่า ไม่มีนิวเคลียสที่มีเสถียรภาพอีกต่อไป เนื่องจากไม่สามารถขัดเขย.....ระหว่างโปรตอนจำนวนมากได้อีกต่อไป

←

ตรวจสอบคำตอบ

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

นิวเคลียส แรงโน้มถ่วง นิวตรอน แตกต่างจาก เพิ่มขึ้น
นิวคลีออน แรงไฟฟ้า

☐ สำหรับนิวเคลียสที่มีจำนวน... โปรตอน...มากกว่า 83 ($Z > 83$) จะพบว่า ไม่มีนิวเคลียสที่มีเสถียรภาพอีกต่อไป เนื่องจากไม่สามารถขัดเขย.....ระหว่างโปรตอนจำนวนมากได้อีกต่อไป

←

ตรวจสอบคำตอบ



ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างถูกต้องทั้งหมด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรมได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” ทำเป็นกราฟิกมีสีสัน ออกแบบสวยงาม พร้อมมีริบบิ้น และเสียงปรบมือยินดี และมีปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่กดแล้ว จะเปิดหน้าแบบทดสอบในบราวเซอร์ใหม่

ตั้ร่ร่ง 4 กระดำนเรื่งร่วร่ปร้บปรุ่งสื่อสรณการณ้จ้ลองเบบม้ป้ฏฐัมพ้ณธ์ เรื่ง เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานย้ดเห้ญยว

ล้งค้สื่อ <https://scimath.org/resources/18290/index.html>

กลุ่มวิชาฟ้สิกล้

ภาพรวมของสื่อ

สื่อสรณการณ้จ้ลองเบบม้ป้ฏฐัมพ้ณธ์เรื่ง เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานย้ดเห้ญยว ม้ว้ตุล้ประสงค้ค้ เพื่อห้ผู้ช้งานด้ห้จ้ผลของพลังงานย้ดเห้ญยวที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส และสามารถค้ำนวณส่วพ้ร่งมวลและพลังงานย้ดเห้ญยวของนิวเคลียส ผ่านการท้กิจกรรมที่สร้งส้เงมธรรมห้เป็นรูปธรรมและกระตุนความน้สนใจในการเรื่ยรู้

ในการเรื่ยรู้ด้วยสื่อ เรื่งนี้ผู้ช้งานจะด้ท้กิจกรรมโดยเปรียบเทียบมวลอะตอมของไอโซโทปต้ง ๆ กับ มวลรวมของนิวคลีออนและอ้เล้กตรอนในอะตอมของไอโซโทปนั้น ๆ เพื่อพ้จ้รณาส่วต้ง และน้ไปสู่การค้ำนวณส่วพ้ร่งมวลและพลังงานย้ดเห้ญยว จ้กนั้น จะด้วีเคราะห้กราฟเพื่ออ้บย้ความสัมพ้ณธ์ระหว้งพลังงานย้ดเห้ญยวกับเสถียรภาพของนิวเคลียส

ท้ั้งนี้ ในช่วงท้ยของกิจกรรมของท้งสองกิจกรรมจะมีค้ถามห้ผู้ช้งานด้ตรวจสอบความห้จ้ และมีการห้ผู้ช้งานลากค้มาเติมในช่องว้งของข้อความสรุปลการท้กิจกรรมซ้งเมื่อปฏิบัติได้ถูกต้งแล้ว จะมีล้งค้แบบทดสอบประเม้นความห้จ้เก้ยวกับเนื้อหาในสื่อ ห้ประเม้นตนเอง

สื่อดิจัลมีเส้ยงบรรยายประกอบข้้นตอนการท้กิจกรรม ความหมายของค้ และ ค้าอ้บย้ต้ง ๆ ตลอดการช้งานสื่อ

ขอบเขตของสื่อ

เป็นสรณการณ้จ้ลองการแสดงผลการซ้งของตาซ้งสองแชนที่ซ้างหนึ่งซ้งอะตอมในขณะท้ซ้างหนึ่งซ้งอนุภาคในอะตอม โดยมีโปรแกรมช่วยสร้กราฟ ช่วยในการค้ำนวณปร้มาณต้ง ๆ ที่เก้ยวข้อง มีการห้เนื้อหาในส่วความหมายของค้ศัพท์ เกร้ดความรู้เก้ยวกับนิวเคลียส รวมทั้ง ค้ถามแบบเลือกตอบที่ตรวจค้ตอบได้ กรอบข้อความห้ลากค้มาเติมเพื่อสรุปลการท้กิจกรรม เมื่อช้สื่อเรื่ยรู้เรื่งนี้แล้ว ค้าดหวังว่า ผู้ช้จะสามารถตอบค้ถาม ด้ังนี้ได้

- ส่วพ้ร่งมวลและพลังงานย้ดเห้ญยวค้อะไร ค้ำนวณได้ย้างไร และปร้มาณสองปร้มาณนี้มีควมสัมพ้ณธ์กันย้างไร
- พลังงานย้ดเห้ญยวของนิวเคลียสมีควมสัมพ้ณธ์กับเสถียรภาพของนิวเคลียสย้างไร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
1.	- หน้าปกเป็นของสื่อเสถียรภาพฯ กับพลังงานยืดหยุ่นเรื่องเดียว - เสียงบรรยายดังขึ้นมาเลย ไม่สามารถเลือกปิดเปิดเสียงได้	- ปรับชื่อเรื่องเป็น “เสถียรภาพของนิวเคลียส” ที่จะรวมสื่อทั้งเรื่อง เสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์ และ เสถียรภาพฯ กับพลังงานยืดหยุ่น - เปลี่ยนภาพปกเป็นภาพอื่น ที่กระตุ้นความสนใจมากขึ้น และสื่อถึงเสถียรภาพของนิวเคลียส - ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect	นำสื่อ 2 เรื่อง คือ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ กับ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยืดหยุ่น มา รวมกัน แบ่งเป็น 2 กิจกรรม เพราะเป็นสื่อที่เกี่ยวกับ เสถียรภาพของนิวเคลียส เหมือนกัน
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม 	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
2.	วัตถุประสงคของสื่อ ที่เป็นของเรื่องเดียว	แก้ไขให้รวมวัตถุประสงค์ของสื่อทั้ง 2 กิจกรรม คือ 1. เพื่อศึกษาผลของแรงนิวเคลียร์และผลของจำนวนโปรตอนกับจำนวนนิวตรอนที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส 2. เพื่อศึกษาและคำนวณพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส รวมทั้งความสัมพันธ์ที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส	รวมสื่อฯ ที่อยู่ในหัวข้อใหญ่เดียวกันแล้ว ต้องเปลี่ยนวัตถุประสงค์ให้รวมกัน
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
3.	คำแนะนำการใช้งาน ที่เป็นของสื่อเดียว และไม่มีแนะนำเกี่ยวกับการไม่บันทึกผล	แก้ไขให้คำแนะนำการใช้งานในหน้าแรก เป็นข้อความที่สื่อถึงการใช้งานของสื่อทั้งสองเรื่อง โดยเป็นข้อความว่า “ให้ปฏิบัติตามกรอบข้อความและลูกศรแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ปรากฏขึ้นตามลำดับ ในแต่ละกิจกรรม การทำกิจกรรมภายในสื่อ ไม่มีการบันทึกผลไว้ ถ้าปิดบราวเซอร์ หรือ เปิดสื่อค้างไว้นานเกินกว่า 10 นาที จะต้องเริ่มทำกิจกรรมใหม่ทั้งหมด ดังนั้น ควรเผื่อเวลาในการเรียนรู้จากสื่อประมาณ 10 – 15 นาที ต่อเนื่อง เพื่อให้การเรียนรู้ที่ครบถ้วนสมบูรณ์”	คำแนะนำสอดคล้องกับการรวมสื่อฯ 2 เรื่องให้เป็นเรื่องเดียว

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม 	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 
---	---

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
--------	-------------	--------------------	-------------------



4.	เมื่อกด “เริ่ม” แล้ว จะไม่มีหน้าให้เลือกกิจกรรม	— เพิ่ม หน้าให้เลือกทำกิจกรรม 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ กิจกรรมที่ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว — เพิ่มภาพแสดงนิวเคลียส และตัวอย่างหน้าทำกิจกรรมของสื่อแต่ละเรื่องให้แสดงเป็นสไลด์โชว์ เปลี่ยนไปเรื่อย ๆ พร้อมมีข้อความด้านล่าง ว่า <u>ข้อความแรก</u> “นิวเคลียสที่อยู่ในอะตอมประกอบด้วยโปรตอนที่มีประจุไฟฟ้าบวกและนิวตรอนที่เป็นกลางทางไฟฟ้าอัดแน่นรวมอยู่ด้วยกัน เพราะเหตุใดโปรตอนจึงไม่ผลักออกจากกันด้วยแรงไฟฟ้า มีแรงอะไรที่ทำให้โปรตอนและนิวตรอนยึดเหนี่ยวกับแน่นทำให้นิวเคลียสมีเสถียรภาพ” <u>ข้อความสอง</u> “แล้วถ้าให้พลังงานมากพอแก่นิวเคลียส จะทำให้โปรตอนและนิวตรอนแยกออกจากกันได้หรือไม่ สามารถหาค่าพลังงานนั้นได้หรือไม่ อย่างไร หาคำตอบได้จากการทำกิจกรรมในสื่อสถานการณ์จำลองนี้”	รวมสื่อฯ สองเรื่องให้เป็นหัวข้อใหญ่เดียวกัน
----	---	---	---



ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

เป้าหมาย หาค่าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส 6 นิวเคลียส

เสถียรภาพของนิวเคลียส กับ พลังงานยึดเหนี่ยว

กดที่ตัวอักษรเมา เพื่อศึกษาความหมาย

หน่วยมวลและพลังงาน

ส่วนพร่องมวล $(\Delta m) = (m_{\text{ตัว}} - m_{\text{อนุภาค}})$ = u

พลังงานยึดเหนี่ยว $E = \Delta m (931.5 \text{ MeV/u})$ = MeV

พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (E/A) MeV/nucleons

ตรงคำตอบ

กราฟ

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

เสถียรภาพของนิวเคลียส

กิจกรรมที่ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

กิจกรรมที่ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

นิวเคลียสที่อยู่ในอะตอมประกอบด้วยโปรตอนที่มีประจุไฟฟ้าบวกและนิวตรอนที่เป็นกลางทางไฟฟ้าอัดแน่นรวมอยู่ด้วยกัน เพราะเหตุใดโปรตอนจึงไม่ผลักรอกจากกันด้วยแรงไฟฟ้า มีแรงอะไรที่ทำให้โปรตอนและนิวตรอนยึดเหนี่ยวกับแน่น ทำให้นิวเคลียสมีเสถียรภาพ

เข้าสู่กิจกรรม

เสถียรภาพของนิวเคลียส

กิจกรรมที่ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

กิจกรรมที่ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

แล้วถ้าให้พลังงานมากพอแต่นิวเคลียส จะทำให้โปรตอนและนิวตรอนแยกออกจากกันได้หรือไม่ สามารถหาค่าพลังงานนั้นได้หรือไม่ อย่างไร หาคำตอบได้จากการทำงานกิจกรรมในสื่อสถานการณ์จำลองนี้

เข้าสู่กิจกรรม

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
5.	- เมื่อกดเข้ามาทำกิจกรรมที่ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียส กับพลังงานยึดเหนี่ยว ที่ หน้าแรก ไม่มีคำถามสำคัญ - มีกรอบเป้าหมาย แต่กรอบ ค้างไว้ กดปิดไม่ได้	- เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญและเป้าหมาย ที่กดแล้ว แสดงกรอบคำถามและเป้าหมายสำคัญ แล้วกด ปุ่มกากบาทเพื่อปิดได้ - มีกรอบข้อความแนะนำให้ “กดดูคำถามสำคัญ” และ “กดดูเป้าหมายกิจกรรม” - คำถามสำคัญ - พลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสมีความสัมพันธ์กับเสถียรภาพของนิวเคลียสอย่างไร - เป้าหมาย - ปรับพลังงานให้กับนิวเคลียสที่พอดีทำให้อนุภาคในนิวเคลียสแยกออกจากกัน และหาส่วน พ้องมวลกับพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส 6 นิวเคลียส	- ผู้เรียน จะมีคำถามเป็นสิ่งที่ชี้แนวทางการในการทำกิจกรรมเพื่อหา คำตอบ สามารถเปิดดู และปิดได้ - ผู้เรียน ทราบเป้าหมายและขอบเขต การเรียนรู้จากสื่อ สามารถเปิดดู และปิดได้

ภาพประกอบการแก้ไข

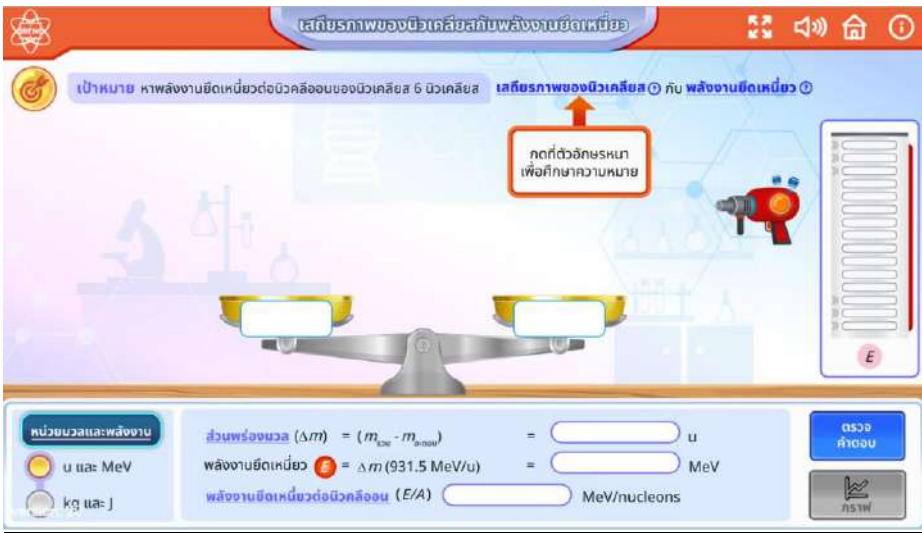
หน้าจอแสดงสื่อเดิม

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

[Signature]

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
6.	— ไม่มีกรอบข้อความแนะนำให้ดูคำแนะนำการใช้งาน	— หลังจากให้ดูเป้าหมายการทำกิจกรรมแล้ว มีกรอบข้อความแนะนำให้ “กดดูคำแนะนำการใช้งาน” โดยลูกศรชี้ไปที่ไอคอน (i) ด้านบนขวา	— คำแนะนำการใช้งานสื่อ ได้เปลี่ยนเป็นของกิจกรรมแต่ละกิจกรรม ดังนั้น จึงย้ายคำแนะนำการใช้งานสื่อเรื่องนี้มาอยู่ที่ไอคอน (i) ด้านบนขวา ให้ตรงกับกิจกรรมนั้น ๆ

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 หน้าจอแสดงสื่อเดิม เป้าหมาย หาค่าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส 6 นิวคลีออน เสถียรภาพของนิวเคลียส กับ พลังงานยึดเหนี่ยว กดที่ตัวอักษรนี้เพื่อศึกษาความหมาย หน่วยมวลและพลังงาน ☐ u และ MeV ☐ kg และ J ส่วนพร่องมวล (Δm) = ($m_{\text{รวม}} - m_{\text{อนุภาค}}$) = u พลังงานยึดเหนี่ยว $E = \Delta m (931.5 \text{ MeV/u})$ = MeV พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (E/A) = MeV/nucleons ตรวจสอบคำตอบ กราฟ	 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ กดดูคำแนะนำการใช้งาน หน่วยมวลและพลังงาน ☐ u และ MeV ☐ kg และ J ส่วนพร่องมวล (Δm) = ($m_{\text{รวม}} - m_{\text{อนุภาค}}$) = u พลังงานยึดเหนี่ยว $E = \Delta m (931.5 \text{ MeV/u})$ = MeV พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (E/A) = MeV/nucleons ตรวจสอบคำตอบ กราฟ

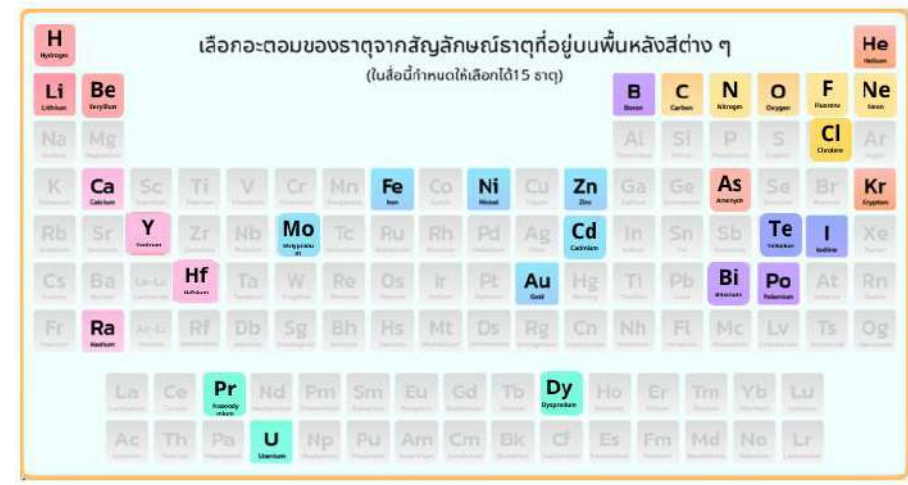


จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
7.	ตารางธาตุแสดงธาตุที่สามารถนำไปหาพลังงานยึดเหนี่ยวได้	— เพิ่มจำนวนธาตุ อีก 15 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ H, Be, N, F, Ne, Cl, As, Y, Mo, Cd, Te, Pr, Dy, Hf, Bi,	จำนวนธาตุที่ให้หาพลังงานยึดเหนี่ยวได้ ยังน้อยเกินไป กราฟที่แสดง จะยังไม่เห็นลักษณะเด่น ๆ ที่ต้องการให้เรียนรู้ และ ธาตุน้อยทำให้ผู้ใช้มีอิสระในการสำรวจตรวจสอบน้อย
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)			

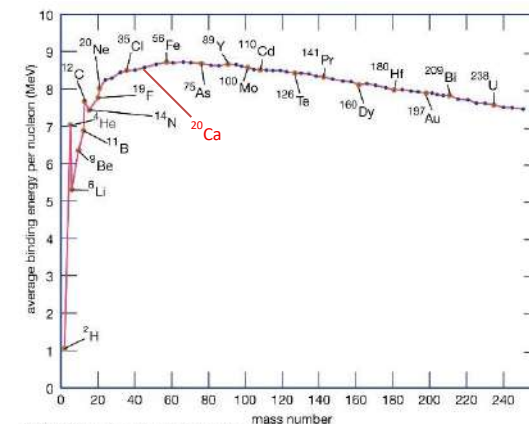
หน้าจอแสดงสื่อเดิม

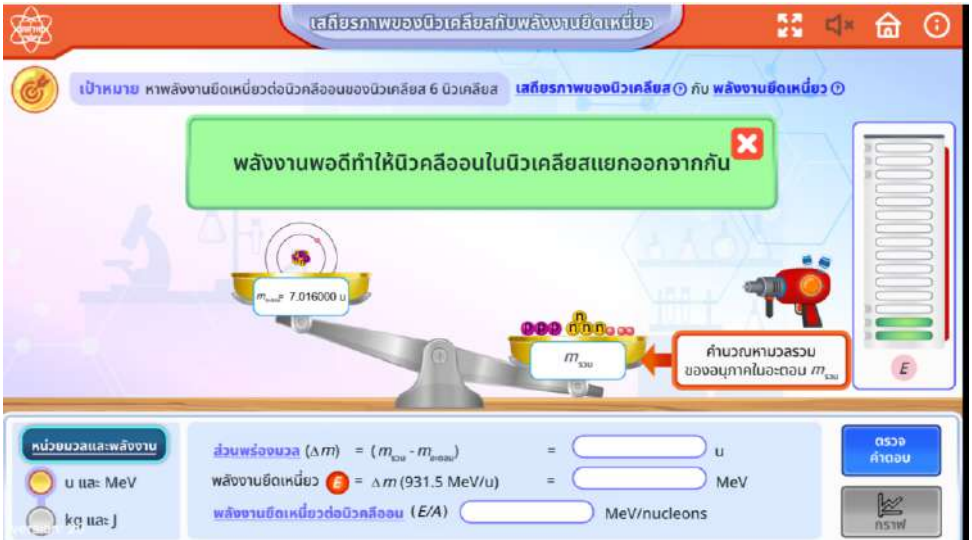


ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

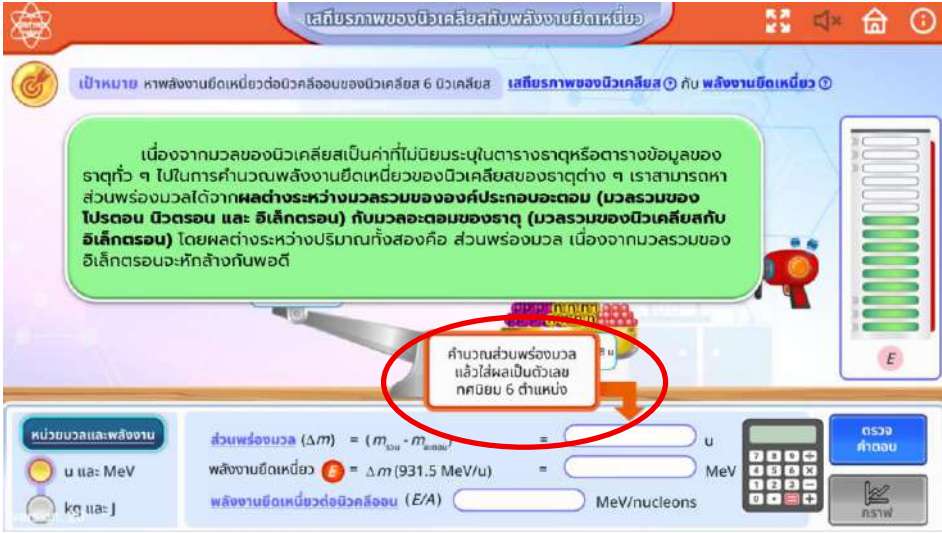


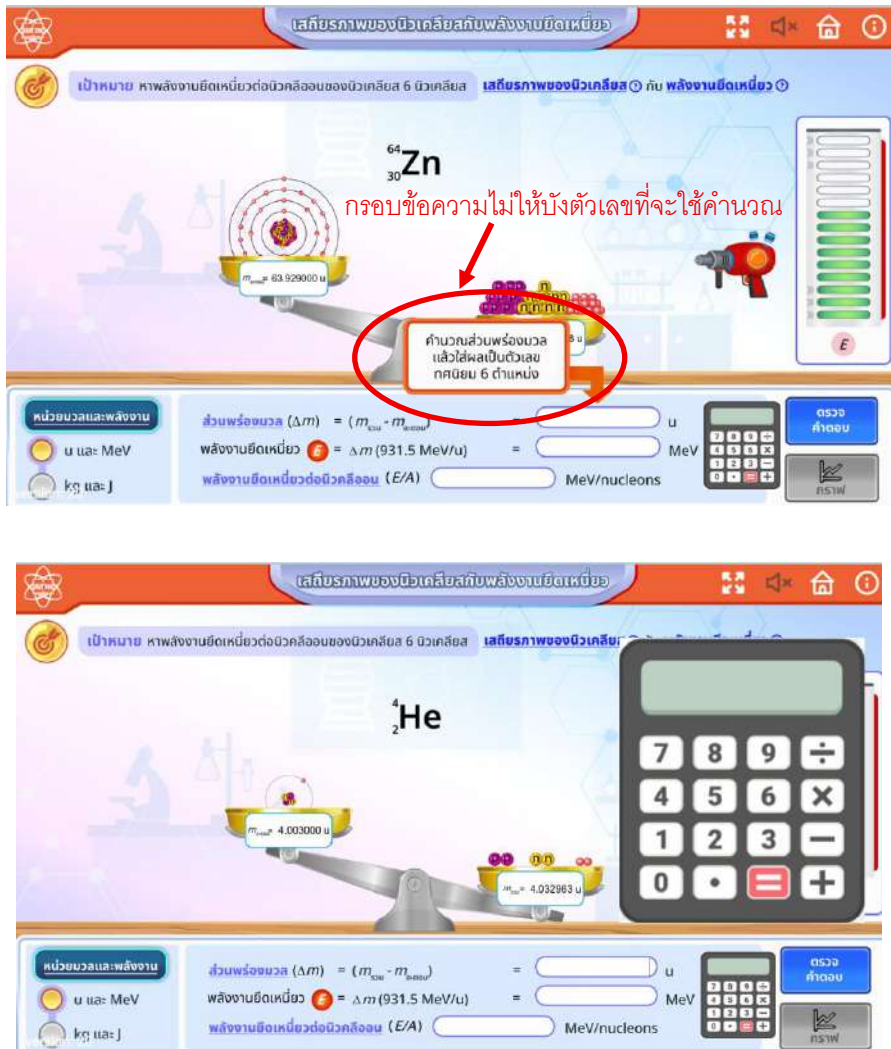
ตัวอย่างกราฟที่จะได้จากการแสดง กราฟระหว่างพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนกับเลขมวล



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุการณ์การแก้ไข
8.	เมื่อยิงเลเซอร์ให้ได้พลังงานที่พอดีทำให้นิวคลีออนแยกออกจากกัน แล้ว จะมี กรอบให้ “คำนวณหามวลรวมของอนุภาคในอะตอม $m_{รวม}$ ” ลูกศรชี้ไปที่ กรอบ $m_{รวม}$ แต่เมื่อกดไปแล้ว ยังไปไหนไม่ได้	— จากเดิม ต้องกดปิดกรอบก่อน แล้วจึงกดกรอบ $m_{รวม}$ ไปต่อได้ แก้ไขเป็น เมื่อกดกรอบ $m_{รวม}$ แล้ว กรอบสีเขียวหรือสีอื่น ๆ จะหายไปอัตโนมัติ และกรอบแสดงการคำนวณจะปรากฏขึ้นมาอัตโนมัติ	ผู้ใช้ ไม่ทราบ ว่า ต้องทำอะไรต่อ เมื่อมีกรอบสีเขียวและสีอื่น ๆ แสดง
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
		(ไม่มี)	



จุด ที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
9	กรอบข้อความระบุขั้นตอนว่า “คำนวณ ส่วนพร้อมมวลแล้วใส่ผลเป็นตัวเลข ทศนิยม 6 ตำแหน่ง”	- เพิ่มกรอบอธิบายเพิ่มเติมด้วยว่า “เนื่องจากมวลของนิวเคลียสเป็นค่าที่ไม่นิยมระบุในตารางธาตุหรือตารางข้อมูลของธาตุทั่ว ๆ ไปในการคำนวณพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ เราสามารถหาส่วนพร้อมมวลได้จากผลต่างระหว่างมวลรวมขององค์ประกอบอะตอม (มวลรวมของโปรตอน นิวตรอน และ อิเล็กตรอน) กับมวลอะตอมของธาตุ (มวลรวมของนิวเคลียสกับ อิเล็กตรอน) โดยผลต่างระหว่างปริมาณทั้งสองคือ ส่วนพร้อมมวล เนื่องจากมวลรวมของอิเล็กตรอนจะหักล้างกันพอดี” - ย้ายกรอบ “คำนวณส่วนพร้อมมวลแล้วใส่ผลเป็นตัวเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง” ไปไม่ให้บังตัวเลขหน้าภาคของเครื่องชั่ง	ผู้ใช้งานบางคนอาจสับสนว่า ทำไมไม่ใช้มวลของนิวเคลียสเท่านั้น
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุการณ์แก้ไข
10.	ไม่มีเครื่องคิดเลข ให้อยู่ช่วยคำนวณ	เพิ่มปุ่มเครื่องคิดเลข ที่สามารถกดแล้ว คำนวณค่าต่าง ๆ ได้	เพิ่มความสะดวกในการใช้สื่อ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



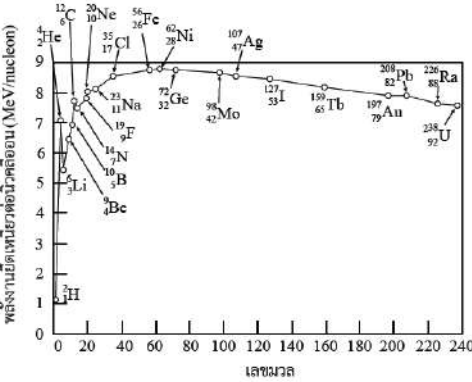
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
11.	การบันทึกตัวเลขแล้วตรวจคำตอบ เมื่อบันทึกตัวเลขผิด จะมีแค่เครื่องหมายผิด ไม่มีคำแนะนำว่า ให้แก้ไขอย่างไร	เมื่อบันทึกตัวเลขผิด ให้มีกรอบแนะนำด้วยว่า ควรแก้ไขอย่างไร “ลองดูใหม่ ตัวเลขที่ใช้คำนวณถูกต้องหรือไม่ หรือ ผลที่ได้มีการปัดทศนิยมแล้วหรือยัง โดยถ้าน้อยกว่า 5 ให้ปัดลง เท่ากับหรือมากกว่า 5 ให้ปัดขึ้น”	เมื่อผู้จัดทำผิด จะได้เรียนรู้ว่า จุดไหนที่ต้องแก้ไข
ภาพประกอบการแก้ไข			

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
12.	— การแสดงกราฟหลังจากคำนวณหาพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนได้ถูกต้องแล้ว — สื่อแสดงกราฟที่ทำการลงจุดให้แล้วอัตโนมัติ	— แก้ไขให้เป็นการให้ผู้ใช้งานลงจุดบนกราฟเอง เหมือนเรื่องเสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์ — ทำสเกลกราฟให้ใหญ่กว่านี้ อาจทำเป็นกราฟหน้า แล้วสามารถเลื่อนซ้ายขวา หรือ เลื่อนขึ้นลง เพื่อดูอีกกราฟ — ทำให้สามารถ Zoom ดูกราฟได้ ขยายได้ เพื่อการลงจุดที่ถูกต้อง โดยมีการแนะนำผู้ใช้ด้วยว่า สามารถ ZOOM ดูกราฟได้ — เมื่อลงจุดได้ครบทั้ง 6 จุด ถูกต้องแล้ว ให้แสดงการลงจุดธาตุที่เคลื่อนที่ปรากฏในตารางธาตุ และแสดงเส้นกราฟ — ทำกราฟให้เหมือนหนังสือเรียน โดยแก้ไข Li-6 บนกราฟด้วย และแก้ไขจุดแสดง Ni ให้แยกจากจุดอื่น ชัดเจน — ตอบคำถาม ทำให้สามารถเปิดกราฟเพื่อดูหน้าเดียวกันกับคำถาม	— การสร้างกราฟเอง จะได้ฝึกทักษะการเขียนกราฟ และได้วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมระหว่างการลงจุดบนกราฟ — กราฟที่แสดงเห็นไม่ชัด — ตัวอย่างกราฟจากหนังสือเรียนดังรูปด้านล่าง  รูป 20.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนกับเลขมวล

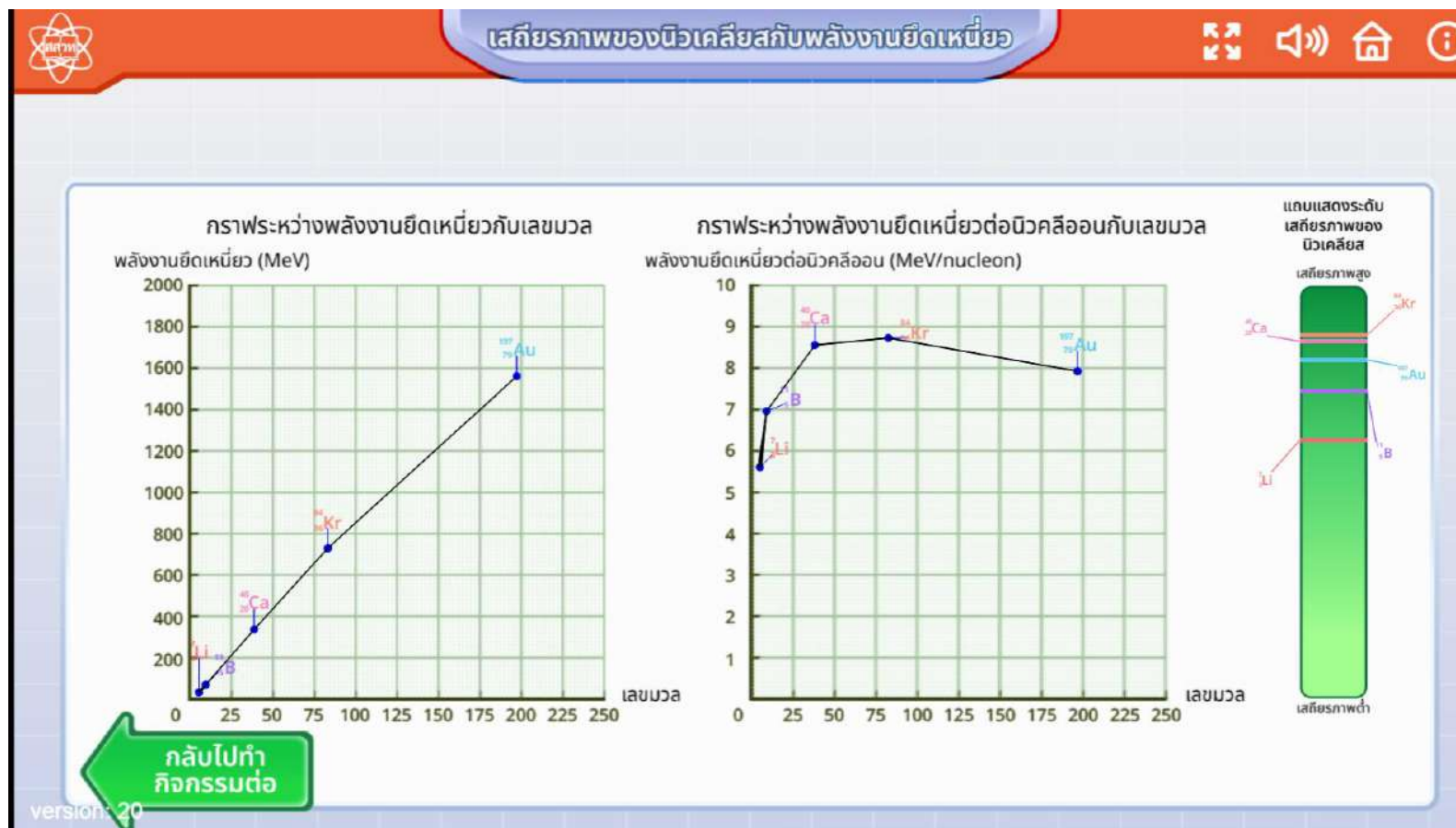


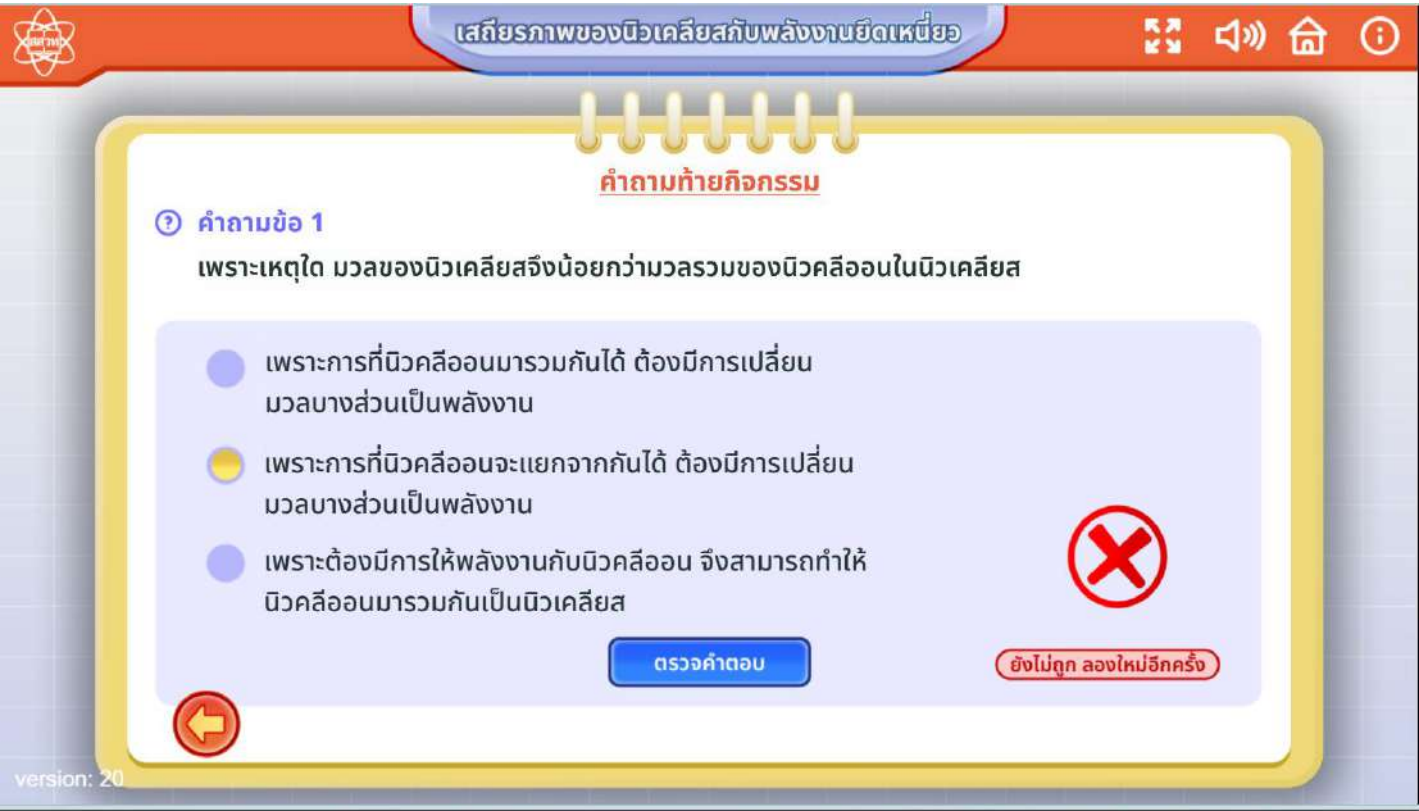
ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

ตัวอย่างหน้าจอสื่อปรับปรุง

- ไม่มี -



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
13.	แก้ไขคำถามบางข้อ และการให้ feedback การตอบคำถามท้ายกิจกรรม	— ถ้าตอบถูก แก้ไขจาก “ถูกต้อง เก่งมาก” เป็นกรอบข้อความที่แสดงทั้งในกรณีตอบถูกและตอบผิด ดังรายละเอียดด้านล่าง	เปลี่ยนเป็นการให้ feedback ตามหลักการให้ feedback ที่ดี
ภาพประกอบการแก้ไข  ○ ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง เข้าใจแนวคิดเรื่อง ‘ส่วนพร่องมวล’ ได้ดีมาก การเชื่อมโยงมวลที่หายไปกับพลังงานตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานของไอน์สไตน์เป็นหัวใจสำคัญของเรื่องนี้”			



- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ทบทวนเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานของไอน์สไตน์อีกครั้ง”

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

คำถามท้ายกิจกรรม

❓ **คำถามข้อ 2**

จากกราฟพลังงานยึดเหนี่ยวกับเลขมวล **แสดงว่า** พลังงานยึดเหนี่ยวกับจำนวนนิวคลีออน
ในนิวเคลียสมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

- ☐ นิวเคลียสที่มีจำนวนนิวคลีออนน้อย จะยังมีพลังงานยึดเหนี่ยวมาก
- ☐ นิวเคลียสที่มีจำนวนนิวคลีออนมาก จะยังมีพลังงานยึดเหนี่ยวน้อย
- ☒ นิวเคลียสที่มีจำนวนนิวคลีออนมาก จะยังมีพลังงานยึดเหนี่ยวมาก

วิเคราะห์ได้เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

←

คำถามข้อ 3

version: 20

- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สังเกตแนวโน้มของกราฟได้ดีมาก เมื่อนิวเคลียสมีจำนวนนิวคลีออนมากขึ้น พลังงานรวมที่ต้องใช้ยึดทุกอนุภาคไว้ย่อมมากขึ้นตาม”

- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ จากกราฟพลังงานยึดเหนี่ยวกับเลขมวล เมื่อเลขมวล (ค่าบนแกน X) เพิ่มขึ้น พลังงานยึดเหนี่ยว (ค่าบนแกน Y) มีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงครับ ลองมองการปรับค่าบนแกนทั้งสองของกราฟทั้งเส้นดู”

○

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

คำถามท้ายกิจกรรม ตกระ: “เ” คำว่า “เสถียร”

❓ **คำถามข้อ 3**

การที่นิวเคลียสมีพลังงานยึดเหนี่ยวมาก ส่งผลให้นิวเคลียสนั้นมีเสถียรภาพของนิวเคลียสมากด้วยหรือไม่ อย่างไร

- ☐ ส่งผล โดยนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวมาก ทำให้นิวเคลียสนั้นมีเสถียรภาพมากขึ้นด้วย
- ☒ ไม่ส่งผล โดยนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวมาก เป็นนิวเคลียสที่ไม่เสถียร
- ☐ ส่งผลหรือไม่ก็ได้ โดยนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวมาก อาจมีเสถียรภาพน้อยกว่านิวเคลียสบางนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวน้อยกว่า





[ตรวจสอบคำตอบ](#) ยังไม่ถูก ลองใหม่อีกครั้ง



version: 20

- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สังเกตกราฟได้ดี นี่ก็จุดที่หลายคนเข้าใจคลาดเคลื่อน”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ พลังงานยึดเหนี่ยวมาก เสถียรภาพจะมากเสมอไปหรือไม่”



เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

คำถามท้ายกิจกรรม

❓ **คำถามข้อ 4**

จากกราฟพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนกับเลขมวล ธาตุที่มีเลขมวลอยู่ในช่วงใด เป็นธาตุที่มีเสถียรภาพมากที่สุด เมื่อเทียบกับธาตุในช่วงเลขมวลอื่น ๆ เพราะเหตุใด

ในการแยกนิวคลีออนออกจากกัน

- ☐ 35-50 เพราะธาตุในช่วงเลขมวลนี้ มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด
- ☒ 55-70 เพราะธาตุในช่วงเลขมวลนี้ มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด
- ☐ 70-85 เพราะธาตุในช่วงเลขมวลนี้ มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด




คำถามข้อ 5

version: 20

- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สามารถระบุช่วงเลขมวลได้ถูกต้องและให้เหตุผลโดยเชื่อมโยงกับค่าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนสูงสุดในกราฟได้ชัดเจน”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ แกน Y คือ 'พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน' เสถียรภาพที่สุดคือจุดที่กราฟอยู่ 'สูงที่สุด' ลองมองไปที่เลขมวล แกน X ของจุดที่สูงที่สุดนั้นดูว่าคือช่วงไหน”



เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

คำถามท้ายกิจกรรม

❓ คำถามข้อ 5

จากกราฟพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนกับเลขมวล ธาตุใดมีเสถียรภาพมากที่สุด

ในการแยกนิวคลีออนออกจากกัน

แคลเซียม (Ca)

นิกเกิล (Ni)

~~ยูเรเนียม (U)~~
เจน (Au)

แก้ไข ให้มีจุดแสดงธาตุ
สองธาตุนี้ในกราฟด้วย

วิเคราะห์ได้เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

คำถามข้อ 6

version: 20

- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สามารถสังเกตและระบุชื่อธาตุที่เป็นจุดสูงสุดของกราฟที่สะท้อนถึงเสถียรภาพของนิวเคลียสได้ถูกต้อง”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที สังเกตจุดบนกราฟที่อยู่สูงสุด ธาตุที่อยู่ ณ จุดนั้นคือธาตุที่เสถียรที่สุด”



คำถามท้ายกิจกรรม

❓ คำถามข้อ 6

จากกราฟพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนกับเลขมวล สำหรับธาตุที่มีเลขมวลมากกว่าเลขมวลของนิกเกิล เสถียรภาพของธาตุเหล่านั้นมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

- ☐ นิวเคลียสจะมีเสถียรภาพน้อยลง
- ☐ นิวเคลียสจะมีเสถียรภาพมากขึ้น
- ☒ ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน



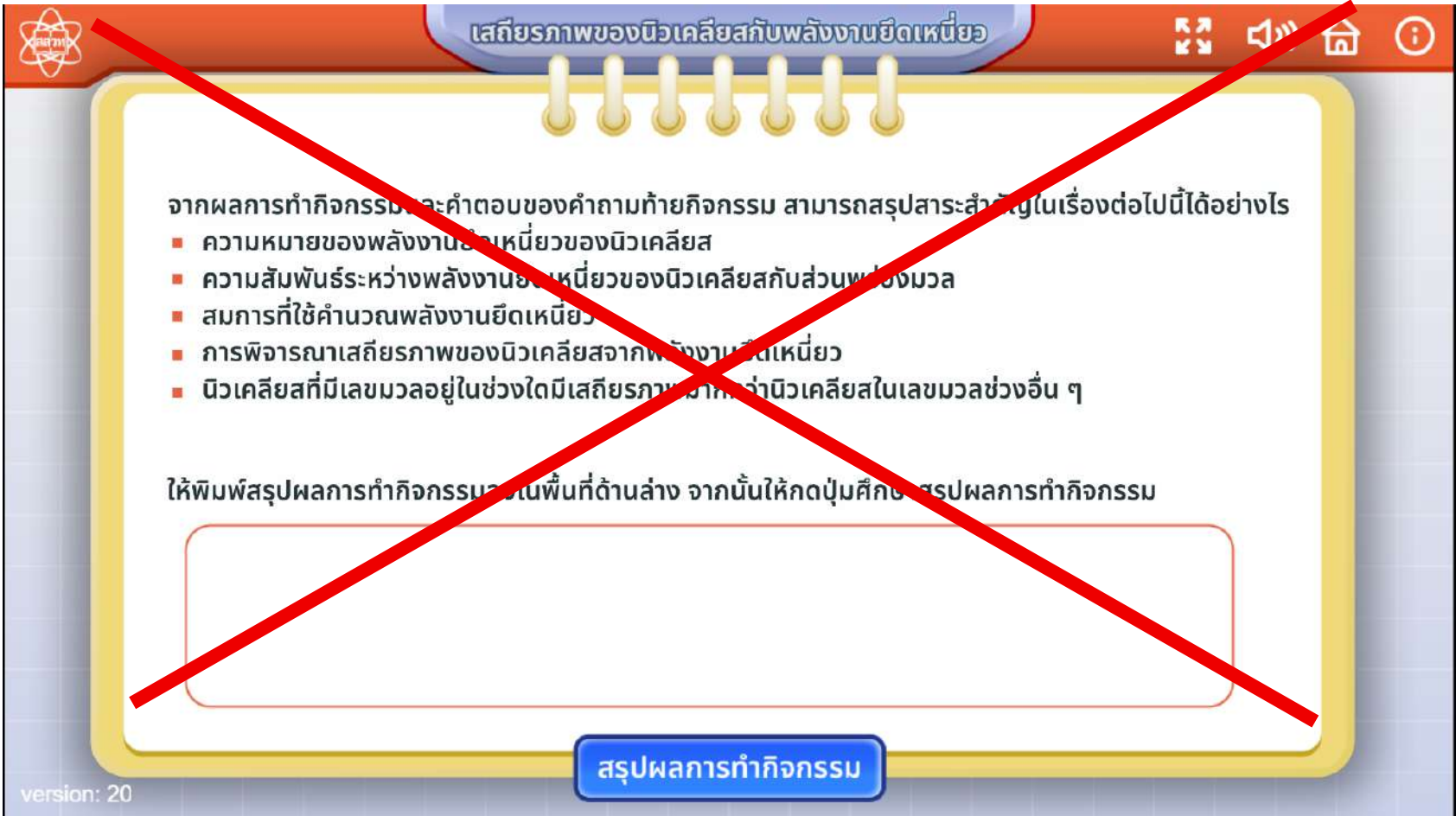
ตรวจคำตอบ

ยังไม่ถูก ลองใหม่อีกครั้ง

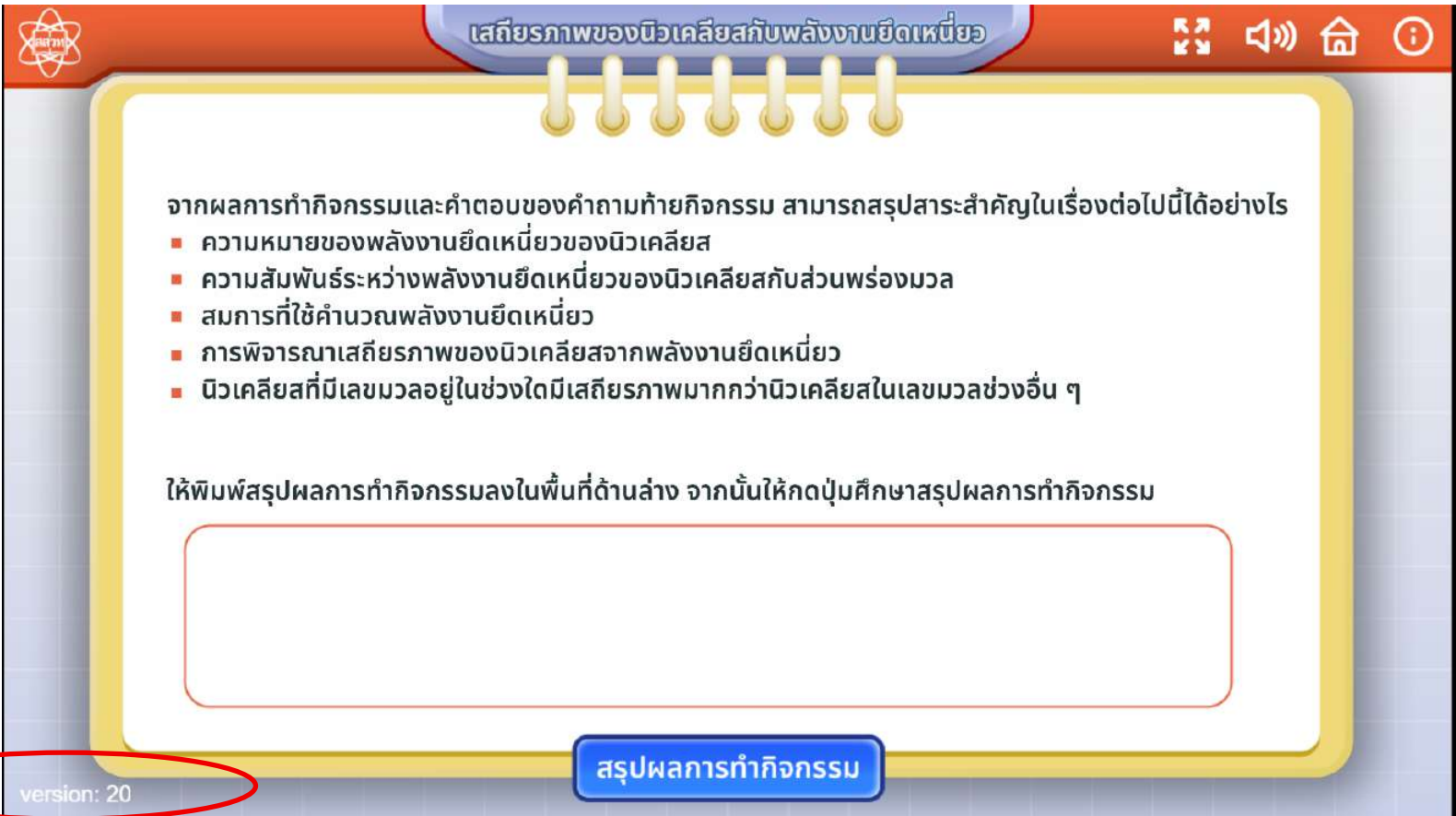


version: 20

- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “สังเกตแนวโน้มหลังจุดสูงสุดได้ถูกต้อง”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองพิจารณาเส้นกราฟช่วงหลังจุดสูงสุดอีกครั้ง หลังจากผ่านนิกเกิลหรือเหล็กไปแล้ว เส้นกราฟพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมีลักษณะขึ้นสูงขึ้นหรือค่อยๆ ลาดลงครับ”

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
14.	ข้อความให้สรุปผลการทำกิจกรรม	— ตัดออกทั้งหน้า	การพิมพ์สรุป ตรวจสอบได้ยาก และมีโอกาสสูงที่นักเรียนจะไม่พิมพ์แล้วไปดูสรุปเลย
ภาพประกอบการแก้ไข 			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
15.	ทุกหน้า	— นำคำว่า version: 20 ออก	ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อเรียนรู้ อาจทำให้สับสน และเข้าใจว่า ยังพัฒนาไม่เสร็จ ไม่พร้อมใช้งาน
	ภาพประกอบการแก้ไข  version: 20		



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
16.	- การสรุปผลการทำกิจกรรมเป็นแบบให้ตรวจสอบกับที่สรุปไว้ - ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ	- ปรับการสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง - มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟค ประมื่อ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้	— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย — ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ — ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว — มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน
ภาพประกอบการแก้ไข			

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปกิจกรรม

- การทำให้นิวคลีออนในนิวเคลียสแยกออกจากกัน ต้องให้พลังงานแก่นิวเคลียส โดยพลังงานที่พอดี ทำให้นิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียสแยกออกจากกัน เรียกว่า พลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส (nuclear binding energy) หรือ เรียกสั้น ๆ ว่า พลังงานยึดเหนี่ยว (binding energy : E)
- พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าเทียบเท่ากับส่วนของมวลที่แตกต่างระหว่างมวลของนิวเคลียสกับมวลรวมของนิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียส เรียกว่า ส่วนพร่องมวล (mass defect; Δm) โดยถ้าส่วนพร่องมวลมีหน่วยเป็น kg หาพลังงานยึดเหนี่ยวได้จากสมการ $E = \Delta mc^2$ แต่ถ้าส่วนพร่องมวลมีหน่วยเป็น u หาพลังงานยึดเหนี่ยวได้จากสมการ $E = \Delta m(931.5 \text{ MeV/u})$
- ในการพิจารณาว่า นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ต้องพิจารณาพลังงานยึดเหนี่ยวต่อ นิวคลีออนของนิวเคลียสนั้น $\left(\frac{E}{A}\right)$ โดยนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อ นิวคลีออนมากกว่า จะมีเสถียรภาพมากกว่านิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อ นิวคลีออนน้อยกว่า
- นิวเคลียสที่มีเลขมวลอยู่ในช่วงประมาณระหว่าง 55 - 70 เป็นนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อ นิวคลีออนมากกว่านิวเคลียสในช่วงเลขมวลอื่น ๆ

← กลับหน้าแรก

version: 20

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/1

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

มวลของนิวเคลียส อนุภาคในอะตอม พอดี ยึดเหนี่ยวกัน
มวลของอะตอม นิวคลีออน แตกต่าง แยกออกจากกัน

- ❑ การทำให้นิวคลีออนในนิวเคลียส..... ต้องให้พลังงานแก่นิวเคลียส โดยพลังงานที่..... ทำให้นิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียสแยกออกจากกัน เรียกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส (nuclear binding energy) หรือ เรียกสั้น ๆ ว่า พลังงานยึดเหนี่ยว (binding energy; E)
- ❑ พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าเทียบเท่ากับส่วนของมวลที่แตกต่างระหว่าง.....กับมวลรวมของ..... ทั้งหมดในนิวเคลียส เรียกว่า ส่วนพร่องมวล (mass defect; Δm) ตามสมการ $E = \Delta mc^2$ หรือ $E = \Delta m(931.5 \text{ MeV/u})$

← กลับหน้าแรก

version: 20

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/1

ทดลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

มวลของอะตอม

การทำให้นิวคลีออนในนิวเคลียส... แยกออกจากกัน ต้องให้พลังงานแก่นิวเคลียส โดย พลังงานที่... แตกต่าง... ทำให้นิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียสแยกออกจากกัน เรียกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส (nuclear binding energy) หรือ เรียกสั้น ๆ ว่า พลังงานยึดเหนี่ยว (binding energy; E)

พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าเทียบเท่ากับส่วนของมวลที่แตกต่างระหว่าง... มวลของนิวเคลียส... มวลรวมของ... นิวคลีออน... ทั้งหมดในนิวเคลียส เรียกว่า ส่วนพร่องมวล (mass defect; Δm) ตามสมการ $E = \Delta mc^2$ หรือ $E = \Delta m(931.5 \text{ MeV/u})$

version: 20

ตรวจคำตอบ

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดู ตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/1

ทดลองและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

อนุภาคในอะตอม

มวลของอะตอม

การทำให้นิวคลีออนในนิวเคลียส... แยกออกจากกัน... ต้องให้พลังงานแก่นิวเคลียส โดย พลังงานที่... พอดี... ทำให้นิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียสแยกออกจากกัน เรียกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส (nuclear binding energy) หรือ เรียกสั้น ๆ ว่า พลังงานยึดเหนี่ยว (binding energy; E)

พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าเทียบเท่ากับส่วนของมวลที่แตกต่างระหว่าง... มวลของนิวเคลียส... มวลรวมของ... นิวคลีออน... ทั้งหมดในนิวเคลียส เรียกว่า ส่วนพร่องมวล (mass defect; Δm) ตามสมการ $E = \Delta mc^2$ หรือ $E = \Delta m(931.5 \text{ MeV/u})$

version: 20

ตรวจคำตอบ

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2

ทดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

แรงนิวเคลียร์	พลังงานยึดเหนี่ยว	ยูเรเนียม	55 - 70
อนุภาคในอะตอม	นิวคลีออน	บิกเกิล	71 - 85

☐ ในการพิจารณาว่า นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ต้องพิจารณา.....
ต่อ ของนิวเคลียสนั้น หรือ

$$\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$$

☐ นิวเคลียสที่มีเลขมวลอยู่ในช่วงประมาณระหว่าง เป็นนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากกว่านิวเคลียสในช่วงเลขมวลอื่น ๆ โดยนิวเคลียสของ เป็นนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด

version: 2.0

ตรวจคำตอบ

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2

ทดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

แรงนิวเคลียร์		บิกเกิล	71 - 85
อนุภาคในอะตอม		พลังงานยึดเหนี่ยว	

☐ ในการพิจารณาว่า นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ต้องพิจารณา.....
ต่อ ของนิวเคลียสนั้น หรือ

$$\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$$

ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ
ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากกว่านิวเคลียสในช่วงเลขมวลอื่น ๆ โดยนิวเคลียสของ เป็นนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด

version: 2.0

ตรวจคำตอบ

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2

กวดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

แรงนิวเคลียร์ ยูเรเนียม 71 - 85

อนุภาคในอะตอม พลังงานยึดเหนี่ยว

☐ ในการพิจารณาว่า นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ต้องพิจารณา ☐ นิวคลีออน หรือ ☐ นิวคลีออน

ต่อ ... ☐ นิวคลีออน ☐ ของนิวคลีออนนั้น หรือ ☐ นิวคลีออน

$$\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$$

☐ นิวเคลียสที่มีเลขมวลอยู่ในช่วงประมาณระหว่าง ☐ 55 - 70 ☐ นิวคลีออน นิวคลีออนที่มี พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากกว่านิวคลีออนในช่วงเลขมวลอื่น ๆ โดยนิวคลีออนของ ☐ นิกเกิล ☐ เป็นนิวคลีออนที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด

version: 20 ตรวจสอบคำตอบ

เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2

กวดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

แรงนิวเคลียร์ ยูเรเนียม 71 - 85

อนุภาคในอะตอม พลังงานยึดเหนี่ยว

☐ ในการพิจารณาว่า นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ต้องพิจารณา ☐ นิวคลีออน หรือ ☐ นิวคลีออน

ต่อ ... ☐ นิวคลีออน ☐ ของนิวคลีออนนั้น หรือ ☐ นิวคลีออน

$$\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$$

☐ นิวเคลียสที่มีเลขมวลอยู่ในช่วงประมาณระหว่าง ☐ 55 - 70 ☐ นิวคลีออน นิวคลีออนที่มี พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากกว่านิวคลีออนในช่วงเลขมวลอื่น ๆ โดยนิวคลีออนของ ☐ นิกเกิล ☐ เป็นนิวคลีออนที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด

version: 20 ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ ตรวจสอบคำตอบ

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างถูกต้องทั้งหมด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรมได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” ทำเป็นกราฟิกมีสีสัน ออกแบบสวยงาม พร้อมมีริบบิ้น และเสียงปรบมือยินดี และมีปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่กดแล้ว จะเปิดหน้าแบบทดสอบในบราวเซอร์ใหม่

ต้นร่าง 2 สคริปต์การปรับปรุงแสงเชิงคลื่น (สลิตเดี่ยว, สลิตคู่)

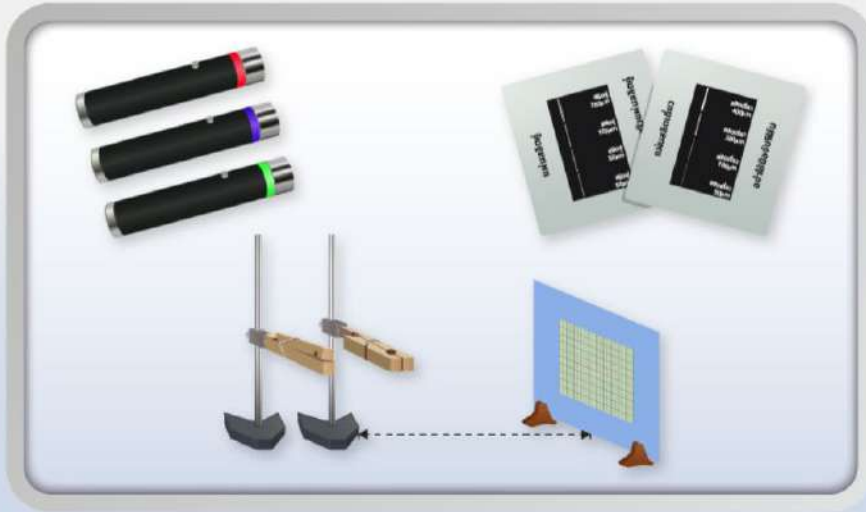


สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)

เรื่อง ~~แสงเชิงคลื่น~~

ทดลองการแทรกสอดของแสง
จากสลิตคู่และสลิตเดี่ยว

เปลี่ยนชื่อ



กลุ่มวิชาฟิสิกส์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์ของสื่อ

คำแนะนำการใช้งาน

เริ่ม ▶

version: 38

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)

เรื่อง การหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้เกรตติง

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)

เรื่อง แสงเชิงคลื่น

วัตถุประสงค์ของสื่อ

1. เพื่อศึกษารูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
2. เพื่อศึกษารูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

X กลุ่มวิชาฟิสิกส์

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์ของสื่อ

คำแนะนำการใช้งาน

เริ่ม ▶

ไม่มีแก้ไข

version: 38

❓ ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ

❓ การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)

เรื่อง แสงเชิงคลื่น

คำแนะนำการใช้งาน

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่องแสงเชิงคลื่น ประกอบด้วย 2 กิจกรรมที่นักเรียนสามารถเลือกเรียนรู้ได้ โดยในแต่ละกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติตามคำแนะนำที่ปรากฏในกรอบคำแนะนำที่มีลูกศรกำกับจนครบ ถ้าต้องการทราบความหมายของคำศัพท์ที่ปรากฏในแต่ละหน้าสามารถทำได้โดยคลิกข้อความที่ขีดเส้นใต้ จากนั้นจึงตอบคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปผลการทำกิจกรรม

X กลุ่มวิชาฟิสิกส์

สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดูประสงค์ของสื่อ

คำแนะนำการใช้งาน

เริ่ม ▶

version: 38

① ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ ② การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

การปรับแก้หน้าคำแนะนำ
อยู่ส่วนท้าย



เพิ่มกรอบเพื่อใส่สีและพื้นหลัง จะได้แยกกับคำถามชวนคิด

เพิ่มกรอบคำถามชวนคิด

เปลี่ยนสีพื้นให้แตกต่างกับสรุปกิจกรรม

คำถามชวนคิด

คำถามชวนคิด: ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความตอบคำถามจนคิดด้านล่างให้ถูกต้อง

(ตัวเลือก)		สลิตคู่	เหมือนกัน	มากกว่า	ใกล้เคียงกับ	น้อยกว่า	ความยาวคลื่นแสง (λ)	ระยะระหว่างช่องเปิด (d)	มากขึ้น	มากขึ้น	มากขึ้น
		สลิตเดี่ยว	แตกต่างกัน	มากกว่า	ใกล้เคียงกับ	น้อยกว่า	ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)	ความกว้างของช่องเปิด (a)	น้อยลง	น้อยลง	น้อยลง
				มากกว่า	ใกล้เคียงกับ	น้อยกว่า					

ตอบ ลวดลายการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และการเลี้ยวเบนไปแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยวมีลักษณะแตกต่างกัน โดยแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตคู่จะมีความกว้างใกล้เคียงกับแถบสว่างอื่น ๆ ส่วนแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตเดี่ยว จะมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตคู่จะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป ส่วนแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตเดี่ยวจะสว่างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน ความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบที่เกิดจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง (λ) และระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L) รวมทั้งยังขึ้นอยู่กับระยะระหว่างช่องเปิด (d) ในกรณีของสลิตคู่ และความกว้างของช่องเปิด (a) ในกรณีของสลิตเดี่ยว โดย ความกว้างของแถบสว่างจะมากขึ้น เมื่อระยะระหว่างช่องของสลิตคู่หรือความกว้างของสลิตเดียวน้อยลง ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

(สลับกัณก่อนหลังได้ ถูกทั้งคู่)

ตรวจสอบคำตอบ

คำถามชวนคิด: ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวเหมือนกันหรือไม่หรือแตกต่างกันอย่างไร

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความตอบคำถามชวนคิดด้านล่างให้ถูกต้อง

เมื่อพยายามจะตอบคำถามจะขึ้น prompt เตือน

(ตัวเลือก)

สลิตคู่ เหมือนกัน มากกว่า ไก่

สลิตเดี่ยว แตกต่าง มากกว่า ไก่

ต้องทำกิจกรรมที่ 1 และ กิจกรรมที่ 2 ให้เสร็จเรียบร้อยก่อน
จึงจะสามารถตอบคำถามชวนคิดได้

(d) มากขึ้น มากขึ้น มากขึ้น

(a) น้อยลง น้อยลง น้อยลง

ตอบ ลวดลายการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และการเลี้ยวเบนไปแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยวมีลักษณะแตกต่างกัน โดยแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตคู่จะมีความกว้างใกล้เคียงกับแถบสว่างอื่น ๆ ส่วนแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตเดี่ยว จะมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตคู่จะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป ส่วนแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตเดี่ยวจะสว่างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน ความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบที่เกิดจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง (λ) และระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L) รวมทั้งยังขึ้นอยู่กับระยะระหว่างช่องเปิด (d) ในกรณีของสลิตคู่ และความกว้างของช่องเปิด (a) ในกรณีของสลิตเดี่ยว โดย ความกว้างของแถบสว่างจะมากขึ้น เมื่อระยะระหว่างช่องของ สลิตคู่หรือความกว้างของสลิตเดียวน้อยลง ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

ตรวจสอบคำตอบ

(สลับกันก่อนหลังได้ ถูกทั้งคู่)

คำถามชวนคิด: ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความตอบคำถามชวนคิดด้านล่างให้ถูกต้อง

ถ้าทำเสร็จ 2 กิจกรรมแล้วกลับมาจะสามารถทำได้

(ตัวเลือก)

สลิตคู่

เหมือนกัน

มากกว่า

ใกล้เคียงกับ

น้อยกว่า

ความยาวคลื่นแสง (λ)

ระยะระหว่างช่องเปิด (d)

มากขึ้น

มากขึ้น

มากขึ้น

สลิตเดี่ยว

แตกต่างกัน

มากกว่า

ใกล้เคียงกับ

น้อยกว่า

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ความกว้างของช่องเปิด (a)

น้อยลง

น้อยลง

น้อยลง

มากกว่า

ใกล้เคียงกับ

น้อยกว่า

มากกว่า

ใกล้เคียงกับ

น้อยกว่า

ตอบ ลวดลายการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และการเลี้ยวเบนไปแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยวมีลักษณะแตกต่างกัน โดยแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตคู่จะมีความกว้างใกล้เคียงกับแถบสว่างอื่น ๆ ส่วนแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตเดี่ยว จะมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตคู่จะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป ส่วนแถบสว่างกลางที่เกิดจากสลิตเดี่ยวจะสว่างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน ความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบที่เกิดจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง (λ) และระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L) รวมทั้งยังขึ้นอยู่กับระยะระหว่างช่องเปิด (d) ในกรณีของสลิตคู่ และความกว้างของช่องเปิด (a) ในกรณีของสลิตเดี่ยว โดย ความกว้างของแถบสว่างจะมากขึ้น เมื่อระยะระหว่างช่องของ สลิตคู่หรือความกว้างของสลิตเดียวน้อยลง ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

(สลับกันก่อนหลังได้ ถูกทั้งคู่)



สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1

ให้กดและลากคำในกรอบสี่เหลี่ยมไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

แสงเลเซอร์

เกรตติง

สีแดง

สีม่วง

สีเขียว

จุดสว่างกลาง

จุดสว่างเล็ก ๆ

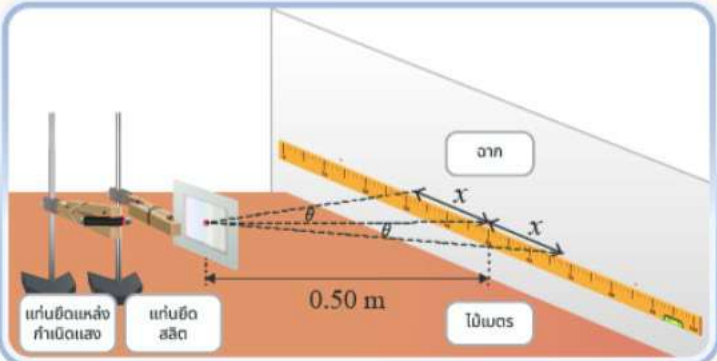
มากที่สุด

น้อยที่สุด

$d \sin \theta = \lambda$

$\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

เมื่อ ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน จะเห็นเป็น ด้านซ้ายและขวาของ โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ เมื่อ



จาก

ไบนอร์

0.50 m

x

θ

แกนยึดแหล่งกำเนิดแสง

แกนยึดสลิต

คลิกที่ปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

- ☐ เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
- ☐ เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
- ☐ เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ตรวจสอบคำตอบ

[Signature]



เพิ่มกรอบให้กับส่วนกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ให้คล้ายกับหน้ากิจกรรมย่อย เพื่อเพิ่ม “คำถามชวนคิด”



ตัวอย่าง prompt แนะนำวิธีใช้งาน



ให้ prompt บังคับว่าต้องทำตาม prompt

เพิ่ม prompt แนะนำวิธีใช้งานครั้งแรก ตามลำดับ ดังนี้

- กดศึกษาคำถามชวนคิด
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
- เลือกกิจกรรมการเรียนรู้
- กดเข้าสู่กิจกรรม

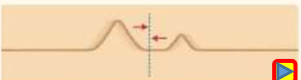
อื่นได้ ตลอดทั้งสื่อ

หน้า 1/5

การแทรกสอด

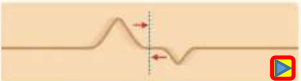
เมื่อคลื่นสองขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมกันตามหลักการซ้อนทับของคลื่น เรียกผลของการซ้อนทับกันนี้ว่า **การแทรกสอด (interference)**

ถ้าคลื่น 2 คลื่น มีการกระจัดของตัวกลาง ณ ตำแหน่งที่รวมกันอยู่ในทิศทางเดียวกัน เรียกผลของการซ้อนทับกันนี้ว่า **การแทรกสอดแบบเสริม (constructive interference)**



รูป การรวมกันแบบเสริมกัน

ถ้าคลื่น 2 คลื่น มีการกระจัดของตัวกลาง ณ ตำแหน่งที่รวมกันอยู่ในทิศทางตรงข้ามกัน เรียกผลของการซ้อนทับกันนี้ว่า **การแทรกสอดแบบหักล้าง (destructive interference)**



รูป การรวมกันแบบหักล้าง

ถัดไป ▶

หน้า 2/5

การแทรกสอด

ถ้าคลื่นที่มาแทรกสอดกันเป็นแบบหักล้างกัน โดยแอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองเท่ากัน จะพบว่าตำแหน่งหนึ่งในตัวกลางที่จะไม่มีการเคลื่อนที่หรือขยับเลย ดังรูป



จุดที่ไม่มีการขยับเลย

รูป การแทรกสอดของคลื่นแบบหักล้างกัน เมื่อคลื่นทั้งสองมีแอมพลิจูดขนาดเท่ากันพอดี

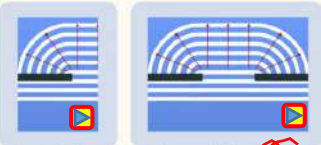
◀ ก่อนหน้า

ถัดไป ▶

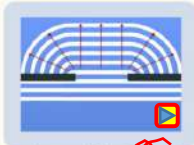
หน้า 1/3

การเลี้ยวเบน

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาทั้งบริเวณที่ปล่อยตัวกลาง ตรงจุดที่เป็นขอบของสิ่งกีดขวาง คลื่นจะเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่โดยอ้อมขอบของสิ่งกีดขวางไปด้านหลังของสิ่งกีดขวางได้ แอมพลิจูดของคลื่นที่อ้อมไปนั้นน้อยกว่าของเดิม แต่ความยาวคลื่นกับความเร็วยังคงเท่าเดิม เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **การเลี้ยวเบน (diffraction)**



รูป คลื่นระลอกเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบที่น้อยกว่าความยาวคลื่น



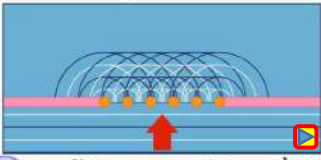
รูป คลื่นระลอกเคลื่อนที่ผ่านช่องกว้างกว่าความยาวคลื่น

ถัดไป ▶

หน้า 3/3

การเลี้ยวเบน

การเลี้ยวเบนของคลื่นสามารถอธิบายได้ด้วย **หลักการของฮอยเกนส์ (Huygens' principle)** นั่นคือ เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่มาถึงช่องหรือสิ่งกีดขวาง ทุกจุดบนหน้าคลื่นจะกำเนิดเป็นแหล่งกำเนิดจุดใหม่ปล่อยคลื่นที่มีความยาวคลื่นและความถี่เท่ากับคลื่นเดิม แล้วเกิดหน้าคลื่นใหม่จากการเลี้ยวเบนผลที่เชื่อมหน้าคลื่นวงกลมด้านหน้าของแหล่งกำเนิดคลื่นแบบจุดที่เกิดขึ้น ณ เวลาเดียวกัน ดังรูป



รูป การใช้หลักการของฮอยเกนส์อธิบายการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบที่มีความกว้างมากกว่าความยาวคลื่น

◀ ก่อนหน้า

ถัดไป ▶

ส่วนคำขีดเส้นใต้เพื่อศึกษาความหมาย ให้เพิ่มปุ่ม Play/Pause ที่รูปแอนิเมชัน ให้สามารถหยุดดูได้



หน้ากิจกรรมที่ 1 สลิตคู่

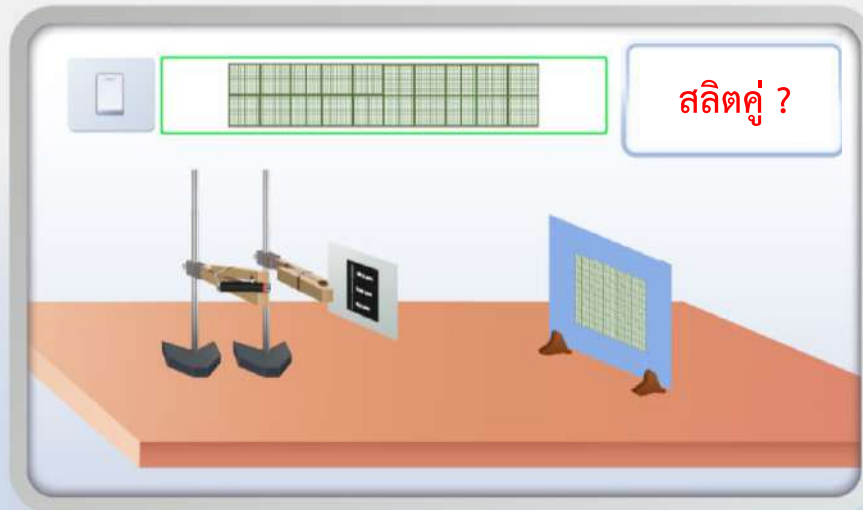




กิจกรรมที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่



สลิตคู่?

กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

version: 38

~~เป้าหมาย~~

~~สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่างจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่~~

~~ตัวแปร~~

ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

ความยาวคลื่นแสง (λ)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

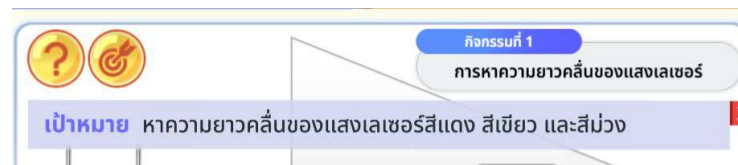
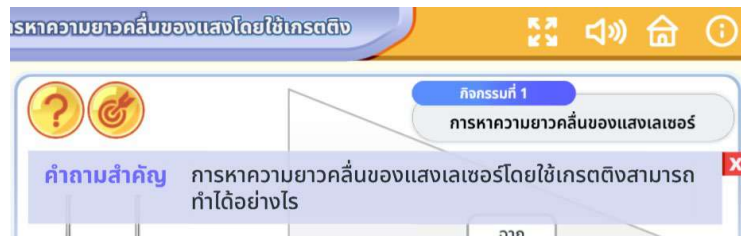
สรุปกิจกรรมที่ 1

เพิ่ม prompt แนะนำวิธีใช้งาน ตามลำดับ ดังนี้

- กวดิสิกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม
- กวดิสิกษาเป้าหมายของกิจกรรม
- กวดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
- เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา
- กวดเข้าสู่กิจกรรม

คำถามสำคัญของกิจกรรม “รูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างไร”

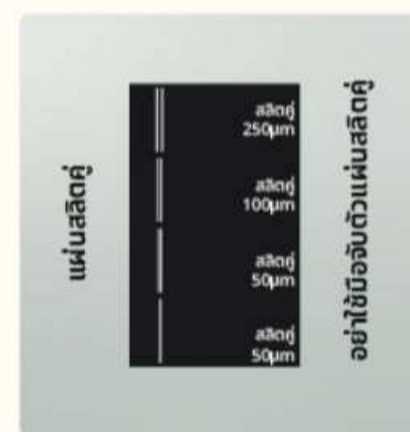
เป้าหมายของกิจกรรม “สังเกตและบันทึกความกว้างและความสว่างของแถบสว่างจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากเมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องแตกต่างกันครบทั้ง 3 ตัวแปร”





สลิตคู่

สลิตคู่ (double slit) เป็นอุปกรณ์ทางแสงที่มีลักษณะเป็นช่องเปิดขนาดเล็กที่มีความกว้างน้อยๆ ค่าหนึ่ง จำนวนสองช่องใกล้กัน ดังรูป



รูป แผ่นสลิตคู่

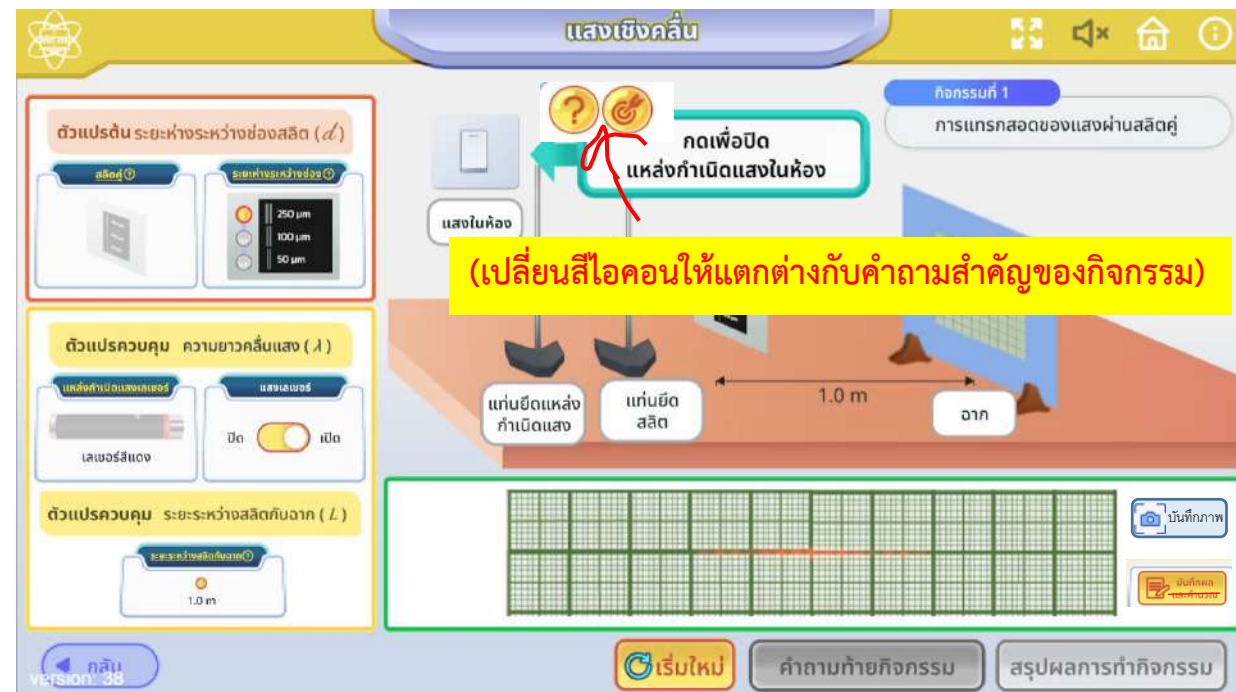


รูป ช่องเปิดของแผ่นสลิตคู่

ความหมายของสลิตคู่ในหน้าเลือกกิจกรรมย่อยใช้ข้อความเดียวกับหน้าการทำกิจกรรมเลย

หน้ากิจกรรมย่อยที่ 1 สไลด์คู่ ตัวแปร 1.1 ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)





เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

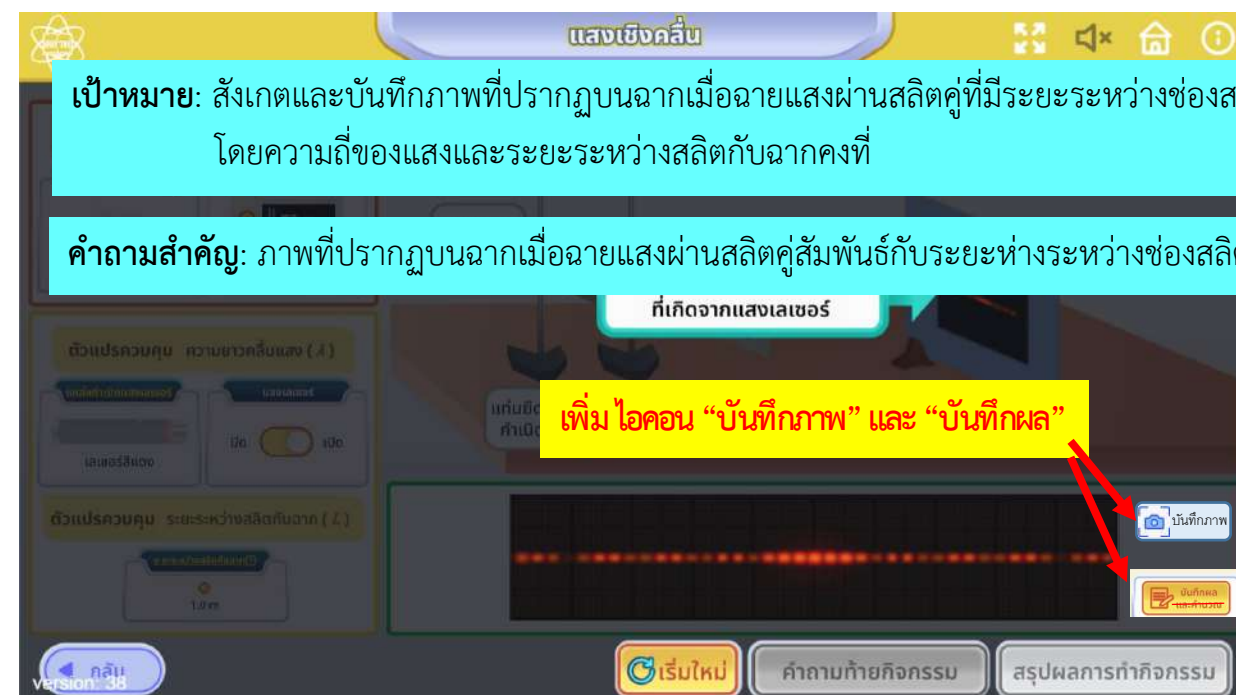
- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าต่างบันทึกผล)
- กดเพื่อตรวจคำตอบ

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะระหว่างช่องสลิตแตกต่างกัน 3 ค่า โดยความถี่ของแสงและระยะระหว่างสลิตกับฉากคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่สัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างช่องสลิตอย่างไร



สามารถเลื่อนขึ้นลงสลับได้ ด้วยไอคอนขึ้นลง

เมื่อวางภาพตรงไหน ไอคอนวางจะเปลี่ยนเป็นไอคอนลบ

เพิ่ม function ตรวจคำตอบด้วย

(อยากให้สามารถบันทึกภาพตอนเปิดไฟได้)



แสงเชิงคลื่น



ตัวแปรต้น ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิต ①

ระยะห่างระหว่างช่องสลิต ②

250 μm
100 μm
50 μm

ตัวแปรควบคุม ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

แสงเลเซอร์

เลเซอร์สีแดง

ปิด  เปิด

ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก ③

1.0 m

ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนระหว่างช่องสลิตเป็นค่าต่าง ๆ

ระยะห่าง

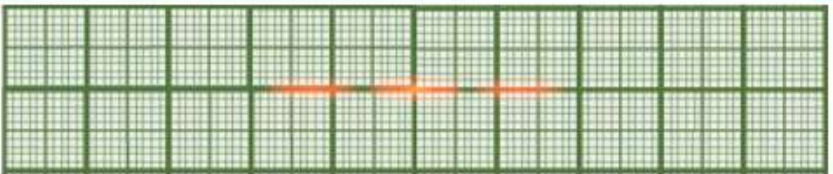
กิจกรรมที่ 1
การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง

แท่นยึดสลิต

1.0 m

ฉาก



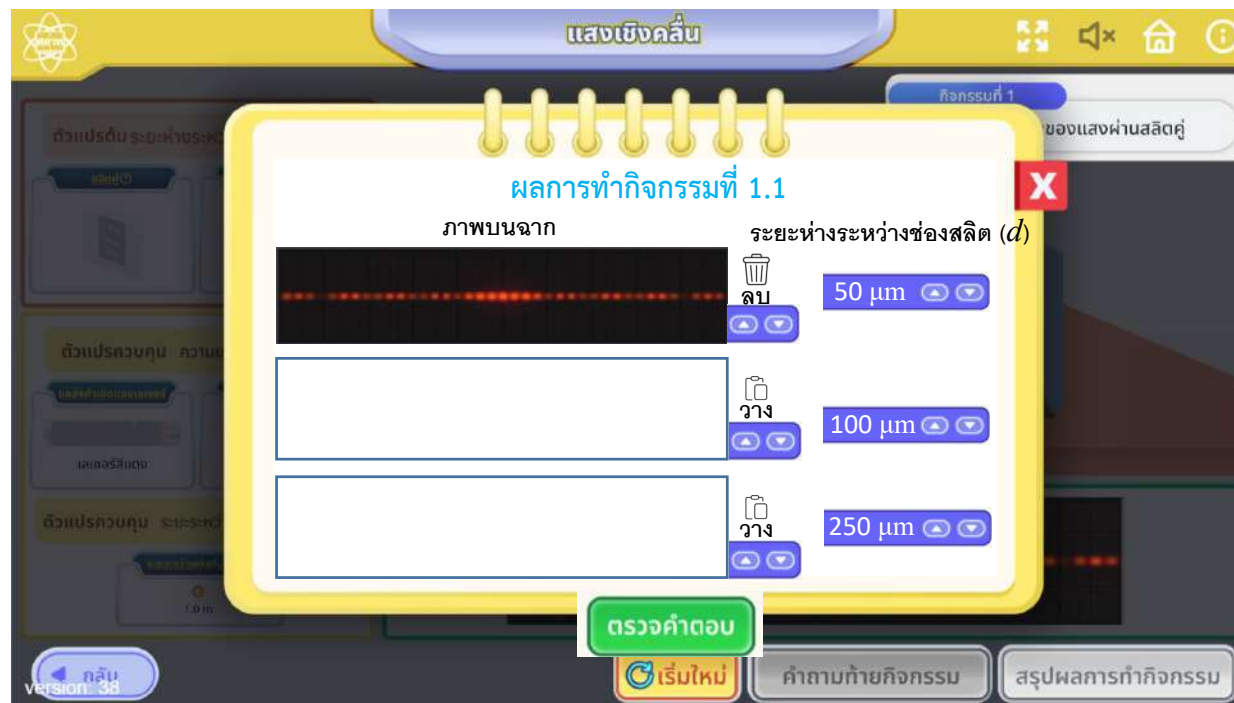
กลับ version: 38

เริ่มใหม่

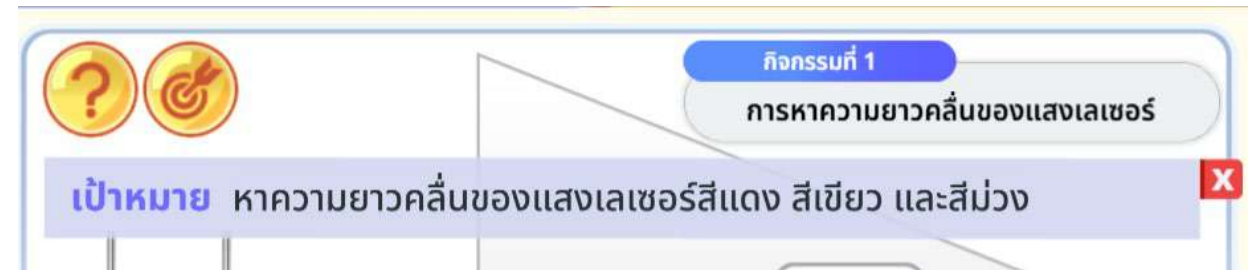
คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม



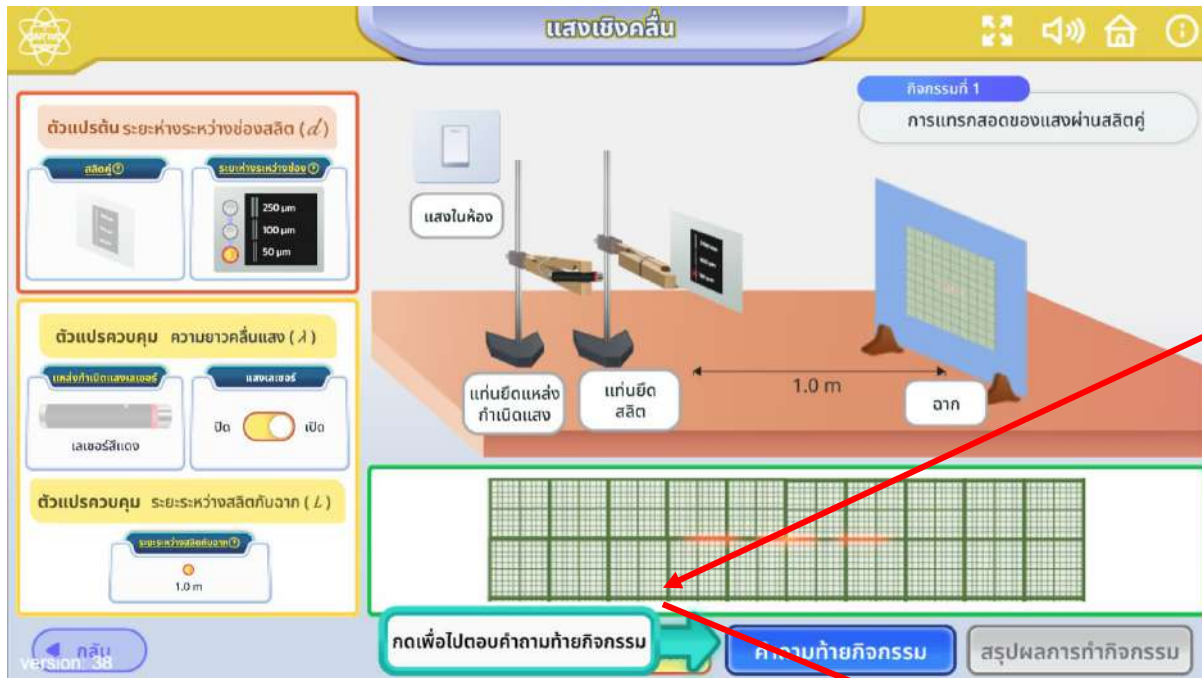


หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1.1



(ตัวอย่าง prompt คำถามและเป้าหมายของกิจกรรม)





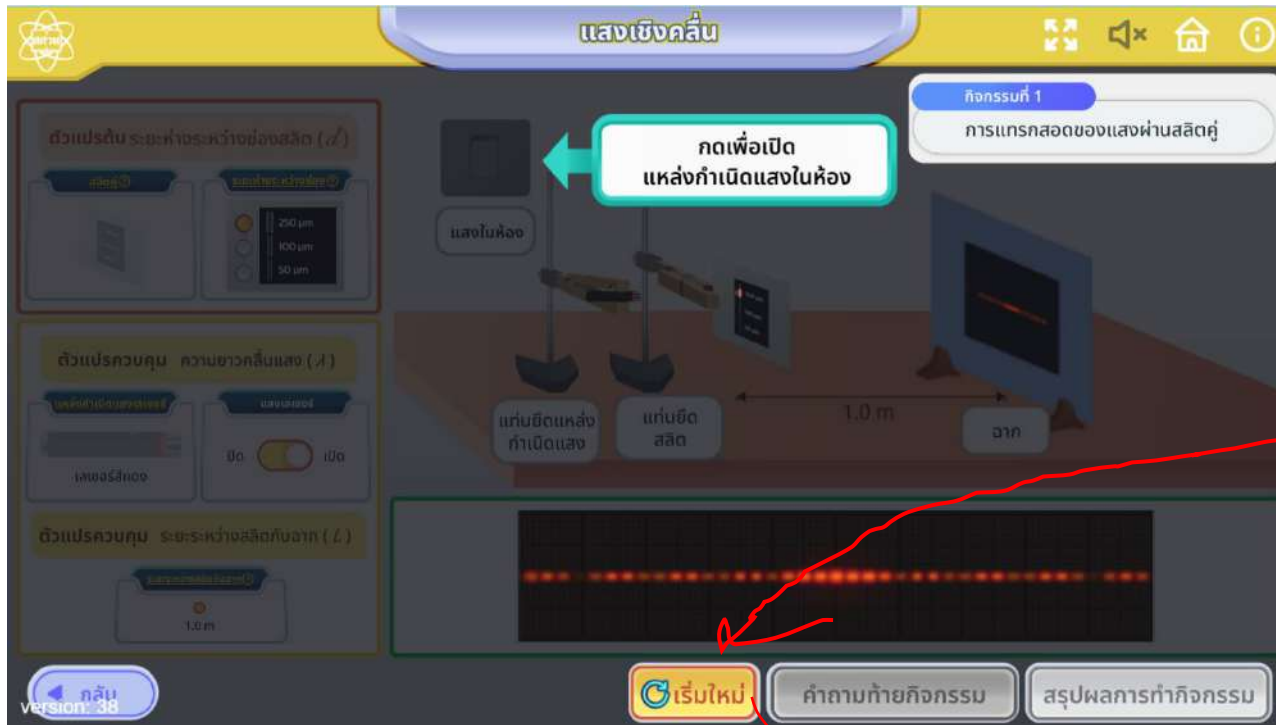
เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น

“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”



[Signature] pt



ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่
เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

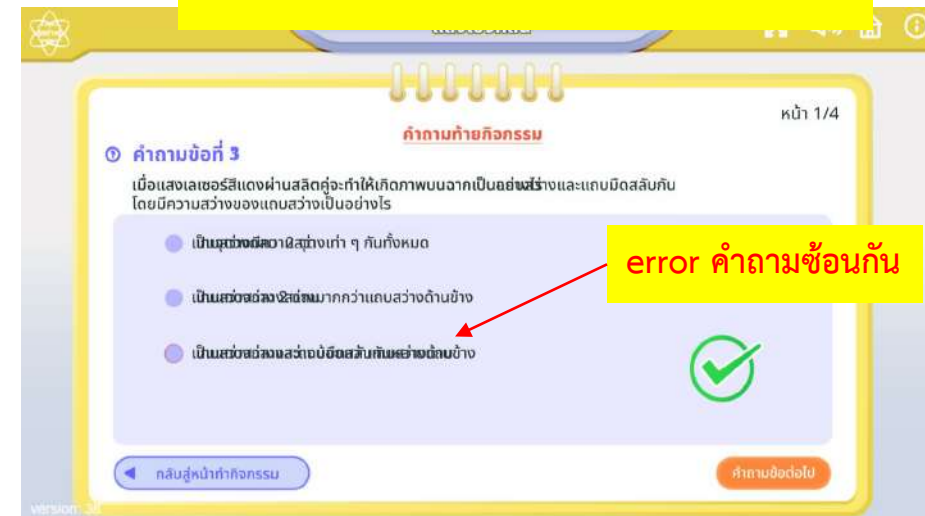
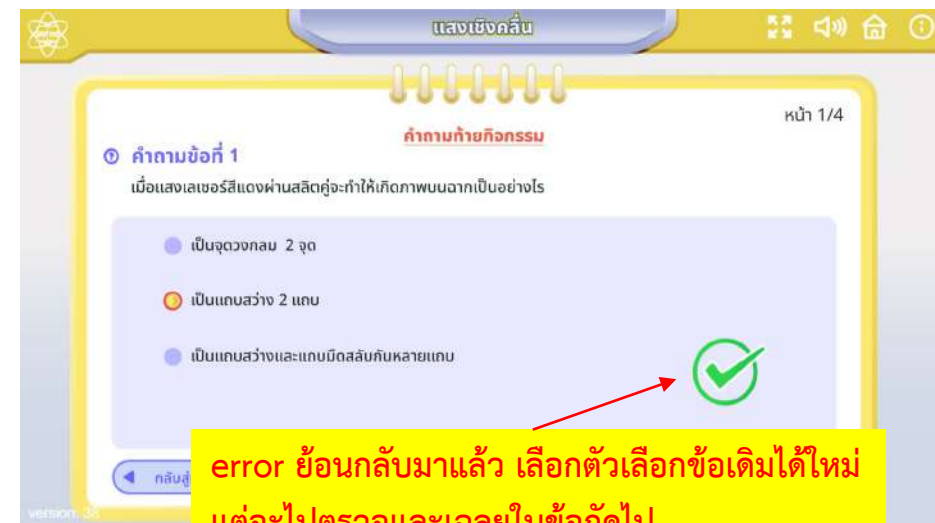
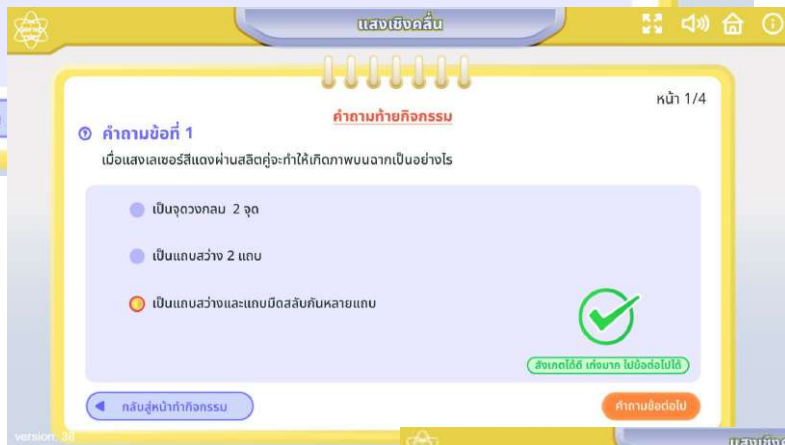


[Handwritten signature]



เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ)
ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองทำ) เพื่อใช้ตอบคำถาม





ตอนนี้ระบบตอบคำถามท้ายกิจกรรมจะ error เมื่อย้อนหลังไปเลือกไปคำถามก่อนหน้า

❶ คำถามข้อที่ 1

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสไลด์คู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นอย่างไร

- ☐ เป็นจุดวงกลม 2 จุด
- ☐ เป็นแถบสว่าง 2 แถบ
- ☒ เป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกันหลายแถบ



สังเกตได้ดี เก่งมาก ไม่ขอต่อไปได้

← กลับสู่หน้าทำกิจกรรม

คำถามข้อต่อไป

❷ คำถามข้อที่ 2

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสไลด์คู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกันที่มีความกว้างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

- ☒ แถบสว่างแต่ละแถบมีความกว้างใกล้เคียงกัน
- ☐ แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างใกล้เคียงกัน
- ☐ แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างลดลงเมื่อห่างจากแถบสว่างกลางมากขึ้น



สังเกตได้ดี เก่งมาก ไม่ขอต่อไปได้

คำถามข้อต่อไป

ปรับคำถามข้อ 3 โดยเพิ่มข้อ 3 และ ข้อ 4 (ส่วนข้อ 4 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 5)

❸ คำถามข้อที่ 3

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสไลด์คู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยมีความสว่างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

- ☐ แถบสว่างมีความสว่างเท่า ๆ กันทั้งหมด
- ☒ แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ☐ แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง



สังเกตได้ดี เก่งมาก ไม่ขอต่อไปได้

คำถามข้อก่อนหน้า

คำถามข้อต่อไป

❹ คำถามข้อที่ 4

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสไลด์คู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน ถ้าระยะห่างระหว่างช่องสไลด์คู่มีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดเป็นอย่างไร

- ☐ มากขึ้น
- ☐ เท่าเดิม
- ☒ น้อยลง



กลับไปทำกิจกรรมต่อ

ปรับคำถามข้อ 3 โดยเพิ่มข้อ 3 และ ข้อ 4 (ส่วนข้อ 4 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 5)

3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างด้านข้างมีความสว่างอย่างไร

- ก. ไกล่เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ง. ไม่สามารถระบุได้

4. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างที่ไกลออกไปมีความสว่างอย่างไร

- ก. ไกล่เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
- ง. ไม่สามารถระบุได้





แสงเชิงคลื่น



กิจกรรมที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ตัวแปรต้น ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิตคู่



ระยะห่างระหว่างช่อง



ตัวแปรควบคุม ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์



เลเซอร์สีแดง

แสงเลเซอร์

ปิด ☒ เปิด

ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก

1.0 m

แสงในห้อง

แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง

แท่นยึดสลิต

1.0 m

ฉาก

เมื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรมเสร็จพบ error เกิด prompt ขึ้น 2 อันพร้อมกัน

กดเพื่อไปสรุปผลการทำกิจกรรม

กดเพื่อไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

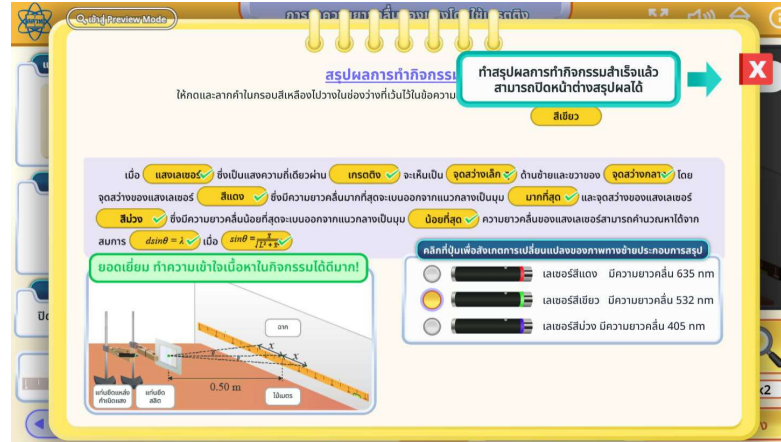
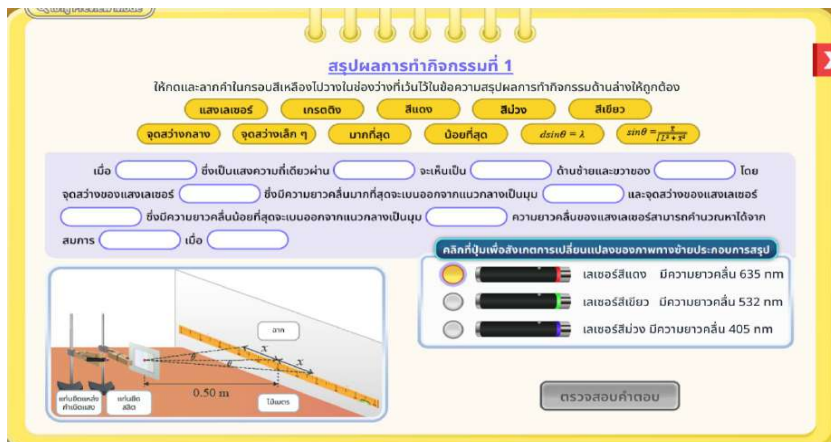
version: 38



- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ
- เพิ่มปุ่มปิด และ prompt ตามตัวอย่างด้านล่าง

ปรับข้อความ prompt ตามนี้

“ยินดีด้วยคุณทำกิจกรรมที่ 1.1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว
กรุณากดกลับเพื่อไปเลือกทำกิจกรรมอื่น ๆ”



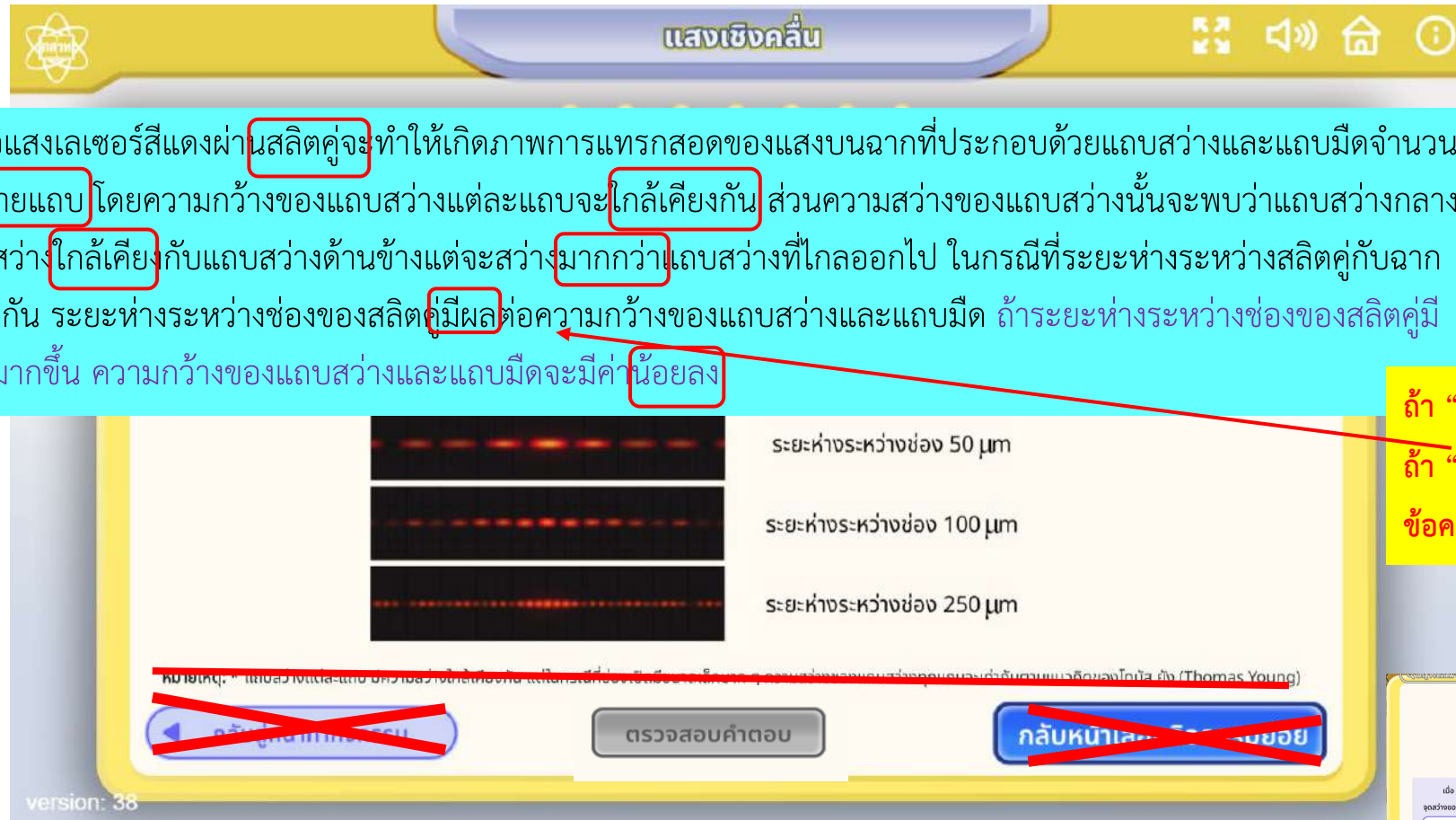
แก้ข้อความในสรุปผลการทำกิจกรรม

ตัวเลือก

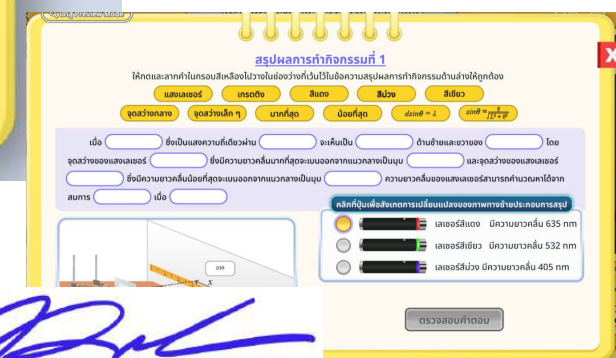
สลิตคู่ สองแถบ ไกล่เคียงกัน ไกล่เคียง มากกว่า มีผล มากขึ้น
 สลิตเดี่ยว หลายแถบ แตกต่างกัน เท่ากับ น้อยกว่า ไม่มีผล น้อยลง

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพการแทรกสอดของแสงบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดจำนวนหลายแถบ โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบจะใกล้เคียงกัน ส่วนความสว่างของแถบสว่างนั้นจะพบว่าแถบสว่างกลางจะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างสลิตคู่กับฉากเท่ากัน ระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่มีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด ถ้าระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่มีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่าน้อยลง

ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความสีม่วงจึงปรากฏ
 ถ้า “ไม่มีผล” หรือ “ไม่เต็ม” จะไม่ปรากฏ
 ข้อความสีม่วง (ของจริงไม่ต้องสีม่วง)



ปรับ Format หน้าสรุปให้เหมือน
 กิจกรรมของเกรตติงที่ลากมาวางได้



[Handwritten signature]

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่ถูกต้อง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้ถอดและลากค่าในกรอบสี่เหลี่ยมไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

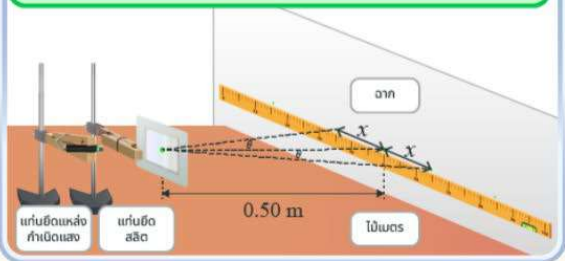
สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



Handwritten signature

เมื่อทำกิจกรรมย่อยที่ 1.1 หรือ 1.2 หรือ 1.3 กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งเสร็จแล้ว แล้วกลับหน้าเลือกกิจกรรม

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

สลิตคู่ ?

สไลด์ ?

version: 38

กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับตัวหลัก

เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่างจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากเมื่อตัวแปรต้นแตกต่างกัน 3 ตัวแปรดังนี้

- ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)
- ความยาวคลื่นแสง (λ)
- ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

สรุปกิจกรรมที่ 1

ให้แสดงแค่ prompt

- เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา
- กดเข้าสู่กิจกรรม

ไม่แสดง prompt อื่น ๆ ข้ำ ไม่อ่านข้ำ

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่างจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากเมื่อตัวแปรต้นแตกต่างกัน 3 ตัวแปรดังนี้

- ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)
- ความยาวคลื่นแสง (λ)
- ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

สรุปกิจกรรมที่ 1

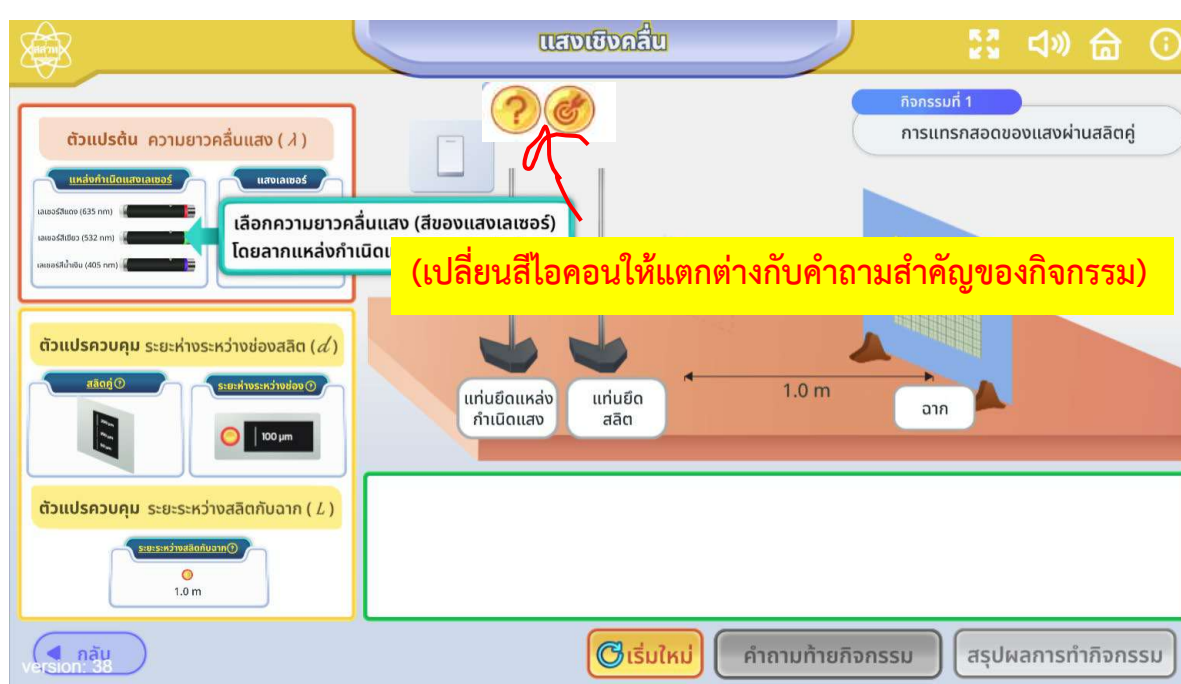
เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา

version: 38

กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

หน้ากิจกรรมย่อยที่ 1 สไลด์คู่ ตัวแปร 1.2 ความยาวคลื่นแสง (λ)





เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าต่างบันทึกผล)
- กดเพื่อตรวจคำตอบ

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงที่มีความถี่แตกต่างกัน 3 ค่า ผ่านสลิตคู่ โดยระยะระหว่างช่องสลิตและระยะระหว่างสลิตกับฉากคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่สัมพันธ์กับความถี่ของแสงอย่างไร

ปรับแก้ 1.2 ในทำนองเดียวกับกิจกรรมที่ 1.1



หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น

“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”

ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่

เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองทำ)

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1

ของแสงผ่านสลิตคู่

ผลการทำกิจกรรมที่ 1.2

ภาพบนฉาก

ความยาวคลื่นแสง (λ)

ลบ 405 nm

วาง 532 μm

วาง 635 μm

ตรวจสอบ

เริ่มใหม่

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

Version: 3.8

หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1.2



แสงเชิงคลื่น



กิจกรรมที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ตัวแปรต้น ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

เลเซอร์สีแดง (635 nm)

เลเซอร์สีเขียว (532 nm)

เลเซอร์สีน้ำเงิน (405 nm)

สีม่วง

แสงเลเซอร์

เลือกความยาวคลื่นแสง (สีของแสงเลเซอร์)
โดยลากแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ไปที่แท่นยึด

ตัวแปรควบคุม ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิตคู่



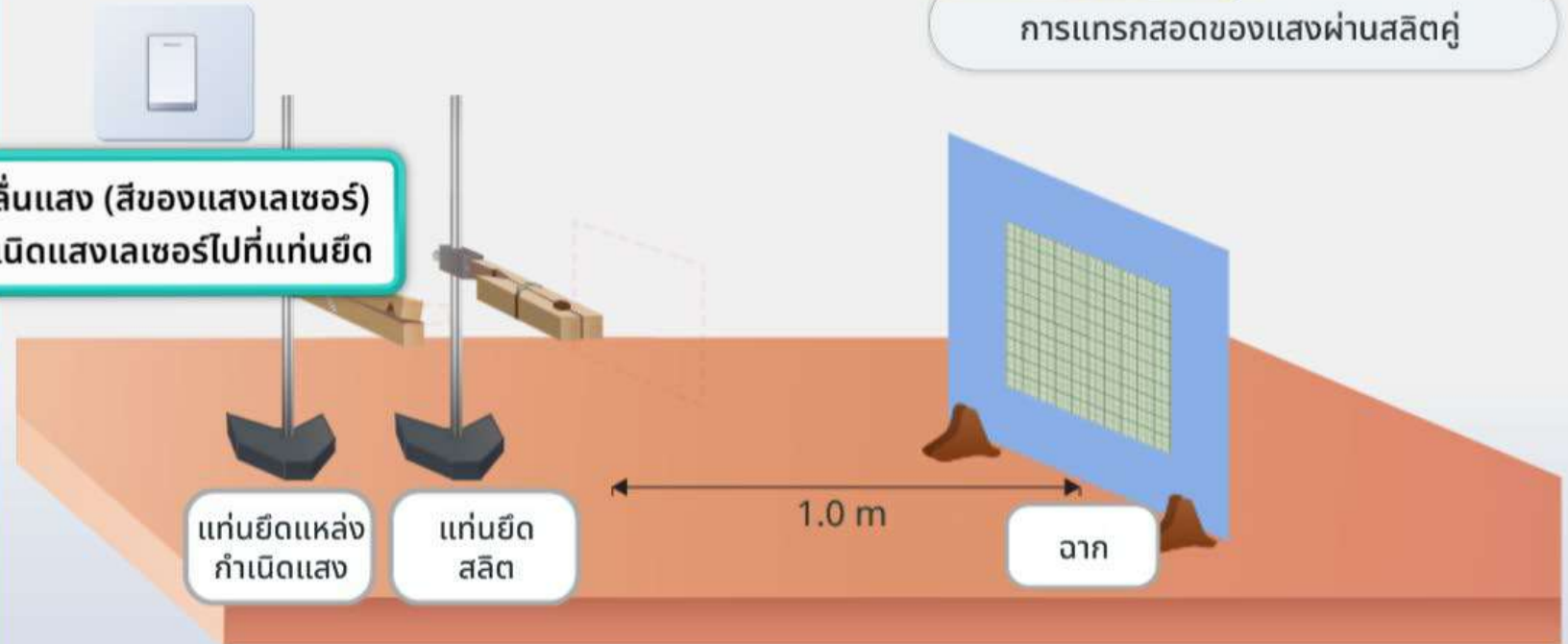
ระยะห่างระหว่างช่อง



ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก

1.0 m



version: 38

เริ่มใหม่

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

Signature

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

สำหรับในการทดลองนี้ ใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่มีความถี่ ดังนี้



เลเซอร์สีแดง มีความถี่ 635 nm



เลเซอร์สีเขียว มีความถี่ 532 nm



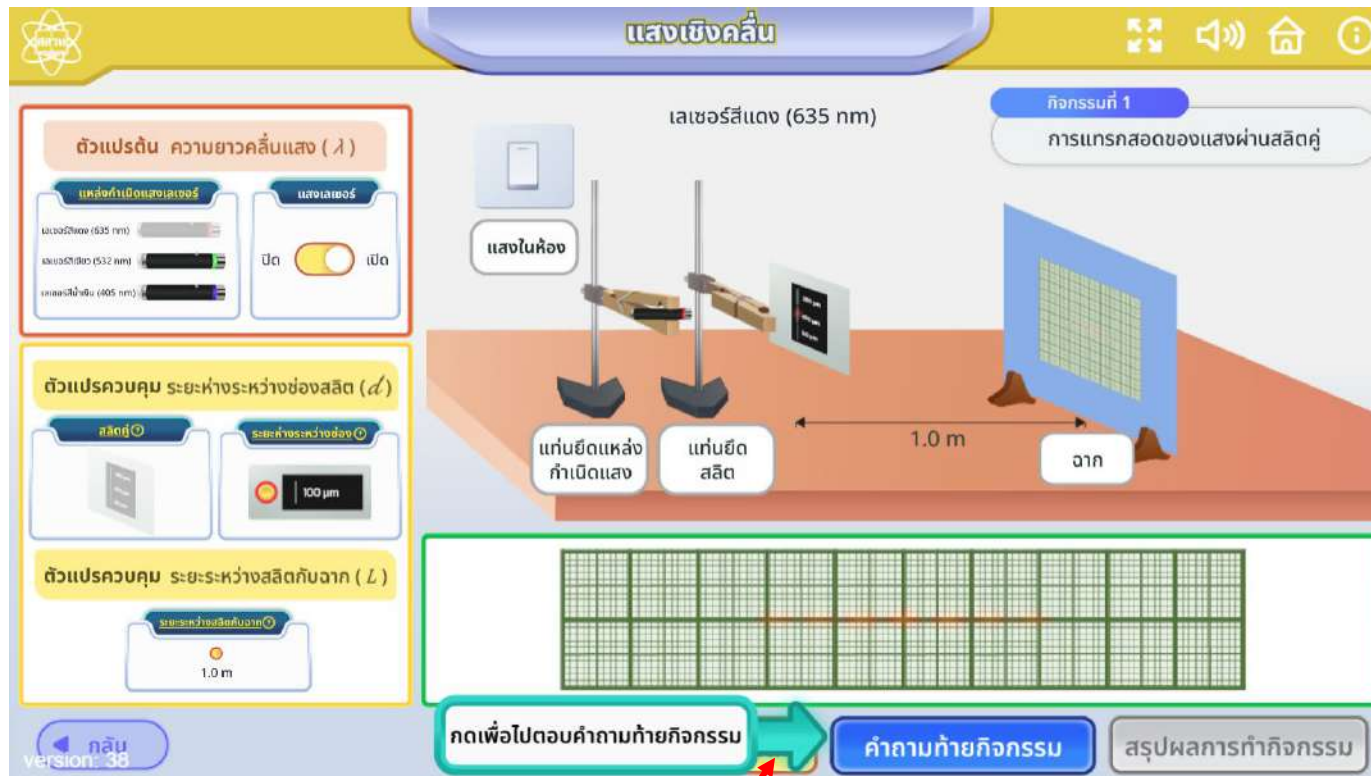
เลเซอร์สีน้ำเงิน มีความถี่ 405 nm



◀ ก่อนหน้า

รูป สีและความถี่ของแสงเลเซอร์

ส่วนคำขีดเส้นใต้เพื่อศึกษาความหมาย ให้เพิ่มปุ่ม Play/Pause ที่รูปแอนิเมชัน ให้สามารถหยุดดูได้



พบ error กดตอบคำถามท้ายกิจกรรมแล้วไม่ไป เลยไปกดตรง prompt แล้วทำให้เกิดการเริ่มใหม่ แต่พอทำจนเสร็จก็ไม่สามารถไปตอบคำถามได้

แสงเชิงคลื่น

ตัวแปรต้น ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

- เลเซอร์สีแดง (635 nm)
- เลเซอร์สีเขียว (532 nm)
- เลเซอร์สีน้ำเงิน (405 nm)

แสงเลเซอร์

ปิด เปิด

ตัวแปรควบคุม ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิตคู่

ระยะห่างระหว่างช่อง

100 μm

ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก

1.0 m

เลเซอร์สีน้ำเงิน (405 nm)

แสงในห้อง

แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง

แท่นยึดสลิต

1.0 m

ฉาก

กิจกรรมที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

กดเพื่อไปสรุปผลการทำกิจกรรม

กดเพื่อไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

version: 38

พบ error เป็น prompt ค้าง



แสงเชิงคลื่น



ตัวแปรต้น ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

- เลเซอร์สีแดง (635 nm)
- เลเซอร์สีเขียว (532 nm)
- เลเซอร์สีน้ำเงิน (405 nm)

แสงเลเซอร์

ปิด ☐ เปิด ☒

ตัวแปรควบคุม ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิตคู่



ระยะห่างระหว่างช่อง



ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก

1.0 m

เลเซอร์สีแดง (635 nm)

แสงในห้อง

แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง

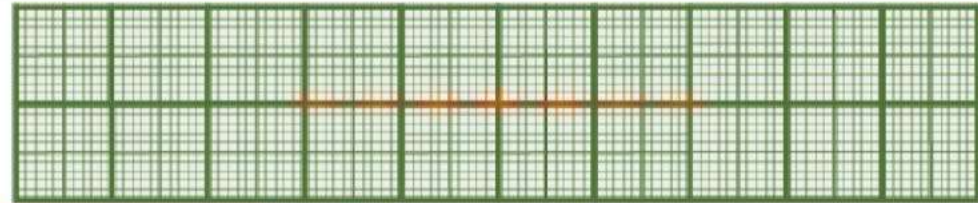
แท่นยึดสลิต

กิจกรรมที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

1.0 m

ฉาก



version: 38

กดเพื่อไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

ถ้าทำเร็วๆ บางครั้งก็ค้าง/error กดไปคำถามท้ายกิจกรรมไม่ได้ ต้องวางเลเซอร์และทำกิจกรรม

กดได้

แสงเชิงคลื่น

หน้า 1/4

คำถามท้ายกิจกรรม **ที่ 1.2** ผลการทำกิจกรรม

❶ คำถามข้อที่ 1

ภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินผ่านสลิตคู่มีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

- เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นจุดวงกลม 2 จุดเช่นเดียวกัน
- เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นแถบสว่าง 2 แถบเช่นเดียวกัน
- **●** เหมือนกัน โดยปรากฏแถบมืดแถบสว่างสลับกันหลายแถบเช่นเดียวกัน
- ไม่เหมือนกัน

ส่งคำตอบ

← กลับสู่หน้าทำกิจกรรม

แสงเชิงคลื่น

หน้า 2/4

คำถามท้ายกิจกรรม **ที่ 1.2** ผลการทำกิจกรรม

❷ คำถามข้อที่ 2

ข้อใดเรียงลำดับความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

- แสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน **สีม่วง**
- แสงเลเซอร์สีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง **สีม่วง**
- แสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินมีความยาวคลื่นเท่ากัน **สีม่วง**

คำถามข้อก่อนหน้า

เพิ่มคำถามข้อ 2 และ ข้อ 3 (ส่วนข้อ 2 3 4 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 4 5 6)

แสงเชิงคลื่น

หน้า 3/4

คำถามท้ายกิจกรรม **ที่ 1.2** ผลการทำกิจกรรม

❸ คำถามข้อที่ 3

ข้อใดเรียงลำดับความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดที่เกิดจากแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่และระยะระหว่างสลิตกับฉากเท่ากัน จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

- แสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน **สีม่วง**
- แสงเลเซอร์สีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง **สีม่วง**
- แสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินมีความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดเท่ากัน **สีม่วง**

คำถามข้อก่อนหน้า

แสงเชิงคลื่น

หน้า 4/4

คำถามท้ายกิจกรรม **ที่ 1.2** ผลการทำกิจกรรม

❹ คำถามข้อที่ 4

เมื่อเปลี่ยนสีของเลเซอร์ที่ผ่านสลิตคู่ให้มีความยาวคลื่นแสงน้อยลง ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดที่ปรากฏบนฉากจะเป็นอย่างไร

- ✓ มากขึ้น **มากขึ้น**
- เท่าเดิม
- น้อยลง

ไปทำกิจกรรมต่อ

เพิ่มคำถามข้อ 2 และ ข้อ 3 (ส่วนข้อ 2 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 4)

2. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีม่วง ผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างด้านข้างมีความสว่างอย่างไร

- ก. ไกล่เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ง. ไม่สามารถระบุได้

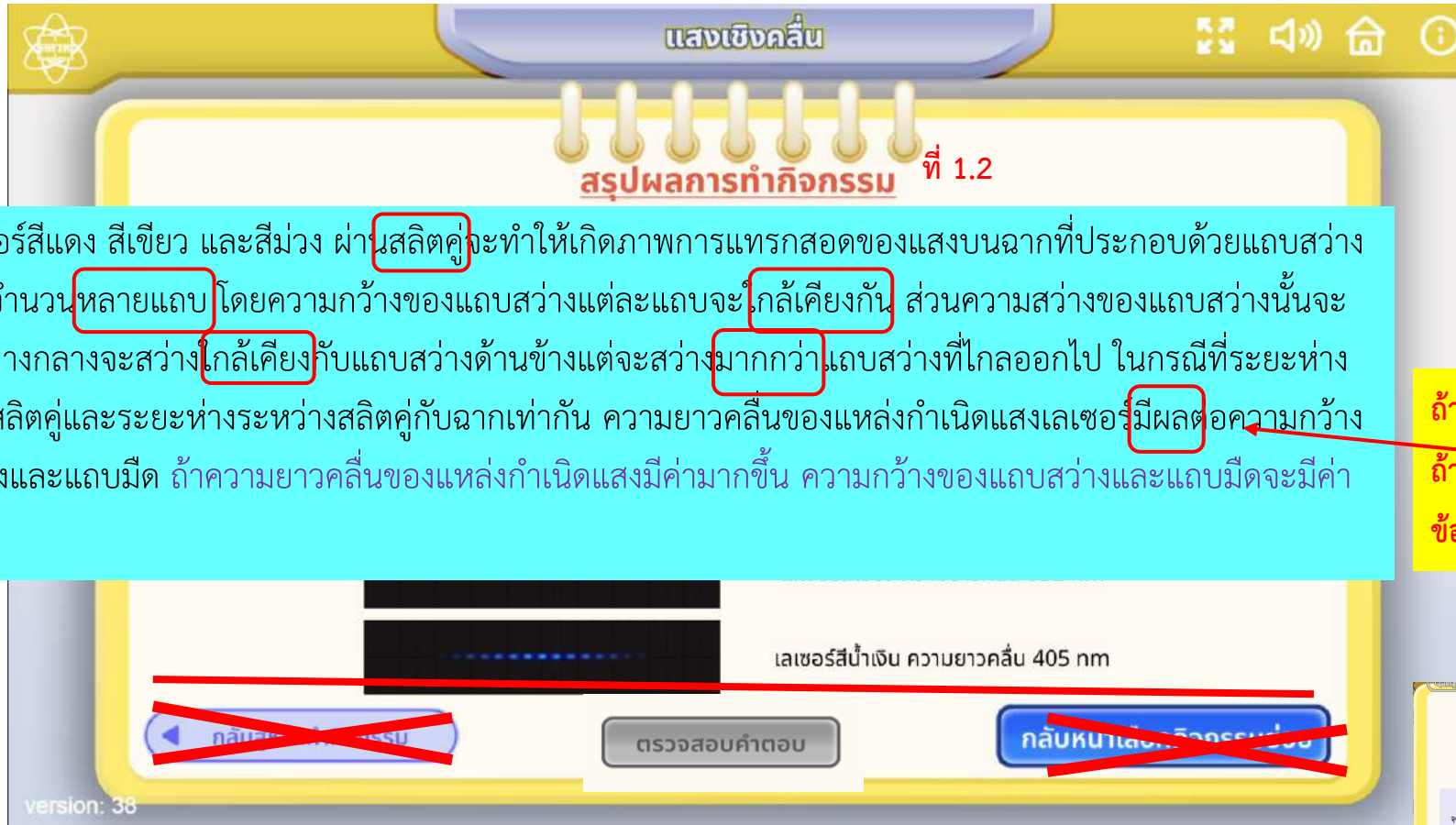
3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีม่วง ผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างที่ไกลออกไปมีความสว่างอย่างไร

- ก. ไกล่เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
- ง. ไม่สามารถระบุได้



ตัวเลือก

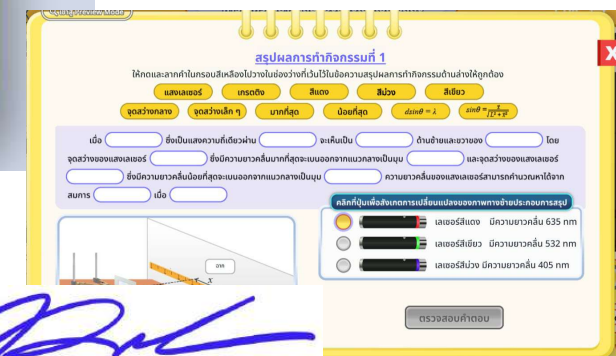
สลิตคู่ สองแถบ ไกล่เคียงกัน ไกล่เคียง มากกว่า มีผล มากขึ้น
สลิตเดี่ยว หลายแถบ แตกต่างกัน เท่ากับ น้อยกว่า ไม่มีผล น้อยลง



เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีม่วง ผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพการแทรกสอดของแสงบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดจำนวนหลายแถบ โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบจะไกล่เคียงกัน ส่วนความสว่างของแถบสว่างนั้นจะพบว่าแถบสว่างกลางจะสว่างไกล่เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่และระยะห่างระหว่างสลิตคู่กับฉากเท่ากัน ความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์มีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด ถ้าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงมีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่ามากขึ้น

ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความสีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” หรือ “ไม่เต็ม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความสีม่วง (ของจริงไม่ต้องสีม่วง)

ปรับ Format หน้าสรุปให้เหมือน
กิจกรรมของเกรตติงที่ลากมาวางได้



[Handwritten signature]

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่หมดถึง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

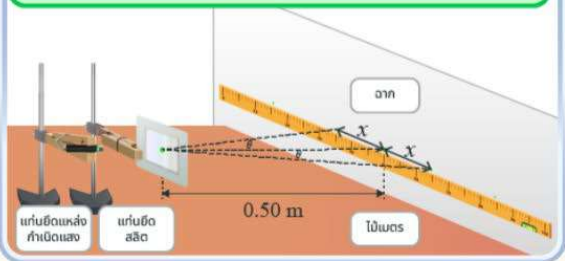
สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



Signature

หน้ากิจกรรมย่อยที่ 1 สลิตคู่ ตัวแปร 1.3 ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)





เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าต่างบันทึกผล)
- กดเพื่อตรวจคำตอบ

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่โดยมีระยะระหว่างสลิตกับฉากแตกต่างกัน 3 ค่า และระยะระหว่างช่องสลิตคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่สัมพันธ์กับระยะระหว่างสลิตกับฉากอย่างไร

เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น

“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”

ปรับแก้ 1.3 ในทำนองเดียวกับกิจกรรมที่ 1.1



ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่

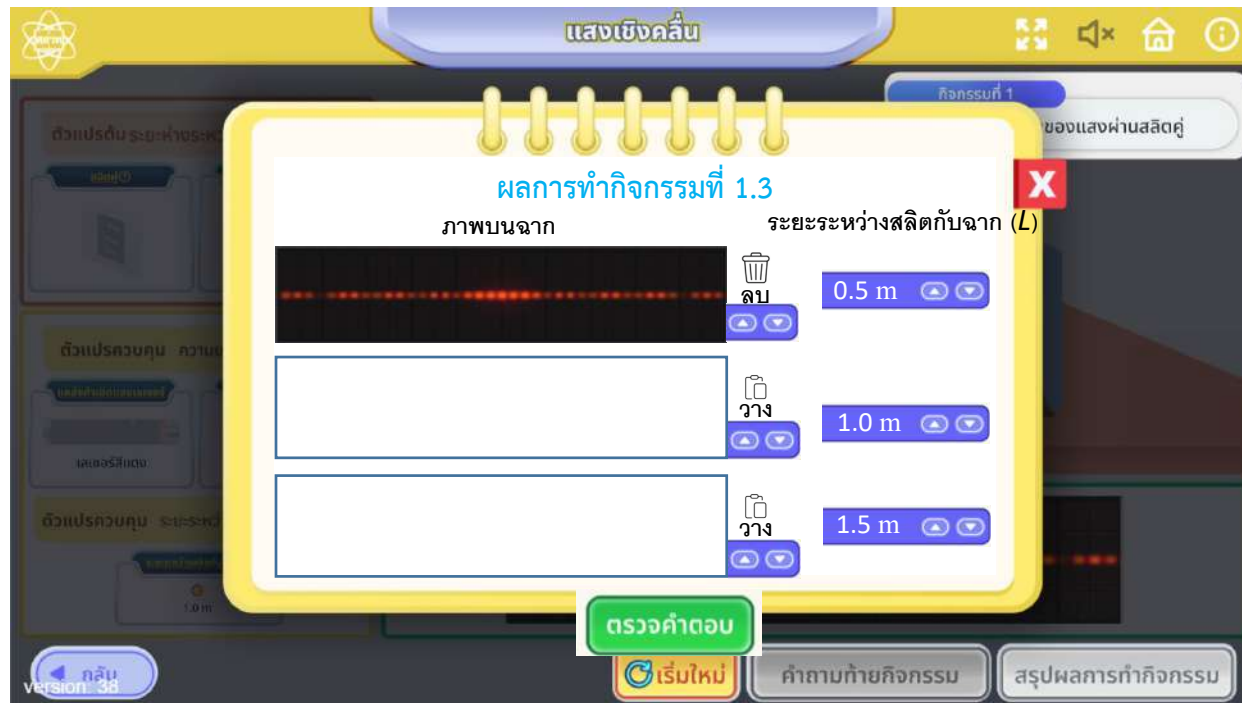
เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองทำ)

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

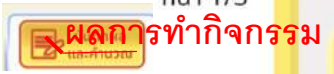
- ปรับเป็นแบบเลือกคำตอบ
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ



หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1.3



คำถามท้ายกิจกรรม **ที่ 1.3**



❶ คำถามข้อที่ 1

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างสลิตกับฉากแตกต่างกัน จะทำให้ภาพที่เกิดบนฉากมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

- ☐ เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นจุดวงกลม 2 จุดเช่นเดียวกัน
- ☐ เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นแถบสว่าง 2 แถบเช่นเดียวกัน
- ☐ เหมือนกัน โดยปรากฏแถบมืดแถบสว่างสลับกันหลายแถบเช่นเดียวกัน
- ☐ ไม่เหมือนกัน

◀️ กลับสู่หน้าทำกิจกรรม

เพิ่มคำถามข้อ 2 และ ข้อ 3 (ส่วนข้อ 2 3 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 4 5)

คำถามท้ายกิจกรรม **ที่ 1.3**



❶ คำถามข้อที่ 3

เมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างสลิตกับฉากให้มากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดที่ปรากฏบนฉากจากแสงเลเซอร์ที่ผ่านสลิตคู่จะเป็นอย่างไร

- ☒ มากขึ้น
- ☐ เท่าเดิม
- ☐ น้อยลง



▶️ กลับไปทำกิจกรรมต่อ

คำถามท้ายกิจกรรม **ที่ 1.3**



❶ คำถามข้อที่ 2

ข้อใดเปรียบเทียบความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดที่เกิดจากแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่เท่ากัน โดยมีระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร และ 1.50 เมตร ได้ถูกต้อง

- ☒ ระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร ทำให้เกิดภาพที่มีความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดน้อยกว่าระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 1.00 เมตร
- ☐ ระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร ทำให้เกิดภาพที่มีความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดเท่ากับระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 1.00 เมตร
- ☐ ระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร ทำให้เกิดภาพที่มีความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดมากกว่าระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 1.00 เมตร



สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

คำถามข้อก่อนหน้า

คำถามข้อต่อไป

เพิ่มคำถามข้อ 2 และ ข้อ 3 (ส่วนข้อ 2 3 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 4 5)

2. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างด้านข้างมีความสว่างอย่างไร

- ก. ไกล่เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ง. ไม่สามารถระบุได้

3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างที่ไกลออกไปมีความสว่างอย่างไร

- ก. ไกล่เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
- ง. ไม่สามารถระบุได้



แสงเชิงคลื่น

ตัวแปรต้น ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก ?

0.5 m 1.0 m 1.5 m

ตัวแปรควบคุม ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิตคู่

ระยะห่างระหว่างช่อง

100 μm

ตัวแปรควบคุม ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

เลเซอร์สีแดง

แสงเลเซอร์

ปิด

เปิด

กลับ

version: 38

ทดลองที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

แสงในห้อง

แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง

แท่นยึดสลิต

ฉาก

0.5 m

กดเพื่อไปสรุปผลการทำกิจกรรม

กดเพื่อไปตอบคำถามทำกิจกรรม

คำถามทำกิจกรรม

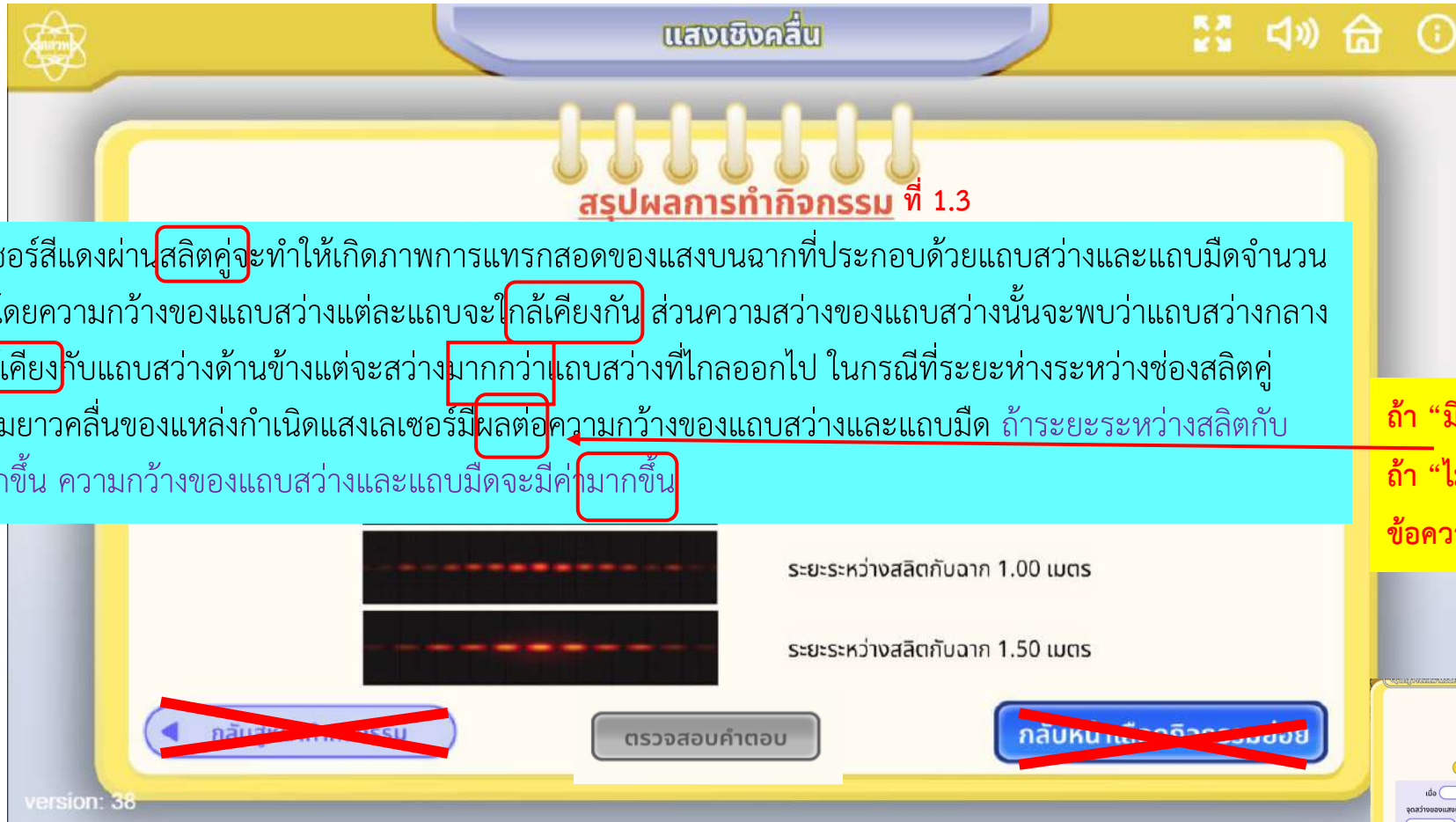
สรุปผลการทำกิจกรรม

กดเพื่อไปสรุปผลการทำกิจกรรม

พบ error เป็น prompt ค้าง

ตัวเลือก

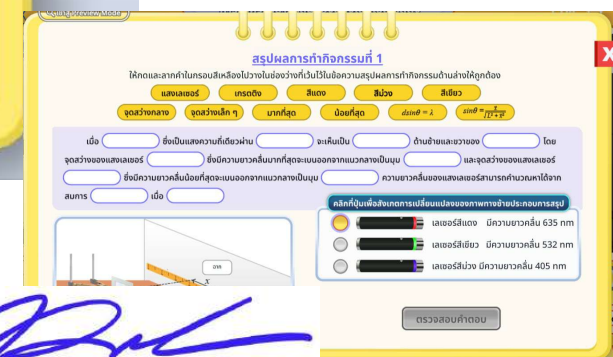
สลิตคู่ สองแถบ ใกล้เคียงกัน ใกล้เคียง มากกว่า มีผล มากขึ้น
สลิตเดี่ยว หลายแถบ แตกต่างกัน เท่ากับ น้อยกว่า ไม่มีผล น้อยลง



เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพการแทรกสอดของแสงบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดจำนวนหลายแถบ โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบจะใกล้เคียงกัน ส่วนความสว่างของแถบสว่างนั้นจะพบว่าแถบสว่างกลางจะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่เท่ากัน ความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์มีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด ถ้าระยะระหว่างสลิตกับฉากมีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่ามากขึ้น

ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความสีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” หรือ “ไม่เต็ม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความสีม่วง (ของจริงไม่ต้องสีม่วง)

ปรับ Format หน้าสรุปให้เหมือน
กิจกรรมของเกรตติงที่ลากมาวางได้



[Handwritten signature]

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่หมดถึง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้ถอดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

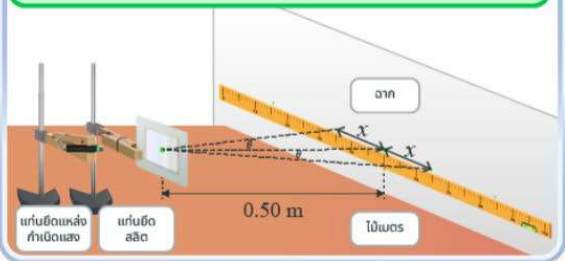
สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



หน้ากิจกรรมที่ 1 เมื่อทำครบ 3 ตัวแปร

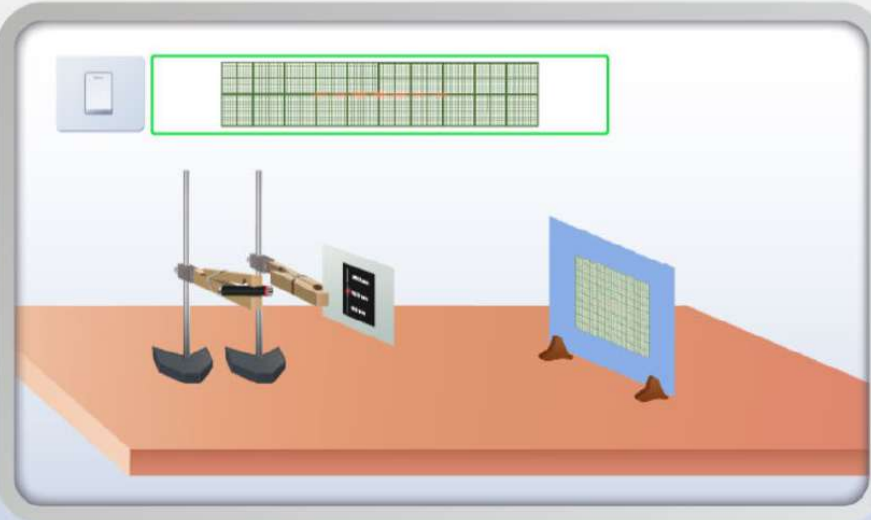


 แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่



version: 38

กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

 เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและ**ความกว้างของแถบสว่าง**จากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากเมื่อตัวแปรต้นแตกต่างกัน 3 ตัวแปรดังนี้



ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)



ความยาวคลื่นแสง (λ)



ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม 

สรุปกิจกรรมที่ 1

ตัดเสียงแทรก กดเพื่อศึกษาออก น่าจะหลุดมา

เพิ่ม prompt “กดเพื่อสรุปกิจกรรมที่ 1”



ตัวเลือก

สลิตคู่ สองแถบ ใกล้เคียงกัน ใกล้เคียง มากกว่า ระยะระหว่างช่องสลิตคู่ (d) ความยาวคลื่นแสง (λ) ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)
สลิตเดี่ยว หลายแถบ แตกต่างกัน น้อยกว่า มากขึ้น มากขึ้น มากขึ้น น้อยลง น้อยลง น้อยลง

เมื่อแสงเลเซอร์สีผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพการแทรกสอดของแสงบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดจำนวนหลายแถบ โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบจะใกล้เคียงกัน ส่วนความสว่างของแถบสว่างนั้นจะพบว่าแถบสว่างกลางจะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบขึ้นอยู่กับ

ด้านข้าง สำหรับความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบขึ้นอยู่กับระยะระหว่างช่องสลิตคู่ (d) ความยาวคลื่นแสง (λ) และระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L) โดยความกว้างของแถบสว่างจะมากขึ้น เมื่อระยะระหว่างช่องสลิตคู่น้อยลง หรือ ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือ ระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

ผลการทำกิจกรรมที่ 1.1

ผลการทำกิจกรรมที่ 1.2

ผลการทำกิจกรรมที่ 1.3

ตรวจสอบคำตอบ

วงกลมสีเขียวทั้ง 3 สามารถสลับลำดับได้ วงตรงไหนก็ถูก

“มากขึ้น” และ “น้อยลง” ใช้ตัวไหนก็ได้จาก 3 ตัว

มีปุ่มให้กดเพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมได้ด้วย

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่หมดถึง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้ถอดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

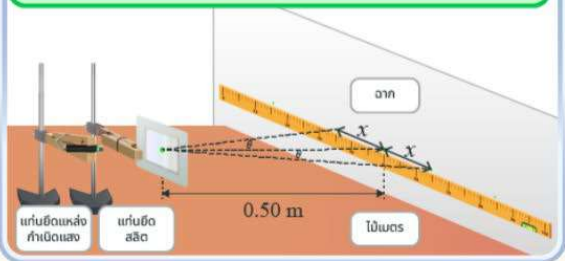
สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



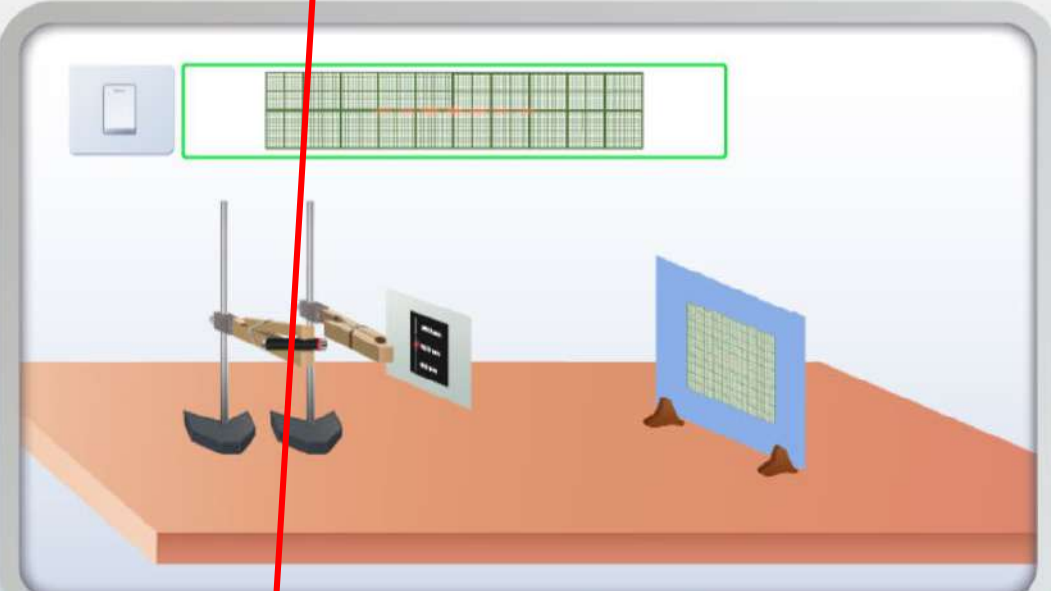
เมื่อสรุปกิจกรรมที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว

ปรับข้อความเป็น “ยินดีด้วย คุณทำกิจกรรมที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดกลับเพื่อไปเลือกทำกิจกรรมที่ 2 หรือ ตอบคำถามชวนคิด”

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่



version: 38

← กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

← กลับ

ยินดีด้วย คุณทำกิจกรรมที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว
ถ้ายังไม่ได้ทำกิจกรรมที่ 2 ให้กดกลับเพื่อไปเลือก
ทำกิจกรรมที่ 2 ตัวอย่าง

เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่าง
จากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
บนฉากเมื่อตัวแปรต้นแตกต่างกัน 3 ตัวแปร
ดังนี้

- ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)
- ความยาวคลื่นแสง (λ)
- ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม →

สรุปกิจกรรมที่ 1



เมื่อทำกิจกรรมที่ 1 หรือ 2 ใดกิจกรรมหนึ่งเสร็จแล้ว แล้วกลับหน้าเลือกกิจกรรม



กรณีทำกิจกรรมที่ 1 เสร็จก่อน แล้วกลับมาหน้านี้
ให้แสดง prompt ดังนี้

- เลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2
- กดเข้าสู่กิจกรรม

กรณีทำกิจกรรมที่ 2 เสร็จก่อน แล้วมาหน้านี้
ให้แสดง prompt ดังนี้

- เลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1
- กดเข้าสู่กิจกรรม

กรณีทำกิจกรรมที่ 1 และ 2 เสร็จแล้ว และกลับมาหน้านี้
ให้แสดง prompt ดังนี้

- กดเพื่อตอบคำถามชวนคิด



เพิ่มกรอบเพื่อใส่สีและพื้นหลัง จะได้แยกกับคำถามชวนคิด

เพิ่มกรอบคำถามชวนคิด

เปลี่ยนสีพื้นให้แตกต่างกับสรุปกิจกรรม

หน้ากิจกรรมที่ 2 สลิตเดี่ยว



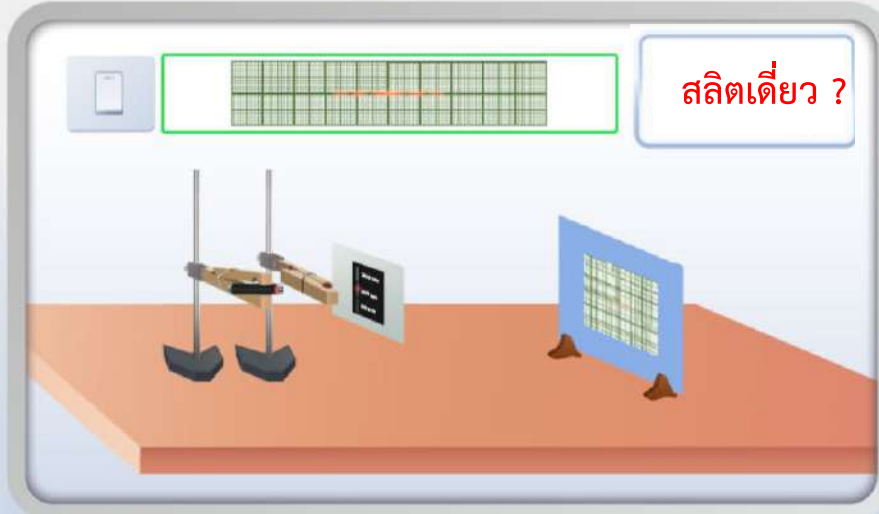


แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 2

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว



version: 38

(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับตัวหลัก)



~~เป้าหมาย~~
~~สังเกตความกว้างและความสว่างของแถบสว่างจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว~~
~~ตัวแปร~~
~~ตัวแปรต้นแตกต่างกันกับ 3 ตัวแปร~~

- ความกว้างของสลิต (a)
- ความยาวคลื่นแสง (λ)
- ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

สรุปกิจกรรมที่ 2

เพิ่มกรอบคำศัพท์ “สลิตเดี่ยว”

เพิ่มไอคอน “เป้าหมาย” และ “คำถามสำคัญ”

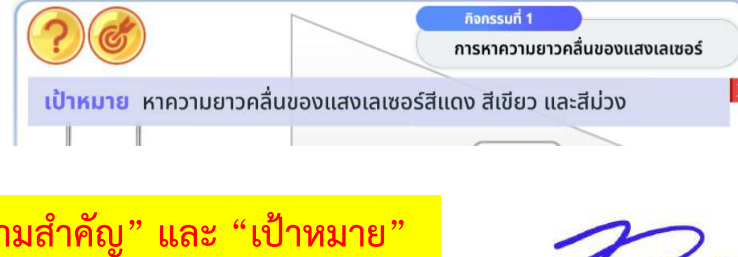
ลบข้อความเพื่อเป็นพื้นที่สำหรับใช้แสดง “คำถามสำคัญ” และ “เป้าหมาย”

เพิ่ม prompt แนะนำวิธีใช้งาน ตามลำดับ ดังนี้

- กวดวิชาคำถามสำคัญของกิจกรรม
- กวดวิชาเป้าหมายของกิจกรรม
- กวดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
- เลือกตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- กดเข้าสู่กิจกรรม

คำถามสำคัญ “รูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวบนฉากสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างไร”

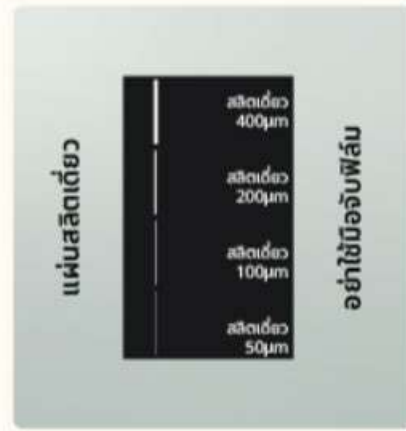
เป้าหมาย “สังเกตความกว้างและความสว่างของแถบสว่างจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวบนฉากเมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องแตกต่างกันครบทั้ง 3 ตัวแปร”



ตัวอย่างหน้า “คำถามสำคัญ” และ “เป้าหมาย”

สลิตเดี่ยว

สลิตเดี่ยว (single slit) เป็นอุปกรณ์ทางแสงที่มีลักษณะเป็นช่องเปิดขนาดเล็กที่มีความกว้างน้อย ๆ ค่าหนึ่ง จำนวน 1 ช่อง ดังรูป



รูป แผ่นสลิตเดี่ยว

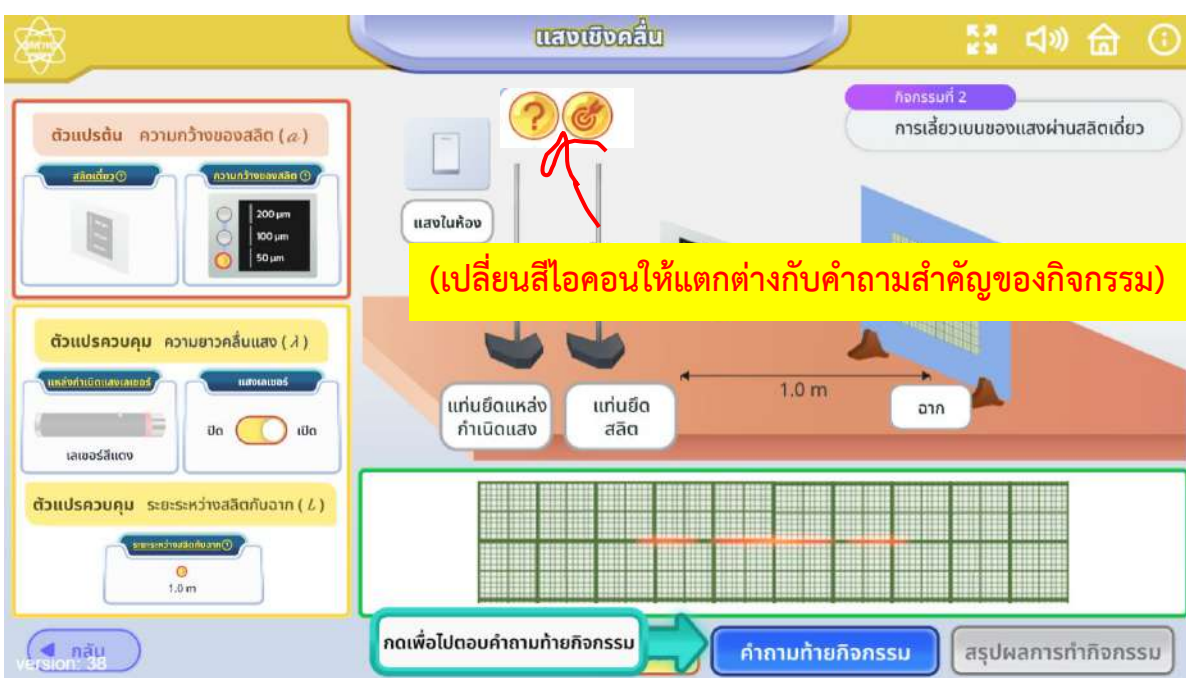


รูป ช่องเปิดของแผ่นสลิตเดี่ยว

ความหมายของสลิตเดี่ยวในหน้าเลือกกิจกรรมย่อยใช้ข้อความเดียวกับหน้าการทำกิจกรรมเลย

หน้ากิจกรรมย่อยที่ 2 สลิตเดี่ยว ตัวแปร 2.1 ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)





(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับคำถามสำคัญของกิจกรรม)

เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าต่างบันทึกผล)
- กดเพื่อตรวจคำตอบ

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของสลิตแตกต่างกัน 3 ค่า โดยความถี่ของแสงและระยะระหว่างสลิตกับฉากคงที่

เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น

“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตเดี่ยวสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างช่องสลิตอย่างไร

ปรับแก้ 2.1 ในทำนองเดียวกับกิจกรรมที่ 1.1



ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่

เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองทำ)

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

อย่าลืมเปลี่ยนค่าให้แตกต่างจาก กิจกรรมที่ 1.1

แสงเชิงคลื่น

ผลการทำกิจกรรมที่ 2.1

ภาพบนฉาก

ความกว้างของสลิตเดี่ยว (a)

ลบ 50 μm

วาง 100 μm

วาง 200 μm

ตรวจสอบคำตอบ

เริ่มใหม่

ถ่ายภาพทำกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

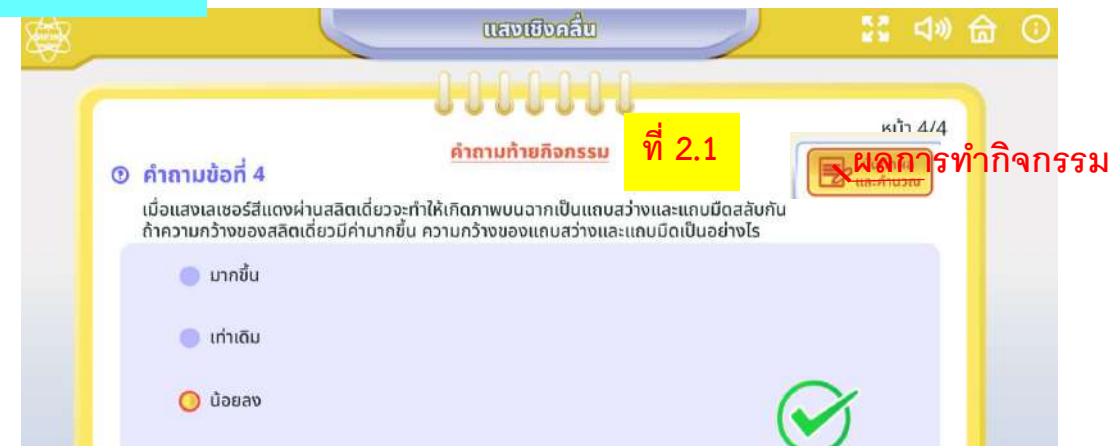
version 3.8

หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 2.1

อย่าลืมเปลี่ยนตัวเลขให้แตกต่างจาก กิจกรรมที่ 1.1



ไม่มีแทรกคำถามเพิ่มเหมือนกิจกรรมที่ 1.1



เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ)
ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของ
ตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัว



แสงเชิงคลื่น

๕๖
🔊
🏠
ⓘ

ตัวแปรต้น ความกว้างของสลิต (a)

สลิตเดี่ยว



ความกว้างของสลิต

200 μm
100 μm
50 μm

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์



เลเซอร์สีแดง

แสงเลเซอร์

ปิด  เปิด

ตัวแปรควบคุม ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์



เลเซอร์สีแดง

แสงเลเซอร์

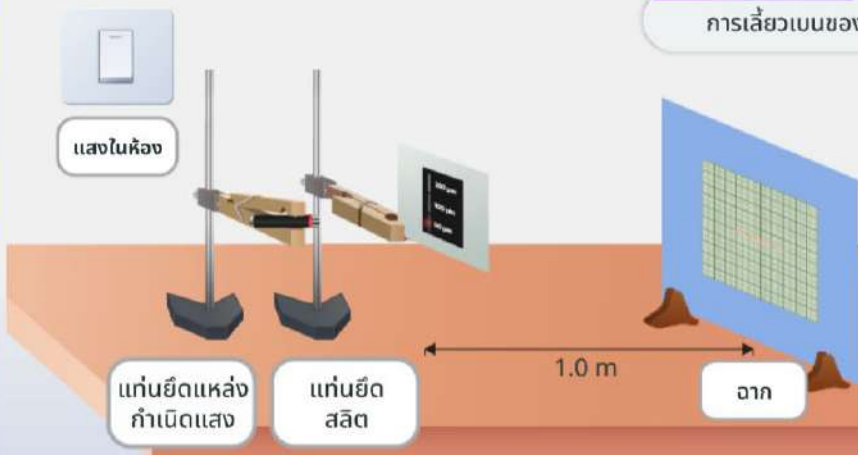
ปิด  เปิด

ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

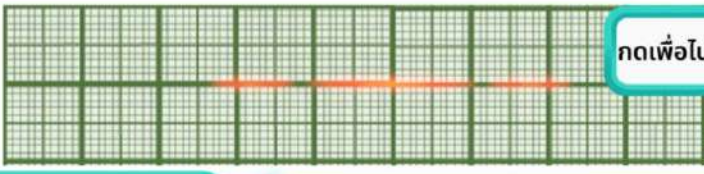
ระยะระหว่างสลิตกับฉาก


1.0 m

กิจกรรมที่ 2
การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว



แสงในห้อง แก่นยึดแหล่งกำเนิดแสง แก่นยึดสลิต 1.0 m ฉาก



กดเพื่อไปสรุปผลการทำกิจกรรม

กดเพื่อไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

พบ error เป็น prompt ต่าง



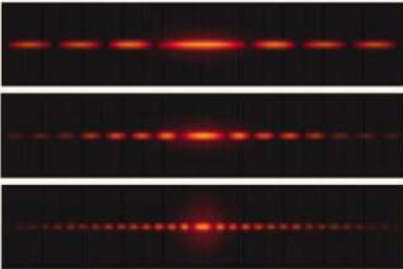
ตัวเลือก

สลิตคู่ แฉกเดี่ยว แฉกว้าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น
สลิตเดี่ยว หลายแฉก แฉกมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง

แสงเชิงคลื่น

สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ 2.1

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพจากการเลี้ยวเบนของแสงไปแทรกสอดกันบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดสลับกันจำนวนหลายแถบ โดยแถบสว่างกลางจะมีความสว่างและความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน ในขณะที่แถบสว่างอื่นๆ จะมีความกว้างใกล้เคียงกัน ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากเท่ากัน ความกว้างของสลิตเดี่ยวมีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด โดยเมื่อความกว้างของสลิตเดี่ยวมีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่าน้อยลง



ความกว้างของสลิตเดี่ยว 50 μm

ความกว้างของสลิตเดี่ยว 100 μm

ความกว้างของสลิตเดี่ยว 200 μm

version: 36

ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เต็ม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง



เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่หมดถึง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้ถอดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!

เมื่อทำกิจกรรมย่อยที่ 2.1 หรือ 2.2 หรือ 2.3 กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งเสร็จแล้ว แล้วกลับหน้าเลือกกิจกรรม

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 2 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

สลิตเดี่ยว?

เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่างจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวบนฉากเมื่อตัวแปรต้นแตกต่างกัน 3 ตัวแปร ดังนี้

- ความกว้างของสลิต (a)
- ความยาวคลื่นแสง (λ)
- ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

สรุปกิจกรรมที่ 2

กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

version: 38

(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับในกิจกรรมย่อย)

ให้แสดงแค่ prompt

- เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา
- กดเข้าสู่กิจกรรม

ไม่แสดง prompt อื่น ๆ ข้ำ ไม่อ่านข้ำ

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่างจากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากเมื่อตัวแปรต้นแตกต่างกัน 3 ตัวแปร ดังนี้

- ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)
- ความยาวคลื่นแสง (λ)
- ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

สรุปกิจกรรมที่ 1

กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

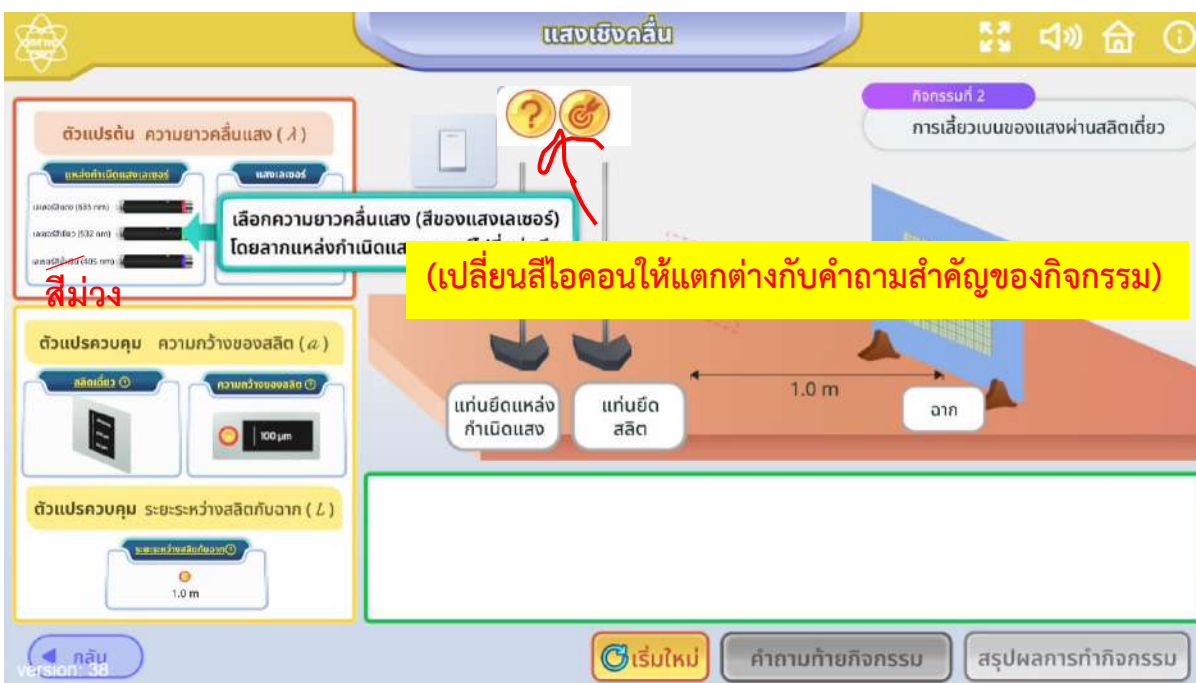
version: 38

เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา

[Signature]

หน้ากิจกรรมย่อยที่ 2 สลิตเดี่ยว ตัวแปร 2.2 ความยาวคลื่นแสง (λ)





(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับคำถามสำคัญของกิจกรรม)

เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าต่างบันทึกผล)
- กดเพื่อตรวจคำตอบ

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงที่มีความถี่แตกต่างกัน 3 ค่า ผ่านสลิตเดี่ยว โดยความกว้างของสลิตและระยะระหว่างสลิตกับฉากคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตเดี่ยวสัมพันธ์กับความถี่ของแสงอย่างไร

ปรับแก้ 2.2 ในทำนองเดียวกับกิจกรรมที่ 1.1



เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น

“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”

ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่

เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองทำ)

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

สำหรับในการทดลองนี้ ใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่มีความถี่ ดังนี้



เลเซอร์สีแดง มีความถี่ 635 nm



เลเซอร์สีเขียว มีความถี่ 532 nm



เลเซอร์สีน้ำเงิน มีความถี่ 405 nm



◀ ก่อนหน้า

รูป สีและความถี่ของแสงเลเซอร์

ส่วนคำขีดเส้นใต้เพื่อศึกษาความหมาย ให้เพิ่มปุ่ม Play/Pause ที่รูปแอนิเมชัน ให้สามารถหยุดดูได้

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1

ของแสงผ่านสลิตคู่

ผลการทำกิจกรรมที่ 2.2

ภาพบนฉาก

ความยาวคลื่นแสง (λ)

ลบ 405 nm

วาง 532 μm

วาง 635 μm

ตรวจสอบ

เริ่มใหม่

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

Version: 3.8

หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 2.2

 **แสงเชิงคลื่น**    

หน้า 1/4

คำถามท้ายกิจกรรม ที่ 2.2

❶ คำถามข้อที่ 1

ภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินผ่านสลิตเดี่ยวมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

- เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นจุดวงกลม 1 จุดเช่นเดียวกัน
- เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นแถบสว่าง 1 แถบเช่นเดียวกัน
- เหมือนกัน โดยปรากฏแถบมืดแถบสว่างสลับกันหลายแถบเช่นเดียวกัน
- ไม่เหมือนกัน

◀ กลับสู่หน้าทำกิจกรรม

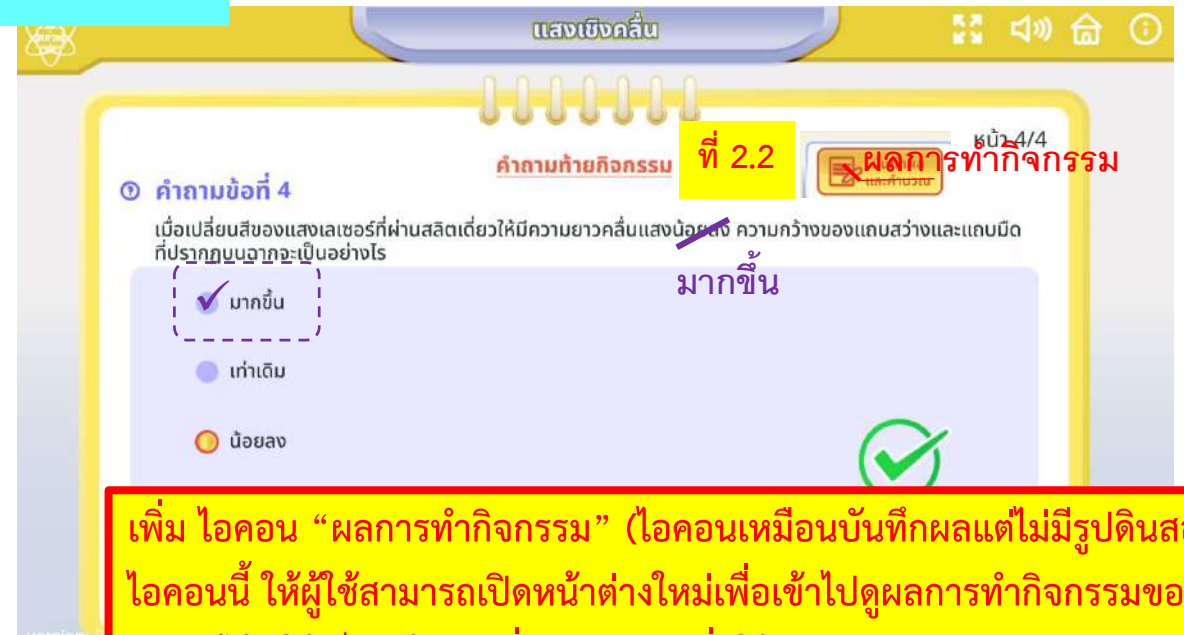
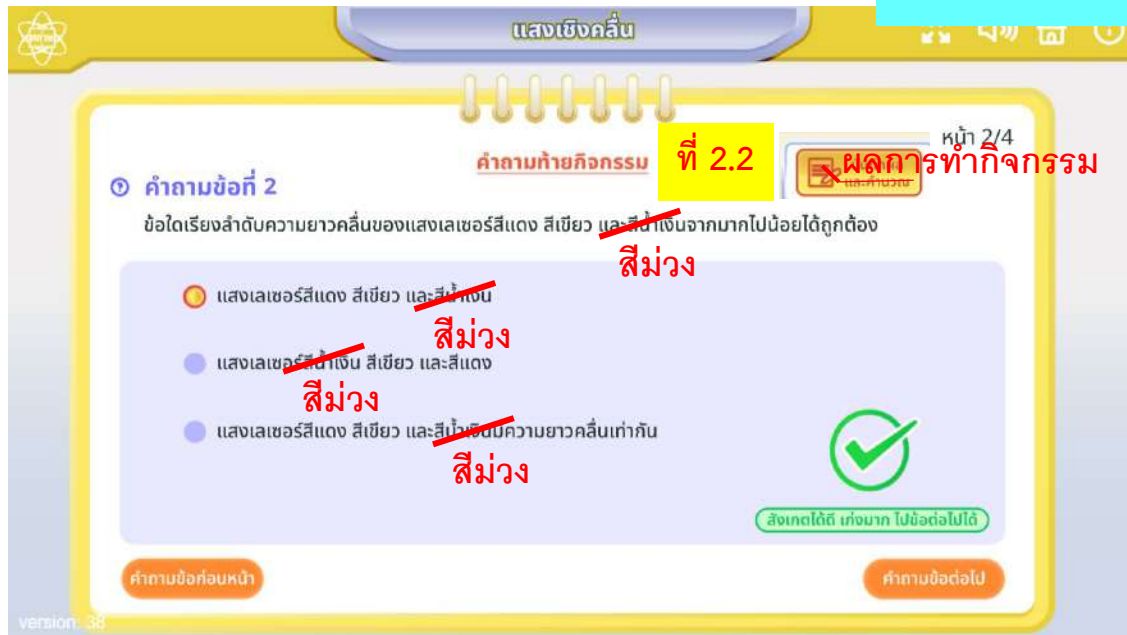
version: 38

บางครั้งติดอยู่ที่กดเข้ามาตอบคำถามท้ายกิจกรรม อาจจะทำกิจกรรมเร็วเกินไป ต้องพยายามทำหลายๆ รอบจึงจะเข้ามาได้





เพิ่มคำถามข้อ 2 และ 3 ต่อจากข้อ 1



เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัว

เพิ่มคำถามข้อ 2 และ 3 ต่อจากข้อ 1

2. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีม่วง ผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยมีความสว่างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

- ก. แถบสว่างมีความสว่างเท่า ๆ กันหมด
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง

3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีม่วง ผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยความกว้างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

- ก. แถบสว่างแต่ละแถบมีความกว้างใกล้เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างใกล้เคียงกัน
- ค. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างลดลงเมื่อห่างจากแถบสว่างกลางมากขึ้น



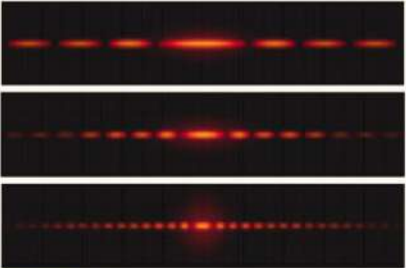
ตัวเลือก

สลิตคู่ แฉกเดี่ยว แฉกว้าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น
สลิตเดี่ยว หลายแฉก แฉกมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง

แสงเชิงคลื่น

สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ 2.1

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพจากการเลี้ยวเบนของแสงไปแทรกสอดกันบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดสลับกันจำนวนหลายแถบ โดยแถบสว่างกลางจะมีความสว่างและความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน ในขณะที่แถบสว่างอื่นๆ จะมีความกว้างใกล้เคียงกัน ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากเท่ากัน ความกว้างของสลิตเดี่ยวมีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด โดยเมื่อความกว้างของสลิตเดี่ยวมีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่าน้อยลง



ความกว้างของสลิตเดี่ยว 50 μm

ความกว้างของสลิตเดี่ยว 100 μm

ความกว้างของสลิตเดี่ยว 200 μm

← กลับสู่หน้าหลัก

ตรวจสอบคำตอบ

← กลับหน้าแรก

version: 36

ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เต็ม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง



ตัวเลือก

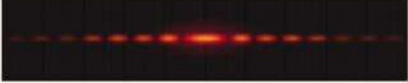
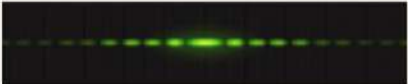
สลิตคู่ แฉกเดี่ยว แฉกว้าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น
สลิตเดี่ยว หลายแฉก แฉกมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง

แสงเชิงคลื่น

สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ 2.2

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพจากการเลี้ยวเบนของแสงไปแทรกสอดกันบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดสลับกันจำนวนหลายแถบ โดยแถบสว่างกลางจะมีความสว่างและความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน ในขณะที่แถบสว่างอื่นๆ จะมีความกว้างใกล้เคียงกัน ซึ่งในกรณีที่ความกว้างของสลิตเดี่ยวและระยะระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากเท่ากัน ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์มีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด โดยเมื่อแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์มีความยาวคลื่นมากขึ้นความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมากขึ้น

ถ้าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงมีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่ามากขึ้น

	เลเซอร์สีแดง ความยาวคลื่น 635 nm
	เลเซอร์สีเขียว ความยาวคลื่น 532 nm
	เลเซอร์สีน้ำเงิน ความยาวคลื่น 405 nm

สีม่วง

version: 38

ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เต็ม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง



เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่หมดถึง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้ถอดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

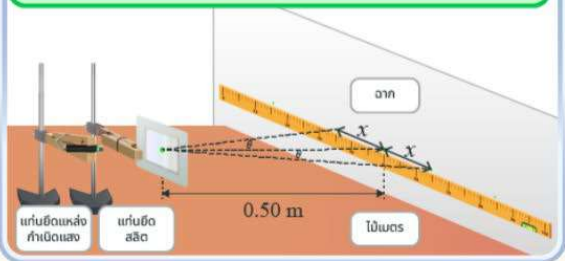
สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



หน้ากิจกรรมย่อยที่ 2 สลิตเดี่ยว ตัวแปร 2.3 ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)





เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าต่างบันทึกผล)
- กดเพื่อตรวจคำตอบ

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตเดี่ยวโดยมีระยะระหว่างสลิตกับฉากแตกต่างกัน 3 ค่า และความกว้างของสลิตคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตเดี่ยวสัมพันธ์กับระยะระหว่างสลิตกับฉากอย่างไร

เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น

“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”

ปรับแก้ 2.3 ในทำนองเดียวกับกิจกรรมที่ 1.1



ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่

เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองทำ)

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1

ของแสงผ่านสลิตคู่

ผลการทำกิจกรรมที่ 2.3

ภาพบนฉาก

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ลบ 0.5 m

วาง 1.0 m

วาง 1.5 m

ตรวจสอบ

เริ่มใหม่

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

Version: 3.8

หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 2.3

แสงเชิงคลื่น

หน้า 2/3

ผลการทำกิจกรรม

คำถามข้อที่ 1

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตเดี่ยวที่มีระหว่างสลิตกับฉากแตกต่างกัน จะทำให้ภาพที่เกิดบนฉากมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

- ☐ เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นจุดวงกลม 1 จุดเช่นเดียวกัน
- ☐ เหมือนกัน โดยเกิดภาพเป็นแถบสว่าง 1 แถบเช่นเดียวกัน
- ☒ เหมือนกัน โดยปรากฏแถบมืดแถบสว่างสลับกันหลายแถบเช่นเดียวกัน
- ☐ ไม่เหมือนกัน

สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

กลับสู่หน้าทำกิจกรรม

คำถามข้อต่อไป

version: 38

แสงเชิงคลื่น

หน้า 2/3

ผลการทำกิจกรรม

คำถามข้อที่ 2

ข้อใดเปรียบเทียบความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดที่เกิดจากแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของสลิตเดี่ยวเท่ากัน โดยมีระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร และ 1.50 เมตร ได้ถูกต้อง

- ☒ ระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร ทำให้เกิดภาพที่มีความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดน้อยกว่าระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 1.00 เมตร
- ☐ ระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร ทำให้เกิดภาพที่มีความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดเท่ากับระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 1.00 เมตร
- ☐ ระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 0.50 เมตร ทำให้เกิดภาพที่มีความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดมากกว่าระยะระหว่างสลิตกับฉากเป็น 1.00 เมตร

สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

คำถามข้อก่อนหน้า

คำถามข้อต่อไป

version: 38

แสงเชิงคลื่น

หน้า 3/3

ผลการทำกิจกรรม

คำถามข้อที่ 3

เมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างสลิตกับฉากให้มากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดที่ปรากฏบนฉากจากแสงเลเซอร์ที่ผ่านสลิตเดี่ยวจะเป็นอย่างไร

- ☒ มากขึ้น
- ☐ เท่าเดิม
- ☐ น้อยลง

กลับไปที่ทำกิจกรรมต่อ

version: 38

เพิ่มคำถามข้อ 2 และ ข้อ 3 (ส่วนข้อ 2 3 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 4 5)

เพิ่มคำถามข้อ 2 และ 3 ต่อจากข้อ 1

2. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยมีความสว่างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

- ก. แถบสว่างมีความสว่างเท่า ๆ กันหมด
- ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง

3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยความกว้างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

- ก. แถบสว่างแต่ละแถบมีความกว้างใกล้เคียงกัน
- ข. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างใกล้เคียงกัน
- ค. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างลดลงเมื่อห่างจากแถบสว่างกลางมากขึ้น



ตัวเลือก

สลิตคู่ แฉกเดี่ยว แฉกว้าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น
สลิตเดี่ยว หลายแฉก แฉกมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง

แสงเชิงคลื่น

สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ 2.3

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตเดี่ยวจะทำให้เกิดภาพจากการเลี้ยวเบนของแสงไปแทรกสอดกันบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดสลับกันจำนวนหลายแถบ โดยแถบสว่างกลางจะมีความสว่างและความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจนน ในขณะที่แถบสว่างอื่นๆ จะมีความกว้างใกล้เคียงกัน ซึ่งในกรณีที่ความกว้างของสลิตเดี่ยวเท่ากัน ระยะห่างระหว่างสลิตกับฉากมีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด โดยเมื่อระยะห่างระหว่างสลิตกับฉากมีค่าน้อย ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่าน้อย

ถ้าระยะระหว่างสลิตกับฉากมีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่ามากขึ้น

	ระยะระหว่างสลิตกับฉาก 0.50 เมตร
	ระยะระหว่างสลิตกับฉาก 1.00 เมตร
	ระยะระหว่างสลิตกับฉาก 1.50 เมตร

version: 38

← กลับสู่หน้าหลัก

ตรวจสอบคำตอบ

← กลับหน้ากิจกรรมย่อย

ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เต็ม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง



เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่หมดถึง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้ถอดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

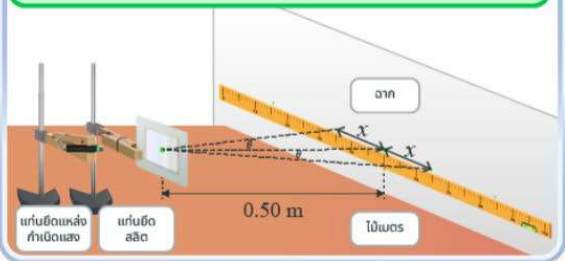
สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



ฉาก

0.50 m

ไม่พบ

แท่งยึดแหล่งกำเนิดแสง

แท่งยึดสลิต



หน้ากิจกรรมที่ 2 เมื่อทำครบ 3 ตัวแปร





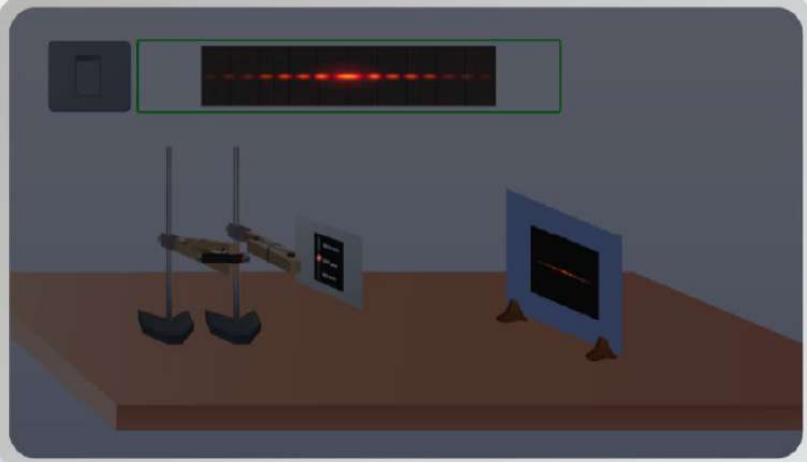
แสงเชิงคลื่น



กิจกรรมที่ 2

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว



เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่างจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวบนฉากเมื่อตัวแปรต้นแตกต่างกัน 3 ตัวแปรดังนี้

ความกว้างของสลิต (a)

ความยาวคลื่นแสง (λ)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

สรุปกิจกรรมที่ 2

← กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

version: 38

เพิ่ม prompt “กดเพื่อสรุปกิจกรรมที่ 2”



ตัวเลือก

สลิตคู่ แบนเดี่ยว ความกว้าง ความกว้างของสลิตเดี่ยว (a) ความยาวคลื่นแสง (λ) ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)
สลิตเดี่ยว หลายแถบ ความสว่าง มากขึ้น มากขึ้น มากขึ้น น้อยลง น้อยลง น้อยลง

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 2

จุดประสงค์ สัก

สรุปกิจกรรมที่ 2

เมื่อแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยว จะทำให้เกิดภาพจากการเลี้ยวเบนของแสงไปแทรกสอดกันบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดสลับกันจำนวนหลายแถบ โดยแถบสว่างกลางจะมีความสว่างและความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน ในขณะที่แถบสว่างอื่นๆ จะมีความกว้างใกล้เคียงกัน โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบขึ้นอยู่กับความกว้างของสลิตเดี่ยว (a) ความยาวคลื่นแสง (λ) และระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L) ทั้งนี้ ความกว้างของแถบสว่างจะมากขึ้น เมื่อความกว้างของสลิตเดี่ยวน้อยลง หรือ ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

บันทึกผล และคำนวณ

ผลการทำกิจกรรมที่ 1.1 ผลการทำกิจกรรมที่ 1.2 ผลการทำกิจกรรมที่ 1.3

ตรวจสอบคำตอบ

กลับไปสู่หน้าหลักกิจกรรม

version: 38

สรุปกิจกรรมที่ 2

วงกลมสีเขียวทั้ง 3 สามารถสลับลำดับได้ วงตรงไหนก็ถูก

“มากขึ้น” และ “น้อยลง” ใช้ตัวไหนก็ได้จาก 3 ตัว

มีปุ่มให้กดเพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมได้ด้วย

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมี
เครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ

เข้าสู่ Preview Mode

การคำนวณการเลี้ยวเบนของแสงได้ ไม่หมดถึง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ให้ถอดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

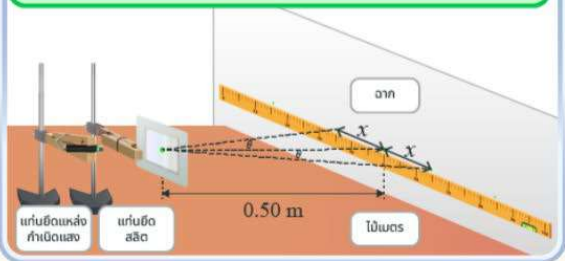
สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$

กดปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



ฉาก

0.50 m

ไม่พบ

แถบยึดแหล่งกำเนิดแสง

แถบยึดสลิต

Handwritten signature

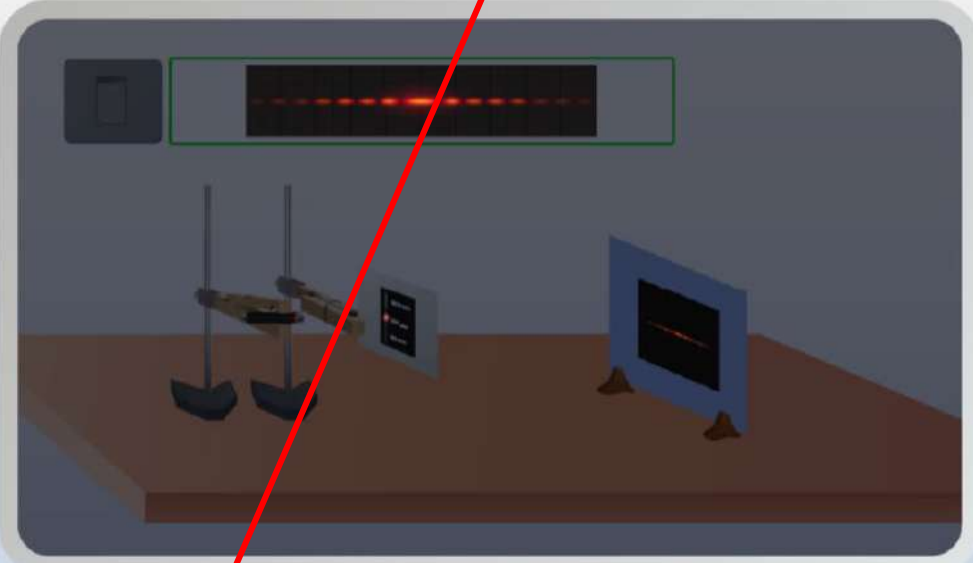
เมื่อสรุปกิจกรรมที่ 2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว

ปรับข้อความเป็น “ยินดีด้วย คุณทำกิจกรรมที่ 2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดกลับเพื่อไปเลือกทำกิจกรรมที่ 1 หรือ ตอบคำถามชวนคิด”

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 2 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

จุดประสงค์ สังเกตและอธิบายรูปแบบเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว



เป้าหมาย

สังเกตความสว่างและความกว้างของแถบสว่างจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวบนฉากเมื่อตัวแปรต่างแตกต่างกัน 3 ตัวแปรดังนี้

- ความกว้างของสลิต (a)
- ความยาวคลื่นแสง (λ)
- ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

เข้าสู่กิจกรรม

สรุปกิจกรรมที่ 2

version: 38

กลับสู่หน้าหลักกิจกรรม

ยินดีด้วย คุณทำกิจกรรมที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว
ถ้ายังไม่ได้ทำกิจกรรมที่ 2 ให้กดกลับเพื่อไปเลือก
ทำกิจกรรมที่ 2 ตัวอย่าง

กลับ



หน้าหลักเมื่อสรุปกิจกรรมที่ 1 และ 2 เรียบร้อยแล้ว





เปลี่ยนสีให้แตกต่างกับกิจกรรมย่อย

เพิ่ม prompt “กดเพื่อตอบคำถามชวนคิด”

[Handwritten signature]

ส่วนของคำแนะนำการใช้งาน

A handwritten signature in blue ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a cursive script.

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)

เรื่อง แสงเชิงคลื่น

คำแนะนำการใช้งาน

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่องแสงเชิงคลื่น ประกอบด้วย 2 กิจกรรมที่นักเรียนสามารถเลือกเรียนรู้ได้ โดยในแต่ละกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติตามคำแนะนำที่ปรากฏในกรอบคำแนะนำที่มีลูกศรกำกับจนครบ ถ้าต้องการทราบความหมายของคำศัพท์ที่ปรากฏในแต่ละหน้าสามารถทำได้โดยคลิกข้อความที่ขีดเส้นใต้ จากนั้นจึงตอบคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปผลการทำกิจกรรม

X กลุ่มวิชาฟิสิกส์

สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดูประสงค์ของสื่อ

คำแนะนำการใช้งาน

เริ่ม ▶

version: 38

🔍 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ

🔧 การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ยังคงหน้านี้ไว้อยู่ แล้วมีคำแนะนำในหน้าต่อไป

1. กดศึกษาคำถามชวนคิด
2. กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
3. เลือกกิจกรรมการเรียนรู้
4. กดเข้าสู่กิจกรรม

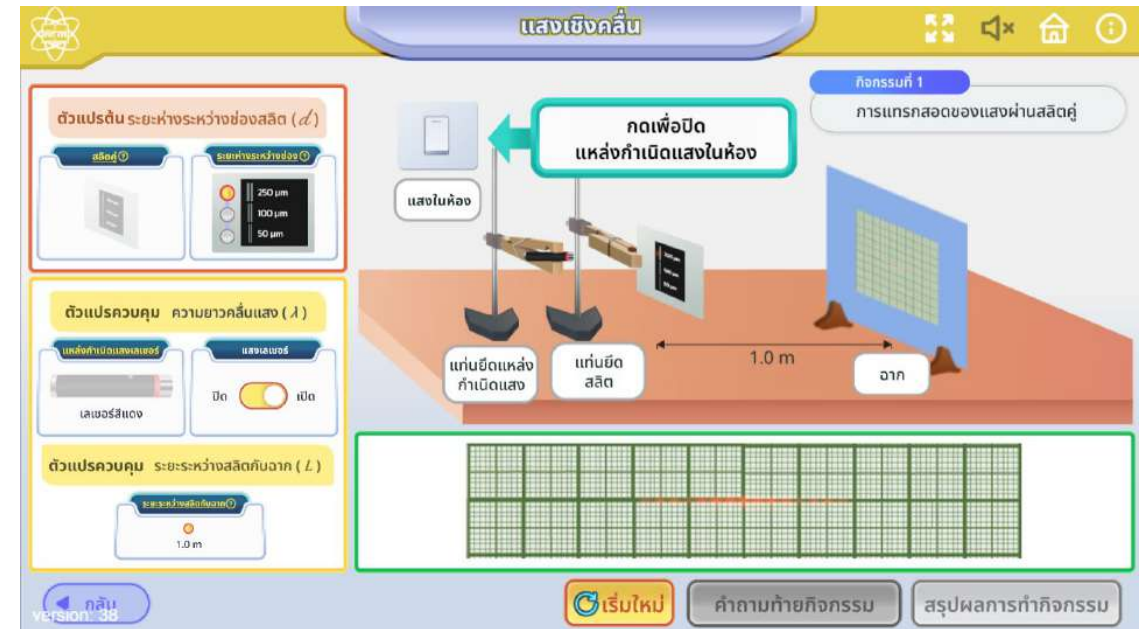


5. ศึกษาจุดประสงค์ของกิจกรรม
6. กดศึกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม
7. กดศึกษาเป้าหมายของกิจกรรม
8. กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
9. เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา
10. กดเข้าสู่กิจกรรม



[Handwritten signature]

11. กดศึกษาคำถามสำคัญ
12. กดศึกษาเป้าหมาย
13. เลือกระยะห่างระหว่างช่องสลิต
14. ลากแผ่นสลิตคู่ไปที่แท่นยึด
15. ลากแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ไปที่แท่นยึด
16. กดเพื่อเปิดแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์
17. กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
18. กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
19. กดเพื่อบันทึกภาพ
20. กดเพื่อบันทึกผล
21. วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น
22. กดเพื่อตรวจคำตอบ
23. กดเพื่อเปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
24. ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนระยะห่างระหว่างช่องสลิตจนครบ 3 ค่า
25. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม
26. สรุปผลการทำกิจกรรม



[Handwritten signature]

27. หลังจากทำกิจกรรมเพื่อศึกษาตัวแปรต้นตัวที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว เลือกตัวแปรต้นอื่นและทำกิจกรรมให้ครบทั้ง 3 ตัวแปร
28. หลังจากทำกิจกรรมเพื่อศึกษาตัวแปรต้นครบทั้ง 3 ตัวแปรแล้ว กดสรุปกิจกรรมที่ 1 เพื่อสรุปกิจกรรม



29. หลังจากทำกิจกรรมที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว เลือกกิจกรรมที่ 2 และเข้าสู่กิจกรรมที่ 2
30. หลังจากทำกิจกรรมทั้ง 2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว กดคำถามชวนคิด เพื่อตอบคำถามชวนคิด



[Handwritten signature]

นอกจากนี้ เสนอให้มีการปรับแก้เพิ่มเติมอีก ดังนี้

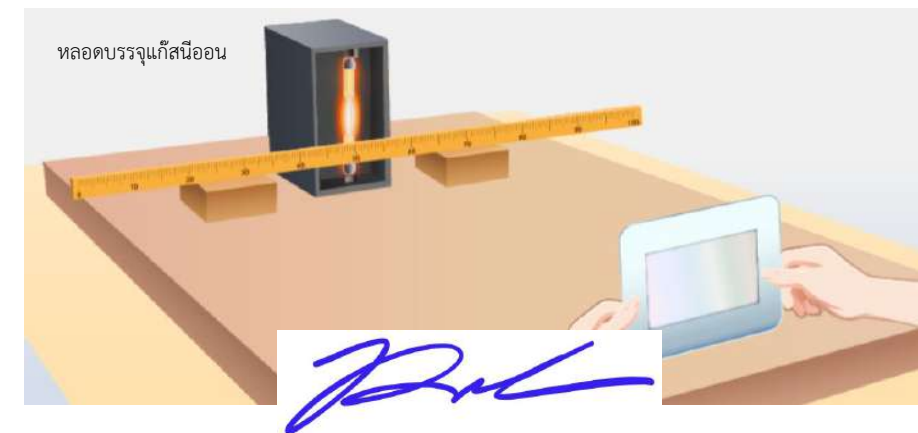
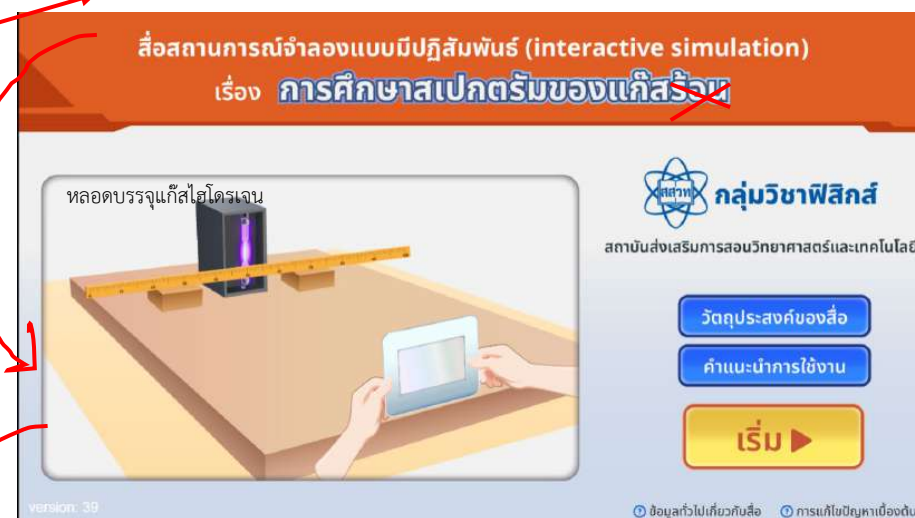
- ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect
- นำคำว่า version: xx ออก



ต้นร่าง 3 สเปกตรัมของแก๊ส

จุดมุ่งหมายของการปรับแก้ คือ ต้องการปรับให้สอดคล้องกับสื่อเกรตติง ดังลิงค์
<https://minio-api.app.progaming.town/pi2025/wavelength-of-light-using-grating/index.html>





หน้าแรก เปลี่ยนภาพประกอบโดยแสดง 3 ภาพสลับกัน คือ 1. หลอดไฟฟ้าทั่วไป
2. หลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน และ 3. หลอดบรรจุแก๊สนีออน พร้อมใส่ข้อความกำกับที่
แหล่งกำเนิดแสง

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)

เรื่อง การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน

วัตถุประสงค์ของสื่อ

เพื่อศึกษาสเปกตรัมที่เกิดจากแก๊สร้อน

X กลุ่มวิชาฟิสิกส์

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์ของสื่อ

คำแนะนำการใช้งาน

เริ่ม ▶

version: 39

🔗 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ

🔗 การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

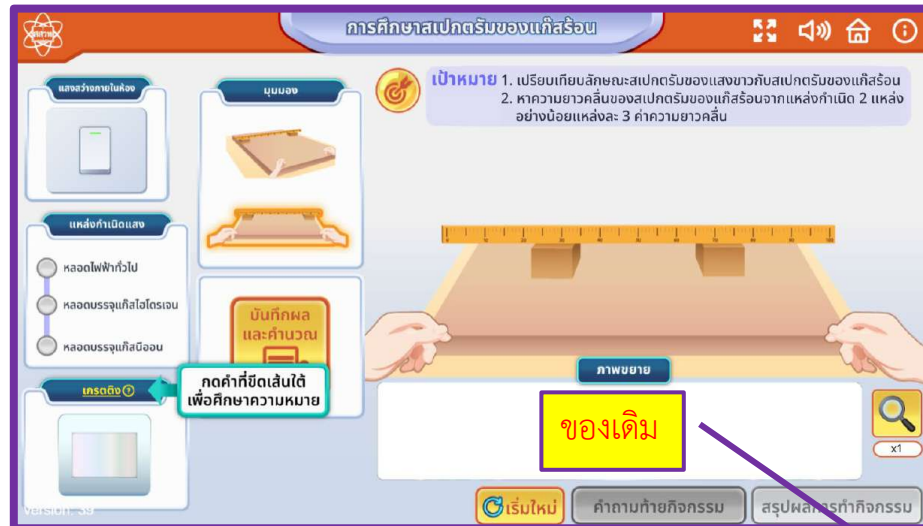
หน้าวัตถุประสงค์ของสื่อ: ไม่มีแก้ไข

หน้าคำแนะนำการใช้งาน: ปรับลำดับใหม่ตามการปรับปรุงใหม่นี้ โดยมีลำดับดังนี้



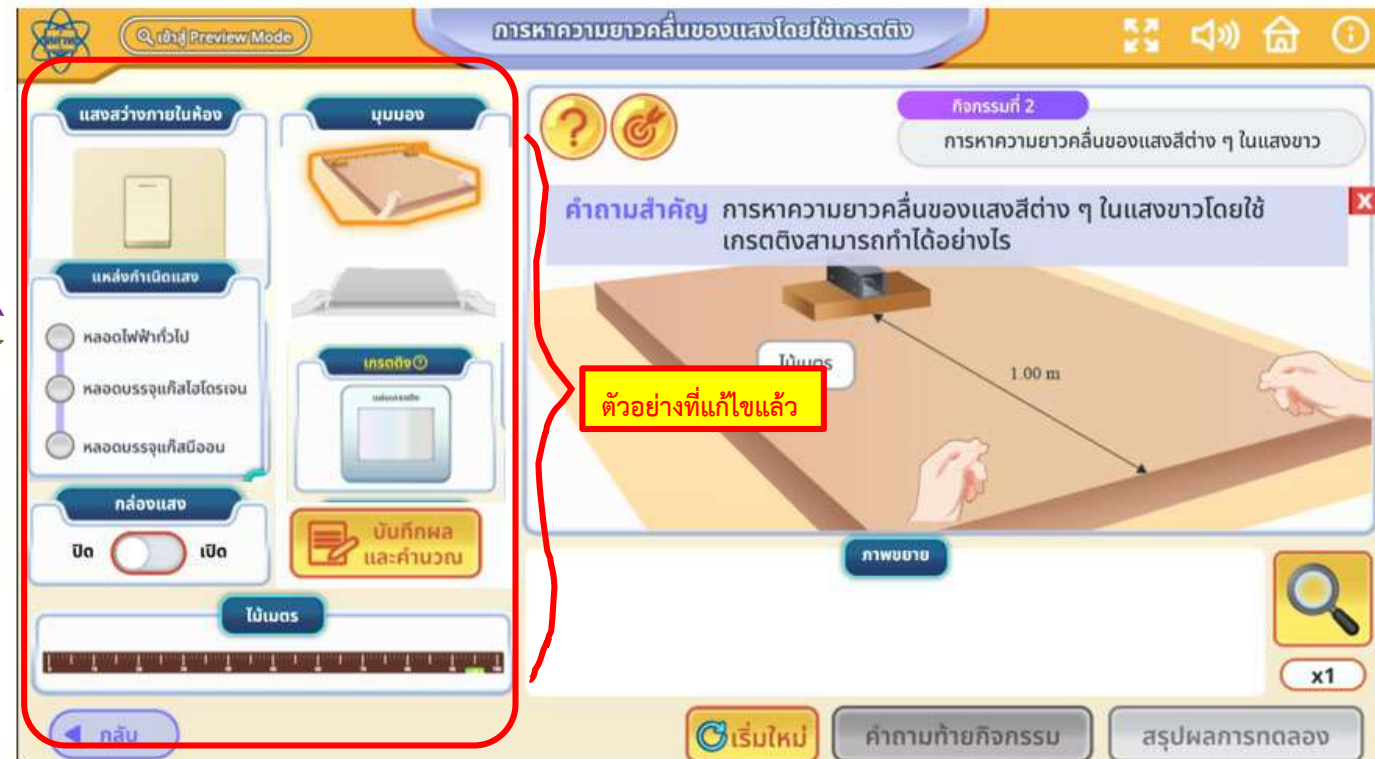
1. กดศึกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม
2. กดศึกษาเป้าหมายของกิจกรรม
3. **เลือกแหล่งกำเนิดแสง**
4. ลากไม้เมตรไปวางหน้าแหล่งกำเนิดแสง
5. กดเพื่อเปิดหลอดไฟในแหล่งกำเนิดแสง
6. ลากแผ่นเกรตติงไปยังมือจับ
7. กดเพื่อเปลี่ยนมุมมอง (จากเอียงเป็นตรง)
8. กดที่เกรตติงเพื่อสังเกตสเปกตรัมผ่านเกรตติง
9. กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
10. กดขยายและเลื่อนภาพเพื่อสังเกตตำแหน่งของสเปกตรัม
11. ตอบคำถาม และถ้าคำตอบเป็นสเปกตรัมแบบเส้นให้บันทึกผลและคำนวณ
12. (ถ้าตอบแบบต่อเนื่อง เมื่อกลับหน้าหลักจะปรากฏ prompt “**ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง**”)
13. (ถ้าตอบแบบเส้น) เมื่อไปตารางบันทึกผลจะปรากฏ prompt ถัดไปที่ 14-20
14. **เลือกเส้นสเปกตรัม**ที่ต้องการหาความยาวคลื่น
15. กดเลื่อนภาพขยายไปทางซ้ายหรือขวาเพื่อสังเกตแถบสีที่ปรากฏบนไม้เมตร
16. บันทึกตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมสีเดียวกันที่ปรากฏบนไม้เมตรฝั่งซ้ายมือและขวามือโดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ
17. คำนวณและบันทึกค่าความยาวคลื่นของเส้นสเปกตรัม
18. **บันทึกสีของเส้นสเปกตรัมที่สังเกตได้**
19. กดเพื่อตรวจคำตอบ
20. (ถ้าถูก)-เลือกแสงสีอื่น ๆ แล้วหาความยาวคลื่นจนครบ 3 แสงสี
21. (เสร็จแล้วกลับไปทำกิจกรรมต่อ) กลับหน้าหลักไปที่ “**ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง**” (จากนั้น prompt จะซ้ำ 12, 13, และ 14-20 เมื่อเปิดตาราง จนครบ 3 แหล่งกำเนิดแสง)
22. **ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้ว** สามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้
23. กดสรุปผลการทำกิจกรรม

ในหน้าคำแนะนำให้ตัดออก
Prompt จริงยังมีอยู่



หน้ากิจกรรม ส่วนไอคอนซ้ายมือ

ปรับปรุงให้เหมือนต้นแบบสื่อเกรตติง แถบทางขาวให้โดยลดช่องว่างบริเวณส่วนของมุมมองและบันทึกผลเพื่อแทรกเกรตติง แล้วนำแหล่งกำเนิดแสงไปแทรกลงในแถบทางซ้าย (อาจต้องลดขนาดสวิตช์ลงด้วย)



[Handwritten signature]

เป้าหมาย

1. เปรียบเทียบลักษณะสเปกตรัมของแสงขาวกับสเปกตรัมของแก๊สร้อน 2 แหล่ง คือ จากหลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน และหลอดบรรจุแก๊สนีออน
2. หาความยาวคลื่นของสเปกตรัมของแก๊สร้อนจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง อย่างน้อย แหล่งละ 3 ค่าความยาวคลื่น

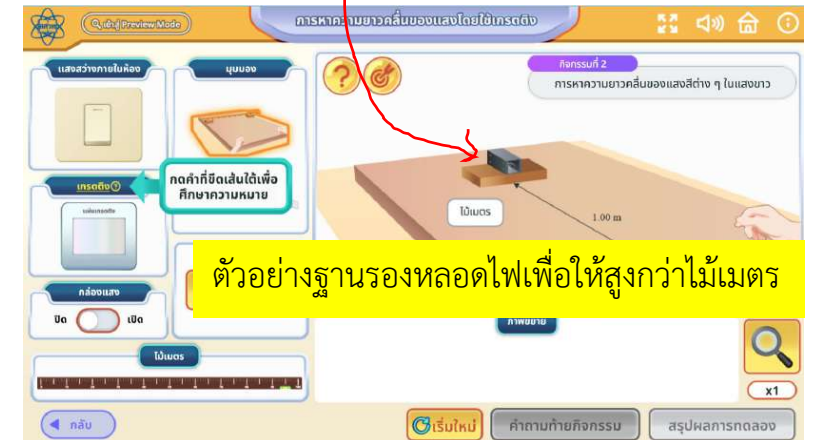
(ตัดคำว่า “ร้อน” ออกทั้งหมดเลย ไม่เอา “แก๊สร้อน” แล้ว)

คำถามสำคัญ

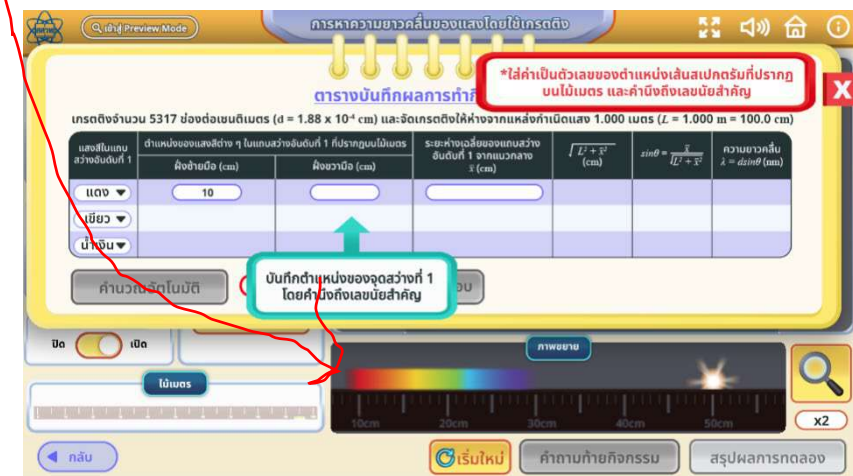
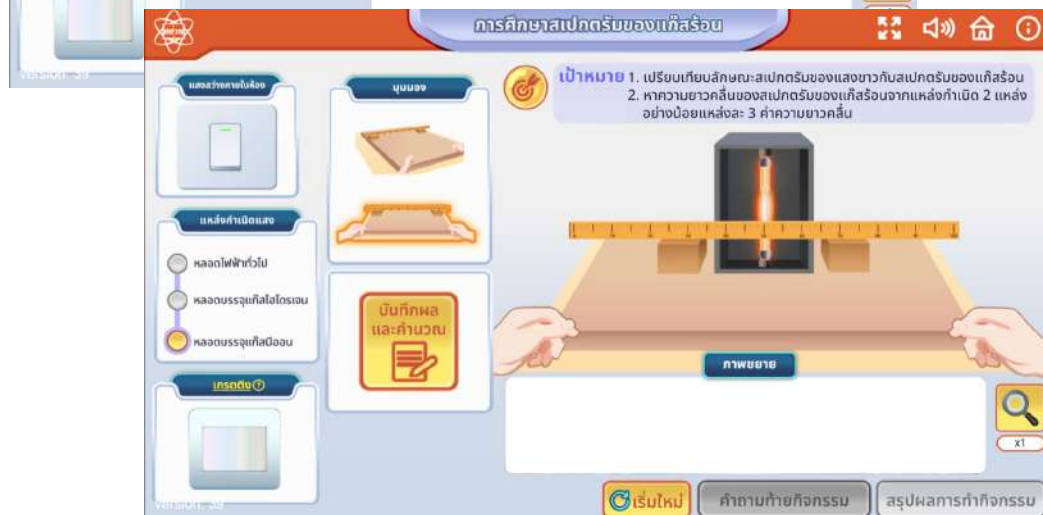
1. สเปกตรัมของแสงขาวกับสเปกตรัมของแก๊สร้อนเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
2. สเปกตรัมของแก๊สร้อนจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน เหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
3. สีของสเปกตรัมของแสงที่ตามองเห็นกับความยาวคลื่นสัมพันธ์กันอย่างไร



ปรับภาพส่วนของหลอดไฟฟ้าทั่วไปให้ 1. ความสูงของบล็อกที่วางไม้บรรทัด สูงเท่ากับของหลอดบรรจุแก๊สทั้งสอง
2. ทำฐานวางหลอดไฟฟ้าทั่วไป (เหมือนเกรตติง) เพื่อยกหลอดไฟฟ้าทั่วไปให้สูงจนหลอดไฟอยู่เหนือไม้บรรทัด
3. ลดขนาดหลอดไฟฟ้าลงเพื่อให้แสงมีความสูงเท่าๆ กับแถบสเปกตรัม

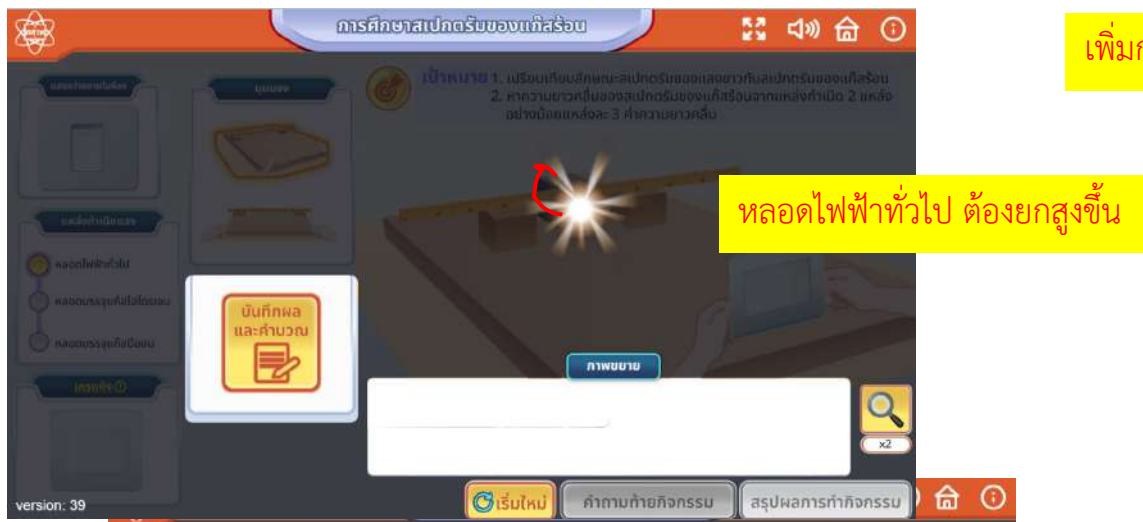


ตัวอย่างฐานรองหลอดไฟเพื่อให้สูงกว่าไม้เมตร



ยกหลอดไฟขึ้น และปรับให้ขนาดหลอดไฟฟ

อย่างนี้



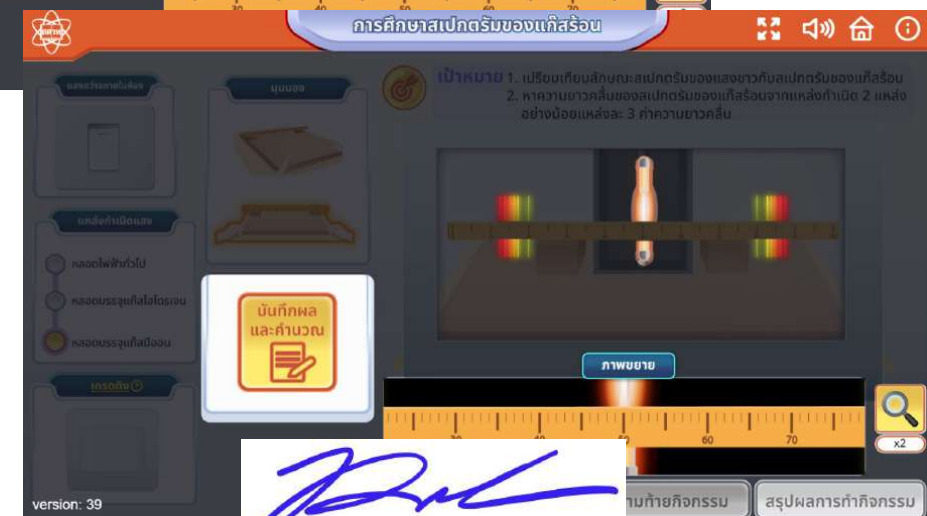
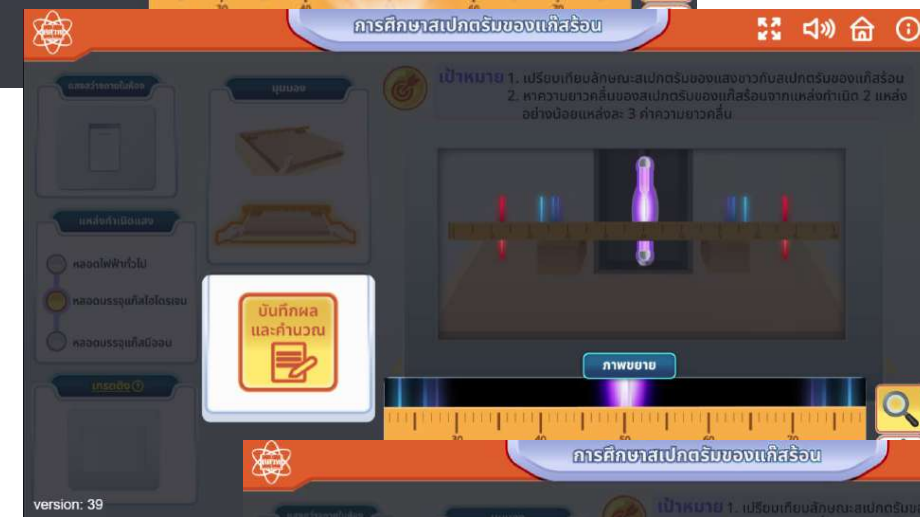
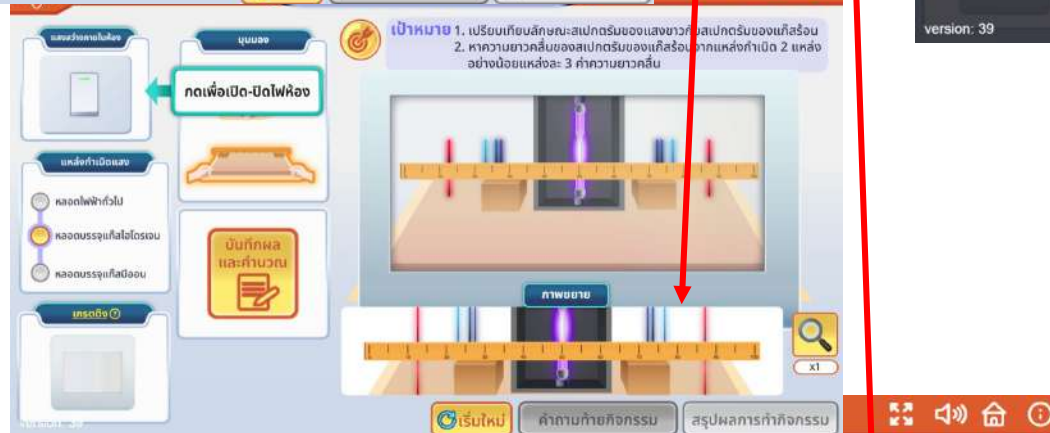
เพิ่มกรอบ และตอนปิดไฟให้มืดเฉพาะบริเวณทำการทดลอง แต่มีดๆ แบบเดิมก็ติดอยู่แล้ว ตัวอย่างนี้สว่างไปหน่อย



เปลี่ยนสีสวิตช์ตามตัวอย่าง



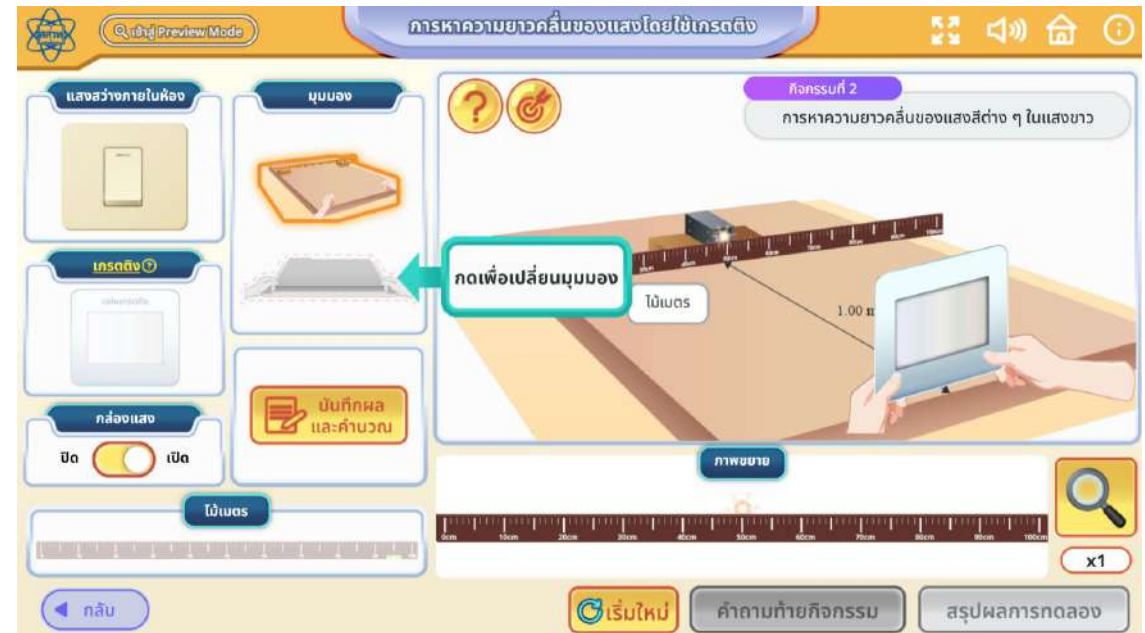
[Handwritten signature]



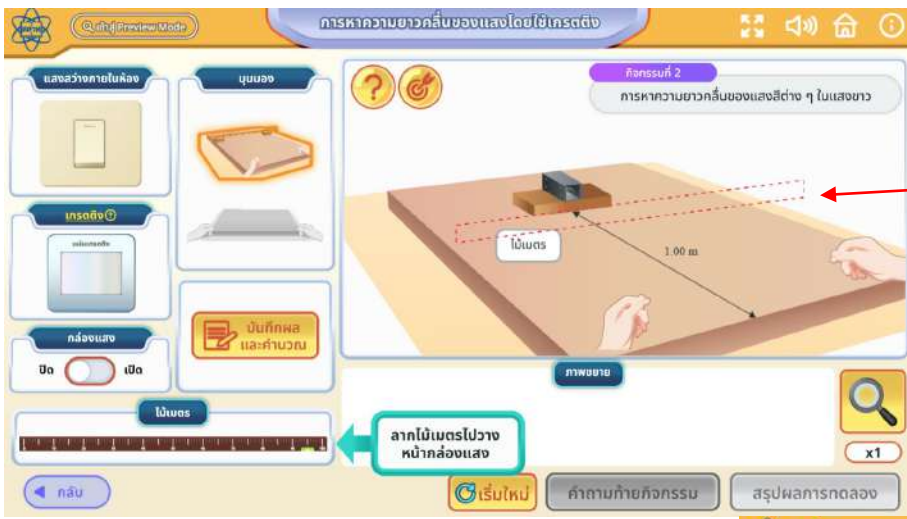
หน้าการทำกิจกรรม



เริ่มต้นให้อยู่ในมุมมองเอียงก่อน แล้วค่อยเปลี่ยนมุมมองมาแนวตรงทีหลัง



[Handwritten signature]



เพิ่มกรอบเส้นประ สำหรับเป็นไกด์นำการนำอุปกรณ์ไปวาง หรือบอกที่กด เหมือนตัวอย่าง



[Handwritten signature]

หน้าที่ 1/4

เกรตติง

เกรตติง (grating) เป็นอุปกรณ์ทางแสงที่มีลักษณะดังรูป ซึ่งประกอบด้วยช่องเปิดขนาดเล็ก ๆ หลาย ๆ ช่อง จำนวนมาก และมีระยะห่างระหว่างช่องเท่ากัน



รูปแผ่นเกรตติง

ระยะห่างระหว่างช่อง (d) ของเกรตติง หาได้จาก

$$d = \frac{\text{ความกว้างของเกรตติง}}{\text{จำนวนเส้นของเกรตติง}}$$

สำหรับในกิจกรรมนี้ใช้แผ่นเกรตติงที่ระบุจำนวน 5,317 เส้น/ซม. แสดงว่าในพื้นที่ของเกรตติงที่มีความกว้าง 1 เซนติเมตร จะมีจำนวนช่องเปิดมากถึง 5,317 ช่อง ดังนั้น ระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติงที่ใช้ในกิจกรรมนี้ คือ

$$d = \frac{1 \text{ cm}}{5317 \text{ ช่อง}} = 1.88 \times 10^{-4} \text{ cm} = 1.88 \mu\text{m}$$

หน้าที่ 2/4

การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง

เมื่อแสงผ่านเกรตติงจะเกิดการเลี้ยวเบนไปแทรกสอดกันเกิดเป็นลวดลายการแทรกสอดที่ปรากฏบนฉากได้ โดยเมื่อฉายแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติงจะมีลวดลายการแทรกสอดดังรูป ก และเมื่อฉายแสงขาวผ่านเกรตติงจะมีลวดลายการแทรกสอดดังรูป ข



รูป ก ภาพการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติง

รูป ข ภาพการแทรกสอดของแสงขาวผ่านเกรตติง

ถัดไป

หน้าที่ 3/4

การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง

เมื่อพิจารณาแถบสว่างซึ่งเกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมเมื่อแสงผ่านเกรตติง โดยเปรียบเสมือนแต่ละช่องของเกรตติงเป็นแหล่งกำเนิดที่แผ่รังสีออกไปจากจุด $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ ถึงตำแหน่งแทรกสอดแบบเสริมที่จุด P ดังรูป ก จะได้ว่าความต่างระยะทางของแสงจากแหล่งกำเนิด แต่ละคู่ที่อยู่ติดกันไปยังจุด P เป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่น ($n\lambda$) ที่แสดงด้วยเส้นสีเขียวในรูป ก และเนื่องจากระยะห่างระหว่างเกรตติงมีค่าน้อยกว่าระยะระหว่างเกรตติงกับฉากมาก ๆ จึงถือว่ารังสีจากแต่ละช่องของเกรตติงเป็นรังสีขนาน ดังรูป ง จะได้ว่าความต่างระยะทางของแสงแต่ละคู่เท่ากับ $d \sin \theta$ ที่แสดงด้วยเส้นสีแดงในรูป ง



รูป ก รังสีของแสงจากแต่ละช่องในเกรตติงถึงจุด P โดยมีความต่างระยะทางเท่ากัน $n\lambda$

รูป ง รังสีของแสงจากแต่ละช่องในเกรตติงถึงจุด P โดยมีความต่างระยะทางเท่ากัน $d \sin \theta$

◀ ก่อนหน้า

ถัดไป ▶

หน้าที่ 4/4

การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง

ตำแหน่งของแถบสว่างอันดับต่าง ๆ ที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง จึงหาได้จากความสัมพันธ์

$$d \sin \theta_n = n\lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

โดย d คือ ระยะห่างระหว่างช่องในเกรตติง
 λ คือ ความยาวคลื่นแสง
 θ_n คือ มุมของตำแหน่งที่เกิดแถบสว่างอันดับที่ n บนฉากเบนไปจากแนวกลางระหว่างเกรตติงกับฉาก

เนื่องจากเกรตติงมีจำนวนช่องมาก ลวดลายการแทรกสอดหรือแถบสว่างที่ปรากฏบนฉากจึงมีความสว่างมาก และเนื่องจากระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติงมีขนาดน้อยมาก ๆ ลวดลายการแทรกสอดหรือแถบสว่างที่ปรากฏบนฉากจึงเบนไปจากแนวกลางเป็นมุมที่มากทำให้มองเห็นลวดลายการแทรกสอดได้ชัดเจนด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำเกรตติงมาใช้ในการหาความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สีต่าง ๆ รวมทั้งยังใช้ในการแยกแสงขาวหรือแสงที่เกิดจากการผสมหลายแสงสีออกเป็นแสงสีต่าง ๆ เพื่อหาความยาวคลื่นแสงแต่ละสีได้

◀ ก่อนหน้า



ปรับ Prompt หน้ากิจกรรมใหม่

ลำดับ prompt ของใหม่

1. กดศึกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม

2. กดศึกษาเป้าหมายของกิจกรรม

3. **เลือกแหล่งกำเนิดแสง**

4. ลากไม้เมตรไปวางหน้าแหล่งกำเนิดแสง

5. กดเพื่อเปิดหลอดไฟในแหล่งกำเนิดแสง

6. ลากแผ่นเกรตติงไปยังมือจับ

7. กดเพื่อเปลี่ยนมุมมอง **(จากเอียงเป็นตรง)**

8. กดที่เกรตติงเพื่อสังเกตสเปกตรัมผ่านเกรตติง

9. กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง

10. กดขยายและเลื่อนภาพเพื่อสังเกตตำแหน่งของสเปกตรัม

11. ตอบคำถาม และถ้าคำตอบเป็นสเปกตรัมแบบเส้นให้บันทึกผลและคำนวณ

12. (ถ้าตอบแบบต่อเนื่อง เมื่อกลับหน้าหลักจะปรากฏ prompt “**ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง**”)

13. (ถ้าตอบแบบเส้น) เมื่อไปตารางบันทึกผลจะปรากฏ prompt ถัดไปที่ 14-20

14. **เลือกเส้นสเปกตรัม**ที่ต้องการหาความยาวคลื่น

15. กดเลื่อนภาพขยายไปทางซ้ายหรือขวาเพื่อสังเกตแถบสีที่ปรากฏบนไม้เมตร

16. บันทึกตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมสีเดียวกันที่ปรากฏบนไม้เมตรฝั่งซ้ายมือและขวามือโดยคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ

17. คำนวณและบันทึกค่าความยาวคลื่นของเส้นสเปกตรัม

18. **บันทึกสีของเส้นสเปกตรัมที่สังเกตได้**

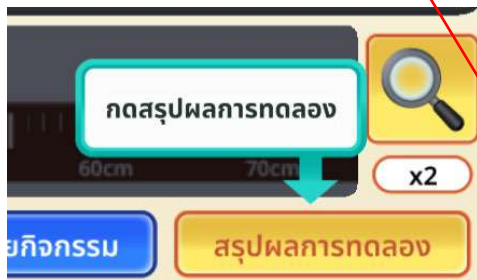
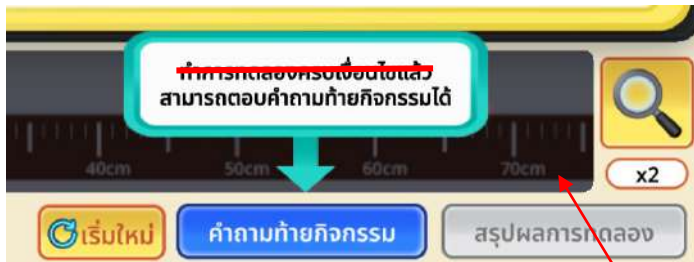
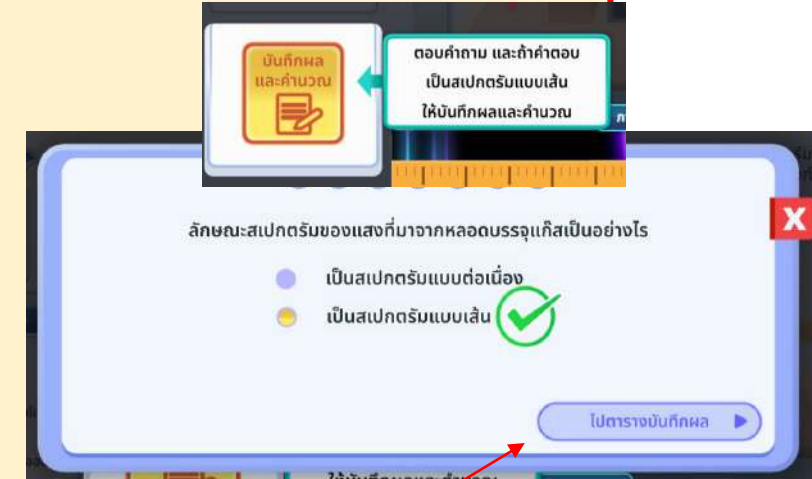
19. กดเพื่อตรวจคำตอบ

20. (ถ้าถูก) เลือกแสงสีอื่น ๆ แล้วหาความยาวคลื่นจนครบ 3 แสงสี

21. (เสร็จแล้วกลับไปทำกิจกรรมต่อ) กลับหน้าหลักไปที่ “**ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง**” (จากนั้น prompt จะซ้ำ 12, 13, และ 14 -20 เมื่อเปิดตาราง จนครบ 3 แหล่งกำเนิดแสง)

22. **ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้ว** สามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้

23. กดสรุปผลการทำกิจกรรม



[Signature]

ตัวอย่าง prompt คำว่า ทดลองซ้ำ

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1
การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ตัวแปรต้น ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิตคู่

ระยะห่างระหว่างช่อง

250 μm
100 μm
50 μm

ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนระหว่างช่องสลิตเป็นค่าต่าง ๆ

ตัวแปรควบคุม ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์

เลเซอร์สีแดง

แสงเลเซอร์

ปิด เปิด

ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

ระยะระหว่างสลิตกับฉาก

1.0 m

แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง

แท่นยึดสลิต

1.0 m

ฉาก

version: 38

เริ่มใหม่

คำถามท้ายกิจกรรม

สรุปผลการทำกิจกรรม

หน้าตารางบันทึกผล





เข้าสู่ Preview Mode

การหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้เกรตติง



แสงสว่างภายในห้อง



แหล่งกำเนิดแสง

☐ หลอดไฟฟ้าทั่วไป

☐ หลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน

☐ หลอดบรรจุแก๊สนีออน

กล้องแสง

ปิด



เปิด

ไม้เมตร



← กลับ

มุมมอง





เกรตติง



บันทึกผลและคำนวณ





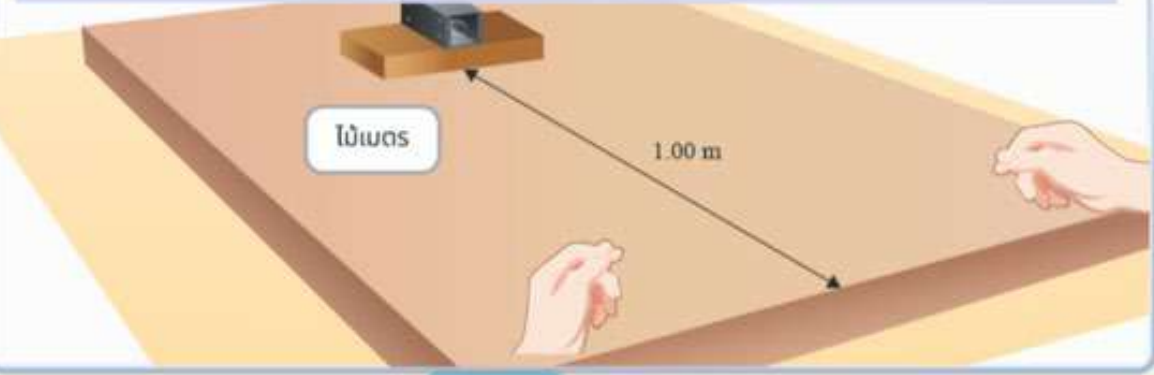
กิจกรรมที่ 2

การหาความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ ในแสงขาว

คำถามสำคัญ

การหาความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ ในแสงขาวโดยใช้เกรตติงสามารถทำได้อย่างไร





ไม้เมตร

1.00 m

ถ่ายภาพ

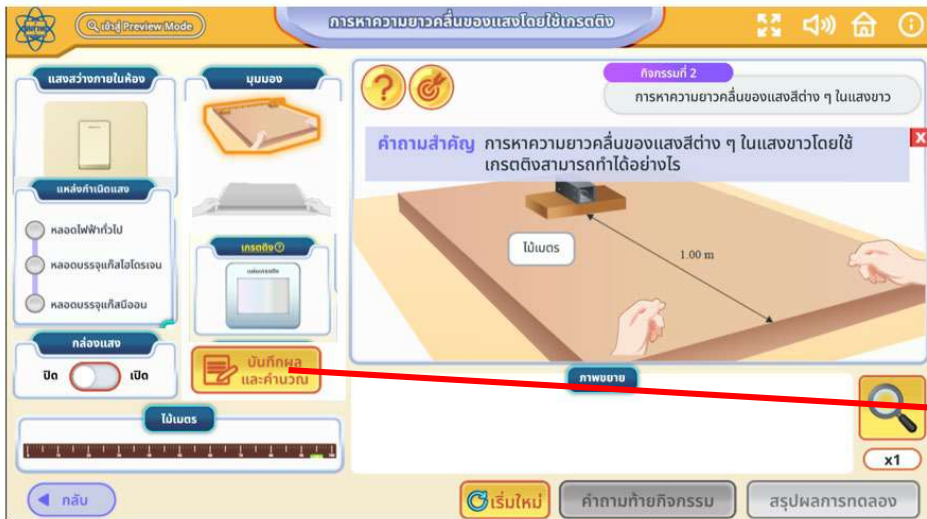
เริ่มใหม่

คำถามท้ายกิจกรรม

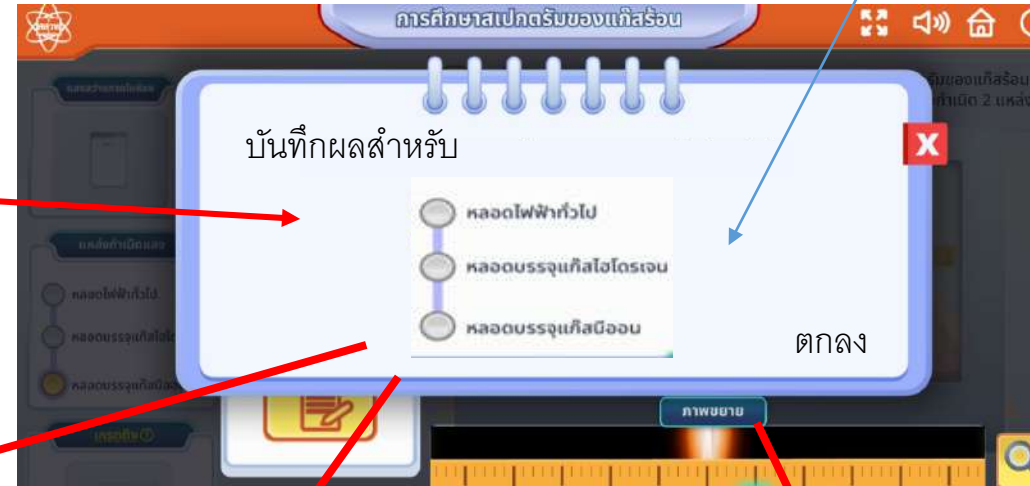
สรุปผลการทดลอง

ปัญหาตอนนี้คือ ไม่สามารถกลับไปดูผลที่บันทึกได้เมื่อทำเสร็จ จึงอยากให้มามีหน้าคัดแยก ก่อนจะเข้าไปกดแล้ว ส่งไปหน้าคัดแยกก่อน ค่อยตอบคำถาม (ดังหน้าต่อไป)

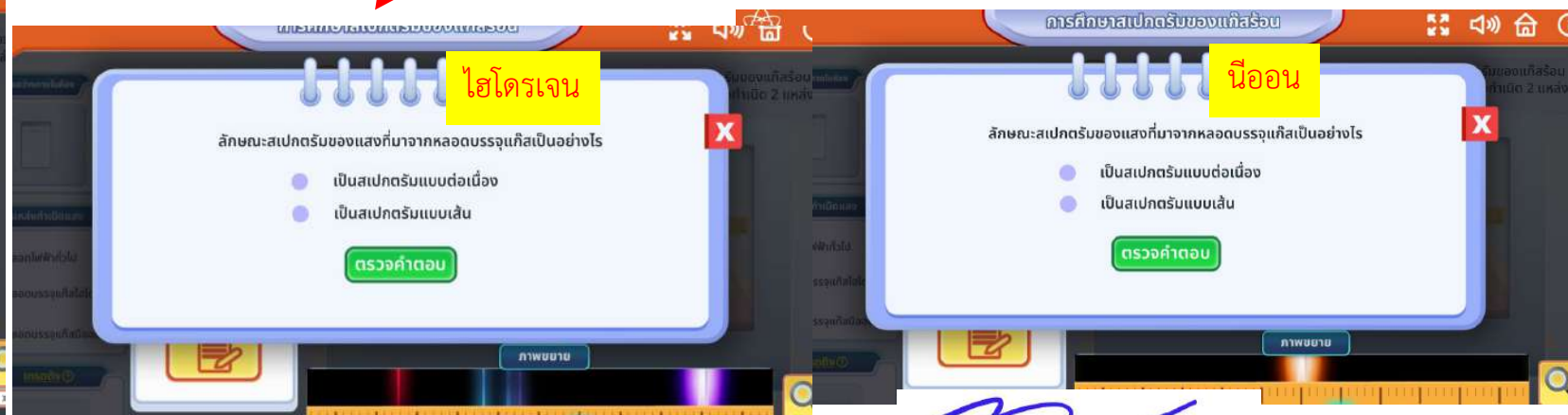




ให้ระบบเช็คให้ตรงด้วยแต่ไม่ต้องใช้คำว่าตรวจคำตอบ
ถ้าเลือกไม่ตรงก็มีข้อความ “กรุณาเลือกให้ตรงกับแหล่งกำเนิดแสง”



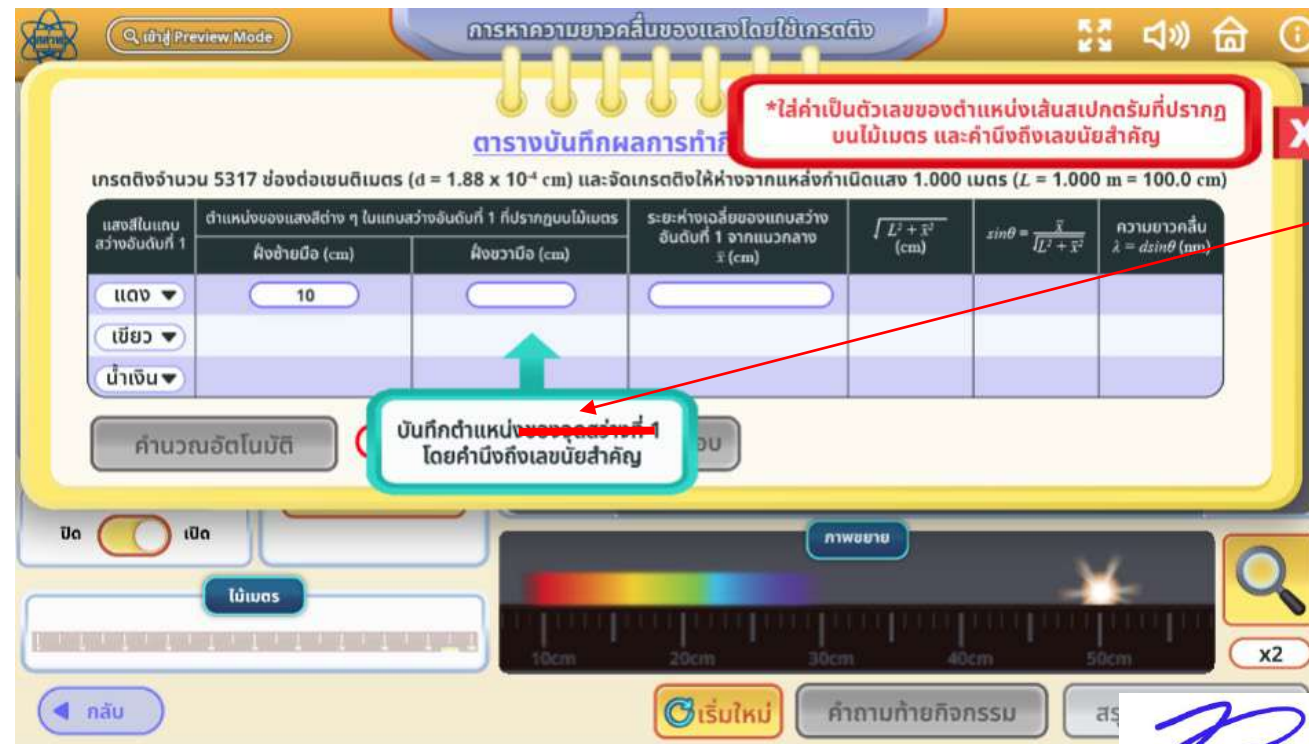
ให้ระบบจำเพื่อกลับเข้ามาดูผลในตารางได้ด้วย



[Handwritten signature]



ปรับปรุงแบบตารางบันทึกผลให้เป็นแบบเดียวกับเกรตติง และเพิ่มคำแนะนำเมื่อกรอกตัวเลขผิด ดังตัวอย่าง



“ของเส้นสเปกตรัม”

[Signature]

การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สรีด

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

เกรตติงจำนวน 5317 ช่องต่อเซนติเมตร ($d = 1.88 \times 10^{-4} \text{ cm}$) และจัดเกรตติงให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง 1 เมตร ($D = 100 \text{ cm}$) แหล่งกำเนิดแสง คือ หลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน

สีย้อมเส้นสเปกตรัม	ตำแหน่งเส้นสเปกตรัมที่ปรากฏบนไม้เมตร		ระยะเฉลี่ย $\bar{x}$ (cm)	$\sqrt{D^2 + \bar{x}^2}$ (cm)	$\sin \theta = \frac{\bar{x}}{\sqrt{D^2 + \bar{x}^2}}$	ความยาวคลื่นของสเปกตรัม $\lambda = d \sin \theta$ (nm)
	ฝั่งซ้ายมือ (cm)	ฝั่งขวามือ (cm)				
แดง	12.8	87.3	37.3	106.7	0.349	6.6×10^{-4}
ฟ้า	23.2	76.8	26.8	103.5	0.259	4.9×10^{-4}
น้ำเงิน	26.3	73.8	23.8	102.8	0.231	4.3×10^{-4}

← กลับสู่หน้าทำกิจกรรม

version: 39

เริ่มใหม่ คำถามท้ายกิจกรรม สรุปผลการทำกิจกรรม

“ของเส้นสเปกตรัม”

ปรับรูปแบบตารางบันทึกผลให้เป็นแบบเดียวกับเกรตติง และเพิ่มการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึก ดังตัวอย่าง

การหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้เกรตติง

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

เกรตติงจำนวน 5317 ช่องต่อเซนติเมตร ($d = 1.88 \times 10^{-4} \text{ cm}$) และจัดเกรตติงให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง 1.000 เมตร ($L = 1.000 \text{ m} = 100.0 \text{ cm}$)

แสงสีในแถบสว่างอันดับที่ 1	ตำแหน่งของแสงสีต่าง ๆ ในแถบสว่างอันดับที่ 1 ที่ปรากฏบนไม้เมตร		ระยะห่างเฉลี่ยของแถบสว่างอันดับที่ 1 จากแนวกลาง $\bar{x}$ (cm)	$\sqrt{L^2 + \bar{x}^2}$ (cm)	$\sin \theta = \frac{\bar{x}}{\sqrt{L^2 + \bar{x}^2}}$	ความยาวคลื่น $\lambda = d \sin \theta$ (nm)
	ฝั่งซ้ายมือ (cm)	ฝั่งขวามือ (cm)				
ม่วง ▾	32.0 ❌	68.0 ❌	40.0 ❌			
เขียว ▾						
น้ำเงิน ▾						

คำนวณอัตโนมัติ ⓘ

ตรวจสอบคำตอบ

ปิด เปิด

ไม้เมตร

ภาพถ่าย

30cm 40cm 50cm 60cm 70cm

← กลับ

เริ่มใหม่ คำถามท้ายกิจกรรม สรุปผล

* ระยะห่างของแถบสว่างอันดับที่ 1 ยังไม่ถูกต้อง

[Signature]

การศึกษาผลการทดลองของเทสรีด

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

เกรตติงจำนวน 5317 ช่องต่อเซนติเมตร ($d = 1.88 \times 10^{-4} \text{ cm}$) และจัดเกรตติงให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง 1 เมตร ($D = 100 \text{ cm}$) แหล่งกำเนิดแสง คือ หลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน

สีของเส้นสเปกตรัม	ตำแหน่งเส้นสเปกตรัมที่ปรากฏบนไฮโดรเจน		ระยะเฉลี่ย $\bar{x}$ (cm)	$\sqrt{D^2 + x^2}$ (cm)	$\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{D^2 + x^2}}$	ความยาวคลื่นของสเปกตรัม $\lambda = d \sin \theta$ (nm)
	ฝั่งซ้ายมือ (cm)	ฝั่งขวามือ (cm)				
แดง	12.8	87.3	37.3	106.7	0.349	6.6×10^{-4}
ฟ้า	23.2	76.8	26.8	103.5	0.259	4.9×10^{-4}
น้ำเงิน	26.3	73.8	23.8	102.8	0.231	4.3×10^{-4}

← กลับสู่หน้าทำกิจกรรม

version: 39

เริ่มใหม่ | ค่าตามทำกิจกรรม | สรุปผลการทำกิจกรรม

การศึกษาค่าการหักเหของแสง

เกรตติง

ปรับรูปแบบตารางบันทึกผลให้เป็นแบบเดียวกับเกรตติง และเพิ่มการคำนวณอัตโนมัติ (พร้อมคำแนะนำ) ดังตัวอย่าง

แสงสีในแถบสเปกตรัมอันดับที่ 1	ตำแหน่งของแสงสีต่าง ๆ บนแถบสเปกตรัมอันดับที่ 1 บนฉากขาวบนไฮโดรเจน		ระยะห่างเฉลี่ยของแถบสเปกตรัมอันดับที่ 1 จากแนวกลาง $\bar{x}$ (cm)	$\sqrt{L^2 + \bar{x}^2}$ (cm)	$\sin \theta = \frac{\bar{x}}{\sqrt{L^2 + \bar{x}^2}}$	ความยาวคลื่น $\lambda = d \sin \theta$ (nm)
	ฝั่งซ้ายมือ (cm)	ฝั่งขวามือ (cm)				
แดง ▼	10.0 ✓	90.0 ✓	40.0 ✓	108	0.37	696 ✓
เขียว ▼						
น้ำเงิน ▼						

คำนวณอัตโนมัติ | ⓘ | ตรวจสอบคำตอบ

ปิด | เปิด

เพียงกรอกตัวเลขใน 2 ช่องแรก แล้วกดปุ่มคำนวณอัตโนมัติ ระบบจะทำการคำนวณค่าที่เหลือ และเติมตัวเลขให้โดยอัตโนมัติ

ภาพขยาย

10cm 20cm 30cm 40cm 50cm

x2

← กลับ | เริ่มใหม่ | ค่าตามทำกิจกรรม | บันทึก

Signature

ไม่ต้องมีข้อความเฉลยแบบนี้แล้ว

การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน

สเปกตรัมเส้นสีแดง

ตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมฝั่งซ้ายและฝั่งขวาจะอยู่ระหว่างตำแหน่ง 12-13 cm และ 87-88 cm
ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วได้ความยาวคลื่นประมาณ 6.6×10^{-4} cm

แดง (เส้นนอก)	12.5	87.5	37.5	106.8	0.351	6.6 $\times 10^{-4}$
ส้ม (เส้นบาง)						
เหลือง						

ตรวจสอบคำตอบ

version: 39

การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน

สเปกตรัมเส้นสีฟ้า

ตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมฝั่งซ้ายและฝั่งขวาจะอยู่ระหว่างตำแหน่ง 15-16 cm และ 84-85 cm
ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วได้ความยาวคลื่นประมาณ 6.1×10^{-4} cm

แดง (เส้นนอก)	12.5	87.5	37.5	106.8	0.351	6.6 $\times 10^{-4}$
ส้ม (เส้นบาง)	15.5	84.5	34.5	105.8	0.326	6.1 $\times 10^{-4}$
เหลือง						

ตรวจสอบคำตอบ

บันทึกตำแหน่งเส้นสเปกตรัมและ
คำนวณหาความยาวคลื่นให้ครบ 3 สี

version: 39

การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน

สเปกตรัมเส้นสีน้ำเงิน

ตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมฝั่งซ้ายและฝั่งขวาจะอยู่ระหว่างตำแหน่ง 17-18 cm และ 82-83 cm
ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วได้ความยาวคลื่นประมาณ 5.8×10^{-4} cm

แดง (เส้นนอก)	12.5	87.5	37.5	106.8	0.351	6.6 $\times 10^{-4}$
ส้ม (เส้นบาง)	15.5	84.5	34.5	105.8	0.326	6.1 $\times 10^{-4}$
เหลือง	17.3	82.3	32.5	105.1	0.309	5.8 $\times 10^{-4}$

บันทึกตำแหน่งเส้นสเปกตรัมและ
คำนวณหาความยาวคลื่นให้ครบ 3 สี

version: 39

ปรับระบบการตรวจให้เป็นแบบเกรตติง
ตอนนี้ ทำไม่ถูกก็เฉลยให้เลย

[Signature]

ส่วนนี้ลดความกว้างลงแล้ว น่าจะเพิ่มอีก 1 ช่องได้

เปลี่ยน L เป็น D (ดีใหญ่ตัวเอียง)

เพิ่มอีก 1 ช่อง

เส้นสเปกตรัม

เส้นสเปกตรัม

เส้นสเปกตรัม

สีของ
เส้นสเปกตรัม

ทำเป็น drop down โดยมีตัวเลือก คือ

ม่วง
น้ำเงิน
เขียว
เหลือง
แสด
แดง

เพิ่ม step ของการเฉลยและ prompt อีก 1 ขั้น
prompt “บันทึกสีของเส้นสเปกตรัมที่สังเกตได้”

ตาราง 10.1 ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ λ (nm)

แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	390 – 425
น้ำเงิน	425 – 500
เขียว	500 – 575
เหลือง	575 – 585
แสด	585 – 620
แดง	620 – 740

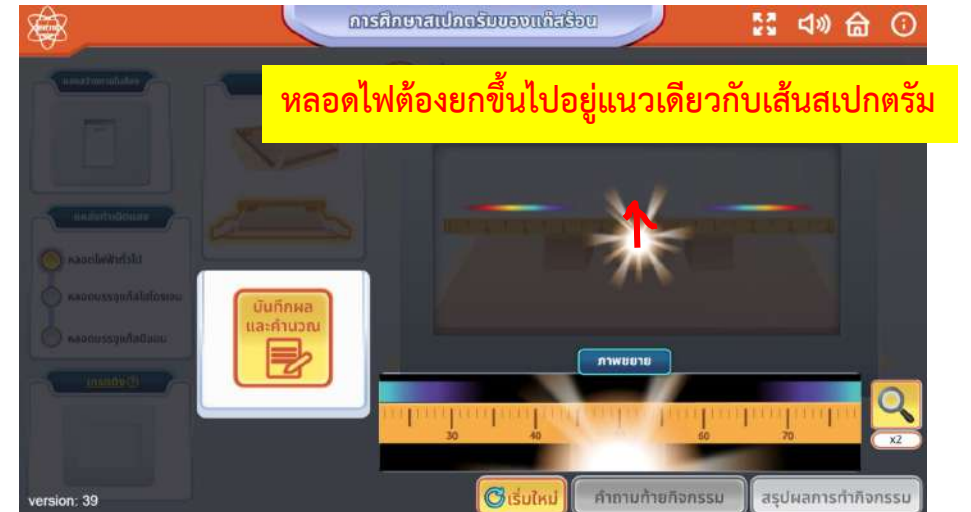
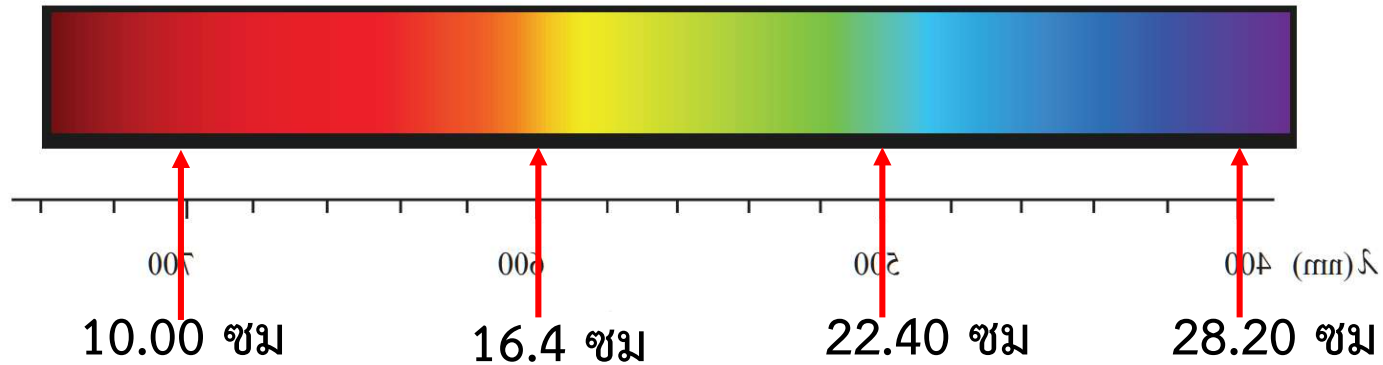
ผลการทดลอง



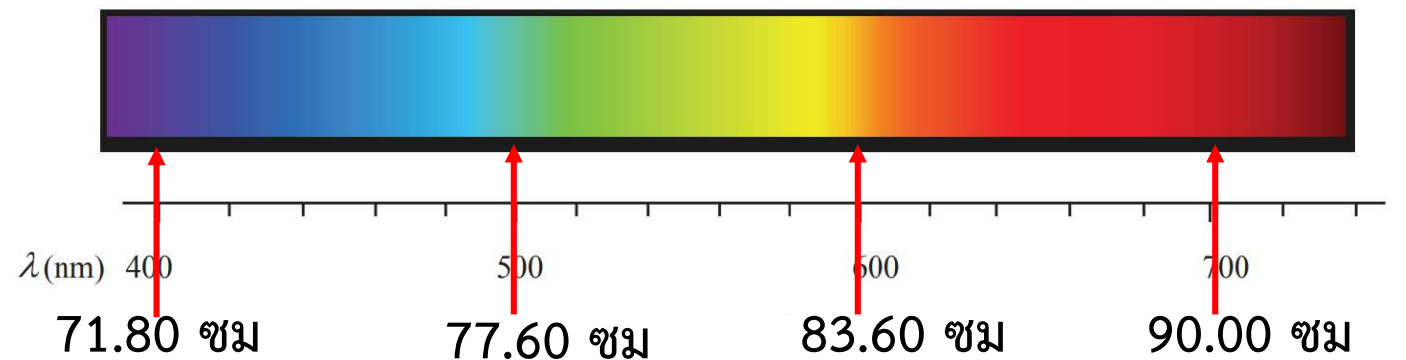
แสงจากหลอดไฟ

ระยะของแถบสีแต่ละสีจากไม้บรรทัด

ฝั่งซ้าย



ตำแหน่งของฝั่งขวา

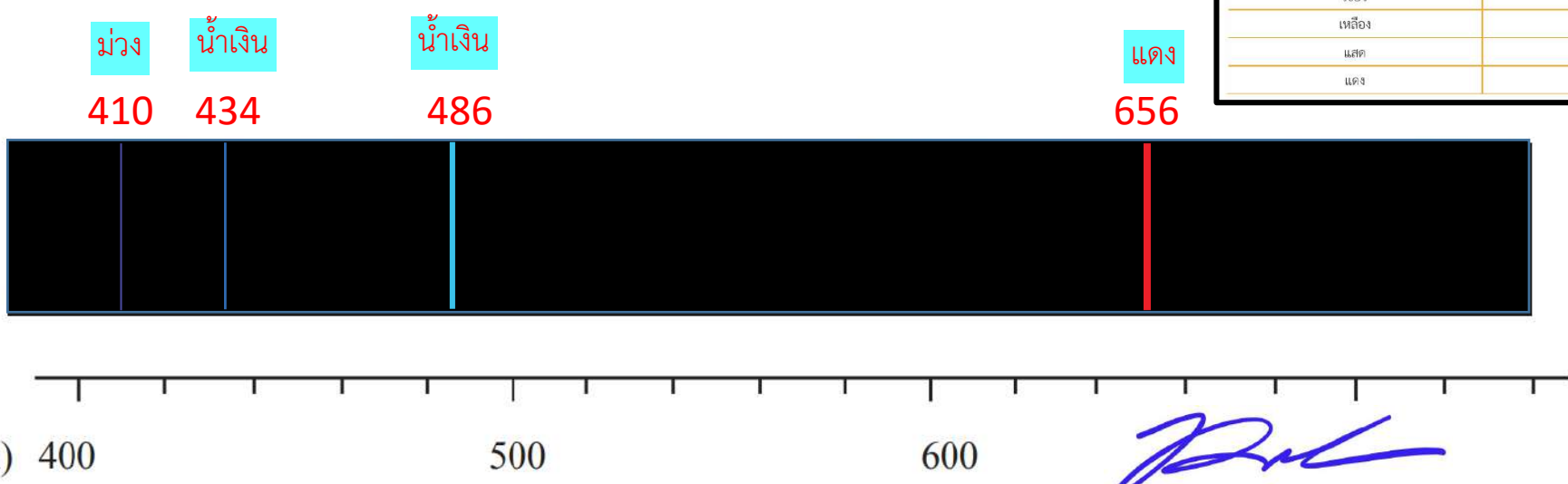


Signature



ไฮโดรเจน

Hydrogen



ตาราง 10.1 ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ λ (nm)

แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	390 – 425
น้ำเงิน	425 – 500
เขียว	500 – 575
เหลือง	575 – 585
แสด	585 – 620
แดง	620 – 740

ระยะของเส้นสเปกตรัมจากไม้บรรทัด

ฝั่งซ้ายนับจาก 50 ซม



แถบสีเทียบ

สีของแถบที่เกิดขึ้นจะตรงกับสีในแถบสีของแสงขาวที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน

← เส้นสเปกตรัม

12.75 ซม

เส้นที่ 4

23.2 ซม

เส้นที่ 3

26.25 ซม

เส้นที่ 2

27.65 ซม

เส้นที่ 1

ตำแหน่งของฝั่งขวา

ช่วยปรับ error ในการตรวจสอบให้กว้างตามความกว้างของเส้นด้วย
(เส้นบาง ยอมรับ error ได้นิดเดียว เส้นหนา ยอมรับ error ได้เยอะ)

แถบสีเทียบ



→ เส้นสเปกตรัม

เส้นที่ 1

72.35 ซม

เส้นที่ 2

73.75 ซม

เส้นที่ 3

76.80 ซม



ฝั่งซ้ายนับจาก 50 ซม



แถบสีเทียบ

←เส้นสเปกตรัม

12.75 ซม

เส้นที่ 4

23.2 ซม

เส้นที่ 3

26.25 ซม

เส้นที่ 2

27.65 ซม

เส้นที่ 1

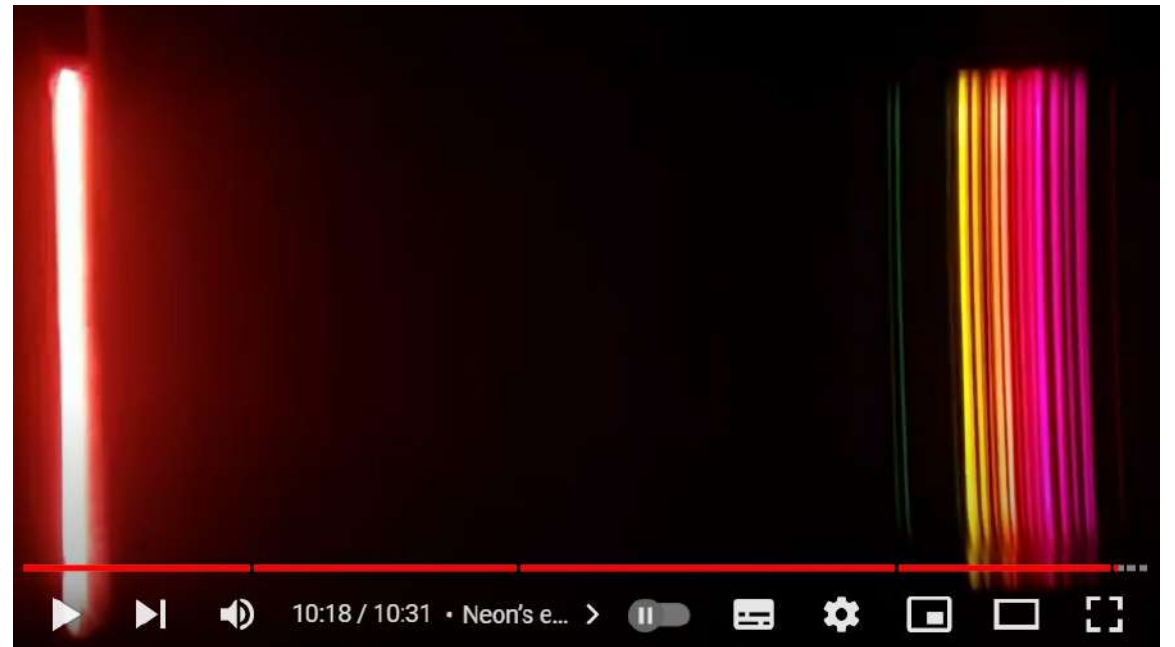
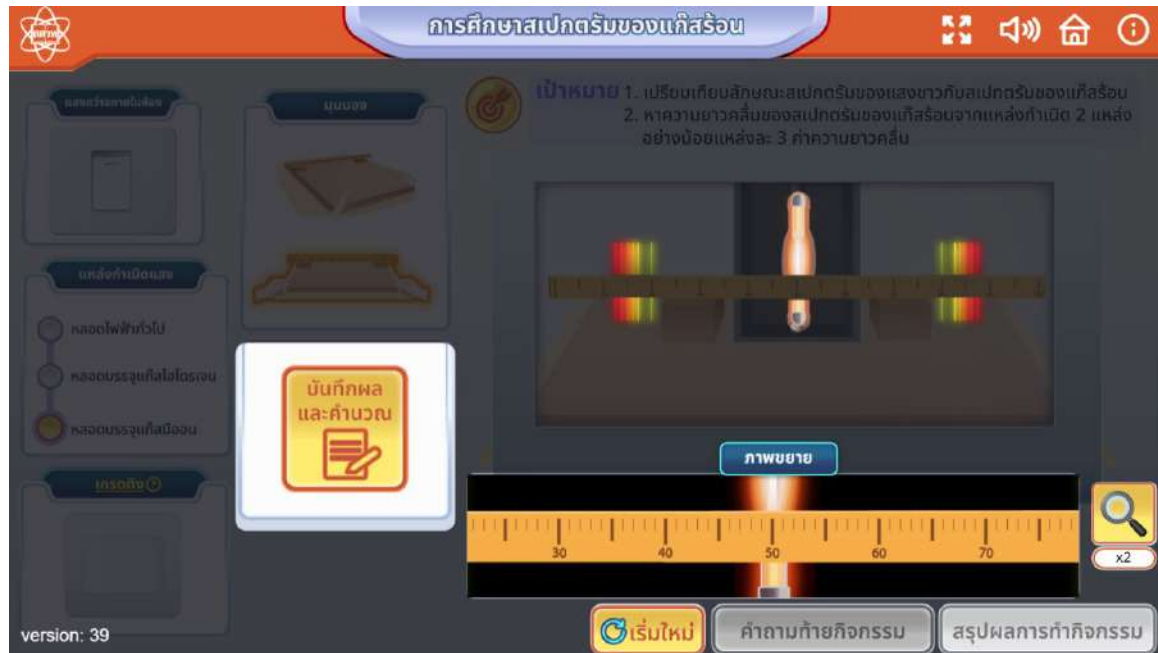


เส้นที่ 1 นี้ปกติจะเห็นได้ไม่ค่อยชัด มีขนาดเล็กๆ
ปรับให้ออกม่วางอีกนิดนึง



อยากให้แถบสเปกตรัมสว่างกว่านี้ สว่างเหมือนหลอดไฟที่มีสีต่าง ๆ ดังตัวอย่าง
(เห็นชัดเมื่อปิดไฟ) ตรงกลางเส้นสเปกตรัมควรจะสว่างที่สุดไม่ใช่มืด
เลยเหมือนเส้นขาด



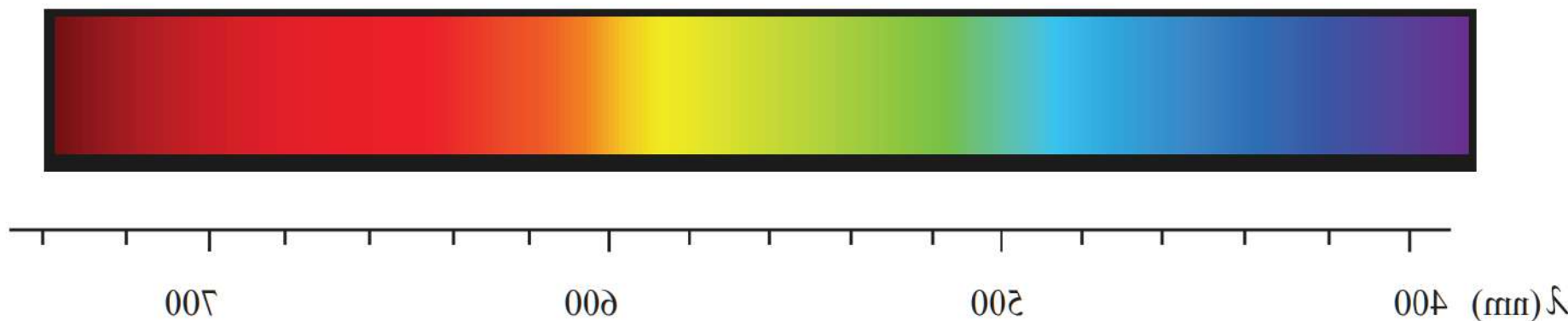


ไนโตรเจน

[Handwritten signature]

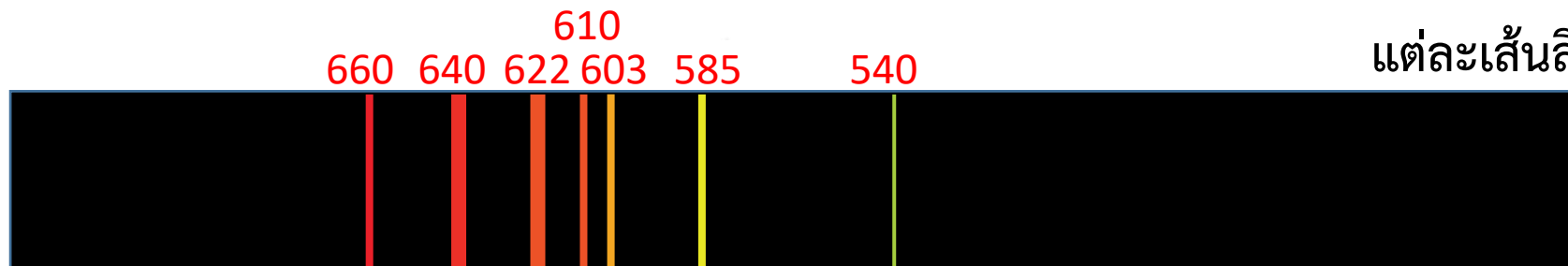
ระยะของเส้นสเปกตรัมจากไม้บรรทัด

ตำแหน่งของฝั่งซ้าย



แต่ละเส้นสีจะไล่ตามเฉดสีข้างบน

Neon



เส้นที่ 7

12.50 ซม

เส้นที่ 6

13.80 ซม (เส้นหนา)

15.00 ซม (เส้นหนา)

เส้นที่ 4

15.50 ซม

เส้นที่ 5

16.20 ซม

เส้นที่ 2

17.25 ซม

20.00 ซม

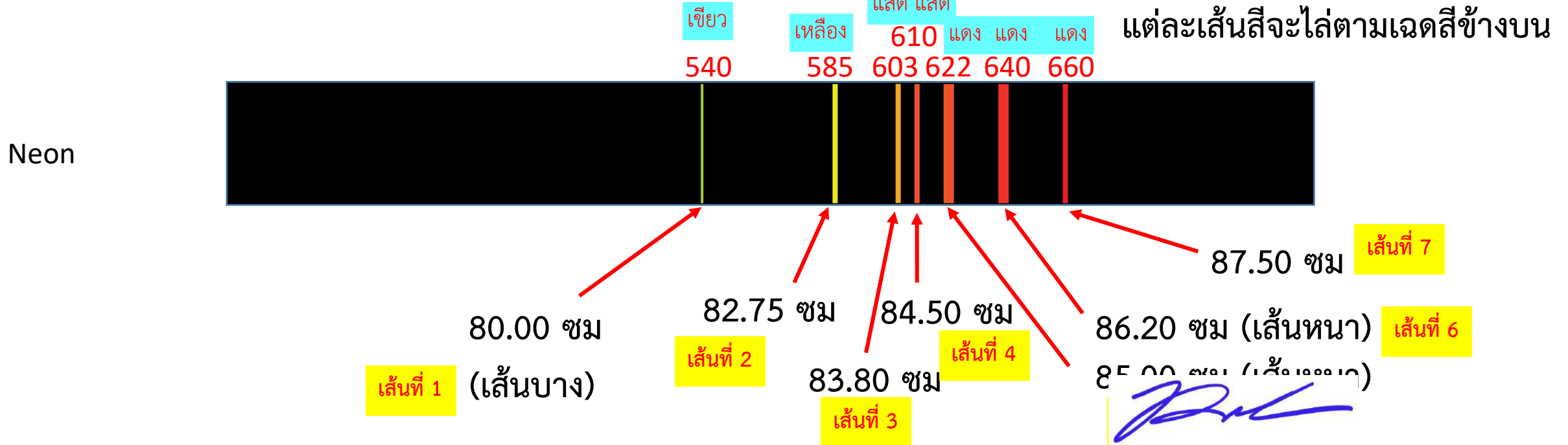
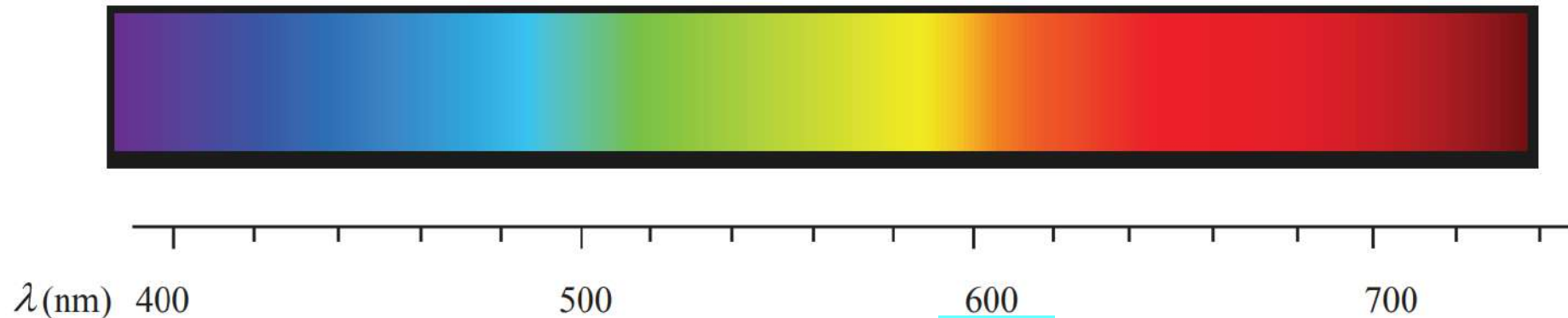
(เส้นบาง)

เส้นที่ 1

ระยะของเส้นสเปกตรัมจากไม้บรรทัด

ตาราง 10.1 ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ λ (nm)	
แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	390 – 425
น้ำเงิน	425 – 500
เขียว	500 – 575
เหลือง	575 – 585
แสด	585 – 620
แดง	620 – 740

ตำแหน่งของฝั่งขวา



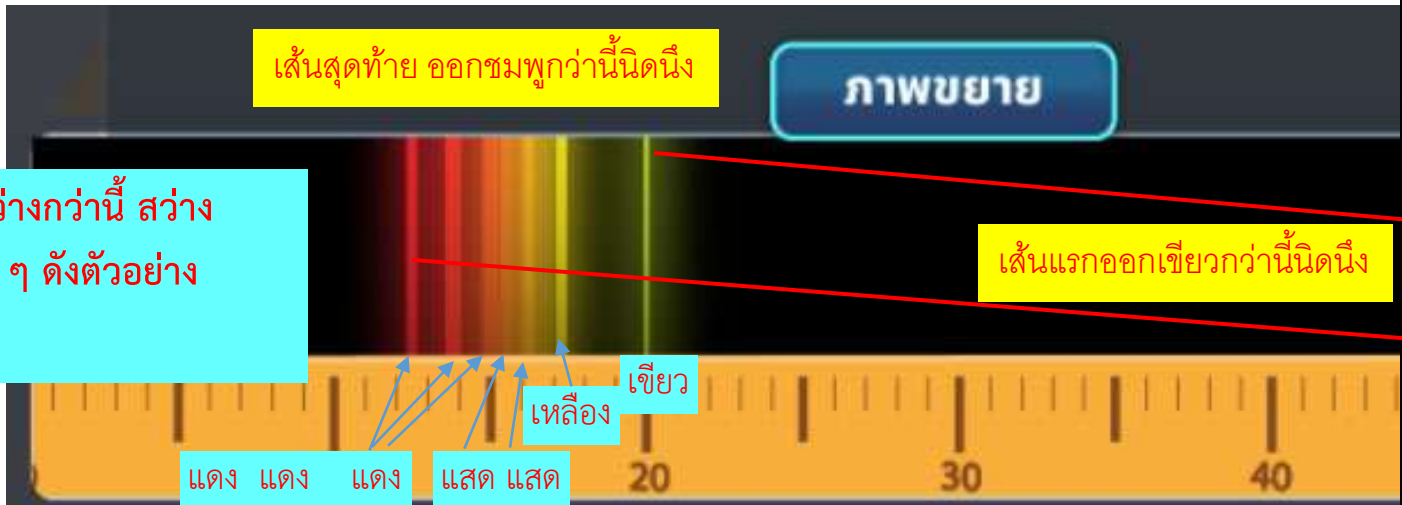
เส้นที่ 2 เหลืองสว่าง ๆ

เส้นสุดท้าย ออกชมพูกว่านี้นิดนึง

ภาพขยาย

อยากให้แถบสเปกตรัมสว่างกว่านี้ สว่างเหมือนหลอดไฟที่มีสีต่าง ๆ ดังตัวอย่าง (เห็นชัดเมื่อปิดไฟ)

เส้นแรกออกเขียวกว่านี้นิดนึง



แดง แดง แดง

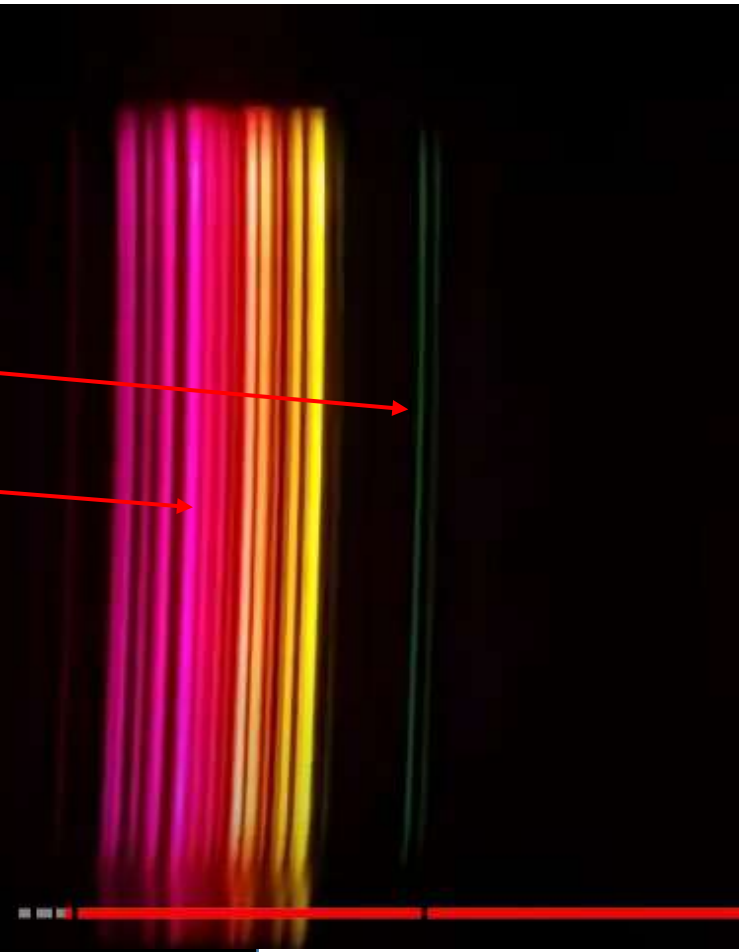
แสด แสด

เหลือง

เขียว

660 640 622 603 585 540

Neon



เส้นที่ 7

12.50 ซม

เส้นที่ 6

13.80 ซม (เส้นหนา)

15.00 ซม (เส้นหนา)

15.50 ซม

เส้นที่ 4

เส้นที่ 5

16.20 ซม

เส้นที่ 3

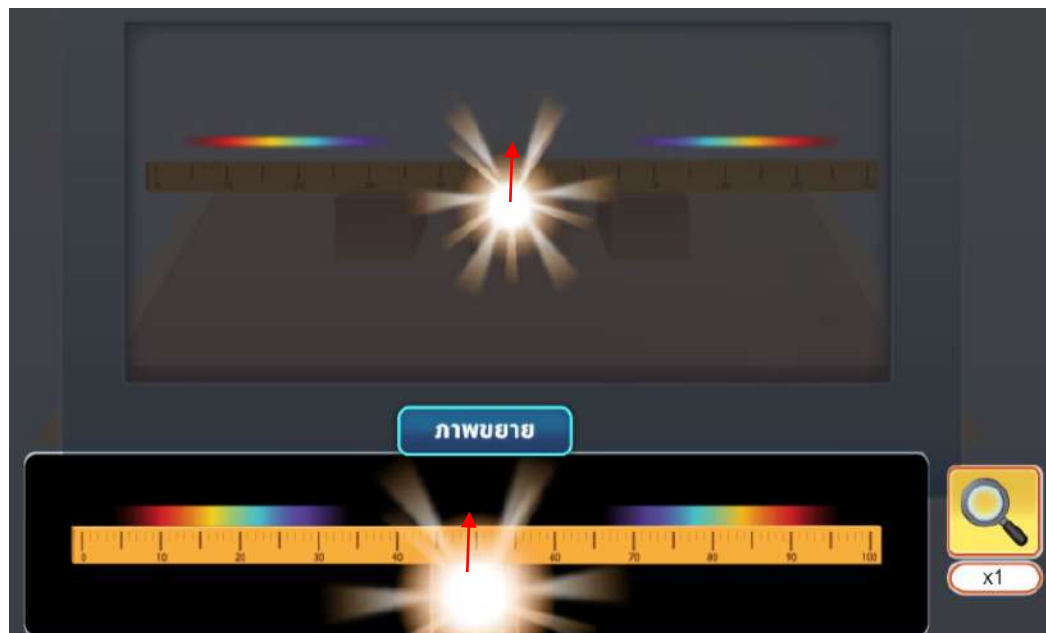
17.25 ซม

เส้นที่ 2

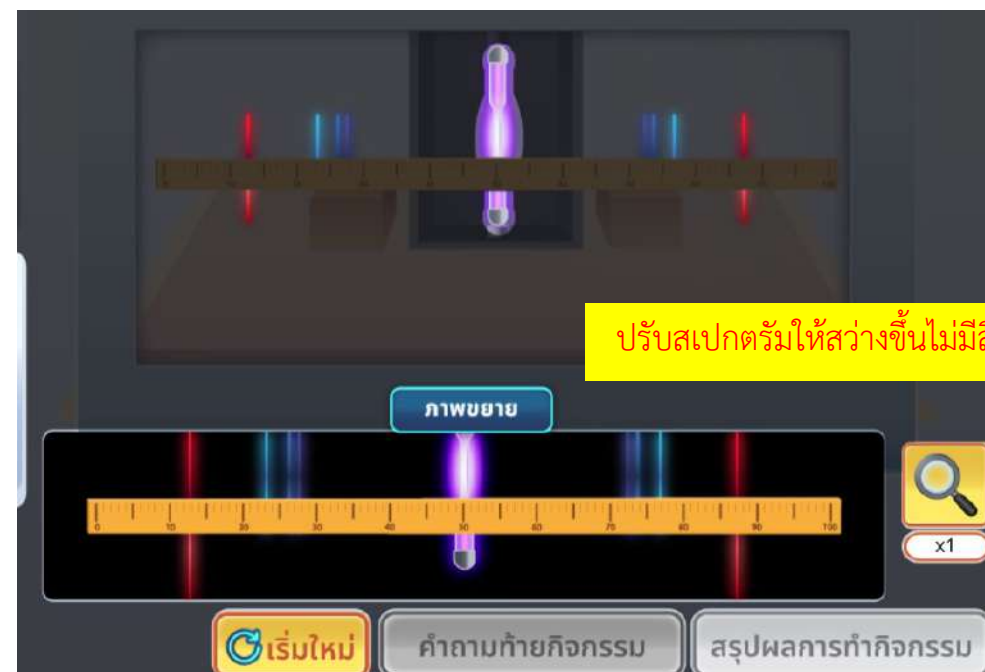
20.00 ซม

(เส้นบาง)

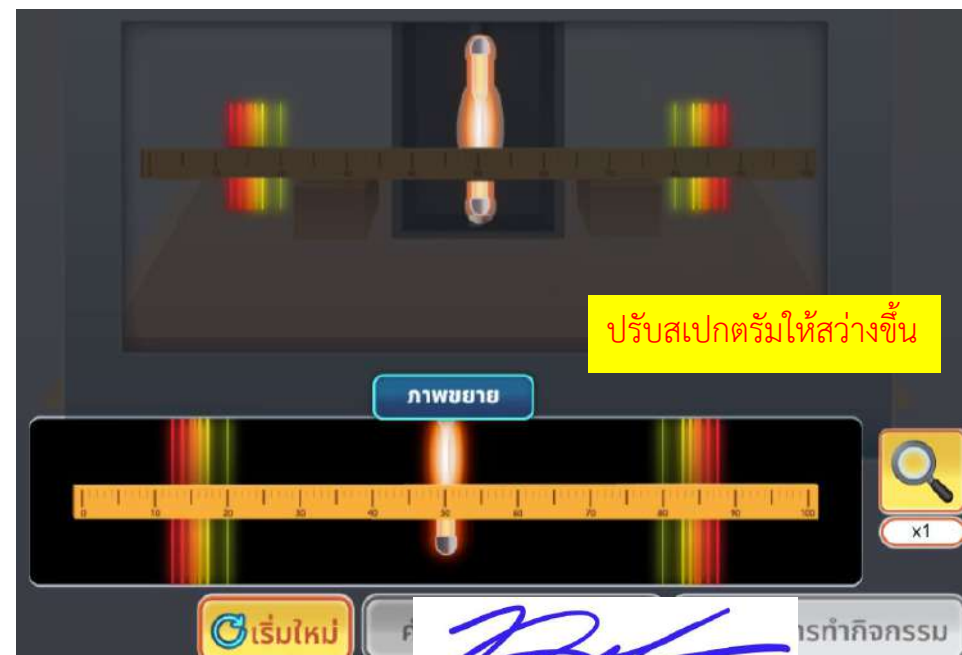
เส้นที่ 1



เลื่อนหลอดไฟขึ้น และลดขนาดหลอดไฟ



ปรับสเปกตรัมให้สว่างขึ้นไม่มีสีดำตรงกลาง



ปรับสเปกตรัมให้สว่างขึ้น

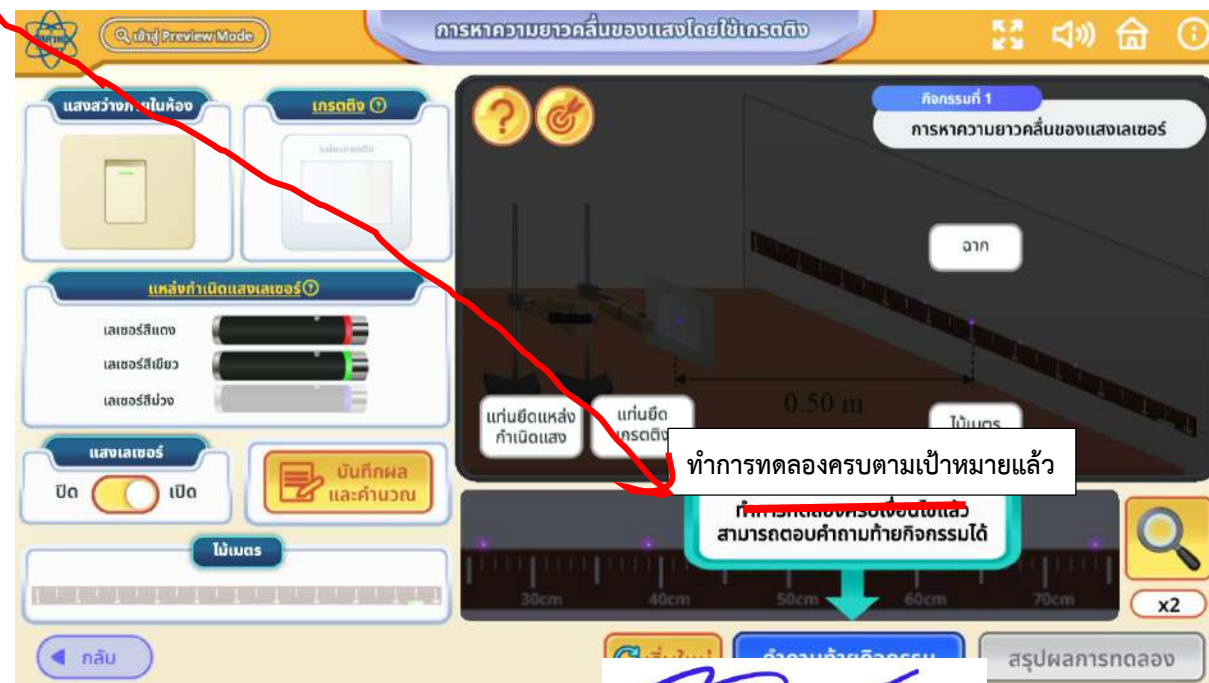
[Handwritten signature]

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม และ สรุปผลการทำกิจกรรม

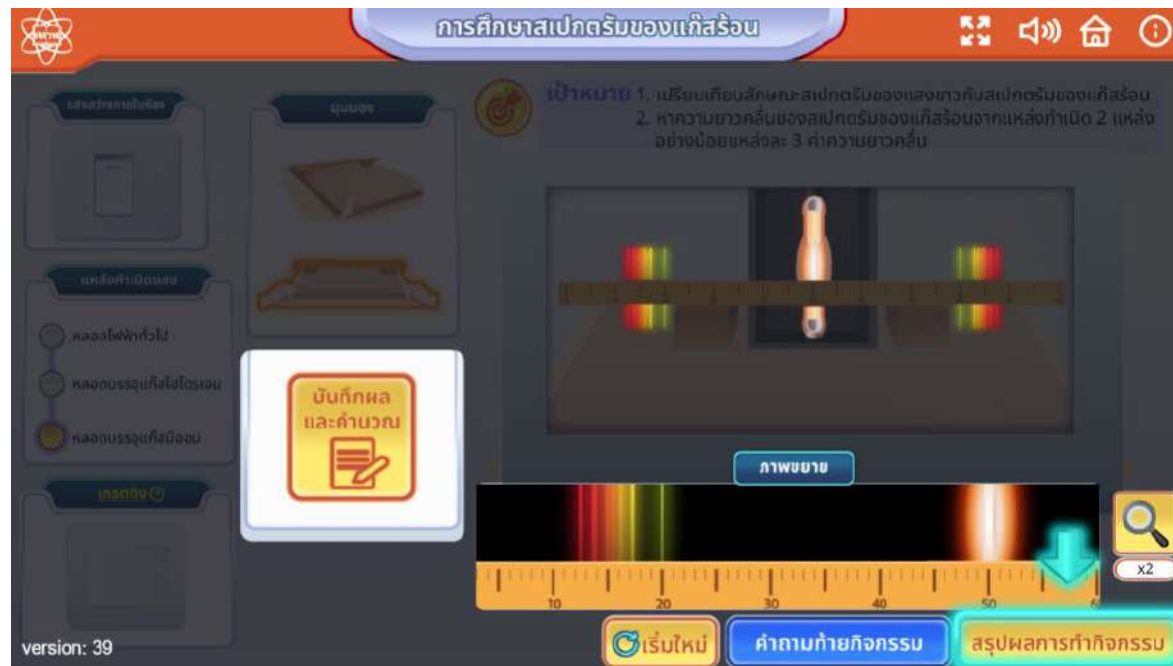




เพิ่มข้อความประกอบลูกศรชี้ ในสรุปผลการทำกิจกรรม

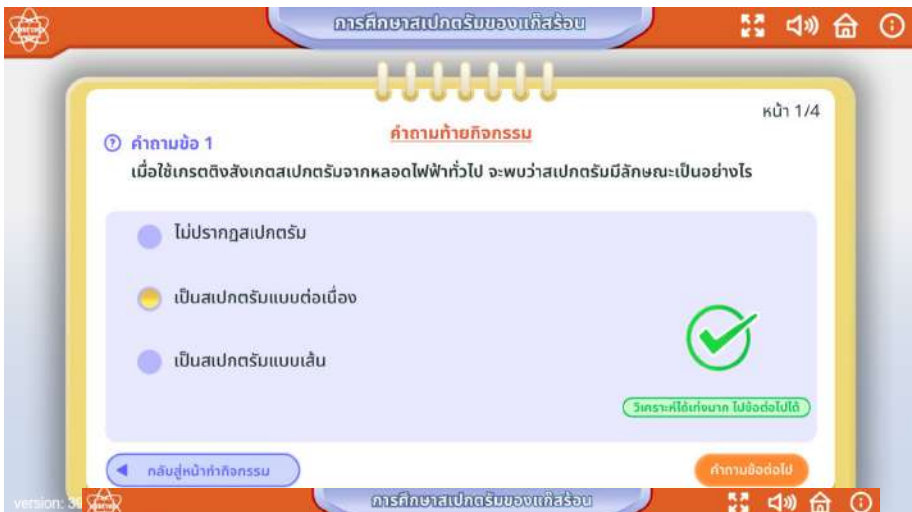


[Handwritten signature]



เพิ่มข้อความประกอบลูกศรชี้ ในสรุปผลการทำกิจกรรม
เป็น “กดสรุปผลการทดลอง”





คงคำถาม 4 ข้อนี้ ไว้ แล้วเพิ่มคำถามอีก 1 ข้อ



ระวังเรื่องการกดกลับไปกลับมาแล้ว error

ย้ายไปอยู่ฝั่งขวา แล้วฝั่งซ้ายเป็น “คำถามข้อก่อนหน้า”

[Signature]

5. จากผลการทำกิจกรรมการหาความยาวคลื่นของสเปกตรัมของหลอดบรรจุไฮโดรเจนและแก๊สนีออน ค่าความยาวคลื่นและสีของเส้นสเปกตรัมของแก๊สทั้งสอง สอดคล้องกับค่าความยาวคลื่นและสีในตารางความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ ที่ตามองเห็นหรือไม่ อย่างไร

ผลการทำกิจกรรม



หลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน

ผลการทำกิจกรรม



หลอดบรรจุแก๊สนีออน

(กดเพื่อไปที่ตารางบันทึกผล)

ตาราง ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ ที่ตามองเห็น

ตาราง 10.1 ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ (nm)	
แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	390 – 425
น้ำเงิน	425 – 500
เขียว	500 – 575
เหลือง	575 – 585
แสด	585 – 620
แดง	620 – 740

- ☒ สอดคล้อง
- ☐ ไม่สอดคล้อง
- ☐ ไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1

ให้ยกและลากคำในกรอบสี่เหลี่ยมไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

“สเปกตรัมแบบต่อเนื่อง” “เส้น ๆ แยกออกจากกัน” สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง
ทุกชนิด แต่ละชนิด แบบต่อเนื่อง แบบเส้น แบบจุด เหมือนกัน แตกต่างกัน

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{r}{\sqrt{D^2 + r^2}}$$

ถ้าวาง “แตกต่าง” กันถูก ข้อความต่อจากนั้นจึงปรากฏ

สเปกตรัมของแสงจากหลอดไฟฟ้าเป็นสเปกตรัมแบบต่อเนื่อง ส่วนสเปกตรัมของแก๊สมีลักษณะ
เป็นเส้น ๆ แยกจากกัน โดยแก๊สแต่ละชนิดมีชุดสเปกตรัมแบบเส้นที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งเป็น
คุณสมบัติเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด โดยค่าความยาวคลื่นและสีของเส้นสเปกตรัมของแก๊สทั้งสอง
สอดคล้องกับค่าความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ ที่ตามองเห็น และสามารถหาได้จากสมการ $\lambda = d \sin \theta$

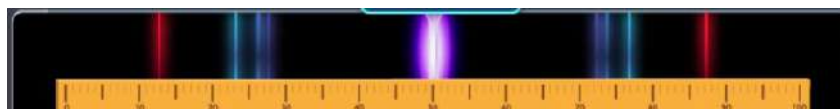
เมื่อ

$$\sin \theta = \frac{r}{\sqrt{D^2 + r^2}}$$

สเปกตรัมของแสงขาว



สเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจน



สเปกตรัมของแก๊สนีออน



(ใช้ภาพจากการทดลองประมาณนี้
โดยตัดส่วนด้านล่างออก)



สรุปผลการทำกิจกรรม

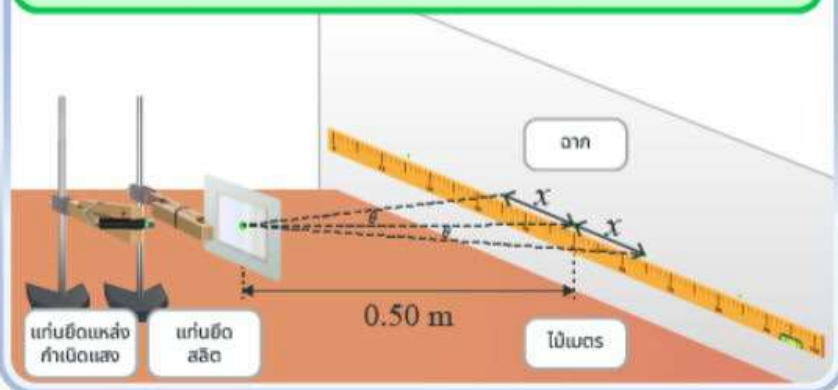
ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

สีเขียว

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **เกรตติง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}$

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



คลิกที่ปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

- ☐ เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
- ☐ เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
- ☐ เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

Signature

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1

ให้กดและลากค่าในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

แสงเลเซอร์ กรดตึง สีแดง สีม่วง สีเขียว

จุดสว่างกลาง จุดสว่างเล็ก ๆ มากที่สุด น้อยที่สุด $d \sin \theta = \lambda$ $\sin \theta = \frac{\lambda}{L^2 + \lambda^2}$

เมื่อ _____ ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน _____ จะเห็นเป็น _____ ด้านซ้ายและขวาของ _____ โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ _____ ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม _____ และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ _____ ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม _____ ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ _____ เมื่อ _____

คลิกที่ปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

- เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
- เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
- เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ตรวจสอบคำตอบ

ตัวอย่างหน้า “สรุปผลการทำกิจกรรม”

เพิ่มคำชม และเสียงประกอบเมื่อทำเสร็จแล้ว

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1

ให้กดและลากค่าในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

แสงเลเซอร์ กรดตึง สีแดง สีม่วง สีเขียว

จุดสว่างกลาง จุดสว่างเล็ก ๆ มากที่สุด น้อยที่สุด $d \sin \theta = \lambda$ $\sin \theta = \frac{\lambda}{L^2 + \lambda^2}$

เมื่อ **แสงเลเซอร์** ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน **กรดตึง** จะเห็นเป็น **จุดสว่างเล็ก** ด้านซ้ายและขวาของ **จุดสว่างกลาง** โดยจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีแดง** ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **มากที่สุด** และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ **สีม่วง** ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม **น้อยที่สุด** ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จากสมการ $d \sin \theta = \lambda$ เมื่อ $\sin \theta = \frac{\lambda}{L^2 + \lambda^2}$

คลิกที่ปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

- เลเซอร์สีแดง มีความยาวคลื่น 635 nm
- เลเซอร์สีเขียว มีความยาวคลื่น 532 nm
- เลเซอร์สีม่วง มีความยาวคลื่น 405 nm

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

สีเขียว

นอกจากนี้ เสนอให้มีการปรับแก้เพิ่มเติมอีก ดังนี้

- ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect
- นำคำว่า version: xx ออก



ต้นร่าง 1 กระดาษเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง Sound Experiment

ลิงก์สื่อ <https://www.scimath.org/resources/13182/index.html>

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	
---------------	--

แอปพลิเคชันเรื่องเสียง ของสาขาฟิสิกส์ สสวท. สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรม การทดลองเรื่องเสียงอย่างง่ายด้วยอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ แท็บเล็ต รวมทั้ง คอมพิวเตอร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนนำไปใช้วัดและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาอภิปรายและสรุปผลกิจกรรม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ทั้งในห้องเรียน และนอกห้องเรียน

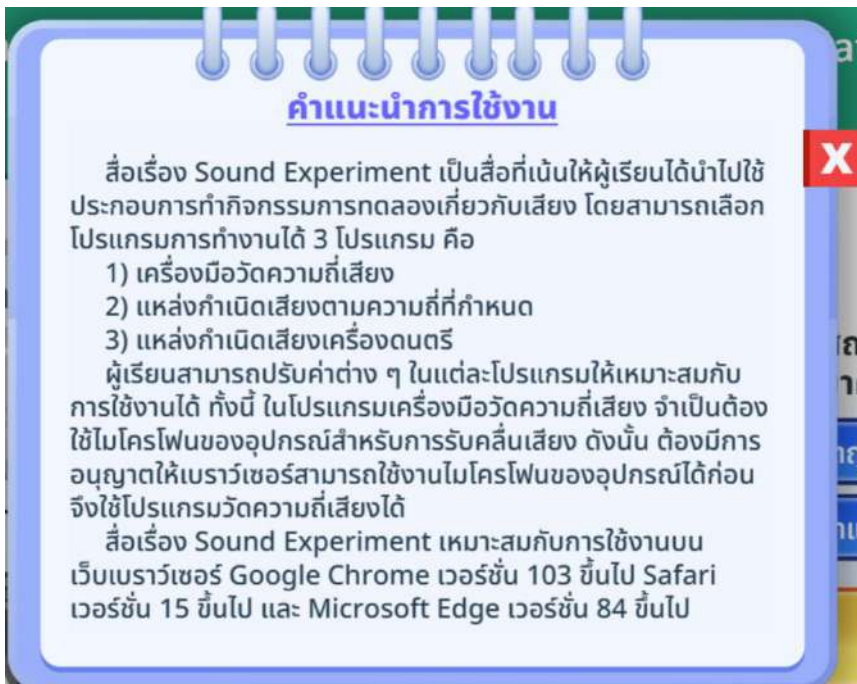
ขอบเขตของสื่อ	
---------------	--

เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้งานบนเว็บเบราว์เซอร์ สำหรับประกอบการทำกิจกรรมเกี่ยวกับเสียง ที่เหมาะสำหรับนักเรียนระดับ ม.ปลาย โดยประกอบด้วยโปรแกรมย่อยทั้งหมด 4 โปรแกรม

1. โปรแกรมเครื่องมือวัดระดับเสียง
2. โปรแกรมเครื่องมือวัดความถี่เสียง
3. โปรแกรมเล่นเสียงตามความถี่
4. โปรแกรมเล่นเสียงเครื่องดนตรี

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
1.	หน้าปก	ปรับการแสดงชื่อสถาบันฯ เป็น การแสดงชื่อกลุ่มวิชาและสถาบัน และปรับแก้รูปหน้าปกเป็นรูปอื่น ที่กระตุ้นความสนใจมากขึ้น และสื่อถึงการทดลองเรื่องเสียงด้วยอุปกรณ์พกพา	ปรับหน้าปกให้กระตุ้นความสนใจ และมีรูปแบบเหมือนกับสื่ออื่น ๆ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
2.	กรอบแสดง “คำแนะนำการใช้งาน”	- เพิ่มรายการโปรแกรมวัดระดับเสียง เป็นรายการที่ 1) ในคำแนะนำการใช้งานเดิม ที่แสดงด้านล่าง - เพิ่มการจัดทำ infographic แนะนำการใช้งานสื่อ	มีการเพิ่มโปรแกรมขึ้นมาอีก 1 โปรแกรม และ การทำคำแนะนำการใช้งานที่ไม่มีภาพประกอบ เข้าใจได้ยากกว่าแบบมีภาพประกอบเป็น infographic
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
 หน้าจอแสดงสื่อเดิม คำแนะนำการใช้งาน สื่อเรื่อง Sound Experiment เป็นสื่อที่เน้นให้ผู้เรียนได้นำไปใช้ประกอบการทำกิจกรรมการทดลองเกี่ยวกับเสียง โดยสามารถเลือกโปรแกรมการทำงานได้ 3 โปรแกรม คือ 1) เครื่องมือวัดความถี่เสียง 2) แหล่งกำเนิดเสียงตามความถี่ที่กำหนด 3) แหล่งกำเนิดเสียงเครื่องดนตรี ผู้เรียนสามารถปรับค่าต่าง ๆ ในแต่ละโปรแกรมให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ ทั้งนี้ ในโปรแกรมเครื่องมือวัดความถี่เสียง จำเป็นต้องใช้ไมโครโฟนของอุปกรณ์สำหรับการรับคลื่นเสียง ดังนั้น ต้องมีการอนุญาตให้เบราว์เซอร์สามารถใช้งานไมโครโฟนของอุปกรณ์ได้ก่อน จึงใช้โปรแกรมวัดความถี่เสียงได้ สื่อเรื่อง Sound Experiment เหมาะสมกับการใช้งานบนเว็บเบราว์เซอร์ Google Chrome เวอร์ชัน 103 ขึ้นไป Safari เวอร์ชัน 15 ขึ้นไป และ Microsoft Edge เวอร์ชัน 84 ขึ้นไป		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ --ให้ทางบริษัทออกแบบ --	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
3.	หน้ารองปก ที่แสดงไอคอน 3 โปรแกรมให้เลือกใช้งาน	- เพิ่มการแสดงผลไอคอนอีก 1 โปรแกรม รวมเป็น 4 โปรแกรม โดยโปรแกรมที่เพิ่มคือ โปรแกรมเครื่องมือวัดระดับเสียง - จัดทำกราฟิกให้ดูทันสมัย เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น - เพิ่มปุ่ม ขยาย เต็มหน้าจอได้	จะมีการเพิ่มโปรแกรมวัดระดับเสียงในสื่อนี้ จึงต้องมีการเพิ่มไอคอนให้เลือกใช้งาน อีกทั้ง รูปแบบกราฟิกเดิมค่อนข้างไม่ดึงดูด สำหรับ นักเรียน ม.ปลาย
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม 	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ --ให้ทางบริษัทออกแบบ -- 	

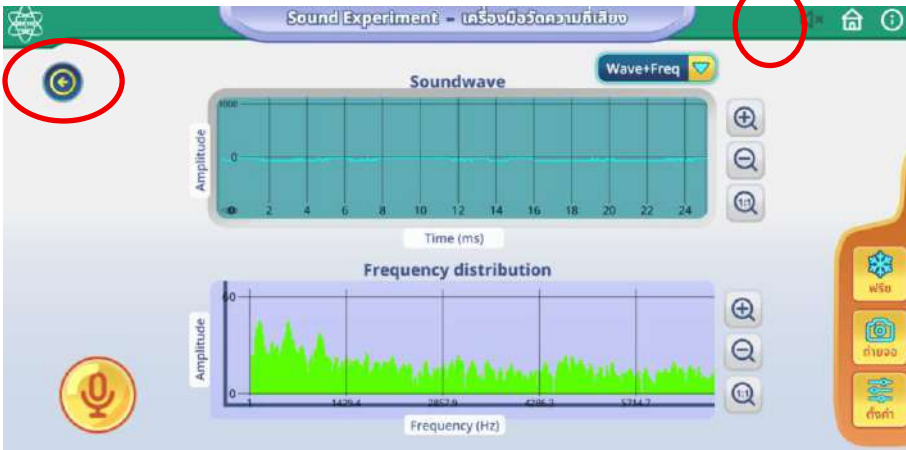
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
4.	โปรแกรมที่มีในสื่อ	เพิ่มโปรแกรมวัดระดับเสียง โดยมี รายละเอียดดังนี้ <u>รายละเอียด</u> โปรแกรมเครื่องมือวัดระดับเสียง ใช้ไมโครโฟนของโทรศัพท์รับสัญญาณเสียงและประมวลผลออกมาเป็นค่าระดับเสียงในหน่วย เดซิเบล (dB) ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบความดังของเสียงในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ทันที รวมทั้ง สามารถสร้างเสียงตามระดับเสียงที่กำหนดได้ด้วย <u>คุณสมบัติหลัก (Key Features):</u> • การแสดงผลค่าแบบเรียลไทม์: แสดงระดับเสียงปัจจุบัน (Current) พร้อมทั้งค่าสถิติที่สำคัญ เช่น ค่าต่ำสุด (Min), ค่าสูงสุด (Max) และค่าเฉลี่ย (Average) ในระหว่างการวัด • สร้างเสียงตามระดับเสียงที่กำหนดได้ด้วย • กราฟวิเคราะห์แนวโน้ม: แสดงผลในรูปแบบกราฟเทียบกับเวลา (Time History Graph) ช่วยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับเสียงที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง • การเปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่มีระดับเสียงเท่ากับหรือในช่วงที่วัดได้ เช่น ถ้าวัดได้ 48.5 เดซิเบล จะมีข้อความระบุว่า เป็น ระดับเสียงมาตรฐานการวัด (Frequency Weighting): ส่วนใหญ่รองรับการวัดแบบ dBA (A-weighting) ซึ่งเป็นการกรองความถี่เลียนแบบการได้ยินของมนุษย์ • การสอบเทียบ (Calibration): พีเจอร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถปรับตั้งค่าความแม่นยำของแอปฯ ให้ใกล้เคียงกับเครื่องวัดมาตรฐานได้	โปรแกรมวัดระดับเสียง ต้องใช้ร่วมกับการทดลองเรื่องเสียง 

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม
(ไม่มี)

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
รูปตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอ ดังรูปด้านบน



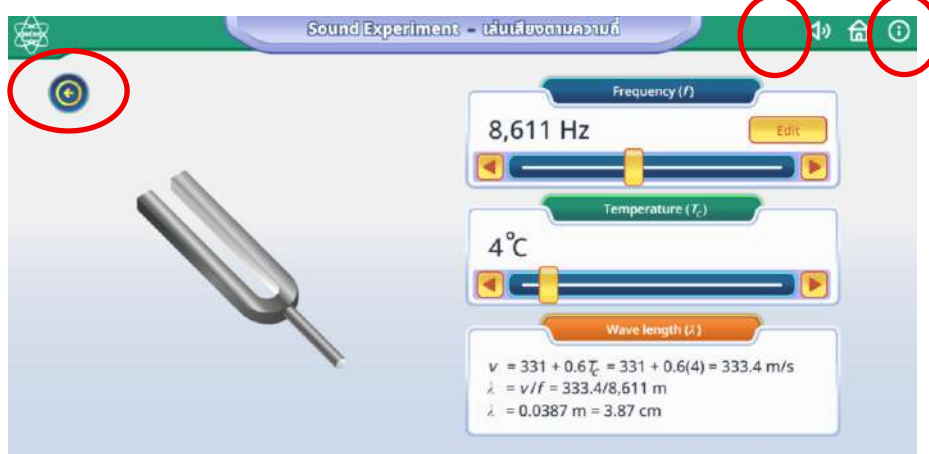
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
5.	โปรแกรมเครื่องมือวัดความถี่เสียง	— แก้ไขการแสดงผลที่ยังไม่ถูกต้อง — แก้ไขช่วงความถี่ ที่สามารถแสดงการกระจายความถี่ — แก้ไขปุ่ม “กลับ” ให้ใหญ่และชัดเจนกว่านี้ — แก้ไขให้ปุ่ม “i” เป็นคำแนะนำการใช้งานโปรแกรมนี้ เหมือนในคู่มือการใช้งาน แต่จัดทำเป็นแบบ infographic — เพิ่มปุ่มขยายเต็มหน้าจอ — แก้ไขกราฟิกให้ดูทันสมัย น่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น	— การแสดงผลตามจุดประสงค์ของโปรแกรม ยังไม่ถูกต้อง และมีช่วงความถี่ที่เลือกแสดงผลได้น้อย ทำให้การทดลองทำได้จำกัด — ปุ่มย้อนกลับมีขนาดเล็ก สื่อเข้าใจยากกว่าทำอะไร — ปุ่ม i ให้คำแนะนำการใช้งานที่แสดงการใช้งานไม่ชัดเจน
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
6.	โปรแกรมเล่นเสียงตามความถี่	- แก้ไขปุ่ม “กลับ” ให้ใหญ่และชัดเจนกว่านี้ - แก้ไขให้ปุ่ม “i” เป็นคำแนะนำการใช้งานโปรแกรมนี้ เหมือนในคู่มือการใช้งาน แต่จัดทำเป็นแบบ infographic - เพิ่มปุ่มขยายเต็มหน้าจอ - แก้ไขให้ความถี่ที่สร้างได้สูงสุดเป็น 25,000 เฮิรตซ์ - จัดทำกราฟิกให้ดูทันสมัย น่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น	- ปุ่มย้อนกลับมีขนาดเล็ก สื่อเข้าใจยากกว่าทำอะไร - ปุ่ม i ให้คำแนะนำการใช้งานที่แสดงการใช้งานไม่ชัดเจน - สื่อแสดงผลไม่สอดคล้องกับหนังสือเรียน

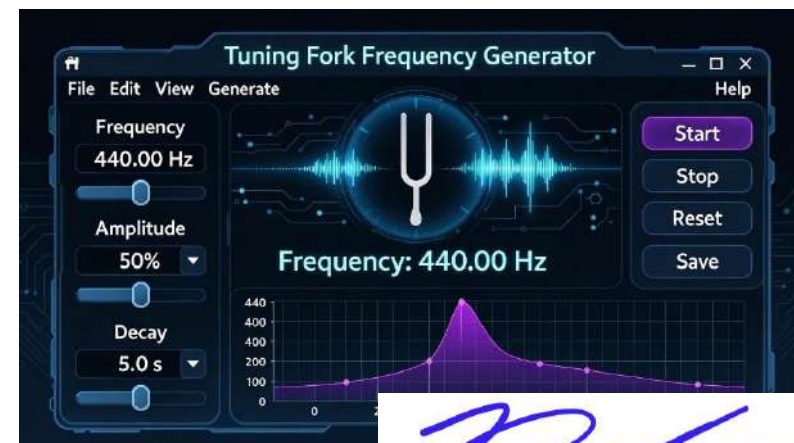
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	โปรแกรมเล่นเสียงเครื่องดนตรี	- แก้ไขปุ่ม “กลับ” ให้ใหญ่และชัดเจนกว่านี้ - แก้ไขให้ปุ่ม “i” เป็นคำแนะนำการใช้งานโปรแกรมนี้ เหมือนในคู่มือการใช้งาน แต่จัดทำเป็นแบบ infographic - เพิ่มปุ่มขยายเต็มหน้าจอ - จัดทำกราฟิกให้ดูทันสมัย น่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น	- ปุ่มย้อนกลับมีขนาดเล็ก สื่อเข้าใจยากกว่าทำอะไร - ปุ่ม i ให้คำแนะนำการใช้งานที่แสดงการใช้งานไม่ชัดเจน
ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ - ให้บริษัทออกแบบ -	



ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ลิงก์สื่อ <https://www.scimath.org/resources/13094/index.html>

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: รอก เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนระดับมัธยมปลายได้ทำความเข้าใจหลักการทำงานของรอกอย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถเปลี่ยนรอกเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตั้งแต่รอกเดี่ยวตายตัว รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ไปจนถึงระบบรอกพวง ที่มีความซับซ้อน โดยนักเรียนจะได้ใช้รอกยกสิ่งของที่มีน้ำหนักที่กำหนดให้ และสื่อจะแสดงผลค่าต่าง ๆ เช่น ระยะที่ออกแรงดึงเชือก แรงที่ใช้ แบบเรียลไทม์ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณ การได้เปรียบเชิงกล และ นักเรียนสามารถปรับ "แรงเสียดทาน" เพื่อคำนวณและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรอกแบบต่าง ๆ เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง รอก ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้มากขึ้น ลดช่องว่างระหว่างทฤษฎีในตำราและการปฏิบัติจริง

ขอบเขตของสื่อ

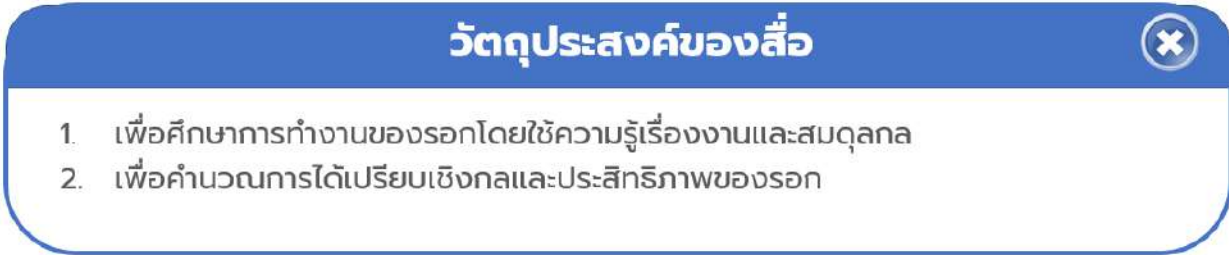
เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงผลการทำงานของรอกในระบบต่าง ๆ พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของระบบรอก นักเรียนสามารถเปลี่ยนจำนวนรอก หรือรูปแบบการต่อรอกที่แตกต่างกัน โดยมีความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้รอกในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำถามใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้จะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

- รอกช่วยทำงานและผ่อนแรงอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของระบบรอกชนิดต่าง ๆ ได้อย่างไร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
1.	ไม่มีหน้าปกของสถานการณ์จำลองเรื่อง “รอก”	ปรับเป็นหน้าปกสื่อเรื่อง รอก ที่แสดงชื่อสถาบันฯ วัตถุประสงค์ของสื่อ คำแนะนำการใช้งาน และข้อมูลต่าง ๆ ตามรูปแบบของหน้าปกสื่ออื่น ๆ พร้อมรูปที่กระตุ้นความสนใจ	ปรับหน้าปกเป็นสื่อเรื่อง รอก กิจกรรมมีรูปกระตุ้นความสนใจ และมีรูปแบบเหมือนกับสื่ออื่น ๆ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
2.	ไม่มีวัตถุประสงค์ของสื่อในหน้าแรก และไม่มีคำแนะนำการใช้งานสื่อ	- เพิ่มวัตถุประสงค์ ตัดจุดประสงค์การเรียนรู้ และ คำอธิบายสื่อออก - เพิ่มคำแนะนำการใช้งานแบบอินโฟกราฟิก เหมือนสื่อเรื่องเครื่องกลฯ อื่น ๆ	เพื่อให้ผู้ใช้ทราบวัตถุประสงค์ และวิธีการใช้งานสื่อ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
- ไม่มี -			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
3.	หน้าแรกของสถานการณ์จำลองเรื่อง “รอก” ไม่มีคำถามสำคัญและไม่มีเป้าหมายของสื่อ ไม่มีกรอบข้อความบอกผู้ใช้ให้กดปุ่มคำถามสำคัญหรือเป้าหมายเพื่อดูก่อน เข้าใช้สื่อ	เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญ และ เป้าหมายของสื่อ โดยเมื่อกดแล้วให้แสดงกรอบข้อความดังนี้ <u>คำถามสำคัญ</u> - รอกช่วยผ่อนแรงอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของรอกได้อย่างไร <u>เป้าหมาย</u> - หากการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของรอกแต่ละชนิด จากการใช้รอกยกวัตถุที่กำหนดให้ ทั้งกรณีที่มีและไม่มีแรงเสียดทาน - เพิ่มคำว่า “กิจกรรมที่ 1” และ “กิจกรรมที่ 2” และ “เข้าสู่กิจกรรม” - เพิ่มมือจับที่เชือก แสดงการดึงรอก - เปลี่ยนรูปรอกพวงที่เดิมไม่ใช่รอกพวง เป็นรูปรอกพวงที่ถูกต้อง และมีมือจับ ดังรูปตัวอย่าง	แสดงคำถามที่ช่วยชี้แนวทางการเรียนรู้จากสื่อ และเป้าหมายให้เห็นขอบเขตการทำกิจกรรม และมีการปรับรูปแบบให้เหมือนกับสื่อเรื่องอื่น ๆ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			





Red

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
4.	ไม่มีการอธิบายคำศัพท์สำคัญ และไม่มีกรอบข้อความบอก ผู้ใช้ให้กดปุ่มเพื่อดูความหมายของคำศัพท์	- เพิ่มการแสดงคำศัพท์สำคัญให้เป็นตัวหนาและขีดเส้นใต้ ที่สามารถกดแล้วแสดง ความหมายหรือคำอธิบายได้ ได้แก่ คำว่า “รอก” “การได้เปรียบเชิงกล” “ประสิทธิภาพของรอก” ดังนี้ - ในการให้คำอธิบายคำว่า “รอก” มีการแสดงสิ่งของในชีวิตประจำวัน แล้วถอด ส่วนประกอบให้เห็นว่า ส่วนใดเป็น รอก <u>คำศัพท์ที่จะมีการให้ความหมายหรืออธิบายเพิ่มเติม มีดังนี้</u> รอก รอก (pulley) เป็นเครื่องกลอย่างง่ายชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยล้อที่หมุนได้คล่องรอบ แกนหมุน โดยรอบวงล้อมีร่องตรงกลางเพื่อใช้คล้องเชือก สายพาน หรือ โซ่ สำหรับออกแรงดึง โดยมีหลักการทำงานเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายวัตถุในแนวดิ่งหรือแนว เเฉียง รอกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ รอกเดี่ยว (single pulley) กับรอกพวง (combined pulley) โดย รอกเดี่ยวแบ่งได้อีก 2 ประเภทย่อยได้แก่ รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) และ รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ (movable pulley) ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก ความรู้เรื่อง รอก นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันหลายลักษณะเพื่อใช้สร้างเครื่องมือ หรือระบบที่ช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก โดย รอกที่นำมาประยุกต์ใช้ อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรอกพื้นฐานที่แสดงในสื่อนี้ เพราะต้องมีการ ออกแบบให้เหมาะสมกับงานที่แตกต่างกัน และอาจมีการใช้งานร่วมกับเครื่องกลชนิดอื่น ๆ 1. เครน (crane)	— เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของรอก ตัวอย่างรอกในชีวิตประจำวัน คำศัพท์อื่น ๆ และสมการที่ใช้ในการคำนวณ



เครน หรือ ปั่นจันเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับบรอกเป็นกลไกหลักในการยกของหนัก รอกเดี่ยวตายตัวติดตั้งอยู่ด้านบนสุดของแขนปั่นจันเพื่อเปลี่ยนทิศทางแรง ในขณะที่รอกเดี่ยวเคลื่อนผูกติดอยู่กับวัตถุที่ยก เมื่อสายสลิงพันผ่านรอกหลายตัว ทำให้ปั่นจันสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ ได้โดยใช้แรงดึงจากมอเตอร์

2. เสารัง (flag pole)

เสารังใช้รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) ในลักษณะรอกพื้นฐาน ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ยอดของเสารัง เพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรงที่ใช้ เมื่อดึงเชือกเพื่อชักธงชาติ แรงดึงจากปลายเชือกด้านหนึ่งจะถูกส่งผ่านรอกไปยังปลายเชือกอีกด้านหนึ่งที่ผูกติดกับธง ทำให้ธงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ยอดเสารอกอำนวยความสะดวกนำธงขึ้นสู่ความสูงตามที่ต้องการได้จากพื้น โดยไม่ต้องปีนขึ้นไปด้านบน

3. ลิฟท์ (elevator)

ลิฟท์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายคนหรือวัตถุระหว่างที่ต่ำกับที่สูง โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องกลแบบอื่น โดยสายสลิงที่ผูกกับตัวห้องโดยสารจะพาดผ่านชุดรอกที่อยู่ด้านบนสุดของช่องลิฟท์และไปยึดกับน้ำหนักถ่วง มอเตอร์จะขับเคลื่อนรอกเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำหนักถ่วงในการทำให้ห้องโดยสารเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง

		4. รอกผ้าม่าน (curtain) รอกผ้าม่านเป็นการนำรอกเดี่ยวตายตัวมาประยุกต์ใช้ในลักษณะรอกพื้นฐาน โดยรอกขนาดเล็กหลายตัวติดตั้งภายในรางม่าน ช่วยเปลี่ยนทิศทางของแรงดึงเพื่อให้ม่านเปิดหรือปิดตามแนวนอน เมื่อเราดึงเชือกควบคุมที่ห้อยอยู่ แรงดึงจะถูกส่งผ่านรอกไปยังปลายเชือกที่ติดกับรางเลื่อน ทำให้รางเลื่อนที่ผูกติดกับผ้าม่านเคลื่อนที่ไปตามราง 5. รอกยกหนักขึ้นที่สูงในงานก่อสร้าง รอกที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไปมีบทบาทสำคัญในการขนส่งวัสดุ เช่น ถังปูน เครื่องมือ หรือวัสดุก่อสร้างขึ้นสู่ที่สูง โดยใช้รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) ในลักษณะรอกพื้นฐาน เพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรง ทำให้คนงานที่อยู่บนพื้นสามารถออกแรงดึงเชือกลงเพื่อยกวัตถุขึ้นด้านบนได้สะดวก รอกเดี่ยว รอกเดี่ยว (single pulley) เป็นการใช้อรอกเพียงอันเดียว แบ่งได้เป็นรอกเดี่ยวตายตัวกับรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ รอกพวง รอกพวง (combined pulley) เป็นการใช้อรอกเคลื่อนที่หลายอันมาประกอบกันเป็นระบบ แบ่งได้เป็น รอกพวงระบบที่ 1 รอกพวงระบบที่ 2 และ รอกพวงระบบที่ 3 การได้เปรียบเชิงกลของรอก (เมื่อรอกและเชือกเบา)	
--	--	---	--

การได้เปรียบเชิงกล (mechanical advantage, M.A.) เป็นปริมาณที่บอกถึงการผ่อนแรงหรือไม่ผ่อนแรงของรอก คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงที่ได้จากรอก (F_{out}) กับขนาดของแรงที่ให้กับรอก (F_{in}) ดังสมการ

$$M.A. = \frac{F_{in}}{F_{out}}$$

ถ้า M.A. มากกว่า 1 แสดงว่า รอกนั้นผ่อนแรง แต่ถ้า M.A. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่า รอกนั้นไม่ผ่อนแรง ในกรณีแรงเสียดทานมีค่าน้อยมาก จนถึงได้ว่า ไม่มีแรงเสียดทาน นอกจากสมการข้างต้นแล้ว ยังสามารถหาการได้เปรียบเชิงกลจากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่ออกแรงดึงเชือก (s_{in}) ต่อระยะทางที่วัตถุถูกยกขึ้นในแนวตั้ง (s_{out}) ดังสมการ

$$M.A. = \frac{s_{in}}{s_{out}}$$

ประสิทธิภาพของรอก (เมื่อรอกและเชือกเบา)

ประสิทธิภาพ (efficiency) ของรอก เป็นปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการทำงานของรอก คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้รับจากรอก (W_{out}) ต่อกงานที่ให้กับรอก (W_{in}) ดังสมการ

$$\text{Efficiency} = \frac{W_{out}}{W_{in}}$$

ในทางอุดมคติจะถือว่ารอก ทำงานโดยไม่มีการสูญเสียพลังงาน ประสิทธิภาพของรอกจึงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางปฏิบัติ จะมีการสูญเสียพลังงานในรูปใดรูปหนึ่งไปภายนอก ระบบเสมอ ประสิทธิภาพของรอก จึงมีค่าน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

- ไม่มี -

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



🔍 เข้าดู Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก

ความรู้เรื่อง รอก นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันหลายลักษณะเพื่อใช้สร้างเครื่องมือหรือระบบที่ช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก โดยรอกที่นำมาประยุกต์ใช้ อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรอกพื้นฐานที่แสดงในสื่อนี้ เพราะต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมกับงานที่แตกต่างกัน และอาจมีการใช้ร่วมกับเครื่องกลชนิดอื่น ๆ

เครื่อ

ผ้าพัน

เสาธง

ลิฟท์

รอกยกหนักขึ้นที่สูงในงานก่อสร้าง

⏪ ก่อนหน้า

🔍 เข้าดู Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก

1. เครื่อ (crane)

เครื่อ หรือ บันจันเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับบันจันเป็นกลไกหลักในการยกของหนัก รอกเดี่ยวตายตัวติดตั้งอยู่ด้านบนสุดของแขนบันจันเพื่อเปลี่ยนทิศทางแรง ในขณะที่รอกเดี่ยวเคลื่อนหูกติดอยู่กับวัตถุที่ยก เมื่อสายสลึงพันผ่านรอกหลายตัว ทำให้บันจันสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ ได้โดยใช้แรงดึงจากมอเตอร์

⏪ ก่อนหน้า

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก

2. เสาธง (flag pole)

เสาธงใช้รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) ในลักษณะรอกพื้นฐาน ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ยอดของเสาธง เพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรงที่ใช้ เมื่อดึงเชือกเพื่อชักธงชาติ แรงดึงจากปลายเชือกด้านหนึ่งจะถูกส่งผ่านรอกไปยังปลายเชือกอีกด้านหนึ่งที่ผูกติดกับธง ทำให้ธงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ยอดเสา รอกอำนวยความสะดวกในการดึงขึ้นสู่ความสูงตามที่ต้องการได้จากพื้น โดยไม่ต้องปีนขึ้นไปด้านบน

ก่อนหน้า

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก

3. ลิฟท์ (elevator)

ลิฟท์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายคนหรือวัตถุระหว่างที่ต่ำกับที่สูง โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องกลแบบอื่น โดยสายสลิงที่ผูกกับตัวห้องโดยสารจะพาดผ่านชุดรอกที่อยู่ด้านบนสุดของช่องลิฟท์ และไปยึดกับน้ำหนักถ่วง มอเตอร์จะขับเคลื่อนรอกเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำหนักถ่วงในการทำให้ห้องโดยสารเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง

ก่อนหน้า

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก

4. ผ้าป่า (curtain)

บ้านใช้รอกเดี่ยวตายตัวขนาดเล็กหลายตัวติดตั้งภายในรางผ้าป่า ช่วยเปลี่ยนทิศทางของแรงดึงเพื่อให้ผ้าป่าเปิดหรือปิดตามแนวนอน เมื่อเราดึงเชือกควบคุมที่ห้อยอยู่ แรงดึงจะถูกถ่ายทอดผ่านรอก ทำให้รางเลื่อนที่ผูกติดกับผ้าป่าเคลื่อนที่ไปตามราง

ก่อนหน้า

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก

5. รอกยกหนักขึ้นที่สูงในงานก่อสร้าง

รอกที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไปมีบทบาทสำคัญในการขนส่งวัสดุ เช่น ถังปูน เครื่องมือ หรือวัสดุก่อสร้างขึ้นสู่ที่สูง โดยมีทั้งการใช้รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) เพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรง ทำให้คนงานที่อยู่บนพื้นดินสามารถออกแรงดึงเชือกลงเพื่อยกวัตถุขึ้นด้านบนได้สะดวก และรอกพวง (combined pulley) เพื่อยกของหนัก

ก่อนหน้า

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

รอกเดี่ยว

รอกเดี่ยว (single pulley) เป็นการใช้อรอกเพียงอันเดียว แบ่งได้เป็นรอกเดี่ยวตายตัวกับรอกเดี่ยวเคลื่อนที่

รอกเดี่ยวตายตัว รอกเดี่ยวเคลื่อนที่

ดึงไป F_{in}

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

รอกพวง

รอกพวง (combined pulley) เป็นการใช้อรอกเคลื่อนที่หลายอันมาประกอบกันเป็นระบบ แบ่งได้เป็น รอกพวงระบบที่ 1 รอกพวงระบบที่ 2 และ รอกพวงระบบที่ 3

รอกพวงระบบที่ 1 รอกพวงระบบที่ 2 รอกพวงระบบที่ 3

ดึงไป F_{in}

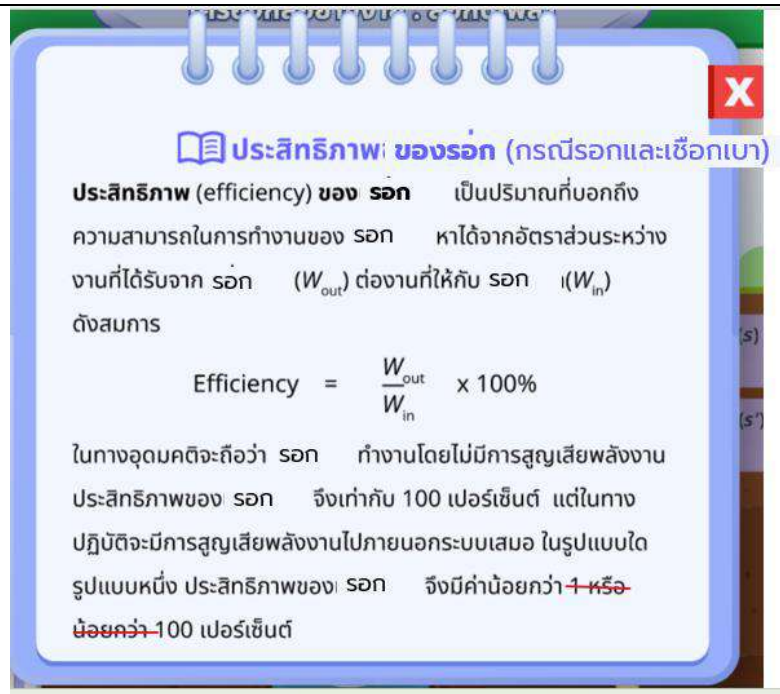
 **การได้เปรียบเชิงกล ของรอก** (เมื่อรอกและเชือก)

การได้เปรียบเชิงกล (mechanical advantage, M.A.)
เป็นปริมาณที่บอกถึงการผ่อนแรงหรือไม่ผ่อนแรงของ รอก
คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงที่ได้จาก รอก
(F_{out}) ต่อขนาดของแรงที่ให้กับ รอก (F_{in}) ดังสมการ

$$M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}}$$

ถ้า M.A. มากกว่า 1 แสดงว่า รอก นั้นผ่อนแรง แต่ถ้า M.A.
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่า รอก นั้นไม่ผ่อนแรง
ในกรณีแรงเสียดทานมีค่าน้อยมาก จนถือว่าไม่มีแรงเสียดทาน
นอกจากสมการข้างต้นแล้ว ยังสามารถหาการได้เปรียบเชิงกล
จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่ออกแรงดึงเชือก (s_{in}) ต่อ
ระยะทางที่วัตถุถูกยกขึ้นได้ (s_{out}) ดังสมการ

$$M.A. = \frac{s_{in}}{s_{out}}$$

ประสิทธิภาพ ของรอก (กรณีรอกและเชื้อเพลิง)

ประสิทธิภาพ (efficiency) ของ รอก เป็นปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการทำงานของ รอก หาได้จากอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้รับจาก รอก (W_{out}) ต่อกงานที่ให้กับ รอก (W_{in}) ดังสมการ

$$\text{Efficiency} = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$$

ในทางอุดมคติจะถือว่า รอก ทำงานโดยไม่มีการสูญเสียพลังงาน ประสิทธิภาพของ รอก จึงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางปฏิบัติจะมีการสูญเสียพลังงานไปภายนอกกระบอกสูบ ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ประสิทธิภาพของ รอก จึงมีค่าน้อยกว่า ~~1 หรือ~~ ~~น้อยกว่า~~ 100 เปอร์เซ็นต์



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
5.	ที่หน้ากิจกรรมรอกเดี่ยว และ รอกพวง การแสดงน้ำหนักวัตถุเป็น W มีออฟชั่นแรงเสียดทาน 3 ออฟชั่นคือ “น้อย” “มาก” และ “ไม่มี” อีกทั้งไม่มีปุ่ม ตารางบันทึกผล และปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม	- เปลี่ยนเป็นการแสดงน้ำหนักวัตถุเป็นตัวเลข 400 N - เปลี่ยนออฟชั่นแรงเสียดทานเป็น 2 ออฟชั่นคือ “มี” กับ “ไม่มี” - เพิ่มปุ่ม “ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม” และ ปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”	- จากผลการทดลองใช้ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจว่า W คือน้ำหนักวัตถุ ต้องใช้เวลานานเพื่อยืนยัน - การทำกิจกรรมด้วยแรงเสียดทาน มี กับ ไม่มี สามารถเข้าใจผลของแรงเสียดทานต่อเครื่องกลได้ - ปุ่มตารางและคำถาม สามารถนำไปสู่การสรุปที่สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น
<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
6.	ไม่มีกรอบข้อความระบุขั้นตอนการทำงานแต่ละชั้น	- เพิ่มกรอบแสดงขั้นตอนการทำงานแต่ละชั้นหลังจากกวดดูคำศัพท์เรียบร้อยแล้ว	- ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการทำงานแต่ละชั้น
	ภาพประกอบการแก้ไข		
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	การเลื่อนแถบเพื่อออกแรงดึงเชือกให้ยกวัตถุขึ้น	- แก้ไขให้การเลื่อนแถบ เป็นการออกแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยกล่องจะยังไม่ยับจนกระทั่ง เมื่อออกแรงถึงค่าของแรงค่าหนึ่ง ที่พอดีทำให้การดึงเชือกยกวัตถุขึ้น ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นด้วยอัตราเร็วคงตัว แล้วแถบเลื่อนจะล็อกไว้จนกระทั่งวัตถุถูกยกขึ้นตามระยะที่กำหนดจนสุด พร้อมแสดงระยะทางต่าง ๆ ไม่สามารถเลื่อนลงมาได้ จากนั้น ไอคอนคำถามแสดงกระพริบ ๆ - เพิ่มรูปมือดึงเชือก บางมืออาจดึงขึ้น บางมือดึงลง - ทั้งนี้ ให้มีกรอบข้อความระบุขั้นตอนที่แจ้งว่า “เลื่อนแถบเพื่อออกแรงยกวัตถุขึ้น ด้วยแรงที่พอดีให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว” - ผู้ใช้สามารถเลื่อนแถบเร็ว ๆ เพื่อออกแรงเกินขนาดแรงที่พอดีให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวได้ แต่มีกรอบแจ้งเตือนและข้อความว่า “แรงที่ใช้ เกินแรงที่พอดีให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว ทำให้วัตถุมีความเร่ง และไม่สามารถนำค่าที่ได้ไปคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพ”	— เพื่อความสมจริง เกี่ยวกับการออกแรงดึงเชือก และการมีมือจับเชือก — เพื่อแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงที่ให้กับเครื่องกล ในการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลตามทฤษฎี

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุการณ์การแก้ไข
8.	- ตัวเลือก และแนวคำตอบมีการปิดทศนิยมบ้าง ไม่ปิดทศนิยมบ้าง เช่น รอกระบบ 1 แรงเสียดทานมาก ประสิทธิภาพไม่ปิดทศนิยม - บางข้อ คำตอบไม่ตรงกับเฉลย - ไม่มีแนวคำตอบข้อ 1 – 3 - มีคำถามข้อ 4	- ทำให้คำตอบตรงกับเฉลย โดยต้องปิดทศนิยมทั้งหมดเพิ่มแนวคิดและคำอธิบายด้วย (จะมีข้อใดบ้างที่แก้ไข จะชี้แจงภายหลัง) - กรณี ตัวเลขไม่ลงตัว เช่น 1/3 ไม่ทำเป็นทศนิยม ไม่ติดเศษส่วนไว้ เพราะจะทำให้การคำนวณคลาดเคลื่อน - เพิ่มแนวคำตอบของคำถามข้อที่ 1 – 3 (จะมีการให้รายละเอียดภายหลัง) - <u>ตัดคำถามข้อ 4</u>	— ทำให้คำตอบตรงกับเฉลย โดยต้องปิดทศนิยมทั้งหมด — ทำให้แนวคำตอบตรงกับเฉลย

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก



คำถาม

1. รอกนี้มีการใช้ประโยชน์เชิงกลเท่าใด
 - ☐ 4.0
 - ☐ 8.0
 - ☐ 10.0
 - ☐ 16.0
2. รอกนี้มีประสิทธิภาพเท่าใด
 - ☐ 25%
 - ☐ 50%
 - ☐ 75%
 - ☐ 100%
3. งานที่ใช้กับรอกและงานที่ได้จากรอกแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
 - ☐ เท่ากัน
 - ☐ ไม่เท่ากัน
4. อธิบายความสัมพันธ์ของแรงจลของรอกด้วยหลักการของงาน-พลังงาน (คอนเซ็ปต์การถ่ายโอน)

แสดงคำตอบ

รอกนี้สามารถยกน้ำหนัก (kg) 10.00 นิวตัน

แรงที่ใช้ยกวัตถุหนักขึ้น (kg) 2.50 นิวตัน

เฉลย

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก



คำถาม

1. รอกนี้มีการใช้ประโยชน์เชิงกลเท่าใด
 - ☐ 4.0
 - ☐ 8.0
 - ☐ 10.0
 - ☐ 16.0
2. รอกนี้มีประสิทธิภาพเท่าใด
 - ☐ 25%
 - ☐ 50%
 - ☐ 75%
 - ☐ 100%
3. งานที่ใช้กับรอกและงานที่ได้จากรอกแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
 - ☐ เท่ากัน
 - ☐ ไม่เท่ากัน

ตรวจสอบคำตอบ

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก



คำถาม

1. รอกนี้มีการใช้ประโยชน์เชิงกลเท่าใด
 - ☐ 0.5
 - ☐ 2.0
 - ☒ 4.0
 - ☐ 1.0
2. รอกนี้มีประสิทธิภาพเท่าใด
 - ☐ 25%
 - ☐ 50%
 - ☐ 75%
 - ☒ 100%
3. งานที่ใช้กับรอกและงานที่ได้จากรอกแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
 - ☐ เท่ากัน
 - ☒ ไม่เท่ากัน

แนวคำตอบ และ คำอธิบายที่ละเอียด

แนวคำตอบข้อ 1

ในกรณีนี้แรงดึงที่กระทำต่อรอกได้เปรียบเชิงกล (M.A.) เท่าใดจาก

$$M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}}$$

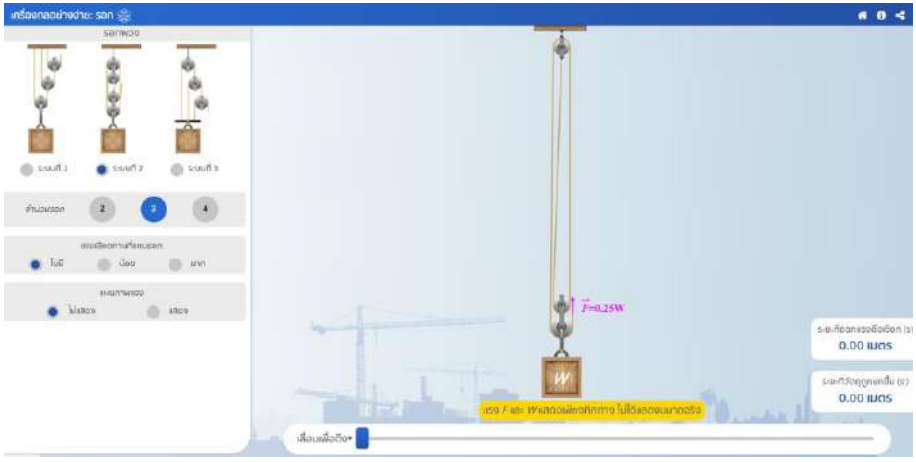
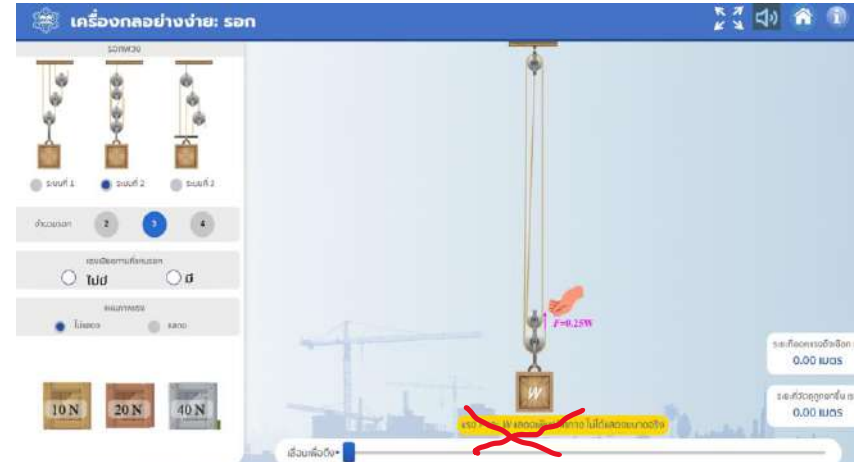
$$\text{แทนค่า } M.A. = \frac{1000 \text{ N}}{3.0 \text{ N}} = 333.3$$

ถัดไป



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
9.	กรอบแสดงคำถามทุกคำถาม	- เพิ่มเครื่องคิดเลข ที่กดแล้ว จะแสดงปุ่มการคิดเลขให้คำนวณได้ - สามารถลากเครื่องคิดที่ขยายไปบริเวณต่าง ๆ บนจอ เพื่อไม่ให้บังตัวเลขที่ต้องใช้ และบังคำถาม	— เพื่อผู้ใช้ไม่ต้องออกจากหน้าสถานการณ์จำลองไปใช้แอปในเครื่องต่างหาก
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
10.	- กรณี มีแรงเสียดทาน ให้ยังคงไม่แสดงแผนภาพแรงเหมือนเดิม - กรณี แรงเสียดทาน ให้มีออฟชั่นแค่ “มี” “ไม่มี” แรงเสียดทาน	- การระบุ ว่า แรง F, W แสดงแค่ทิศทาง ไม่แสดงขนาด อาจไม่ต้องระบุ เพราะเน้นทิศทางมากกว่า - ลูกศรแสดงเวกเตอร์ F จะปรากฏเมื่อเลือกแสดงแผนภาพแรง ไม่ปรากฏเมื่อมีมือดึง	การแสดง F เน้นทิศทางมากกว่า และ การมีมือถ้ามีลูกศรทับ อาจทำให้ดูภาพสับสน
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
11.	ไม่มี เสียงบรรยาย และ sound effect	— เพิ่มเสียงบรรยายข้อความด้วย — เพิ่ม sound effect ตอนดึงเชือกแล้ววัตถุถูกเชือกยกขึ้น — เพิ่ม sound effect ตอนดึงไปถึงค่าของแรงที่พอดีทำให้วัตถุถูกยกด้วยความเร็วคงตัว และตอนวัตถุขึ้นไปสุด แล้วมีไอคอนคำถามปรากฏ	— ช่วยในการเรียนรู้ — สร้างความน่าสนใจให้กับสื่อฯ
<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
- ไม่มี --		- ยังไม่มี -	

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
12.	ไม่มีตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม	- เพิ่มตารางบันทึกผลบันทึกผลการทำกิจกรรม ที่แสดงผลอัตโนมัติเมื่อตอบคำถามแต่ละกรณี และมีส่วนช่วยชี้แจงว่า ทำกิจกรรมได้ถึงไหนแล้ว บรรลุเป้าหมายกิจกรรมหรือยัง - ตารางบันทึกกรณีที่นักเรียนต้องทำให้ครบตามเป้าหมาย ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง	ให้มีตารางแสดงผลการบันทึกผลไว้ สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
- ไม่มี -		 The screenshot shows a software interface for a pulley experiment. At the top, it says 'เครื่องกลอย่างง่าย: รอก' (Simple Machine: Pulley). Below that is a table titled 'ตารางผลการทำกิจกรรม' (Activity Result Table). The table has 8 columns: 'ชนิดรอก' (Pulley Type), 'แรงเสียดทาน' (Friction), 'F_{in} (N)', 'F_{out} (N)', 'S_{in} (m)', 'S_{out} (m)', 'การได้เปรียบเชิงกล' (Mechanical Advantage), and 'ประสิทธิภาพ (%)' (Efficiency %). The first row is checked and filled with values: 'เดี่ยวตายตัว' (Fixed pulley), 'ไม่มี' (None), 10, 10, 10, 10, 1, and 100. Below the table are two groups of radio buttons for 'เป้าหมายของกิจกรรม' (Activity Goal). The first group is for 'รอกเดี่ยวตายตัว' (Fixed pulley) with options 'มีแรงเสียดทาน' (Has friction) and 'ไม่มีแรงเสียดทาน' (No friction). The second group is for 'รอกเดี่ยวเคลื่อนที่' (Movable pulley) with options 'มีแรงเสียดทาน' (Has friction) and 'ไม่มีแรงเสียดทาน' (No friction).	



เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

ตารางผลการทำกิจกรรม

ชนิดรอก พวง	จำนวน รอก	แรงเสียดทาน	F_{in} (N)	F_{out} (N)	S_{in} (m)	S_{out} (m)	การได้เปรียบ เชิงกล	ประสิทธิภาพ (%)
✓ ระบบที่ 1	2	ไม่มี	2.5	10	2.5	10	4.0	100
● ระบบที่ 1								
● ระบบที่ 1								
● ระบบที่ 1								
● ระบบที่ 2								
● ระบบที่ 2								
● ระบบที่ 2								
● ระบบที่ 2								
● ระบบที่ 3								
● ระบบที่ 3								
● ระบบที่ 3								
● ระบบที่ 3								

เป้าหมายของกิจกรรม

ศึกษาการการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของ รอกพวง ทุกระบบ โดยแต่ละระบบ ให้เลือกกรณีมี และไม่มีแรงเสียดทาน โดยเลือกจำนวนรอก 2 จำนวน

— ● ระบบที่ 1 ● ระบบที่ 2 ● ระบบที่ 3

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
13.	ไม่มี คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม	- เพิ่ม “คำถามท้ายกิจกรรม” โดยถ้ายังได้ผลไม่ครบเป้าหมาย จะยังไม่สามารถกดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมได้ - เพิ่มการให้ feedback ถ้าตอบผิด และถ้าตอบถูก ให้มีแนวคำตอบและคำอธิบาย	— ให้คำถามครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้เรียนรู้ นำไปสู่การสรุป — มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้ — ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม --- ไม่มี ---		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ  ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ในตารางบันทึกผล รอกใดต้องใช้แรงดึงยกวัตถุขึ้นน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุ รอกใดต้องใช้แรงดึงเท่ากับหรือมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ1” ถ้าตอบข้อ 1 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก อย่าลืมนะ รอกเดี่ยวตายตัวแค่ช่วยเปลี่ยนทิศทางแรง แต่ไม่ช่วยผ่อนแรง ส่วนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่จะช่วยผ่อนแรงได้ประมาณครึ่งหนึ่ง”	



เข้าสู่ระบบ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

คำถามท้ายกิจกรรม

2. เมื่อพิจารณาจำนวนรอกที่เท่ากัน รอกพวงระบบใด ช่วยผ่อนแรงมากที่สุด เพราะเหตุใด

- ☒ รอกพวงระบบที่ 1 เพราะอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักวัตถุที่ยกได้ต่อแรงที่ใช้ดึงเชือกมากที่สุด
- ☐ รอกพวงระบบที่ 2 เพราะระยะที่ออกแรงดึงเชือกมากกว่าระยะที่วัตถุถูกยกขึ้นมากที่สุด
- ☐ รอกพวงระบบที่ 3 เพราะเพราะแรงพยายามมากกว่าแรงต้านมากที่สุด

เก่งมาก สังเกตผลการทำกิจกรรม และวิเคราะห์ตัวเลขเกี่ยวกับการผ่อนแรงจากข้อมูลได้ดีมาก

ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ในตารางบันทึกผล รอกพวงระบับใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

ถ้าตอบข้อ 2 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตผลการทำกิจกรรม และวิเคราะห์ตัวเลขเกี่ยวกับการผ่อนแรงจากข้อมูลได้ดีมาก”



เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

กดเปิดดูตารางแสดงผล

คำถามท้ายกิจกรรม

3. ในกรณีไม่มีแรงเสียดทาน ประสิทธิภาพของรอกพวงจะมีค่าเป็นอย่างไร

ประสิทธิภาพของรอกพวงทุกระบบ มีค่า

น้อยกว่า
เท่ากับ
มากกว่า

100 %

เมื่อใช้รอกระบบเดิม แต่เพิ่มหรือลดจำนวนรอก ประสิทธิภาพของรอก จะมีค่า

เท่าเดิม
ลดลง
เพิ่มขึ้น

เมื่อจำนวนรอกเท่าเดิม แต่เปลี่ยนระบบรอก ประสิทธิภาพจะมีค่า

ตรวจสอบคำตอบ

←

เก่งมาก ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้กับเครื่องกลจะกลายเป็นงานที่ได้ออกมาทั้งหมด ดังนั้นประสิทธิภาพจะเท่ากับ 100% เสมอ การเปลี่ยนระบบรอกพวงหรือจำนวนรอก ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของรอกพวง

ไปข้อต่อไป

ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ประสิทธิภาพคือสัดส่วนระหว่างงานที่ได้กับงานที่ให้ ถ้าไม่มีแรงเสียดทานและไม่คิดน้ำหนัก รอก จะไม่มีพลังงานสูญเสียงานที่ให้ไปในรูปอื่น ๆ ของพลังงาน เช่น ความร้อน เลย”

ถ้าตอบข้อ 3 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้กับเครื่องกลจะกลายเป็นงานที่ได้ออกมาทั้งหมด ดังนั้น ประสิทธิภาพจะเท่ากับ 100% เสมอ การเปลี่ยนระบบรอกพวงหรือจำนวนรอก ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของรอกพวง”

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

กดเปิดดูตารางบันทึกผล

คำถามท้ายกิจกรรม

4. ในกรณีที่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก ปริมาณต่อไปนี้ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน

แรงที่ให้กับรอก F_{in} จะมีค่า

การได้เปรียบเชิงกลของรอก จะมีค่า

ประสิทธิภาพของรอก จะมีค่า

เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดังมากขึ้น เพื่อยกวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่แกนรอก ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง

ถ้าตอบข้อ 4 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ลองนึกดู ถ้าแกนรอกฝืด เราต้องออกแรงเพิ่มขึ้นขึ้นหรือเปล่า? และงานที่เราอุทิศสำหรับออกแรงไป จะเปลี่ยนไปเป็นงานที่ใช้ยกวัตถุได้เต็ม 100% เหมือนเดิมไหม ลองไล่เรียงผลกระทบดูทีละขั้น”

ถ้าตอบข้อ 4 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดังมากขึ้น เพื่อยกวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่แกนรอก ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง”

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

กดเปิดดูตารางบันทึกผล

คำถามท้ายกิจกรรม

5. ถ้าการออกแรงดึงเชือก มากกว่าแรงที่พอดีทำให้วัตถุถูกยกขึ้น จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นอย่างไร และสามารถนำผลการออกแรงมาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลได้หรือไม่

- ☒ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และไม่สามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลนั้นได้โดยตรง
- ☐ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และสามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลได้อย่างแม่นยำ
- ☐ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ และไม่สามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลได้

←

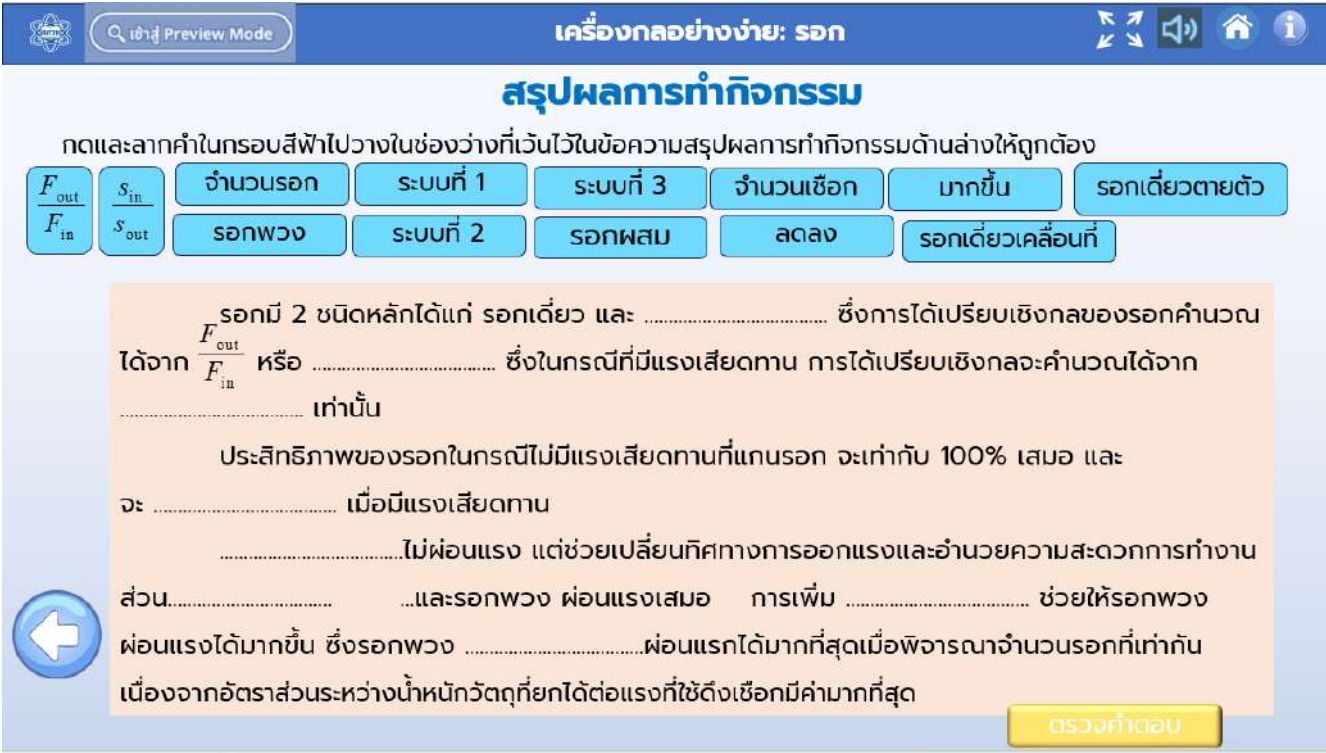
เก่งมาก เมื่อแรงดึงมากกว่าแรงที่พอดียกวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎของนิวตัน ส่วนการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เรามักใช้แรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุล นั่นคือ วัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

ตรวจสอบคำตอบ

ไปสู่สรุปผลการทำกิจกรรม

ถ้าตอบข้อ 5 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ลองนึกถึงตอนเรากระชากเชือก ถ้าเราออกแรงเกินจำเป็น วัตถุจะพุ่งขึ้นอย่างไร และพิจารณาว่า การหาค่าการได้เปรียบเชิงกล ควรใช้ค่าแรงที่กระทำต่อวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ในสภาวะใด”

ถ้าตอบข้อ 5 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก เมื่อแรงดึงมากกว่าแรงที่พอดียกวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎของนิวตัน ส่วนการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เรามักใช้แรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุล นั่นคือ วัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว”

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
14.	- ไม่มีการสรุปผลการทำกิจกรรม - ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ	- เพิ่มสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง - มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟคปรบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้	- ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย - ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ - ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว - มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม -- ไม่มี --	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ระบบที่ 3 จำนวนเชือก

รอกพวง ระบบที่ 2 ลดลง

รอกมี 2 ชนิดหลักได้แก่ รอกเดี่ยว และ รอกผสม

ได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลจะคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของรอกในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ และ

จะ มากขึ้น มีแรงเสียดทาน

รอกเดี่ยวตายตัว ฝ่อนแรง แต่ช่วยเปลี่ยนทิศทางการออกแรงและอำนวยความสะดวกในการทำงาน

ส่วน รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ และรอกพวง ฝ่อนแรงเสมอ การเพิ่ม จำนวนรอก ช่วยให้รอกพวง ฝ่อนแรงได้มากขึ้น ซึ่งรอกพวง ระบบที่ 1

พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางแสดงผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างถูกต้องทั้งหมด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ทำกิจกรรมเรื่องรอก ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” ทำเป็นกราฟิกมีสีส้ม ออกแบบสวยงาม พร้อมมีริบบิ้น และเสียงปรบมือยินดี และมีปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่กดแล้ว จะเปิดหน้าแบบทดสอบในบราวเซอร์ใหม่

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ระบบที่ 3 จำนวนเชือก มากขึ้น

ระบบที่ 2 รอกผสม

รอกมี 2 ชนิดหลักได้แก่ รอกเดี่ยว และ รอกพวง ซึ่งการได้เปรียบเชิงกลของรอกคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลจะคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของรอกในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ และจะลดลงเมื่อมีแรงเสียดทาน

รอกเดี่ยวตายตัว ไม่ผ่อนแรง แต่ช่วยเปลี่ยนทิศทางการออกแรงและอำนวยความสะดวกในการทำงาน

รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ และรอกพวง ผ่อนแรงเสมอ การเพิ่ม จำนวนรอก ช่วยให้รอกพวง ผ่อนแรงได้มากขึ้น ซึ่งรอกพวง ระบบที่ 1 ผ่อนแรงได้มากที่สุดเมื่อพิจารณาจำนวนรอกที่เท่ากัน

เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักวัตถุที่ยกได้ต่อแรงที่ใช้ดึงเชือกมีค่ามากที่สุด

ตรวจสอบคำตอบ

เครื่องกลอย่างง่าย: รอก

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ระบบที่ 3 จำนวนเชือก มากขึ้น

ระบบที่ 2 รอกผสม

รอกมี 2 ชนิดหลักได้แก่ รอกเดี่ยว และ รอกพวง ซึ่งการได้เปรียบเชิงกลของรอกคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลจะคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของรอกในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ และจะลดลงเมื่อมีแรงเสียดทาน

รอกเดี่ยวตายตัว ไม่ผ่อนแรง แต่ช่วยเปลี่ยนทิศทางการออกแรงและอำนวยความสะดวกในการทำงาน

รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ และรอกพวง ผ่อนแรงเสมอ การเพิ่ม จำนวนรอก ช่วยให้รอกพวง ผ่อนแรงได้มากขึ้น ซึ่งรอกพวง ระบบที่ 1 ผ่อนแรงได้มากที่สุดเมื่อพิจารณาจำนวนรอกที่เท่ากัน

เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักวัตถุที่ยกได้ต่อแรงที่ใช้ดึงเชือกมีค่ามากที่สุด

ตรวจสอบคำตอบ

ทำกิจกรรมเรื่อง รอก ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว

ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ

ต้นร่าง 3 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา

ลิงก์สื่อ <https://www.scimath.org/resources/13181/index.html>

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ออกแบบมาเพื่อให้ นักเรียนระดับมัธยมปลายได้ทำความเข้าใจหลักการทำงานของล้อกับเพลาอย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถเปลี่ยนรัศมีล้อ รัศมีเพลา และแรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา ก่อนจะใช้ล้อกับเพลาดึงวัตถุที่มีน้ำหนักค่าหนึ่งขึ้นในแนวตั้ง และสื่อจะแสดงผลค่าต่าง ๆ เช่น ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ ระยะที่วัตถุถูกยกขึ้นในแนวตั้ง และขนาดของแรงที่ใช้แบบเรียลไทม์ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และ ประสิทธิภาพของล้อกับเพลา เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง ล้อกับเพลา ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปธรรม และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของสื่อ

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงผลการทำงานของล้อกับเพลา พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลา นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยน รัศมีล้อ รัศมีเพลา โดยมีการอธิบายความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ล้อกับเพลาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามท้าทายกิจกรรมแบบเลือกตอบที่ตรวจสอบคำตอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำมาใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้งานจะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

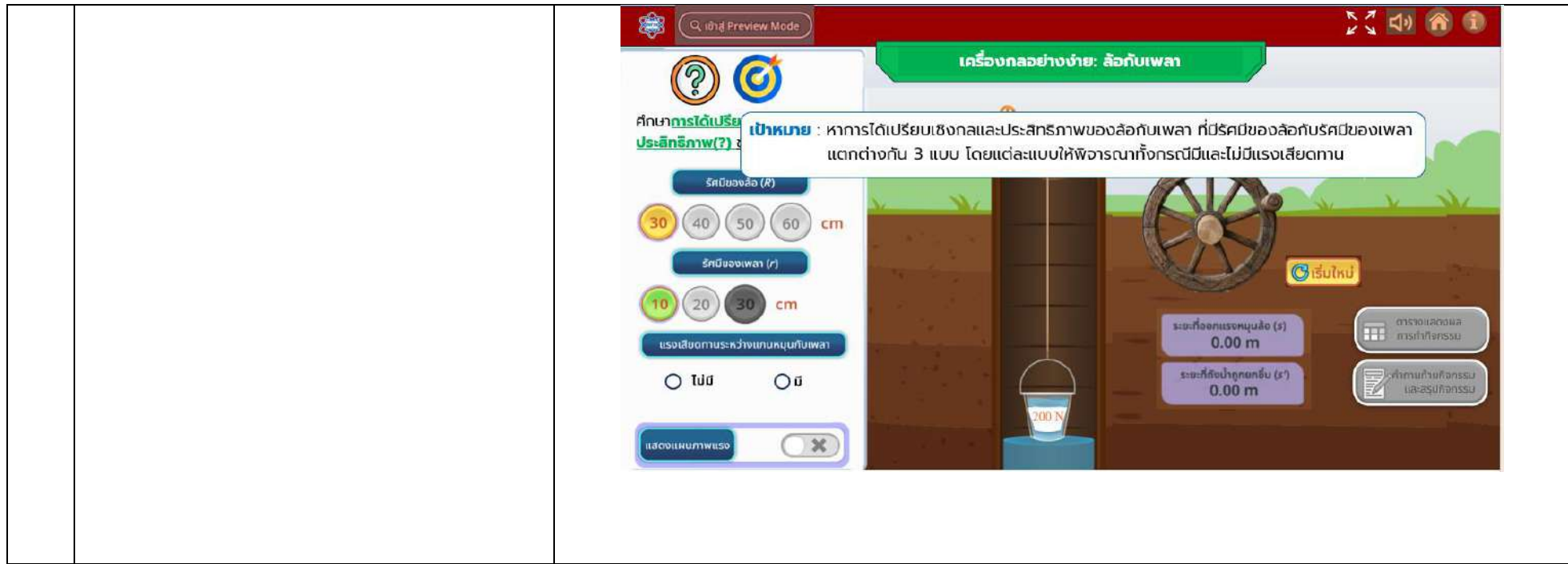
- ล้อกับเพลา มีการทำงานอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลาได้อย่างไร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
1.	สำหรับเรื่อง “ล้อกับเพลลา” ไม่มีคำถามสำคัญและเป้าหมายของสื่อ	เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญ และ เป้าหมายของสื่อ โดยเมื่อกดแล้วให้แสดงกรอบข้อความดังนี้ คำถามสำคัญ - ล้อกับเพลลาช่วยผ่อนแรงได้อย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลลาได้อย่างไร เป้าหมาย - หากการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลลา ที่มีรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลลาแตกต่างกัน 3 แบบ โดยแต่ละแบบให้พิจารณาทั้งกรณีมีและไม่มีแรงเสียดทาน	แสดงคำถามที่ช่วยชี้แนะทางการเรียนรู้จากสื่อ และเป้าหมายให้เห็นขอบเขตการทำกิจกรรม และมีการปรับรูปแบบให้เหมือนกับสื่อเรื่องอื่น ๆ
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม -- ไม่มี --	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	





Handwritten signature



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
2.	ไม่มีการอธิบายคำศัพท์สำคัญ “ล้อกับเพลา” และไม่มีการยกตัวอย่างล้อกับเพลาในชีวิตประจำวัน	- เพิ่มการแสดงคำศัพท์สำคัญ “ล้อกับเพลา” ให้เป็นตัวหนาและขีดเส้นใต้ ที่สามารถกดแล้วแสดงความหมายหรือคำอธิบายได้ โดยมีให้เกร็ดความรู้ ล้อกับเพลาในชีวิตประจำวันด้วย เช่น ลูกบิดประตู ที่ถีบจักรยาน พวงมาลัยรถยนต์ ไชควง - ในการให้คำอธิบายสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มีการใช้ “ล้อกับเพลา” ให้แสดงส่วนประกอบให้เห็นว่า ส่วนใดเป็น ล้อ ส่วนใดเป็น เพลา <u>คำศัพท์ที่จะมีการให้ความหมายหรืออธิบายเพิ่มเติม มีดังนี้</u> ล้อกับเพลา	— เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของล้อกับเพลา ตัวอย่างล้อกับเพลาในชีวิตประจำวัน คำศัพท์อื่น ๆ และสมการที่ใช้ในการคำนวณ

	ล้อกับเพลลา (wheel and axle) คือเครื่องกลอย่างง่ายที่ประกอบด้วยวัตถุทรงกระบอก 2 ชั้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน โดยทั้งสองส่วนจะถูกยึดติดกันบนแกนเดียวกัน ส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าเรียกว่า "ล้อ" (wheel) และส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าเรียกว่า "เพลลา" (axle) การออกแรงหมุนที่ล้อส่งผลให้เพลลาหมุน สามารถช่วยผ่อนแรงได้เมื่อวัตถุที่ต้องการยกหรือเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ติดอยู่ที่เพลลา ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลลา ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายแบบ ล้อกับเพลลา นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยผ่อนแรง ด้วยการออกแรงบิดหรือหมุนส่วนวงล้อขนาดใหญ่ (ล้อ) เพื่อหมุนส่วนแท่งทรงกระบอกที่ติดกัน (เพลลา) ให้หมุนตาม ทั้งนี้ ล้อกับเพลลาที่ประยุกต์ใช้ อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรูปร่างเครื่องกลพื้นฐานที่แยกออกมา เพราะต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การนำมาใช้สะดวก ความสวยงาม แล้วอาจมีการรวมกันของเครื่องกลหลายชนิดในอุปกรณ์เครื่องใช้อุปกรณ์เดียว 1. ลูกบิดประตูด ลูกบิดประตู มีส่วนที่มือเราจับและบิดเปรียบเสมือน "ล้อ" ในขณะที่แกนโลหะขนาดเล็กด้านในที่เชื่อมต่อกับสลักประตูเปรียบเสมือน "เพลลา" เมื่อเราออกแรงบิดเบา ๆ ที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีกว้างกว่าแรงบิดนั้นจะถูกส่งต่อไปยังแกนโลหะด้านในที่มีรัศมีเล็กกว่า ทำให้มีแรงมากพอในการดึงสลักประตูแข็ง ๆ ให้เปิดออกได้อย่างง่ายดาย 2. บันไดจักรยาน ขาจานที่ติดอยู่กับบันไดจักรยานซึ่งกวาดเป็นวงกลมกว้างเวลาปั่นจะทำให้หน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกนกะโหลกตรงกลางที่ยึดติดกับใบจานหน้า ทำหน้าที่เป็น "เพลลา" เมื่อผู้ปั่นออกแรงถีบบันไดให้หมุนเป็นวงกว้าง แรงนั้นจะถูกถ่ายทอดไปสร้างแรงบิดบริเวณแกนเพลลาและใบจาน สามารถดึงสายโซ่และลากน้ำหนักจักรยานทั้งคันให้พุ่งไปข้างหน้าได้	
--	---	--



3. ไชควง

ไชควงมีด้ามจับที่ทำหน้าที่เป็น "ล้อ" มีขนาดใหญ่กว่าส่วนก้านโลหะที่ทำหน้าที่เป็น "เพลลา" ซึ่งมีลักษณะเรียวยาวและปลายแหลมสำหรับเสียบเข้ากับหัวสกรู เมื่อเราออกแรงหมุนที่ด้ามจับ แรงบิดจะถูกส่งผ่านก้านโลหะไปที่ปลายแฉก ช่วยให้เราสามารถขันให้เกลียวสกรูเจาะลึกลงไปหรือคลายออกจากเนื้อไม้หรือแผ่นโลหะได้

4. พวงมาลัยรถยนต์

วงพวงมาลัยขนาดใหญ่ที่เราใช้มือจับหมุนคือ "ล้อ" ในขณะที่แกนพวงมาลัยที่ต่อลึกลงไปกับชุดระบบเลี้ยวคือ "เพลลา" การหมุนวงพวงมาลัยที่มีรัศมีกว้างจะส่งผ่านแรงลงไปยังแกนพวงมาลัยทำให้สามารถหมุนบังคับล้อหน้าซ้ายขวาให้หันตามต้องการ

5. วาล์วประตุน้ำ

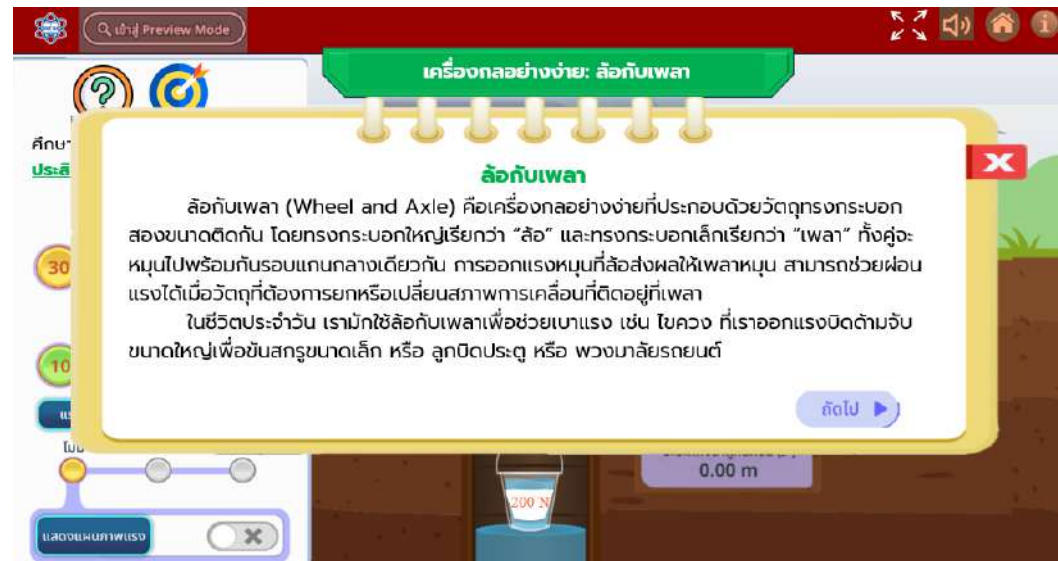
พวงมาลัยกลม ๆ ด้านบนสุดของวาล์วประตุน้ำที่ออกแบบให้จับถนัดมือทำหน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกนเกลียวตรงกลางที่เชื่อมต่อลงไปที่ควบคุมแผ่นน้ำด้านล่างคือ "เพลลา" เนื่องจากน้ำในท่อมีแรงดัน การบิดแกนเพลลาโดยตรงจึงทำได้ยาก การหมุนที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีมากกว่าแกนเพลลา สามารถกดแกนเพลลาเพื่อปิดวาล์วให้สนิท

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

- ไม่มี -

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



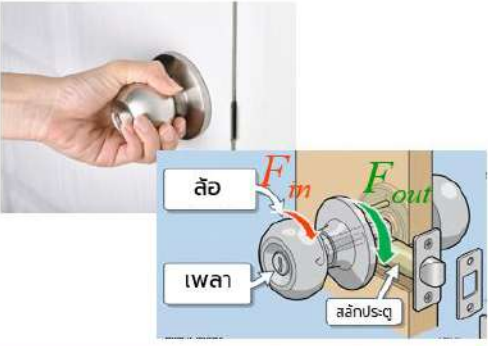
เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องมือกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเฟลา

1. ลูกบิดประตู (door knob)

ลูกบิดประตู มีส่วนที่มือเราจับและบิด เปรียบเสมือน "ล้อ" ในขณะที่แกนโลหะขนาดเล็กด้านในที่ เชื่อมต่อกับสลักประตูเปรียบเสมือน "เฟลา" เมื่อเราออก แรงบิดเบา ๆ ที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีกว้างกว่า แรงบิดนั้นจะ ถูกส่งต่อไปยังแกนโลหะด้านในที่มีรัศมีเล็กกว่า ทำให้มี แรงมากพอในการดึงสลักประตูแข็ง ๆ ให้เปิดออกได้ อย่างง่ายดาย



เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องมือกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเฟลา

2. บันไดจักรยาน

ขาจานที่ติดอยู่กับบันไดจักรยานซึ่งกวาดเป็น วงกลมกว้างเวลาปั่นจะทำหน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกน กะโหลกตรงกลางที่ยึดติดกับใบจานหน้า ทำหน้าที่เป็น "เฟลา" เมื่อผู้ปั่นออกแรงถีบที่บันไดให้หมุนเป็นวงกว้าง แรงนั้นจะถูกถ่ายทอดไปสร้างแรงบิดบริเวณแกนเฟลา และใบจาน สามารถดึงสายโซ่และลากน้ำหนักจักรยานทั้ง คันให้พุ่งไปข้างหน้าได้



Prul

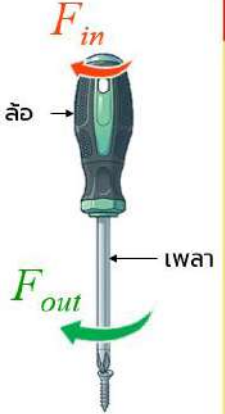
เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพล

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพล

3. ไขควง

ไขควงมีด้ามจับที่ทำหน้าที่เป็น "ล้อ" มีขนาดใหญ่กว่าส่วนก้านโลหะที่ทำหน้าที่เป็น "เพล" ซึ่งมีลักษณะเรียวยาวและปลายแหลมสำหรับเสียบเข้ากับหัวสกรู เมื่อเราออกแรงหมุนที่ด้ามจับ แรงบิดจะถูกส่งผ่านก้านโลหะไปที่ปลายแฉก ช่วยให้เราสามารถขันให้เกลียวสกรูเจาะลึกลงไปในเนื้อไม้หรือแผ่นโลหะได้

เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพล

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพล

4. พวงมาลัยรถยนต์

พวงมาลัยขนาดใหญ่ที่เราใช้มือจับหมุนคือ "ล้อ" ในขณะที่แกนพวงมาลัยที่ต่อสืกลงไปกับชุดระบบเลี้ยวคือ "เพล" การหมุนพวงมาลัยที่มีรัศมีกว้างจะส่งผ่านแรงลงไปยังแกนพวงมาลัยทำให้สามารถหมุนบังคับล้อหน้าซ้ายขวาให้หันตามต้องการ




Prul

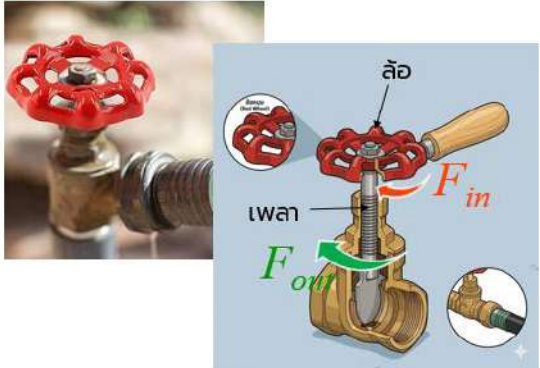
Q เข้าดู Preview Mode

เครื่องมืออย่างง่าย: ล้อกับเพลาลูก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลาลูก

5. วาล์วประตูน้ำ

พวงมาลัยกลม ๆ ด้านบนสุดของวาล์วประตูน้ำที่ออกแบบให้จับถนัดมือทำหน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกนเกลียวตรงกลางที่เชื่อมต่อลงไปที่ควบคุมแผ่นน้ำด้านล่างคือ "เพลาลูก" เนื่องจากน้ำในท่อน้ำมีแรงดัน การบิดแกนเพลาลูกโดยตรงจึงทำได้ยาก การหมุนที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีมากกว่าแกนเพลาลูก สามารถกดแกนเพลาลูกเพื่อปิดวาล์วให้สนิท




จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
3.	- ที่หน้าการทำกิจกรรม น้ำหนักวัตถุแสดงเป็น W - มีออฟชั่นแรงเสียดทาน 3 ออฟชั่นคือ “น้อย” “มาก” และ “ไม่มี” - ไม่มีปุ่ม ตารางบันทึกผล และปุ่ม คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม - หัวข้อให้เลือกรัศมีของล้อ รศมีของเพลา และแรงเสียดทาน สีเหมือนกัน ดูไม่น่าสนใจ - การเลื่อนแถบเพื่อยกวัตถุเป็น UI ที่เหมือนเดิม ไม่สื่อถึงการใช้ล้อหมุน	- เปลี่ยนเป็นการแสดงน้ำหนักวัตถุเป็นตัวเลข 200 N - เปลี่ยนออฟชั่นแรงเสียดทานเป็น 2 ออฟชั่นคือ “มี” กับ “ไม่มี” - เพิ่มปุ่ม “ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม” และ ปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” - ปรับสีหัวข้อ รศมีของล้อ รศมีของเพลา และแรงเสียดทาน ให้แตกต่างกัน - เปลี่ยนจากแถบเลื่อนด้านล่าง เป็นล้อหมุนที่มีด้ามจับ	- จากผลการทดลองใช้ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจว่า W คือน้ำหนักวัตถุ ต้องใช้เวลานานเพื่อยืนยัน - การทำกิจกรรมด้วยแรงเสียดทาน มี กับ ไม่มี สามารถเข้าใจผลของแรงเสียดทานต่อเครื่องกลได้ - ปุ่มตารางและคำถาม สามารถนำไปสู่การสรุปที่สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น - ทำให้สีสันท่างกัน เพื่อดึงดูด มีสีสันท - ทำ UI ให้สอดคล้องกับสื่อ

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



Handwritten signature

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
4.	ไม่มีกรอบข้อความระบุขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้น	- เพิ่มกรอบแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้นหลังจากกดดูคำศัพท์เรียบร้อยแล้ว ได้แก่ ○ กดเลือกรัศมีของล้อ รัศมีของเพลลา แรงเสียดทาน และ การแสดงแผนภาพแรง ○ กดค้างที่มีมือจับเพื่อออกแรงที่พอดีหมุนล้อให้ถ่วงน้ำหนักที่ด้วยความเร็วคงตัว จากนั้น หมุนมือจับให้เป็นวงกลมเพื่อยกถังน้ำขึ้นจากบ่อ ○ กดไปสู่น้ำคำถาม ○ กดเปิดตารางแสดงผลการทำกิจกรรม ○ กดไปหน้าคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม	- ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการทำกิจกรรมแต่ละขั้น
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
	-ไม่มี-		



เข้าสู่ Preview Mode

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ (?) ของ ล้อกับเฟลา (?)

รัศมีของล้อ (R)

30 40 50 60 cm

รัศมีของเฟลา (r)

10 20 30 cm

แรงเสียดทานระหว่างแถบหมุนกับเฟลา

☒ ไม่มี ☐ มี

แสดงแถบภาพแรง

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

กดค้างที่มือจับเพื่อออกแรงที่พอดี หมุนล้อให้ดึงน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว คงตัว จากนั้น หมุนมือจับให้เป็น วงกลมเพื่อยกถังน้ำขึ้นจากบ่อ

เริ่มใหม่

ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s) 0.00 m

ระยะที่ถังน้ำถูกยกขึ้น (s*) 0.00 m

ตารางแสดงผล การทำกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม และสรุปกิจกรรม

เข้าสู่ Preview Mode

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ (?) ของ ล้อกับเฟลา (?)

รัศมีของล้อ (R)

30 40 50 60 cm

รัศมีของเฟลา (r)

10 20 30 cm

แรงเสียดทานระหว่างแถบหมุนกับเฟลา

☒ ไม่มี ☐ มี

แสดงแถบภาพแรง

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

กดไปสู่นักคำถาม

เริ่มใหม่

ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s) 30.00 m

ระยะที่ถังน้ำถูกยกขึ้น (s*) 10.00 m

ตารางแสดงผล การทำกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม และสรุปกิจกรรม

เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ (?) ของ ล้อกับเฟลา (?)

รัศมีของล้อ (R)

30 40 50 60 cm

รัศมีของเฟลา (r)

10 20 30 cm

แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเฟลา

☒ ไม่มี ☐ มี

แสดงแผนภาพแรง

กดเปิดตารางแสดงผลการทำงาน

ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (R) 30.00 m

ระยะที่ถึงน้ำตุกยกขึ้น (r) 10.00 m

ตารางแสดงผลการทำงาน

คำนวณค่าประสิทธิภาพและสรุปกิจกรรม

เริ่มใหม่

เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ (?) ของ ล้อกับเฟลา (?)

รัศมีของล้อ (R)

30 40 50 60 cm

รัศมีของเฟลา (r)

10 20 30 cm

แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเฟลา

☒ ไม่มี ☐ มี

แสดงแผนภาพแรง

กดไปหน้าคำตามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (R) 30.00 m

ระยะที่ถึงน้ำตุกยกขึ้น (r) 10.00 m

ตารางแสดงผลการทำงาน

คำนวณค่าประสิทธิภาพและสรุปกิจกรรม

เริ่มใหม่

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
5.	การเลื่อนแถบเพื่อออกแรงหมุน ล้อกับเพลาลอยยกถังน้ำขึ้นจากบ่อ	- แก้ไขให้การเลื่อนแถบ เป็นการกดค้างที่ล้อหมุนเพื่อเพิ่มแรงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่ง เมื่อถึงค่าของแรงที่ทำให้การดึงถังน้ำขึ้นจากบ่อด้วยอัตราเร็วคงตัว แล้วจึงมีกรอบข้อความระบุว่า “ให้หมุนล้อเพื่อยกถังน้ำขึ้นจากบ่อ” ซึ่งแรงที่ใช้ยกจะไม่เปลี่ยน แล้วผู้ใช้ต้องใช้เมาส์หมุนเป็นวงกลมเพื่อหมุนล้อ พร้อมกับวัตถุถูกยกขึ้นจนสุด ไม่สามารถหมุนล้อกลับได้ จากนั้น ไอคอนคำถามจึงแสดงกระพริบ ๆ - ถ้านักเรียนเลื่อนกดค้างให้แรงเพิ่มขึ้นมากกว่า แรงที่พอดียกถังน้ำที่กำหนด ถังน้ำจะถูกยกขึ้นด้วยความเร่ง และเคลื่อนที่ขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเมื่อไปบนสุด ถังน้ำจะกระแทกเพลาน้ำจะหก แล้วมีการแจ้งว่า “ใช้แรงมากไป ให้ใช้แรงพอดีกับการยกถังน้ำ ลองดูใหม่”	- เพื่อความสมจริง เกี่ยวกับการออกแรงผลักถังน้ำขึ้นล้อกับเพลาน้ำ

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



Red

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
6.	ภาพแสดงล้อกับเพลาลึกเกินไป สังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจน และ กราฟิกเป็นการ์ตูนเกินไป	- เมื่อกดเลือกรัศมีของล้อ กับ รัศมีของเพล ทำให้การแสดงกรอบส่วนของล้อกับเพลที่เปลี่ยนไป ให้ชัดเจน - แก้ไขให้กราฟิกมีความสมจริงมากขึ้น ลดการเป็นการ์ตูนลง	— เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น และความสมจริงมากขึ้น

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



Handwritten signature in blue ink.

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	ไม่มี sound effect	— เพิ่มเสียงบรรยายข้อความด้วย — เพิ่ม sound effect ตอนล่อหมุนและเพลาหมุนตึงเชือก ถังน้ำถูกตึง มีน้ำกระทบผนังด้านในถังน้ำ — เพิ่ม sound effect ตอนถังน้ำขึ้นไปสุด แล้วมีไอคอนคำถามปรากฏ	— ช่วยในการเรียนรู้ — สร้างความน่าสนใจให้กับสื่อฯ
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
	-- ไม่มี --	- ยังไม่มี -	

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
8.	กรอบแสดงคำถามทุกคำถาม	- เพิ่มเครื่องคิดเลข ที่กดแล้ว จะแสดงปุ่มการคิดเลขให้คำนวณได้ - สามารถลากเครื่องคิดที่ขยายไปบริเวณต่าง ๆ บนจอ เพื่อไม่ให้บังตัวเลขที่ต้องใช้ และบังคำถาม	— เพื่อผู้ใช้ไม่ต้องออกจากหน้าสถานการณ์จำลองไปใช้แอปในเครื่องต่างหาก

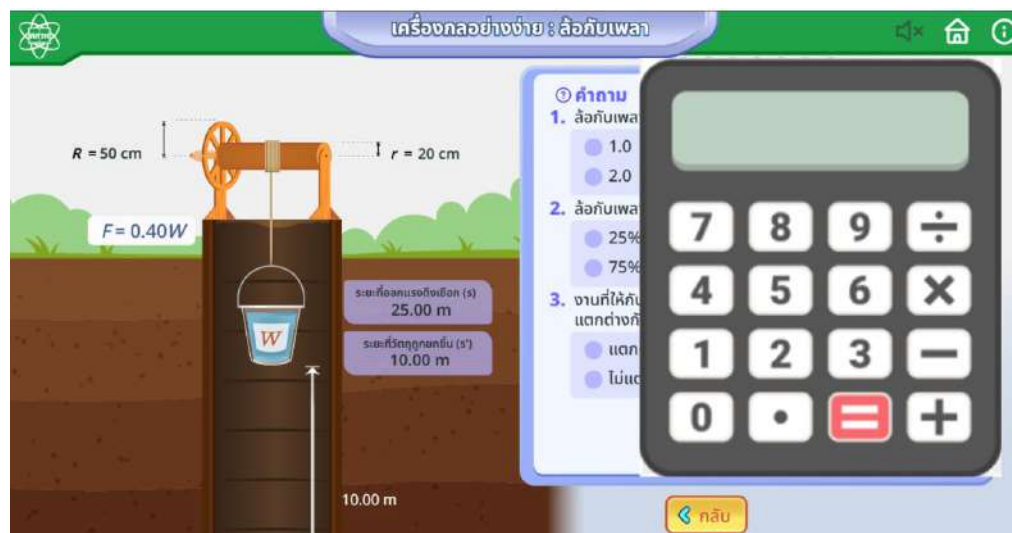
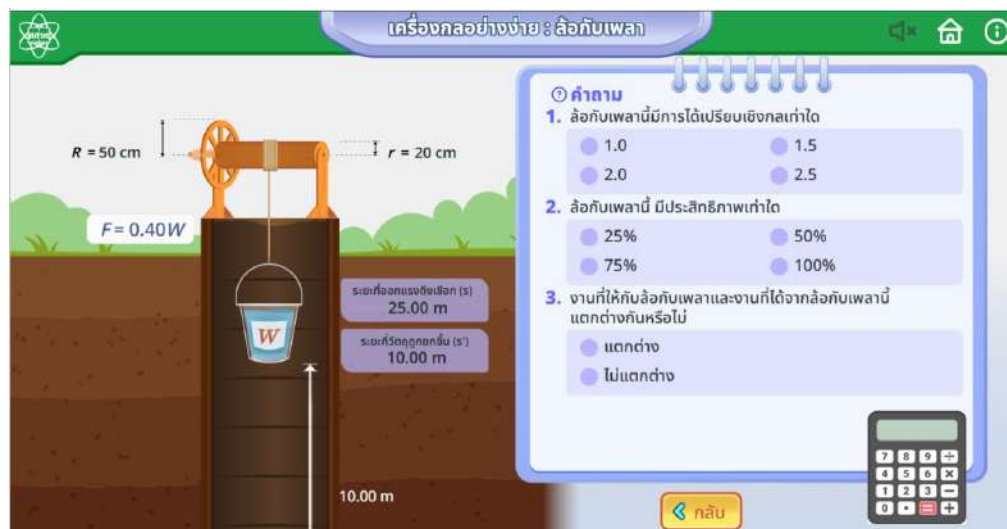


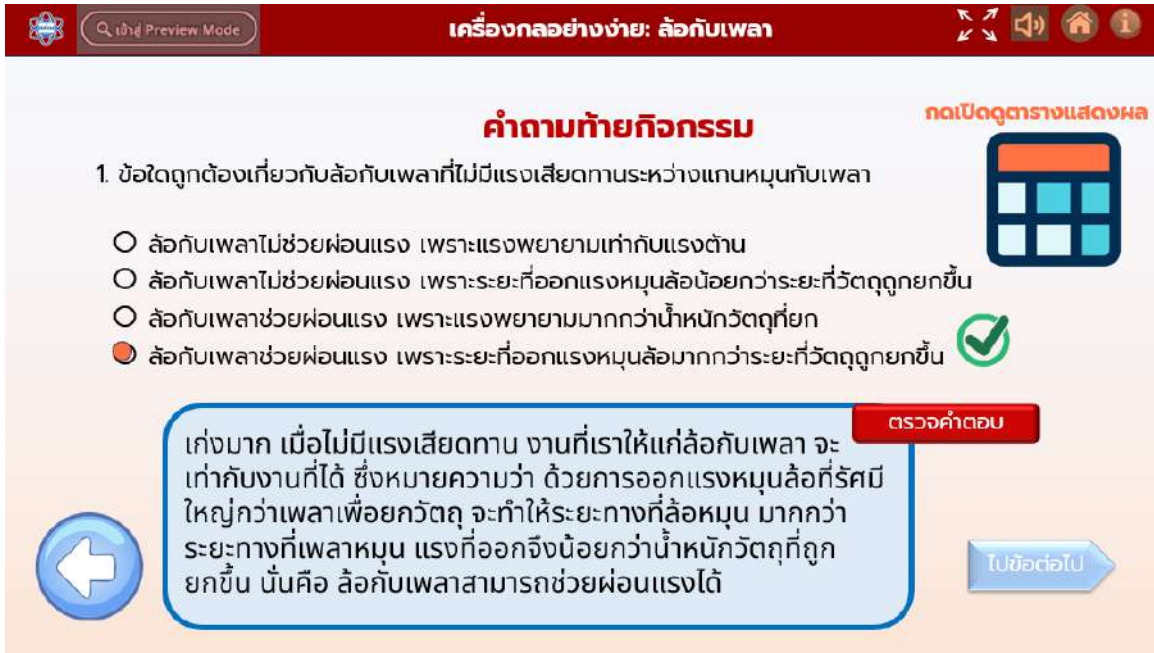
ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



10.	ไม่มี “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”	- เพิ่ม “คำถามท้ายกิจกรรม” - ปรับให้มีการเลือกไม่มาที่คำถามท้ายกิจกรรมได้ ถ้ายังทำกิจกรรมไม่ครบตามเป้าหมาย - ปรับให้คำถามครอบคลุม นำไปสู่การสรุปผลตามคำถามสำคัญ - เพิ่มการให้ feedback ที่ดี ถ้าตอบผิด และไม่มีการให้แนวคำตอบและคำอธิบาย	- ให้คำถามครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้เรียนรู้ นำไปสู่การสรุป - มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้ - ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
ภาพประกอบการแก้ไข			
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม --- ไม่มี ---	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ  ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน แรงที่ใช้ในการหมุนล้อยน้อยหรือมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ และระยะที่ออกแรงหมุนล้อย น้อยหรือมากกว่า ระยะที่วัตถุถูกยกขึ้น”	



ถ้าตอบข้อ 1 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้แก่ล้อยกกับเพลลา จะเท่ากับงานที่ได้ ซึ่งหมายความว่า ด้วยการออกแรงหมุนล้อที่มีระยะมากกว่าระยะวัตถุถูกยกขึ้นในแนวตั้ง แรงที่ออกจึงน้อยกว่าน้ำหนักวัตถุที่ถูกยกขึ้น นั่นคือ ล้อยกกับเพลลาสามารถช่วยผ่อนแรงได้”



เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อยกกับเพลลา






คำถามท้ายกิจกรรม

กดเปิดดูตารางแสดงผล

2. เมื่อพิจารณาล้อยกกับเพลลาที่มีรัศมีของล้อและรัศมีของเพลลาแตกต่างกัน ล้อยกกับเพลลาแบบใด ช่วยผ่อนแรงมากที่สุด เพราะเหตุใด

- ☐ แบบที่มีรัศมีของล้อมากที่สุด
- ☐ แบบที่มีรัศมีของเพลลาน้อยที่สุด
- ☒ แบบที่มีอัตราส่วนระหว่างรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลลามากที่สุด 

ตรวจคำตอบ

←

เก่งมาก ล้อที่มีรัศมีกว้างมากเมื่อเทียบกับเพลลาที่มีรัศมีเล็ก ($R \gg r$) จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด

ไปข้อต่อไป

ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล รอกพวงระบบใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

ถ้าตอบข้อ 2 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก ล้อที่มีรัศมีกว้างมากเมื่อเทียบกับเพลลาที่มีรัศมีเล็ก ($R \gg r$) จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด”



เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา

คำถามท้ายกิจกรรม

3. ในกรณีไม่มีแรงเสียดทาน ประสิทธิภาพของล้อกับเพลาจะมีค่าเป็นอย่างไร

ประสิทธิภาพของ ล้อกับเพลา มีค่า

น้อยกว่า
เท่ากับ
มากกว่า

เมื่อเปลี่ยนรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลา ประสิทธิภาพของรอก จะมีค่า

ลดลง
เท่าเดิม
เพิ่มขึ้น

100 %

ตรวจสอบคำตอบ

เก่งมาก ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้กับเครื่องกลจะกลายเป็นงานที่ได้ออกมาทั้งหมด ดังนั้นประสิทธิภาพจะเท่ากับ 100% หรือ 1 เสมอ การเปลี่ยนค่ารัศมีของล้อหรือรัศมีของเพลาไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของล้อกับเพลา

ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ 'ประสิทธิภาพ' คือค่าที่ระบุงานที่ให้ออกมาไปใช้ประโยชน์ได้มากแค่ไหน ถ้าไม่มีแรงเสียดทานมาขัดขวางเลย งานทั้งหมดที่ให้ออกมาจะเป็นงานที่มีประโยชน์ทั้งหมดหรือไม่”

ถ้าตอบข้อ 3 ถูก ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “เก่งมาก ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้กับเครื่องกลจะกลายเป็นงานที่ได้ออกมาทั้งหมด ดังนั้น ประสิทธิภาพจะเท่ากับ 100% หรือ 1 เสมอ การเปลี่ยนค่ารัศมีของล้อหรือรัศมีของเพลาไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของล้อกับเพลา”

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา

คำถามท้ายกิจกรรม

กดเปิดดูตารางแสดงผล

4. ในกรณีที่มีแรงเสียดทานที่แกนหมุนกับเพลา ปริมาณต่อไปนี้ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน

แรงที่ให้กับล้อกับเพลา F_{in} จะมีค่า เพิ่มขึ้น ✔

การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลา จะมีค่า ลดลง ✔

ประสิทธิภาพของล้อกับเพลา จะมีค่า ลดลง ✔

ลดลง
เท่าเดิม
เพิ่มขึ้น

ตรวจสอบคำตอบ

←

เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดังมากขึ้น เพื่อยกวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่แกนหมุนกับเพลา ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง

ไปข้อต่อไป

ถ้าตอบข้อ 4 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองนึกถึงโลกแห่งความจริง ถ้าเพลาฝืด เราต้องออกแรงหมุนล้อมากขึ้นหรือไม่ แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ ทำให้เราต้องใช้แรงพยายามมากขึ้น แต่ได้งานออกมาเท่าเดิมหรือน้อยลง แล้วการได้เปรียบเชิงกลกับประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง”

ถ้าตอบข้อ 4 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดังมากขึ้น เพื่อยกวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่แกนหมุนกับเพลา ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง”

เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

คำถามท้ายกิจกรรม

กดเปิดดูตารางแสดงผล

5. ถ้าการออกแรงหมุนล้อ มากกว่าแรงที่พอดีทำให้วัตถุถูกยกขึ้น จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นอย่างไร และสามารถนำผลการออกแรงมาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลได้หรือไม่

- ☒ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และไม่สามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเฟลาได้โดยตรง ✓
- ☐ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และสามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเฟลาได้อย่างแม่นยำ
- ☐ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ และไม่สามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเฟลาได้

ตรวจคำตอบ

ไปสรุปผลการทำกิจกรรม

←

เก่งมาก เมื่อแรงที่หมุนล้อมากกว่าแรงที่พอดียกวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎของนิวตัน ส่วนการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เรามักใช้แรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุล นั่นคือ วัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

ถ้าตอบข้อ 5 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากขึ้นเรื่อย ๆ และการหาการได้เปรียบเชิงกลจะพิจารณาเมื่อแรงพยายามทำให้วัตถุมีความเร่งหรือไม่”

ถ้าตอบข้อ 5 ถูก ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “เก่งมาก เมื่อแรงที่หมุนล้อมากกว่าแรงที่พอดียกวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎของนิวตัน ส่วนการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เรามักใช้แรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุล นั่นคือ วัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว”

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
11.	- ไม่มีการสรุปผลการทำกิจกรรม - ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ	- เพิ่มสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง - มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟคปรบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้ —	- ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย - ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ - ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว - มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน -
	ภาพประกอบการแก้ไข		
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
	-- ไม่มี --		




เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา






สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

$\frac{F_{out}}{F_{in}}$

$\frac{W_{out}}{W_{in}}$

$\frac{s_{in}}{s_{out}}$

มาก

รัศมีของเพลา

เท่าเดิม

เพิ่มขึ้น

$\frac{F_{in}}{F_{out}}$

$\frac{W_{in}}{W_{out}}$

$\frac{s_{out}}{s_{in}}$

น้อย

รัศมีของล้อ

คงตัว

ลดลง

การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ ซึ่งในกรณีที่
 มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาจะคำนวณได้จาก เท่านั้น
 ประสิทธิภาพของของล้อกับเพลาในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ
 และจะ เมื่อมีแรงเสียดทาน
 เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลา มีค่า..... ช่วยให้ล้อกับเพลา
 พ้อนแรงได้มาก



ตรวจสอบคำตอบ



เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

$\frac{F_{out}}{F_{in}}$

มาก

รัศมีของเพลา

เท่าเดิม

เพิ่มขึ้น

รัศมีของล้อ

คงตัว

การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ หรือ $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ในกรณีที่
 มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาจะคำนวณได้จาก เท่านั้น

ประสิทธิภาพของล้อกับเพลาในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ
 และจะ **ลดลง** ... เมื่อมีแรงเสียดทาน

เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลา มีค่า **น้อย** ... จะช่วยให้ล้อกับเพลา
 พ้อนแรงได้มาก

พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางแสดงผล หรือ
 ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

ตรวจสอบคำตอบ

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างถูกต้องทั้งหมด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ทำกิจกรรมเรื่องรอก ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” ทำเป็นกราฟิกมีสีสัน ออกแบบสวยงาม พร้อมมี
 ริบบิ้น และเสียงปรบมือยินดี และมีปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่กดแล้ว จะเปิดหน้าแบบทดสอบในบราวเซอร์ใหม่

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

สรุปผลการทำกิจกรรม

ทดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

$\frac{W_{out}}{W_{in}}$

รัศมีของเฟลา เท่าเดิม เพิ่มขึ้น
 น้อย รัศมีของล้อ คงตัว

การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเฟลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่

มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเฟลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของล้อกับเฟลาในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ

และจะ **ลดลง** เมื่อมีแรงเสียดทาน

เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีของล้อกับรัศมีของเฟลา มีค่า **มาก** ช่วยให้ล้อกับเฟลา

ผ่อนแรงได้มาก

ตรวจสอบคำตอบ

เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเฟลา

สรุปผลการทำกิจกรรม

ทดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

$\frac{W_{out}}{W_{in}}$

รัศมีของเฟลา เท่าเดิม เพิ่มขึ้น
 น้อย รัศมีของล้อ คงตัว

การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเฟลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่

มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเฟลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของล้อกับเฟลาในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ

และจะ **ลดลง** เมื่อมีแรงเสียดทาน

เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีของล้อกับรัศมีของเฟลา มีค่า **มาก** ช่วยให้ล้อกับเฟลา

ผ่อนแรงได้มาก

ทำกิจกรรมเรื่อง ล้อกับเฟลา ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว

ตรวจสอบคำตอบ

ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ

ต้นร่าง 3 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ลิงก์สื่อ <https://www.scimath.org/resources/13180/index.html>

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนระดับมัธยมปลายได้ทำความเข้าใจหลักการทำงานของพื้นเอียงอย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถเปลี่ยนความยาวพื้นเอียง ความสูงพื้นเอียง และแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียง ก่อนจะใช้แรงผลักวัตถุที่มีน้ำหนักค่าหนึ่งขึ้นไปบนพื้นเอียง และสื่อจะแสดงผลค่าต่าง ๆ เช่น ระยะที่ออกแรงผลัก ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้ง หรือ ขนาดของแรงที่ใช้ โดยนักเรียนจะได้ใช้ค่าต่าง ๆ เหล่านั้นมาเป็นข้อมูลสำหรับคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และ ประสิทธิภาพของพื้นเอียง เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง พื้นเอียง ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปธรรม และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของสื่อ

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงผลการทำงานของพื้นเอียง พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียง นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนความยาวและความสูงพื้นเอียง โดยมีความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้พื้นเอียงในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามท้ายกิจกรรมแบบเลือกตอบที่ตรวจสอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำมาใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้งานจะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

- พื้นเอียงมีการทำงานอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียงได้อย่างไร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุการณ์แก้ไข
1.	- ไม่มีคำถามสำคัญและเป้าหมายของกิจกรรม - ทิศทางการผลักกล่องขึ้นพื้นเอียงตรงข้ามกับทิศทางการเลื่อนแถบเพื่อผลักกล่อง - น้ำหนักวัตถุแสดงเป็น W ทำให้สับสน - มีออฟชั่นแรงเสียดทาน 3 ออฟชั่นคือ “น้อย” “มาก” และ “ไม่มี” ซึ่งมากเกินไป - ไม่มีปุ่ม ตารางบันทึกผล และปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม - หัวข้อให้เลือกความสูงและความยาวพื้นเอียง และแรงเสียดทาน สับสนเหมือนกัน ดูไม่น่าสนใจ	- เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญ และ เป้าหมายของสื่อ โดยเมื่อกดแล้วให้แสดงกรอบข้อความดังนี้ - คำถามสำคัญ ○ พื้นเอียงช่วยผ่อนแรงได้อย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียงได้อย่างไร - เป้าหมาย ○ หากการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียง ที่มีความสูงและความยาวแตกต่างกัน 3 แบบ โดยแต่ละแบบให้พิจารณาทั้งกรณีมีและไม่มีแรงเสียดทาน - เปลี่ยนรูปการผลักกล่องให้มีทิศเดียวกับการเลื่อนแถบผลักกล่อง - เปลี่ยนเป็นการแสดงน้ำหนักวัตถุเป็นตัวเลข 800 N - เปลี่ยนออฟชั่นแรงเสียดทานเป็น 2 ออฟชั่นคือ “มี” กับ “ไม่มี” - เพิ่มปุ่ม “ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม” และ ปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” - ปรับสีหัวข้อ ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ ความยาวของพื้นเอียง และแรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง ให้แตกต่างกัน	- แสดงคำถามที่ช่วยชี้แนวทางการเรียนรู้จากสื่อ และเป้าหมายให้เห็นขอบเขตการทำกิจกรรม และมีการปรับรูปแบบให้เหมือนกับสื่อเรื่องอื่น ๆ - ทำ UI ให้สอดคล้องกับสถานการณ์จำลอง - จากผลการทดลองใช้ พบว่านักเรียนไม่เข้าใจว่า W คือ น้ำหนักวัตถุ ต้องใช้เวลานานเพื่อยืนยัน - การทำกิจกรรมด้วยแรงเสียดทานมี กับ ไม่มี สามารถเข้าใจผลของแรงเสียดทานต่อเครื่องกลได้ - ปุ่มตารางและคำถาม สามารถนำไปสู่การสรุปที่สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น - ทำให้สีสันต่างกัน เพื่อดึงดูด มีสีสัน



ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ





ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)

ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H) 1 2 3 m

ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง ☐ ไม่มี ☐ มี

เริ่มใหม่

แสดงแผนภาพแรง

ตารางแสดงผลการจำลอง

คำาทำยข้อควรระวังและสรุปการสร



ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)

ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H) 1 2 3 m

ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง ☐ ไม่มี ☐ มี

เริ่มใหม่

แสดงแผนภาพแรง

ตารางแสดงผลการจำลอง

คำาทำยข้อควรระวังและสรุปการสร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
2.	ไม่มีการอธิบายคำศัพท์สำคัญ “พื้นเอียง” และ ไม่มีการยกตัวอย่างพื้นเอียงในชีวิตประจำวัน	— เพิ่มการแสดงคำศัพท์สำคัญ “พื้นเอียง” ให้เป็นตัวหนาและขีดเส้นใต้ ที่สามารถกดแล้วแสดง ความหมายหรือคำอธิบายได้ โดยมีให้เกร็ดความรู้ พื้นเอียงในชีวิตประจำวันด้วย เช่น ทางลาดรถเข็น บันได ถนนคดเคี้ยวขึ้นภูเขา — ในการให้คำอธิบายสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มีการใช้ “พื้นเอียง” ให้แสดงส่วนประกอบให้เห็นว่า ส่วนใดเป็นพื้นเอียง <u>คำศัพท์ที่จะมีการให้ความหมายหรืออธิบายเพิ่มเติม มีดังนี้</u> พื้นเอียง พื้นเอียง (inclined plane) เป็นเครื่องกลอย่างง่ายที่มีลักษณะเป็นพื้นผิวราบเรียบซึ่งวางทำมุมเอียงกับแนวระดับ โดยปลายด้านหนึ่งอยู่สูงกว่าอีกด้านหนึ่ง การเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก จากที่ต่ำไปสู่ที่สูงโดยออกแรงผลักหรือดึงวัตถุไปตามความยาวของพื้นเอียง แทนการยกวัตถุขึ้นในแนวตั้งตรง ๆ ช่วยให้เรากลับออกแรงน้อยลง ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายแบบ พื้นเอียง นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยแรงที่น้อยลง ทั้งนี้ พื้นเอียงที่ประยุกต์ใช้อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรูปร่างพื้นเอียงพื้นฐาน เพราะต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การนำมาใช้สะดวก ความสวยงาม แล้วอาจมีการรวมกันของเครื่องกลหลายชนิดในอุปกรณ์เครื่องใช้อุปกรณ์เดียว 1. ทางลาดสำหรับรถเข็น (wheelchair ramps) ทางลาดรถเข็นประยุกต์ใช้หลักการพื้นเอียงเพื่อช่วยผ่อนแรงในการเคลื่อนย้ายรถเข็นขึ้นสู่ที่สูง แทนที่จะต้องยกรถเข็นพร้อมคนขึ้นในแนวตั้ง ซึ่งใช้แรงค่อนข้างมาก การเข็นรถเข็นขึ้นไปตามความยาวของระนาบเอียง จะออกแรงพยายามน้อยกว่า ช่วยให้รถเข็นเคลื่อนที่ขึ้นได้อย่างสะดวกและปลอดภัย	— เพื่อให้นักเรียนเข้าใจ ความหมายของพื้นเอียง ตัวอย่างพื้นเอียงในชีวิตประจำวัน คำศัพท์อื่น ๆ และ สมการที่ใช้ในการคำนวณ



2. บันได (stairs)

บันไดคือรูปแบบหนึ่งของพื้นเอียงที่ถูกทำให้เป็นขั้น ๆ เพื่อให้มนุษย์ก้าวเดินขึ้นที่สูงได้ง่ายขึ้น แทนที่จะต้องปีนขึ้นในแนวตั้ง บันไดจะกระจายระยะทางของการยกระดับออกไปตามแนวนอน ทำให้เราสามารถก้าวขึ้นทีละนิดด้วยแรงพยายามในแต่ละก้าวที่น้อยลง

3. ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขา (switchback roads)

ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขาออกแบบมาเพื่อลดความชันของเส้นทางโดยใช้หลักการพื้นเอียง การตัดถนนตรงขึ้นยอดเขาจะชันมากจนเครื่องยนต์รถไม่มีกำลังพอที่จะเอาชนะแรงโน้มถ่วง ถนนจึงถูกสร้างให้ลาดยาวและเลี้ยวพับไปมา (คดเคี้ยว) ทำให้รถยนต์สามารถใช้แรงพยายามจากเครื่องยนต์ในระดับที่สม่ำเสมอค่อยๆ เคลื่อนที่ขึ้นเขาสูงได้

4. ทางลาดขอบถนน (curb ramps)

ทางลาดขอบถนนเป็นพื้นเอียงขนาดเล็กที่ช่วยผ่อนแรงในการข้ามสิ่งกีดขวางที่เป็นแนวตั้ง เช่น ขอบทางเท้า สำหรับล้อรถจักรยาน รถเข็นเด็ก หรือรถเข็นของช่วยให้การออกแรงผลักเพียงเล็กน้อยสามารถยกสิ่งของข้ามสิ่งกีดขวางได้ แทนที่จะต้องออกแรงมากกว่าในยกวัตถุขึ้นตรง ๆ

5. สายพานลำเลียงลาดเอียง (conveyor belt inclines)

สายพานลำเลียงลาดเอียงใช้หลักการพื้นเอียงเพื่อลำเลียงวัตถุหนักขึ้นสู่ที่สูงอย่างต่อเนื่อง การลำเลียงวัตถุตามระนาบเอียงจะใช้แรงขับเคลื่อนจากมอเตอร์ น้อยกว่าแรงที่ใช้ยกวัตถุขึ้นตรง ๆ ในแนวตั้ง ทำให้ระบบขับเคลื่อนใช้พลังงานน้อยลง

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

- ไม่มี -

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

หน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ (Preview Mode) สำหรับหัวข้อ **เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง**

สถานะ: ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวตั้ง (h) 0.00 เมตร
ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (s, x) 0.00 เมตร

กดคำที่ขีดเส้นใต้ เพื่อศึกษาความหมาย

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (M) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)

ความสูงที่ต้องยกวัตถุ (H) 1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง ☐ ไม่มี ☐ มี

ปุ่ม: เริ่มใหม่, แสดงแผนภาพแรง, ตารางแสดงผลการคำนวณ, คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

หน้าจอแสดงเนื้อหาบทเรียน (Preview Mode) สำหรับหัวข้อ **เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง**

พื้นเอียง

พื้นเอียง (inclined plane) เป็นเครื่องกลอย่างง่ายที่มีลักษณะเป็นพื้นผิวราบเรียบซึ่งวางทำมุมเอียงกับแนวระดับ โดยปลายด้านหนึ่งอยู่สูงกว่าอีกด้านหนึ่ง การเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก จากที่ต่ำไปสู่ที่สูงโดยออกแรงผลักหรือดึงวัตถุไปตามความยาวของพื้นเอียง แทนการยกวัตถุขึ้นในแนวตั้งตรง ๆ ช่วยให้เรากลับออกแรงน้อยลง

ปุ่ม: ถัดไป

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)

ความสูงที่ต้องยกวัตถุ (H) 1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง ☐ ไม่มี ☐ มี

ปุ่ม: เริ่มใหม่, แสดงแผนภาพแรง, ตารางแสดงผลการคำนวณ, คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

เข้าสู่ Preview Mode

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง

ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายแบบ พื้นเอียง นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยแรงที่น้อยลง ทั้งนี้ พื้นเอียงที่ประยุกต์ใช้จะมีรูปร่างไปเหมือนรูปร่าง พื้นเอียงพื้นฐาน เพราะต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การนำมาใช้สะดวก ความสวยงาม แล้วอาจมีการรวมกันของเครื่องกลหลายชนิดในอุปกรณ์เครื่องใช้อุปกรณ์เดียว

ทางลาดสำหรับรถเข็น

สายพานลำเลียงลาดเอียง

บันได

ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขา

ทางลาดขอบถนน

ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (h)

ความยาวของพื้นเอียง (L)

แรงเสียดทานระหว่างล้อรถกับพื้นเอียง

คำนวณค่าตามทฤษฎีบทพีทาโกรัส

เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง

1. ทางลาดสำหรับรถเข็น (wheelchair ramps)

ทางลาดรถเข็นประยุกต์ใช้หลักการพื้นเอียงเพื่อช่วยผ่อนแรงในการเคลื่อนย้ายรถเข็นขึ้นสู่ที่สูง แทนที่จะต้องยกรถเข็นพร้อมคนขึ้นในแนวตั้ง ซึ่งใช้แรงค่อนข้างมาก การขึ้นรถเข็นขึ้นไปตามความยาวของระนาบเอียง จะออกแรงพยายามน้อยกว่า ช่วยให้รถเข็นเคลื่อนที่ขึ้นได้อย่างสะดวกและปลอดภัย

พื้นเอียง

ความยาวของพื้นเอียง (L)

เครื่องมือกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง

2. บันได (stairs)

บันไดคือรูปแบบหนึ่งของพื้นเอียงที่ถูกทำให้เป็นขั้น ๆ เพื่อให้มนุษย์ก้าวเดินขึ้นที่สูงได้ง่ายขึ้น แทนที่จะต้องปีนขึ้นในแนวตั้ง บันไดจะกระจายระยะทางของการยกกระโดดออกไปตามแนวนอน ทำให้เราสามารถก้าวขึ้นทีละนิดด้วยแรงพยายามในแต่ละก้าวที่น้อยลง



พื้นเอียง

ความยาวของพื้นเอียง (L)

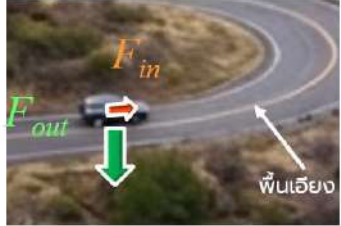
2 3 4 5 6 m

เครื่องมือกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง

3. ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขา (switchback roads)

ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขาออกแบบมาเพื่อลดความชันของเส้นทางโดยใช้หลักการพื้นเอียง การตัดถนนตรงขึ้นยอดเขาจะชันมากจนเครื่องยนต์ไม่ทำงานพอที่จะเอาชนะแรงโน้มถ่วง ถนนจึงถูกสร้างให้ลาดยาวและสลับไปมา (คดเคี้ยว) ทำให้รถยนต์สามารถใช้แรงพยายามจากเครื่องยนต์ในระดับที่สม่ำเสมอค่อยๆ เคลื่อนที่ขึ้นเขาสูงได้



พื้นเอียง

ความยาวของพื้นเอียง (L)

2 3 4 5 6 m

Prak

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
3.	ไม่มีกรอบข้อความระบุขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้น	- เพิ่มกรอบแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้นหลังจากกดดูคำศัพท์เรียบร้อยแล้ว ได้แก่ - กดเลือกความสูงที่ต้องการยกวัตถุ ความยาวของพื้นเอียง แรงเสียดทาน และ การแสดงแผนภาพแรง - เลื่อนแถบเพื่อออกแรงผลักกล่อง ด้วยแรงที่พอดีให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว - กดไปสู่นำคำถาม - กดเปิดตารางแสดงผลการทำกิจกรรม - กดไปหน้าคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม	- ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการทำกิจกรรมแต่ละขั้น
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม	-ไม่มี-	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



Q เข้าดู Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวตั้ง (h)
0.00 เมตร

ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
0.00 เมตร

เลื่อนแถบเพื่อออกแรงผลักกล่อง ด้วยแรงที่พอดีให้กล่องเคลื่อนที่ ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว

800 N

ค่าแรงอ้างอิง

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ (?) ของ พื้นเอียง (?)

เลื่อนเพื่อผลักกล่อง

เริ่มใหม่

แสดงแผนภาพแรง

ตารางแสดงผล การทำกิจกรรม

ทำตามทำกิจกรรม และสรุปกิจกรรม

ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H) 1 2 3 m

ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่าง กล่องกับพื้นเอียง

ไม่ มี

Q เข้าดู Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวตั้ง (h)
2.00 เมตร

ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
5.00 เมตร

กดไปสู่นำคำถาม

800 N

ค่าแรงอ้างอิง

2.00 เมตร

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ (?) ของ พื้นเอียง (?)

เลื่อนเพื่อผลักกล่อง

เริ่มใหม่

แสดงแผนภาพแรง

ตารางแสดงผล การทำกิจกรรม

ทำตามทำกิจกรรม และสรุปกิจกรรม

ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H) 1 2 3 m

ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่าง กล่องกับพื้นเอียง

ไม่ มี

Q เข้าดู Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวตั้ง (h)
2.00 เมตร

ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
5.00 เมตร

5.00 เมตร

2.00 เมตร

800 N

ตำแหน่งอ้างอิง

กดเปิดตารางแสดงผล
การทำการทดลอง

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ
ประสิทธิภาพ (?) ของ พื้นเอียง(?)

เลือกเพื่อหลักกล่อง

เริ่มใหม่

แสดงแผนภาพแรง

ตารางแสดงผล
การทำการทดลอง

กำหนดค่าของการทดลอง
และสรุปกิจกรรม

ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H) 1 2 3 m

ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่าง
กล่องกับพื้นเอียง

ไม่

มี

Q เข้าดู Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวตั้ง (h)
2.00 เมตร

ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
5.00 เมตร

5.00 เมตร

2.00 เมตร

800 N

ตำแหน่งอ้างอิง

กดเปิดตารางแสดงผล
การทำการทดลอง

ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ
ประสิทธิภาพ (?) ของ พื้นเอียง(?)

เลือกเพื่อหลักกล่อง

เริ่มใหม่

แสดงแผนภาพแรง

ตารางแสดงผล
การทำการทดลอง

กำหนดค่าของการทดลอง
และสรุปกิจกรรม

ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H) 1 2 3 m

ความยาวของพื้นเอียง (L) 2 3 4 5 6 m

แรงเสียดทานระหว่าง
กล่องกับพื้นเอียง

ไม่

มี

กดไปหน้าคำอธิบายกิจกรรม
และสรุปกิจกรรม

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
4.	การเลื่อนแถบเพื่อออกแรงผลัก กล่องขึ้นพื้นเอียงที่เป็นแรงค่า เดียว และเลื่อนกลับไปได้	- แก้ไขให้การเลื่อนแถบ เป็นการออกแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะที่ แถบเลื่อนไป โดยกล่องจะยังไม่ขยับจนกระทั่ง เมื่อเลื่อนแถบไปถึง ระยะ ๆ หนึ่ง จะเป็นระยะที่แรงผลักมีค่าพอดีทำให้กล่องเริ่มเคลื่อนที่ ขึ้นพื้นเอียงด้วยอัตราเร็วคงตัว แล้วแถบเลื่อนจะล็อกไว้ ณ ตำแหน่ง นั้น จนกระทั่งกล่องถูกผลักขึ้นตามพื้นเอียงไปจนถึงบนรถ โดยแถบ เลื่อนไม่สามารถเลื่อนกลับได้ จากนั้น ไอคอนคำถามแสดงกระพริบ ๆ - ผู้ใช้งานสามารถเลื่อนแถบเร็ว ๆ เพื่อออกแรงเกินขนาดแรงที่พอดีให้กล่อง เคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัวได้ แต่มีกรอบแจ้งเตือนและ ข้อความว่า “แรงที่ใช้เกินแรงที่พอดีให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วย อัตราเร็วคงตัว ทำให้กล่องมีความเร่ง และไม่สามารถนำค่าที่ได้ไป คำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพ”	เพื่อความสมจริง เกี่ยวกับการออกแรงผลัก กล่องขึ้นพื้นเอียง

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

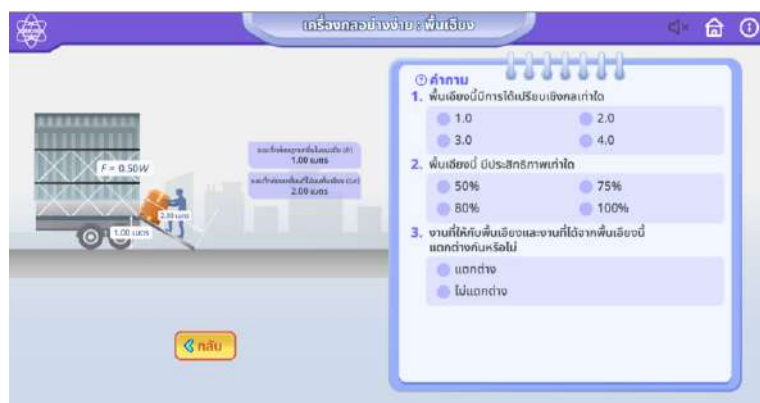


Handwritten signature in blue ink.

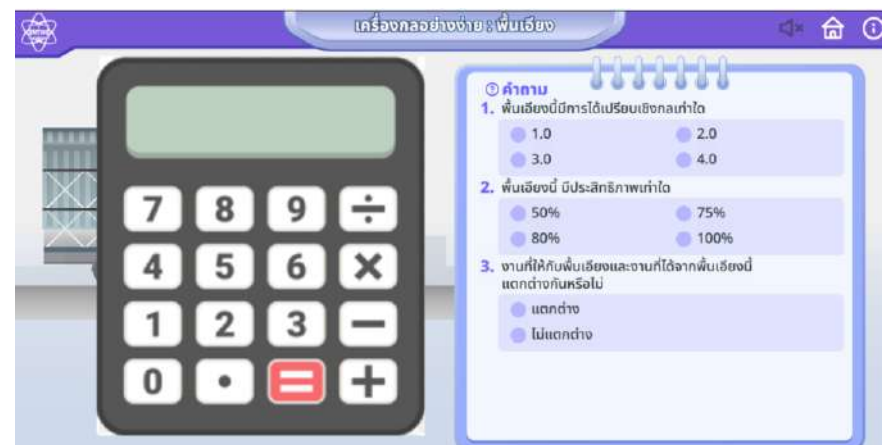
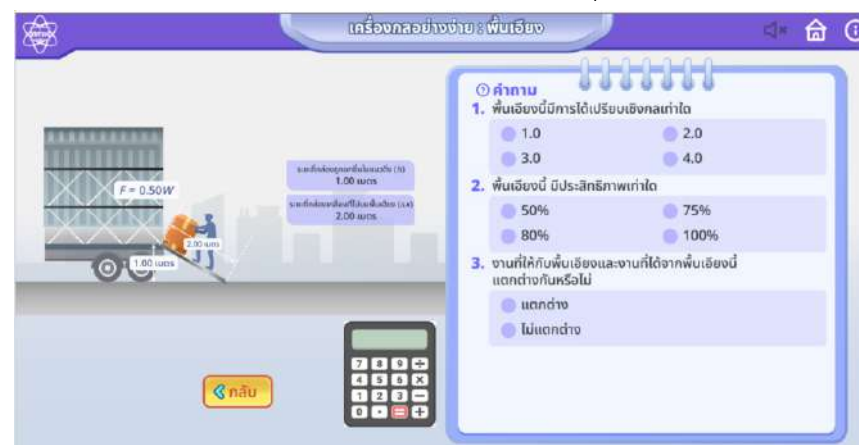
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
5.	กรอบแสดงคำถามทุกคำถาม	- เพิ่มเครื่องคิดเลข ที่กดแล้ว จะแสดงปุ่มการคิดเลขให้คำนวณได้ - สามารถลากเครื่องคิดที่ขยายไปบริเวณต่าง ๆ บนจอ เพื่อไม่ให้บังตัวเลขที่ต้องใช้ และบังคำถาม	เพื่อผู้ใช้ไม่ต้องออกจากหน้าสถานการณ์จำลองไปใช้แอปในเครื่องต่างหาก

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

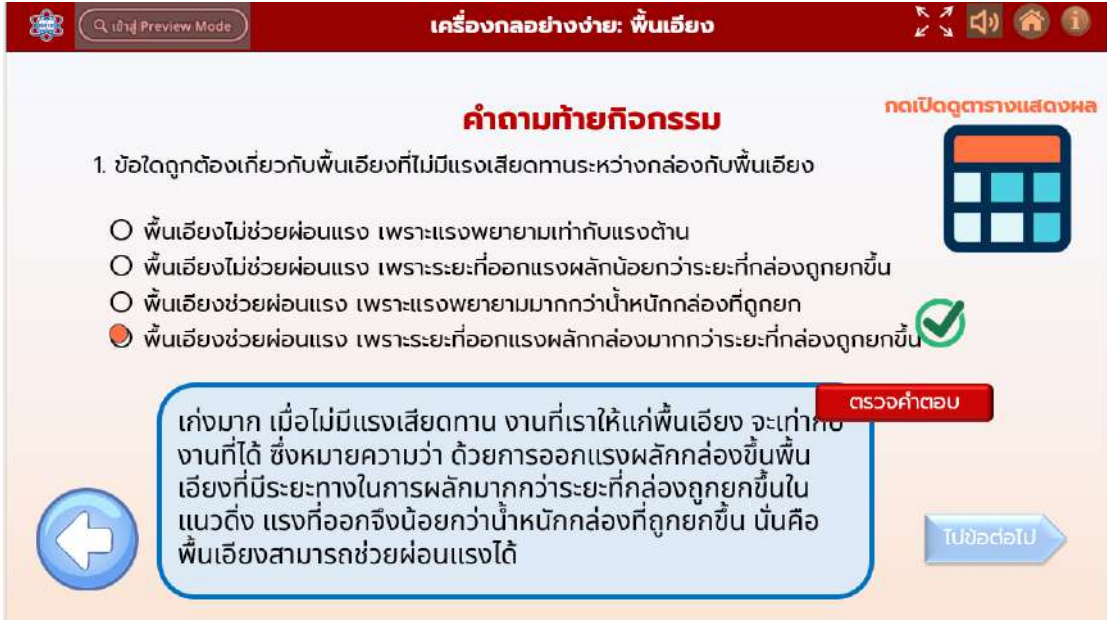


[Handwritten signature]

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
6.	ภาพกราฟิกเป็นการตุนเกินไป	— แก้ไขให้กราฟิกมีความสมจริงมากขึ้น ลดการเป็นการตุนลง	— เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น และความสมจริงมากขึ้น
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	ไม่มีตารางแสดงผลการทำกิจกรรม	- เพิ่มตารางบันทึกผลบันทึกผลการทำกิจกรรม ที่แสดงผลอัตโนมัติเมื่อตอบคำถามแต่ละกรณี - ตารางบันทึกผลมีการระบุด้วยว่า ได้ทำตามเป้าหมายถึงขั้นไหนแล้ว	- ให้มีตารางแสดงผลการบันทึกผลไว้ สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม - มีข้อมูลช่วยแจ้งว่า ได้ทำกิจกรรมสำเร็จถึงขั้นไหนแล้ว บรรลุเป้าหมายหรือยัง
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม - ไม่มี -		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
8.	ไม่มี “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”	— เพิ่ม “คำถามท้ายกิจกรรม” — ปรับให้มีไม่สามารถมาที่คำถามท้ายกิจกรรมได้ ถ้ายังทำกิจกรรมไม่ครบตามเป้าหมาย — เพิ่มการให้ feedback เมื่อตอบคำถามผิดหรือถูก	— ให้คำถามครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้เรียนรู้ นำไปสู่การสรุป — มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้ — ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม --- ไม่มี ---	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ  ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน แรงที่ใช้ในการผลักกล่องน้อยหรือมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ และระยะที่ออกแรงผลักกล่องไปตามพื้นเอียง น้อยหรือมากกว่า ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวตั้ง” ถ้าตอบข้อ 1 ถูก ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “เก่งมาก เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้แก่พื้นเอียง จะเท่ากับงานที่ได้ ซึ่งหมายความว่า ด้วยการออกแรงผลักกล่องขึ้นพื้นเอียงที่มีระยะทางในการผลักมากกว่าระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวตั้ง แรงที่ออกจึงน้อยกว่าน้ำหนักกล่องที่ถูกยกขึ้น นั่นคือ พื้นเอียงสามารถช่วยผ่อนแรงได้”		


เข้าสู่ Preview Mode

เรื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง






คำถามท้ายกิจกรรม

กดเปิดดูตารางแสดงผล



2. เมื่อพิจารณาพื้นเอียงที่มีความสูงและความยาวแตกต่างกัน พื้นเอียงแบบใด ช่วยผ่อนแรงมากที่สุด เพราะเหตุใด

- ☐ แบบที่มีความสูงมากที่สุด
- ☐ แบบที่มีความยาวน้อยที่สุด
- ☒ แบบที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความสูงของพื้นเอียงมากที่สุด 

ตรวจคำตอบ

←

เก่งมาก พื้นเอียงที่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความสูง จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด

ไปข้อต่อไป

ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล พื้นเอียงแบบใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

ถ้าตอบข้อ 2 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก พื้นเอียงที่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความสูง จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด”



🔍 เข้าสู่ระบบ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
🔍 🔊 🏠 ⓘ

คำถามท้ายกิจกรรม

กดเปิดดูตารางแสดงผล

3. ในกรณีไม่มีแรงเสียดทาน ประสิทธิภาพของพื้นเอียงจะมีค่าเป็นอย่างไร

ประสิทธิภาพของ พื้นเอียงมีค่า

เมื่อเปลี่ยนความยาวกับความสูงของพื้นเอียง ประสิทธิภาพของพื้นเอียง จะมีค่า

น้อยกว่า
เท่ากับ
มากกว่า

✓

100 %

ลดลง
เท่าเดิม
เพิ่มขึ้น

✓

ตรวจสอบคำตอบ

←

เก่งมาก ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้กับเครื่องกลจะกลายเป็นงานที่ได้ออกมาทั้งหมด ดังนั้นประสิทธิภาพจะเท่ากับ 100% หรือ 1 เสมอ การเปลี่ยนค่าความสูงหรือความยาวของพื้นเอียงไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของพื้นเอียง

ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ 'ประสิทธิภาพ' คือค่าที่ระบุว่าจะงานที่ให้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากแค่ไหน ถ้าไม่มีแรงเสียดทานมาขัดขวางเลย งานทั้งหมดที่ให้จะกลายเป็นงานที่มีประโยชน์ทั้งหมดหรือไม่”

ถ้าตอบข้อ 3 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้กับเครื่องกลจะกลายเป็นงานที่ได้ออกมาทั้งหมด ดังนั้น ประสิทธิภาพจะเท่ากับ 100% หรือ 1 เสมอ การเปลี่ยนค่าความสูงหรือความยาวของพื้นเอียงไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของพื้นเอียง”



เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

คำถามท้ายกิจกรรม

กดเปิดดูตารางแสดงผล

4. ในกรณีที่มีแรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง ปริมาณต่อไปนี้ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน

แรงที่ให้กับพื้นเอียง F_{in} จะมีค่า เพิ่มขึ้น ✔

การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียง จะมีค่า ลดลง ✔

ประสิทธิภาพของพื้นเอียง จะมีค่า ลดลง ✔

เก่าเดิม
เพิ่มขึ้น

ตรวจสอบคำตอบ

←

เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงผลักวัตถุขึ้นพื้นเอียงมากขึ้น เพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียง ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง

ไปข้อต่อไป

ถ้าตอบข้อ 4 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองนึกถึงโลกแห่งความจริง ถ้าพื้นเอียงฝืด เราต้องออกแรงผลักกล่องมากขึ้นหรือไม่ แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ ทำให้เราต้องใช้แรงพยายามมากขึ้น แต่ได้งานออกมาเท่าเดิมหรือน้อยลง แล้วการได้เปรียบเชิงกลกับประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง”

ถ้าตอบข้อ 4 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงผลักวัตถุขึ้นพื้นเอียงมากขึ้น เพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียง ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง”

เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

คำถามท้ายกิจกรรม

5. ถ้าการออกแรงผลักกล่องขึ้นพื้นเอียง มากกว่าแรงที่พอดีทำให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียง จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นอย่างไร และสามารถนำผลการออกแรงมาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลได้หรือไม่

☒ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และไม่สามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงได้โดยตรง

☐ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และสามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงได้อย่างแม่นยำ

☐ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ และไม่สามารถนำค่าแรงดึงนี้มาคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงได้

กดเปิดดูตารางแสดงผล

ตรวจสอบคำตอบ

←

เก่งมาก เมื่อแรงที่ผลักกล่องขึ้นพื้นเอียงมากกว่าแรงที่พอดีทำให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว กล่องจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎของนิวตัน ส่วนการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เรามักใช้แรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุล นั่นคือ วัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

ไปสรุปผลการทำกิจกรรม

ถ้าตอบข้อ 5 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากขึ้นเรื่อย ๆ และการหาการได้เปรียบเชิงกลจะพิจารณาเมื่อแรงพยายามทำให้วัตถุมีความเร่งหรือไม่”

ถ้าตอบข้อ 5 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก เมื่อแรงที่ผลักกล่องขึ้นพื้นเอียงมากกว่าแรงที่พอดีทำให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว กล่องจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎของนิวตัน ส่วนการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เรามักใช้แรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุล นั่นคือ วัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว”

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
9.	- ไม่มีการสรุปผลการทำกิจกรรม - ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ	- เพิ่มสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง - มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟคมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้	— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย — ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ — ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว — มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช่อ่านเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ		
-- ไม่มี --			



เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง

สรุปผลการทำกิจกรรม

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

$\frac{F_{out}}{F_{in}}$
 ความยาวของพื้นเอียง
 เท่าเดิม
 เพิ่มขึ้น
 น้อย
 ความยาวของพื้นเอียง
 คงตัว

การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่
 มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงจะคำนวณได้จาก $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของพื้นเอียงในกรณีไม่มีแรงเสียดทานหรือไม่มีแรงเสียดทานกับพื้นเอียง จะเท่ากับ
 100% เสมอ และจะ ... **ลดลง** ... เมื่อมีแรงเสียดทาน

เมื่ออัตราส่วนความยาวของพื้นเอียงกับความสูงของพื้นเอียง มีค่า ... **มาก** ...
 จะช่วยให้พื้นเอียงผ่อนแรงได้มาก

พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางแสดงผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

ตรวจสอบคำตอบ

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างถูกต้องทั้งหมด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ทำกิจกรรมเรื่องพื้นเอียง ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” ทำเป็นกราฟิกมีสีสัน ออกแบบสวยงาม พร้อมมีริบบิ้น และเสียงปรบมือยินดี และมีปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่กดแล้ว จะเปิดหน้าแบบทดสอบในบราวเซอร์ใหม่

เครื่องกลอย่างง่าย: พื่นเอียง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ทดและลากค่าในกรอบสี่เหลี่ยมในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

$\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ความยาวของพื่นเอียง เท่าเดิม เพิ่มขึ้น
 น้อย ความยาวของพื่นเอียง คงตัว

การได้เปรียบเชิงกลของพื่นเอียงคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{S_{in}}{S_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่
 มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของพื่นเอียงจะคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของพื่นเอียงในกรณีไม่มีแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื่นเอียง จะเท่ากับ
 100% เสมอ และจะ **ลดลง** เมื่อมีแรงเสียดทาน

เมื่ออัตราส่วนความยาวของพื่นเอียงกับความสูงของพื่นเอียง มีค่า **มาก**
 จะช่วยให้พื่นเอียงผ่อนแรงได้มาก

← **ตรวจคำตอบ**

เครื่องกลอย่างง่าย: พื่นเอียง

สรุปผลการทำกิจกรรม

ทดและลากค่าในกรอบสี่เหลี่ยมในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

$\frac{W_{out}}{W_{in}}$ รัศมีของเพลา เท่าเดิม เพิ่มขึ้น
 น้อย ความยาวของพื่นเอียง คงตัว

**ทำกิจกรรมเสร็จ พื่นเอียง
ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว**

การได้เปรียบเชิงกลของพื่นเอียงคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{S_{in}}{S_{out}}$ ซึ่งในกรณีที่
 มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของพื่นเอียงจะคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ เท่านั้น

ประสิทธิภาพของพื่นเอียงในกรณีไม่มีแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื่นเอียง จะเท่ากับ
 100% เสมอ และจะ **ลดลง** เมื่อมีแรงเสียดทาน

เมื่ออัตราส่วนความยาวของพื่นเอียงกับความสูงของพื่นเอียง มีค่า **มาก**
 จะช่วยให้พื่นเอียงผ่อนแรงได้มาก

← **ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ** **ตรวจคำตอบ**

ต้นร่าง 3 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: คาน

ลิงก์สื่อ <https://www.scimath.org/resources/18481-bar/index.html>

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: คาน เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ออกแบบมาเพื่อให้ นักเรียนระดับมัธยมปลายได้ทำความเข้าใจ หลักการทำงานของคานอย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถเปลี่ยนขนาดน้ำหนักวัตถุ ตำแหน่งที่วางวัตถุบนคาน ตำแหน่งที่ออกแรงพยายาม และแรงเสียดทานระหว่างคานกับจุดหมุน ก่อนจะออกแรงยกวัตถุขึ้นในแนวตั้ง และสื่อจะแสดงผลการออกแรงเป็นค่าต่าง ๆ เช่น ระยะที่ออกแรงดันคาน ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้ง หรือ ขนาดของแรงที่ใช้ โดยนักเรียนจะได้ใช้ค่าต่าง ๆ เหล่านี้มาเป็นข้อมูลสำหรับคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และ ประสิทธิภาพของคาน เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง คาน ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปธรรม และ เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของสื่อ

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงผลการทำงานของคาน พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคาน นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่ออกแรงกระทำต่อคานและตำแหน่งที่วางวัตถุบนคาน โดยมีความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้คานในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามท้ายกิจกรรมแบบเลือกตอบที่ตรวจสอบคำตอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำมาใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้จะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

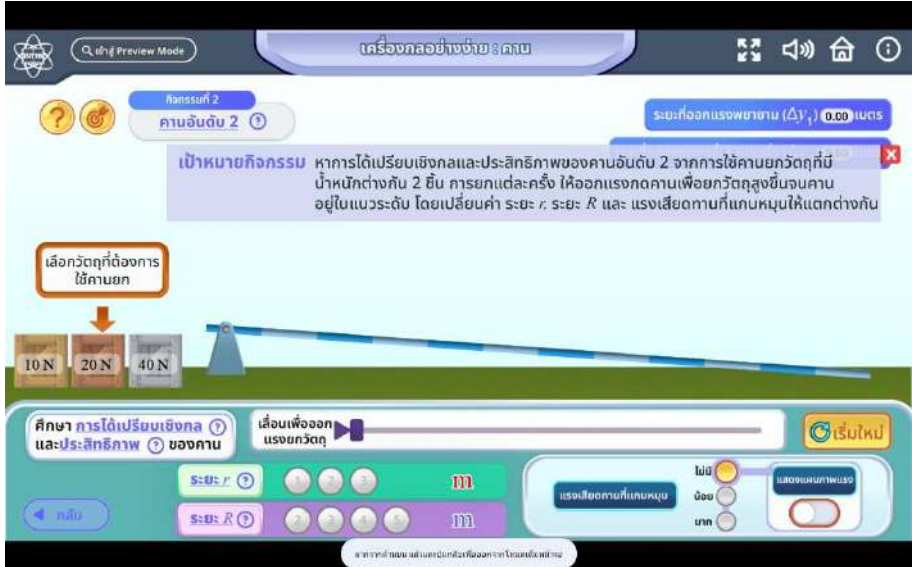
- คานมีการทำงานอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานได้อย่างไร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
1.	หน้าปกที่มีรูปเด็กผู้ชายกับผู้หญิง	— แก้ไขเป็นรูปด้านล่าง	— เพื่อสื่อให้เห็นการใช้งานที่ชัดเจนมากขึ้น
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
2.	ตอนให้เลือกกิจกรรมที่ 1 – 3 เมื่อทำกิจกรรมใดเสร็จแล้ว เข้าไปดูกิจกรรมนั้นไม่ได้	— แก้ไขให้ยังเข้าไปเรียนรู้ได้ แม้จะทำกิจกรรมนั้น ๆ ครบตามเป้าหมายแล้ว	— เพื่อว่า ผู้ใช้ต้องการทบทวน
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
		- ไม่มี -	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
3.	เป้าหมายกิจกรรมยาว อ่านแล้วตาลาย จับใจความไม่ได้	- แก้ไขเป้าหมายแต่ละกิจกรรม กระชับ ดังนี้ - กิจกรรมที่ 1 เป้าหมายแก้ไขเป็น “ใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันอย่างน้อย 2 ชั้น โดยการยกแต่ละครั้ง ให้เปลี่ยนค่าระยะ r, R และ แรงเสียดทาน” - กิจกรรมที่ 2 เป้าหมายแก้ไขเป็น “ใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันอย่างน้อย 2 ชั้น โดยการยกแต่ละครั้ง ให้เปลี่ยนค่าระยะ r, R และ แรงเสียดทาน” - กิจกรรมที่ 3 เป้าหมายแก้ไขเป็น “ใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันอย่างน้อย 2 ชั้น โดยการยกแต่ละครั้ง ให้เปลี่ยนค่าระยะ r, R และ แรงเสียดทาน”	เพื่อไม่ให้ผู้ใช้เสียความสนใจ และสร้างความเข้าใจที่กระชับ
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
		- ไม่มี -	



เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

กิจกรรมที่ 3

คานอันดับ 3

ระยะที่ออกแรงพยายาม (Δx_p) 0 เมตร

เป้าหมายกิจกรรม หากการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานอันดับ 3 จากการใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกัน 2 ชิ้น การยกแต่ละครั้ง ให้ออกแรงกดคานเพื่อยกวัตถุสูงขึ้นไปจนคานอยู่ในแนวระดับ โดยเปลี่ยนค่า ระยะ r , ระยะ R และ แรงเสียดทานที่แกนหมุนให้แตกต่างกัน

ศึกษา การได้เปรียบเชิงกล และประสิทธิภาพ ของคาน

เลื่อนเพื่อออกแรงยกวัตถุ

ระยะ r

ระยะ R

ไม่ถ่วง

ถ่วง

น้ำหนัก

แสดงแผนภาพแรง

เริ่มใหม่

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุการณ์การแก้ไข
4.	สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 - มีออฟชั่นแรงเสียดทาน 3 ออฟชั่นคือ “น้อย” “มาก” และ “ไม่มี” ซึ่งมากเกินไป - ไม่มีปุ่ม ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม และปุ่ม คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม สำหรับแต่ละกิจกรรม	- เปลี่ยนออฟชั่นแรงเสียดทานเป็น 2 ออฟชั่นคือ “มี” กับ “ไม่มี” - เพิ่มปุ่ม “ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม” และ ปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” - ปรับสีหัวข้อ ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ ความยาวของคาน และแรงเสียดทาน ระหว่างกล่องกับคาน ให้แตกต่างกัน	- การทำกิจกรรมด้วยแรงเสียดทาน มี กับ ไม่มี สามารถเข้าใจผลของแรงเสียดทานต่อเครื่องกลได้ - ปุ่มตารางและคำถาม สามารถนำไปสู่การสรุปที่สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



[Handwritten signature]

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
5.	สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 — กรอบแสดงขั้นตอน “เลือกแสดงแผนภาพแรง”	— แก้ไขให้เป็น “เลือกแสดงหรือไม่แสดงแผนภาพแรง”	— เพื่อให้เข้าใจผิดว่า จะต้องแสดงแผนภาพแรงทุกครั้ง
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
6.	กรอบแสดงคำถามทุกคำถาม	- เพิ่มเครื่องคิดเลข ที่กดแล้วจะแสดงปุ่มการคิดเลขให้คำนวณได้ - สามารถลากเครื่องคิดเลขที่ขยายไปบริเวณต่าง ๆ บนจอ เพื่อไม่ให้บังตัวเลขที่ต้องใช้และบังคำถาม	— เพื่อผู้ใช้ไม่ต้องออกจากหน้าสถานการณ์จำลองไปใช้แอปในเครื่องต่างหาก
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



เครื่องกลอย่างง่าย : คำนวณ

หน่วย Preview Mode

หน่วยที่เลือกแสดงผล (ΔV) : 1.00 หน่วย

20 N

0.60 m

คำนวณ

1. เมื่อคำนวณอยู่ในสภาวะนิ่งอยู่ทุกข้อ กำหนดให้ W คือน้ำหนักของกล่อง 3. การได้

☐ $Fr = WR$ ☐ $F/R = W/r$ ☐ $FW = Rr$ ☐ $FR = Wr$ ☐ 0.4

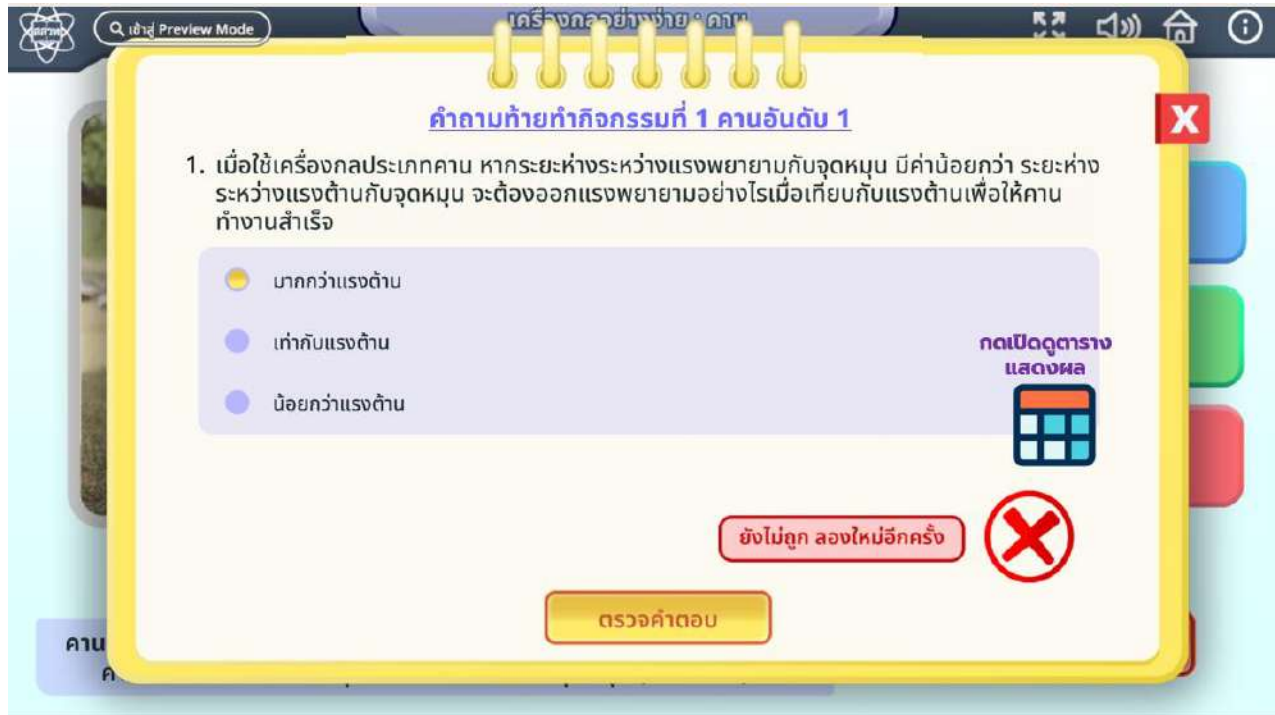
2. จากแผนภาพแรง และจากสถานการณ์ในข้อ 1. F มีค่าเท่าใด

☐ $(1/6)W$ ☐ $(3/5)W$ ☐ W ☐ $3W$

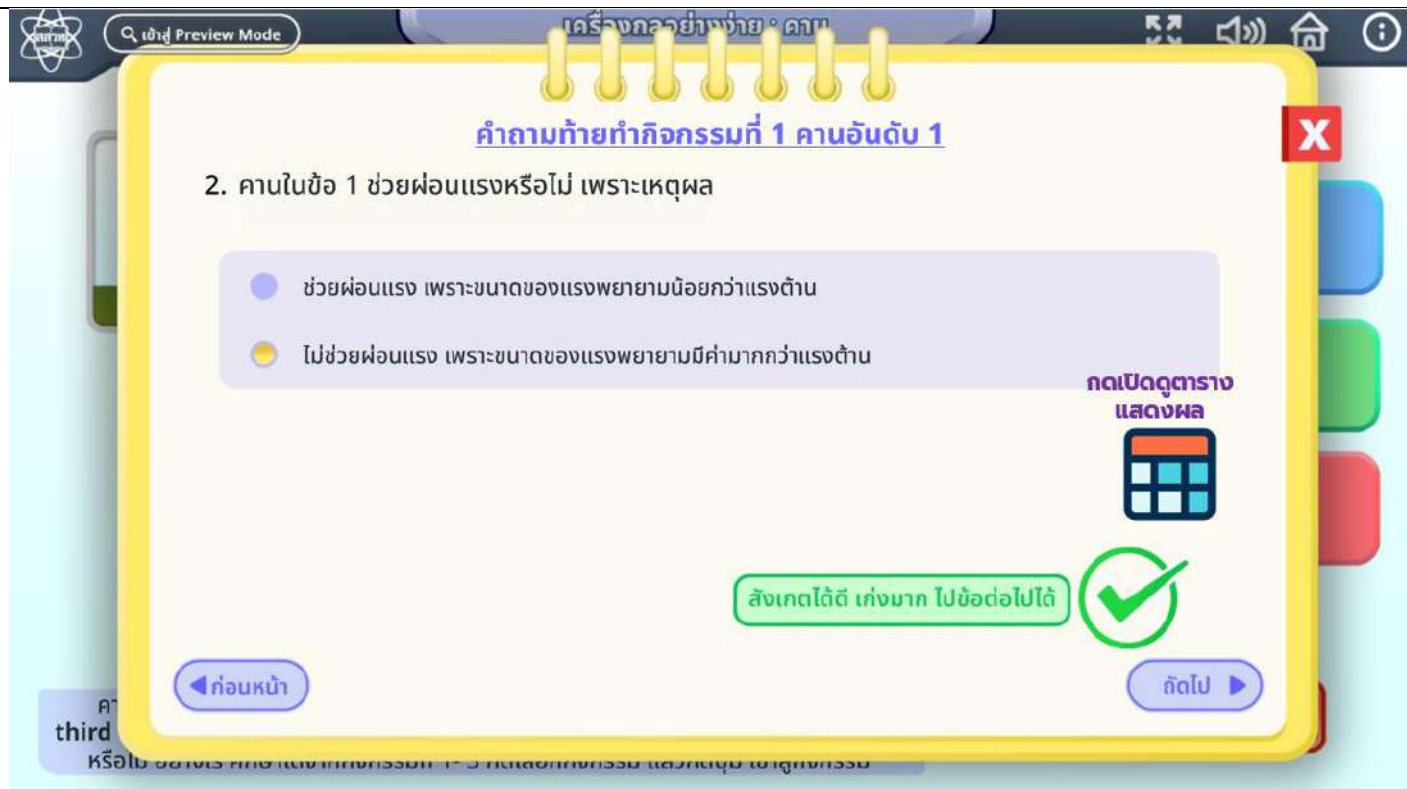



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 — ไม่มีตารางแสดงผลการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรม	— เพิ่มตารางแสดงผลการทำกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 ที่แสดงผลอัตโนมัติเมื่อตอบคำถามแต่ละกรณี — ตารางแสดงผลมีการระบุด้วยว่า ได้ทำตามเป้าหมายถึงขั้นไหนแล้ว โดยแต่ละกิจกรรมให้มีระบุ ว่า “หากการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานอันดับ 1 ที่มีระยะ r และ ระยะ R แตกต่างกัน 3 แบบ โดยแต่ละแบบให้พิจารณาทั้งกรณีมีและไม่มีแรงเสียดทาน” — มีกรอบแสดง check list ด้วยว่า ทำกิจกรรมได้ไปถึงไหนแล้ว	— ให้มีตารางแสดงการบันทึกผลไว้ สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม — มีข้อมูลช่วยแจ้งว่า ได้ทำกิจกรรมสำเร็จถึงขั้นไหนแล้ว บรรลุเป้าหมายหรือยัง
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม - ไม่มี -	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ 		

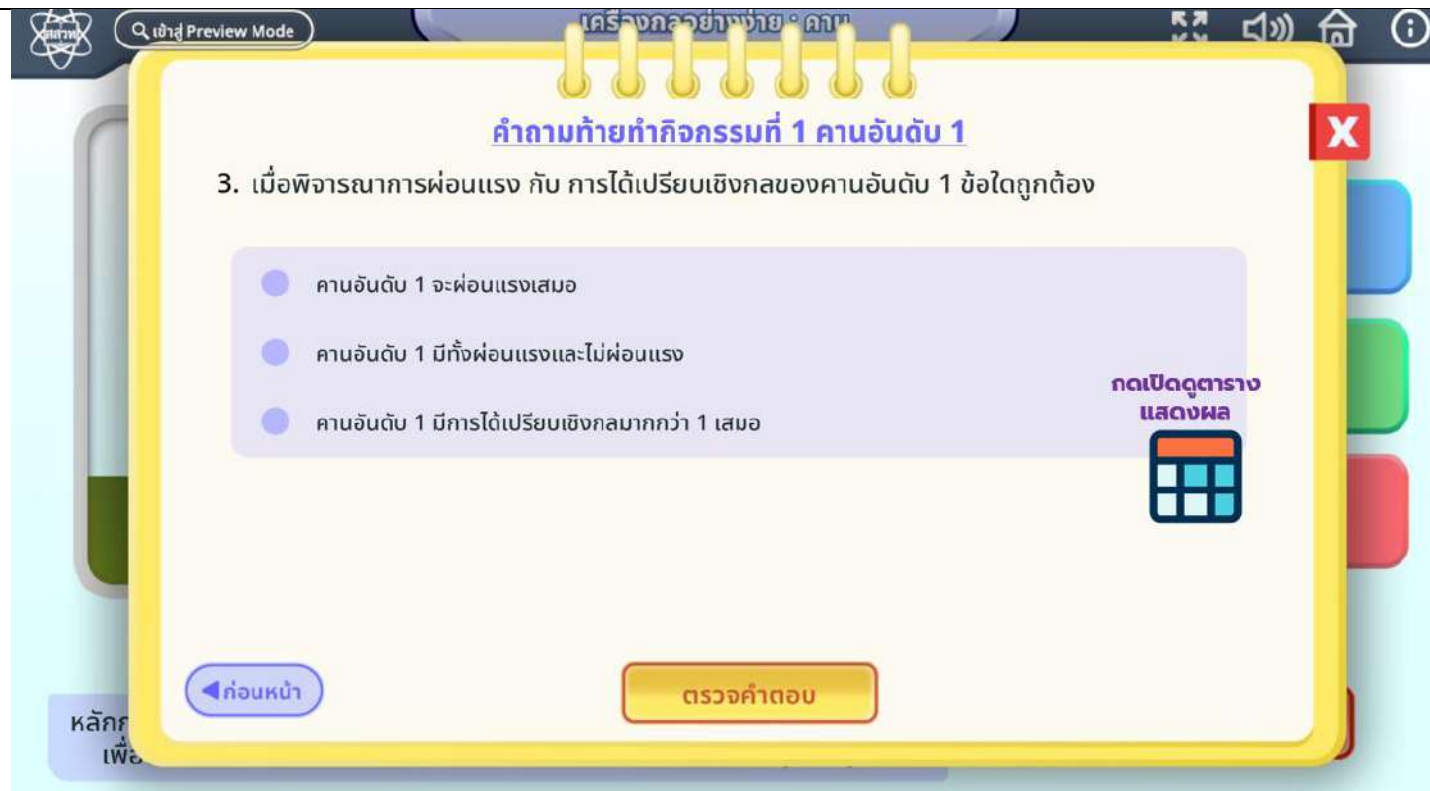


จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
8.	สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 ไม่มี “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” ของแต่ละกิจกรรม 1, 2 และ 3	— เพิ่มคำถามท้ายกิจกรรม และสรุปกิจกรรม แต่ละกิจกรรม — จะไม่สามารถกดปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” ได้ ถ้ายังทำกิจกรรมนั้น ๆ ไม่ครบตามเป้าหมาย — เพิ่ม feedback กรณีตอบผิดด้วย	— ให้คำถามและสรุปแบบเป็น 3 กิจกรรม เพราะรวมกิจกรรมเดียว จะเยอะและสับสน — มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้ —
<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม --- ไม่มี ---	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ  ข้อนี้ แก้ไขเฉลยด้วย คำตอบที่ถูกคือ ตัวเลือกแรก ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มี กรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที เมื่อระยะของแรงพยายามจากจุดหมุนที่น้อยกว่าระยะของแรงต้าน เราต้องออกแรงพยายามอย่างไรเทียบกับน้ำหนักวัตถุเพื่อยกวัตถุขึ้น”		





ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ลองคิดอีกที การผ่อนแรงหมายถึงเราออกแรงน้อยกว่าน้ำหนักจริงของวัตถุ แต่ในข้อ 1 เราพิสูจน์แล้วว่าต้องออกแรงมากกว่าน้ำหนักวัตถุ”



ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ คานอันดับ 1 มีจุดหมุนอยู่ตรงกลาง ทำให้เราสามารถออกแบบให้ระยะระหว่างแรงพยายามกับจุดหมุนยาวกว่า เทียบเท่า หรือสั้นกว่า ระยะของแรงต้าน”

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

คำถามท้ายทำกิจกรรมที่ 1 คานอันดับ 1

4. จากรูป มีการผ่อนแรงเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

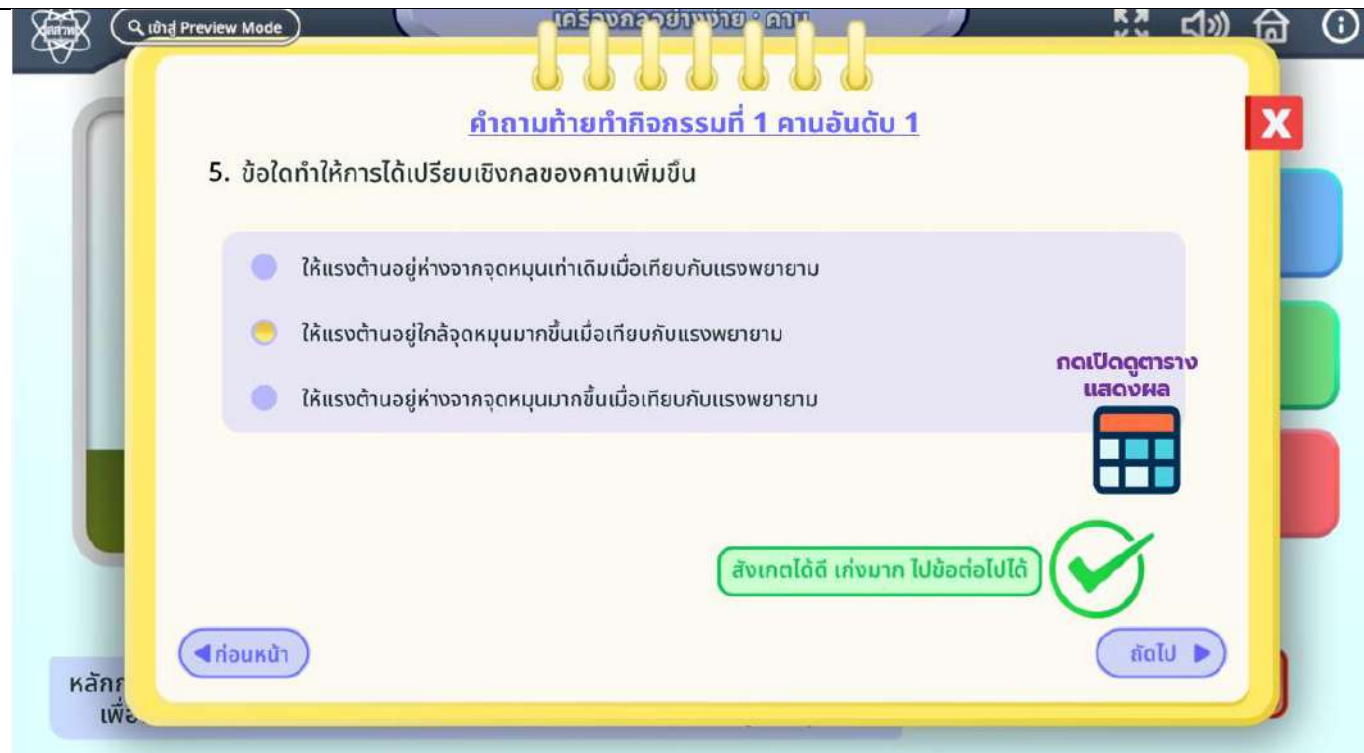
- ☐ ผ่อนแรง เพราะ จุดหมุนอยู่ระหว่างแรงต้านกับแรงพยายาม
- ☐ ไม่ผ่อนแรง เพราะ แรงพยายามอยู่ใกล้จุดหมุนมากกว่าแรงต้าน
- ☒ ผ่อนแรง เพราะ แรงต้านอยู่ใกล้จุดหมุนมากกว่าแรงพยายาม

กดเปิดดูตารางแสดงผล

ก่อนหน้า

ตรวจสอบคำตอบ

ถ้าตอบข้อ 4 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองสังเกตระหว่างตำแหน่งที่ออกแรงกีดกันกับตำแหน่งที่วางวัตถุ ฝั่งไหนอยู่ไกลจากจุดหมุนกว่ากัน การผ่อนแรงจะเกิดขึ้นเมื่อฝั่งที่ออกแรงอยู่ไกลจากจุดหมุนมากกว่า”



ถ้าตอบข้อ 5 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ นี่ถึงการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เป็นอัตราส่วนระหว่างอะไรกับอะไร แล้วถ้าต้องการให้ค่าการได้เปรียบเชิงกลเพิ่มขึ้น ต้องเพิ่มตัวเลขหรือตัวส่วน แล้วต้องลดตัวเลขหรือตัวส่วน”

คำถามท้ายกิจกรรมที่ 2

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

คำถามท้ายกิจกรรมที่ 2 คานอันดับ 2

1. ไม้ที่เปิดฝาขวด ดังรูป อุปกรณ์นี้ช่วยผ่อนแรงหรือไม่ เพราะเหตุใด

- ☐ ผ่อนแรง เพราะตำแหน่งแรงต้านอยู่ใกล้จุดหมุนมากกว่าแรงพยายาม
- ☐ ไม่ผ่อนแรง เพราะตำแหน่งแรงต้านอยู่ตำแหน่งเดียวกับแรงต้าน
- ☐ ไม่ผ่อนแรง เพราะตำแหน่งแรงพยายามอยู่ใกล้จุดหมุนมากกว่าแรงต้าน

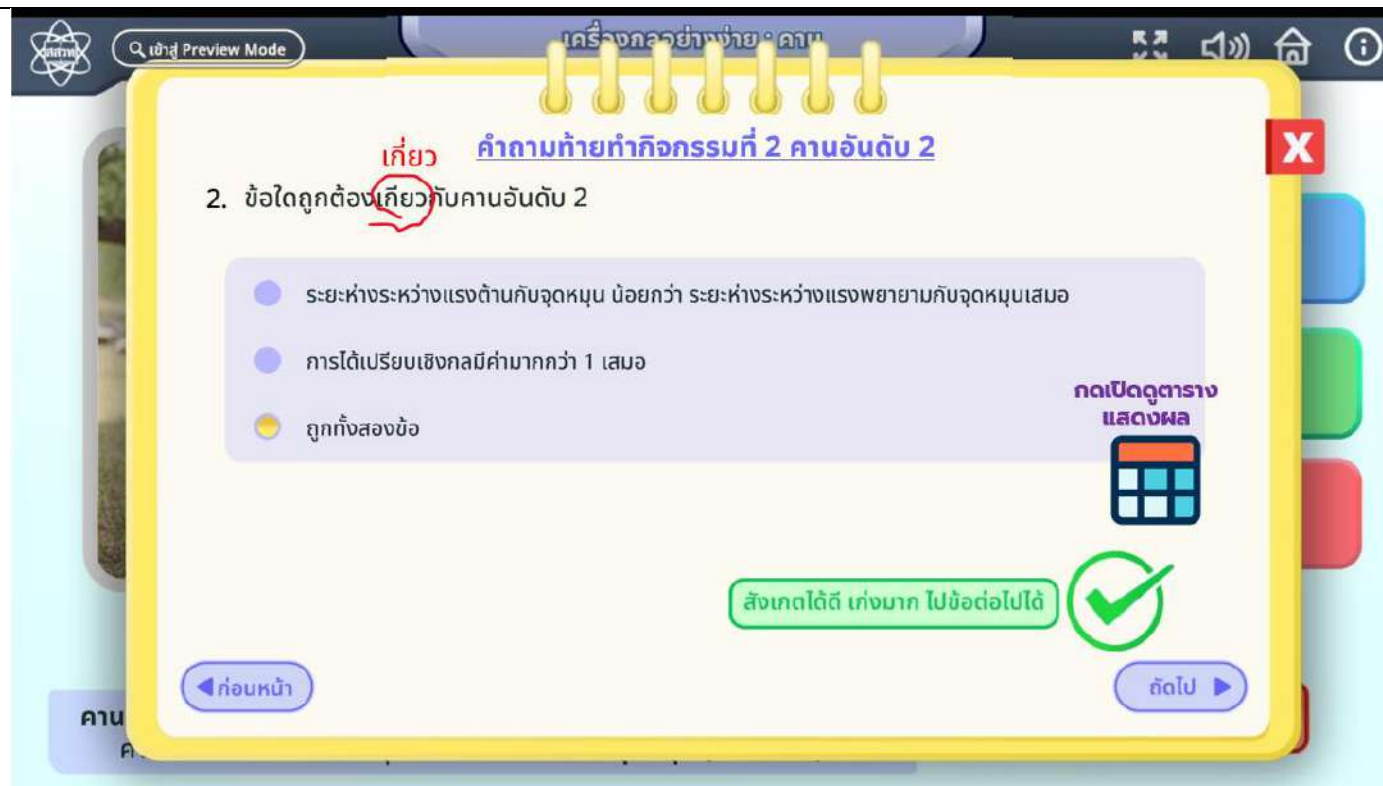
กดเปิดดูตารางแสดงผล

จุดหมุน แรงพยายาม แรงต้าน

สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

ก่อนหน้า ถัดไป

ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ระยะระหว่างแรงพยายามกับจุดหมุนมากหรือน้อยกว่าระยะระหว่างแรงต้านกับจุดหมุน”



แก้ไขคำถาม “เกี่ยว” เป็น “เกี่ยว”

ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ คานอันดับ 2 มีจุดหมุนอยู่ตำแหน่งใด เทียบกับระยะ r และ R ”

เข้าสู่ Preview Mode

คำถามท้ายทำกิจกรรมที่ 2 คานอันดับ 2

3. เมื่อพิจารณาคานอันดับ 2 ที่มีระยะ r และ R แตกต่างกัน คานอันดับ 2 แบบใด ช่วยผ่อนแรงมากที่สุด เพราะเหตุใด

- ☐ แบบที่มีระยะ r มากที่สุด
- ☐ แบบที่มีระยะ R น้อยที่สุด
- ☐ แบบที่มีอัตราส่วนระหว่างระยะ R กับระยะ r มากที่สุด

กดเปิดดูตาราง
แสดงผล

เก่งมาก คานที่มีระยะระหว่างตำแหน่งที่ออกแรงพยายามกับจุด
หมุนมากเมื่อเทียบกับระยะระหว่างตำแหน่งแรงดันกับจุดหมุน
($R \gg r$) จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้
มากที่สุด

← ก่อนหน้า

ถัดไป →

ไปข้อ

ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล คานแบบใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

ถ้าตอบข้อ 3 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก คานที่มีระยะ R มากเมื่อเทียบกับระยะ r จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด”

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

เข้าสู่ Preview Mode

คำถามท้ายทำกิจกรรมที่ 2 คานอันดับ 2

4. ในกรณีที่มีแรงเสียดทานที่แกนหมุน ปริมาณต่อไปนี้ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน

แรงที่ให้กับคาน F_{in} จะมีค่า	เพิ่มขึ้น	✓
การได้เปรียบเชิงกลของคาน จะมีค่า	ลดลง	✓
ประสิทธิภาพของคาน จะมีค่า	ลดลง เท่าเดิม เพิ่มขึ้น	✓

กดเปิดดูตารางแสดงผล

เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดึงคานเพื่อยกวัตถุมากขึ้น น้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่แกนหมุน ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง

← ก่อนหน้า

ถัดไป →

ไปข้อต่อไป

ถ้าตอบข้อ 4 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองนึกถึงโลกแห่งความจริง ถ้าคานฝืด เราต้องออกแรงดึงคานเพื่อยกวัตถุมากขึ้นหรือไม่ แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ ทำให้เราต้องใช้แรงพยายามมากขึ้น แต่ได้งานออกมาเท่าเดิมหรือน้อยลง แล้วการได้เปรียบเชิงกลกับประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง”

ถ้าตอบข้อ 4 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดึงคานเพื่อยกวัตถุมากขึ้น วัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทาน ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง”

คำถามท้ายกิจกรรมที่ 3

คำถามท้ายทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

1. เครื่องใช้ทั้งหมดในข้อใดผ่อนแรงได้

- ☐ กรรไกร คีมคีบถ่าน รถเข็นล้อเดียว
- ☐ แท่นตัดกระดาษด้วยมือ กรรไกร ตะเกียบ
- ☐ รถเข็นล้อเดียว คีม ค้อนถอนตะปู

กดเปิดดูตารางแสดงผล

ก่อนหน้า

ตรวจคำตอบ

ยังไม่ถูก ลองใหม่อีกครั้ง

ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ เครื่องใช้ใด การใช้งานเป็นคานอันดับ 3 ที่ไม่ช่วยผ่อนแรงเลย”

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

เข้าสู่ Preview Mode

คำถามท้ายทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

2. หากใช้พลั่วตักดิน โดยหัวพลั่วใช้ตักดิน และมือซ้ายออกแรงตักดินและยกพลั่วขึ้น โดยที่มือขวาจับปลายด้ามพลั่วไว้หนึ่ง ๆ ดังรูป การใช้พลั่วกรณีนี้เป็นคานอันดับใด เพราะเหตุใด

- พลั่วเป็นคานอันดับที่ 1 เพราะจุดหมุน (ปลายด้ามพลั่ว) อยู่ระหว่างแรงพยายาม (มือซ้าย) และแรงต้าน (หัวพลั่ว)
- พลั่วเป็นคานอันดับที่ 2 เพราะแรงต้าน (หัวพลั่ว) อยู่ระหว่างจุดหมุน (ปลายด้ามพลั่ว) และแรงพยายาม (มือขวา)
- พลั่วเป็นคานอันดับที่ 3 เพราะแรงพยายาม (มือซ้าย) อยู่ระหว่างจุดหมุน (ปลายด้ามพลั่ว) กับแรงต้าน (หัวพลั่ว)

ปลายพลั่ว



สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

กดเปิดดูตารางแสดงผล

ก่อนหน้า

ถัดไป

ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ จุดหมุนของการใช้พลั่วนี้ อยู่ที่ตำแหน่งใดเทียบตำแหน่งที่ออกแรงพยายามกับตำแหน่งที่มีแรงต้าน”



เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

ค้นหา Preview Mode

คำถามท้ายทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

แกน

3. กรณีมีแรงเสียดทานที่จุดหมุน ประสิทธิภาพของคาน $\text{Efficiency} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100\%$ และการได้เปรียบเชิงกล $\text{M.A.} = \frac{F_{\text{out}}}{F_{\text{in}}}$ จะมีค่าเท่าใด

- ประสิทธิภาพ 100 % เสมอ และอัตราส่วนการได้เปรียบเชิงกล $\frac{F_{\text{out}}}{F_{\text{in}}} = \frac{R}{r}$
- ประสิทธิภาพต่ำกว่า 100 % เสมอ และอัตราส่วนการได้เปรียบเชิงกล $\frac{F_{\text{out}}}{F_{\text{in}}} < \frac{R}{r}$
- ประสิทธิภาพเกิน 100 % เสมอ และอัตราส่วนการได้เปรียบเชิงกล $\frac{F_{\text{out}}}{F_{\text{in}}} > \frac{R}{r}$

กดเปิดดูตารางแสดงผล

ยังไม่ถูก ลองใหม่อีกครั้ง

ก่อนหน้า

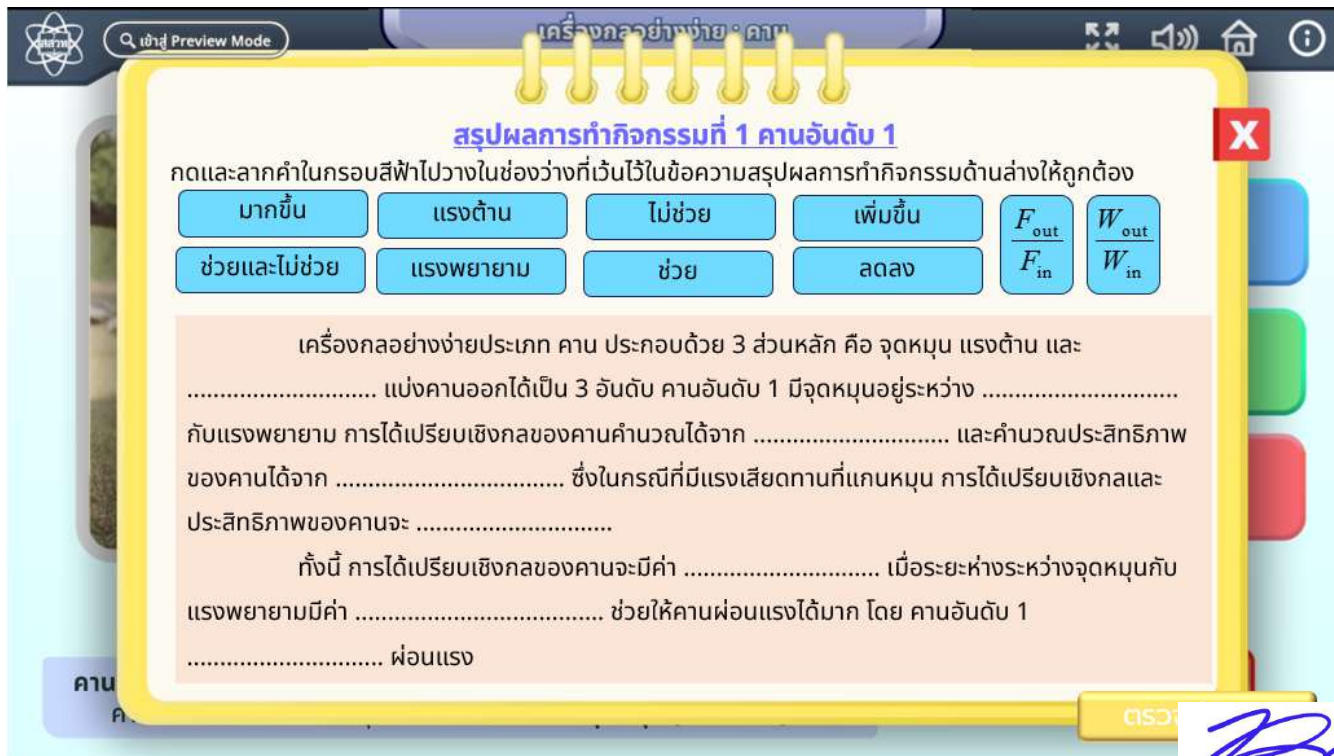
ตรวจคำตอบ

แก้ไขคำว่า “จุดหมุน” เป็น “แกนหมุน”

ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ถ้าคานฝืด เราต้องออกแรงดึงคานเพื่อยกวัตถุมากขึ้นหรือไม่ แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ ทำให้เราต้องใช้แรงพยายามมากขึ้น แต่ได้งานออกมาเท่าเดิมหรือน้อยลง แล้วการได้เปรียบเชิงกลกับประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ”

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
9.	สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 - ไม่มีการสรุปผลการทำกิจกรรม - ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ	- เพิ่มสรุปผลการทำกิจกรรมเมื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรมครบแต่ละกิจกรรมแล้ว โดยให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง - มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟคปรบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว - เมื่อทำกิจกรรมครบ 3 ให้มีปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้	— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย แต่ละกิจกรรม ไม่รวบเป็นครั้งเดียว — ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ — ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว — มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1 คานอันดับ 1
-- ไม่มี --	

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1 คานอันดับ 1

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ช่วยและไม่ช่วย

ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางแสดงผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้

เครื่องกลอย่างง่ายประเภท คาน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ จุดหมุน แรงต้าน และ แรงพยายาม

แรงต้าน F_{out} แรงต้าน

กับแรงพยายาม การได้ $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ของกลของคานคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก ซึ่งในกรณีที่ มีแรงเสียดทานที่จุดหมุน การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานจะ ... ลดลง

ทั้งนี้ การได้เปรียบเชิงกลของคานจะมีค่า .. เพิ่มขึ้น เมื่อระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับแรงพยายามมีค่า มากขึ้น ช่วยให้คานผ่อนแรงได้มาก โดย คานอันดับ 1

ช่วย ผ่อนแรง

ตรวจสอบคำตอบ

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1 คานอันดับ 1

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ไม่ช่วย

ช่วย

เครื่องกลอย่างง่ายประเภท คาน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ จุดหมุน แรงต้าน และ แรงพยายาม

คานอันดับ 1 $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ อยู่ระหว่าง

กับแรงพยายาม การได้ $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ซึ่งกลของคานคำนวณได้จาก และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก ซึ่งในกรณีที่ม่แรงเสียดทานที่แกนหมุน การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานจะ ลดลง

ทั้งนี้ การได้เปรียบเชิงกลของคานจะมีค่า .. เพิ่มขึ้น เมื่อระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับแรงพยายามมีค่า มากขึ้น

ช่วยและไม่ช่วย ผ่อนแรง

ตรวจคำตอบ

ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างถูกต้องทั้งหมด แต่ยังทำกิจกรรมไม่ครบ 3 กิจกรรม ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรมที่ 1 ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว กลับไปศึกษา กิจกรรมที่เหลือ” ทำเป็นกราฟิกมีสีสัน ออกแบบสวยงาม พร้อมมีริบบิ้น และเสียงปรบมือยินดี

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1 คานอันดับ 1

กตและลากค่าในกรอบสี่เหลี่ยมไปวางใน ช่องว่างที่ ... ในข้อคำถามสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ไม่ช่วย ❌

ช่วย ✅

**ทำกิจกรรมที่ 1 ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว
กลับไปศึกษากิจกรรมที่เหลือ**

เครื่องจักร เครื่องจักรที่ 1 ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว และเครื่องจักรที่ 2

แรงพยายาม การได้ ... ซึ่งกลของคานคำนวณได้จาก W_{out} และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก W_{in} ซึ่งในกรณีที่ มีแรงเสียดทานที่แกนหมุน การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานจะ ... ลดลง

ทั้งนี้ การได้เปรียบเชิงกลของคานจะมีค่า .. เพิ่มขึ้น เมื่อระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับแรงพยายามมีค่า ... มากขึ้น ช่วยให้คุณผ่อนแรงได้มาก โดย คานอันดับ 1 ช่วยและไม่ช่วย ... ผ่อนแรง

ตรวจคำตอบ

แต่ถ้าทำกิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่ 3 จะมีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรมเรื่อง คาน ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” พร้อมมีริบบิ้น และเสียงปรบมือยินดี แล้วมีปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ให้สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 2 คานอันดับ 2


เข้าสู่ Preview Mode

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

🔍 🔊 🏠 ℹ️

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 2 คานอันดับ 2

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ช่วย

แรงต้าน

ไม่มีแรงเสียดทาน

การได้เปรียบเชิงกล

$\frac{F_{out}}{F_{in}}$

$\frac{W_{out}}{W_{in}}$

ไม่ช่วย

จุดหมุน

มีแรงเสียดทาน

ประสิทธิภาพ

เครื่องกลอย่างง่ายประเภท คาน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ แรงต้าน และแรงพยายาม คานอันดับ 2 มี อยู่ระหว่าง จุดหมุนกับแรงพยายาม การได้เปรียบเชิงกลของคานคำนวณได้จาก และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก..... ซึ่งในกรณีที่ ที่แกนหมุน การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานจะลดลง ทั้งนี้ ของคานจะมีค่ามากขึ้น เมื่อระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับแรงพยายามมีค่ามากขึ้น ช่วยให้คานผ่อนแรงได้มาก โดย คานอันดับ 2 ผ่อนแรงเสมอ

ตรวจสอบคำตอบ



เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

เข้าสู่ Preview Mode

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 2 คานอันดับ 2

ทดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

ไม่มีแรงเสียดทาน

ไม่ช่วย ประสิทธิภาพ

เครื่องกลอย่างง่ายประเภท คาน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ จุดหมุน แรงต้าน และ แรงพยายาม คานอันดับ 2 อยู่ระหว่าง จุดหมุนกับแรงพยายาม การได้เปรียบเชิงกลของคานคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ซึ่งในกรณีที่ มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานจะลดลง ทั้งนี้ การได้เปรียบเชิงกลของคานจะมีค่ามากขึ้น เมื่อระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับแรงพยายามมีค่ามากขึ้น ช่วยให้คานผ่อนแรงได้มาก โดย คานอันดับ 2 ช่วยผ่อนแรงเสมอ

ตรวจสอบคำตอบ

ในส่วนของการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ 2 ถ้าตรวจสอบคำตอบผิด หรือ ถูก มี feedback แบบเดียวกับกรณีกิจกรรมที่ 1

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

เข้าสู่ Preview Mode

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

และช่วย	แรงต้าน	เพิ่มขึ้น	แรงพยายาม	มากกว่า
แต่ไม่ช่วย	แรงเสียดทาน	ลดลง	ประสิทธิภาพ	น้อยกว่า

คานอันดับ 3 มี แรงพยายาม อยู่ระหว่างจุดหมุนกับ..... การได้เปรียบเชิงกลของคานคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ซึ่งในกรณีที่มีแรงเสียดทานที่แกนหมุน การได้เปรียบเชิงกลและ.....ของคานจะลดลง

ทั้งนี้ คานอันดับ 3 ช่วยอำนวยความสะดวก ผ่อนแรง การได้เปรียบเชิงกลของคานอันดับ 3 จึงมี 1 เสมอ

ตรวจสอบคำตอบ

เครื่องกลอย่างง่าย : คาน

เข้าสู่ Preview Mode

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

และช่วย เพิ่มขึ้น แรงพยายาม มากกว่า
แรงเสียดทาน ลดลง

คานอันดับ 3 มี แรงพยายาม อยู่ระหว่างจุดหมุนกับ **แรงต้าน** ✓ การได้เปรียบเชิงกลของ
คานคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ซึ่งในกรณีที่มีแรงเสียดทาน
ที่แกนหมุน การได้เปรียบเชิงกลและ.. **ประสิทธิภาพ** ✓ ...ของคานจะลดลง
ทั้งนี้ คานอันดับ 3 ช่วยอำนวยความสะดวก ... **แต่ไม่ช่วย** ✓ ...ผ่อนแรง การได้เปรียบ
เชิงกลของคานอันดับ 3 จึงมี ... **น้อยกว่า** ✓ ... 1 เสมอ

ตรวจสอบคำตอบ

ในส่วนของการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 ถ้าตรวจคำตอบผิด หรือ ถูก มี feedback แบบเดียวกับกรณีกิจกรรมที่ 1

สร้างทูลอย่างง่าย: คาน

สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

คุณจะได้เปรียบเชิงกลของคาน

ทำกิจกรรมเรื่อง คาน ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว

คาน

คานคำนวณได้จาก F_{in} และคำนวณประสิทธิภาพของคานได้จาก $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ ซึ่งในกรณี แรงเสียดทานที่แกนหมุน การได้เปรียบเชิงกลและ.. ประสิทธิภาพ ...ของคานจะลดลง

ทั้งนี้ คานอันดับ 3 ช่วยอำนวยความสะดวก ... แต่ไม่ช่วย ...

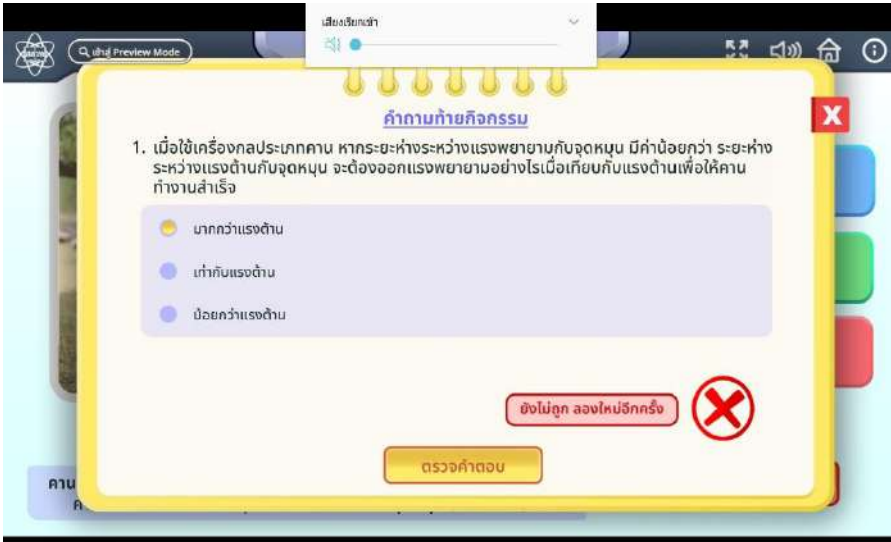
เชิงกลของคานอันดับ 3 จึงมี ... น้อยกว่า ... 1 เสมอ

ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ

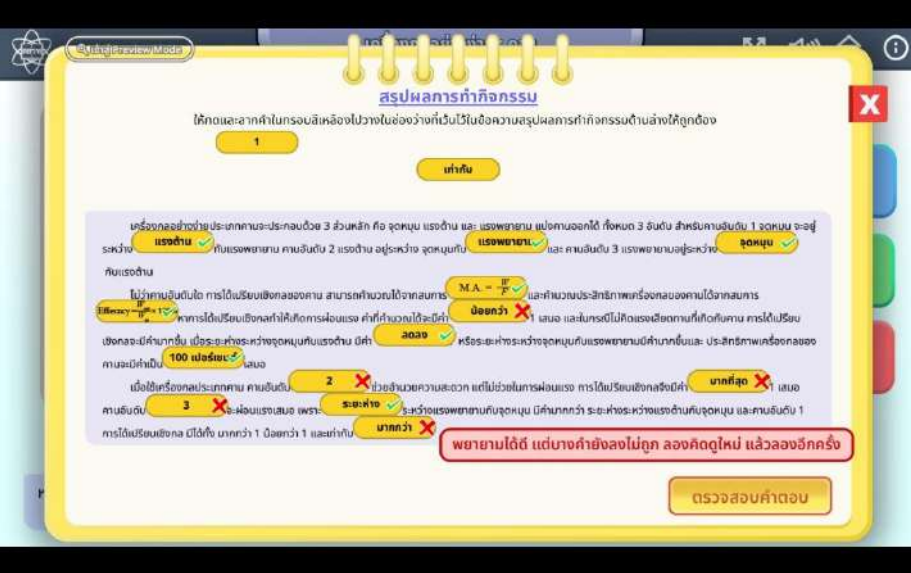
ตรวจสอบคำตอบ

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
10.	สำหรับกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 กรอบข้อความแสดงขั้นตอน “กลับไปยังหน้าเลือกกิจกรรม เพื่อเลือกคานระดับอื่น ๆ” หลังจากทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรมเสร็จครบตามเป้าหมายแล้ว	— แก้ไขข้อความ “ทำกิจกรรมที่ 1 ครบตามเป้าหมายแล้ว สามารถทำกิจกรรมนี้เพิ่มเติม หรือกลับไปยังหน้าเลือกกิจกรรม เพื่อเลือกคานระดับอื่น ๆ”	— บางคน อาจต้องการศึกษาเพิ่มเติม อยากรู้เพิ่มเติม แต่ต้องถูกบังคับให้ออกจากกิจกรรม
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	
			



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
11.	คำถามท้ายกิจกรรม ที่ปรากฏเมื่อทำกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 เสร็จแล้ว	— ตัดออก แล้วนำไปแบ่งเป็นคำถามท้ายกิจกรรมแต่ละกิจกรรม	— คำถามท้ายกิจกรรม ที่ปรากฏเมื่อทำกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 เสร็จแล้ว มีความยาวเกินไปและอาจทำให้ผู้ใช้งานลืมกิจกรรมที่ทำผ่านมาแล้ว
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
12.	สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ปรากฏหลังตอบคำถามท้ายกิจกรรม เสร็จแล้ว	— ตัดออก แล้วนำไปแบ่งเป็นคำถามท้ายกิจกรรมแต่ละกิจกรรม	— สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ปรากฏเมื่อทำตอบคำถามท้ายกิจกรรม เสร็จแล้ว มีตัวอักษรที่เล็กแล้วมีความยาวเกินไปและอาจทำให้ผู้ใช้เรียนรู้ได้ไม่มีประสิทธิภาพที่ดี
ภาพประกอบการแก้ไข			
หน้าจอแสดงสื่อเดิม 		ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	

