เอกสารแนบ 1

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

1. ความเป็นมา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหน่วยงานหลักในการยกระดับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ ทั้งนี้นอกจากหนังสือเรียนแล้ว สื่อการเรียนรู้ยังเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับใช้ประกอบการเรียนรู้ในหนังสือเรียน ในการนี้ สสวท. ได้มีการพัฒนาสื่อในรูปแบบสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation) เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิผล เป็นการช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รวมทั้งการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่สอดคล้องกับแนวทางการขับเคลื่อนการจัดการศึกษาฐานสมรรถนะในปัจจุบัน จึงต้องจัดจ้างผู้ผลิตสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ ที่มีประสบการณ์และความชำนาญ เข้าใจในบริบทของการนำเสนอเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ อันจะส่งผลต่อการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์

2. วัตถุประสงค์

จ้างเหมาพัฒนา “สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์” ที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิผล จำนวน 14 เรื่อง

3. คุณสมบัติของผู้ยื่นข้อเสนอ

3.1 มีความสามารถตามกฎหมาย

3.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย

3.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ

3.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง

3.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทิ้งงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทิ้งงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทิ้งงานเป็นหุ้นส่วน ผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย

3.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

3.7 เป็นนิติบุคคลผู้มีอาชีพรับจ้างงานที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว

3.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ในครั้งนี้

3.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นว่านั้น

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 และเป็นผลงานที่เป็นคู่สัญญาโดยตรงกับส่วนราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจหรือหน่วยงานเอกชน

4. ขอบเขตของการดำเนินงาน

สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ ประกอบหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิผล จำนวน 14 เรื่อง ดังนี้

1) ฟิชชัน
2) ปฏิกิริยาลูกโซ่
3) โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก
4) การสะท้อนของคลื่น
5) ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก
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 ผู้รับจ้างต้องจัดทำแผนการใช้พัสดุที่ผลิตภายในประเทศ โดยต้องใช้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของมูลค่าพัสดุที่จะใช้ในงานจ้างนี้ (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 เวอร์ชั่น 103 ขึ้นไป
- Google Chrome สำหรับระบบปฏิบัติการ iOS เวอร์ชั่น 103 ขึ้นไป
- Safari สำหรับระบบปฏิบัติการ iOS และ macOS เวอร์ชั่น 16 ขึ้นไป
- Microsoft Edge สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows เวอร์ชั่น 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 โดยจัดเก็บไฟล์สื่ออย่างเป็นระบบและส่งมอบให้ สสวท.

5. กำหนดเวลาส่งมอบพัสดุ

ภายใน 120 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาจ้าง

6. หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

เกณฑ์ราคา

7. วงเงินงบประมาณ/วงเงินที่ได้รับการจัดสรร

จำนวนเงิน 1,372,000 บาท (หนึ่งล้านสามแสนเจ็ดหมื่นสองพันบาทถ้วน) ซึ่งได้รวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว

8. งวดงานและการจ่ายเงิน

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

- แผนการดำเนินงานตามที่กำหนดในข้อ 4.1 โดยส่งมอบภายใน 10 (สิบ) วัน นับถัดจากวันลงนามสัญญา
- แผนการใช้พัสดุที่ผลิตภายในประเทศ โดยต้องใช้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของมูลค่าพัสดุที่จะใช้ในงานจ้างนี้ (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 ที่ใช้สำหรับเผยแพร่ จำนวน 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. การกำหนดระยะเวลารับประกันความชำรุดบกพร่อง

10.1 ผู้รับจ้างจะต้องแก้ไขสื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ จนสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ และใช้งานได้กับอุปกรณ์และระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในขอบเขตการดำเนินงานข้อ.4

10.2 ผู้รับจ้างต้องรับประกันผลงานให้ใช้งานได้อย่างถูกต้องเป็นระยะเวลา 1 ปี หลังจากวันส่งมอบงานและตรวจรับผ่านแล้ว หากเกิดความชำรุดบกพร่อง ต้องปรับแก้ภายใน 10 วัน

11. ลิขสิทธิ์

11.1 ผลงานที่ผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้ว (สื่อดิจิทัลสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ และเอกสารที่ได้พัฒนาหรือจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในงานนี้ทั้งหมด) รวมถึงสื่ออื่น ๆ ที่ใช้ประกอบสื่อ ถือเป็นลิขสิทธิ์ของ สสวท. โดยเด็ดขาด ซึ่ง สสวท. สามารถนำไปใช้เผยแพร่ได้ในสื่อทุกประเภท โดยไม่จำกัดเงื่อนไข ทั้งรูปแบบออฟไลน์และออนไลน์

11.2 ผู้รับจ้างต้องไม่นำงานที่ผลิตให้กับ สสวท. ไปเผยแพร่หรือกระทำการใด ๆ เพื่อแสวงหาผลประโยชน์ โดยมิได้รับอนุญาตจาก 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 ผู้รับจ้างจะต้องชดใช้ค่าเสียหายที่เกิดขึ้นตามมูลค่าที่ 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 บันทึกและวิเคราะห์เพื่อสรุปผลและตอบคำถาม

สื่อดิจิทัลมีการตอบสนองแบบเรียลไทม์ เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ พร้อมเสียงซาวด์เอฟเฟคและเสียงบรรยายความหมายของคำ 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):** มีโปรแกรมช่วยคำนวณในตัวเพื่อหาค่าพลังงานที่ปลดปล่อย (Energy Released) และส่วนพร่องมวล (Mass Defect) พร้อมช่องบันทึกคำตอบที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทันที (Instant Feedback)

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

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อนี้ ผู้เรียนจะบรรลุวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้:

1. **อธิบายกระบวนการ:** ผู้เรียนสามารถลำดับขั้นตอนและระบุปัจจัยสำคัญของการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันได้อย่างถูกต้อง
2. **คำนวณพลังงาน:** ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน ($E=mc^2$) เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันได้

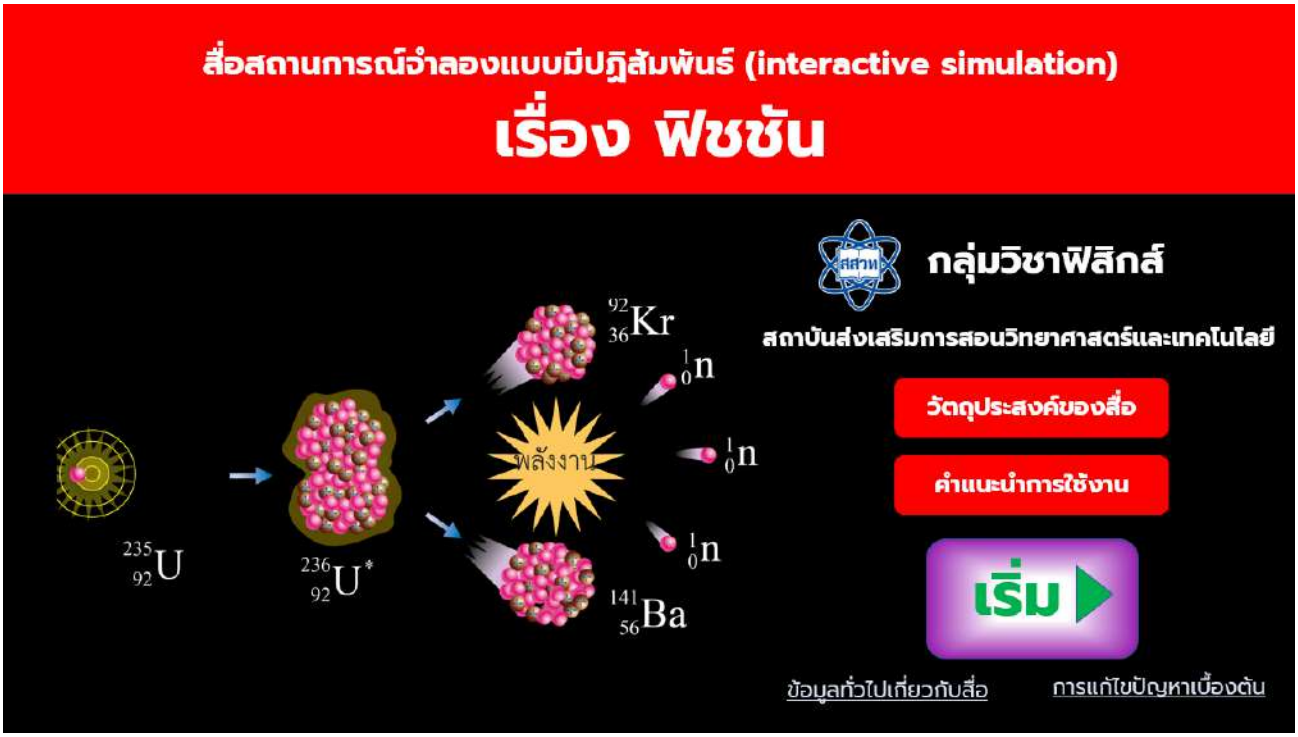
หน้าปก	

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. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฟิชชัน
2. เพื่อประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานในการคำนวณพลังงานนิวเคลียร์ที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน



ส่วน **“คำแนะนำการใช้งาน”** จะจัดทำเป็นแบบ infographic ซึ่งจะดำเนินการภายหลังที่ได้สตอรี่บอร์ดที่มีการแก้ไขแล้ว

ส่วน **“ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ”** เป็นกรอบแสดงรายชื่อคณะผู้จัดทำ คณะบรรณาธิการ ระบบและอุปกรณ์ที่รองรับการใช้งานสื่อฯ รวมทั้งเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการพัฒนาสื่อ ซึ่งจะจัดทำในภายหลัง

ส่วน **“การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น”** เป็นกรอบแสดงคำแนะนำการใช้งานสื่อบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในประเด็นการขยายหน้าจอ

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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



ปุ่ม Interactive

<u>ส่วนแถบด้านบนขวา</u>

<u>ส่วนแถบด้านบน</u>

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

<u>ส่วนแสดงสถานการณ์จำลอง</u>

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

<u>ส่วนแถบด้านล่าง</u>

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

ปุ่ม navigation

1. ปุ่มรูปบ้าน  กลับไปยังหน้าปก

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

เริ่มต้นกิจกรรม สื่อจะแสดงกรอบให้ผู้ใช้กดดูคำถามสำคัญและเป้าหมายของกิจกรรม 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”

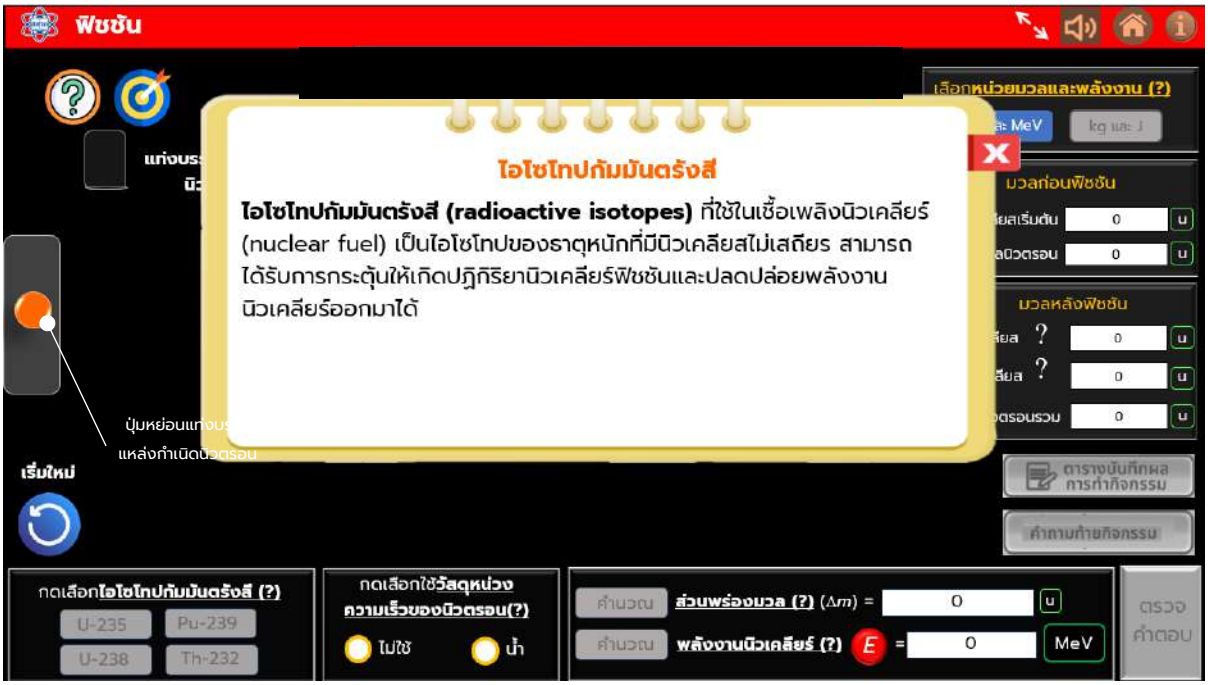




กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

หลังจากดูคำถามสำคัญและเป้าหมายแล้ว สื่อจะให้ผู้ใช้ศึกษาคำศัพท์ที่เป็นคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนา





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

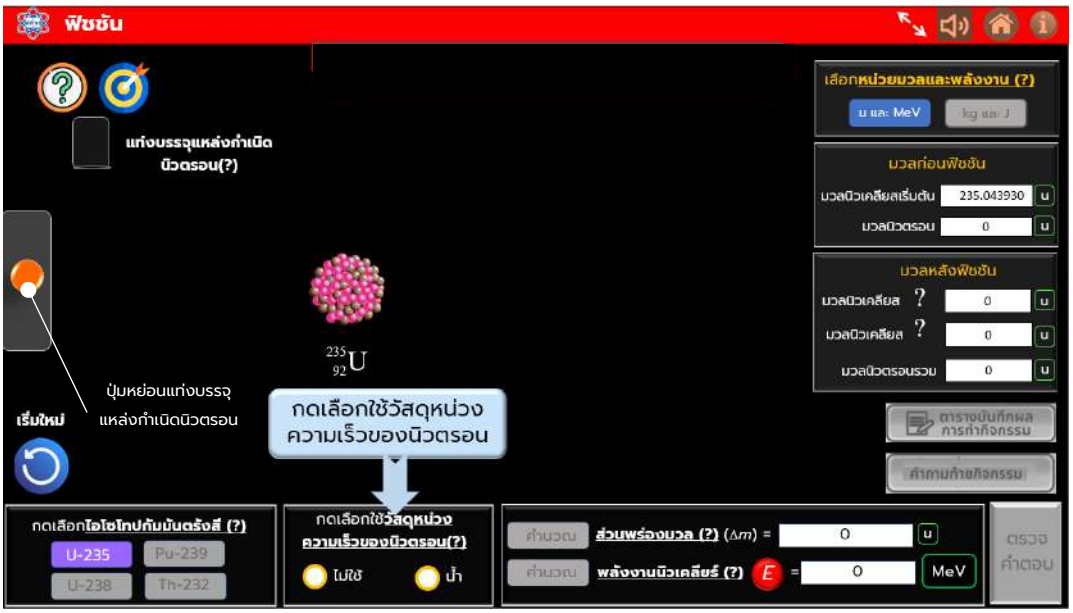




กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

ลำดับต่อไป กรอบแสดงขั้นตอนจะมีลูกศรชี้ไปที่กรอบเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอนพร้อมข้อความ “กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน” เมื่อกดแล้ว สื่อจะแสดงปุ่มที่เลือกเป็นสีส้มทึบ โดยถ้าเลือก “น้ำ” พื้นหลังจะเป็นสีฟ้า ถ้าเลือก “ไม่ใช้” พื้นหลังจะยังคงเป็นสีดำ





กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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





กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

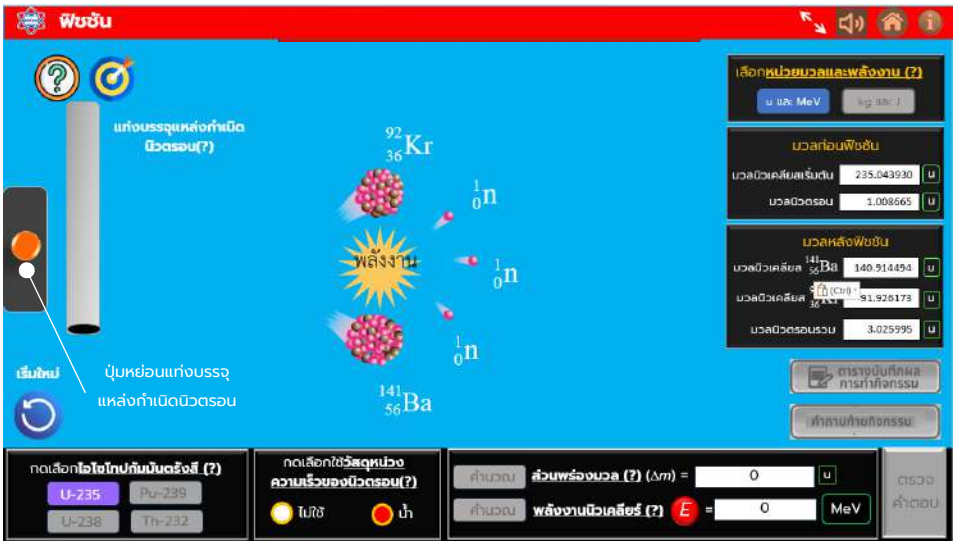
รายละเอียด

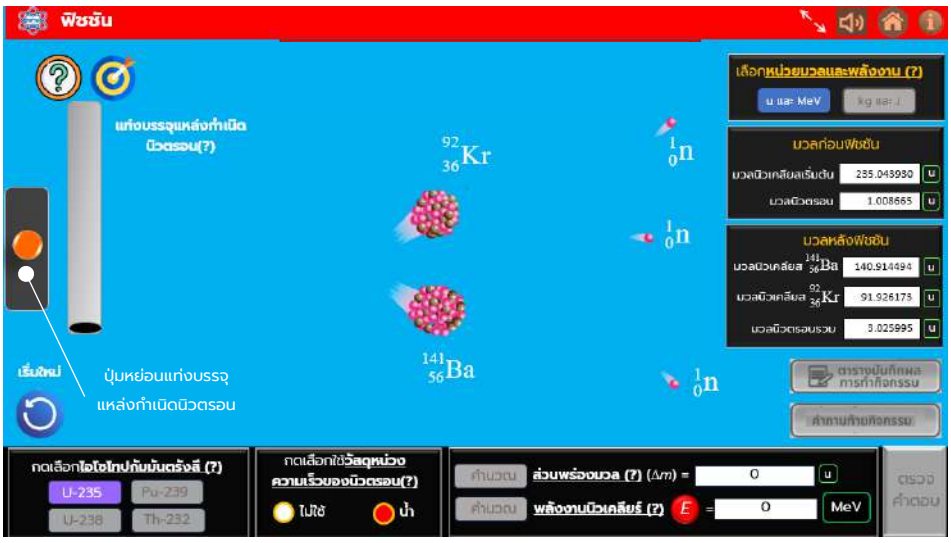
<u>กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 (U-235) หรือ พลูโทเนียม-239 (Pu-239) และเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอนเป็น “น้ำ”</u> นิวตรอนจะถูกจับโดยนิวเคลียส ทำให้นิวเคลียสสั่นมากกว่าเดิม จากนั้น แยกออกเป็นนิวเคลียสที่มีมวลน้อยกว่า 2 นิวเคลียส พร้อมปล่อยนิวตรอนออกมา 2 - 3 นิวตรอน พร้อมกับพลังงานที่เป็นแสงวาบ จากนั้น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






ฟิชชัน
แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)
ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน
เริ่มใหม่
เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)
u และ MeV
kg และ J
มวลก่อนฟิชชัน
มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u
มวลนิวตรอน 1.008665 u
มวลหลังฟิชชัน
มวลนิวเคลียส 141 56 Ba 140.914494 u
มวลนิวเคลียส 92 36 Kr 91.926173 u
มวลนิวตรอนรวม 0 u
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)
U-235
Pu-239
U-238
Th-232
กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน(?)
ไม่ใช้
น้ำ
คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u
คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV
ตรวจคำตอบ

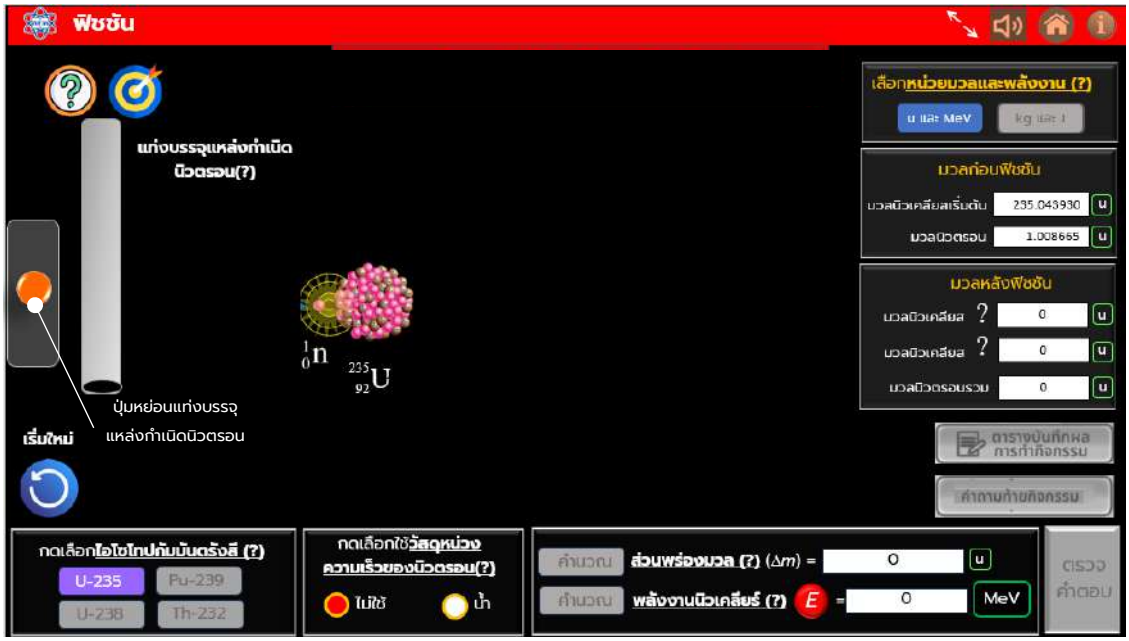

ฟิชชัน
แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)
ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน
เริ่มใหม่
เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)
u และ MeV
มวลก่อนฟิชชัน
มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u
มวลนิวตรอน 1.008665 u
มวลหลังฟิชชัน
มวลนิวเคลียส 141 56 Ba 140.914494 u
มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)
U-235
Pu-239
U-238
Th-232
กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน(?)
ไม่ใช้
น้ำ
คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u
คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV
ตรวจคำตอบ

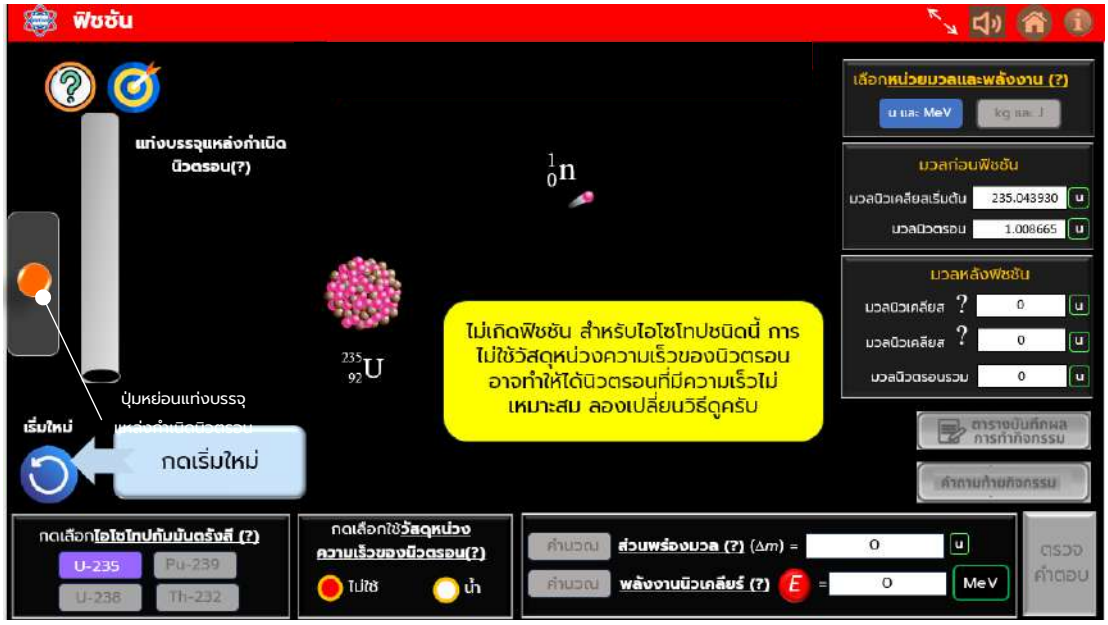

ฟิชชัน
แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)
ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน
เริ่มใหม่
เลือกหน่วยมวลและพลังงาน (?)
u และ MeV
kg และ J
มวลก่อนฟิชชัน
มวลนิวเคลียสเริ่มต้น 235.043930 u
มวลนิวตรอน 1.008665 u
มวลหลังฟิชชัน
มวลนิวเคลียส 141 56 Ba 140.914494 u
มวลนิวเคลียส 92 36 Kr 91.926173 u
มวลนิวตรอนรวม 3.025995 u
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)
U-235
Pu-239
U-238
Th-232
กดเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน(?)
ไม่ใช้
น้ำ
คำนวณ ส่วนพร่องมวล (?) (Δm) = 0 u
คำนวณ พลังงานนิวเคลียร์ (?) E = 0 MeV
ตรวจคำตอบ

กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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

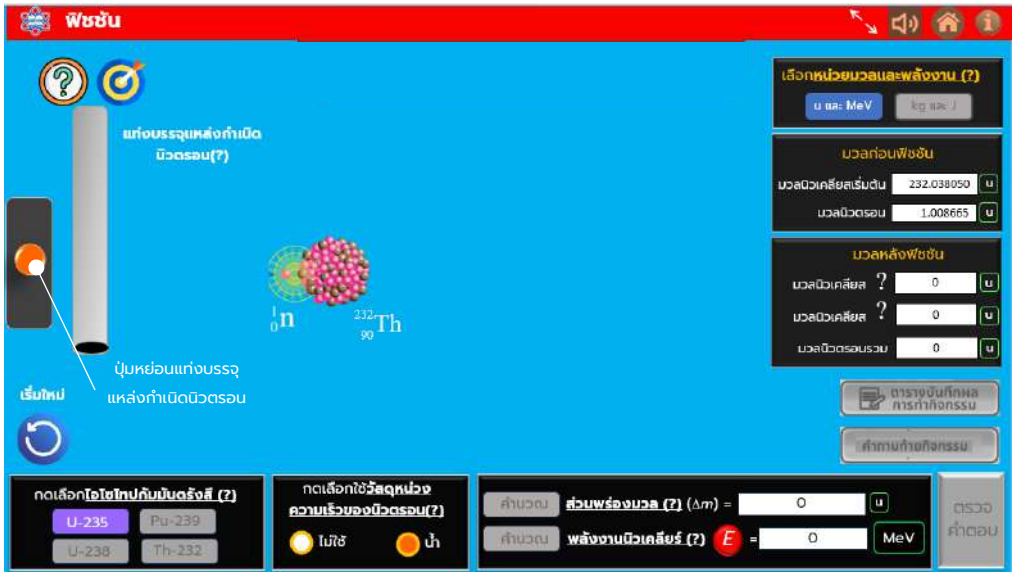




กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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





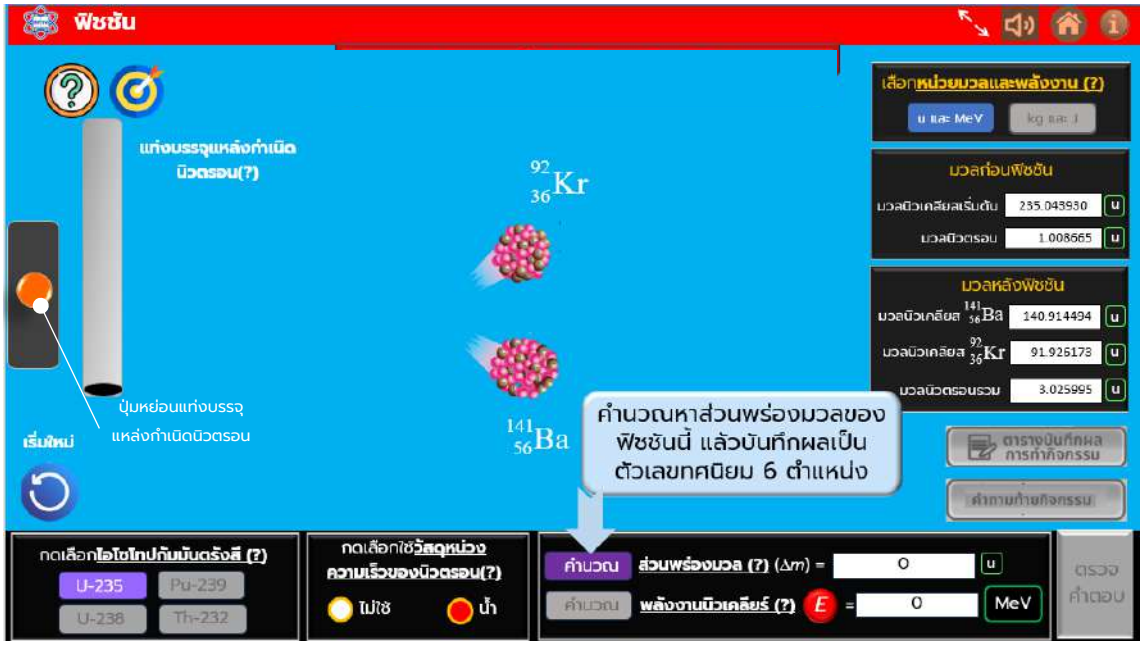
กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

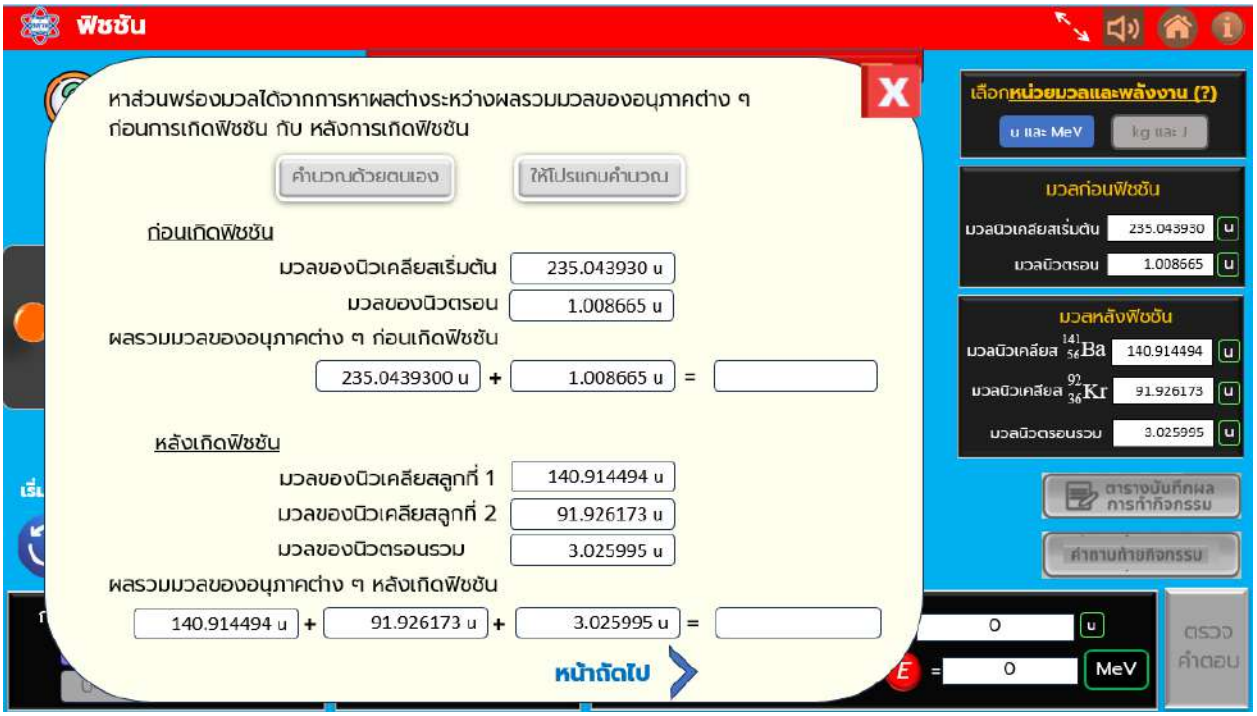
รายละเอียด

กรณีที่เลือกเงื่อนไขที่ทำให้เกิดฟิชชัน ได้แก่

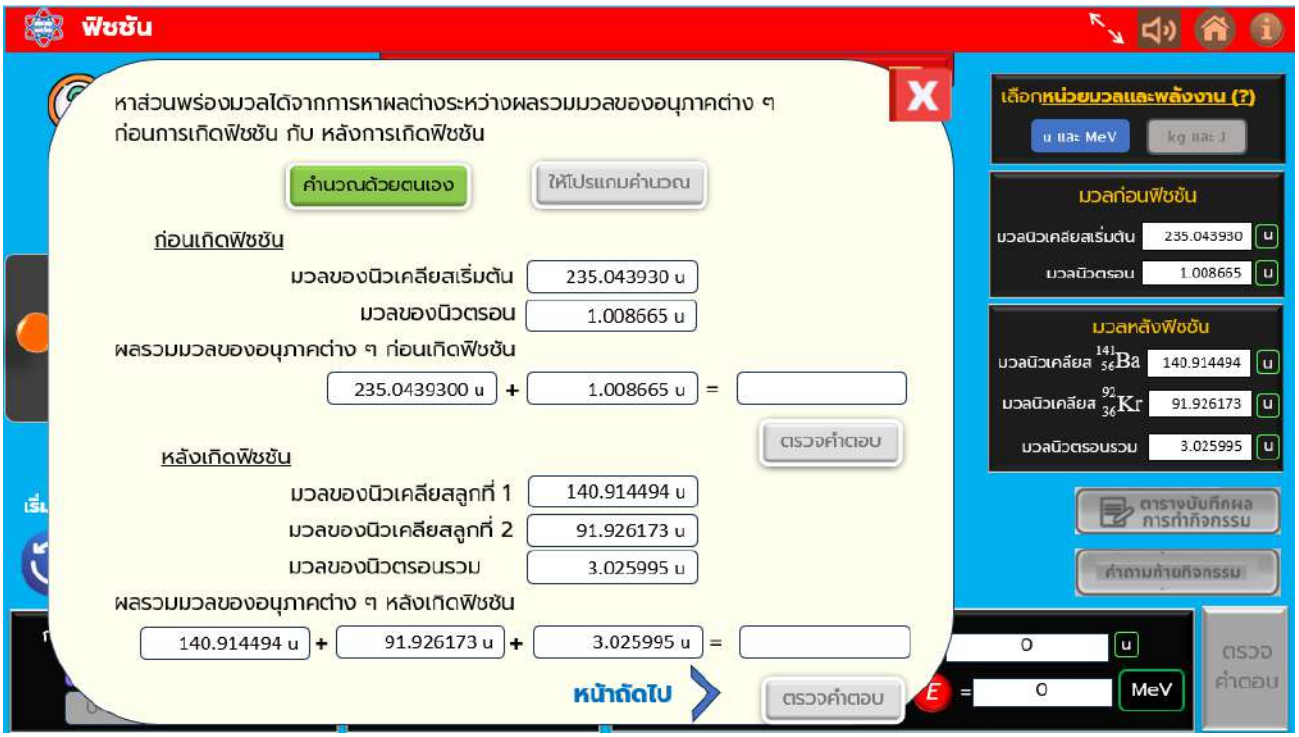
- เลือก ยูเรเนียม-235 และเลือกใช้ “น้ำ” เป็นวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
- เลือก พลูโทเนียม-239 และเลือกใช้ “น้ำ” เป็นวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
- เลือก ยูเรเนียม-238 และเลือกใช้ “ไม่ใช้” วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน
- เลือก ทอเรียม-232 และเลือกใช้ “ไม่ใช้” วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน

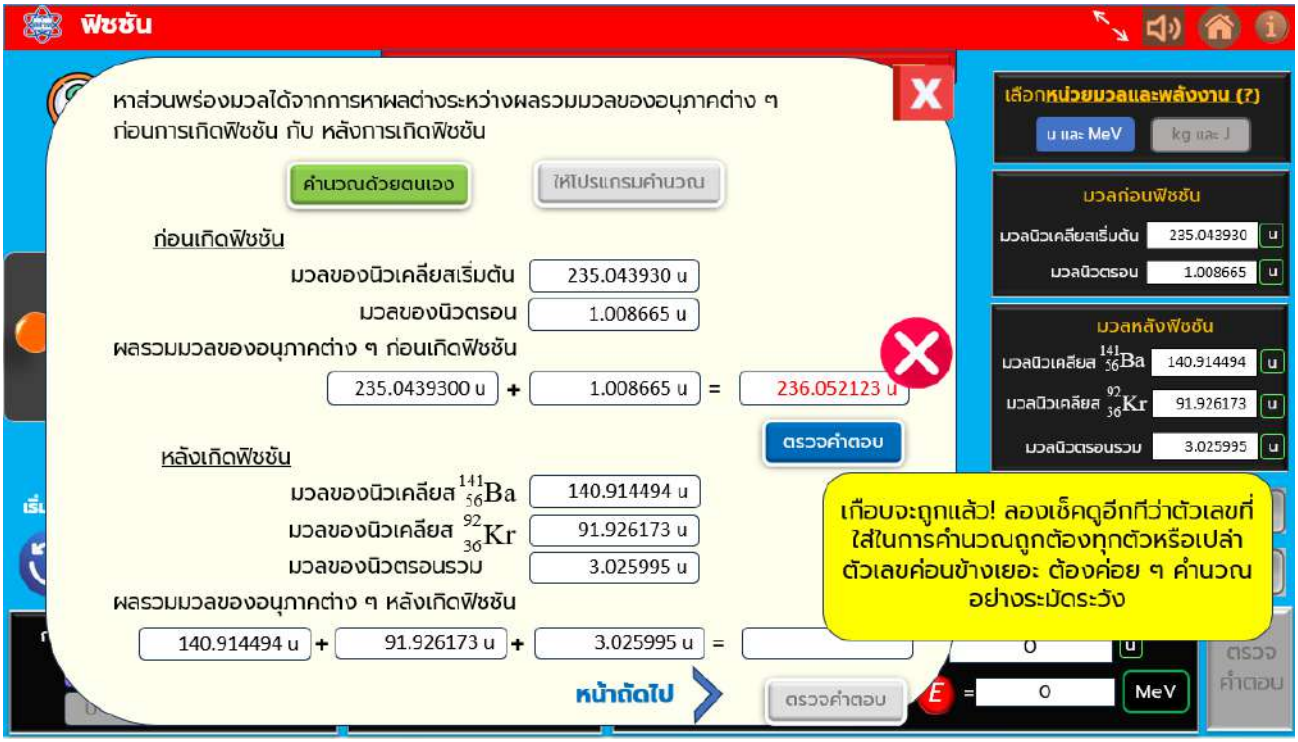
นิวตรอนที่ปล่อยออกมาจากแท่งบรรจุแหล่งกำเนิด จะมีการเคลื่อนที่ไปชนนิวเคลียสไอโซโทกัมมันตรังสีเริ่มต้นแล้ว จะเกิดการแยกของนิวเคลียส พร้อมปล่อยนิวตรอนออกมา 2 – 3 นิวตรอน โดยนิวเคลียสที่แยกออกมาจะอยู่ใกล้ ๆ จุดที่แยก ส่วนนิวตรอนจะเคลื่อนที่ออกไปจากหน้าจอแล้ว จะมีกรอบขั้นตอนระบุว่า “คำนวณหาส่วนพร่องมวลของฟิชชันนี้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



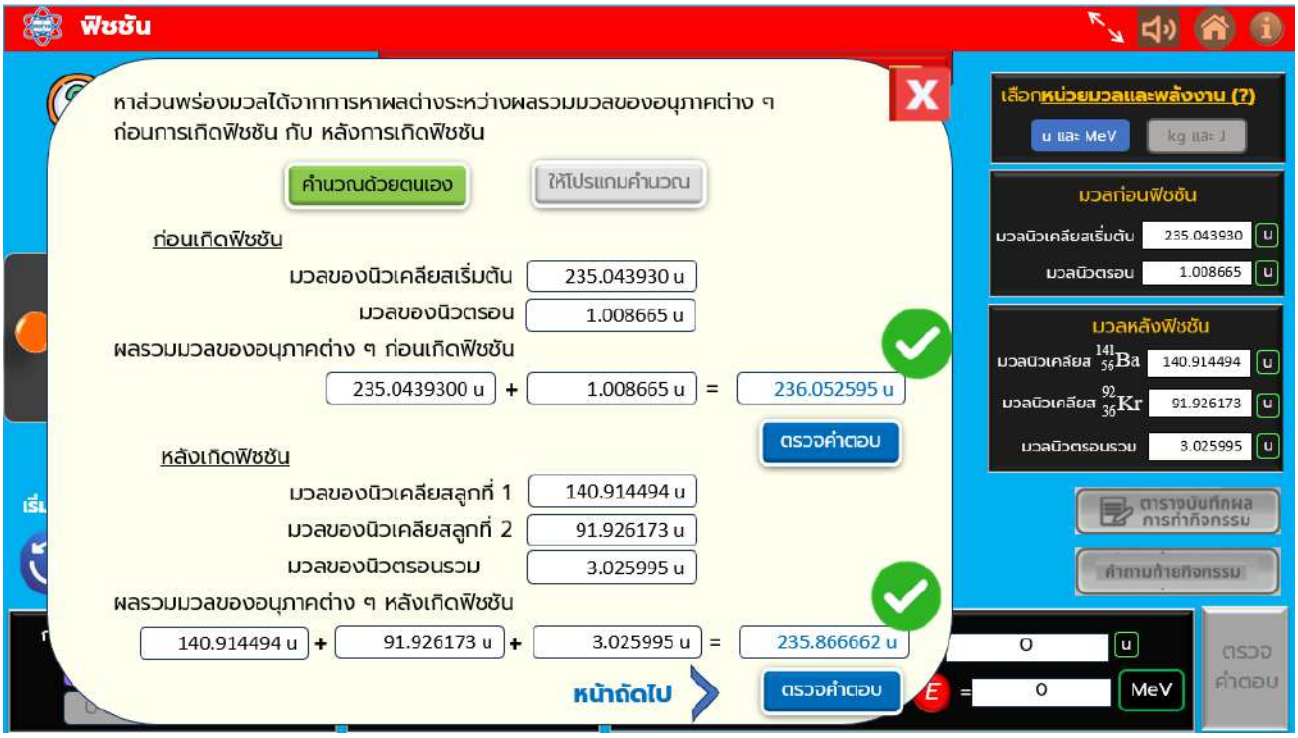


กรณีเลือก “คำนวณด้วยตนเอง” จะต้องคำนวณหาผลต่างระหว่างผลรวมมวลก่อนกับหลังฟิชชันด้วยตนเอง จากนั้น บันทึกค่าที่คำนวณได้ แล้วกดตรวจคำตอบ ถ้าตอบไม่ถูก จะมีเสียงเอฟเฟค “ติ๊ดด” แล้วมีกรอบข้อความแจ้งว่า “เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ในการคำนวณถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย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





ถ้าคำนวณและบันทึกตัวเลขถูก จะมีเครื่องหมายถูก พร้อมเสียงเอฟเฟค ติ๊งต่อง



เมื่อหาผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนและหลังฟิชชันได้แล้ว ให้กด “หน้าถัดไป” สื่อจะพาไปหน้าคำนวณส่วนพร่องมวล



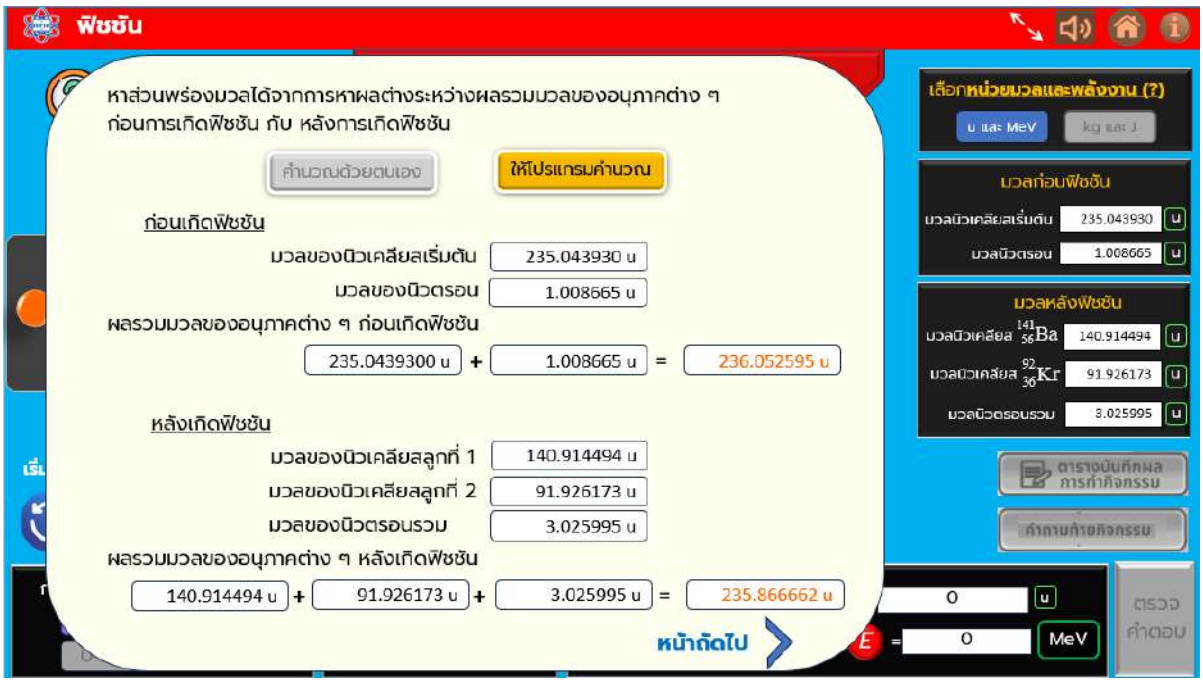
เช่นเดียวกัน ถ้าเลือก “คำนวณด้วยตนเอง” จะต้องหาผลต่าง ระหว่างมวลก่อนกับหลังฟิชชันด้วยตนเอง แล้วบันทึกผลคำนวณ จากนั้น กดตรวจคำตอบ ถ้าตอบไม่ถูก จะมีกรอบแจ้งว่า “เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็กดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ในการคำนวณถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ คำนวณอย่างระมัดระวัง”



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

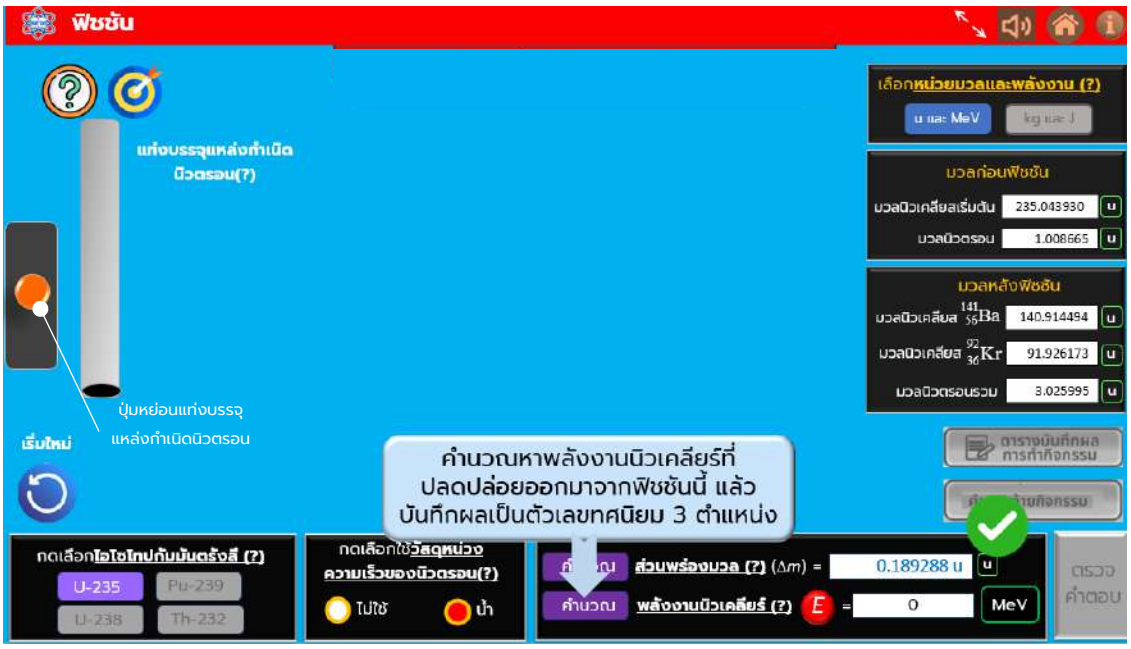


กรณีเลือก “ให้โปรแกรมคำนวณ” สื่อจะแสดงตัวเลขต่าง ๆ รวมทั้งผลการคำนวณอัตโนมัติ ทั้ง ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชัน หลังเกิดฟิชชัน ผลต่างระหว่างผลรวมมวลก่อนกับหลัง ดังตัวอย่างด้านล่างกรณี U-235 ด้านล่าง





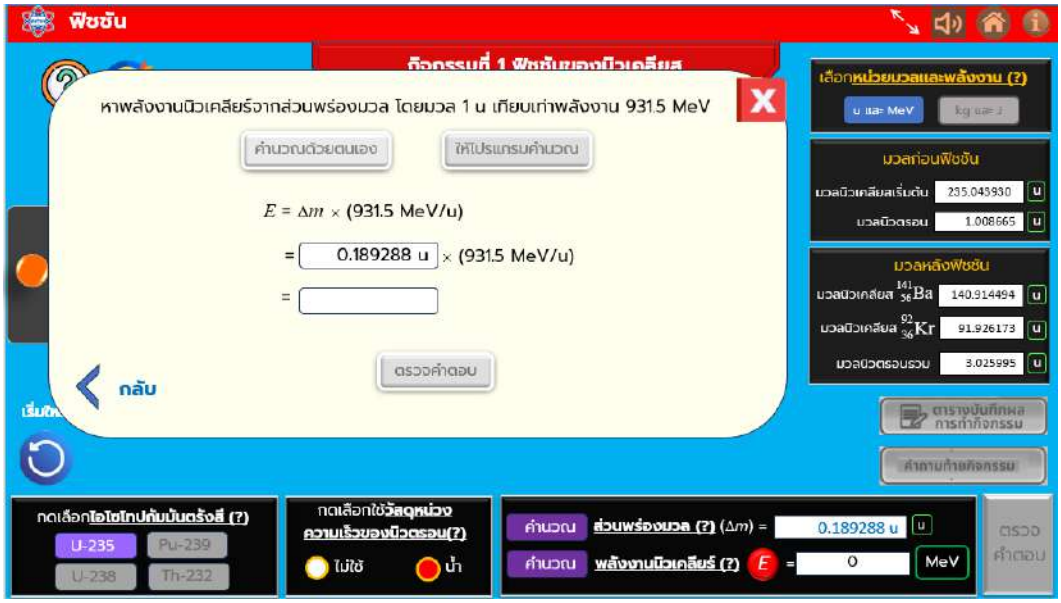
เมื่อได้ค่า “ส่วนพร่องมวล” ที่ถูกต้องแล้ว จะมีกรอบแจ้งให้ผู้ใช้งานบันทึกค่าส่วนพร่องมวลลงในช่องว่างด้านล่าง แล้วกดตรวจคำตอบ ถ้าไม่ถูก มีข้อความแจ้งว่า “เกือบจะถูกแล้ว! ลองเช็คดูอีกทีว่าตัวเลขที่ใส่ถูกต้องทุกตัวหรือเปล่า ตัวเลขค่อนข้างเยอะ ต้องค่อย ๆ บันทึกอย่างระมัดระวัง” ถ้าถูก จะมีแสดงกรอบระบุขั้นตอนต่อไปว่า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



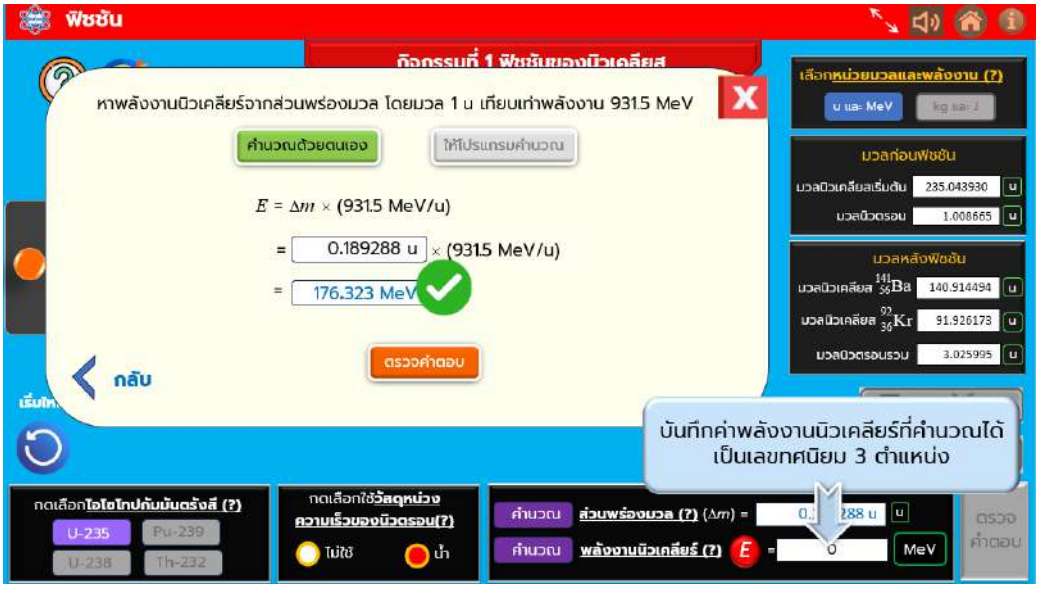
กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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

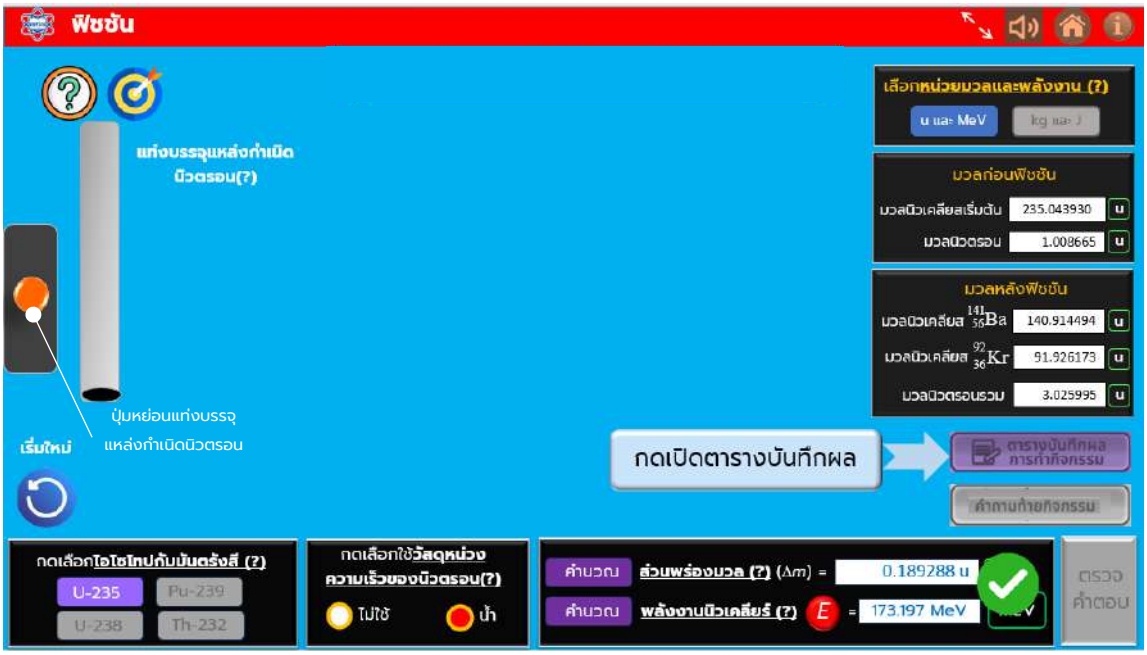


ถ้าบันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์ถูกต้อง จะมีเครื่องหมายถูก และกรอบข้อความแจ้งว่า “บันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์ที่คำนวณได้เป็นเลขทศนิยม 3 ตำแหน่ง” โดยมีลูกศรชี้ไปที่กรอบที่ว่างในส่วน พลังงานนิวเคลียร์

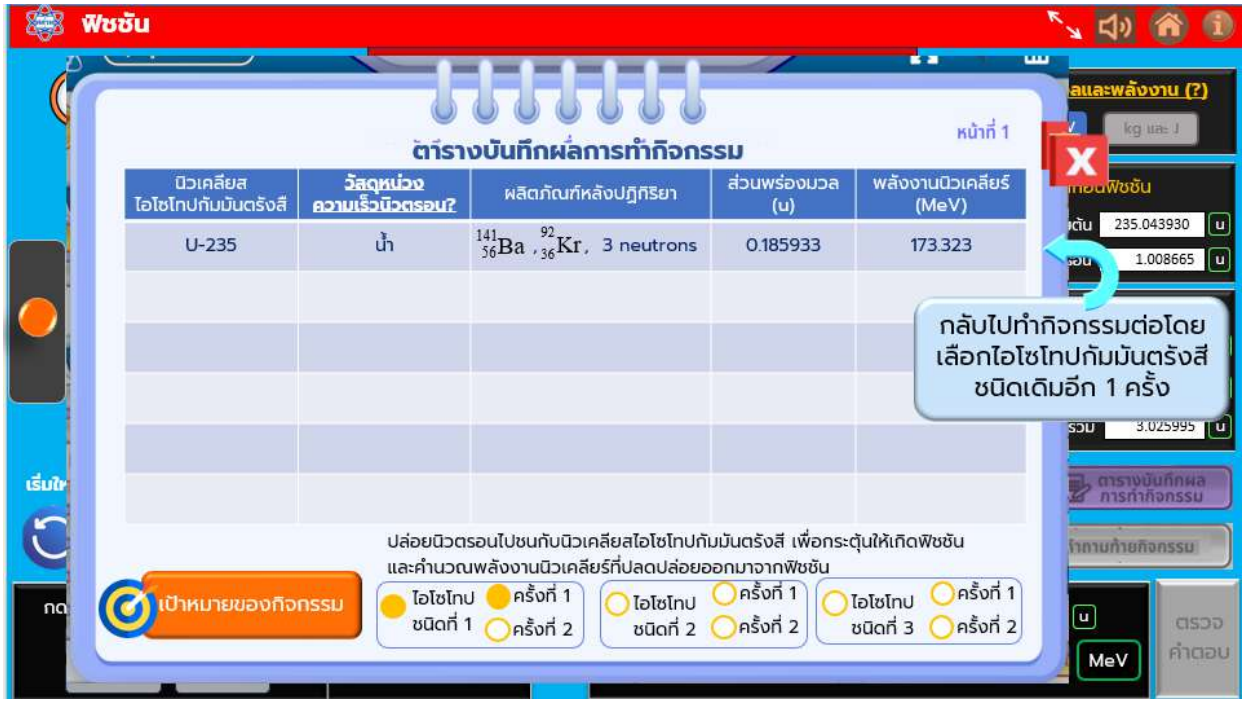




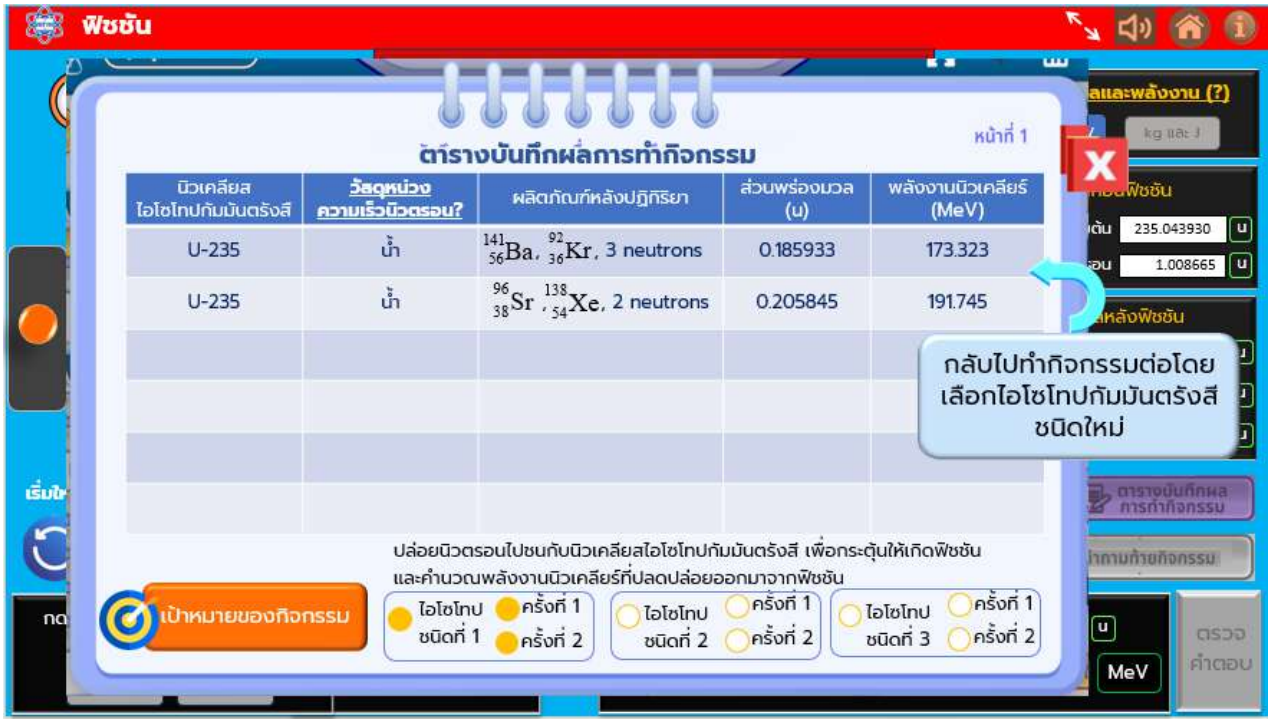
เมื่อบันทึกค่าพลังงานนิวเคลียร์ แล้ว สื่อจะแนะนำให้ “กดเปิดตารางบันทึกผล” เมื่อกดแล้ว จะแสดงตาราง พร้อมข้อมูลจากการทำกิจกรรมบันทึกให้อัตโนมัติ



ในกรณีที่เป็นการทำกิจกรรมด้วยไอโซโทปชนิดใดชนิดหนึ่งครั้งที่ 1 เมื่อแสดงตารางแล้ว จะมีกรอบขั้นตอน ระบุว่า “กลับไปทำกิจกรรมต่อโดยเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดเดิมอีก 1 ครั้ง” ดังรูป



ถ้าเป็นกรณีที่ทำกิจกรรมสำหรับไอโซโทปชนิดใด ชนิดหนึ่ง โดยการทำให้เกิดฟิชชันครบ 2 ครั้ง และได้ค่าในตารางครบ 2 ครั้งแล้ว แต่ยังไม่ครบ 3 ชนิดไอโซโทป ตอนเปิดตาราง จะมีการแสดงกรอบขั้นตอนว่า “กลับไปทำกิจกรรมต่อโดยเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดใหม่” ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง



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



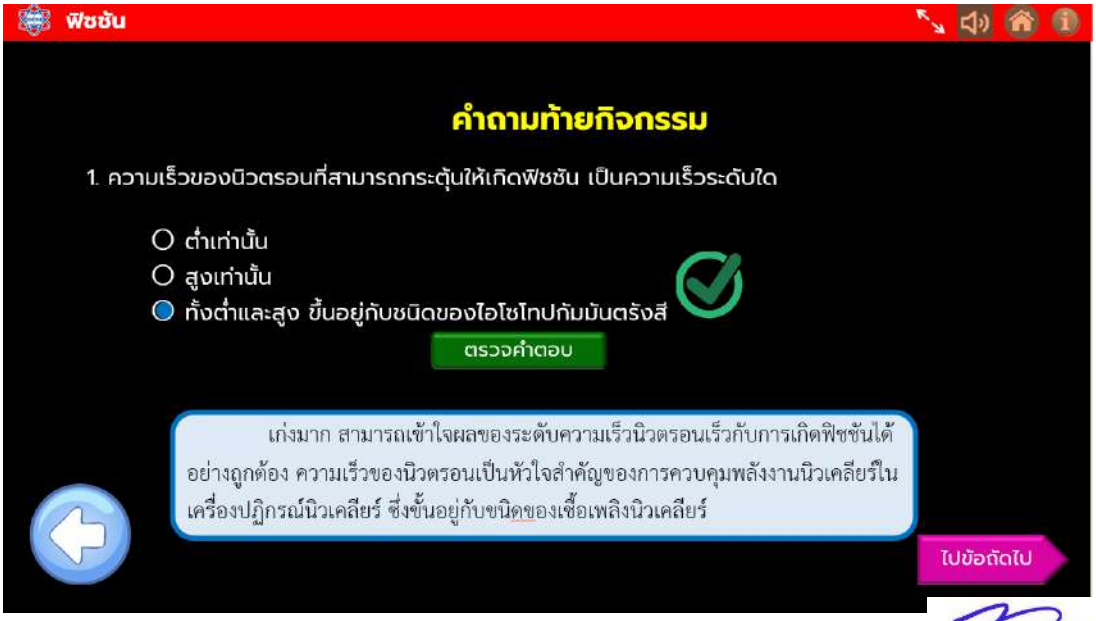
กิจกรรม ฟิชชันของนิวเคลียส	คำถามท้ายกิจกรรม

รายละเอียด

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



ถ้าเลือกคำตอบ แล้วตรวจคำตอบ ได้ผลถูกต้อง สื่อจะแสดงเครื่องหมายถูก พร้อมกรอบข้อความเฉลยและคำอธิบายสั้น ๆ ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง



คำถามท้ายกิจกรรมมีทั้งหมด 6 ข้อ ดังนี้

1. ความเร็วของนิวตรอนที่สามารถกระตุ้นให้เกิดฟิชชัน เป็นความเร็วระดับใด
   - ต่ำเท่านั้น
   - สูงเท่านั้น
   - ทั้งต่ำและสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสี

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 3 ทั้งต่ำและสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสี

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที การเลือกใช้หรือไม่ใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน ส่งผลให้นิวตรอนมีความเร็วเป็นอย่างไร และส่งผลกับการเกิดฟิชชันได้หรือไม่ได้ วิเคราะห์การบันทึกผลในตารางอีกที”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก สามารถเข้าใจผลของระดับความเร็วนิวตรอนกับการเกิดฟิชชันได้อย่างถูกต้อง ความเร็วของนิวตรอนเป็นหัวใจสำคัญของการควบคุมการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนิดของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์”

---

2. การใช้วัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน ทำให้ไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดใดเกิดฟิชชันทั้ง 2 ไอโซโทป
   - U-235 และ Pu-239
   - Th-232 และ Pu-239
   - U-238 และ Th-232

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 1 U-235 และ Pu-239

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล ชนิดชองไอโซโทปอยู่คอลัมน์แรก และพิจารณาในแต่ละแถวว่า เกิดฟิชชันถ้าเลือกใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน”

ถ้าตอบถูก มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตและวิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมได้ดีมาก ยูเรเนียม-235 เป็นไอโซโทปที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันกับนิวตรอนความเร็วต่ำ และนิยมนำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์มากที่สุด”

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

- เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น
- ไม่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น
- อาจเกิดหรือไม่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 2 ไม่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับนิวเคลียสนั้น

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล ชนิดชองไอโซโทปอยู่คอลัมน์แรก และพิจารณาในแต่ละแถววว่า 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

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 3. นิวเคลียสลูก 2 นิวเคลียส พลังงาน และ นิวตรอนจำนวนหนึ่ง

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากฟิชชันมีอะไรบ้าง จำนวนเท่าไร”

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

5. ผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ ก่อนเกิดฟิชชันแตกต่างจากผลรวมมวลของอนุภาคต่าง ๆ หลังเกิดฟิชชันหรือไม่อย่างไร

- แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันน้อยกว่าผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน
- ไม่แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันเท่ากับผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน
- แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันมากกว่าผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 1 . แตกต่าง โดยผลรวมมวลหลังเกิดฟิชชันน้อยกว่าผลรวมมวลก่อนเกิดฟิชชัน

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในขั้นตอนการคำนวณหาส่วนพร่องมวล มวลรวมก่อนเกิดฟิชชันกับหลังเกิดฟิชชัน มีค่าเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกัน”

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

<u>เฉลย</u> 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

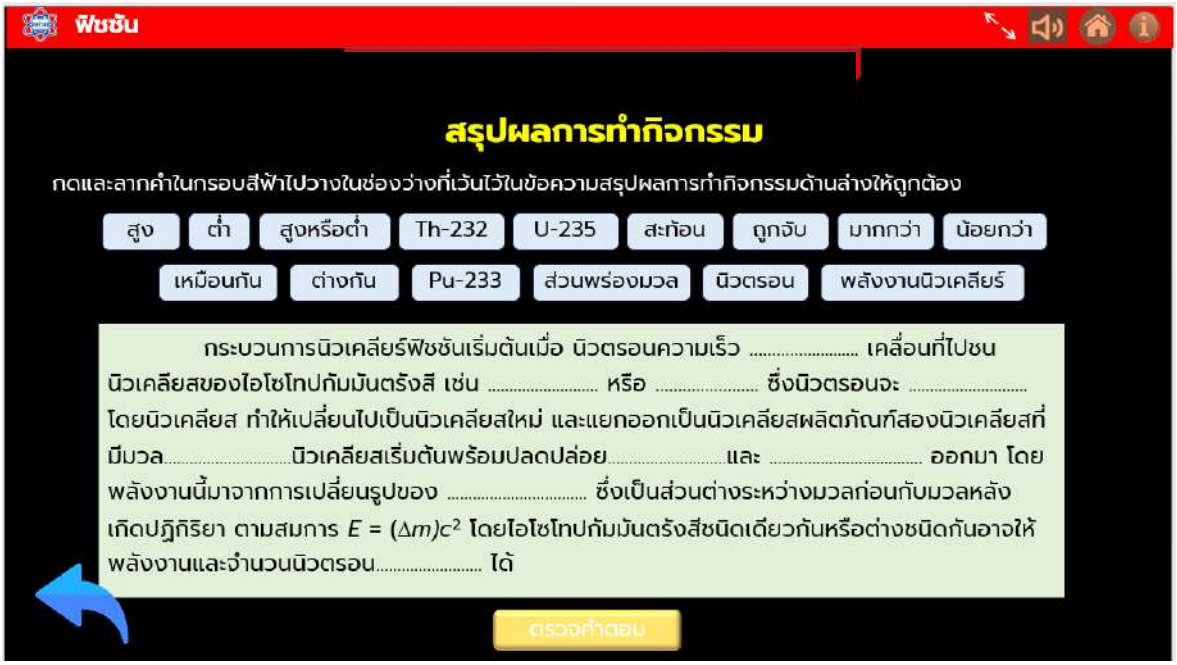
คำที่ลากไปวาง



ข้อความสรุป

กระบวนการนิวเคลียร์ฟิชชันเริ่มต้นเมื่อ นิวตรอนความเร็ว ..... เคลื่อนที่ไปชนนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสี เช่น ..... หรือ ..... ซึ่งนิวตรอนจะ ..... โดยนิวเคลียส ทำให้เปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสใหม่ และแยกออกเป็นนิวเคลียสผลิตภัณฑ์สองนิวเคลียสที่มีมวล.....นิวเคลียสเริ่มต้นพร้อมปลดปล่อย.....และ ..... ออกมา โดยพลังงานนี้มาจากการเปลี่ยนรูปของ ..... ซึ่งเป็นส่วนต่างระหว่างมวลก่อนกับมวลหลังเกิดปฏิกิริยา ตามสมการ $E = (\Delta m)c^2$ โดยไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันอาจให้พลังงานและจำนวนนิวตรอน..... ได้

ดังตัวอย่างหน้าจอ ดังรูปด้านล่าง



ถ้ามีการลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบไม่ถูกต้อง ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้” โดยจะไม่มีการเฉลย แม้จะยังลากคำมาวางไม่ถูก 2 ครั้ง หรือกี่ครั้งก็ตาม รูปตัวอย่างเมื่อลากคำมาวางไม่ถูกดังด้านล่าง



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



ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง ปฏิกิริยาลูกโซ่

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง ปฏิกิริยาลูกโซ่ มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ผู้เรียนจะได้โต้ตอบกับสื่อโดยสวมบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลอง สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ เช่น ระดับความเร็วของนิวตรอน การใช้ตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน ระบบจะแสดงผลลัพธ์เป็นตัวเลข และกราฟแท่ง ณ เวลา เพื่อให้นักเรียนได้สังเกต และวิเคราะห์เพื่อสรุปผลและตอบคำถาม

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

ขอบเขตของสื่อ	

สื่อการเรียนรู้นี้เป็น สถานการณ์จำลองเชิงโต้ตอบ (Interactive Simulation) ที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ เกี่ยวกับ กลไกการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ แสดงแอนิเมชันการปล่อยนิวตรอนไปพบนิวเคลียสเป้าหมาย การแยกออกจากกันของนิวเคลียส และการเกิดฟิชชันอย่างต่อเนื่อง

เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สื่อชุดนี้ได้บูรณาการเครื่องมือและกิจกรรมดังนี้:

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

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

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อนี้ ผู้เรียนจะบรรลุวัตถุประสงค์ คือสามารถบอกลำดับขั้นตอนและระบุปัจจัยสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ได้อย่างถูกต้อง

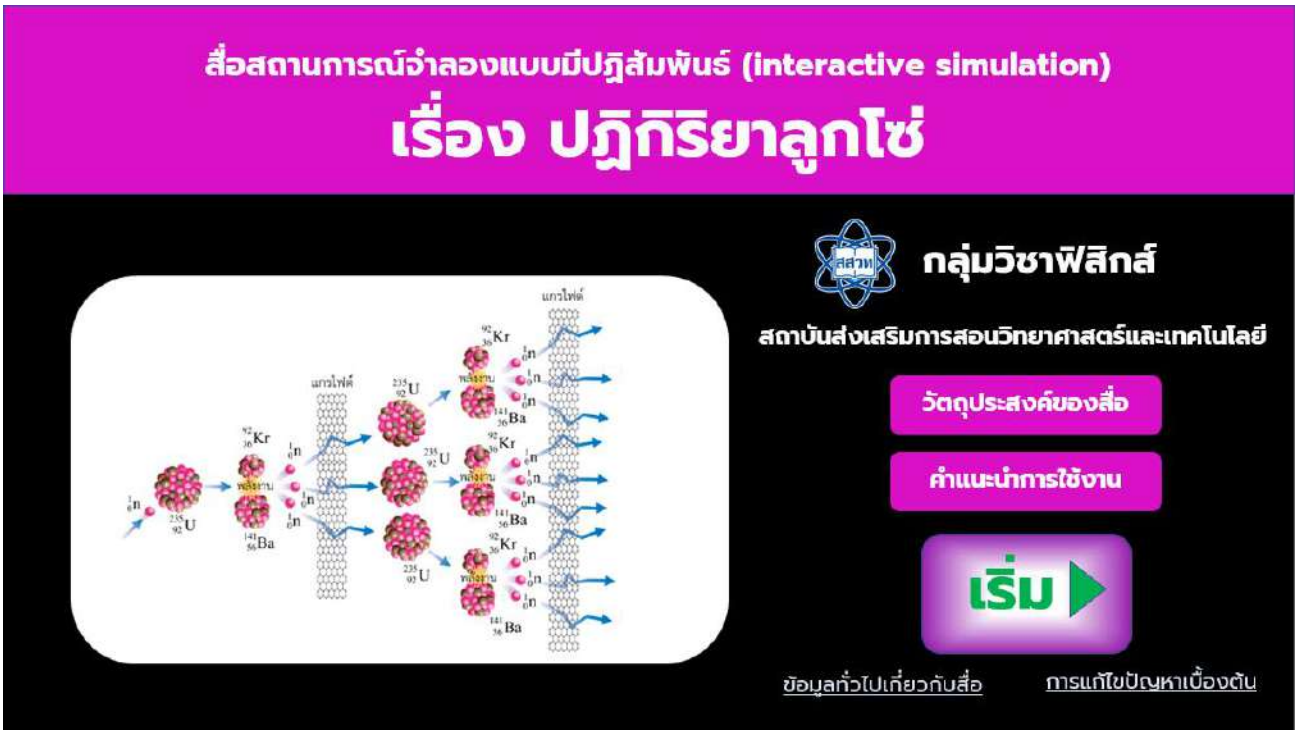
หน้าปก	

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

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่



ส่วน **“คำแนะนำการใช้งาน”** จะจัดทำเป็นแบบ infographic ซึ่งจะดำเนินการภายหลังที่ได้สตอรี่บอร์ดที่มีการแก้ไขแล้ว

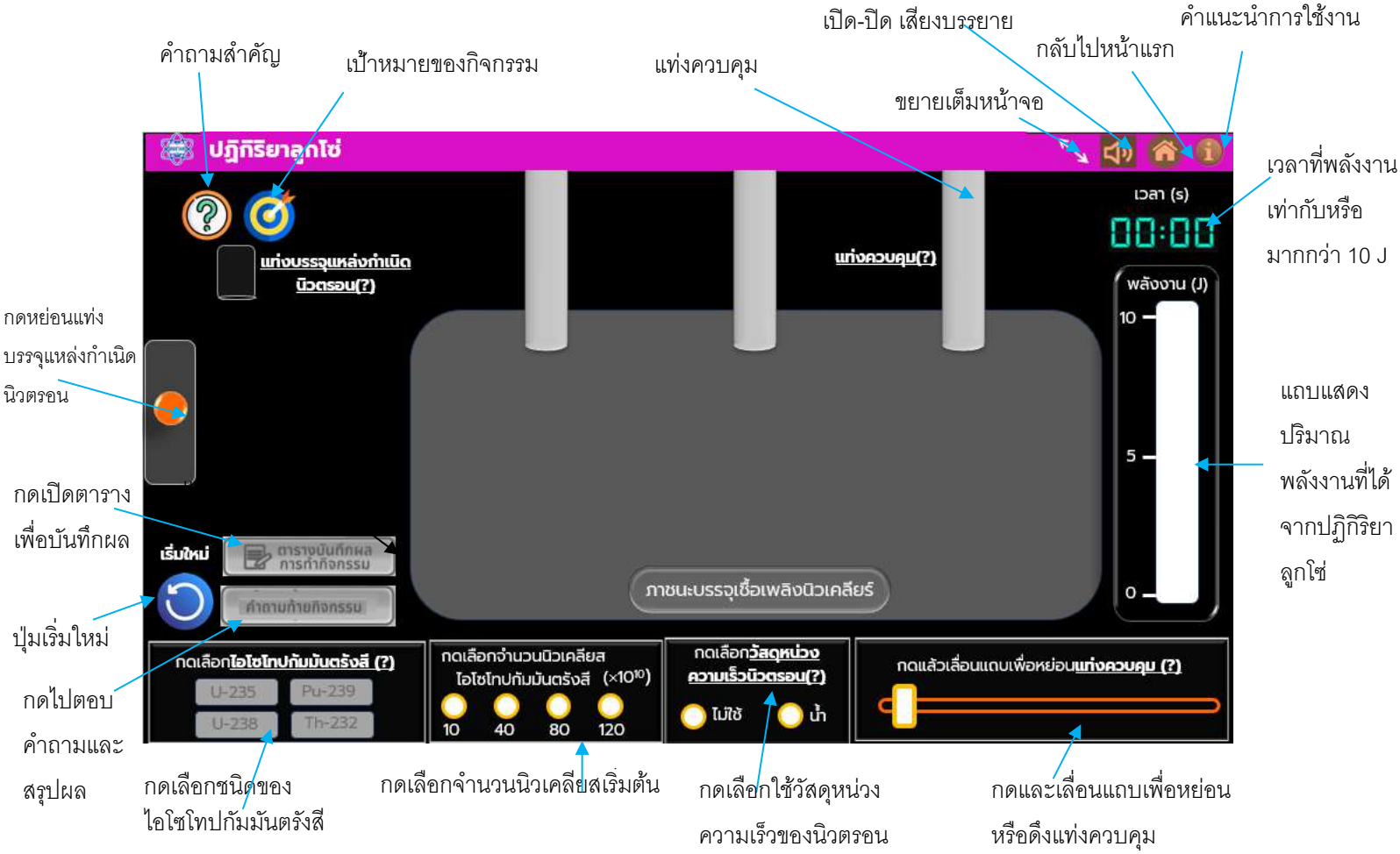
ส่วน **“ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ”** เป็นกรอบแสดงรายชื่อคณะผู้จัดทำ คณะบรรณาธิการ ระบบและอุปกรณ์ที่รองรับการใช้งานสื่อฯ รวมทั้งเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการพัฒนาสื่อ ซึ่งจะจัดทำในภายหลัง

ส่วน **“การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น”** เป็นกรอบแสดงคำแนะนำการใช้งานสื่อบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในประเด็นการขยายหน้าจอ

กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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



ปุ่ม Interactive

<u>ส่วนแถบด้านบน</u> เหมือนกิจกรรม ฟิชชัน

<u>ส่วนแสดงสถานการณ์จำลอง</u>

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

<u>ส่วนแถบด้านล่าง</u>

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

ปุ่ม navigation

1. ปุ่มรูปบ้าน  กลับไปยังหน้าปก

กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

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

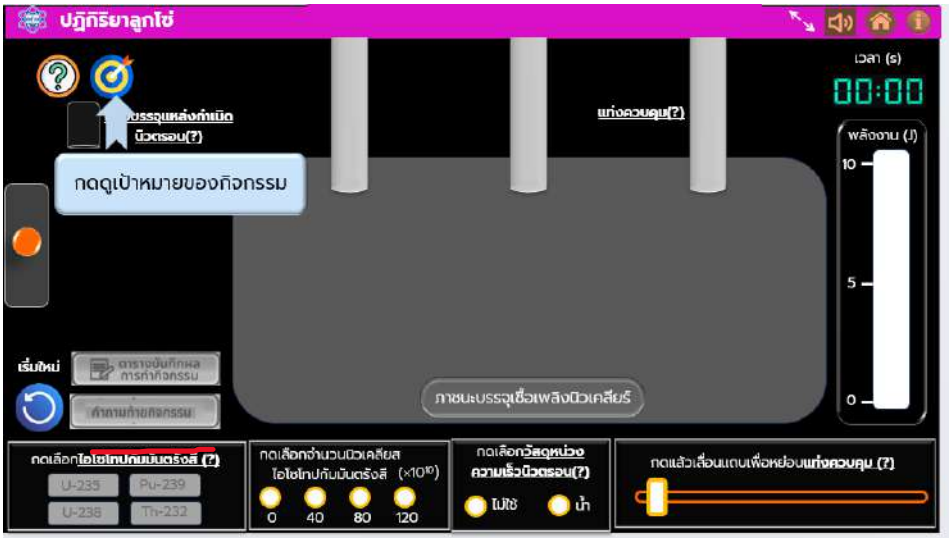
คำถามสำคัญ

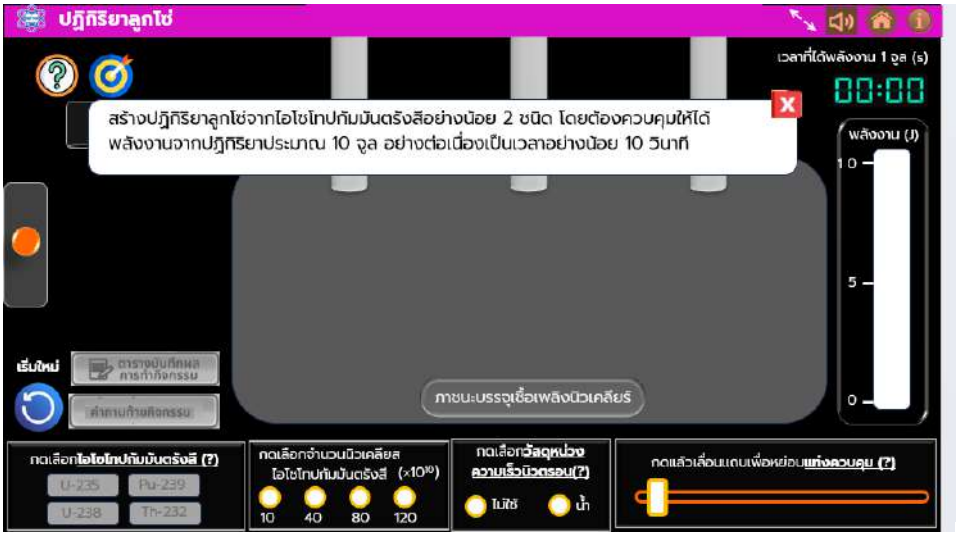
“ปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดขึ้นได้อย่างไร มีกระบวนการเป็นอย่างไร และสามารถควบคุมได้อย่างไร ”

เป้าหมาย

“สร้างปฏิกิริยาลูกโซ่จากไอโซโทปกัมมันตรังสีอย่างน้อย 2 ชนิด โดยต้องควบคุมให้ได้พลังงานจากปฏิกิริยาประมาณ 10 จูล อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 10 วินาที”

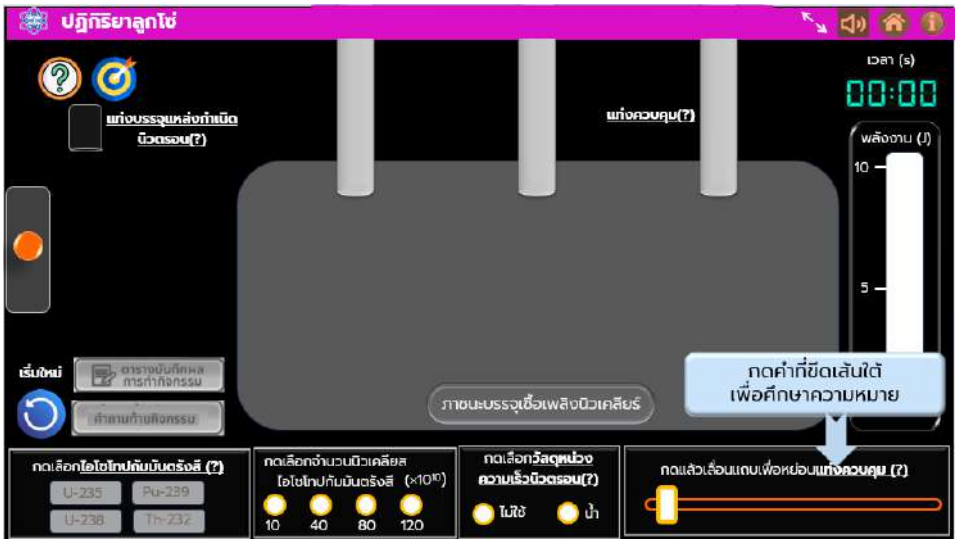
ตัวอย่างภาพแสดงหน้าจอ เป้าหมายกิจกรรม





กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

หลังจากดูคำถามสำคัญและเป้าหมายแล้ว สื่อจะให้ผู้ใช้ศึกษาคำศัพท์ที่เป็นคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนา





เมื่อกดคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนาแล้ว จะแสดงกรอบข้อความอธิบายความหมายของคำนั้น ๆ

ทั้งนี้ คำศัพท์ที่เหมือนกับกิจกรรมที่ 1 จะมีกรอบแสดงข้อความอธิบายเหมือนกัน ส่วนคำศัพท์ที่มีเฉพาะในกิจกรรม มีข้อความอธิบายดังนี้

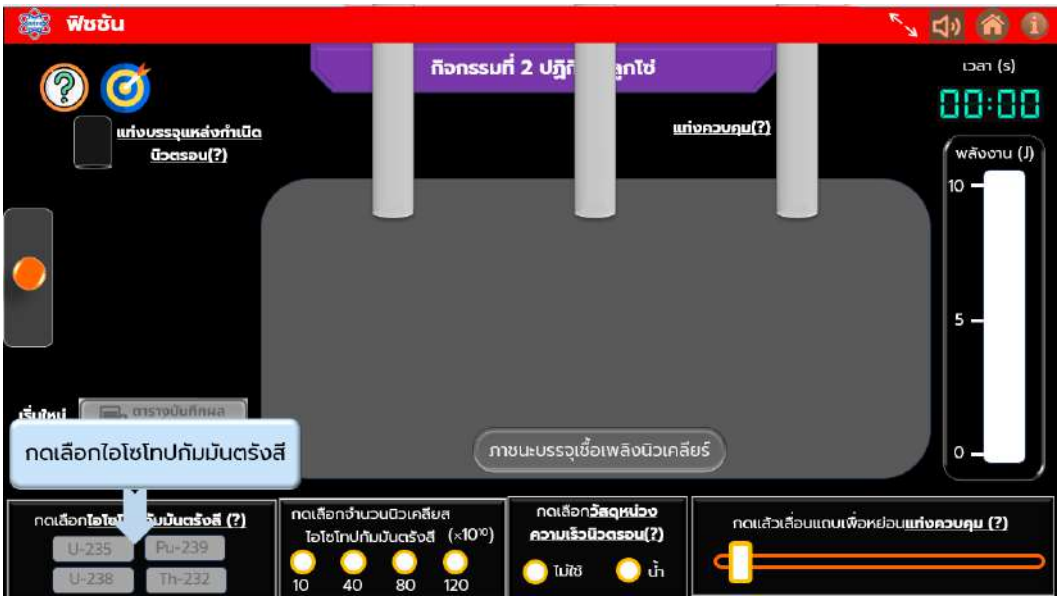
แท่งควบคุม

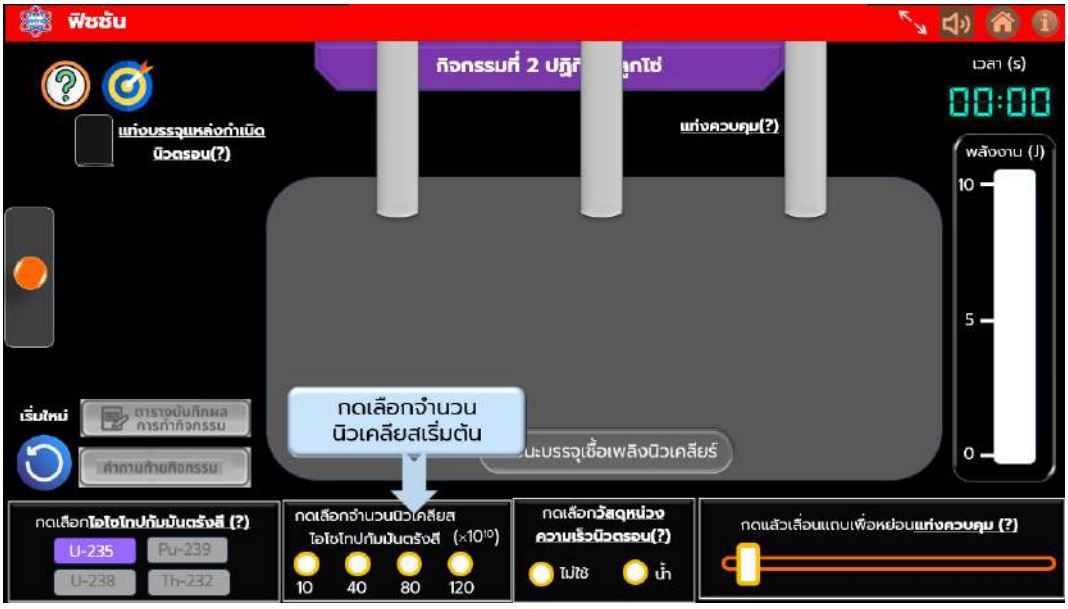
แท่งควบคุม (control rod) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จับนิวตรอนที่เกิดขึ้นในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันเพื่อลดจำนวนนิวตรอนที่ทำให้เกิดฟิชชัน ทำจากวัสดุที่มีสมบัติจับนิวตรอนได้ดี เช่น โบรอน (boron), แคดเมียม (cadmium) หรือฮาฟเนียม (hafnium)

กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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

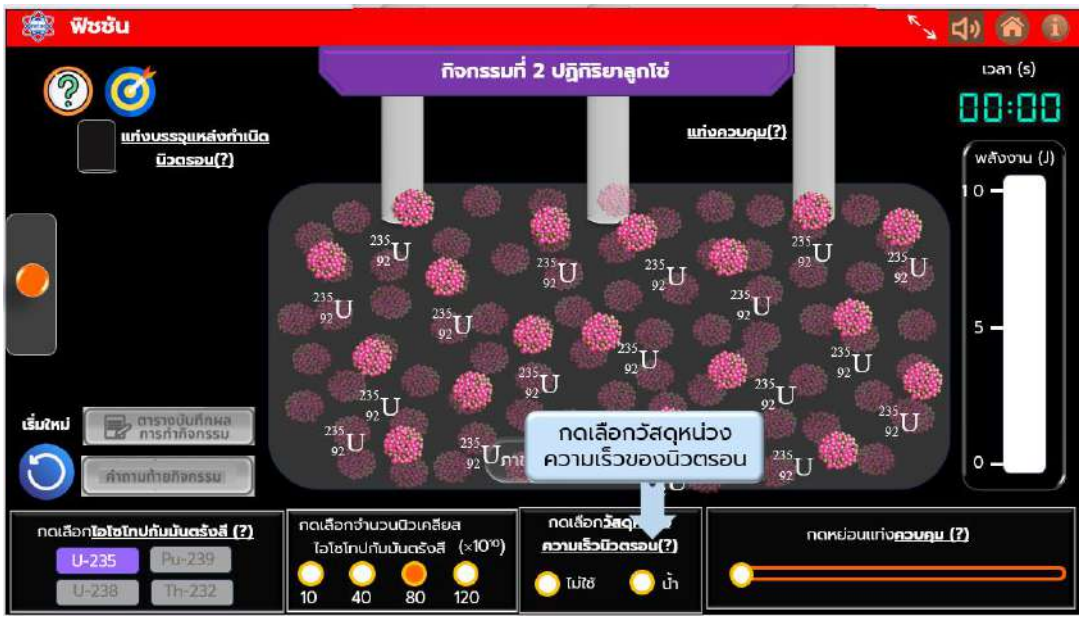


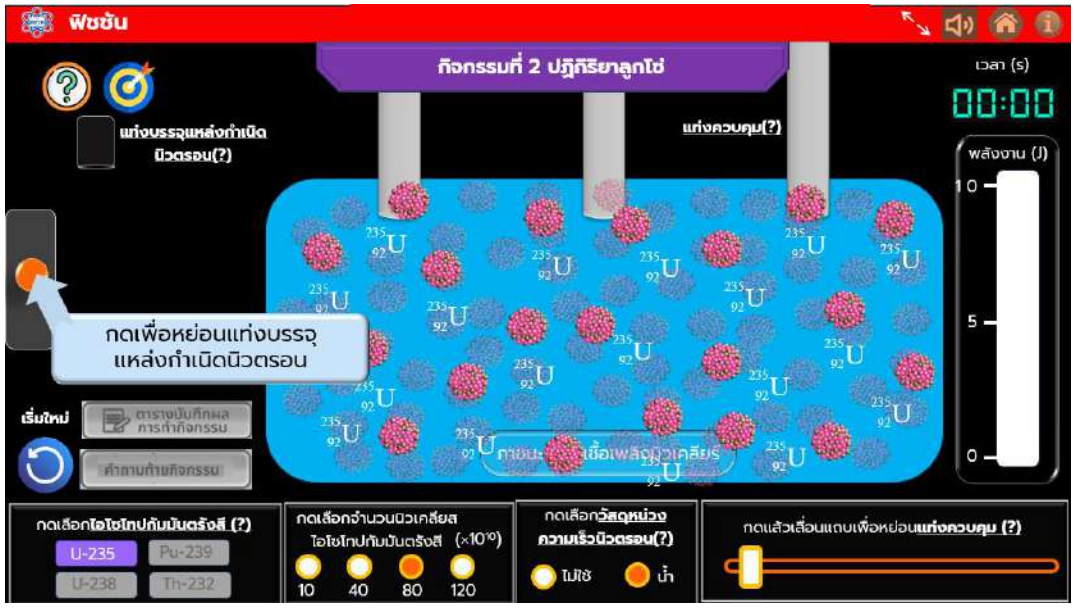


กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อเลือกจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นแล้ว สื่อจะแสดงนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดนั้น พร้อมชื่อไอโซโทป โดยจะมีส่วนที่ทำให้เห็นชัดประมาณ 20 นิวเคลียส แล้วส่วนอื่นทำเป็นจาง ๆ ด้านหลัง ทั้งนี้ นิวเคลียสจะมีการสั่น เล็กน้อย จากนั้น ลำดับต่อไป กรอบแสดงขั้นตอนจะมีลูกศรชี้ไปที่กรอบเลือกวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอน พร้อมข้อความ “กดเลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน” สมมติให้เลือก “น้ำ” ภาชนะบรรจุจะเป็นสีฟ้า และเมื่อเลือกแล้ว จะมีกรอบบอกขั้นตอนต่อไปให้ “กดเพื่อหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน” ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง

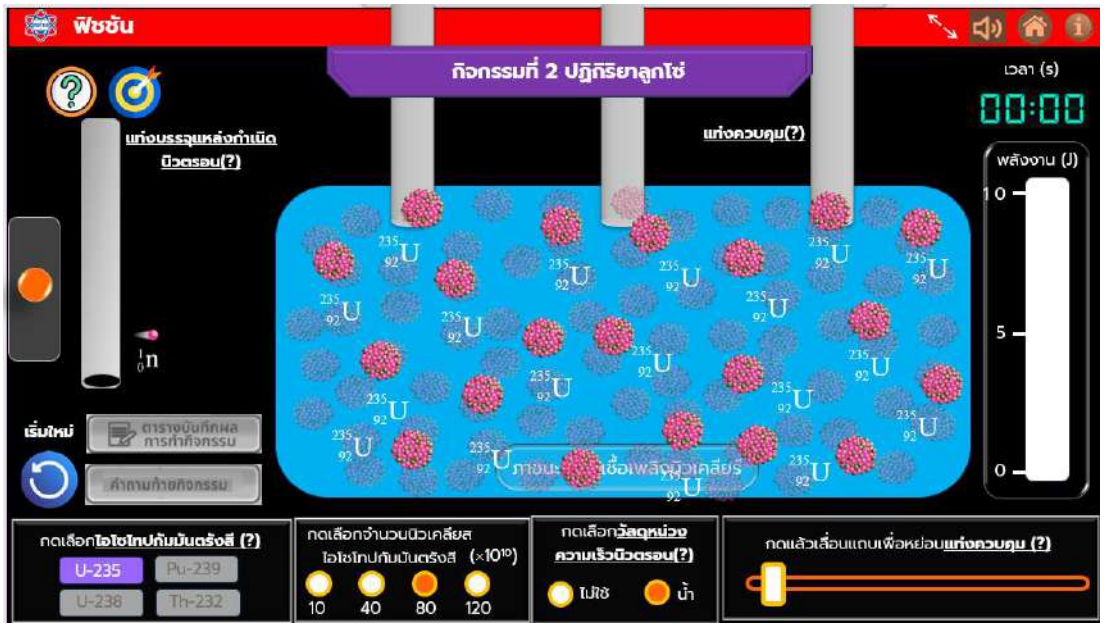


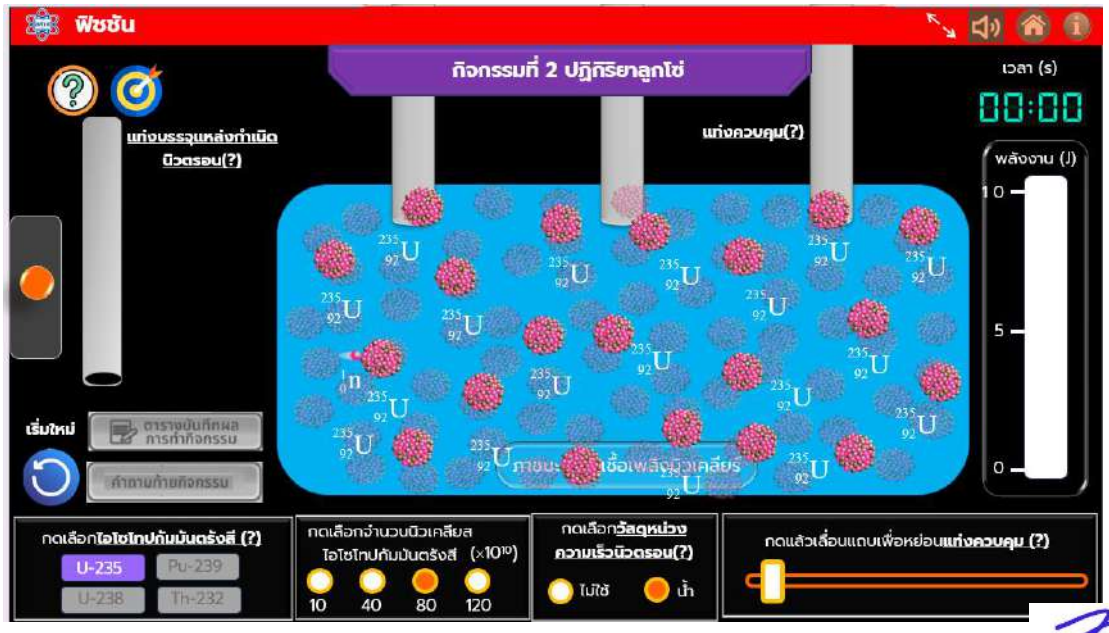


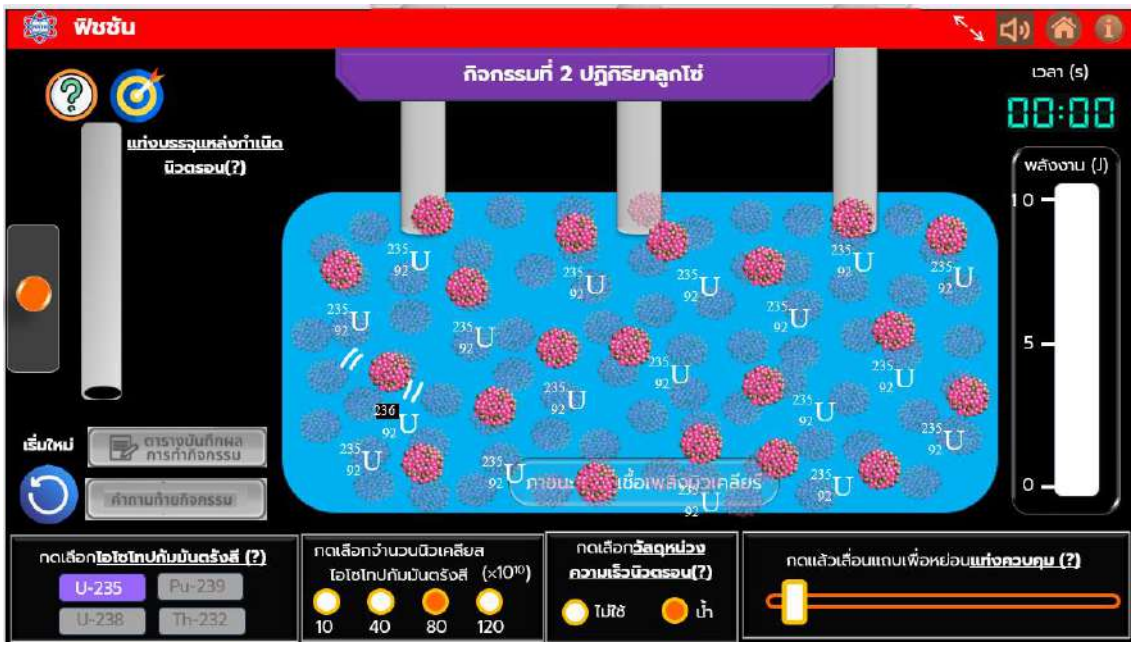
กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

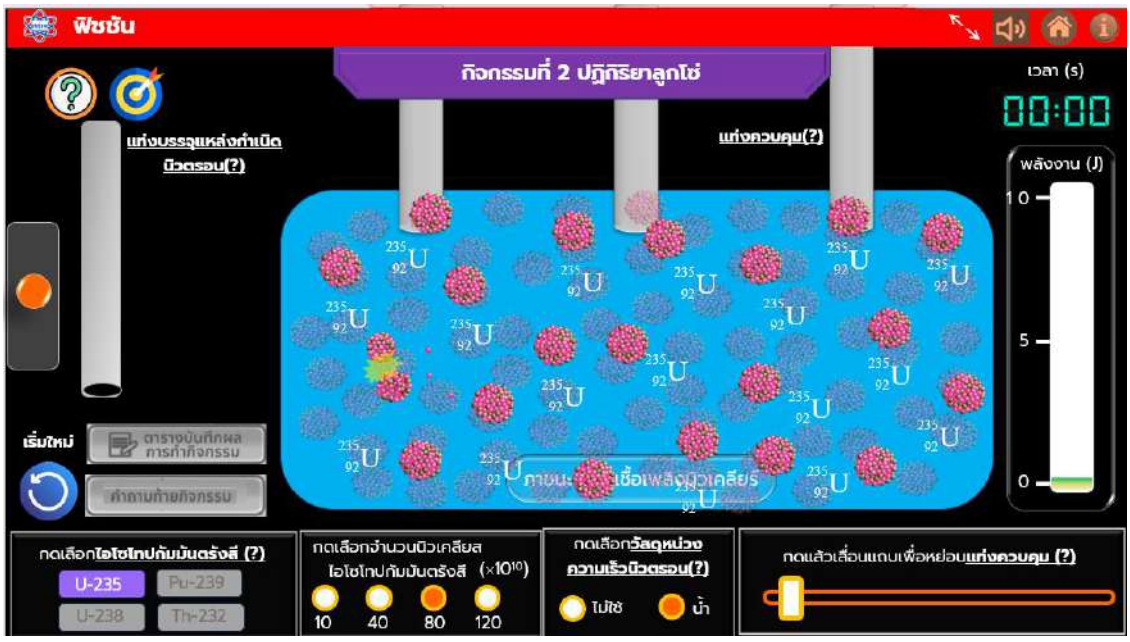
รายละเอียด

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





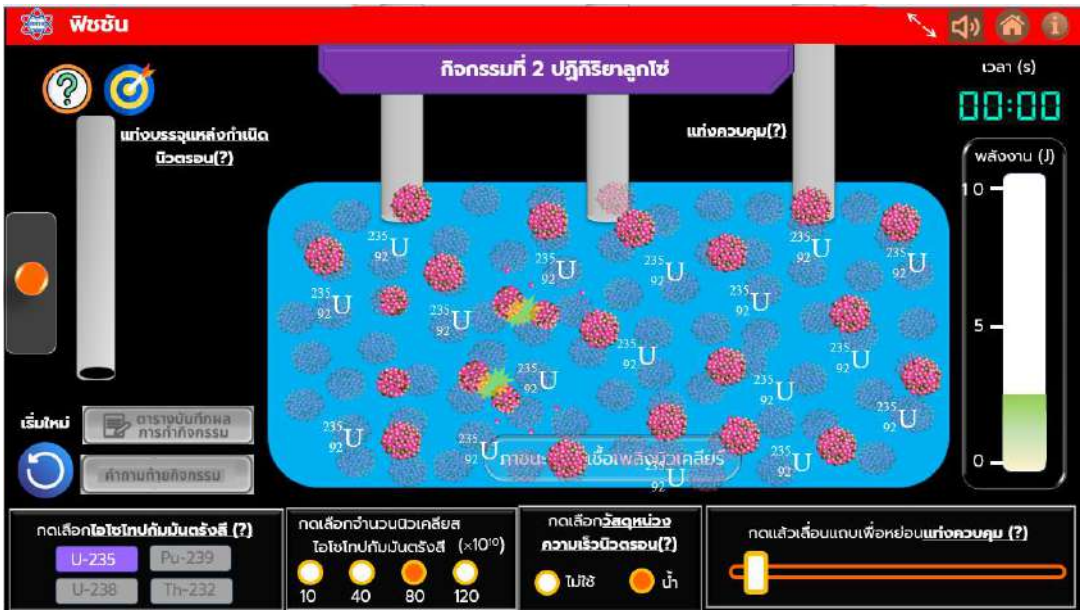

ฟิชชัน
กิจกรรมที่ 2 ปฏิกิริยาลูกโซ่
เวลา (s)
00:00
แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)
พลังงาน (J)
10
5
0
เริ่มใหม่
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)
U-235
Pu-239
U-238
Th-232
กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี (×10¹⁰)
10
40
80
120
กดเลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน(?)
ไม่ใช้
น้ำ
กดแล้วเลื่อนแถบเพื่อหย่อนแท่งควบคุม (?)

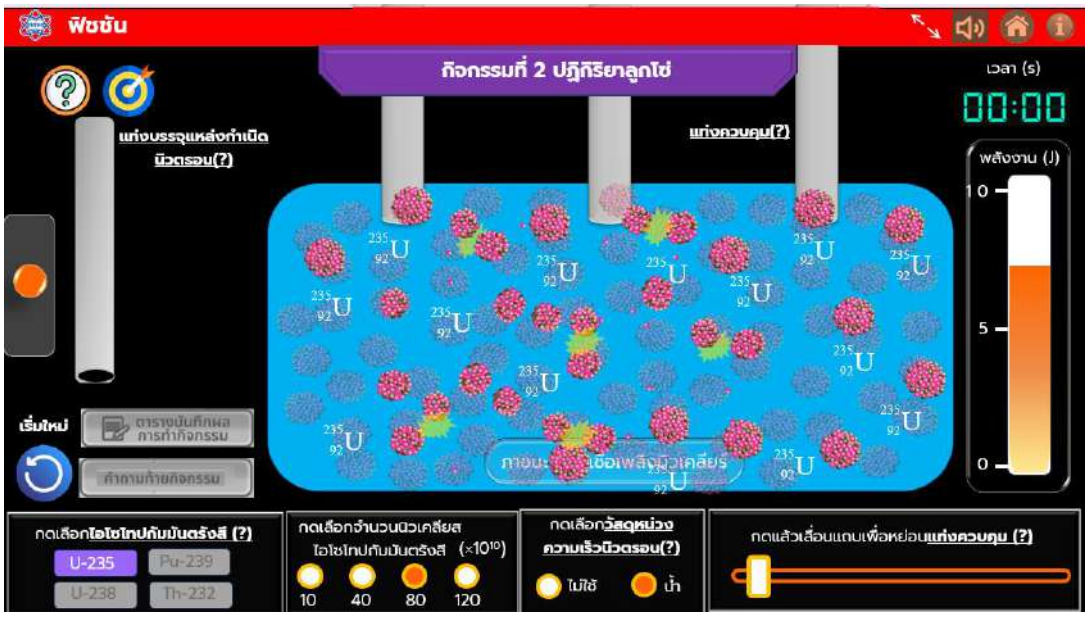

ฟิชชัน
กิจกรรมที่ 2 ปฏิกิริยาลูกโซ่
เวลา (s)
00:00
แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)
แท่งควบคุม(?)
พลังงาน (J)
10
5
0
เริ่มใหม่
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)
U-235
Pu-239
U-238
Th-232
กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี (×10¹⁰)
10
40
80
120
กดเลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน(?)
ไม่ใช้
น้ำ
กดแล้วเลื่อนแถบเพื่อหย่อนแท่งควบคุม (?)

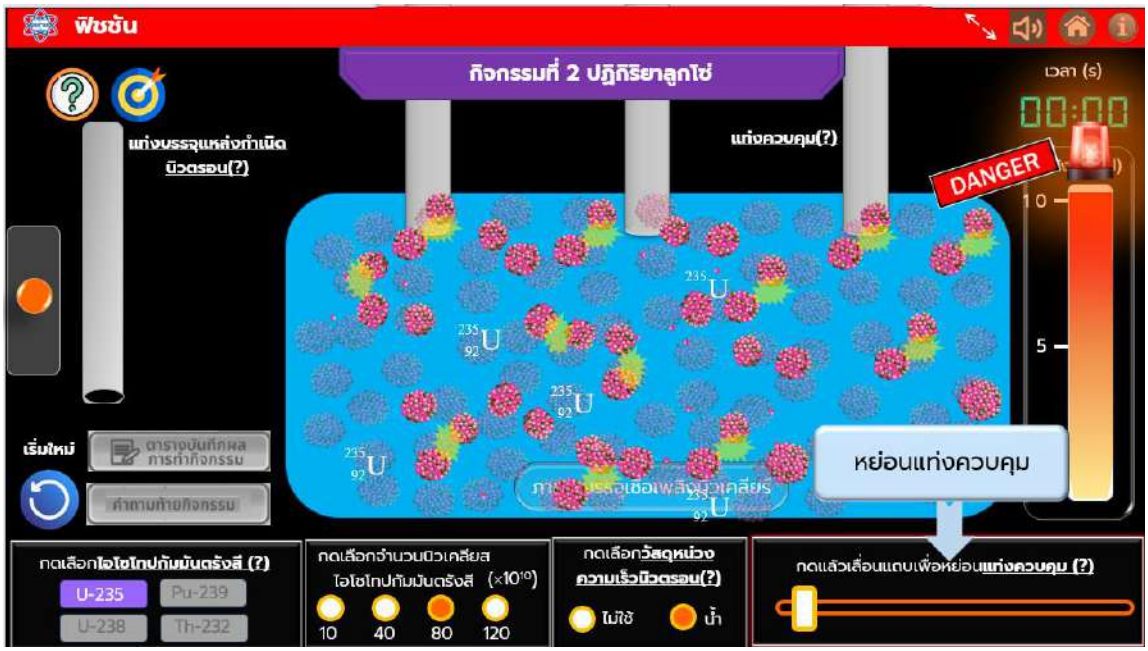
กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

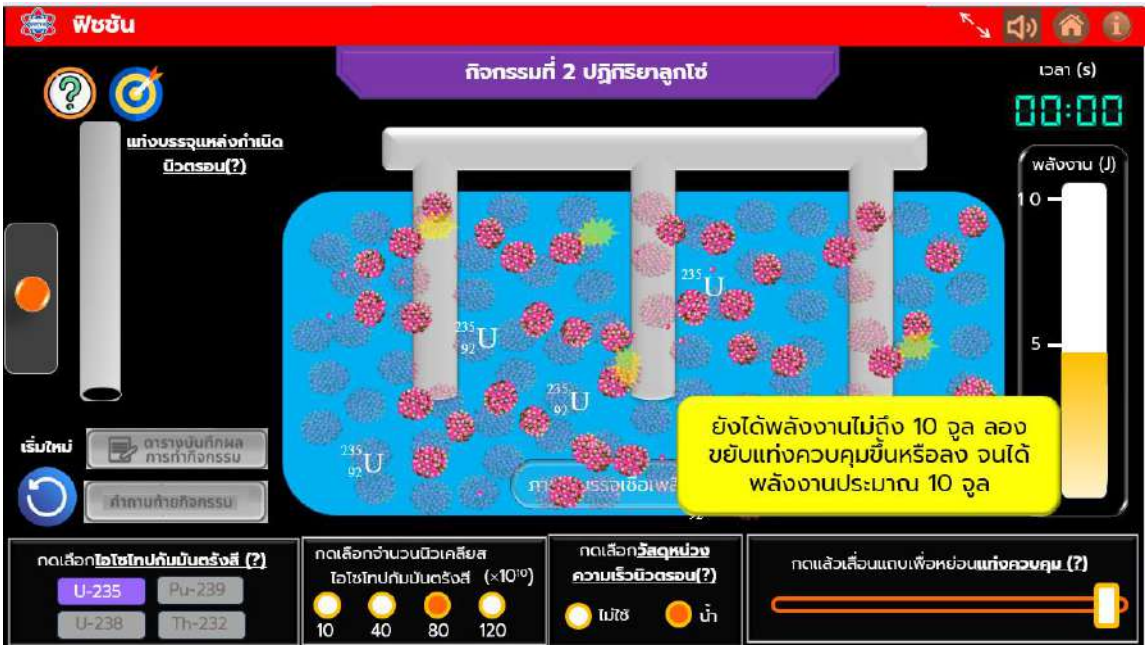
<u>กรณีเลือก ยูเรเนียม-235 (U-235) หรือ พลูโทเนียม-239 (Pu-239) เลือกจำนวนนิวเคลียส 80 หรือ 120 นิวเคลียส และ เลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนเป็น “น้ำ”</u> นิวตรอนที่ถูกปล่อยออกมาจากฟิชชันครั้งแรก จะไปกระตุ้นนิวเคลียสอื่นให้เกิดฟิชชันครั้งต่อ ๆ ไป ทำให้ระดับพลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากกว่า 10 จูล แล้วจะมีหลอดไฟสีแดง ส่งเสียงเอฟเฟคเหมือนรถพยาบาล เตือนอันตราย พร้อมคำว่า DANGER จากนั้น มีกรอบข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ “หย่อนแท่งควบคุม”







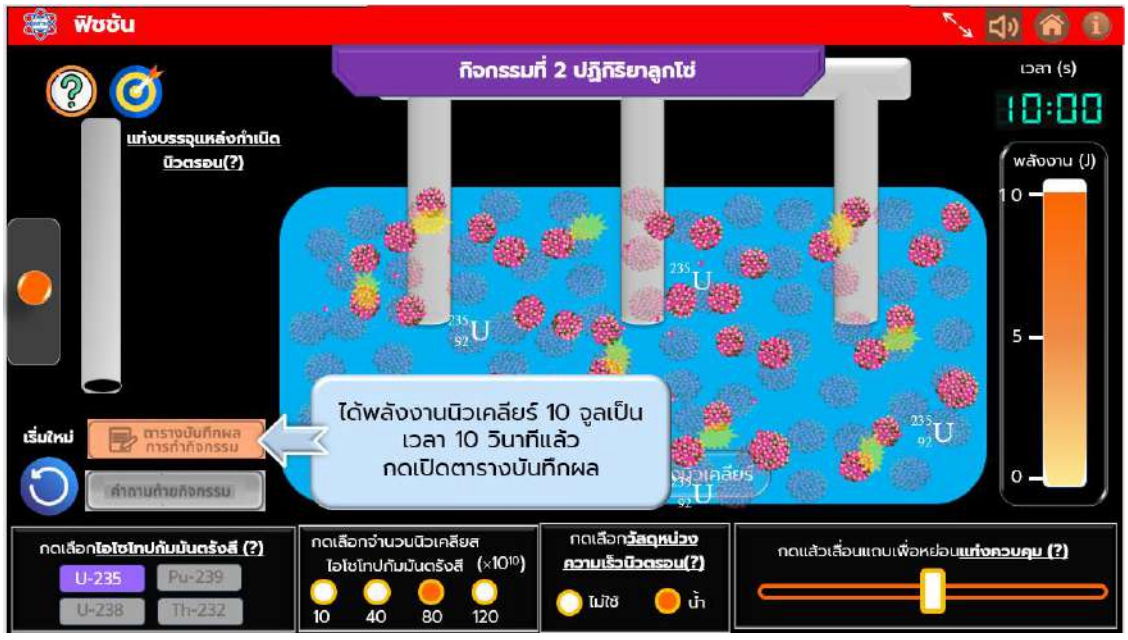
เมื่อกดแล้วเลื่อนแถบเลื่อนไปจนสุดเพื่อหย่อนแท่งควบคุมแล้ว สื่อจะแสดงแท่งควบคุมถูกหย่อนลงา แล้วนิวตรอนหลายนิวตรอนที่เคลื่อนที่ออกมาจากฟิชชันแต่ละนิวเคลียสแต่ละครั้ง จะถูกจับด้วยแท่งควบคุมส่วนใหญ่ ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ที่เกิด มีจำนวนน้อยลง และพลังงานที่ได้ น้อยลง น้อยกว่า 10 จูล ประมาณครึ่งหนึ่ง แล้วจะมีกรอบข้อความแจ้ง “ยังได้พลังงานไม่ถึง 10 จูล ลองขยับแท่งควบคุมขึ้นหรือลง จนได้พลังงานประมาณ 10 จูล”



เมื่อผู้ใช้กดแล้วเลื่อนแถบเลื่อนเพื่อขยับแท่งควบคุมขึ้น การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ จะเกิดด้วยจำนวนที่มากขึ้น และพลังงานที่ได้มากขึ้น จนบางครั้งบางกว่า 10 จูล ซึ่งส่งผลให้เกิดการเตือนอันตราย แต่ถ้า หย่อนแท่งควบคุมลง จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่น้อยลง จนกระทั่ง เมื่อผู้ใช้ขยับแท่งควบคุมมาที่ระดับกลาง ๆ จะเป็นระดับที่พอดีทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและปลดปล่อยพลังงานออกมา ประมาณ 10 จูล ตัวเลขเวลาดิจิทัลจะเริ่มวิ่ง พร้อมมีกรอบข้อความแจ้งว่า “ดีมาก ได้พลังงานประมาณ 10 จูลแล้ว ให้หยุดการขยับแท่งควบคุม แล้วให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ปล่อยพลังงานระดับนี้อย่างต่อเนื่องจนครบ 10 วินาที”



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



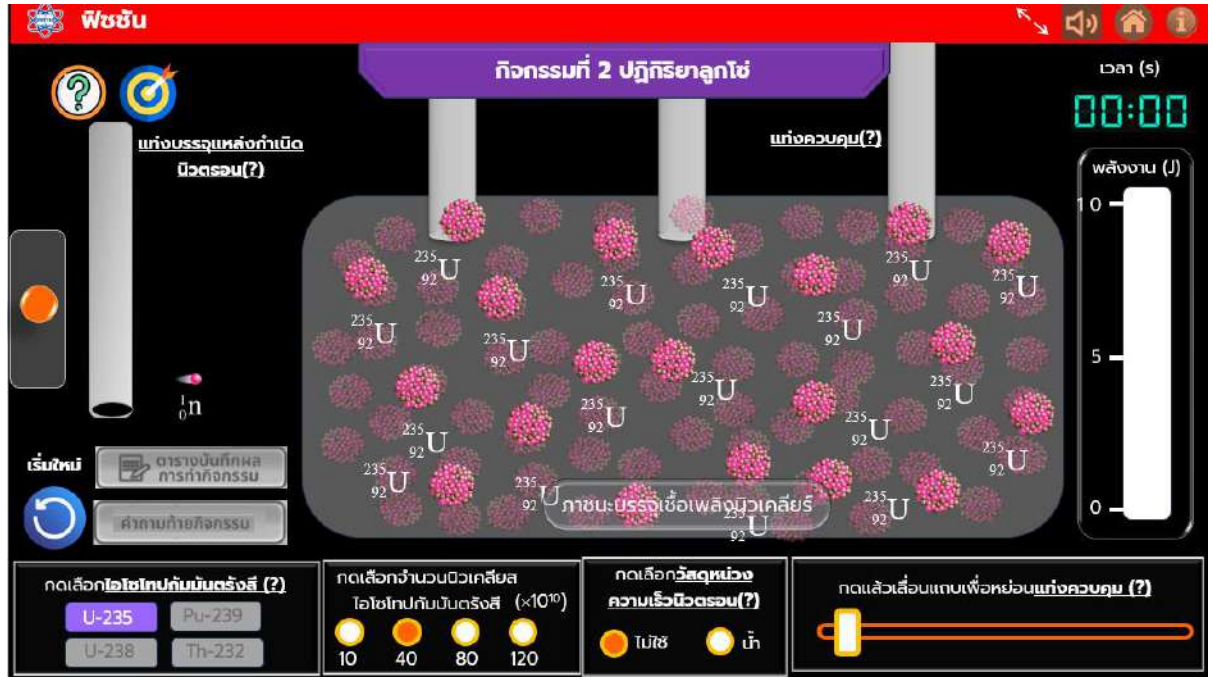
เมื่อกด “ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม” สื่อจะแสดงตารางบันทึกผล โดยมีค่าต่าง ๆ กรอกให้อัตโนมัติ พร้อมแสดงเป้าหมายกิจกรรม ที่ได้ทำแล้ว ทั้งนี้ ถ้ายังทำกิจกรรมไม่ครบตามเป้าหมาย จะมีกรอบข้อความแจ้งว่า “กลับไปทำกิจกรรมต่อ โดยเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดใหม่” ดังตัวอย่างด้านล่าง

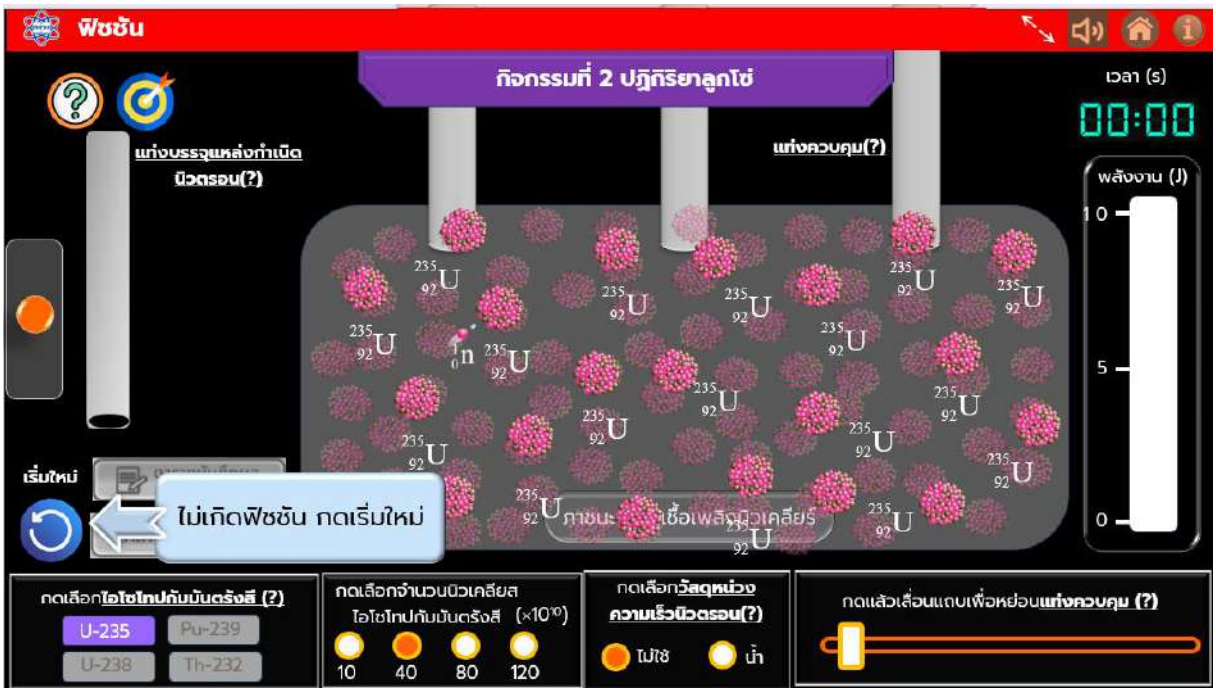


กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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

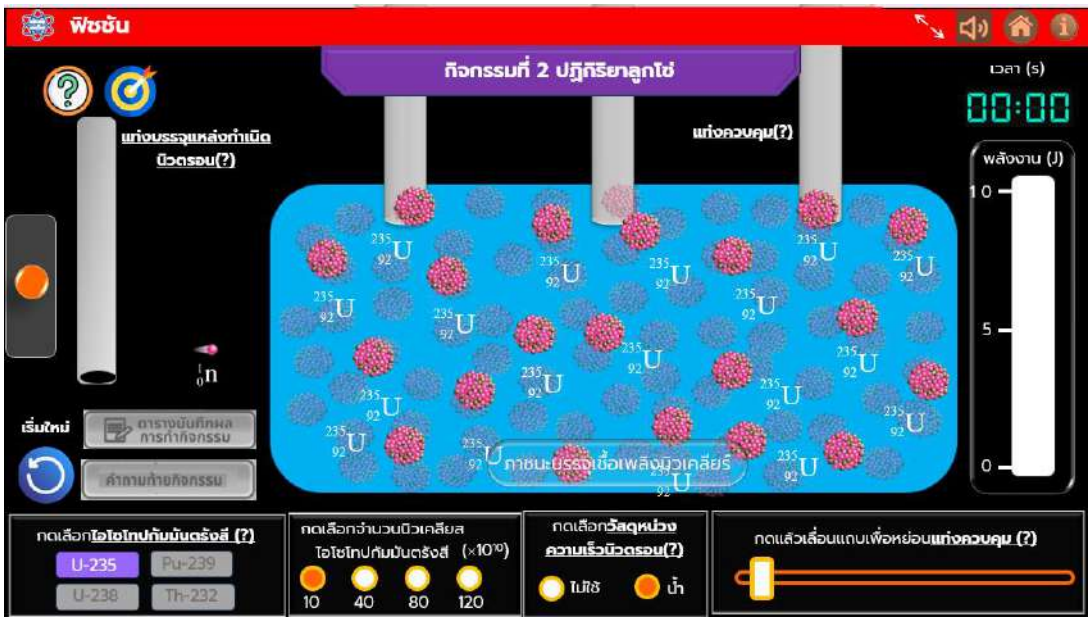


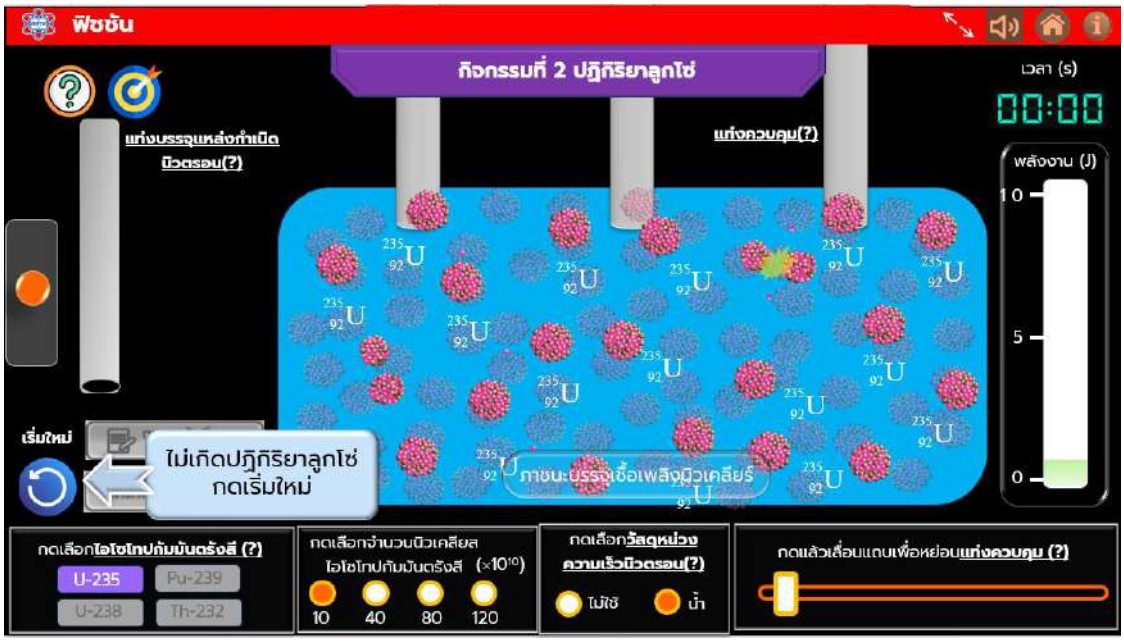


กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

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 “ไม่เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ กดเริ่มใหม่” ดังภาพตัวอย่างด้านล่าง

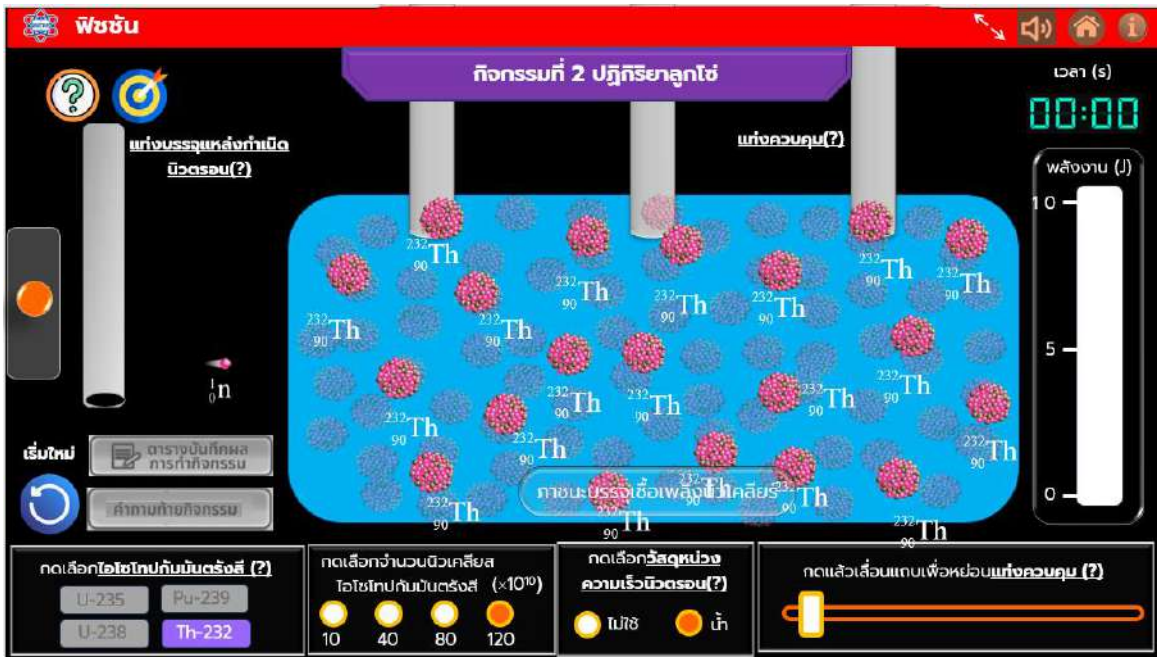


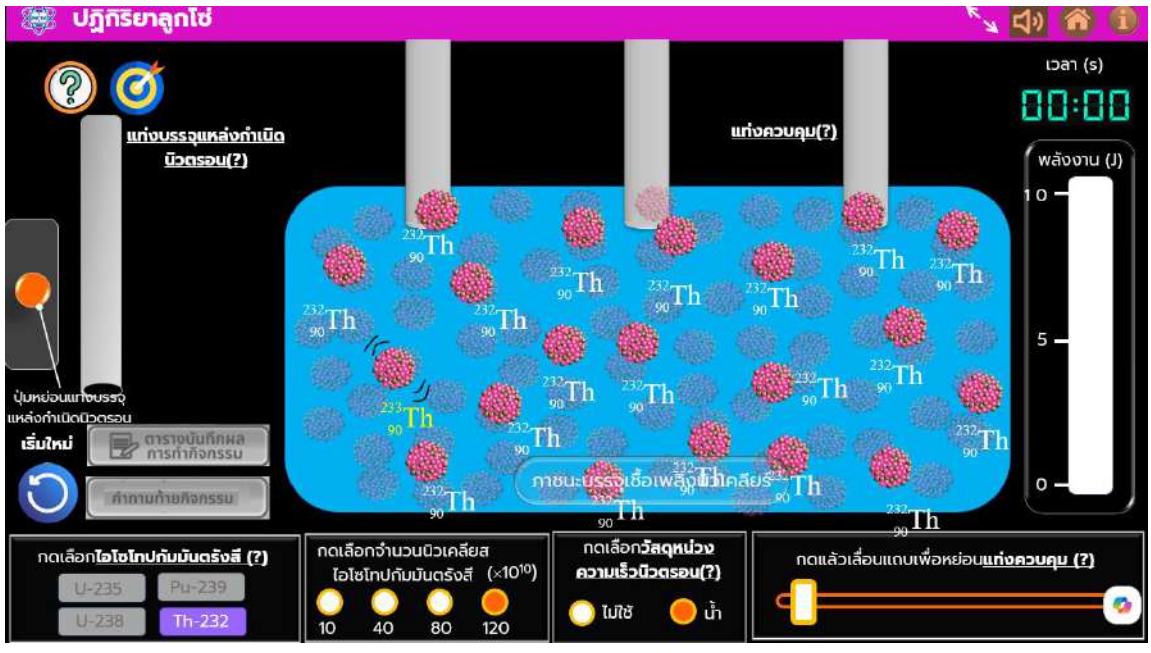


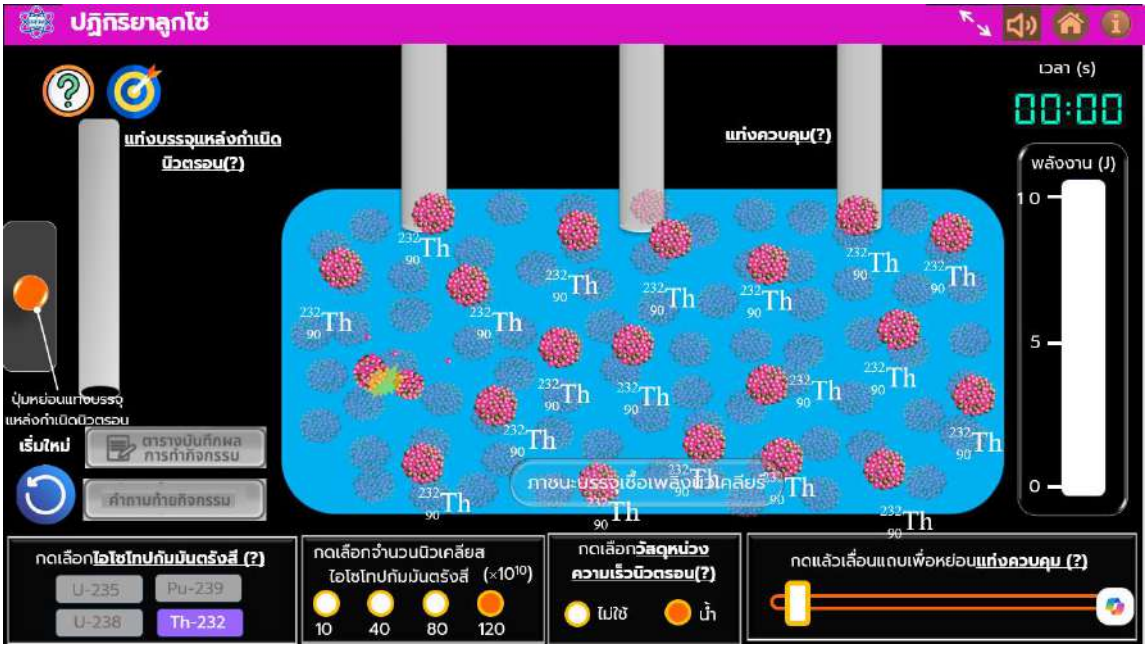
กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

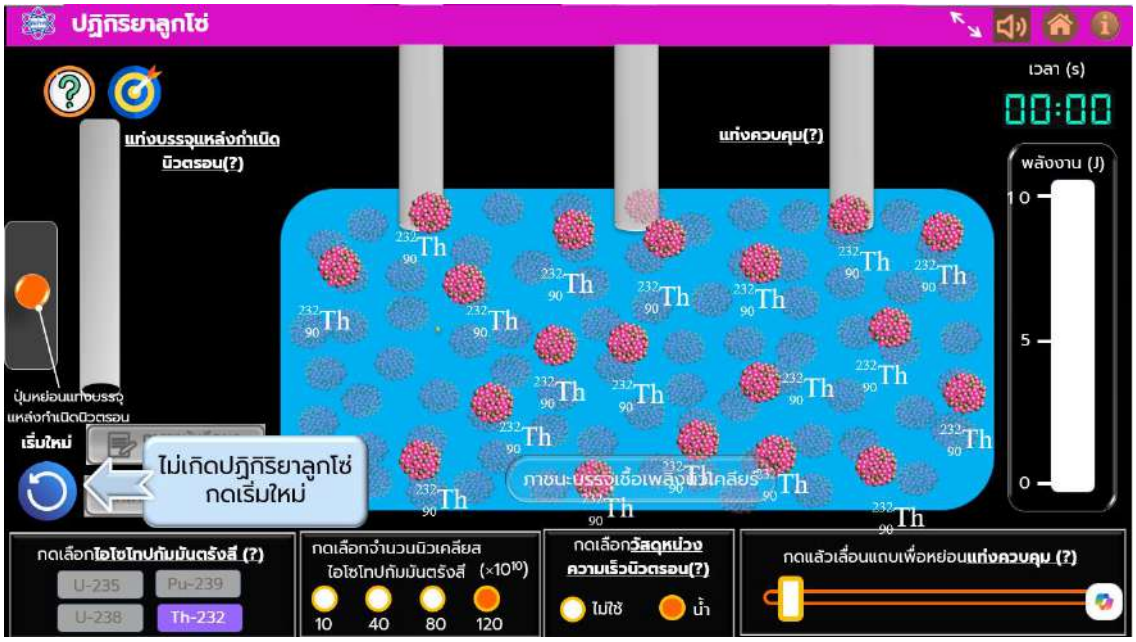
รายละเอียด

กรณีเลือกยูเรเนียม-238 หรือ ทอเรียม-232 เลือกจำนวนนิวเคลียส 10 40 80 หรือ 120 แล้วเลือกวัสดุหน่วงความเร็วของนิวตรอนเป็น “ไม่ใช้” หรือ “น้ำ” นิวตรอนจะเคลื่อนที่ไปชนนิวเคลียสแล้วถูกจับไว้ กลายเป็นนิวเคลียสของไอโซโทปใหม่ คือ ยูเรียม-239 หรือ ทอเรียม-233 ตามลำดับ จากนั้น นิวเคลียสจะแยกออกจากกันเป็นนิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียสที่มวลน้อยกว่า พร้อมปล่อยนิวตรอนออกมา 3 นิวตรอน เพียงครั้งเดียว ไม่เกิดฟิชชันครั้งต่อ ๆ ไป แล้วสื่อจะแสดงข้อความ “ไม่เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ กดเริ่มใหม่” ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง






ปฏิกิริยาลูกโซ่
แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)
แท่งควบคุม(?)
เวลา (s)
00:00
พลังงาน (J)
10
5
0
ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน
เริ่มใหม่
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
ภาชนะบรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)
U-235
Pu-239
U-238
Th-232
กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี (×10¹⁰)
10
40
80
120
กดเลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน(?)
ไม่ใช้
น้ำ
กดแล้วเลื่อนแถบเพื่อหย่อนแท่งควบคุม (?)


ปฏิกิริยาลูกโซ่
แท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน(?)
แท่งควบคุม(?)
เวลา (s)
00:00
พลังงาน (J)
10
5
0
ปุ่มหย่อนแท่งบรรจุแหล่งกำเนิดนิวตรอน
เริ่มใหม่
ไม่เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ กดเริ่มใหม่
ภาชนะบรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
กดเลือกไอโซโทปกัมมันตรังสี (?)
U-235
Pu-239
U-238
Th-232
กดเลือกจำนวนนิวเคลียสไอโซโทปกัมมันตรังสี (×10¹⁰)
10
40
80
120
กดเลือกวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอน(?)
ไม่ใช้
น้ำ
กดแล้วเลื่อนแถบเพื่อหย่อนแท่งควบคุม (?)

กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

กรณีสามารถสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ครบ 2 ไอโซโทป ตารางบันทึกผลจะแสดงข้อมูลผลการทำกิจกรรมครบถ้วน จากนั้น สื่อจะแสดงปุ่มคำถามเป็นสีสด พร้อมกรอบข้อความระบุให้กดเพื่อไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม ดังตัวอย่างด้านล่าง

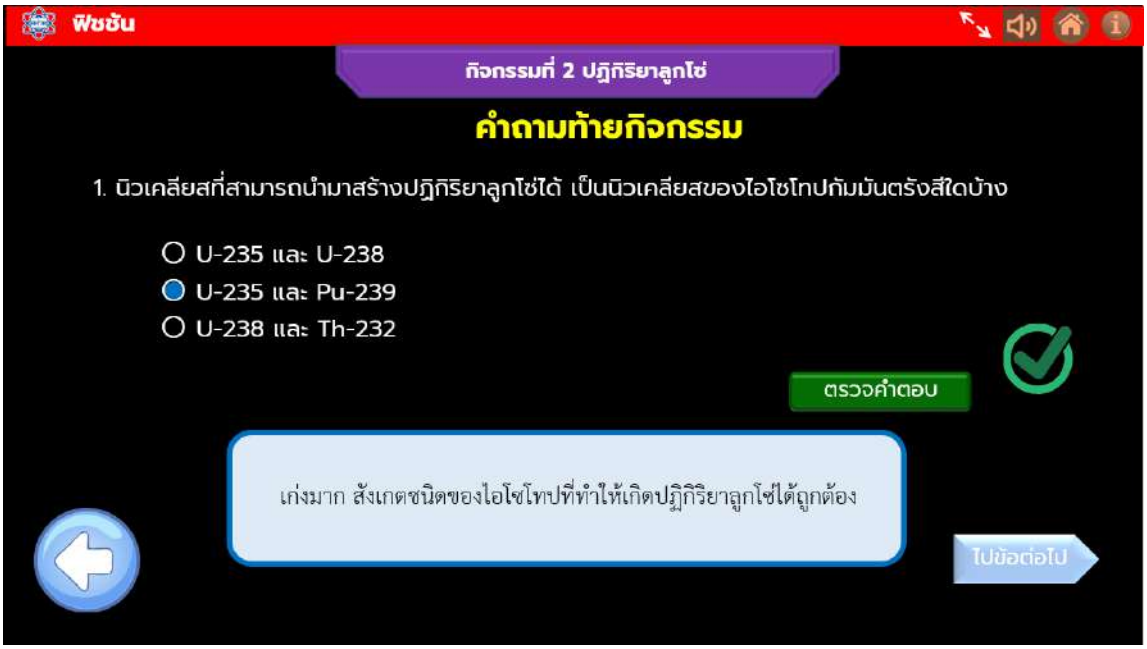




กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	คำถามท้ายกิจกรรม

รายละเอียด

เมื่อกด “คำถามท้ายกิจกรรรม” และเมื่อกดแล้ว จะไปที่หน้าคำถาม



คำถามท้ายกิจกรรมมีทั้งหมด 3 ข้อ ดังนี้

1. ไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดใดบ้างที่สามารถนำมาสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้

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

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 2 U-235 และ Pu-239

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที ไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดใด ที่เมื่อกระตุ้นด้วยนิวตรอนแล้ว เกิดฟิชชันอย่างต่อเนื่อง จำนวนมาก”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตชนิดของชนิดของไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ถูกต้อง”

2. ในกรณีไอโซโทปที่สามารถนำมาสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ การใช้วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนช่วยในการสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้อย่างไร

- ลดความเร็วของการดูดจับนิวตรอนโดยนิวเคลียส ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างต่อเนื่อง
- ลดความเร็วนิวตรอนที่อยู่ภายในนิวเคลียส ทำให้ได้พลังงานจากฟิชชันมากขึ้น
- ลดความเร็วนิวตรอนที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน ทำให้สามารถทำให้เกิดฟิชชันครั้งต่อ ๆ ไปได้

<u>เฉลย</u> ค. ลดความเร็วนิวตรอนที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชัน ทำให้สามารถทำให้เกิดฟิชชันครั้งต่อ ๆ ไปได้

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที วัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนทำให้อัตราเร็วของนิวตรอนที่ออกมาจากฟิชชันเป็นอย่างไร”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “สังเกตได้ดีมาก นิวตรอนปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันที่มีความเร็วสูงจะไม่สามารถกระตุ้นให้นิวเคลียสอื่น ๆ ของไอโซโทปกัมมันตรังสีที่อยู่รอบ ๆ เกิดฟิชชันได้ จึงจำเป็นต้องลดความเร็วลงด้วยวัสดุหน่วงความเร็วของนิวเตรอน เพื่อทำให้เกิดฟิชชันใน
ครั้งต่อ ๆ ไปได้”

3. ในกรณีไอโซโทปที่สามารถนำมาสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ จำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นของไอโซโทปกัมมันตรังสี ส่งผลอย่างไรกับปฏิกิริยาลูกโซ่

- ถ้าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นน้อยเกินไป ปฏิกิริยาลูกโซ่จะไม่เกิดขึ้น
- ไม่ว่าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นน้อยหรือมาก ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดขึ้น
- ถ้าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นมากขึ้น ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดได้มากขึ้น

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 3 ถ้าจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นมากขึ้น ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดได้มากขึ้น

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที เมื่อจำนวนนิวเคลียสเปลี่ยนจาก 80 เป็น 120 ต้องขยับแท่งควบคุมเพื่อลดหรือเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก สามารถเข้าใจผลของจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นกับการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้อย่างถูกต้อง จำนวนนิวเคลียสที่มากขึ้น จะสามารถทำให้เกิดปฏิริยาลูกโซ่ได้มากขึ้น”

4. การหย่อนแท่งควบคุมลงในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างไร

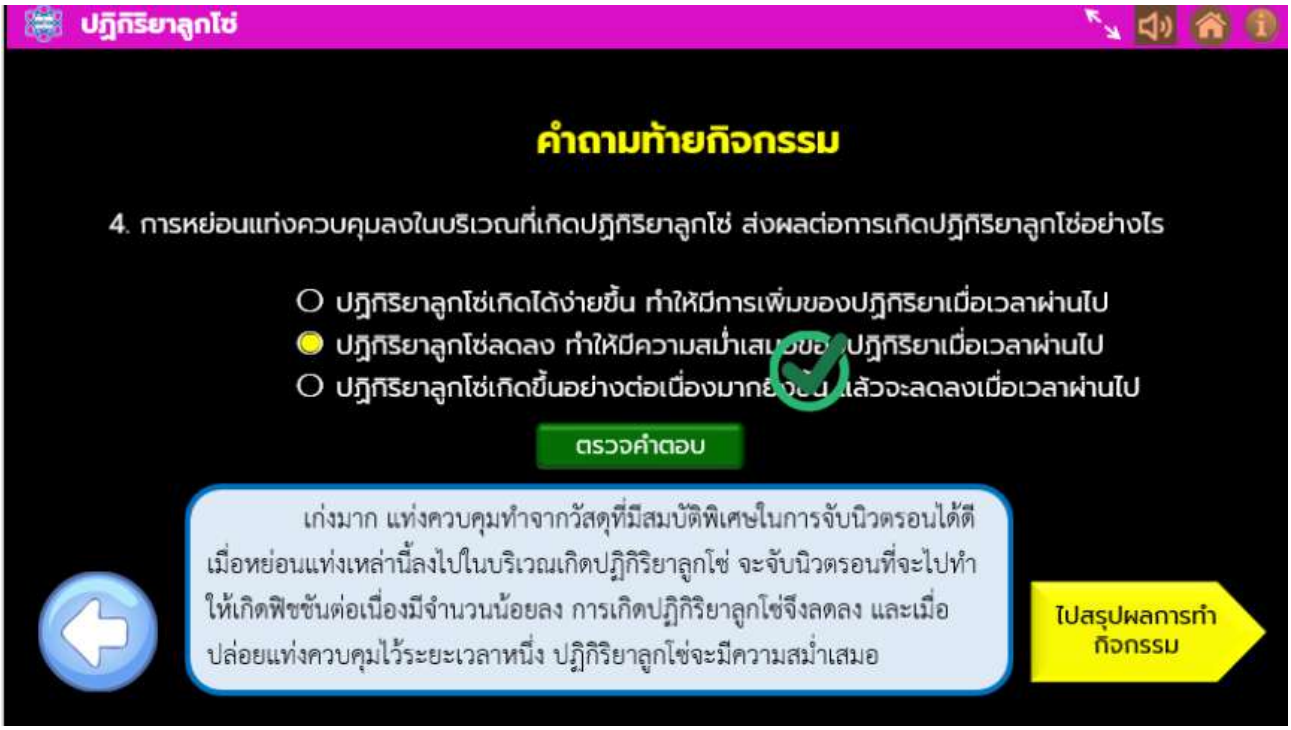
- ปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดได้ง่ายขึ้น ทำให้มีการเพิ่มของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป
- ปฏิกิริยาลูกโซ่ลดลง ทำให้มีความสม่ำเสมอของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป
- ปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น แล้วจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 2 ปฏิกิริยาลูกโซ่ลดลง ทำให้มีความสม่ำเสมอของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที เมื่อหย่อนแท่งควบคุม พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาลูกโซ่เพิ่มขึ้นหรือลดลง แล้วระดับพลังงานที่ได้ สื่อถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างไร”

ถ้าตอบถูก มีกรอบข้อความว่า “เก่งมาก แท่งควบคุมทำจากวัสดุที่มีสมบัติพิเศษในการจับนิวตรอนได้ดี เมื่อหย่อนแท่งเหล่านี้ลงไปในบริเวณเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ จะจับนิวตรอนที่จะไปทำให้เกิดฟิชชันต่อเนื่องมีจำนวนน้อยลง การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่จึงลดลง และเมื่อปล่อยแท่งควบคุมไว้ระยะเวลาหนึ่ง ปฏิกิริยาลูกโซ่จะมีความสม่ำเสมอ”

เมื่อตอบคำถามถูกทุกข้อแล้ว จะปรากฏปุ่ม “ไปสรุปผลการทำกิจกรรม” ดังตัวอย่างด้านล่าง



กิจกรรม ปฏิกิริยาลูกโซ่	สรุปผลการทำกิจกรรม

รายละเอียด

เมื่อกดปุ่ม “ไปสรุปผลการทำกิจกรรม” จะไปหน้าสรุปผลการทำกิจกรรม โดยให้เลือกคำในกรอบสีฟ้ามาเติมในข้อความด้านล่าง
โดยมีคำและข้อความสรุปดังนี้

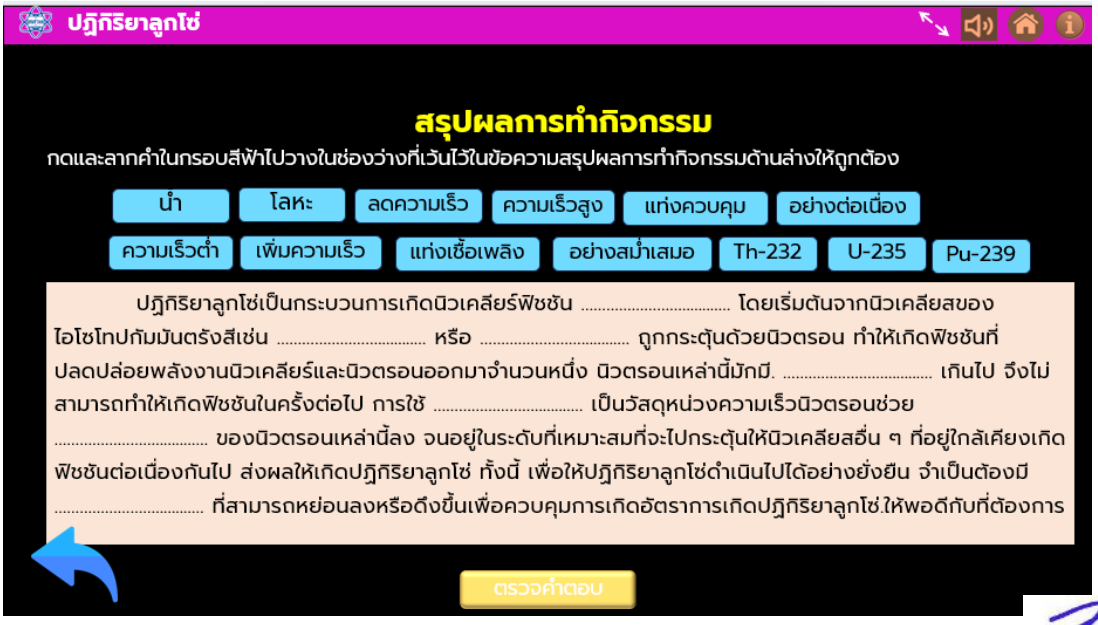
<u>คำที่ลากไปวาง</u>



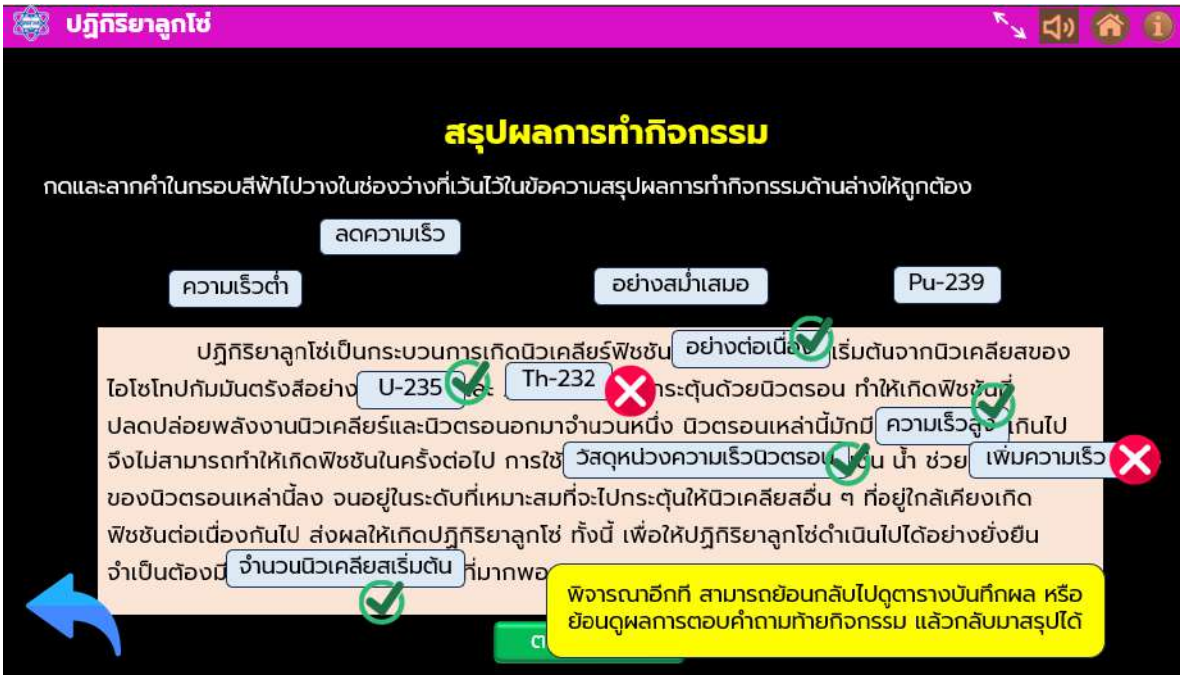
<u>ข้อความสรุป</u>

ปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นกระบวนการเกิดนิวเคลียร์ฟิชชัน ..... โดยเริ่มต้นจากนิวเคลียสของไอโซโทปกัมมันตรังสีเช่น ..... หรือ ..... ถูกกระตุ้นด้วยนิวตรอน ทำให้เกิดฟิชชันที่ปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์และนิวตรอนออกมาจำนวนหนึ่ง นิวตรอนเหล่านี้มักมี. ..... เกินไป จึงไม่สามารถทำให้เกิดฟิชชันในครั้งต่อไป การใช้ ..... เป็นวัสดุหน่วงความเร็วนิวตรอนช่วย ..... ของนิวตรอนเหล่านี้ลง จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะไปกระตุ้นให้นิวเคลียสอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเกิดฟิชชันต่อเนื่องกันไป ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ทั้งนี้ เพื่อให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ดำเนินไปได้อย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมี ..... ที่สามารถหย่อนลงหรือดึงขึ้นเพื่อควบคุมการเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่.ให้พอดีกับที่ต้องการ

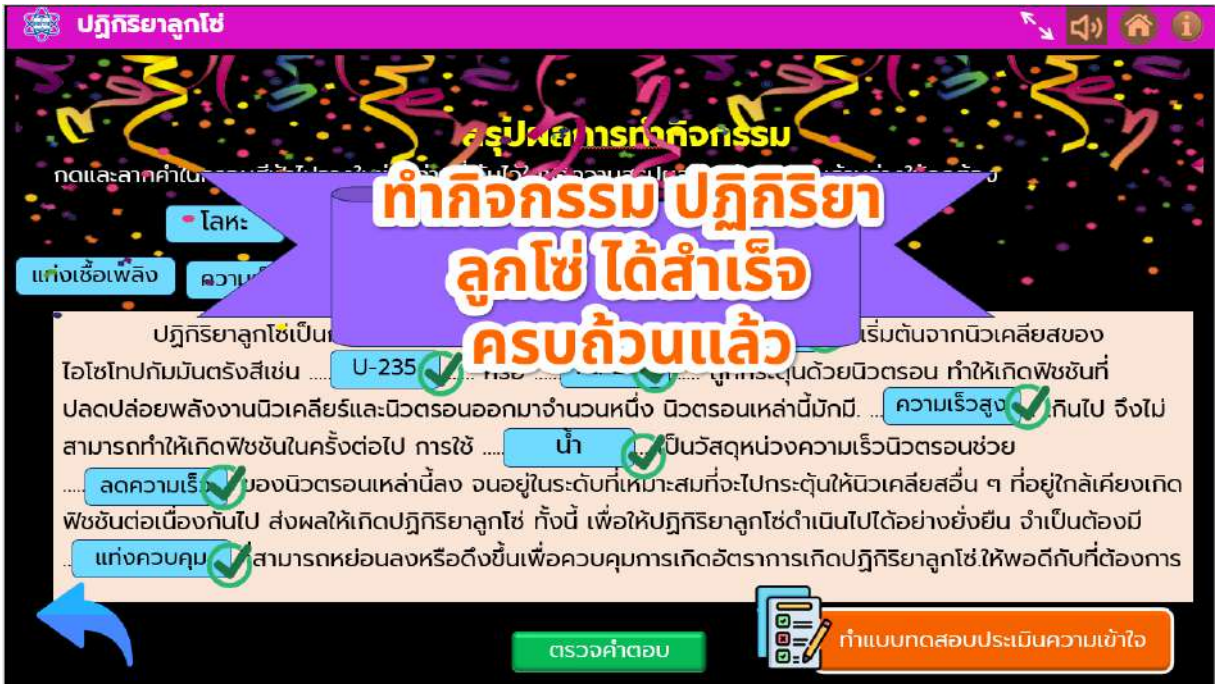
รูปตัวอย่างหน้าสรุป



ถ้ามีการลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบไม่ถูกต้อง ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ พิจารณาอีกที สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้” โดยจะไม่มีการเฉลย แม้จะยังลากคำมาวางไม่ถูก 2 ครั้ง หรือกี่ครั้งก็ตาม รูปตัวอย่างเมื่อลากคำมาวางไม่ถูกดังด้านล่าง



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



ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	

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

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

ขอบเขตของสื่อ	

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

เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สื่อชุดนี้ได้บูรณาการเครื่องมือและกิจกรรมดังนี้:

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

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อนี้ ผู้เรียนจะสามารถระบุองค์ประกอบสำคัญและอธิบายหลักการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (SMR) ในการเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ รวมทั้ง สรุปเกี่ยวกับความปลอดภัยจากรังสีบริเวณภายในและรอบโรงไฟฟ้าได้ถูกต้อง

หน้าปก	

รายละเอียด

หน้าปกประกอบด้วยชื่อของสื่อ ชื่อกลุ่มวิชา ชื่อสถาบัน แอนิเมชันแสดงสถานการณ์จำลอง ปฏิกิริยาลูกโซ่ 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

<u>ส่วนแถบด้านบน</u> เหมือนเรื่องฟิชชัน

<u>ส่วนแสดงสถานการณ์จำลอง</u>

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

<u>ส่วนแถบด้านล่าง</u>

1. ปุ่ม “เริ่ม” และ “ตรวจคำตอบ” ในกรอบระบุส่วนประกอบโรงไฟฟ้า กด “เริ่ม” แล้วจะแสดงคำศัพท์ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าและกรอบที่มีลูกศรชี้ที่ส่วนต่าง ๆ ของโรงไฟฟ้า ให้ลากคำศัพท์ไปวาง จากนั้น กด “ตรวจคำตอบ” เพื่อตรวจความถูกต้องของการลากคำศัพท์ไปวาง
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

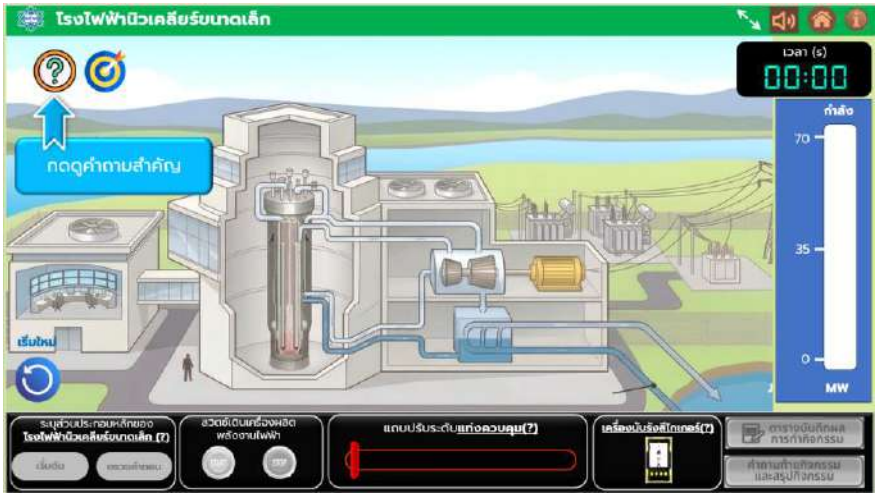
เริ่มต้นกิจกรรม สื่อจะแสดงกรอบให้ผู้ใช้กดดูคำถามสำคัญและเป้าหมายของกิจกรรม โดยแสดงกรอบข้อความพร้อมลูกศรว่า “กดดูคำถามสำคัญ” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความของคำถามสำคัญของกิจกรรมนี้ จากนั้น สื่อจะให้ “กดดูเป้าหมาย” เมื่อกดแล้ว จะแสดงกรอบข้อความระบุเป้าหมายของกิจกรรม ที่ผู้ใช้งานจะต้องปฏิบัติให้ครบเพื่อไปสู่การตอบคำถามท้ายกิจกรรม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

คำถามสำคัญ

“โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (SMR) มีส่วนประกอบหลักอะไร และสามารถเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างไร”

เป้าหมาย

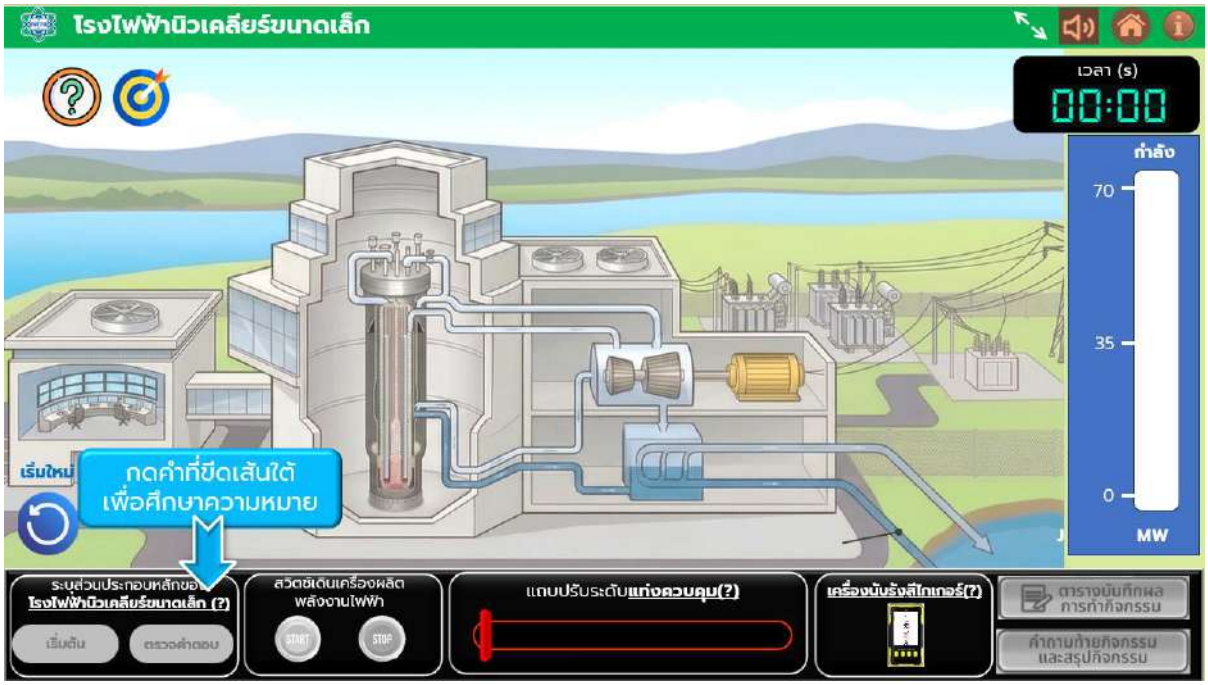
“ควบคุมให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยกำลังไฟฟ้า 70 เมกะวัตต์เป็นเวลานานอย่างน้อย 10 วินาที จากนั้น วัดและบันทึกปริมาณรังสี ณ บริเวณที่กำหนด 6 บริเวณ”





กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

หลังจากดูคำถามสำคัญและเป้าหมายแล้ว สื่อจะให้ผู้ใช้ศึกษาคำศัพท์ที่เป็นคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนา



เมื่อกดคำขีดเส้นใต้และทำเป็นตัวอักษรหนาแล้ว จะแสดงกรอบข้อความอธิบายความหมายของคำนั้น ๆ ดังนี้

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก

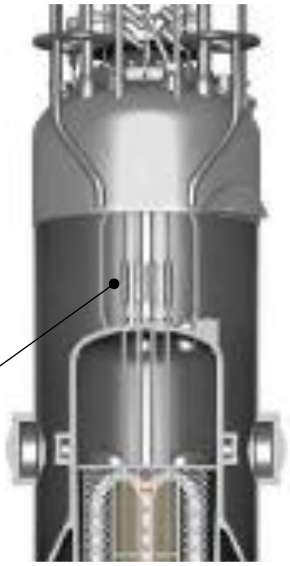
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ Small Modular Reactor (SMR) ในการเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในขนาดที่ไม่เกิน 300 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตแต่ละชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานแล้วขนส่งไปประกอบยังสถานที่ติดตั้งโดยตรง ช่วยลดระยะเวลาและงบประมาณในการก่อสร้างได้อย่างมาก 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 โดยทำหน้าที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ด้วยการดูดกลืนนิวตรอน แท่งเหล่านี้จึงทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนนิวตรอนได้ดี เช่น โบรอนหรือแคดเมียม



ตัวอย่างแท่งควบคุม

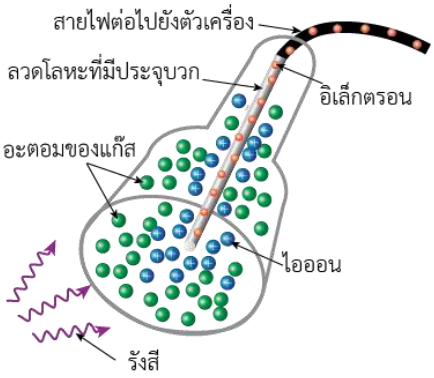
เครื่องนับรังสีไกเกอร์

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



รูป 1 ตัวอย่างเครื่องนับรังสีไกเกอร์-มึลเลอร์

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

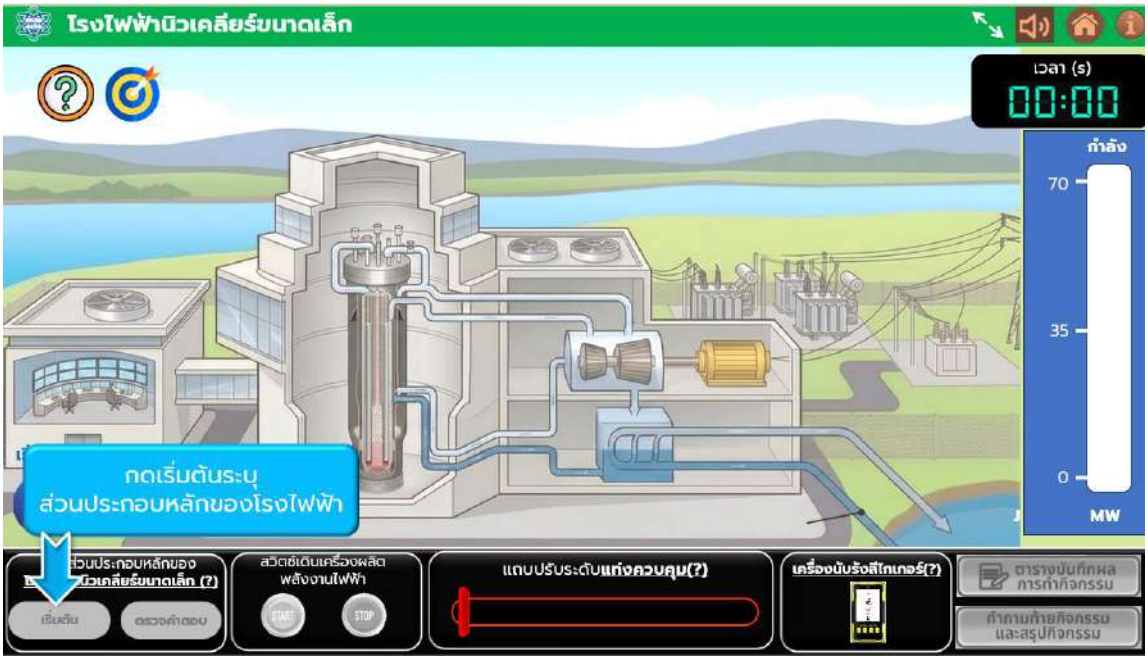


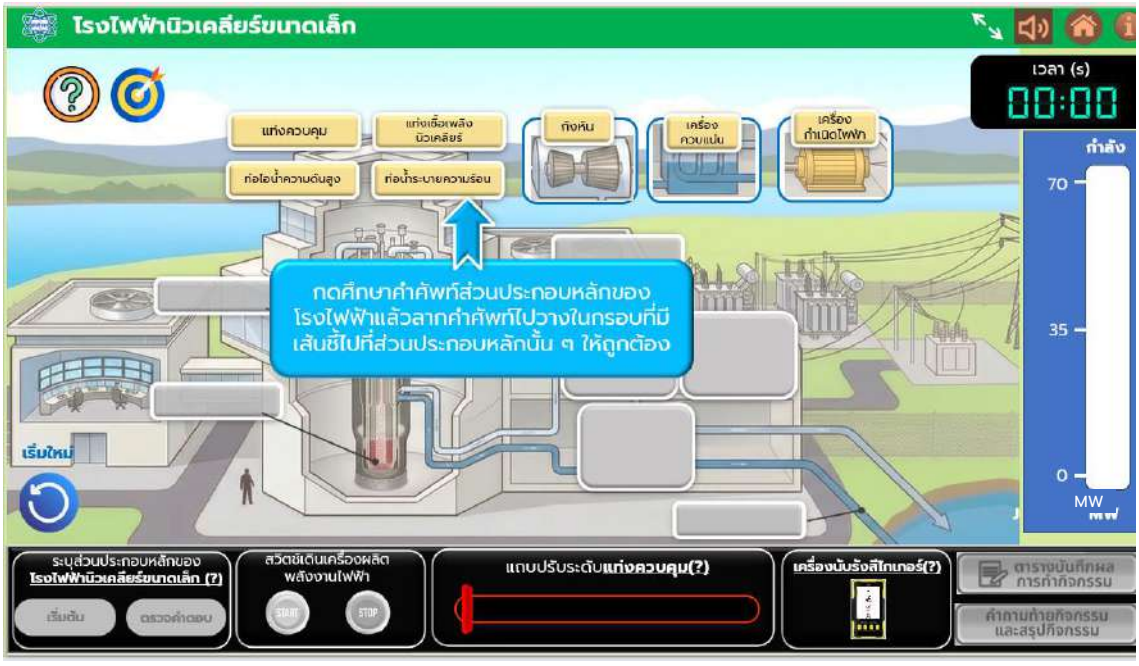
รูป 2 แผนภาพแสดงการทำงานของหัววัดของเครื่องนับรังสีไกเกอร์-มึลเลอร์

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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

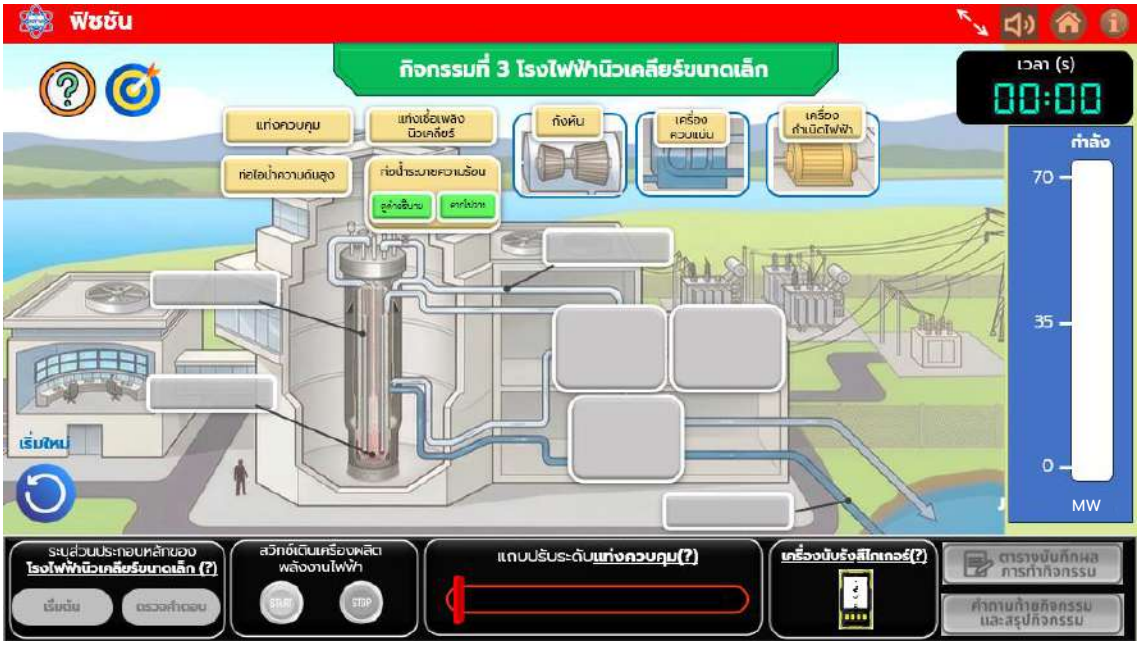


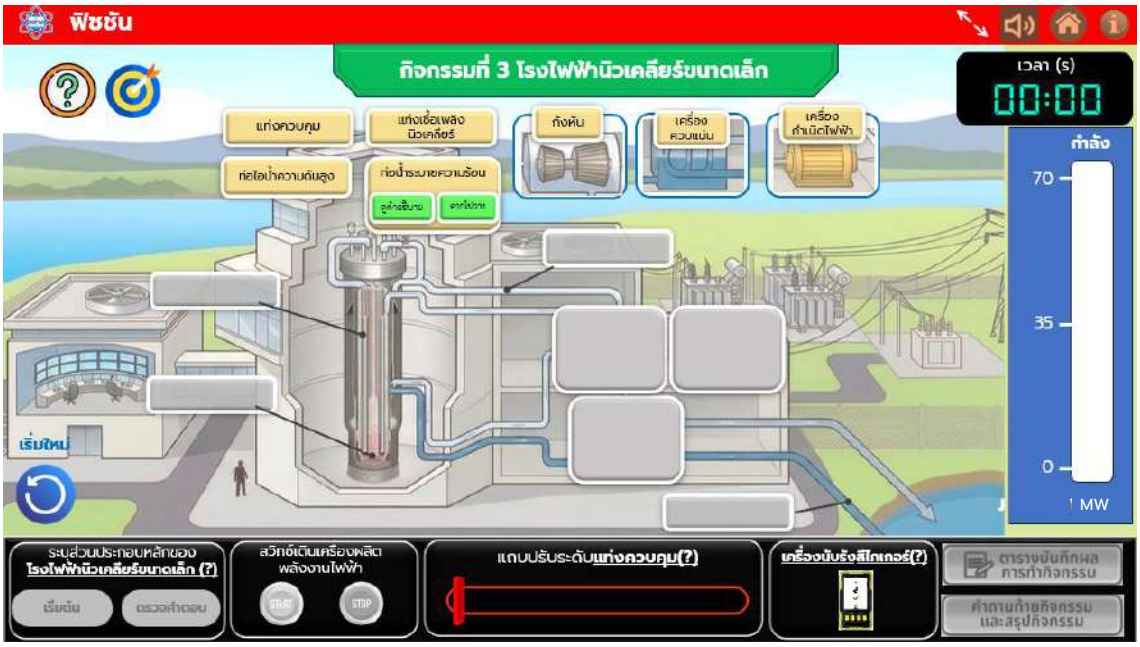


กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

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





คำศัพท์แต่ละคำ มีคำอธิบายดังนี้

แท่งควบคุม (control rod) คืออุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการปรับและควบคุมระดับพลังงานภายในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ โดยทำหน้าที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ด้วยการดูดกลืนนิวตรอน แท่งเหล่านี้จึงทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนนิวตรอนได้ดี เช่น โบรอนหรือแคดเมียม

ท่อไอน้ำความดันสูง (high pressure pipe) เป็นท่อส่งไอน้ำที่ได้รับพลังงานความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์เพื่อนำไปขับเคลื่อนกังหัน

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

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

กังหัน (turbine) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากไอน้ำความดันสูงให้เป็นพลังงานกล โดยไอน้ำจะพุ่งเข้าชนใบพัดของกังหันทำให้แกนหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงมาก พลังงานจลน์จากการหมุนนี้จะถูกส่งผ่านแกนเพลาที่เชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องควบแน่น (condenser) คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไอน้ำที่ผ่านการขับเคลื่อนกังหันแล้ว ให้กลับคืนสภาพเป็นน้ำที่มีสถานะเป็นของเหลวอีกครั้งเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ไอน้ำที่ผ่านเข้าเครื่องควบแน่นจะถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำอุณหภูมิปกติที่มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

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

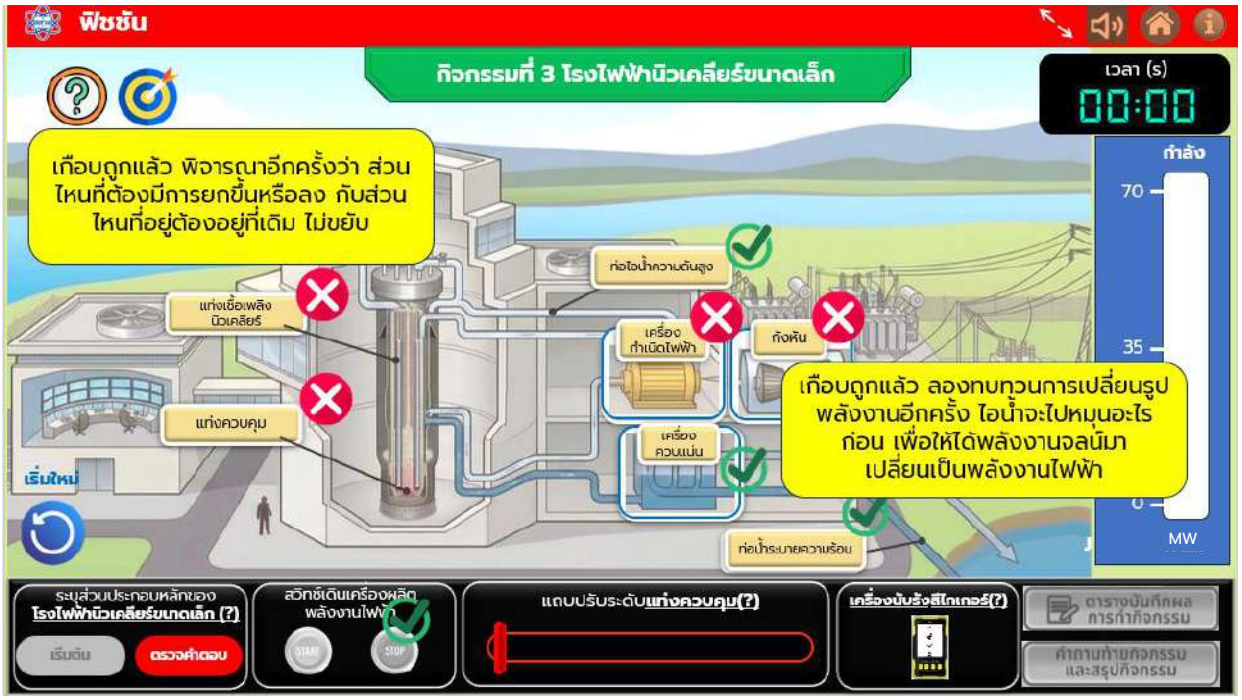
กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อเลือกคำมาวางในกรอบที่ว่างทุกกรอบแล้วกดตรวจคำตอบแล้ว ยังได้ผลไม่ถูกต้องทั้งหมด จะมีเครื่องหมายผิดแจ้งจุดที่ผิด และเครื่องหมายถูกแจ้งจุดที่ถูก โดยถ้ายังสลับตำแหน่ง กังหัน กับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีข้อความแจ้งว่า “เกือบถูกแล้ว ลองทบทวนการเปลี่ยนรูปพลังงานอีกครั้ง ไอน้ำจะไปหมุนอะไรก่อน เพื่อให้ได้พลังงานจลน์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า”

หรือถ้ามีการสลับตำแหน่ง แท่งเชื้อเพลิง กับ แท่งควบคุม จะมีข้อความแจ้งว่า “เกือบถูกแล้ว พิจารณาอีกครั้งว่า ส่วนไหนที่ต้องมีการยกขึ้นหรือลง กับส่วนไหนที่อยู่ต้องอยู่ที่เดิม ไม่ขยับ”

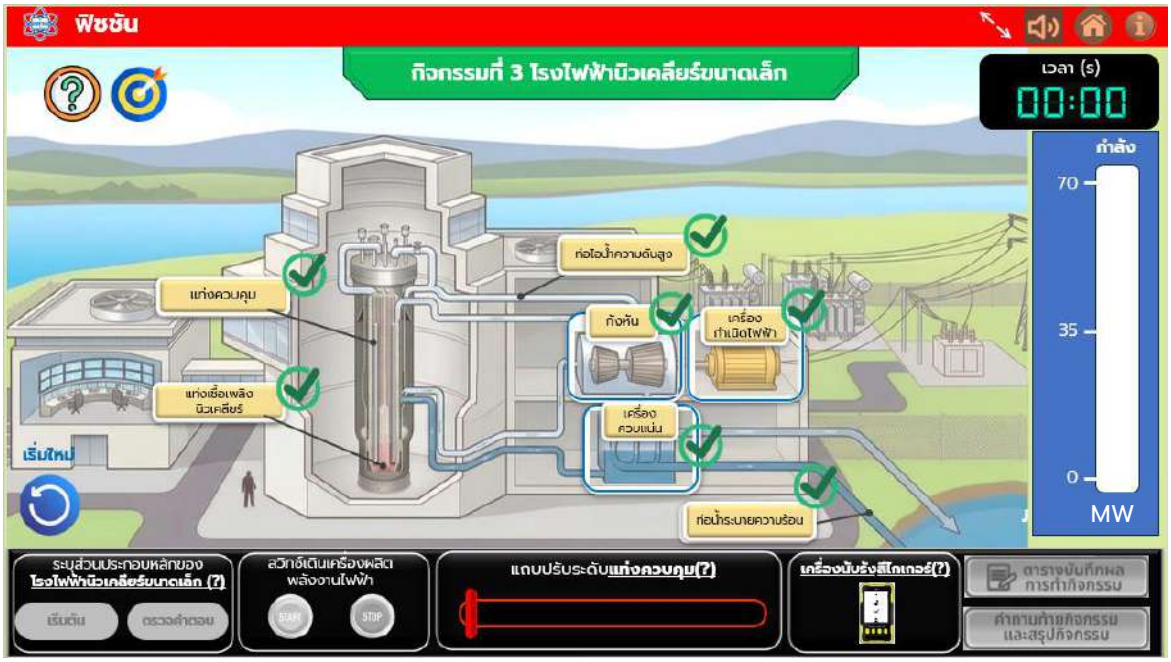
ส่วนการลากคำมาวางที่ตำแหน่งอื่น ๆ ผิด จะมีข้อความแจ้งว่า “เกือบถูกแล้ว โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ขนาดเล็กมีหลักการทำงานคล้ายกับโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ยกเว้นส่วนที่เป็นเครื่องปฏิกรณ์”



กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อเลือกคำมาวางในกรอบที่ว่างทุกกรอบแล้วกดตรวจคำตอบแล้ว ถูกต้องทั้งหมดแล้ว จะมีกรอบข้อความอธิบายการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ให้กด “ถัดไป” อ่าน พร้อมแอนิเมชันและเสียงบรรยายประกอบ



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

ตัวอย่างที่คลิปการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ดังลิงก์ด้านล่าง

https://youtu.be/Othg5xE196w?si=CvvgQiZ6fxsvZv7P 1

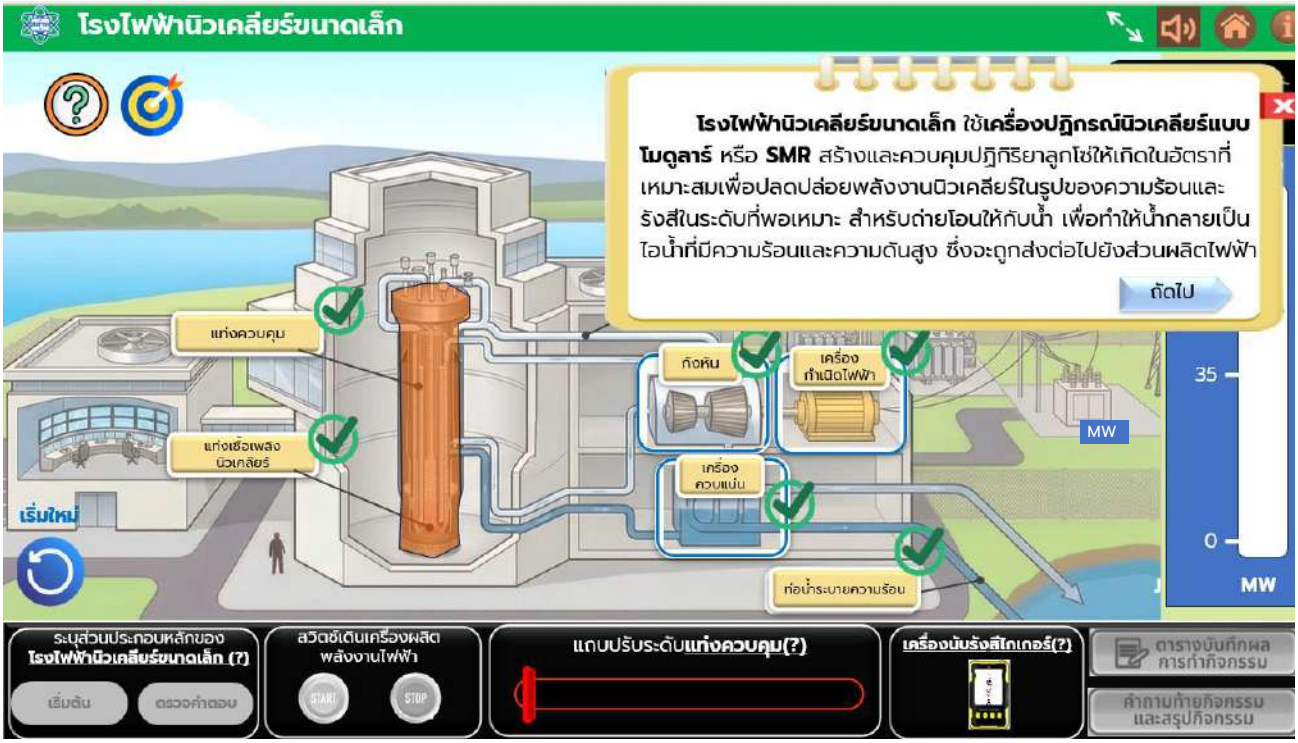
ข้อความอธิบายการทำงานของโรงไฟฟ้าฯ ดังนี้ (เมื่อขึ้นข้อความใด มีการไฮไลท์ส่วนนั้นตามคำบรรยาย)

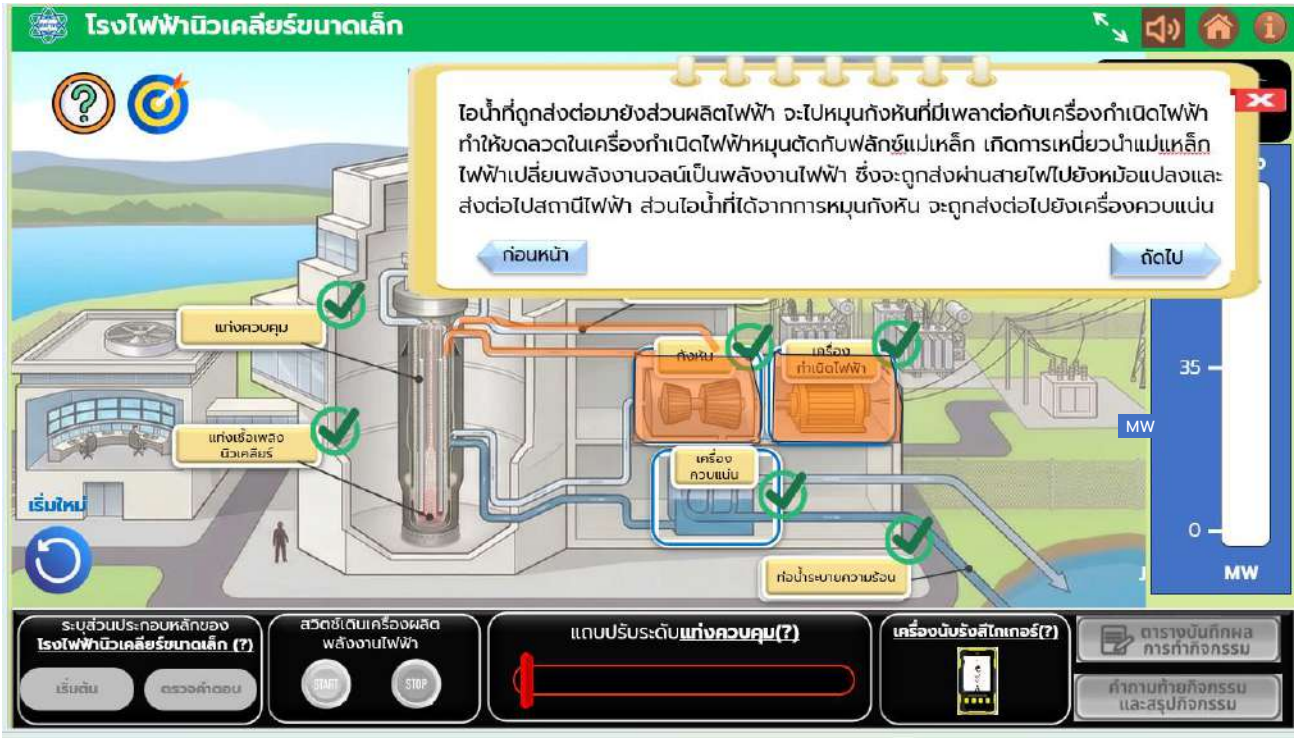
“โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ SMR สร้างและควบคุมปฏิกิริยาลูกโซ่ให้เกิดในอัตราที่เหมาะสมเพื่อปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ในรูปของความร้อนและรังสีในระดับที่พอเหมาะ โดยความร้อนจะถูกถ่ายโอนให้กับน้ำ เพื่อทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่มีความร้อนและความดันสูง ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังส่วนผลิตไฟฟ้า”

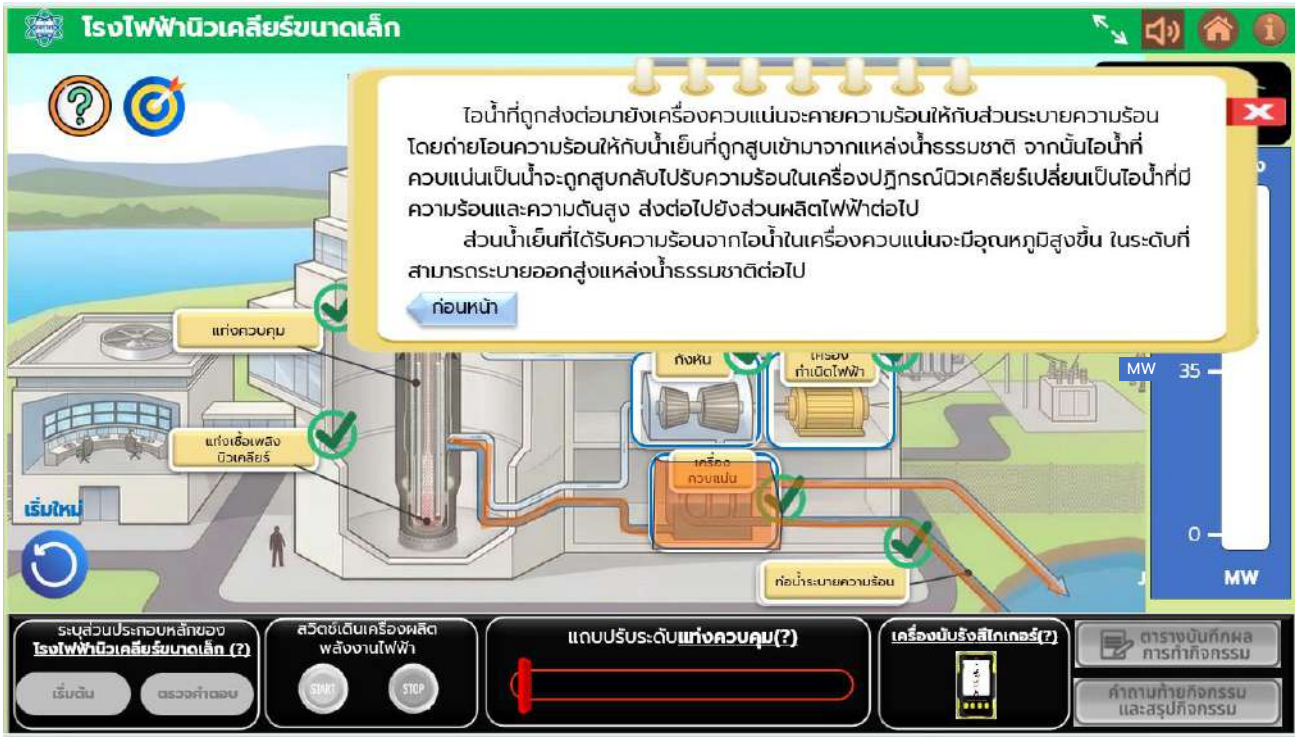
“ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังส่วนผลิตไฟฟ้า จะไปหมุนกังหันที่มีเพลาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะถูกส่งผ่านสายไฟไปยังหม้อแปลงและส่งต่อไปสถานีไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ได้จากการหมุนกังหัน จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่น”

“ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังเครื่องควบแน่นจะคายความร้อนให้กับส่วนระบายความร้อน โดยถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำเย็นที่ถูกสูบเข้ามาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จากนั้นไอน้ำที่ควบแน่นเป็นน้ำจะถูกสูบกลับไปรับความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เปลี่ยนเป็นไอน้ำที่มีความร้อนและความดันสูง ส่งต่อไปยังส่วนผลิตไฟฟ้าต่อไป

ส่วนน้ำเย็นที่ได้รับความร้อนจากไอน้ำในเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในระดับที่สามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป”



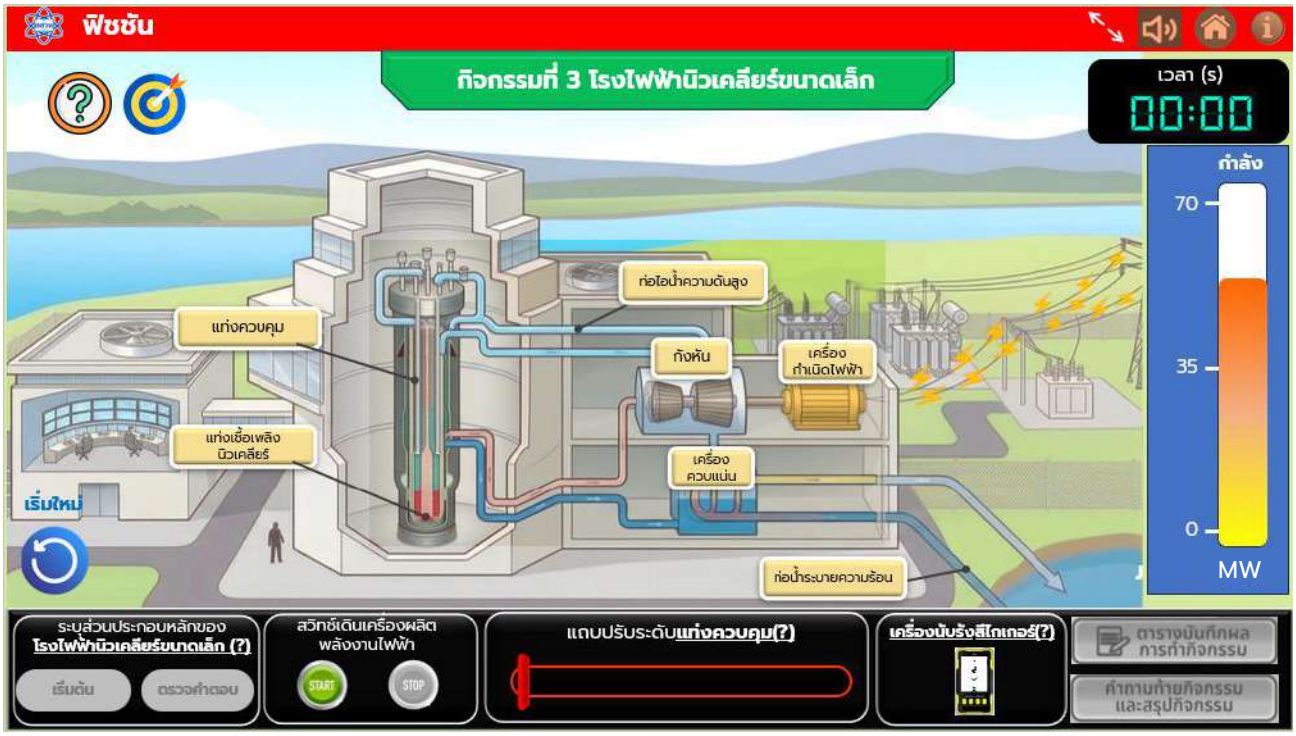

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก
ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังส่วนผลิตไฟฟ้า จะไปหมุนกังหันที่มีเพลาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก เกิดการเหนี่ยวนำแม่แหล็ก ไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะถูกส่งผ่านสายไฟไปยังหม้อแปลงและส่งต่อไปสถานีไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ได้จากการหมุนกังหัน จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่น
ก่อนหน้า
ถัดไป
แท่งควบคุม
แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
กังหัน
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
เครื่องควบแน่น
ท่อน้ำระบายความร้อน
เริ่มใหม่
35
MW
0
MW
ระบุส่วนประกอบหลักของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (?)
เริ่มต้น
ตรวจคำตอบ
สวิตช์เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า
START
STOP
แถบปรับระดับแท่งควบคุม(?)
เครื่องนับรังสีไกเกอร์(?)
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม


โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก
ไอน้ำที่ถูกส่งต่อมายังเครื่องควบแน่นจะคายความร้อนให้กับส่วนระบายความร้อน โดยถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำเย็นที่ถูกสูบเข้ามาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จากนั้นไอน้ำที่ควบแน่นเป็นน้ำจะถูกสูบกลับไปรับความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เปลี่ยนเป็นไอน้ำที่มีความร้อนและความดันสูง ส่งต่อไปยังส่วนผลิตไฟฟ้าต่อไป
ส่วนน้ำเย็นที่ได้รับความร้อนจากไอน้ำในเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในระดับที่สามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป
ก่อนหน้า
แท่งควบคุม
แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
กังหัน
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
เครื่องควบแน่น
ท่อน้ำระบายความร้อน
เริ่มใหม่
MW
35
0
MW
ระบุส่วนประกอบหลักของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก (?)
เริ่มต้น
ตรวจคำตอบ
สวิตช์เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า
START
STOP
แถบปรับระดับแท่งควบคุม(?)
เครื่องนับรังสีไกเกอร์(?)
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

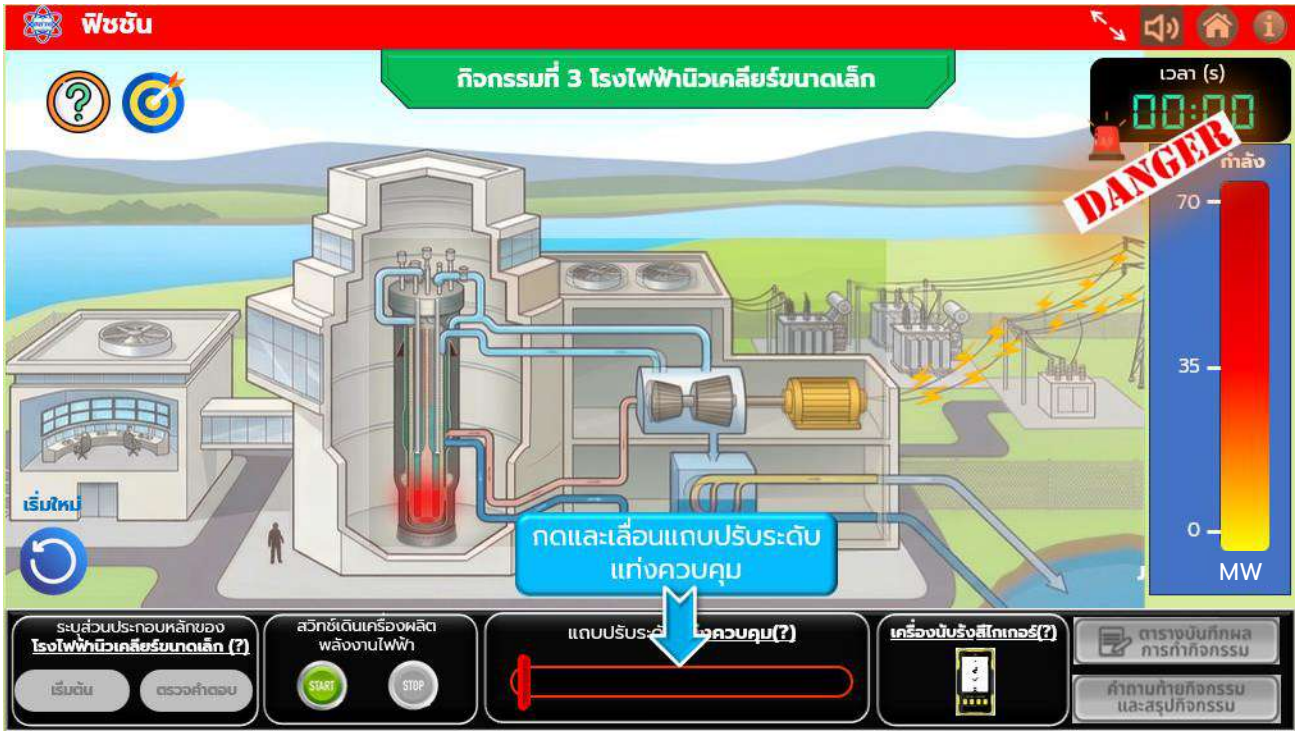
กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

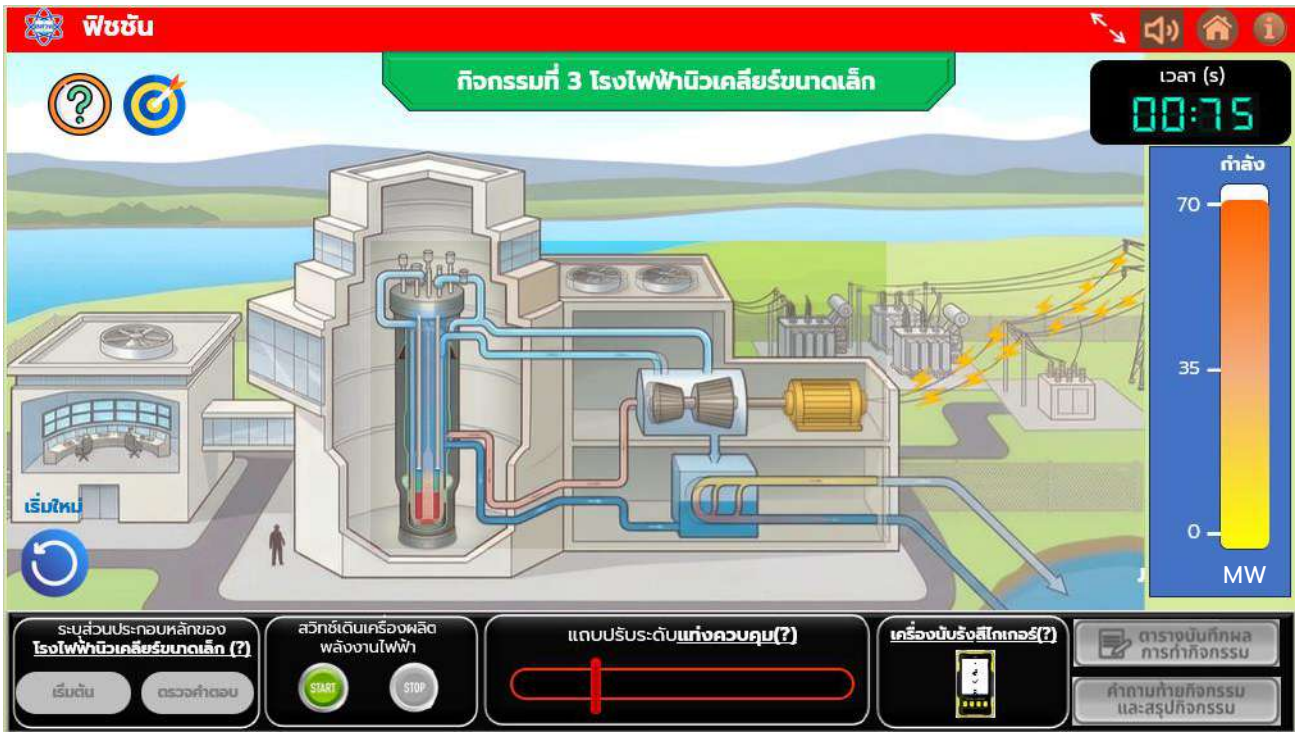
หลังจากศึกษาการทำงานของโรงไฟฟ้าแล้ว จะมีกรอบข้อความให้ “กดสวิตช์เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า” ซึ่งเมื่อกด START แล้ว สถานการณ์จำลองจะแสดงแอนิเมชัน แท่งควบคุมเคลื่อนที่ขึ้นไปจนสุด แล้วส่วนแท่งเชื้อเพลิงจะมีสีแดงเรือง ๆ ออกมา จากนั้น จะเกิดไอน้ำในท่อด้านบน เคลื่อนที่ไปยังกังหัน ทำให้กังหันหมุน จากนั้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะหมุน แล้ว มีไฟฟ้าส่งไปตามสายไฟ ไปยังหม้อแปลงด้านนอก ส่วนไอน้ำที่หมุนกังหันแล้ว จะถูกส่งไปเครื่องควบแน่น กลายเป็นน้ำ ที่ถูกส่งกลับไปที่เครื่องปฏิกรณ์ ทั้งนี้ น้ำที่ใช้ในเครื่องควบแน่น จะมีการสูบด้วยเครื่องสูบน้ำมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ แล้วเมื่อรับความร้อนจากไอน้ำแล้ว จะถูกปั๊มออกสู่แหล่งน้ำเดิม



เมื่อโรงไฟฟ้าเดินเครื่องได้ไปเรื่อย ๆ แถบพลังงาน จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เรื่อย ๆ จนกระทั่ง เกินค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแถบด้านขวา จะแสดงไฟเรืองอันตรายพร้อมคำว่า “DANGER” จากนั้น มีกรอบข้อความ ให้ “กดและเลื่อนแถบปรับระดับแท่งควบคุม”

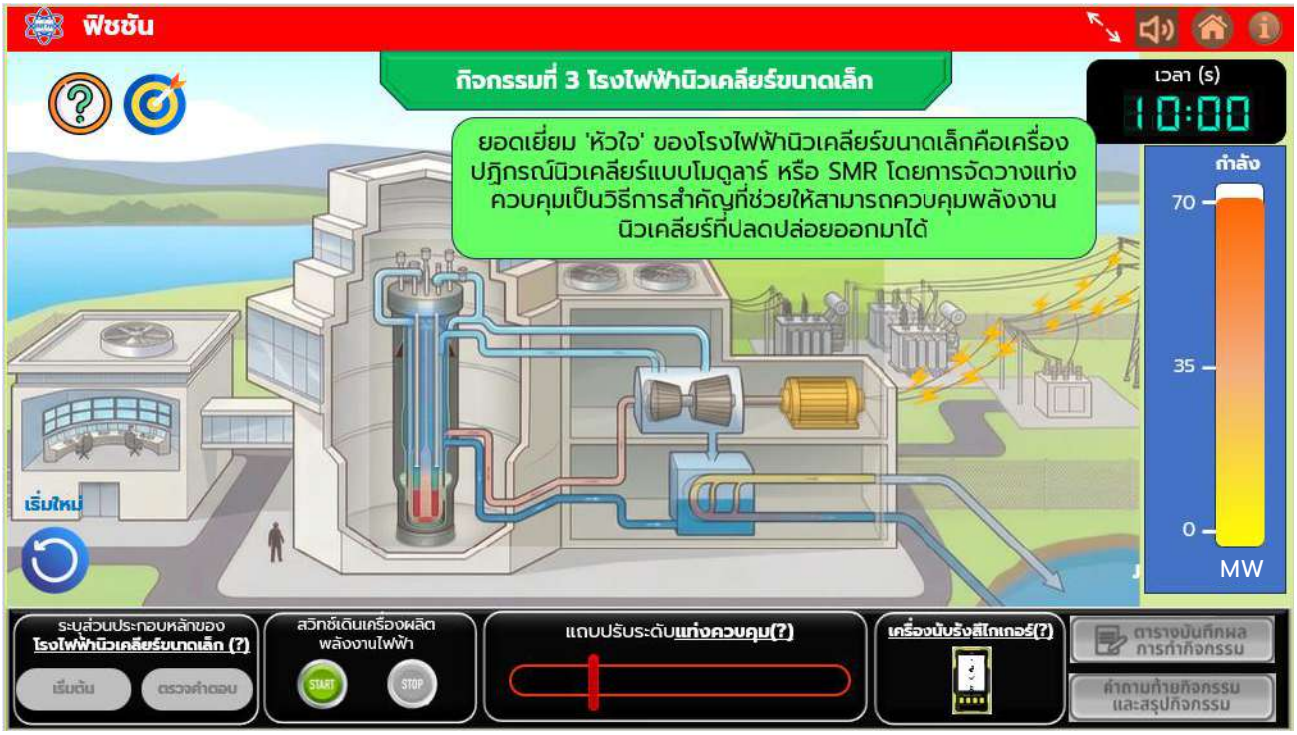


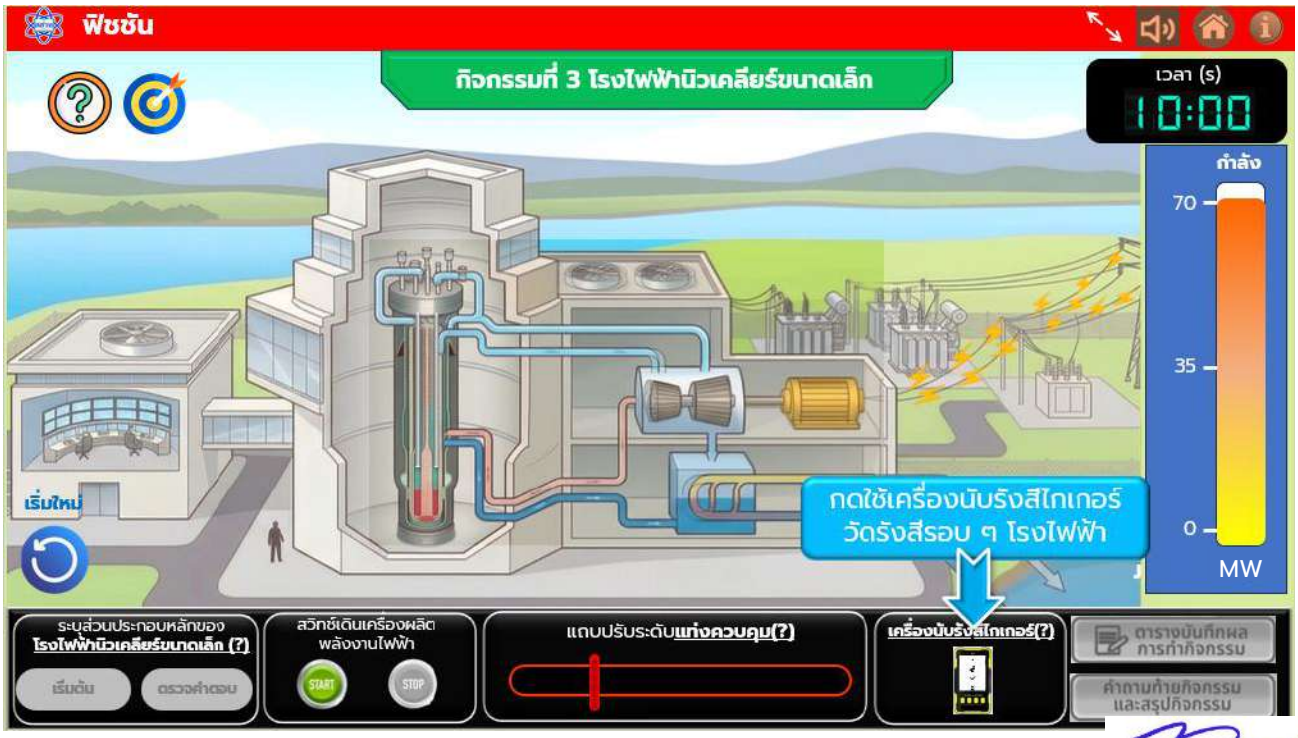
เมื่อกดแล้วลากแถบเพื่อหย่อนแท่งควบคุมลงในแกนปฏิกรณ์แล้ว ระดับกำลังไฟฟ้าในแถบด้านขวา จะลดลง และถ้าปรับให้แท่งควบคุมอยู่ในระดับที่หย่อนลงไปในแกนปฏิกรณ์ไม่มากนัก ประมาณ 25% จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้า 70 เมกะวัตต์ แล้วเมื่อปล่อยให้แท่งควบคุมอยู่ระดับนี้ เวลาจะเริ่มเดินไปเรื่อย ๆ จนถึง 10:00 วินาที



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

จากนั้น จะมีกรอบข้อความขั้นตอนต่อไป ให้ “กดใช้เครื่องนับรังสีไกเกอร์วัดรังสี ณ บริเวณรอบ ๆ โรงไฟฟ้า”

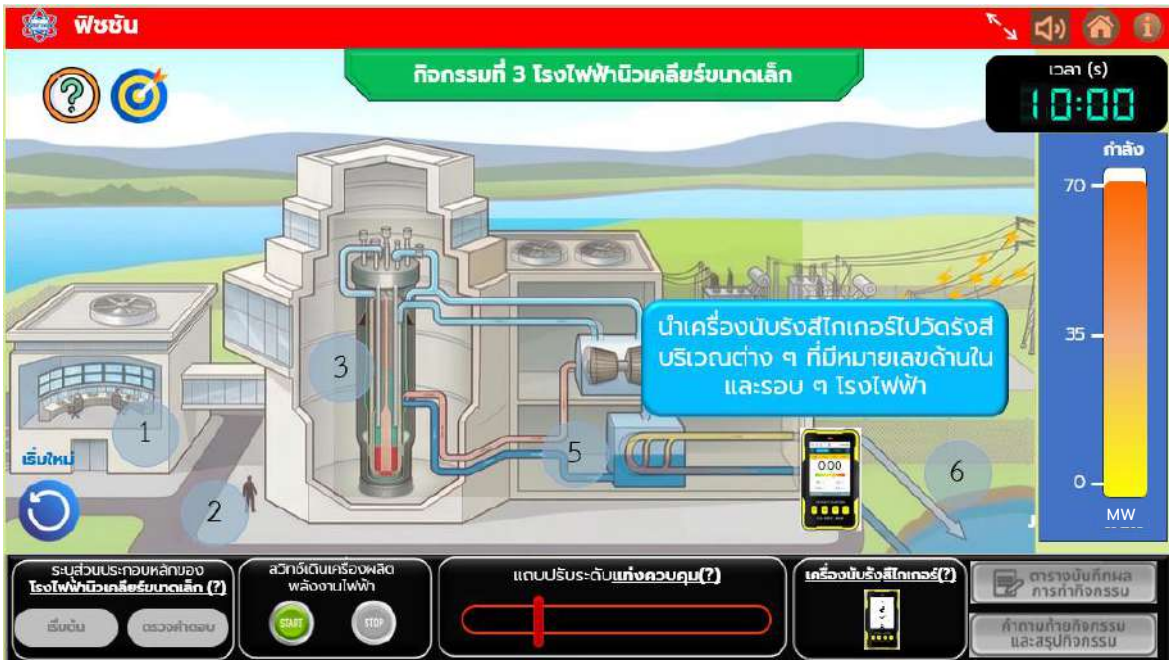




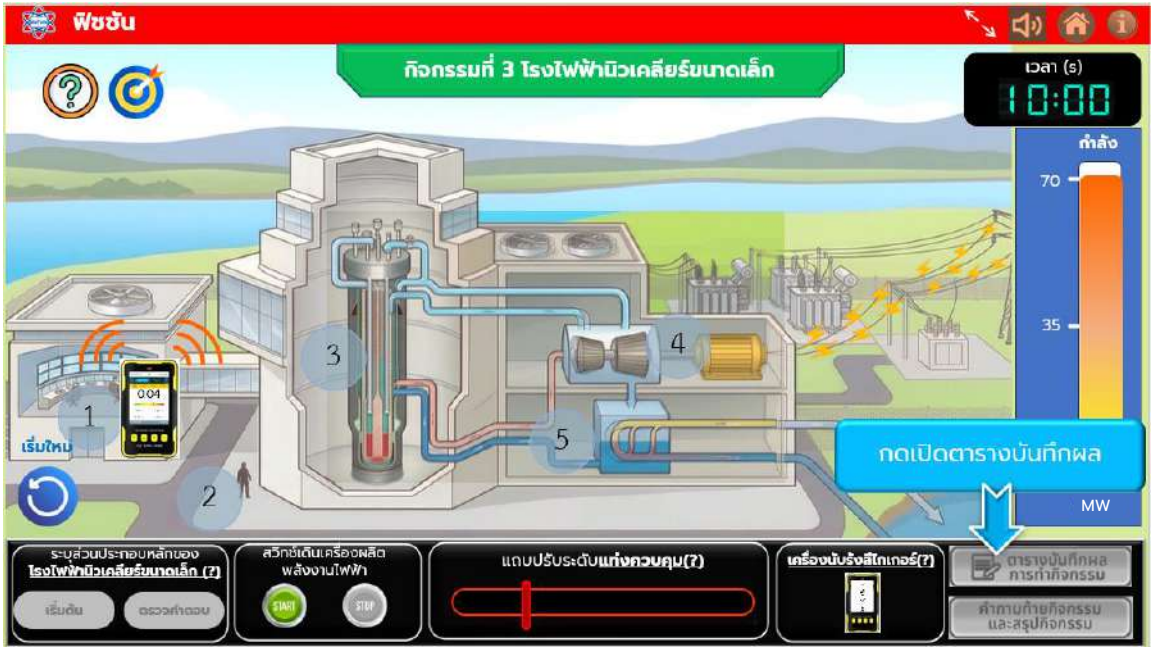
กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

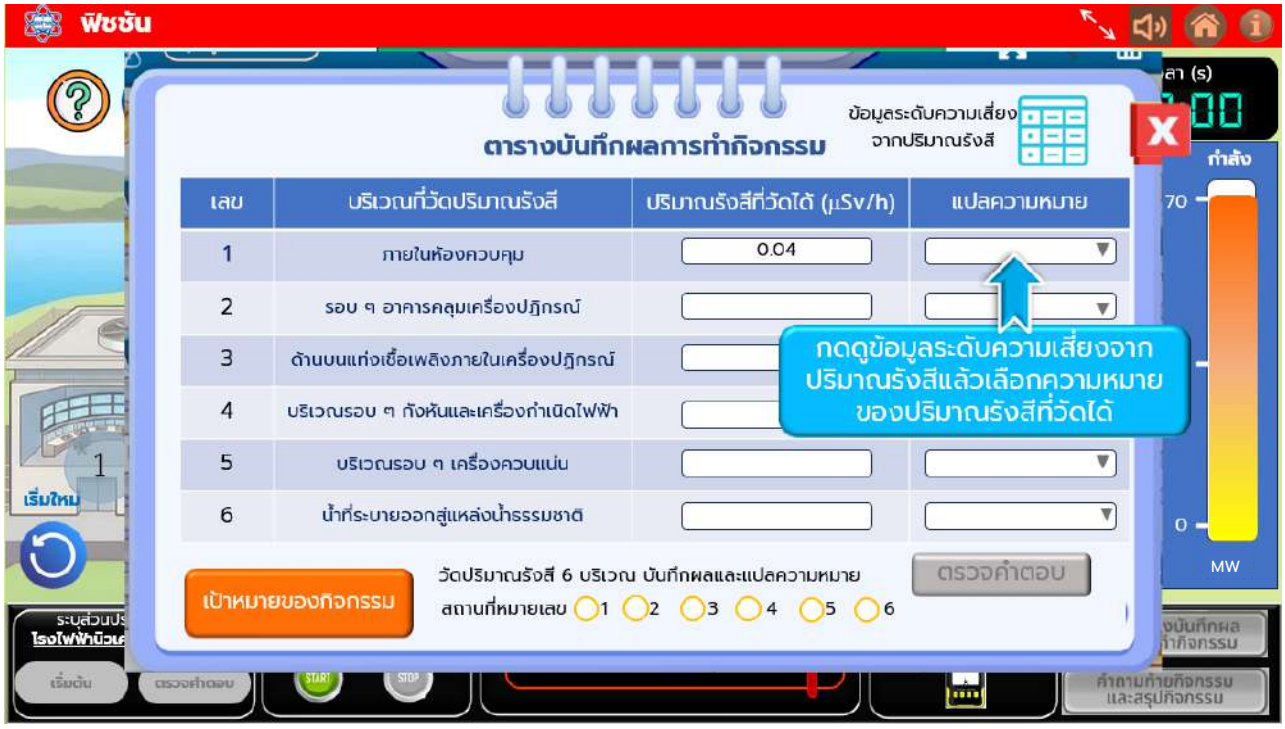
เมื่อกดที่ “เครื่องนับรังสีไกเกอร์” แล้ว จะปรากฏเครื่องนับรังสีไกเกอร์ในส่วนสถานการณ์จำลอง พร้อมหมายเลข 1 – 6 ที่บริเวณต่าง ๆ ด้านในและรอบ ๆ โรงไฟฟ้า และกรอบข้อความ “นำเครื่องนับรังสีไกเกอร์ไปวัดรังสี ณ บริเวณต่าง ๆ ที่มีหมายเลขด้านในและรอบ ๆ โรงไฟฟ้า”



เมื่อนำเครื่องนับรังสีไปที่บริเวณที่ 1 จะได้ยินเสียงติ๊ด ๆ ห่างกันหลายวินาที พร้อมมีตัวเลขปรากฏที่หน้าจอเครื่องนับฯ เป็น 0.04 μSv/h จากนั้น จะมีกรอบข้อความให้ “กดเปิดตารางบันทึกผล”



เมื่อกดเปิดตารางบันทึกผล จะมีตารางแสดงผลการวัดอัตโนมัติ พร้อมกรอบข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ “กดดูระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสีแล้วเลือกความหมายของปริมาณรังสีที่วัดได้” พร้อมลูกศรชี้ไปที่กรอบสีขาว เมื่อกดที่ไอคอนตารางสีเขียวด้านบนจะแสดงตารางความเสี่ยงจากปริมาณรังสี



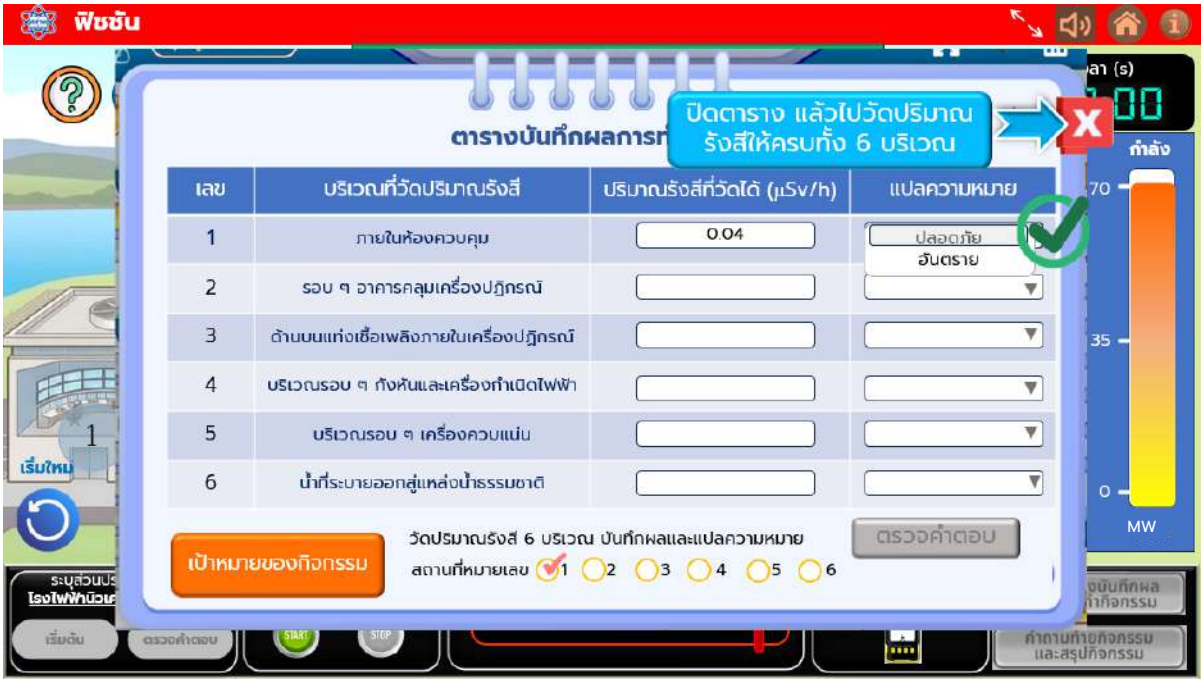


เมื่อปิดกรอบแสดงความเสี่ยงจากปริมาณรังสีแล้ว ให้กดเลือกการแปลความหมายของปริมาณรังสีที่วัดได้ ซึ่งจะเป็น drop down ที่มีตัวเลือกคือ “ปลอดภัย”กับ “อันตราย” ให้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง

เมื่อเลือกการแปลความหมายปริมาณรังสีผิด จะมีกรอบข้อความแจ้งว่า “ลองใหม่ พิจารณาข้อมูลระดับความเสี่ยงจากปริมาณรังสีอีกครั้ง”

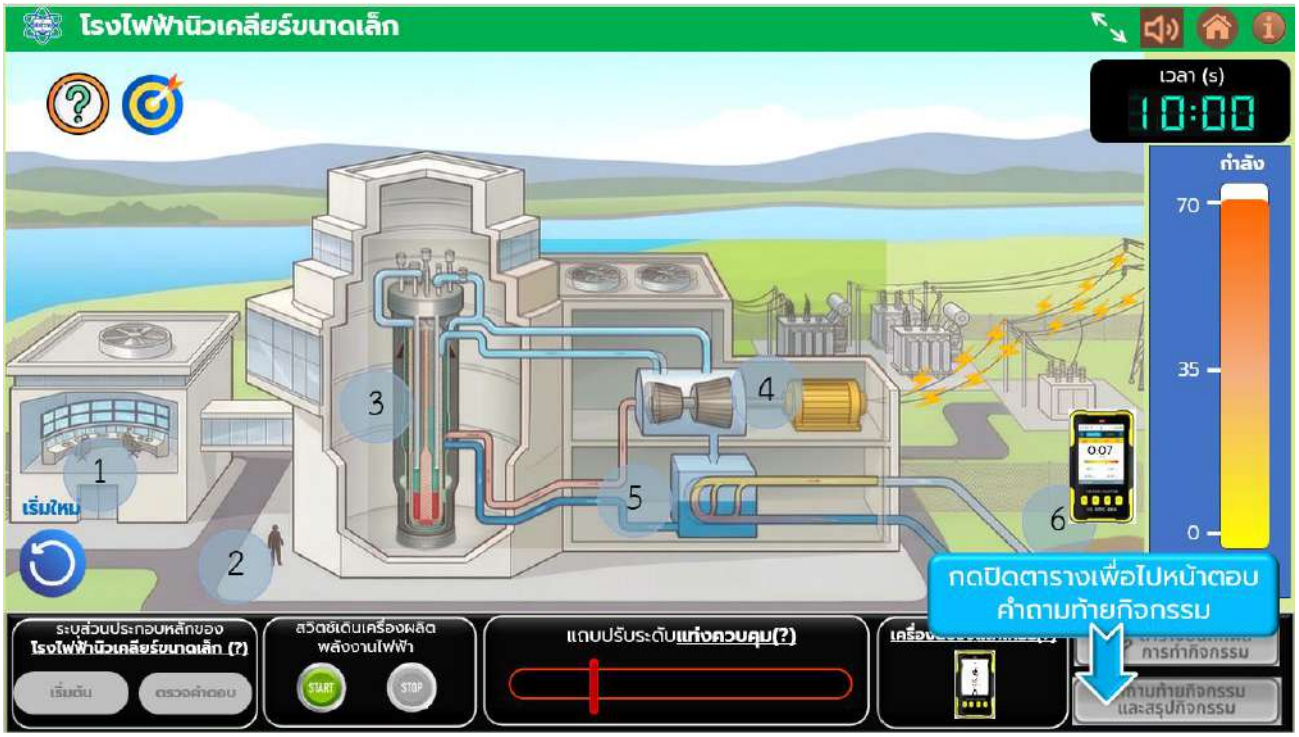


เมื่อเลือกการแปลความหมายได้ถูกต้อง จะมีกรอบข้อความแจ้งให้ “ปิดตาราง แล้วไปวัดปริมาณรังสีให้ครบทั้ง 6 บริเวณ” แต่ถ้าเลือกผิด จะมีกรอบแจ้งว่า “ลองดูใหม่”



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

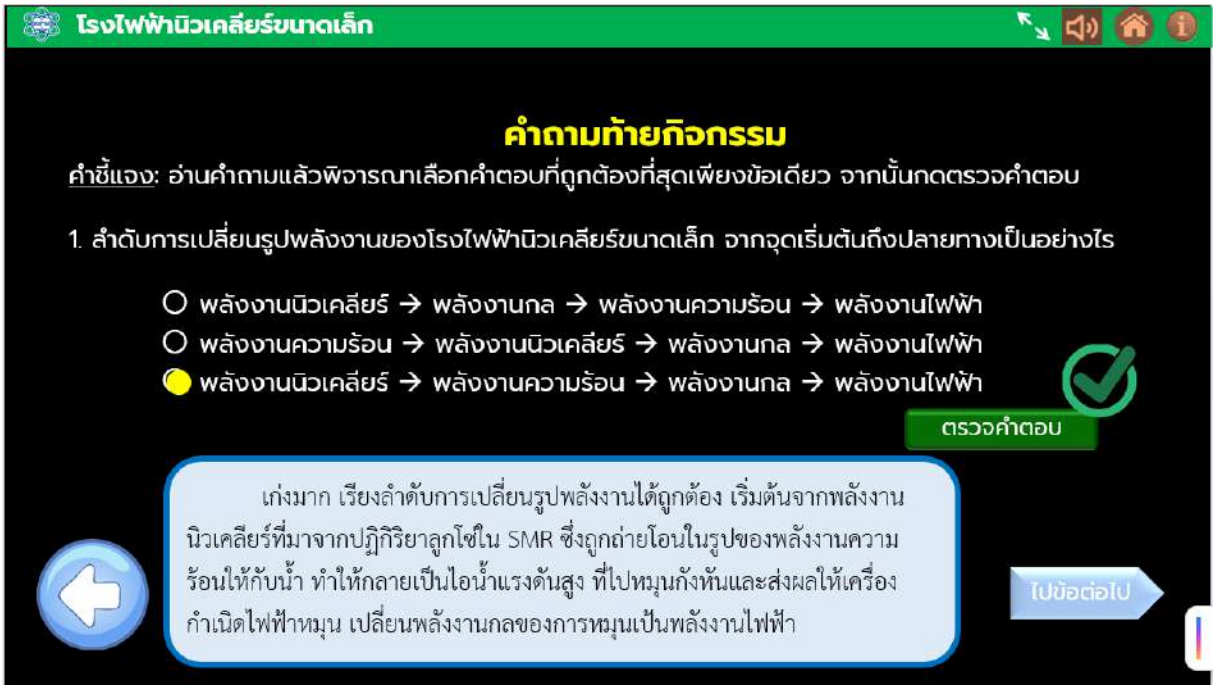




กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	คำถามท้ายกิจกรรม

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

<u>เฉลย</u> ตัวเลือกที่ 3 พลังงานนิวเคลียร์ → พลังงานความร้อน → พลังงานกล → พลังงานไฟฟ้า

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “ลองไล่ลำดับดูใหม่อีกครั้ง จุดเริ่มต้นคือ พลังงานอะไรที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานอะไรที่ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่ไปหมุนกังหัน และสุดท้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า”

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

2. ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก แท่งควบคุมมีหน้าที่เทียบได้กับอะไร และเกี่ยวข้องกับนิวตรอนที่ไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างไร

- เทียบได้กับคันเร่งรถ โดยจับนิวตรอนให้ไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่เพิ่มขึ้น
- เทียบได้กับเบรกของรถ โดยจับนิวตรอนให้ไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่ลดลง
- เทียบได้กับคันเร่งหรือเบรกของรถ โดยจับนิวตรอน ให้ไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

เฉลย ตัวเลือกที่ 3 เทียบได้กับคันเร่งหรือเบรกของรถ โดยจับนิวตรอน ให้ไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “พิจารณาอีกที เมื่อปรับระดับแท่งควบคุมโดยดึงขึ้นหรือหย่อนลึกลงไปในเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มากขึ้นหรือลดลง และการเปลี่ยนแปลงนี้ เกิดขึ้นจากอะไร”

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

3. .ถ้าขณะที่แท่งควบคุมถูกดึงขึ้นหรือหย่อนลงไว้บริเวณแท่งเชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จำนวนนิวตรอนที่จะไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่เปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีผลอย่างไรต่อปฏิกิริยาลูกโซ่

- ดึงแท่งควบคุมขึ้นจากบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนเพิ่มขึ้น และปฏิกิริยาลูกโซ่เพิ่มขึ้น
- ดึงแท่งควบคุมขึ้นจากบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนลดลง และปฏิกิริยาลูกโซ่เพิ่มขึ้น
- หย่อนแท่งควบคุมลงไปในบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนลดลง และปฏิกิริยาลูกโซ่ลดลง

เฉลย ตัวเลือกที่ 3 หย่อนแท่งควบคุมลงไปในบริเวณแท่งเชื้อเพลิง จำนวนนิวตรอนลดลง และปฏิกิริยาลูกโซ่ลดลง

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

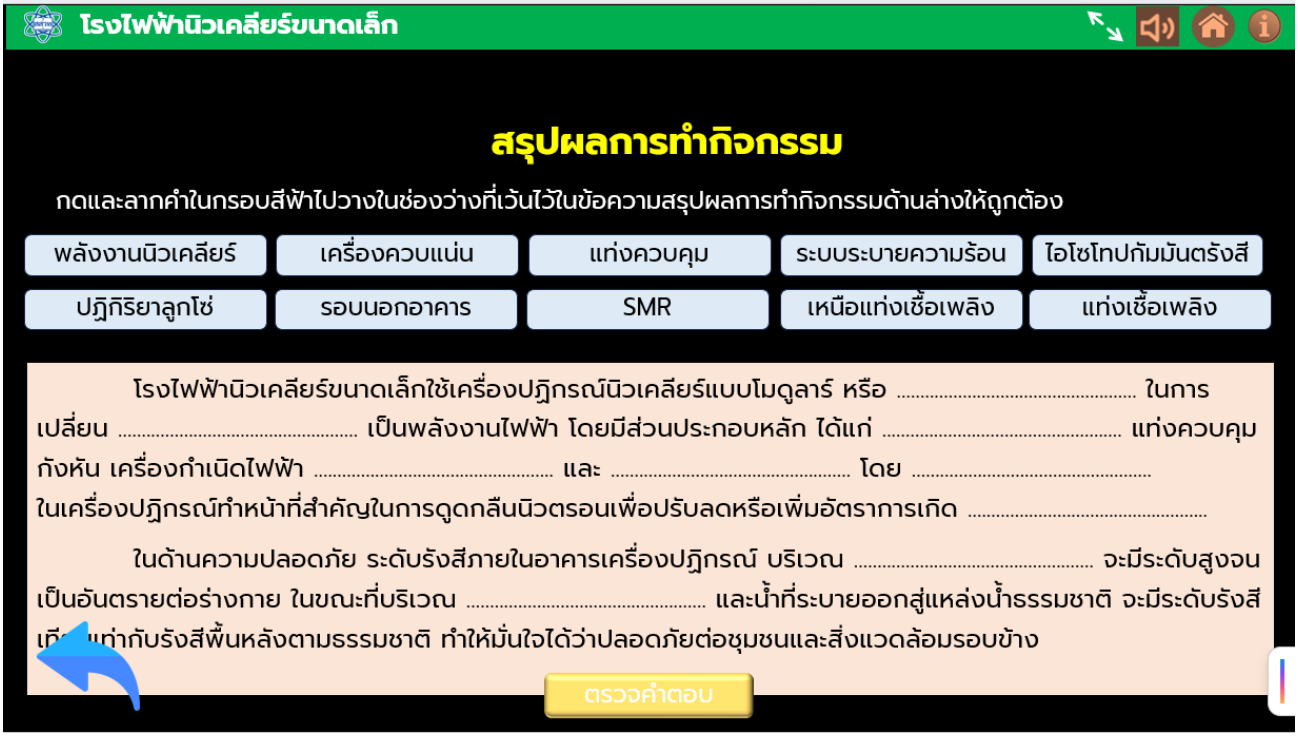
ถ้าตอบผิด มีกรอบแสดงข้อความว่า “ลองพิจารณาข้อมูลใหม่อีกครั้ง”

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

กิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก	สถานการณ์จำลอง

รายละเอียด

เมื่อตอบคำถามข้อที่ 5 ถูกแล้ว จะมีปุ่ม “ไปสรุปผลการทำกิจกรรม” ขึ้นมา และเมื่อกดแล้ว จะไปหน้าสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เลือกคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปให้ถูกต้อง



คำศัพท์และข้อความสรุป เป็นดังนี้



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

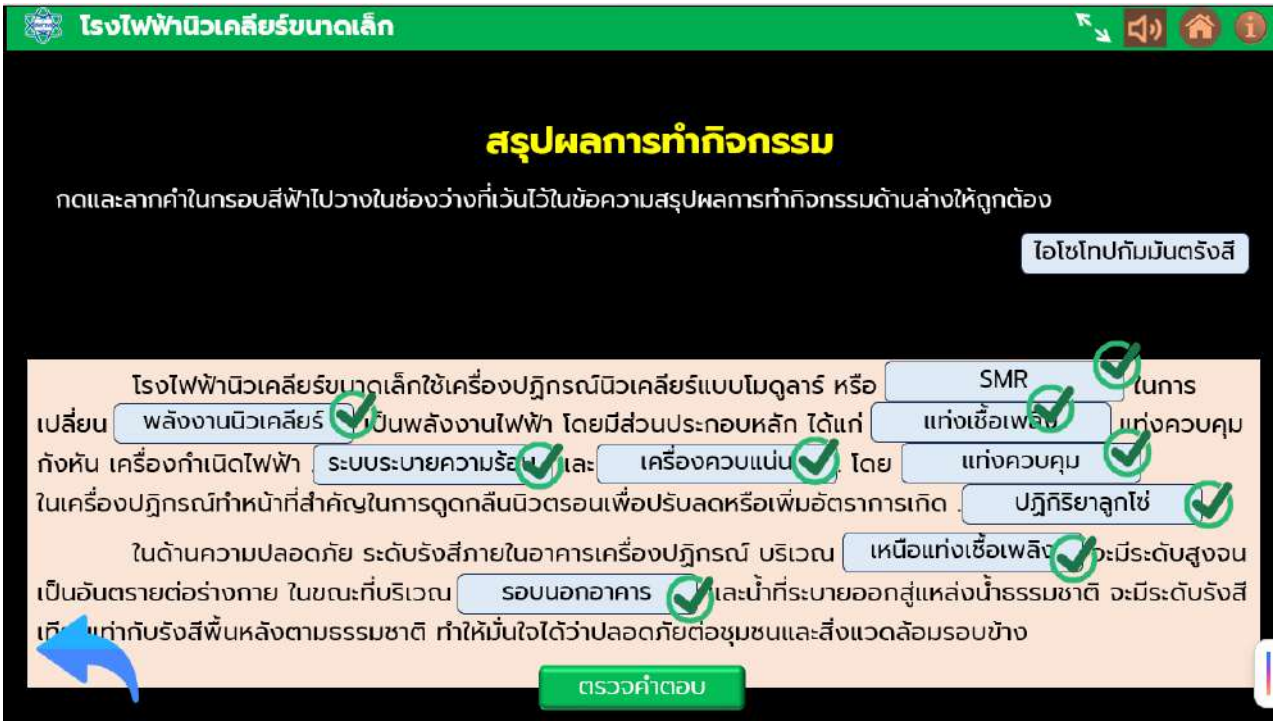
ในด้านความปลอดภัย ระดับรังสีภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ บริเวณ ..... จะมีระดับสูงจนเป็นอันตรายต่อร่างกาย ในขณะที่บริเวณ ..... และน้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำ

ธรรมชาติ จะมีระดับรังสีเทียบเท่ากับรังสีพื้นหลังตามธรรมชาติ ทำให้มั่นใจได้ว่าปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง

เมื่อวางคำผิด จะมีกรอบข้อความ “เกือบถูกแล้ว ลองทบทวนส่วนประกอบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือผลที่บันทึกในตารางอีกครั้ง สามารถย้อนกลับไปทบทวนแล้วกลับมาหน้าสรุปนี้อีกครั้งได้” จากนั้น ให้ลองวางใหม่ จนกว่าจะถูก

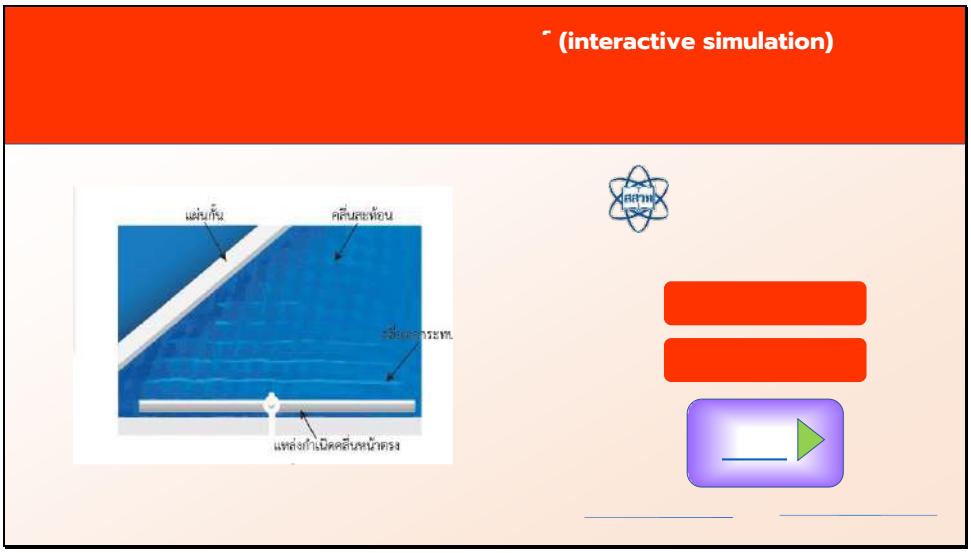


เมื่อลากคำไปวาง แล้วตรวจคำตอบถูกต้องทั้งหมด 9 จุด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ทำกิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว” พร้อมแสดงกราฟิกยินดีที่ทำกิจกรรมได้สำเร็จ มีเสียงเอฟเฟค ปรบมือ และปุ่ม “ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่กดแล้ว จะไปแบบทดสอบด้านนอกสื่อ ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง

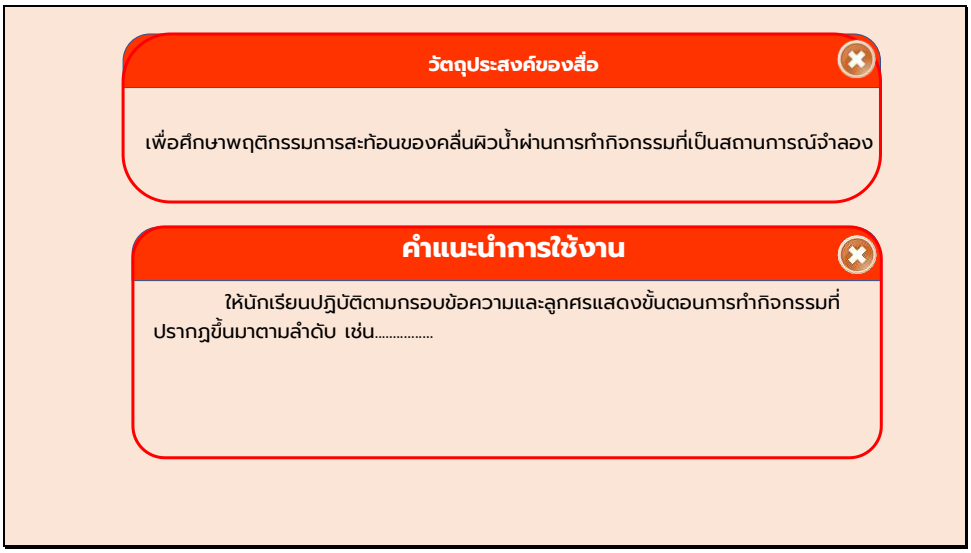

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก
สรุปผลการทำกิจกรรม
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
ไอโซโทปกัมมันตรังสี
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ SMR ในการ
เปลี่ยน พลังงานนิวเคลียร์ เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แท่งเชื้อเพลิง แท่งควบคุม
กังหัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบระบายความร้อน และ เครื่องควบแน่น โดย แท่งควบคุม
ในเครื่องปฏิกรณ์ทำหน้าที่สำคัญในการดูดกลืนนิวตรอนเพื่อปรับลดหรือเพิ่มอัตราการเกิด ปฏิกิริยาลูกโซ่
ในด้านความปลอดภัย ระดับรังสีภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ บริเวณ เหนือแท่งเชื้อเพลิง จะมีระดับสูงจน
เป็นอันตรายต่อร่างกาย ในขณะที่บริเวณ รอบนอกอาคาร และน้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีระดับรังสี
เท่ากับรังสีพื้นหลังตามธรรมชาติ ทำให้มั่นใจได้ว่าปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง
ตรวจคำตอบ


โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก
ทำกิจกรรม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก
ได้สำเร็จครบถ้วนแล้ว
ไอโซโทปกัมมันตรังสี
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบโมดูลาร์ หรือ SMR ในการ
เปลี่ยน พลังงานนิวเคลียร์ เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แท่งเชื้อเพลิง แท่งควบคุม
กังหัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบระบายความร้อน และ เครื่องควบแน่น โดย แท่งควบคุม
ในเครื่องปฏิกรณ์ทำหน้าที่สำคัญในการดูดกลืนนิวตรอนเพื่อปรับลดหรือเพิ่มอัตราการเกิด ปฏิกิริยาลูกโซ่
ในด้านความปลอดภัย ระดับรังสีภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ บริเวณ เหนือแท่งเชื้อเพลิง จะมีระดับสูงจน
เป็นอันตรายต่อร่างกาย ในขณะที่บริเวณ รอบนอกอาคาร และน้ำที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีระดับรังสี
ตรวจคำตอบ
ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ

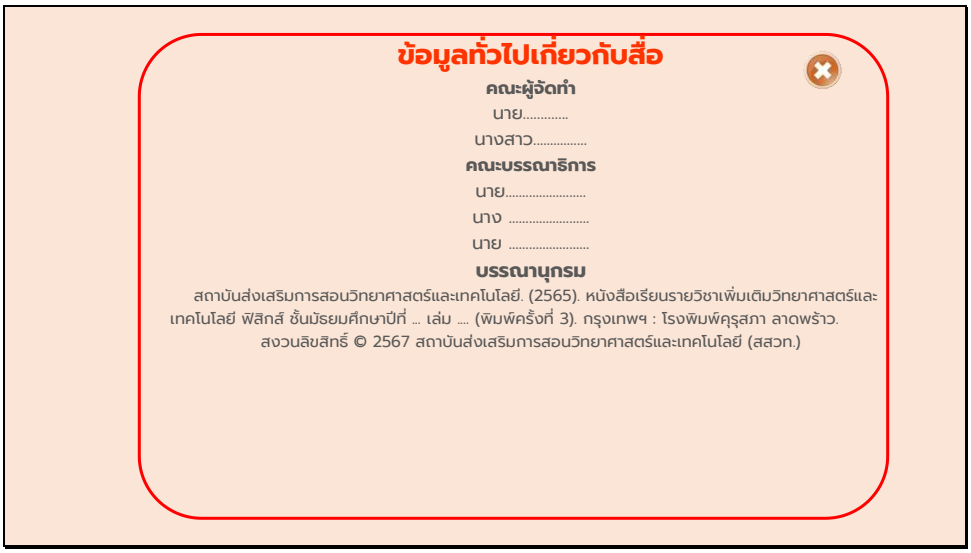
Slide 1


˝ (interactive simulation)
แผ่นกั้น
คลื่นสะท้อน
แหล่งกำเนิดคลื่นหน้าตรง

Slide 2


วัตถุประสงค์ของสื่อ
เพื่อศึกษาพฤติกรรมการสะท้อนของคลื่นผิวน้ำผ่านการทำกิจกรรมที่เป็นสถานการณ์จำลอง
คำแนะนำการใช้งาน
ให้นักเรียนปฏิบัติตามกรอบข้อความและลูกศรแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ปรากฏขึ้นมาตามลำดับ เช่น.....

Slide 3


ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ
คณะผู้จัดทำ
นาย.....
นางสาว.....
คณะบรรณาธิการ
นาย.....
นาง .....
นาย .....
บรรณานุกรม
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ... เล่ม .... (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
สงวนลิขสิทธิ์ © 2567 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

Slide 4

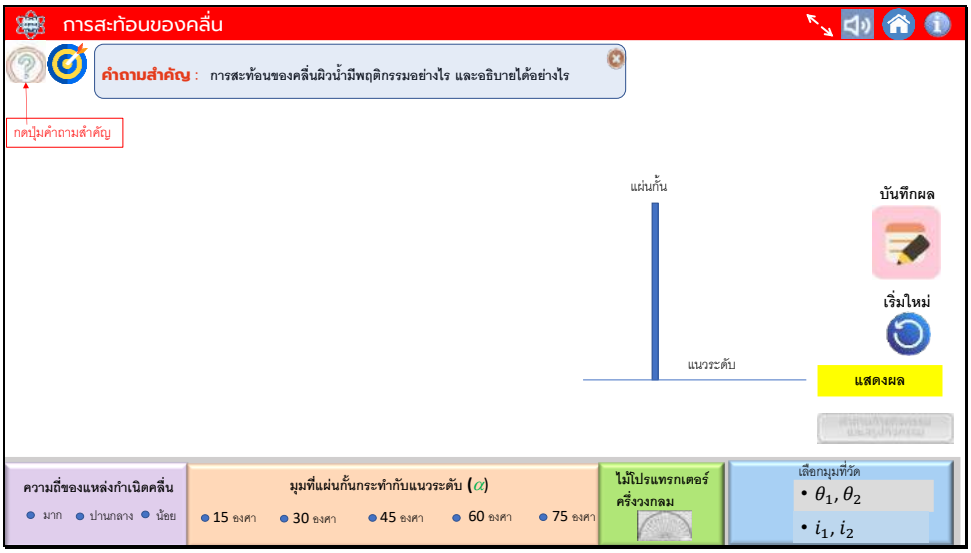
การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

หากพบว่า หน้าแสดงผลของสื่อมีขนาดเล็กในอุปกรณ์พกพา ให้เอียงอุปกรณ์ไปอีกแนวหนึ่ง และเมื่อได้ภาพและตัวอักษรขนาดใหญ่กว่าแล้ว ให้ตั้งค่าล็อคการหมุนหน้าจอในแนวนั้นไว้ ซึ่งทำได้โดยกดเลือกที่ปุ่มไอคอนลักษณะมีลูกศรวนรอบเช่น หรือ

กรณีที่ไม่ปรากฏภาพของสื่อให้เห็นในเบราว์เซอร์ ให้ลองกดปุ่ม Reload หรือ Refresh ที่มีสัญลักษณ์ บริเวณด้านบนของเบราว์เซอร์ ถ้ายังไม่ปรากฏภาพของสื่ออีก ให้ตรวจสอบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

หากพบปัญหาอื่น ๆ เพิ่มเติม สามารถติดต่อเจ้าหน้าที่ดูแลสื่อประกอบบทเรียนวิชาฟิสิกส์ ได้ที่ e-mail: physics@proj.ipst.ac.th

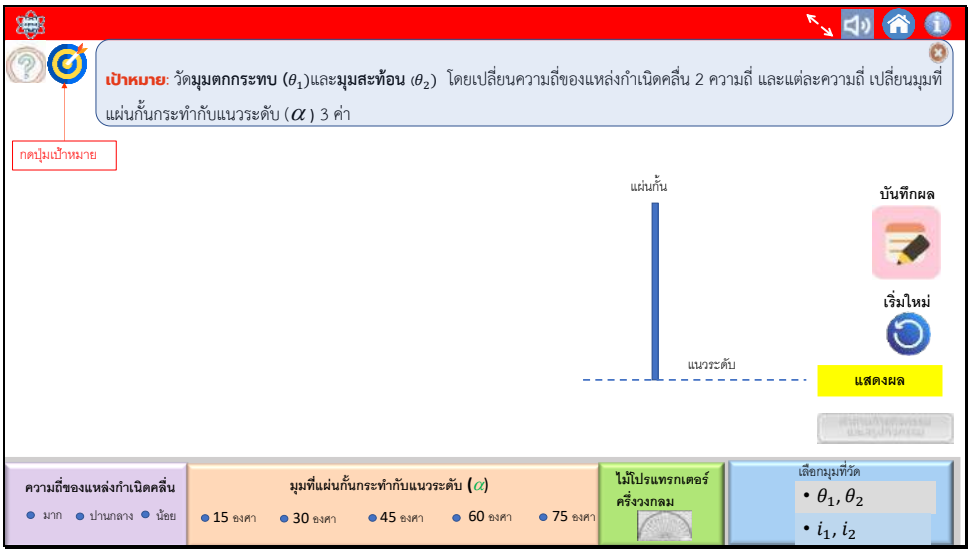
Slide 5



ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มคำถามสำคัญว่า “กดปุ่มคำถามสำคัญ”

การแสดงผลหน้าจอ : กรอบคำถามสำคัญแสดงขึ้นมา

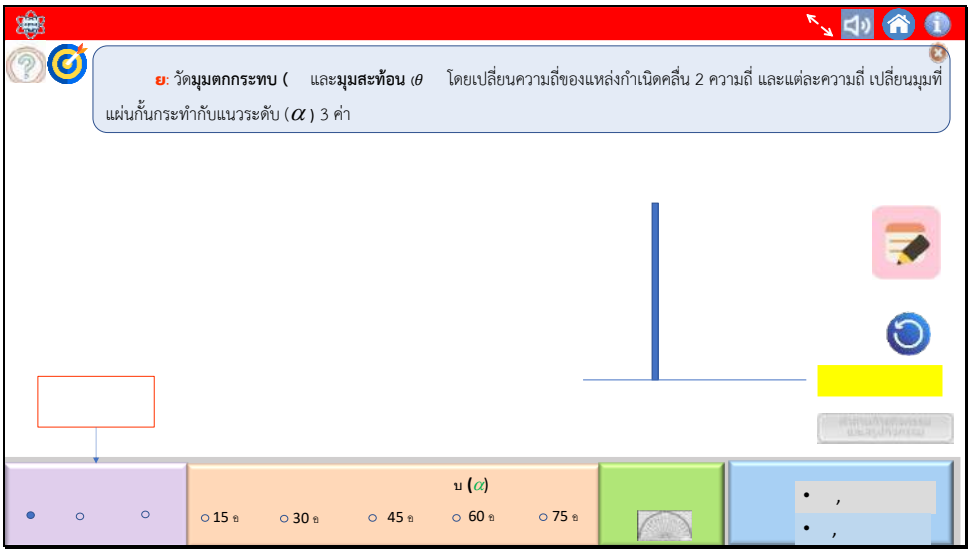
Slide 6



ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มเป้าหมายว่า "กดปุ่มเป้าหมาย"

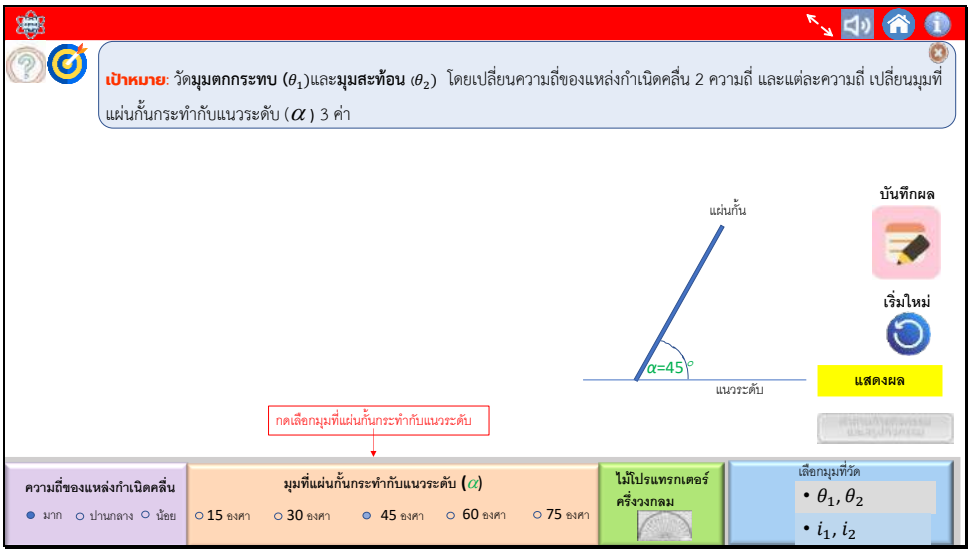
การแสดงผลหน้าจอ : กรอบเป้าหมายแสดงขึ้นมา

Slide 7



งผล : ม ูใช้ก

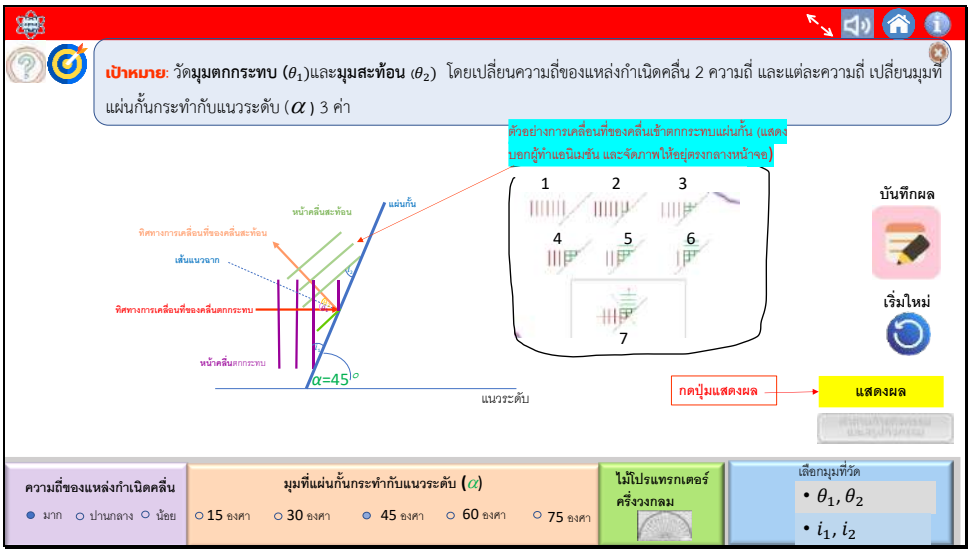
Slide 8



ขั้นข้อความชี้ตรงปุ่มมุมแผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α) ว่า “กดเลือกมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับ (α)”

การแสดงผลหน้าจอ : เมื่อมีการกดปุ่มแสดงการเลือกมุมที่ผู้ใช้กด ให้แสดงแผ่นกั้นวางตัวทำมุมกับแนวระดับตามมุมที่กดเลือก

Slide 9



ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มแสดงผล ว่า “กดปุ่มแสดงผล”

การแสดงผลหน้าจอ : เมื่อมีการกดปุ่มแสดงผลที่ผู้ใช้กด โปรแกรมแสดงหน้าคลื่นเคลื่อนที่ตกกระทบแผ่นกั้น แล้วสะท้อนออกมา

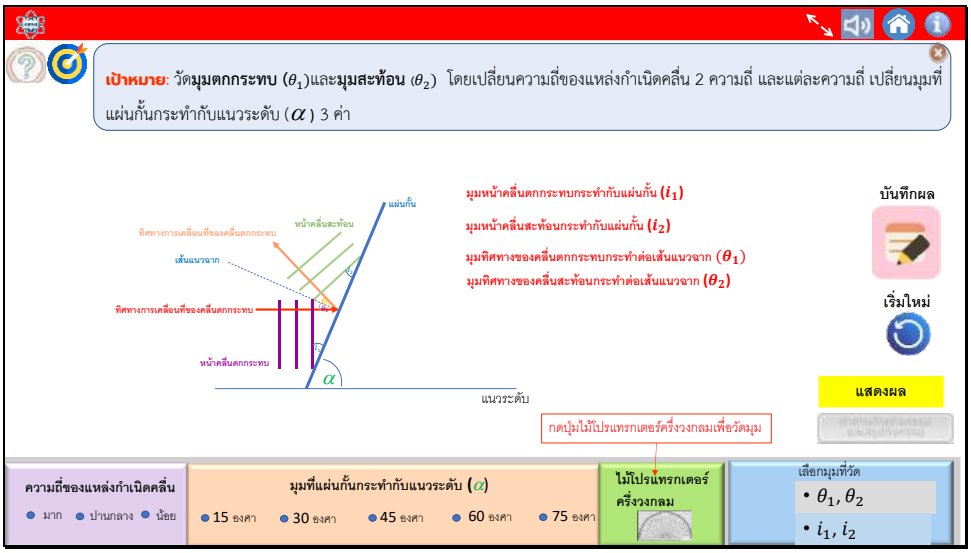
โดยแสดงให้เห็นหน้าคลื่นขณะตกกระทบทำมุมกับแผ่นกั้นให้เป็น i1 และหน้าคลื่นของคลื่นสะท้อนทำมุมกับแผ่นกั้นเป็นมุม i2

โดยเมื่อหน้าคลื่นตกกระทบแผ่นกั้น หน้าคลื่นสะท้อนจะเป็นดังวีดิทัศน์นี้

https://www.youtube.com/watch?v=iGuUKRmytLw (ข้อสังเกตเมื่อหน้าคลื่นกระทบแผ่นกั้นจะพบว่าหน้าคลื่นตลอดแนวไม่ได้ถึงแผ่นกั้นพร้อมกัน จึงต้องสะท้อนหน้าคลื่นเฉพาะส่วนที่กระทบแผ่นกั้นก่อน

แต่การแสดงภาพในสื่อไม่ได้แสดงแค่หน้าคลื่นเส้นเดียว จะแสดงหน้าคลื่นหลายๆหน้าคลื่นดังรูป ต่อเนื่องสม่ำเสมอกัน แล้วสะท้อนให้แต่ละหน้าคลื่นตกกระทบให้สะท้อนแบบในวีดิทัศน์ที่แนบลิงก์ให้ในข้างต้น)

Slide 10



ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มแสดงผล ว่า “กดปุ่มไม้โปรแทรกเตอร์ครึ่งวงกลมเพื่อวัดมุม”

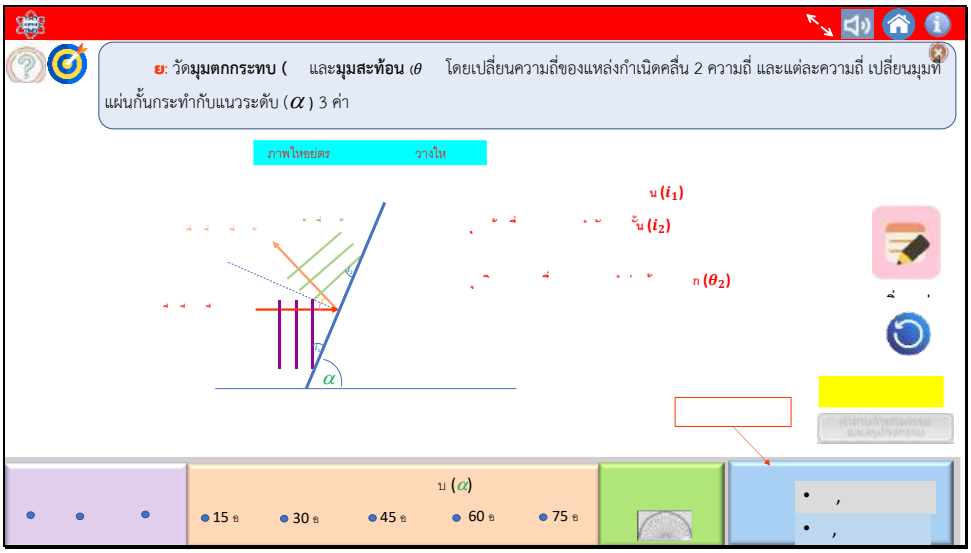
การแสดงผลหน้าจอ : ไม้โปรแทรกเตอร์ถูกลากไปในพื้นที่ใกล้ๆแผ่นกั้น

หากผู้เล่นกดดูความหมายคำว่า **“มุมคลื่นตกกระทบกับแผ่นกั้น (□i□1□)” และ “มุมทิศทางของคลื่นตกกระทบกระทำต่อเส้นแนวฉาก (□θ□1□)”**
ให้ไปแสดงข้อความมุมตกกระทบ

ส่วนถ้าผู้เล่นกดดูความหมายคำว่า

“มุมหน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกั้น (□i□2□)” และ “มุมทิศทางของคลื่นสะท้อนกระทำต่อเส้นแนวฉาก (□θ□2□)”
ให้ไปแสดงข้อความมุมสะท้อน

Slide 11



มชี้ต “กดป ม”

าจอ : , ให งขณะน เป็นภาพ ขึ้นม ,
งในภาพ พรอมลูกศรแ นตกกระทบ
ขึ้นข “ม 'นตกกร าต่อเสนแนวฉาก
าต่อเส นวฉาก (θ) “และไม่แส นไม้โปรแทรกเตอร์เลื่อนไปว
วให้ขึ้นขอความให นึก

แต่ถ , ให งขณะน เป็นภาพ ขึ้นม , งในภาพ พร
นตกก และขึ้นข า “ม 'นต
(i) (i2)” และไ
นไม้โปรแทรกเตอร์เลื่อนไปว มตา เลือกไว

โดยเรมต้นให้ไม้โปรแทรกเตอร์ ึ อนไปว
วให้ขึ้นขอความให นึก ึ ็ ก็ให้ไมโปรแทรกเตอร์ อนไปวัดม
วให้ขึ้นขอความให นึก

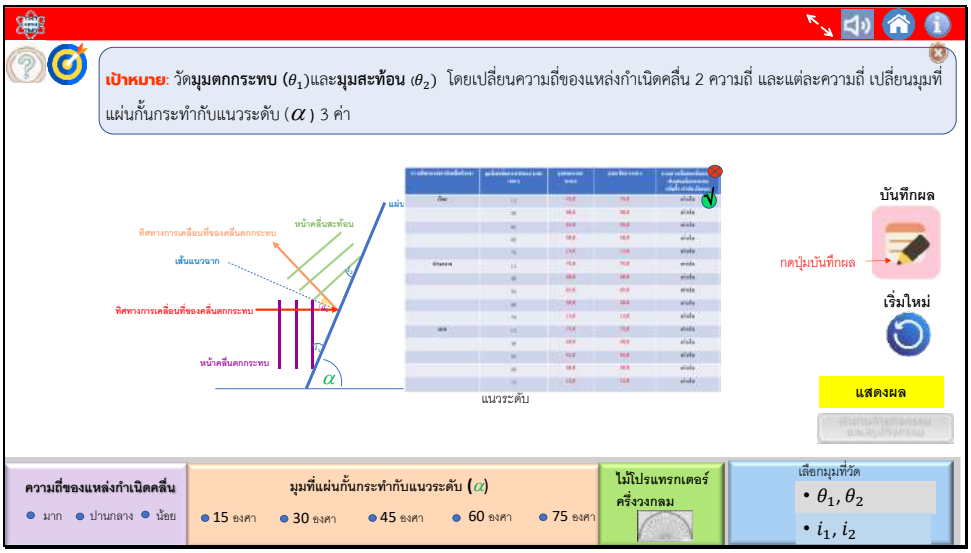
(https://www.google.com/search?q=%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%

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=EhZnd3Mtd2l6LW1vZGVsZXNzLXZpZGVvIifguIHguLLguKPguYPguIrguYnguYTguKHguYnguYLguJvguKPguYEqAggBMgUQABiABDIFEAAYgAQyBRAAGO8FMggQABiiBBiABDIIEAAYogQYgARI7ihQqgVYihNwAXgBkAEAmAHCAaABnwqqAQMwLji4AQHIAQD4AQGYAgigAs0JwgIKEAAYRxjWBBiwA8ICDhAAGIMBGIAEGIoFGLEDwgIHEAAYgAQYE5gDAIgGAZAGCJIHAzEuN6AHvByyBwMwLje4B8UJwgcHMC4xLjUuMsgHMYAIAQ&sclient=gws-wiz-modeless-video#fpstate=ive&vld=cid:812eabb5,vid:JDJt0mhJSjE,st:0
วิธีการวางไม้โปรแทรกเตอร์วัดมุมที่ต้องการดูวิธีการวางได้จากวีดิทัศน์ในลิงก์ข้างต้น)

นอกจากนี้ กรณีผู้เล่นกดดูความหมายของคำว่า **มุมคลื่นตกกระทบกับแผ่นกั้น (i_1) และ มุมทิศทางของคลื่นตกกระทบกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_1)**
ให้ไปแสดงข้อความมุมตกกระทบ

ส่วนกดดูความหมาย มุมหน้าคลื่นสะท้อนกระทำกับแผ่นกั้น (i_2) และ มุมทิศทางของคลื่นสะท้อนกระทำต่อเส้นแนวฉาก (θ_2)
ให้ไปแสดงข้อความมุมสะท้อน



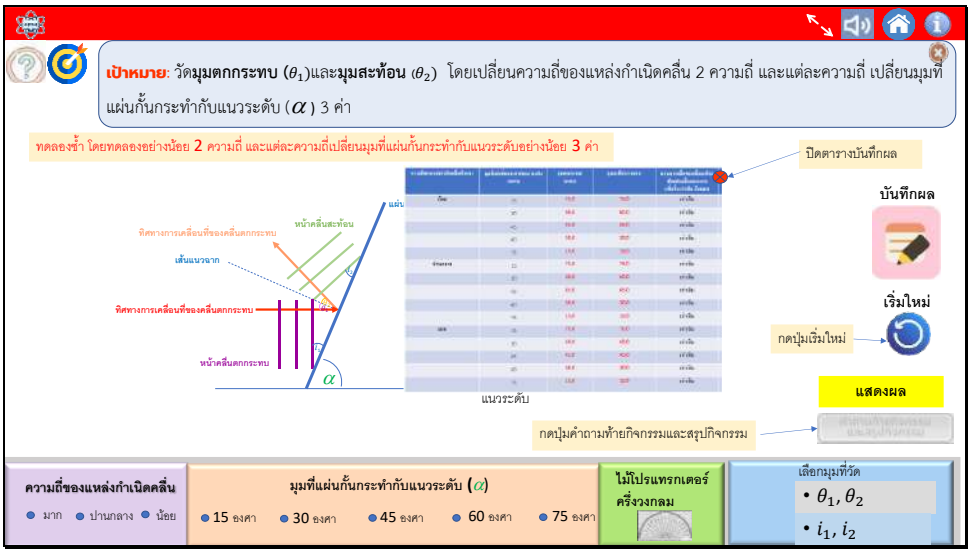


ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มบันทึกผลว่า “กดปุ่มบันทึกผล”

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

เมื่อผู้เล่นบันทึกแล้ว ถ้าบันทึกไม่ถูกให้แสดงเครื่องหมาย x หลังคำตอบที่บันทึก แต่ถ้าบันทึกถูกให้แสดงเครื่องหมาย √ หลังคำตอบที่บันทึก แต่ถ้าบันทึกไม่ถูกครั้งที่ 3 ก็ให้เฉลย

Slide 13



ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มกากบาทว่า “ปิดตารางบันทึกผล”

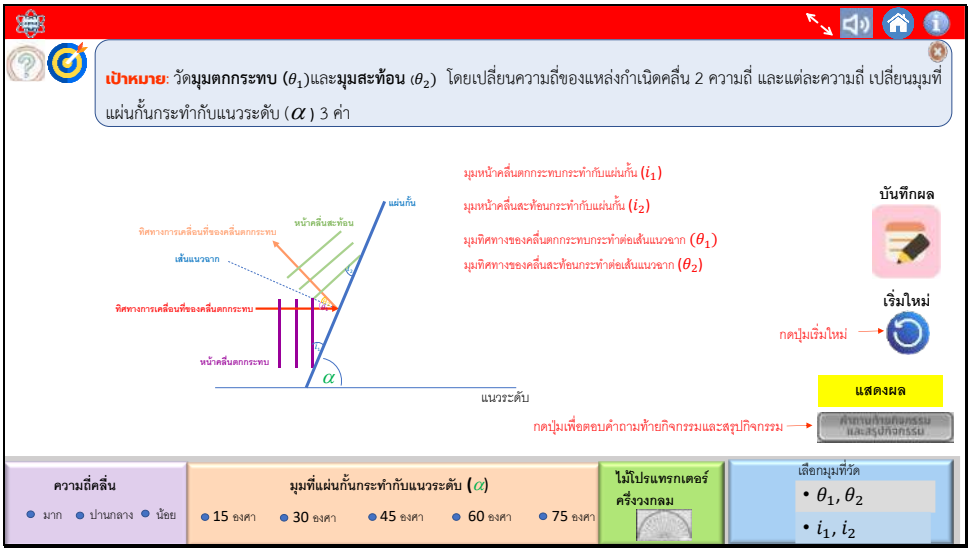
การแสดงผลหน้าจอ : เมื่อกดปุ่มปิดตารางบันทึกผล ตารางหายไป และมีข้อความแนะนำว่า “ทดลองซ้ำ โดยทดลองอย่างน้อย 2 ความถี่ และแต่ละความถี่เปลี่ยนมุมที่แผ่นกั้นกระทำกับแนวระดับอย่างน้อย 3 ค่า”

พร้อมข้อความชี้ไปที่ปุ่มเริ่มใหม่ ว่า “กดปุ่มเริ่มใหม่”

กรณีทำตามเงื่อนไขครบแล้ว คือ ทำครบ 2 ความถี่ โดยแต่ละความถี่เปลี่ยนมุมครบ 3 ค่า ให้ขึ้นปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม เพื่อให้สามารถคลิกเข้าไปดูได้เลย

พร้อมกับข้อความว่า “กดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”

Slide 14



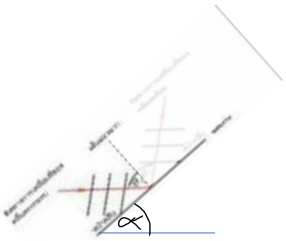
ขึ้นข้อความชี้ตรงปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม ว่า “กดปุ่มเพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”

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

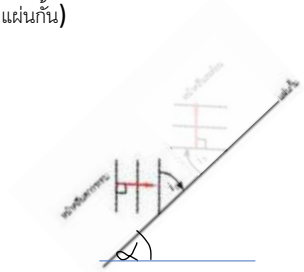
Slide 15

มุมตกกระทบ

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



รูป ก มุมตกกระทบ θ_1



รูป ข มุม i_1

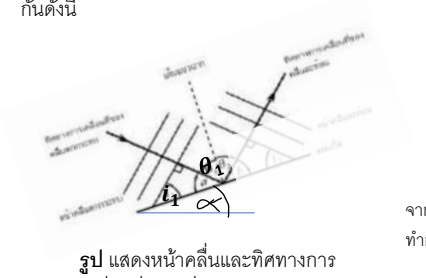
รูป มุมตกกระทบ θ_1 และมุม i_1

ต่อ

Slide 16

มุมตกกระทบ

มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับแผ่นกั้น (i_1) กับ มุมตกกระทบ (θ_1) มีความสัมพันธ์กันดังนี้



รูป แสดงหน้าคลื่นและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหน้าตรงตกกระทบกับแผ่นกั้น

จากรูป $i_1 + a = 90°$

และ $\theta_1 + a = 90°$

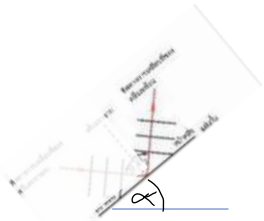
ดังนั้น $i_1 = \theta_1$

จากข้างต้น จะได้ว่า มุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับแผ่นกั้น (i_1) เท่ากับ มุมตกกระทบ (θ_1)

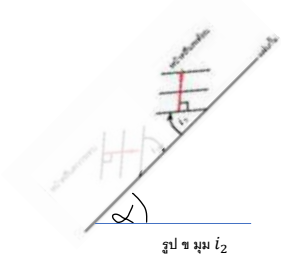
Slide 17

มุมสะท้อน

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



รูป ก มุมสะท้อน θ_2



รูป ข มุม i_2

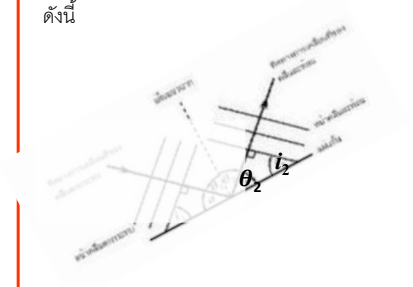
รูป มุมสะท้อน θ_2 และมุม i_2

ต่อ

Slide 18

มุมสะท้อน

มุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นกั้น (i_2) กับ มุมสะท้อน (θ_2) มีความสัมพันธ์กันดังนี้



จากรูป $i_2 + b = 90°$

และ $\theta_2 + b = 90°$

ดังนั้น $i_2 = \theta_2$

จากข้างต้น จะได้ว่า มุมที่หน้าคลื่นสะท้อนทำกับแผ่นกั้น (i_2) เท่ากับ มุมสะท้อน (θ_2)

รูป แสดงหน้าคลื่นและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นหน้าตรงสะท้อนกระทบกับแผ่นกั้น

Slide 19

ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เป็นทิศทางที่แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่น ซึ่งจะมีทิศทางตั้งฉากกับหน้าคลื่นเสมอ ดังรูป



ก. หน้าคลื่นของคลื่นวงกลม ก. หน้าคลื่นของคลื่นเส้นตรง

รูป ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

Slide 20

หน้าคลื่น

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



ก. หน้าคลื่นของคลื่นวงกลม ก. หน้าคลื่นของคลื่นเส้นตรง

รูป หน้าคลื่นของคลื่น

Slide 21

ความถี่คลื่น

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

กรณีคลื่นเคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกันด้วยความเร็วค่าหนึ่ง คลื่นที่มีความถี่มาก สันคลื่นถึงสันคลื่น หรือท้องคลื่นถึงท้องคลื่นที่ถัดกันจะอยู่ห่างกันน้อยกว่าคลื่นที่มีความถี่น้อย ซึ่งก็คือคลื่นที่มีความถี่มากจะมีความยาวคลื่นน้อยกว่าคลื่นที่มีความถี่น้อย



คลื่นความถี่มาก

คลื่นความถี่น้อย

รูป แสดงความถี่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกันด้วยความเร็วค่าหนึ่ง

Slide 22



ขึ้นข้อความ√ ตรงตัวเลขหรือข้อความในตารางที่ผู้เล่นบันทึกผลได้ถูกต้อง (ตามตัวเลขที่แสดงในตาราง โดยตอบต่างได้ ตั้งแต่ ±0.1 และคงเลขตามที่บันทึก เช่น เฉลย 75.0 ถ้าเด็กตอบมา 74.9 ก็ให้ถูกและแสดงตัวเลข 74.9 แต่ถ้าเด็กตอบ 75.1 ก็ให้ถูกและแสดงตัวเลข 75.1 (ถ้าเด็กบันทึก 75 ก็ให้ผิดนะคะ จะให้ถูกเมื่อตอบ 75.0)

และขึ้นข้อความ x **ตรงตัวเลขหรือข้อความในตารางที่ผู้เล่นบันทึกผลได้ไม่ถูกต้อง (ตอบตัวเลขไม่ตรงกับตาราง หรือตอบตัวเลขต่างจากค่าในตารางเกิน** ±0.1)

การแสดงผลหน้าจอ :

ให้โปรแกรมเมอร์ทำตารางบันทึกผลให้เรียงลำดับตามความถี่น้อยไปมาก และมุมกั้นกระทำกับแนวระดับน้อยไปมาก (และมุมที่แผ่นกั้น นักเรียนไม่ต้องกรอก) ส่วนการโชว์ค่าให้โชว์เฉพาะค่าที่นักเรียนเลือกเท่านั้น ส่วนค่าเดิมที่เคยทำแล้วก็ยังคงอยู่ แต่ค่าที่ยังไม่ได้เลือกทดลองก็ยังไม่ขึ้น

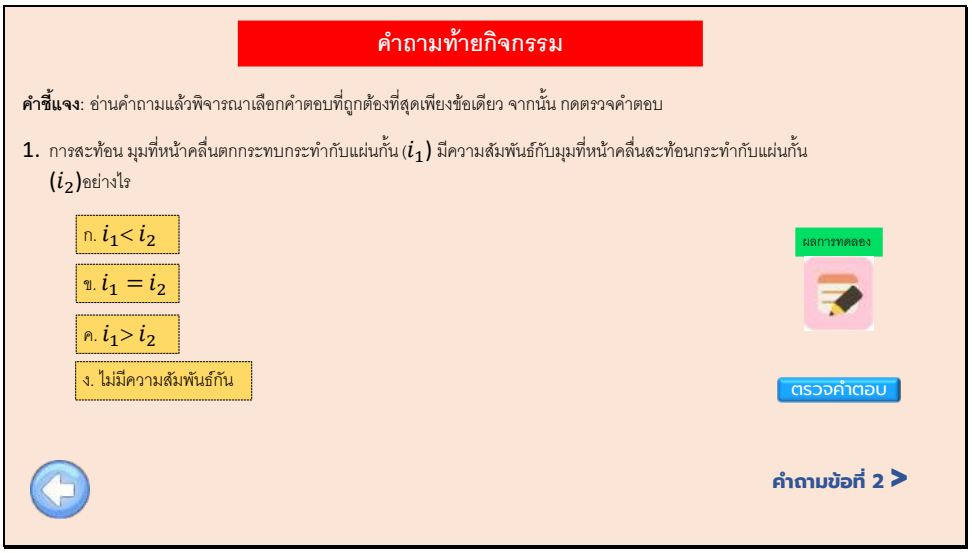
แสดง “√” ในคำตอบที่ถูกต้องพร้อมข้อความ feedback ว่า “บันทึกค่าได้ถูกต้อง เยี่ยมไปเลย”

แต่ถ้าบันทึกครั้งแรกไม่ถูกครั้งแรกให้ขึ้น feedback ว่า “ยังไม่ถูกต้อง ให้ลองกลับไปสังเกตค่าที่วัดใหม่อีกครั้ง โดยให้คำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วย”

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



Slide 23

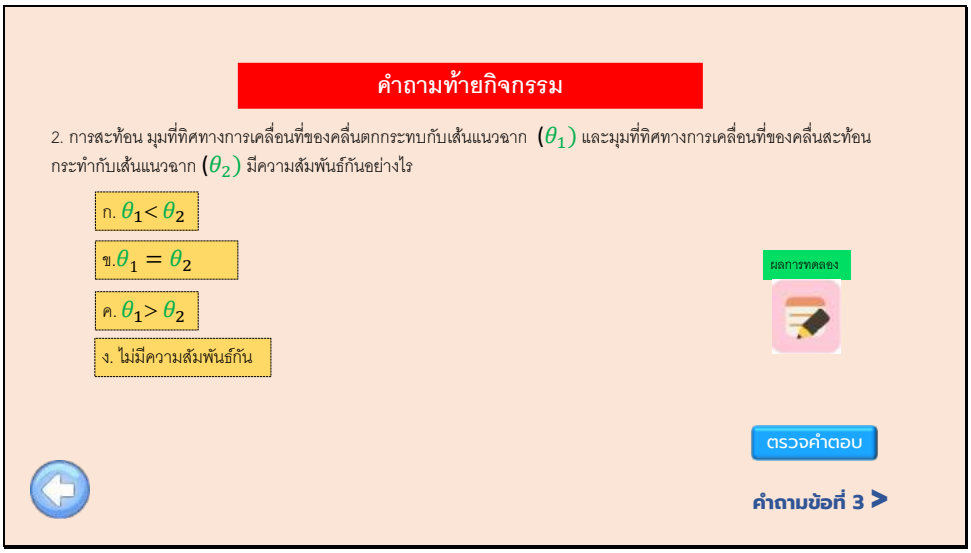


ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มแสดงการเลือกคำตอบ จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบ ถ้าตอบข้อ ข feedback ถูกต้อง ถ้าตอบข้ออื่น feedback ไม่ถูกต้อง หากตอบไม่ถูกครบ 3 ครั้งหรือตอบถูกต้อง ให้เฉลยแล้วให้ไปคำถามข้อที่ 2 เมื่อกดปุ่มคำถามข้อที่ 2

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำการทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

Slide 24

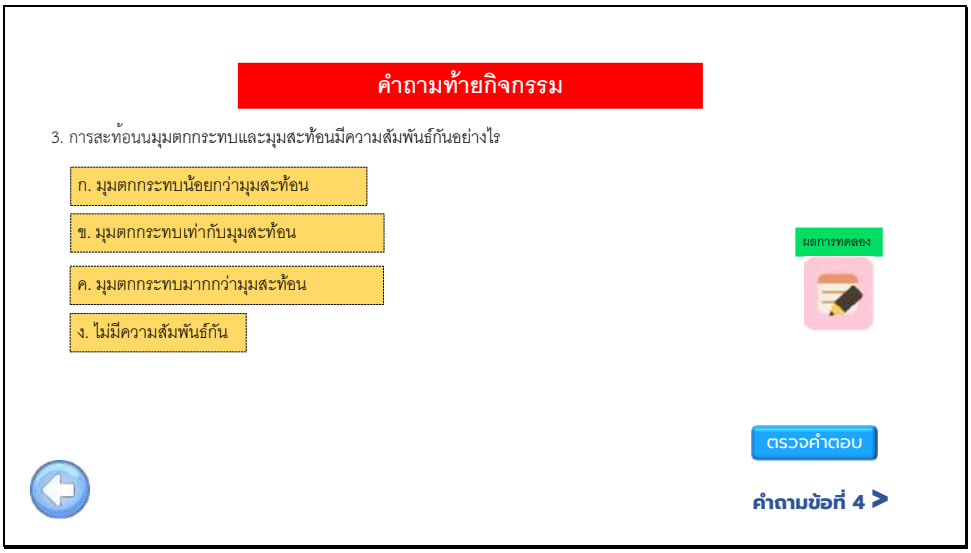


ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

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

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำการทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

Slide 25

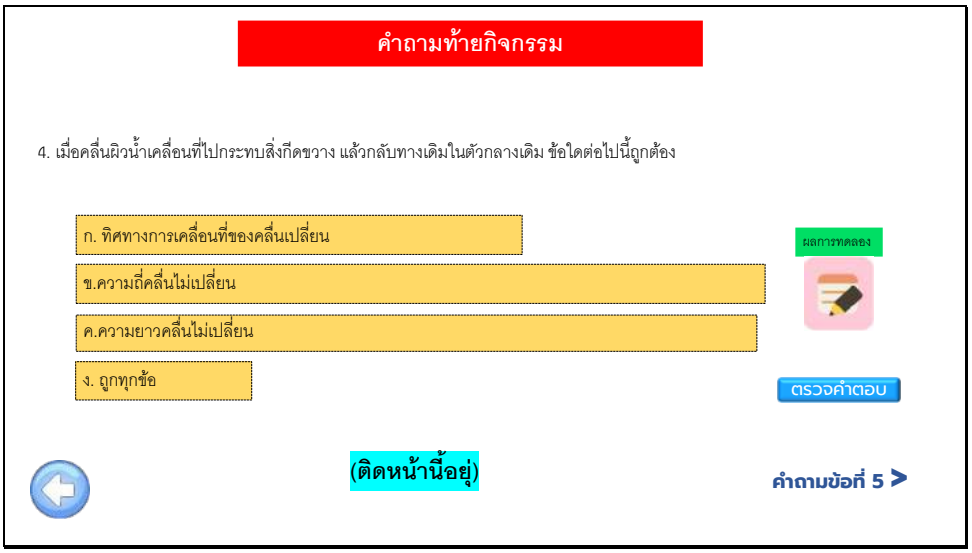


ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

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

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำการทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

Slide 26

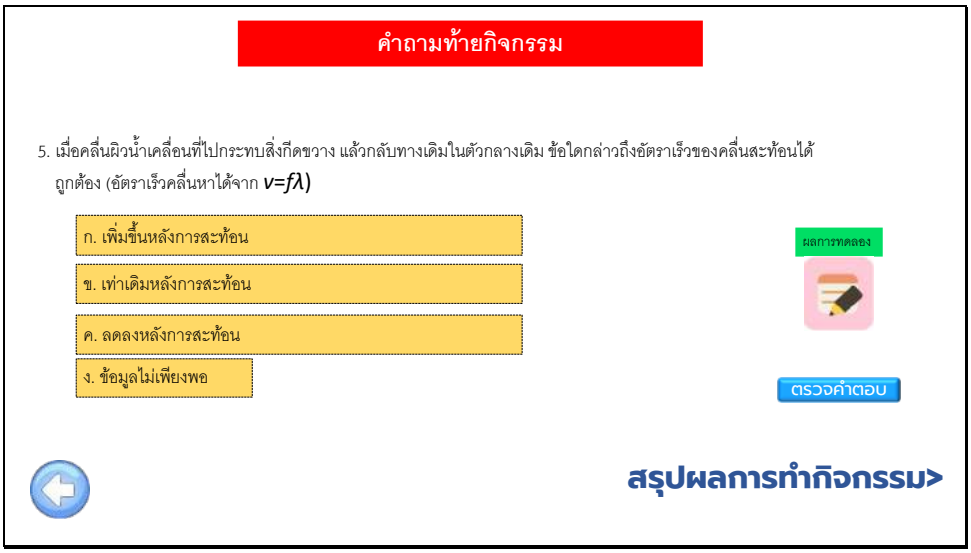


ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

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

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำการทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

Slide 27

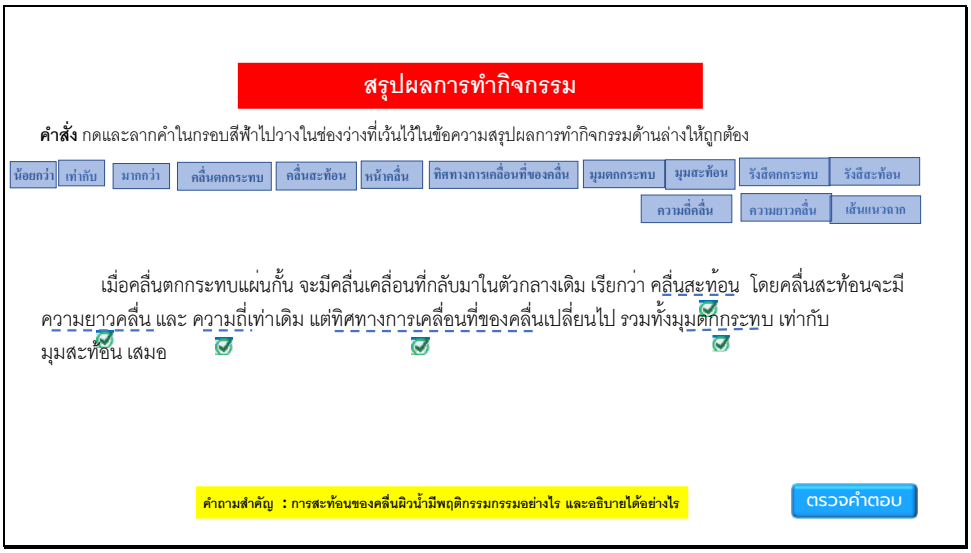


ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

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

ถ้ากดปุ่มลูกศรย้อนกลับก็ไปหน้าการทำการทดลอง ซึ่งหากเขาไปกดปุ่มผลการทดลอง ก็ให้แสดงตารางบันทึกผลที่นักเรียนได้ทำมาเท่านั้น

Slide 28



ขึ้นข้อความและปุ่มตามหน้าจอ

การแสดงผล : มีปุ่มคำแล้วลากมาใกล้เส้นประตรงไหน เมื่อปล่อยเม้าส์ก็ให้คำนั้นวางตรงเส้นประนั้น จากนั้นเมื่อกดปุ่มตรวจคำตอบให้แสดงเครื่องหมายถูกหรือผิดตามคำตอบที่ลากลงมา

Slide 29

ความเข้มของแหล่งกำเนิดคลื่นร่วมกัน	มุมที่คลื่นกับระนาบสะท้อนกระทบ (องศา)	มุมสะท้อน? (องศา)	มุมตกกระทบ? (องศา)	ความยาวคลื่นของคลื่นสะท้อน เทียบกับคลื่นตกกระทบ (เพิ่มขึ้น เท่าเดิม น้อยลง)
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



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 ในการหาค่าความต่างศักย์หยุดยั้งและพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน โดยการสังเกตผลที่เกิดขึ้น เพื่อวิเคราะห์และตอบคำถาม รวมทั้งสรุปผลการทำกิจกรรม

ทั้งนี้ ในช่วงท้ายของกิจกรรมจะมีคำถามให้ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบความเข้าใจ และมีการให้ผู้ใช้งานลองสรุปผลการทำกิจกรรมก่อนที่จะศึกษาผลสรุปที่อยู่ท้ายกิจกรรม

สื่อดิจิทัลมีเสียงบรรยายประกอบขั้นตอนการทำกิจกรรม ความหมายของคำ และ คำอธิบายต่าง ๆ ตลอดการใช้งานสื่อ

ขอบเขตของสื่อ	

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงผลการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจากการที่มีอิเล็กตรอนหลุดออกจากผิวโลหะ เมื่อมีโฟตอนที่มีความถี่ที่เหมาะสมตกกระทบโลหะโดยความถี่ของโฟตอนนั้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับความถี่ขีดเริ่มของโลหะ โดยการเพิ่มปริมาณความเข้มแสงจะส่งผลต่อปริมาณของโฟโตอิเล็กตรอน สามารถตรวจสอบได้จากเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า และการต่อศักย์ไฟฟ้าลบจนทำให้กระแสโฟโตอิเล็กตรอนในวงจรเป็นศูนย์ เป็นการหาค่าของศักย์ไฟฟ้าหยุดยั้ง และค่าพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน โดยมีโปรแกรมช่วยสร้างกราฟ ช่วยในการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีการให้เนื้อหาในส่วนความหมายของคำศัพท์ ความรู้เกี่ยวกับโฟตอน โฟโตอิเล็กตรอน รวมทั้ง คำถามแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ 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

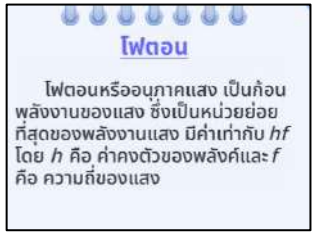
<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

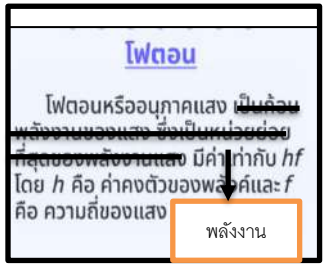


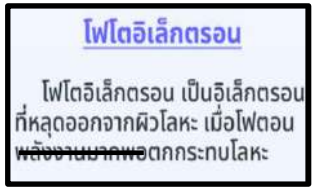
ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ











ปรับใหม่ ตัดข้อความบางส่วนของโฟตอนออก และคงความหมายโฟโตอิเล็กตรอน เนื่องจากเป็นการแนะนำเบื้องต้น ไม่ถือเป็นการเฉลย

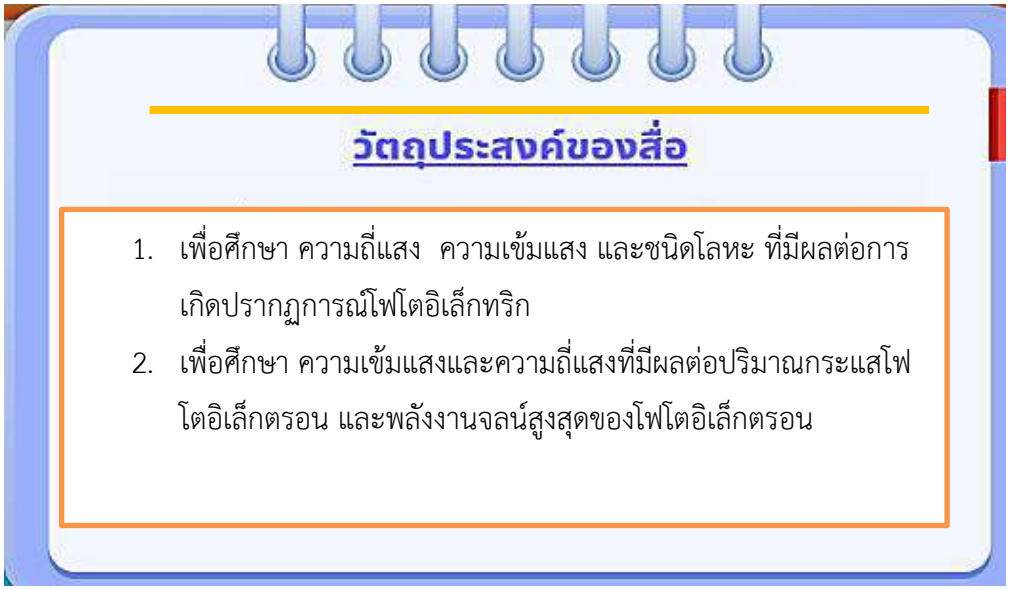
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	**เหตุผลการแก้ไข**
	วัตถุประสงค์ของสื่อ	ให้แก้ไขตามหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	ให้ครอบคลุมกิจกรรมของสื่อที่มีอยู่

<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
3.	 ในสื่อดิจิทัลต้องสลับลำดับการเลือกโดยให้เลือกที่ชนิดโลหะก่อนแล้วจึงแผ่นกรองแสงสี  	เพิ่มเติม ปุ่มกด ที่แสดงถึง คำถามสำคัญ และเป้าหมาย ของแต่ละกิจกรรม ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1-5 **กิจกรรมที่ 1 ความถี่แสงกับการเกิดโฟโตอิเล็กทริก** **คำถามสำคัญ** - ความถี่แสงมีค่าอย่างไร จึงมีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโต อิเล็กทริกและสังเกตอย่างไร (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

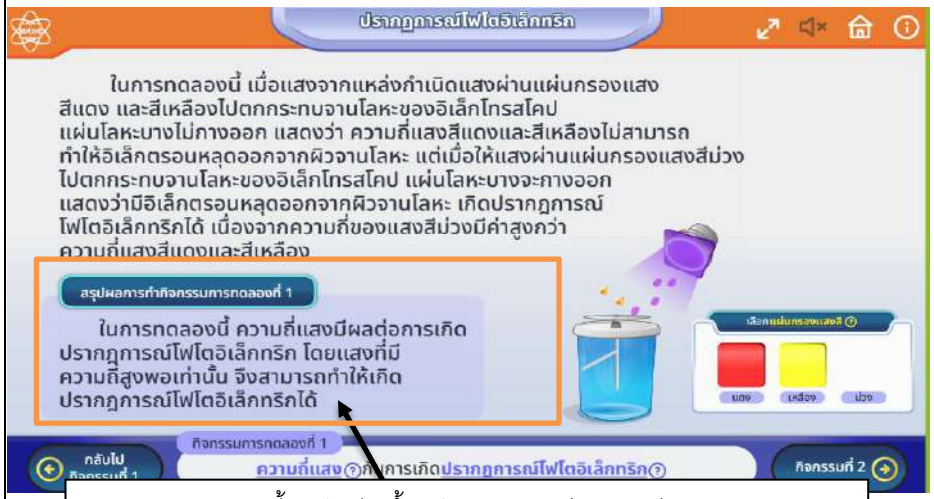
(ความเข้มแสงที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก แต่เมื่อเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกแล้ว ความเข้มแสงมีผลต่อจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น สังเกตจากเมื่อแผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปกางแล้ว ยิ่งแสงมีความเข้มมาก แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปจะกางมากขึ้น)

เป้าหมาย เลือกแผ่นกรองแสงสีให้ครบทั้ง 2 สี และปรับระดับความเข้มแสงให้ครบทุกระดับเรียงตามลำดับจากน้อยที่สุดไปมากที่สุดภายใต้แสงแต่ละสี

		**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 ค่าความชันคือค่าคงตัวพลังค์ และเส้นกราฟของโลหะแต่ละชนิดจะมีค่าคงตัวของพลังค์เท่ากัน เพราะกราฟแต่ละเส้นขนานกัน) **เป้าหมาย 1. เลือกแผ่นกรองแสงสีแดงกับสีม่วง และสีอื่นอีก 1 สี** **2. เลือกชนิดโลหะอย่างน้อย 2 ชนิด** **3. เลือกความเข้มแสงอย่างน้อย 3 ระดับ** **โดยปรับระดับความเข้มแสงอย่างน้อย 3 ระดับ เรียงลำดับจากน้อยไปมาก**	

	ภาพประกอบการแก้ไขจุดที่ 3	
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม <u>เป็นหน้าจอเดิมของแต่ละ</u> <u>กิจกรรม</u>	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ **หน้าจอกิจกรรมของสื่อ จะปรากฏปุ่มกดเมื่อกดแล้ว เข้า คำถามสำคัญ และเป้าหมาย** คำถามสำคัญ ..... เป้าหมาย .....

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>4.</td><td>แก้ไขเฉพาะในส่วนของการสรุปผลการทำกิจกรรมของแต่ละกิจกรรม ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1-5 ไม่ต้องแก้ไขข้อความก่อนหน้าการสรุปผล</td><td>— แก้ไขการสรุปให้เป็นข้อความแบบเลือกไปใส่ลงในที่ว่าง โดยการลากข้อความในกรอบไปวางลงในตำแหน่งที่ว่างของข้อความที่ว่างอยู่</td><td>หากให้มีการพิมพ์สรุปเป็นข้อความจากผู้ใช้สื่อ จะทำการตรวจสอบได้ยาก เพราะอาจพิมพ์ข้อความไม่ตรงกัน และมีโอกาสสูงที่ผู้ใช้จะไม่พิมพ์ หรือพิมพ์สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง แล้วข้ามไปดูสรุปเลย</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

ตรงสรุปผลในส่วนนี้ จะย้ายไปขึ้นหน้าใหม่ โดยมีรายละเอียดตัวอย่างหน้าจอแบบด้านขวา ของทุกกิจกรรม

การเฉลยต่อเมื่อผู้ใช้วางให้ครบทั้งหมดก่อน
และมีปุ่มรีเซตให้ทำใหม่กรณียังมีจุดผิด

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 1

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปไม่กาง

แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปกางออก

ความถี่แสง

ความถี่สูงพอ

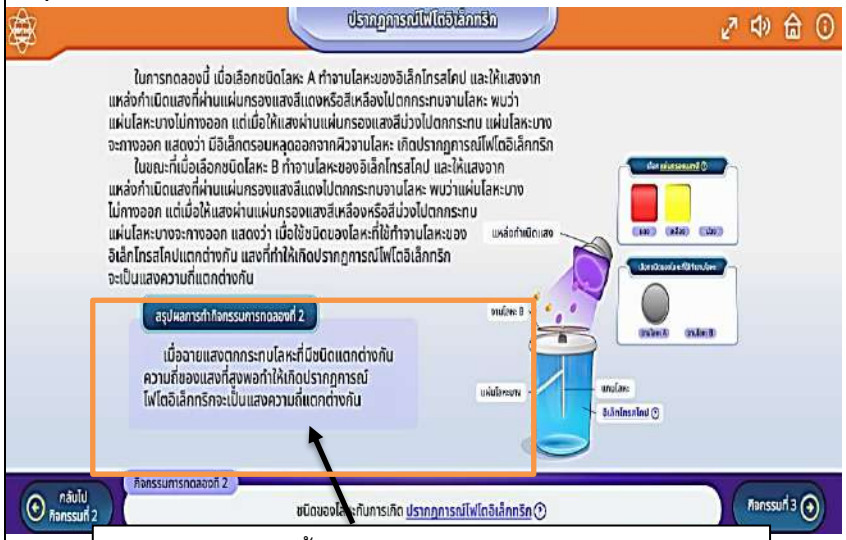
ความถี่สูง

ความถี่แสง มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก โดยแสงที่มี

ความถี่สูงพอ เท่านั้น จึงจะสามารถทำให้เกิด ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ได้

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

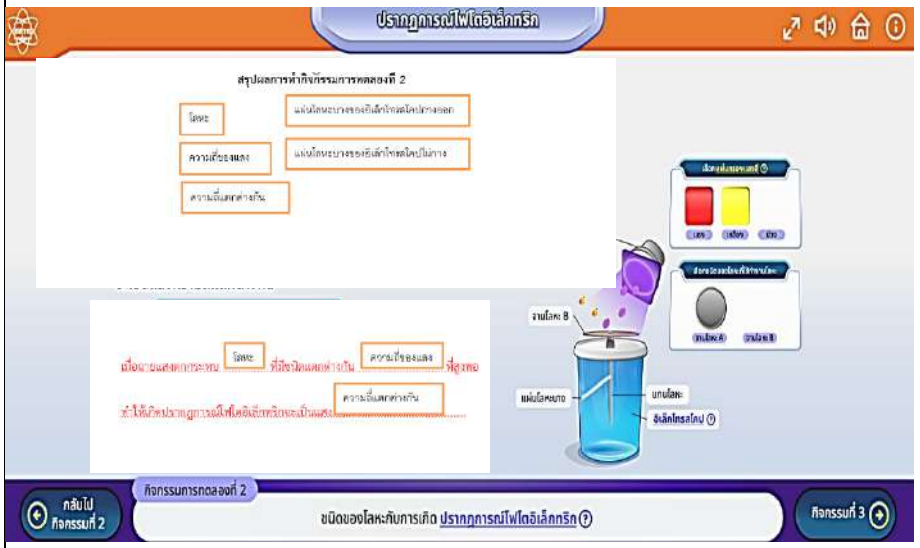
สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 2



ตรงสรุปผลในส่วนนี้ ให้สามารถเปิดและปิดแบบขยายย่อได้

โดยมีรายละเอียดตัวอย่างหน้าจอแบบด้านขวา ของทุกกิจกรรม

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 2

โลหะ

ความถี่ของแสง

ความถี่แตกต่างกัน

แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปกางออก

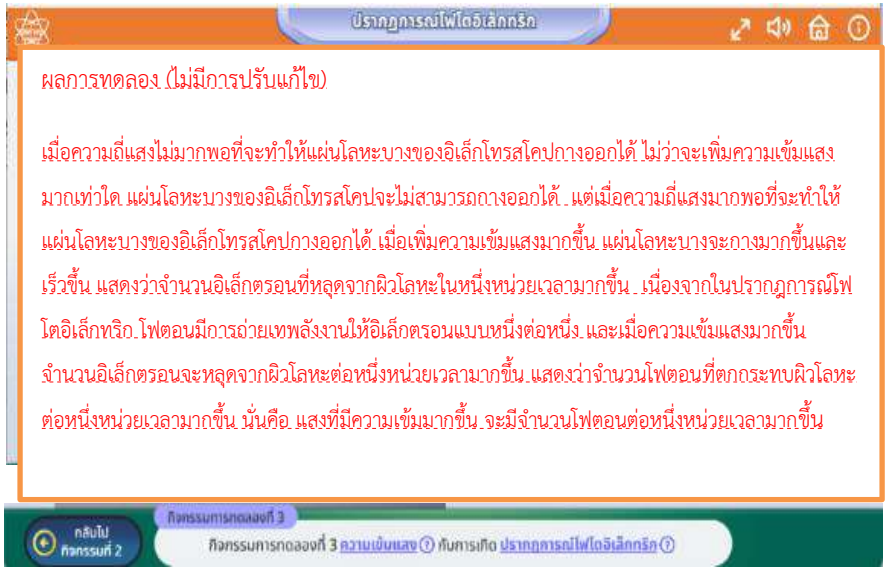
แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปไม่กาง

เมื่อฉายแสงตกกระทบ [โลหะ] ที่มีชนิดแตกต่างกัน [ความถี่ของแสง] ที่สูงพอ

ทำให้เกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจะเป็นแสงที่มี [ความถี่แตกต่างกัน]

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

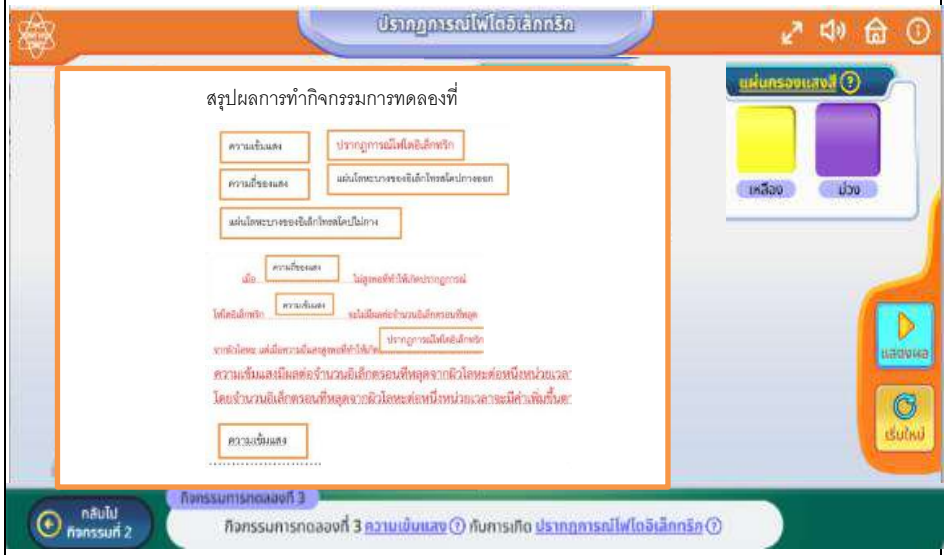
สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 3



สรุปผลการทำกิจกรรม

เปลี่ยนเป็นแบบเติมข้อความในที่ว่าง แบบด้านขวา

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 3

ความเข้มแสง

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ความถี่แสง

แผ่นโลหะบางของอิเล็กโทรสโคปไม่กาง

ความถี่และความเข้มแสง

เมื่อ ความถี่แสง ไม่สูงพอที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์

โฟโตอิเล็กทริก ความเข้มแสง จะไม่มีผลต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุด

จากผิวโลหะ แต่เมื่อความถี่แสงสูงพอที่ทำให้เกิด ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ความเข้มแสงมีผลต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

ความเข้มแสง

.....

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

อภิปรายผลการทำกิจกรรมที่ 4

.....ข้อความเดิมในสื่อ.....

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 4

เปลี่ยนเป็นแบบเติมข้อความในที่ว่างแบบด้านขวา

สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 4



สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 4

ความเข้มแสง | โฟโตอิเล็กตรอน

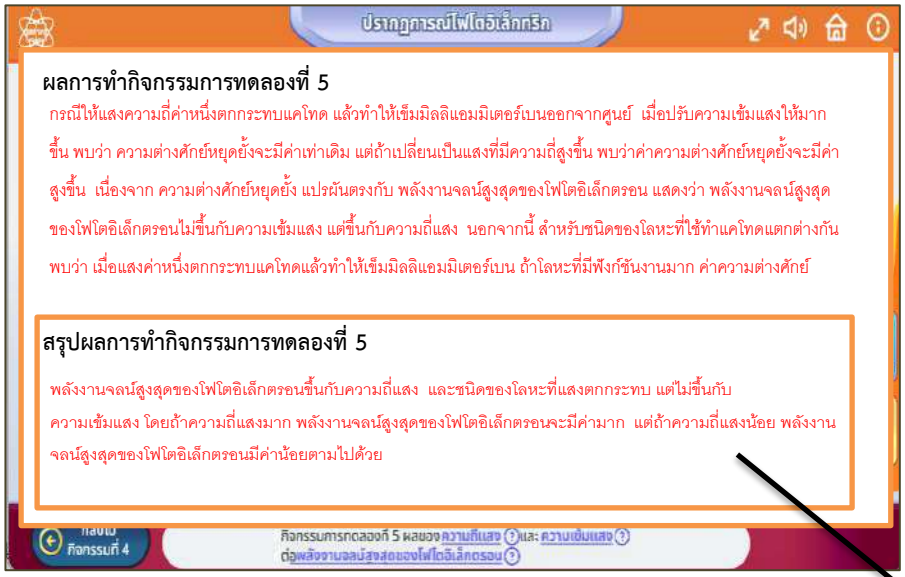
ความถี่แสง | มิลลิแอมป์มิเตอร์

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

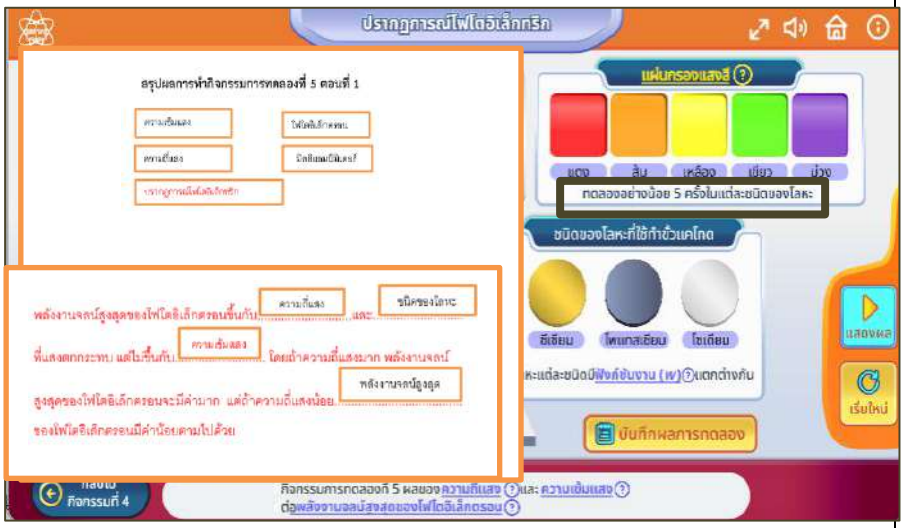
เมื่อความถี่แสงมีค่าสูงพอทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน จำนวน โฟโตอิเล็กตรอน จะขึ้นกับ ความเข้มแสง ไม่ขึ้นกับ ความถี่แสง โดยถ้าความเข้มแสงมาก จำนวน โฟโตอิเล็กตรอน จะมากด้วย



หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



สรุปผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 5

ความเข้มแสง

โฟโตอิเล็กตรอน

ความถี่แสง

พลังงานจลน์สูงสุด

ชนิดของโลหะ

พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นกับ ความถี่แสง ,,,

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>5.</td><td>การบันทึกผลกิจกรรม 1-5 ให้มีการเพิ่มตารางบันทึกผล</td><td>— เพิ่มปุ่มกดตารางบันทึกผล เมื่อกดปุ่มจะแสดงตารางบันทึกผลแบบมีที่ว่างให้เติม</td><td>เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์มากขึ้นระหว่างสื่อและผู้ใช้งาน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">
หน้าจอแสดงสื่อเดิม

<u>กิจกรรมการทดลองที่ 1 หน้าจอเดิม</u>



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ


ตารางบันทึกผลกิจกรรมที่ 1

<table>
<tr><th>สีของแผ่นกรองแสงสี</th><th>ความถี่ของแสงที่ผกกระทบจานโลหะ (Hz)</th><th>การกางของแผ่นโลหะบาง</th></tr>
<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>
</table>

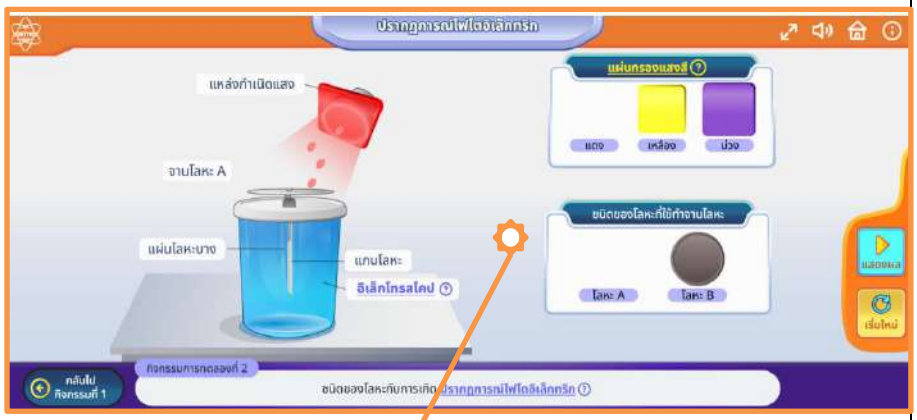
(จะปรากฏตารางบันทึกผล ซ้อนกับหน้ากิจกรรมก็ได้ หรือแสดงแยกหน้าต่างหากแต่ตารางบันทึกผลสามารถเลื่อนไปมาได้ และกดปิดได้ ข้อความที่ให้เติม สามารถนำมาจากข้อความที่จะปรากฏบนหน้าจอหลังจากทำกิจกรรมจบในแต่ละครั้ง ซึ่ง
</td></tr>
</table>

<u>กิจกรรมการทดลองที่ 2 หน้าจอเดิม</u>



<u>เพิ่มตารางบันทึกผลแบบด้านขวามือ</u>

กิจกรรมที่ 2-5 จะแสดง ข้อความผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน สามารถนำข้อมูลไปเติมในตารางบันทึกผลได้)



กดปุ่มเพื่อแสดงตารางบันทึกผล

สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบจานโลหะ (Hz)	ชนิดของโลหะที่ใช้ทำจานโลหะ	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 และสำหรับกิจกรรมที่ **3** นี้ การเติมคำตอบอาจทำเป็นแบบ **Drop –Down** แนว **option** แบบ **3** ตัวเลือก

“เพิ่มขึ้น” “ลดลง” “เท่าเดิม”



สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบจานโลหะ (Hz)	ความเข้มแสง	การกางของแผ่นโลหะบาง
สีเหลือง	5.1×10^{14}	น้อยที่สุด	ไม่กาง
		น้อย	ไม่กาง
		ปานกลาง	ไม่กาง
		มาก	ไม่กาง
		มากที่สุด	ไม่กาง

สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบจานโลหะ (Hz)	ความเข้มแสง	การกางของแผ่นโลหะบาง
สีม่วง	7.5×10^{14}	น้อยที่สุด	แผ่นโลหะบางกางออกเล็กน้อย
		น้อย	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับน้อยที่สุด
		ปานกลาง	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับน้อย
		มาก	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับปานกลาง
		มากที่สุด	แผ่นโลหะบางกางออกมากกว่ากรณีความเข้มแสงระดับมาก

กิจกรรมการทดลองที่ 4 หน้าจอเดิม





สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ ตกกระทบแคโทด (Hz)	ความเข้มแสง	ค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากมิลลิแอมมิเตอร์ (mA)
แดง	$4.6x10^{14}$	น้อยที่สุด	0
		น้อย	0
		ปานกลาง	0
		มาก	0
		มากที่สุด	0
ส้ม	$4.8x10^{14}$	น้อยที่สุด	0
		น้อย	0
		ปานกลาง	0
		มาก	0
		มากที่สุด	0
เหลือง	$5.1x10^{14}$	น้อยที่สุด	0
		น้อย	0
		ปานกลาง	0
		มาก	0
		มากที่สุด	0
เขียว	$5.6x10^{14}$	น้อยที่สุด	0.25
		น้อย	0.50
		ปานกลาง	0.80
		มาก	0.95
		มากที่สุด	1.20
ม่วง	$7.5x10^{14}$	น้อยที่สุด	0.25
		น้อย	0.50
		ปานกลาง	0.80

กิจกรรมการทดลองที่ 5 หน้าจอเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



การปรับเลือกชนิดโลหะและความถี่แสง

เมื่อเลือกสีและชนิดโลหะแล้ว เมื่อเปลี่ยนความเข้มแสง โลหะและสียังคงเดิม ไม่ต้องมาลากใส่ทุกครั้ง เมื่อต้องเปลี่ยนความเข้มใหม่ทุกครั้ง



ทุกตารางความเข้มให้มี 5 ระดับ ตั้งแต่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด

ชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด: ซีเซียม

สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบแคโทด (Hz)	ความเข้มของแสงที่ตกกระทบแคโทด	ค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (V)	พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน (eV)
แดง	4.6×10^{14}	ปานกลาง	0.12	0.12
		มาก	0.12	0.12
		มากที่สุด	0.12	0.12
ส้ม	4.8×10^{14}	ปานกลาง	0.21	0.21
		มาก	0.21	0.21
		มากที่สุด	0.21	0.21
เหลือง	5.1×10^{14}	น้อย	0.33	0.33
		มาก	0.33	0.33
		มากที่สุด	0.33	0.33
เขียว	5.6×10^{14}	น้อย	0.54	0.54
		ปานกลาง	0.54	0.54
		มาก	0.54	0.54
ม่วง	7.5×10^{14}	น้อยที่สุด	1.12	1.12
		น้อย	1.12	1.12
		ปานกลาง	1.12	1.12

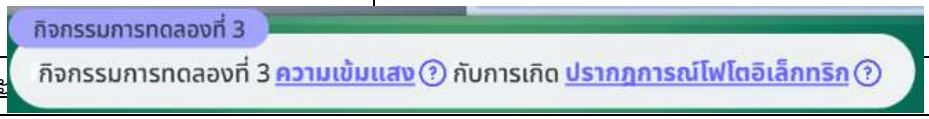
ชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด: โพแทสเซียม				
สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบแคโทด (Hz)	ความเข้มของแสงที่ตกกระทบแคโทด	ค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (V)	พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน (eV)
แดง	4.6×10^{14}	ปานกลาง	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
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

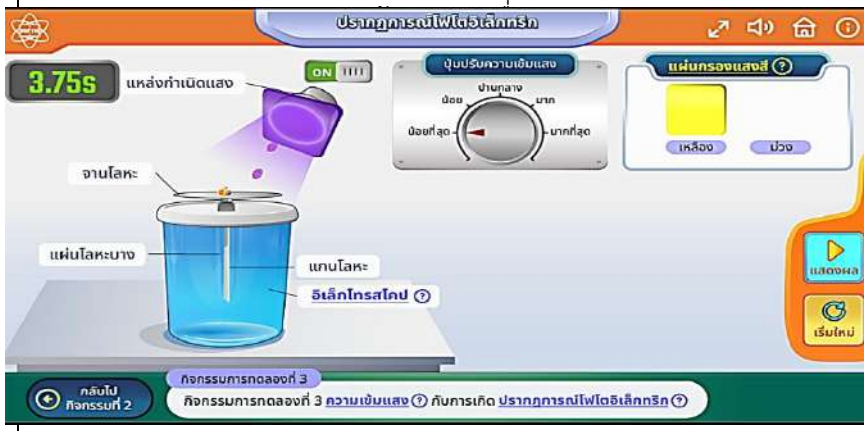
ชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด: โซเดียม				
สีของแผ่นกรองแสงสี	ความถี่ของแสงที่ตกกระทบแคโทด (Hz)	ความเข้มของแสงที่ตกกระทบแคโทด	ค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (V)	พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน (eV)
แดง	4.6×10^{14}	ปานกลาง	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มาก	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
		มากที่สุด	ระบุไม่ได้	ระบุไม่ได้
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



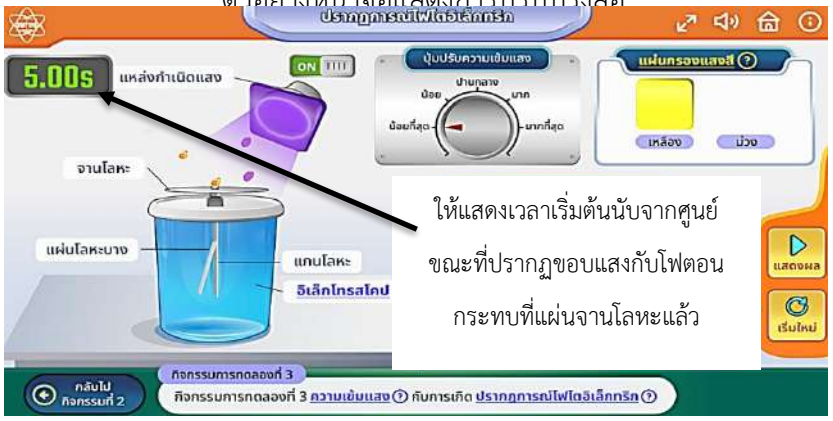
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
	 ในกิจกรรมที่ 3	- แสดงช่วงเวลาแบบเดิม 0-5 วินาที แต่เมื่อเปิดสวิตซ์แล้ว ให้แอนิเมชัน แสดงขอบแสงกับโฟตอนกระทบที่แผ่นจานโลหะพร้อมกัน ขณะที่เวลาเริ่มต้นจากศูนย์ ทั้งแสงสีเหลืองและแสงสีม่วง เพราะแอนิเมชันเดิม โฟตอนกับของแสงมาไม่พร้อมกัน ขอบแสงมาถึงก่อน ซึ่งไม่ถูกต้อง และจากแหล่งกำเนิดแสง ขณะที่โฟตอนกระทบขั้วแคโทดให้หายไปแล้วปรากฏโฟโตอิเล็กตรอน ออกมา โดยที่ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกตัว	หากไม่แก้ไข อาจทำให้เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ไปขณะที่โฟตอนยังมาไม่ถึงแผ่นจานโลหะ เพราะถ้าเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจะเกิดทันที ไม่เกี่ยวกับเวลาที่แสงไปกระทบแผ่นจานโลหะ

ภาพประ

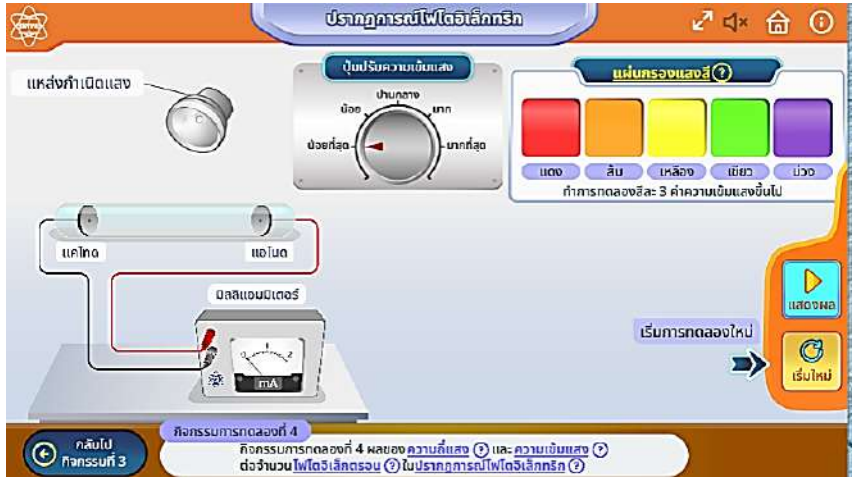




ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



ส่วนที่แก้ไขเพิ่มเติมสำหรับ กิจกรรมที่ 4 ที่เกี่ยวกับแอนิเมชัน

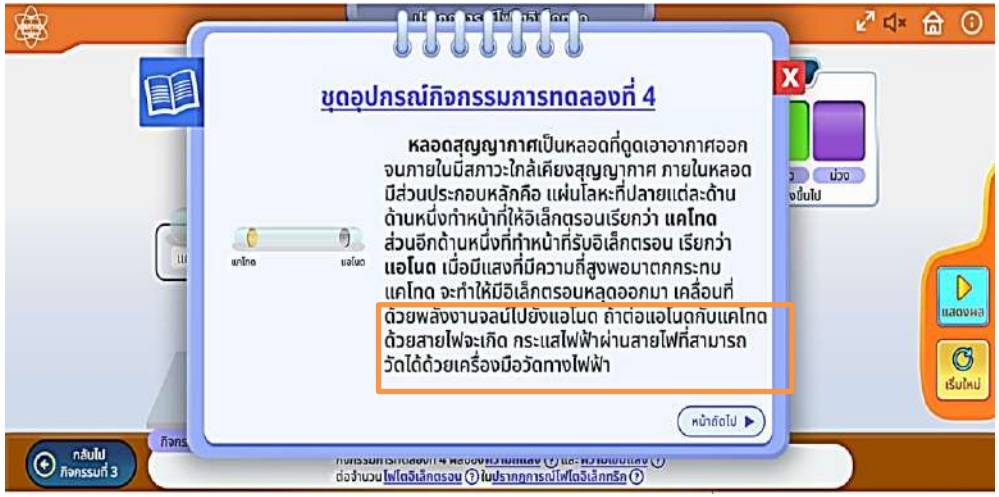


- เมื่อกดปุ่มแสดงผล ให้แอนิเมชันแสดงลำแสงพร้อมกลุ่มโฟตอนทันทีที่ขั้วแคโทด และขณะที่โฟตอนตัวใดก็ตามที่กระทบขั้วแคโทด ให้หายไปเมื่อปรากฏโฟโตอิเล็กตรอนออกมาจากขั้วแคโทด โดยความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนที่ออกมาจากขั้วแคโทดไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกตัว
- แอนิเมชันจะมีการลดขนาดของโฟโตอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดโฟโตเพื่อให้เห็นเคลื่อนที่ที่เป็นกลุ่มชัดเจนขึ้น (กรณีเพิ่มความเข้มแสง) และให้เห็นถึงความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอน (กรณีเพิ่มความถี่แสง)
- ความถี่แสงค่าหนึ่งของแต่ละสี โฟโตอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดสูญญากาศแม้เคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับสีที่มีความถี่ต่ำกว่า แต่ในสีเดียวกัน ให้แสดงถึงความเร็วที่แตกต่างกันด้วย คือให้บางตัววิ่งเร็ว บางตัววิ่งช้าก่อนไปถึงที่ขั้วแอโนด

ส่วนแก้ไขสำหรับ กิจกรรมที่ 4 ที่เกี่ยวกับความรู้เพิ่มเติม

- เพิ่มปุ่มเพื่อให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวข้องกับค่าข้อมูลในตารางของกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เพื่อให้มีความเข้าใจที่ถูกต้อง (ไฟล์เพิ่มเติม)

ส่วนแก้ไขสำหรับกิจกรรมที่ 4 เกี่ยวกับข้อความอธิบาย



ข้อความเดิม การต่อแอโนดกับแคโทดด้วยสายไฟจะเกิดกระแสไฟฟ้า สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดทางไฟฟ้า

แก้ไขเป็น ถ้าต่อขั้วแอโนดกับขั้วแคโทดให้ครบวงจรไฟฟ้า จะเกิดกระแสไฟฟ้าในวงจร สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดทางไฟฟ้า

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>7.</td><td>ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอน ในหลอดสูญญากาศ ของกิจกรรมที่ 4-5</td><td>เมื่อมีการเปลี่ยนความถี่แสงให้สูงขึ้น จากสีเหลืองเป็นสีเขียวและสีม่วง ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนต้องเพิ่มขึ้น คือ ความเร็วของโฟตอนอิเล็กตรอนของแสงสีม่วงจะมากกว่าสีเขียว สีเขียวมากกว่าสีเหลือง สีเหลืองมากกว่าสีส้ม สีส้มมากกว่าสีแดง สรุปคือ ถ้าใช้สีม่วง โฟโตอิเล็กตรอนจะมีความเร็วมากสุดเมื่อเทียบกับแสงสีอื่น และความเร็วของสีอื่นจะลดความเร็วลงตามลำดับเมื่อเทียบกับสีม่วง</td><td>เพราะความถี่แสงที่เพิ่มขึ้น จะทำให้พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น ตามสมการ
hf = W + Ekmax</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
1
 
2
  </td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
<u>กิจกรรมที่ 5</u>
 
(เพื่อให้เห็นว่า มีความเร็วเพิ่มขึ้น อาจย่อขนาดของโฟโตอิเล็กตรอนทุกกรณีของการปรับระดับความเข้มแสงให้เล็กลงกว่าเดิมเล็กน้อย เพื่อในกรณีที่ปรับให้ระดับความเข้มของโฟโตอิเล็กตรอน จะได้ไม่ดูแน่นเกินไป และเห็นถึงการเคลื่อนที่เร็วขึ้นได้ชัดเจน)

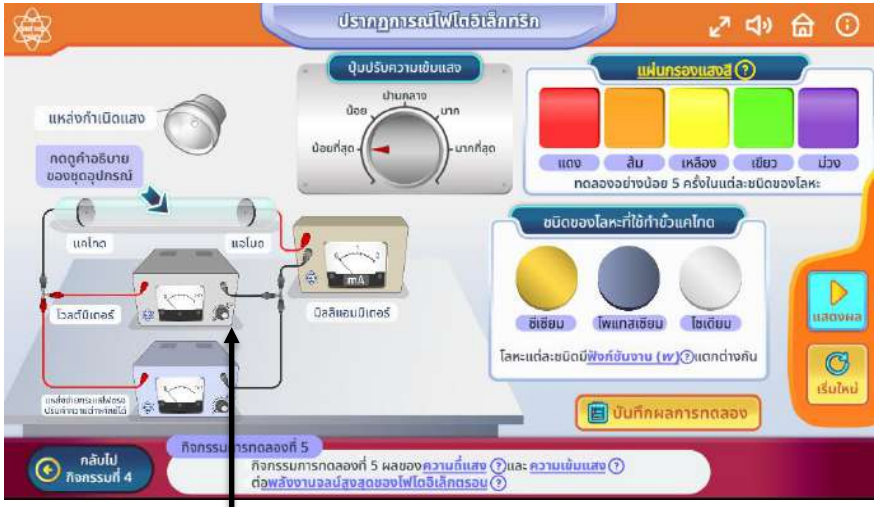
<u>การปรับแก้ กิจกรรมที่ 5 เกี่ยวกับแอนิเมชันในหลอดโฟโต</u>
- แอนิเมชันจะมีการลดขนาดของโฟโตอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดโฟโต เพื่อให้เห็นเคลื่อนที่ที่เป็นกลุ่มชัดเจนขึ้น (กรณีเพิ่มความเข้มแสง เหมือนในกิจกรรมที่ 4) และให้เห็นถึงความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอน (กรณีเพิ่มความถี่แสง เหมือนในกิจกรรมที่ 4)</td></tr>
</table>

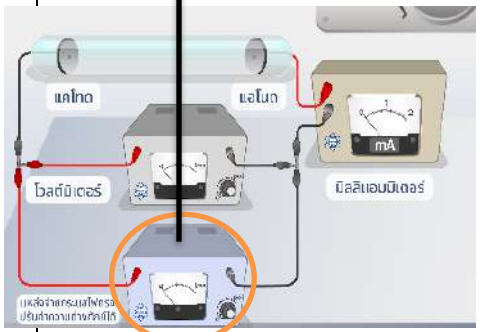
	3  จากภาพ หน้าจอกิจกรรม (ของเดิม) จะพบว่า ไม่ว่าเปลี่ยนความถี่แสงให้สูงขึ้น (จากสีเหลืองเป็น สีเขียว ไปเป็นสีม่วง) แต่ความเร็วของโฟโตอิเล็กตรอนของแต่ละสีกลับเร็วเท่ากันหมด ซึ่งในที่นี้เป็นภาพนิ่งเลยอาจมองไม่ออก แต่ในแอนิเมชันจะเห็นชัดเจนว่าเร็วเท่ากันหมด	- ความถี่แสงค่าหนึ่งของแต่ละสี อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหลอดสูญญากาศแม้เคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับสีที่มีความถี่ต่ำกว่า แต่ในสีเดียวกัน ให้แสดงถึงความเร็วที่แตกต่างกันด้วย คือให้บางตัววิ่งเร็ว บางตัววิ่งช้าก่อนไปถึงที่ขั้วแอโนด(เหมือนกิจกรรม 4) - เพิ่มปุ่มให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนกับความถี่แสง รวมทั้งปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตามเอกสารไฟล์แนบ

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	**เหตุผลการแก้ไข**
8.	หน้าจอหลักในกิจกรรมที่ **5**	— เพิ่มปุ่มกดให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ การหาค่าพลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน	เสริมความรู้

<u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u>

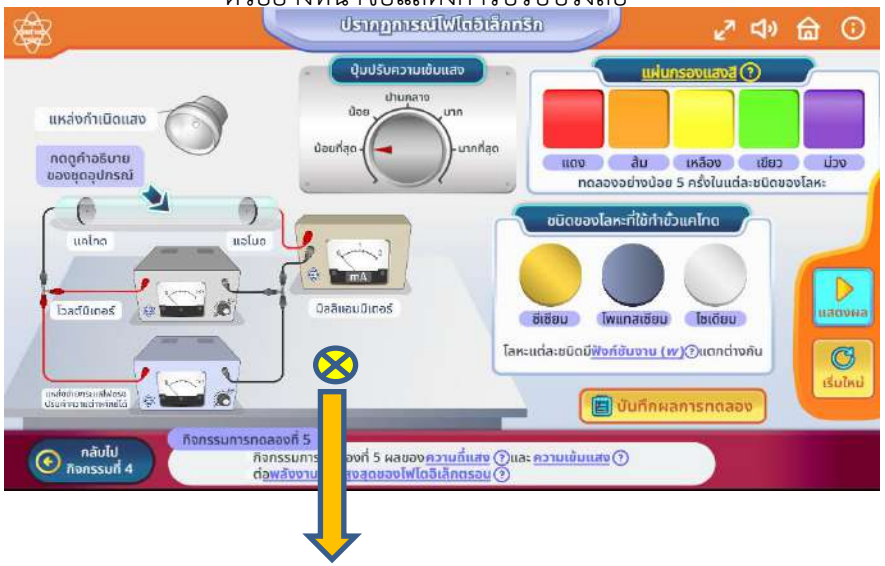
หน้าจอแสดงสื่อเดิม





ปรับรูปของแหล่งจ่ายไฟ ให้ดูแตกต่างกับโวลต์มิเตอร์ เพราะรูปเหมือนกันทั้ง 2 รูป แยกไม่ออก

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรงสื่อ

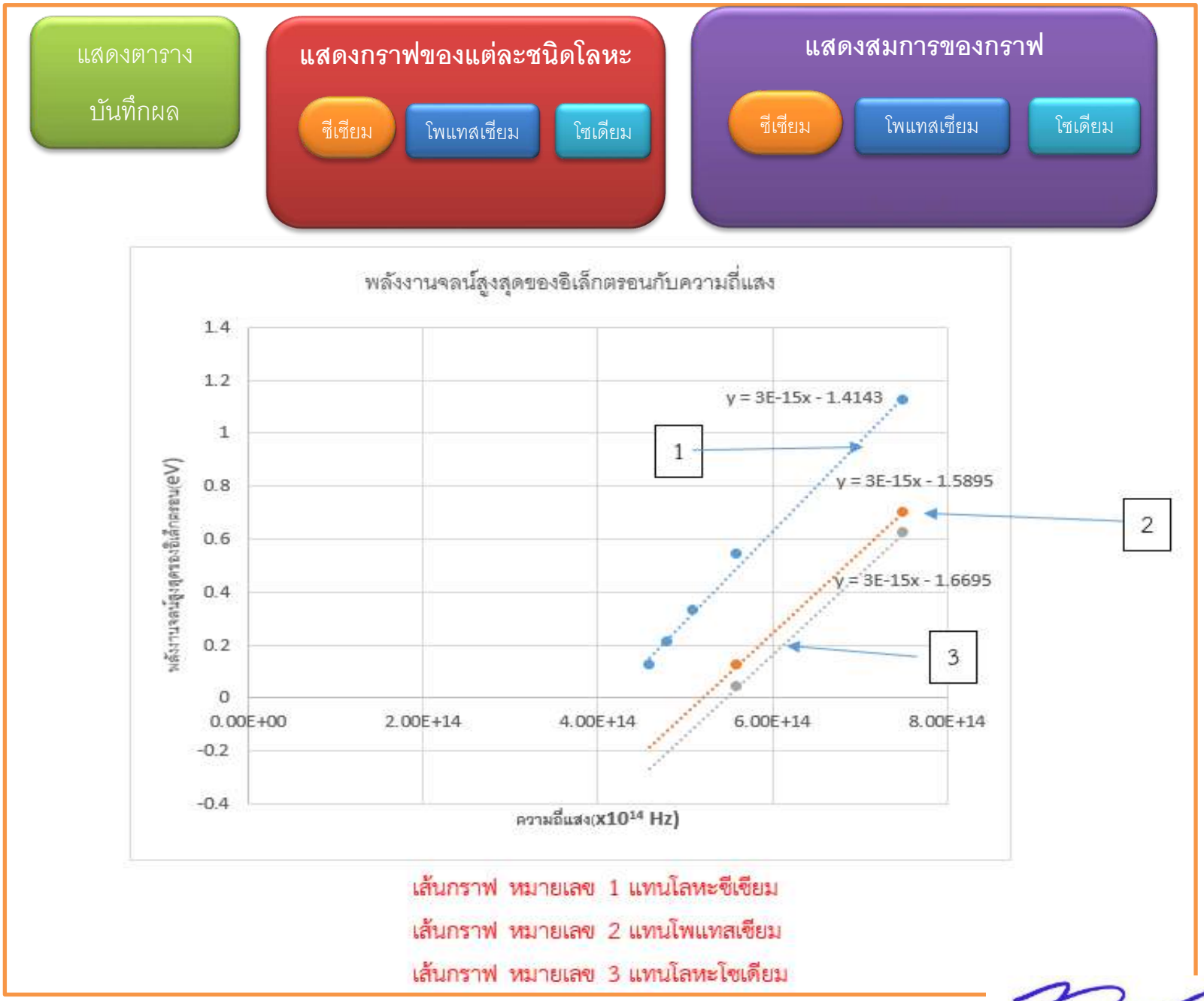


https://drive.google.com/file/d/1gM3wni-txj6CpwC7TshscluF-0sZe4jn/view?usp=sharing

(เพิ่มลิงก์เพื่อเพิ่มแอนิเมชันอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาค่าพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนผ่านค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง)

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>9.</td><td>เพิ่มการเขียนกราฟ และเพิ่มความรู้เพิ่มเติม เกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับกราฟ และจำนวนข้อมูลที่ควรเพียงพอต่อการการเขียนกราฟ เนื่องจากข้อมูลที่นำมาเขียนกราฟ เพื่อความน่าเชื่อถือในทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นคำอธิบายในความรู้เพิ่มเติม</td><td>— แก้ไขให้ผู้ใช้ได้เขียนกราฟโดยการลงจุดเอง แล้วมีการตรวจคำตอบด้วย ทำให้สามารถปรับสเกลกราฟ เพื่อ zoom ไปจุดที่ต้องลงกราฟได้
— รวมทั้ง มีการให้ feedback ที่ดี แนะนำการลงจุด ถ้าทำไม่ถูก</td><td>การสร้างกราฟเอง จะได้ฝึกทักษะการเขียนกราฟ และได้วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมระหว่างการลงจุดบนกราฟ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
ไม่มีการแสดงกราฟ มีแต่ตารางข้อมูล</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
<u>ให้เขียนกราฟจากข้อมูลในตาราง</u>
เขียนกราฟระหว่าง พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน กับความถี่แสงที่ใช้ภายใต้ชนิดของแต่ละโลหะ จากตารางบันทึกผลนี้
<table>
<tr><th>ความถี่ของแสง (Hz)</th><th>พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - ซีเซียม</th><th>พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โพแทสเซียม</th><th>พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน (eV) - โซเดียม</th></tr>
<tr><td>4.6x10^14</td><td>0.12</td><td>ระบุไม่ได้</td><td>ระบุไม่ได้</td></tr>
<tr><td>4.8x10^14</td><td>0.21</td><td>ระบุไม่ได้</td><td>ระบุไม่ได้</td></tr>
<tr><td>5.1x10^14</td><td>0.33</td><td>ระบุไม่ได้</td><td>ระบุไม่ได้</td></tr>
<tr><td>5.6x10^14</td><td>0.54</td><td>0.12</td><td>0.04</td></tr>
<tr><td>7.5x10^14</td><td>1.12</td><td>0.7</td><td>0.62</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

กิจกรรมที่ 5 หากบันทึกค่าในตารางแล้ว จะปรากฏหน้าถัดไปคือ 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 จะผิดความหมายทางฟิสิกส์หรือไม่ อย่างไร
ก. **ไม่ผิด** เพราะความถี่ขีดเริ่มของโลหะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเข้มของแสง
ข. **ผิด** เพราะโลหะชนิดหนึ่งมีความถี่ขีดเริ่มเพียงค่าเดียว แต่กราฟลักษณะนี้ทำให้เข้าใจผิดว่ามีหลายค่า
ค. **ไม่ผิด** เพราะพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนสามารถเป็นศูนย์ได้หลายค่าความถี่ เฉลย ข.



ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกิจกรรมที่ 4

จากตารางบันทึกผลในกิจกรรมนี้ กำหนดให้ความเข้มแสงของแต่ละสีแต่ละระดับ ตั้งแต่น้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด จะมีพลังงานของแสงที่ตกกระทบต่อหน่วยเวลาเท่ากันทุกสี ทำให้จำนวนโฟตอนของแสงที่มีความถี่ต่างกันสีจึงอาจเท่ากันเมื่อปรับความเข้มแสงในระดับเดียวกัน อย่างไรก็ตาม จากความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความถี่ของโฟตอนตามสมการที่ไอน์ไสตน์เสนอ คือ $E = \mathrm{h}f$ จากสมการจะมีความหมายว่า ความถี่แสงใดสูงกว่า ที่ความถี่นั้นจะมีค่าพลังงานต่อโฟตอนมากกว่า

สำหรับการทดลองจริง หากพิจารณาให้ความเข้มพลังงานรวมของแต่ละสีมีค่าเท่ากัน จะส่งผลให้แสงสีที่มีความถี่มากกว่า 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

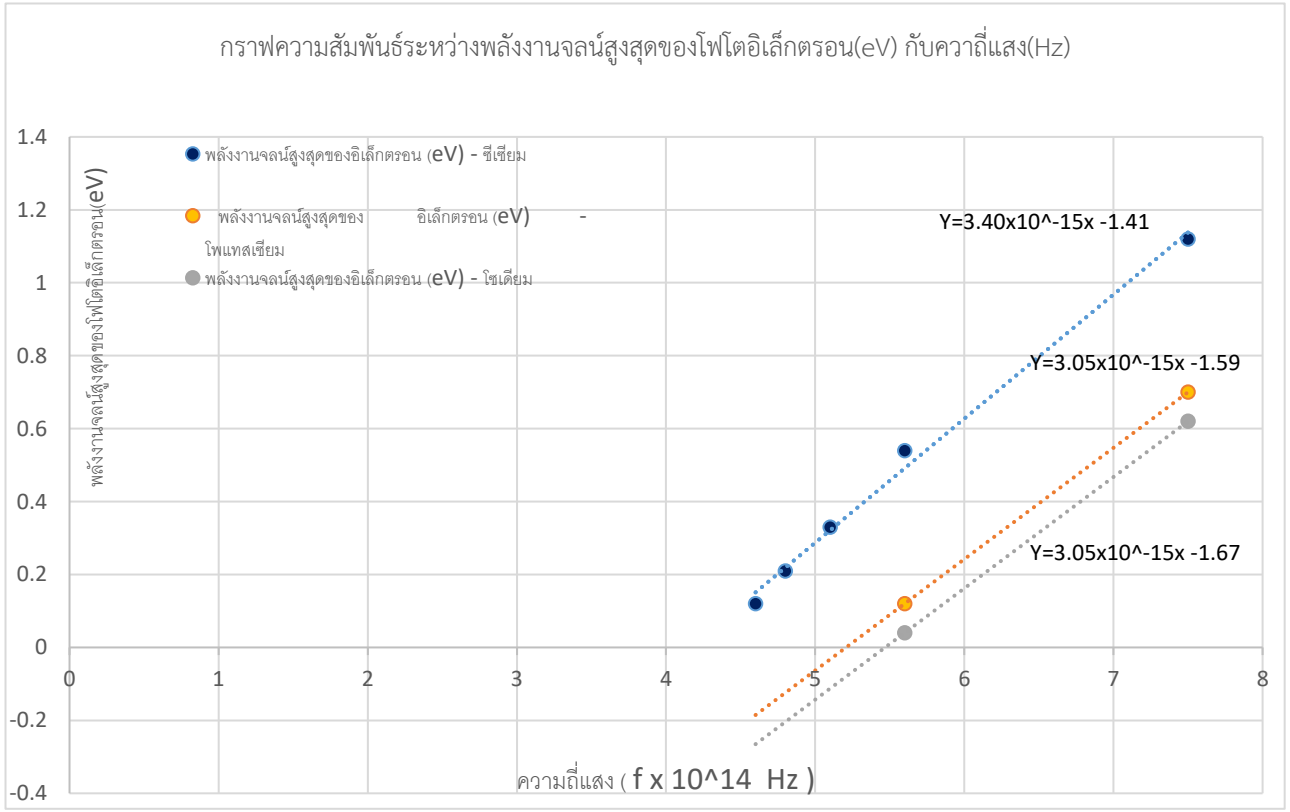
- พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน พลังงานของโฟตอน และ ฟังก์ชันงานของโลหะ เขียนสมการได้ว่า $E_{k\max} = \mathrm{h}f - W$ โดย $W = \mathrm{h}f_0$
- เมื่อเปลี่ยนชนิดโลหะที่ขั้วแคโทด คือ โลหะซีเซียม โปแตสเซียม และโซเดียม จุดตัดแกนนอนที่แสดงค่าความถี่ขีดเริ่มของแต่ละชนิดโลหะจะไม่เท่ากันขึ้นกับแต่ละชนิดโลหะ จุดตัดแกนตั้งซึ่งเป็นค่าฟังก์ชันงานของโลหะแต่ละชนิด มีค่าไม่เท่ากันขึ้นกับแต่ละชนิดโลหะ กราฟเส้นตรงแต่ละเส้นมีค่าความชันเท่ากัน เท่ากับค่าคงตัวของพลังค์

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนกับความถี่แสง ในกิจกรรมที่ 5 นี้ พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถคำนวณได้

จากค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (Vs) 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 $\mathbf{eV}$ ค่าตัวเลขของ $E_{k_{max}}$ และ V_s จะเท่ากันพอดีตามค่าตัวเลขที่ปรากฏในตารางบันทึกผล เช่น ความต่างศักย์หยุดยั้ง (V) ที่ 1.12 V และพลังงานจลน์สูงสุด (eV) ที่ 1.12 eV เนื่องจาก

$1\ \text{eV} = 1.6\times10^{-19}\ \text{J}$ หากต้องการค่าพลังงานจลน์สูงสุดในหน่วยจูลจะมีค่าเท่ากับ $(1.12\ \text{eV})(1.6\times10^{-19}\ \text{J}) = 1.8\times10^{-19}\ \text{J}$



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

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

$\left(3.40\times10^{-15}\ \mathrm{eV}\cdot\mathrm{s}\right)\left(\dfrac{1.6\times10^{-19}\ \mathrm{J}}{1\,\mathrm{eV}}\right) = 5.44\times10^{-34}\ \mathrm{J}\cdot\mathrm{s}$ ซึ่งจะพบว่า ค่าตัวเลขมีความคลาดเคลื่อนจากค่าคงตัวของพลังค์ที่ $6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J}\cdot\mathrm{s}$ อยู่พอสมควร รวมถึงกราฟเส้นตรงของแต่ละชนิดโลหะควรมีค่าความชันเท่ากัน แต่สำหรับชนิดโลหะโพแทสเซียมและโซเดียม มีค่าความชันที่ไม่เท่ากับของโลหะซีเซียม เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่น้อยเกินไป และค่าข้อมูลที่ปรากฏในสื่อดิจิทัลเป็นเพียงค่าประมาณเบื้องต้นเท่านั้น

และจากสมการกราฟเส้นตรงตัวอย่างของโลหะซีเซียม $y = 3.40\times10^{-34}\ x - 1.41$ ค่าตัวเลข 1.41 คือจุดตัดแกนค่าพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนซึ่งอยู่ด้านล่างใต้แกนของความถี่แสง ซึ่งเป็นค่าฟังก์ชันงานของโลหะซีเซียม แต่มีค่าความคลาดเคลื่อนด้วย เนื่องจากค่าฟังก์ชันงานของโลหะซีเซียมจะมีค่าประมาณ 1.81 eV หากการทดลองมีการควบคุมตัวแปรและคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนที่ส่งผลต่อการทดลอง ค่าที่วัดได้จะใกล้เคียงขึ้นมาก หากพิจารณาจากการทดลองจริง ของ โรเบิรต์ มิลลิแกน ที่มีความพิถีพิถันอย่างมากในการทำการทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกที่สามารถหาค่าคงตัวของพลังค์ได้ใกล้เคียงมาก แต่การทดลองที่มิลลิแกนทำนั้นเพียงเพื่อจะตรวจสอบให้ได้ว่า แนวคิดของไอน์สไตน์ที่เสนอถึงความเป็นอนุภาคของแสงตามสมการ $\mathrm{h}f = \mathrm{W} + E_{k_{\max}}$ นั้นไม่ถูกต้อง เพราะแสงควรจะเป็นคลื่นเท่านั้น มิลลิแกนได้ใช้โลหะลิเทียม โพแทสเซียม และ โซเดียม แต่ไม่ได้ใช้โลหะซีเซียมตั้งแต่แรก เนื่องจากเนื้อโลหะซีเซียมค่อนข้างนิ่ม และไวต่อปฏิกิริยาหากโดนไอน้ำหรือออกซิเจนในอากาศ หากเครื่องมือที่ทำการทดลองเกิดความร้อน ผิวโลหะซีเซียมจะเปลี่ยนได้ง่ายและอาจเกิดการออกไซด์ ทำให้เนื้อผิวสกปรก ค่าฟังก์ชันงานจะเปลี่ยนทันที จึงไม่เหมาะกับการทดลองที่ต้องการวัดค่าที่ละเอียดและแม่นยำ โดยเฉพาะจุดประสงค์ของการทดลองที่จะพิสูจน์ให้ได้ว่า สิ่งที่ไอน์ไสตน์เสนอนั้นเป็นความคิดที่ไม่ถูกต้อง แต่สำหรับโลหะลิเทียม โพแทสเซียมและโซเดียม ซึ่งเป็นโลหะอัลคาไล มีความแข็งที่ควบคุมสภาพผิวได้ดีกว่า และค่าฟังก์ชันงานไม่เปลี่ยน อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมไม่มีการแสดงกราฟข้อมูล จากสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุขณะทดลองซึ่งไม่มีการระบุไว้

ข้อมูลหลักที่มิลลิแกนนำเสนอกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์หยุดยั้ง กับ ความถี่แสง เป็นของโลหะลิเทียมและโซเดียม เป็นกราฟเส้นตรงที่น่าเชื่อถือ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่มากพอ เพราะแสงที่มิลลิแกนใช้ไม่ใช่เฉพาะแสงที่ตามองเห็น แต่ใช้แสงอัลตร้าไวโอเลตด้วย ดังข้อมูลในตาราง

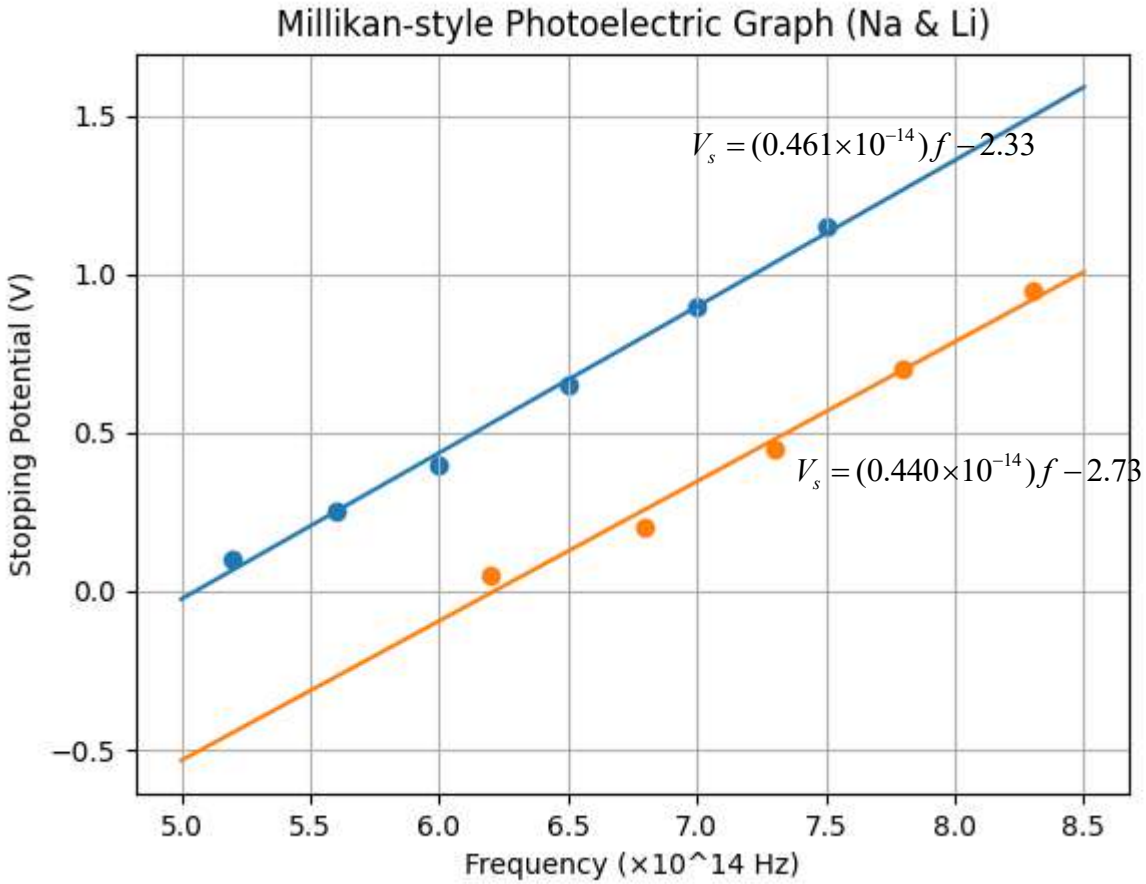
โลหะ	ความยาวคลื่น λ(nm)	ความถี่แสง f x10^14 (Hz)	ความต่างศักย์หยุดยั้ง V_s (V)
Na	546.1	5.489	0.115
	433.9	6.911	0.724
	404.7	7.411	0.933
	365.0	8.216	1.252
	312.5	9.597	1.838
	253.5	11.83	2.805

โลหะ	ความยาวคลื่น λ(nm)	ความถี่แสง f x10^14 (Hz)	ความต่างศักย์หยุดยั้ง V_s (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 จะเป็นความยาวคลื่นในช่วงอัลตร้าไวโอเลต



แสดงกราฟจากตารางข้อมูล (ไม่ได้แสดงค่าความยาวคลื่น)



หมายเหตุ : **เส้นตรงสีฟ้า** เป็นของโลหะโซเดียม Na

เส้นตรงสีส้ม เป็นของโลหะลิเทียม Li

พบว่า ความชันเกือบจะเป็นค่าเดียวกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

ตัวเลขที่แสดงค่าความชันของกราฟที่จะเป็นค่าคงตัวของพลังค์ ยังไม่ใช่ค่าคงตัวของพลังค์โดยตรง เพราะจากสมการ $E_{k_{\max}} = \mathrm{h}f - \mathrm{W}$ **โดยที่** $E_{k_{\max}} = \mathrm{e}V_s$ **หากเขียนกราฟระหว่าง ความต่างศักย์หยุดยั้ง กับ ความถี่แสง จะได้สมการว่า** $V_s = \frac{\mathrm{h}}{\mathrm{e}}f - \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{e}}$ ที่ค่า ดังนั้น ค่าความชันจากสมการคือ $\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{e}}$ หากนำค่าตัวเลขจากการทดลองมาแทนค่า $\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{e}} = 0.461\times10^{-14}$ ซึ่งค่าความชันมีหน่วยเป็น $\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{Hz}} = \mathrm{V}\cdot\frac{1}{\frac{1}{\mathrm{s}}} = \mathrm{V}\cdot\mathrm{s}$ จะได้ว่า $\mathrm{h} = (0.461\times10^{-14}\ \mathrm{V}\cdot\ \mathrm{s})(1.6\times10^{-19}\ \mathrm{C})$

ซึ่งได้ค่าออกมา เท่ากับ $\mathrm{h} = 7.38\times10^{-34}\ \mathrm{J}\cdot\mathrm{s}$ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าคงตัวของพลังค์อย่างมาก ที่ค่าคงตัวพลังค์

$\mathrm{h} \cong 6.63\times10^{-34}\ \mathrm{J}\cdot\mathrm{s}$ จากการทดลองของมิลลิแกน ทำให้หาค่าคงตัวของพลังค์ได้ใกล้เคียงอย่างมาก จากสมการที่เสนอโดยไอน์ไสตน์เกี่ยวกับความเป็นอนุภาคของแสง ซึ่งต่อมากลายเป็นข้อพิสูจน์จากหลักฐานการทดลองของมิลลิแกนว่า แสงมีสมบัติของความเป็นอนุภาคได้ด้วย

ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์

ลิงก์สื่อ https://www.scimath.org/resources/18289/index.html

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจผลของแรงนิวเคลียร์ที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส ผ่านการทำกิจกรรมที่สร้างสิ่งนามธรรมให้เป็นรูปธรรมและกระตุ้นความน่าสนใจในการเรียนรู้

ในการเรียนรู้ด้วยสื่อฯ เรื่องนี้ ผู้ใช้งานจะได้ทำกิจกรรมสำรวจเพื่อค้นหาวัตถุในชีวิตประจำวันที่มีนิวเคลียสที่ไม่เสถียร และได้ลองเพิ่มหรือลดจำนวนโปรตอนหรือนิวตรอนในนิวเคลียสเหล่านั้นเพื่อสังเกตว่าเสถียรภาพของนิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่งจะสังเกตได้จากแอนิเมชันและข้อความแสดงสถานะแรงนิวเคลียร์ รวมทั้งเกร็ดความรู้เกี่ยวกับไอโซโทปกัมมันตรังสีที่สามารถกดเปิดดูได้ จากนั้น ผู้ใช้งานจะได้สร้างกราฟเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของนิวเคลียสกับ แรงนิวเคลียร์ จำนวนโปรตอน และจำนวนนิวตรอนในนิวเคลียส

ทั้งนี้ ในช่วงท้ายของกิจกรรมของทั้งสองกิจกรรมจะมีคำถามให้ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบความเข้าใจ และมีการให้ผู้ใช้งานได้ลากคำมาเติมในช่องว่างของข้อความสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งเมื่อปฏิบัติได้ถูกต้องแล้ว จะมีลิงก์แบบทดสอบประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสื่อ ให้ประเมินตนเอง

สื่อดิจิทัลมีเสียงบรรยายประกอบขั้นตอนการทำกิจกรรม ความหมายของคำ และ คำอธิบายต่าง ๆ ตลอดการใช้งานสื่อ

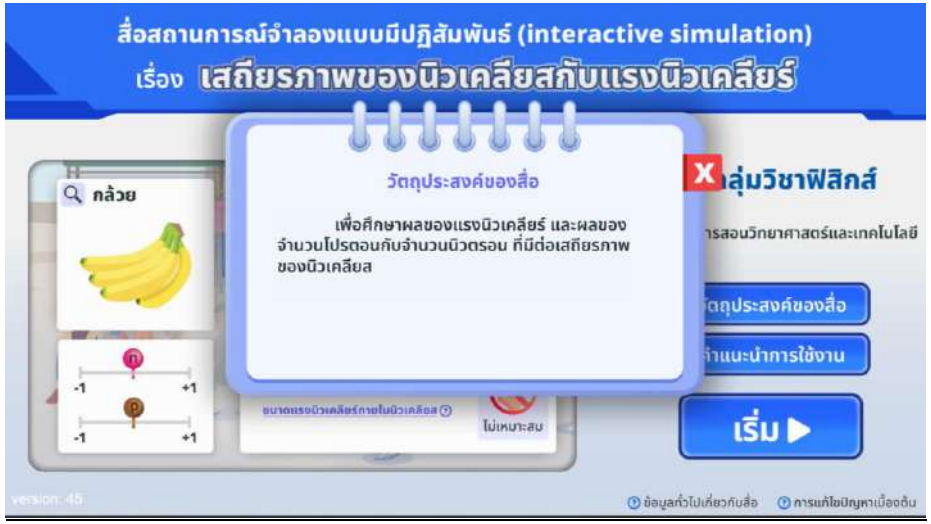
ขอบเขตของสื่อ	

เป็นสถานการณ์จำลอง สภาพของนิวเคลียสว่าเสถียรหรือไม่เสถียร และจำลองระดับของแรงนิวเคลียร์เทียบกับแรงไฟฟ้า เมื่อนิวเคลียสมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนแตกต่างกัน โดยมีโปรแกรมช่วยสร้างกราฟ มีการให้เนื้อหาในส่วนความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับนิวเคลียส รวมทั้ง คำถามแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ มีการให้กดและลากคำมาใส่ในช่องว่างเพื่อการสรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่า ผู้ใช้จะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

- แรงนิวเคลียร์ระหว่างนิวคลีออนในนิวเคลียส จำนวนโปรตอน และจำนวนนิวตรอนในนิวเคลียส มีผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส อย่างไร

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>— หน้าปกเป็นของสื่อเสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์เรื่องเดียว
— เสียงบรรยายดังขึ้นมาเลย ไม่สามารถเลือกปิดเปิดเสียงได้</td><td>— ปรับชื่อเรื่องเป็น “เสถียรภาพของนิวเคลียส” ที่จะรวมสื่อทั้งเรื่อง เสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์ และ เสถียรภาพฯ กับพลังงานยึดเหนี่ยว
— เปลี่ยนภาพปกเป็นภาพอื่น ที่กระตุ้นความสนใจมากขึ้น และสื่อถึงเสถียรภาพของนิวเคลียส
— ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect</td><td>— นำสื่อ 2 เรื่อง คือ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ กับ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว มารวมกัน แบ่งเป็น 2 กิจกรรม เพราะเป็นสื่อที่เกี่ยวกับ เสถียรภาพของนิวเคลียสเหมือนกัน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>2.</td><td>วัตถุประสงค์ของสื่อ ที่เป็นของเรื่องเดียว</td><td>แก้ไขให้รวมวัตถุประสงค์ของสื่อทั้ง 2 กิจกรรม คือ
1. เพื่อศึกษาผลของแรงนิวเคลียร์และผลของจำนวนโปรตอนกับจำนวนนิวตรอนที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส
2. เพื่อศึกษาและคำนวณพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส รวมทั้งความสัมพันธ์ที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส</td><td>รวมสื่อฯ ที่อยู่ในหัวข้อใหญ่เดียวกันแล้ว ต้องเปลี่ยนวัตถุประสงค์ให้รวมกัน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>3.</td><td>คำแนะนำการใช้งาน ที่เป็นของสื่อเดียว และไม่มีแนะนำเกี่ยวกับการไม่บันทึกผล</td><td>แก้ไขให้คำแนะนำการใช้งานในหน้าแรก เป็นข้อความที่สื่อถึงการใช้งานของสื่อทั้งสองเรื่อง โดยเป็นข้อความว่า
“ให้ปฏิบัติตามกรอบข้อความและลูกศรแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ปรากฏขึ้นตามลำดับ ในแต่ละกิจกรรม
การทำกิจกรรมภายในสื่อ ไม่มีการบันทึกผลไว้ ถ้าปิดบราวเซอร์ หรือ เปิดสื่อค้างไว้นานเกินกว่า 10 นาที จะต้องเริ่มทำกิจกรรมใหม่ทั้งหมด ดังนั้น ควรเผื่อเวลาในการเรียนรู้จากสื่อประมาณ 10 – 15 นาที ต่อเนื่อง เพื่อให้การเรียนรู้ที่ครบถ้วนสมบูรณ์”</td><td>คำแนะนำสอดคล้องกับการรวมสื่อฯ 2 เรื่องให้เป็นเรื่องเดียว</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
4.	เมื่อกด “เริ่ม” แล้ว จะไม่มีหน้าให้เลือกกิจกรรม	— เพิ่ม หน้าที่ให้เลือกทำกิจกรรม 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





<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>5.</td><td>— เมื่อกดเข้ามากิจกรรมที่ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ ที่หน้าแรก ไม่มีคำถามสำคัญ
— มีกรอบเป้าหมาย แต่กรอบค้างไว้ กดปิดไม่ได้</td><td>— เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญและเป้าหมาย ที่กดแล้ว แสดงกรอบคำถามและเป้าหมายสำคัญ แล้วกดปุ่มกากบาทเพื่อปิดได้
— มีกรอบข้อความแนะนำให้ “กดดูคำถามสำคัญ” และ “กดดูเป้าหมายกิจกรรม”
— <u>คำถามสำคัญ</u>
○ แรงนิวเคลียร์ จำนวนโปรตอน และจำนวนนิวตรอนมีผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียสอย่างไร
— <u>เป้าหมาย</u>
○ สำรวจหาสิ่งของที่มีนิวเคลียสไม่เสถียร แล้วเพิ่มหรือลดจำนวนโปรตอนหรือ นิวตรอน จนได้นิวเคลียสที่เสถียร 5 นิวเคลียส</td><td>— ผู้เรียน จะมีคำถามเป็นสิ่งชี้แนวทางการในการทำกิจกรรมเพื่อหาคำตอบ สามารถเปิดดู และปิดได้
— ผู้เรียน ทราบเป้าหมายและขอบเขตการเรียนรู้จากสื่อ สามารถเปิดดู และปิดได้</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์
จำนวนนิวเคลียสเสถียรที่ค้นพบ 0 /5
กดดูคำถามสำคัญ
version: 45


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์
จำนวนนิวเคลียสเสถียรที่ค้นพบ 0 /5
คำถามสำคัญ : แรงนิวเคลียร์ จำนวนโปรตอน และจำนวนนิวตรอนมีผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียสอย่างไร
version: 45


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์
จำนวนนิวเคลียสเสถียรที่ค้นพบ 0 /5
กดดูเป้าหมายของการทำกิจกรรม
version: 45


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์
จำนวนนิวเคลียสเสถียรที่ค้นพบ 0 /5
เป้าหมาย : สำรวจหาสิ่งของที่มีนิวเคลียสไม่เสถียร แล้วเพิ่มหรือลดจำนวนโปรตอนหรือ
นิวตรอน จนได้นิวเคลียสที่เสถียร 5 นิวเคลียส
X
version: 45

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>6.</td><td>— ไม่มีกรอบข้อความแนะนำให้ดูคำแนะนำการใช้งาน</td><td>— หลังจากให้ดูเป้าหมายการทำกิจกรรมแล้ว มีกรอบข้อความแนะนำให้ “กดดูคำแนะนำการใช้งาน” โดยลูกศรชี้ไปที่ไอคอน (i) ด้านบนขวา</td><td>— คำแนะนำการใช้งานสื่อ ได้เปลี่ยนเป็นของสื่อทั้งสองเรื่อง ดังนั้น จึงย้ายคำแนะนำการใช้งานสื่อเรื่องนี้มาอยู่ที่ไอคอน (i) ด้านบนขวา</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
7.	– วงแหวนแสดงอิเล็กตรอนเป็นวงรอบนิวเคลียส และ กลุ่มหมอกรอบนิวเคลียส – กรอบแบบจำลองอิเล็กตรอน ให้เลือกระหว่างแบบวงโคจร กับ แบบกลุ่มหมอก	– ตัดวงแหวนแสดงอิเล็กตรอนเป็นวงรอบนิวเคลียสออก ตัดกลุ่มหมอกรอบนิวเคลียสออก – ตัดกรอบแบบจำลองอิเล็กตรอน รวมทั้งออฟชั่น แบบวงโคจร และแบบกลุ่มหมอกออก	– แบบจำลองไม่ถูกต้อง และทำให้ถูกต้องได้ยาก

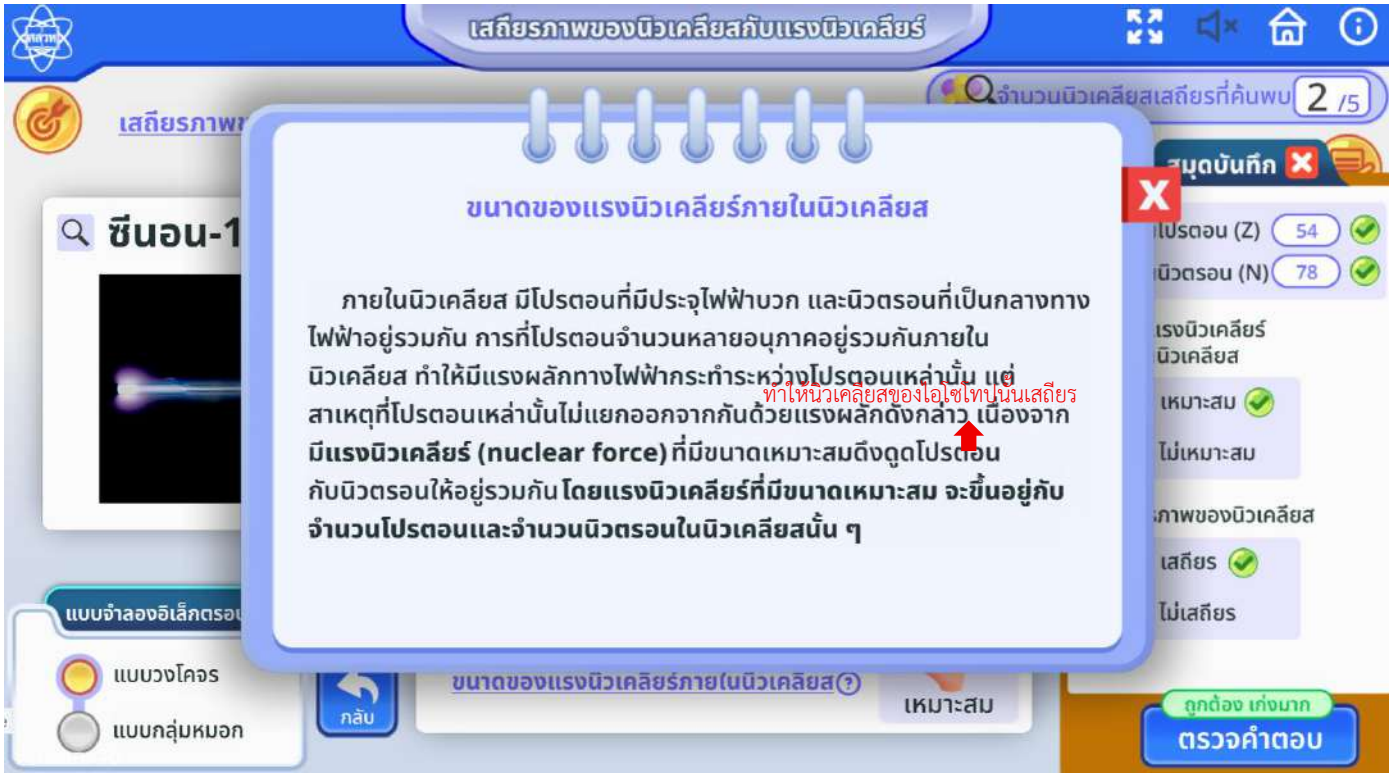
ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



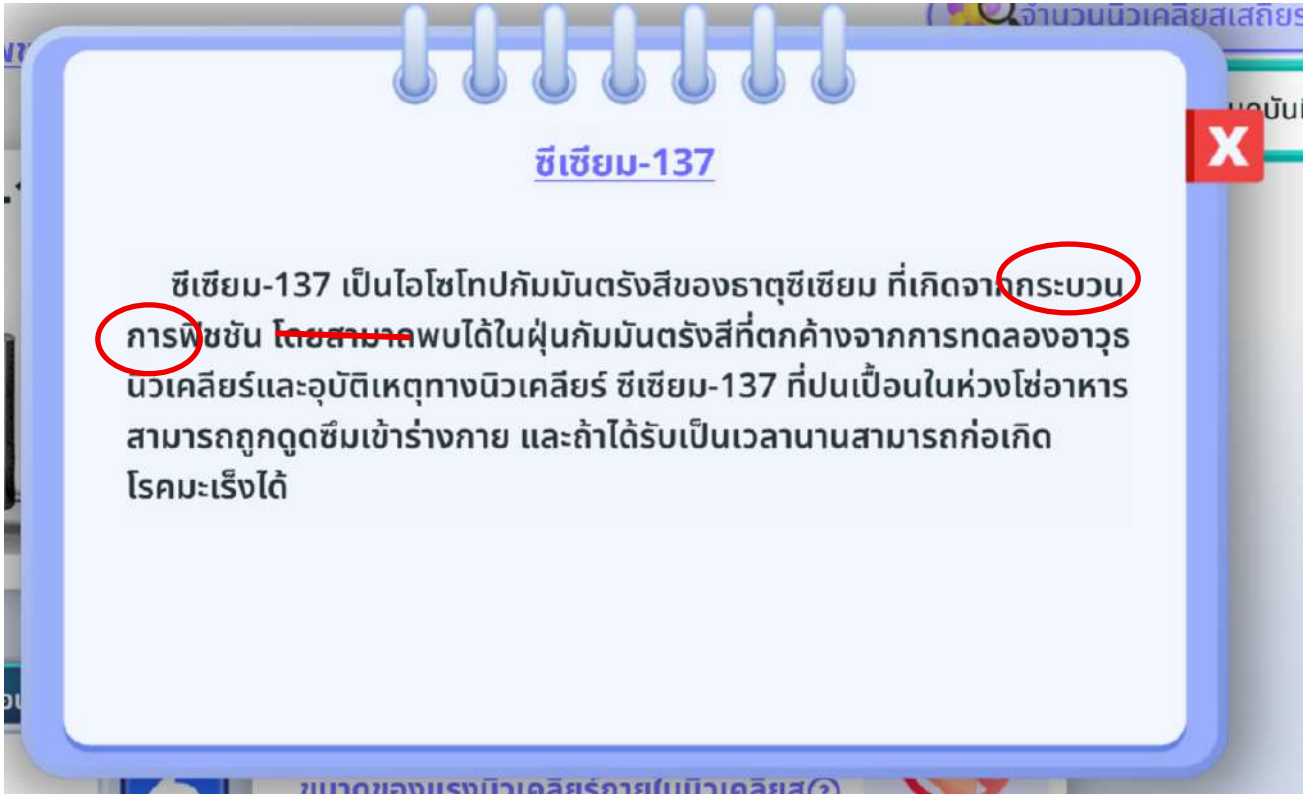
ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

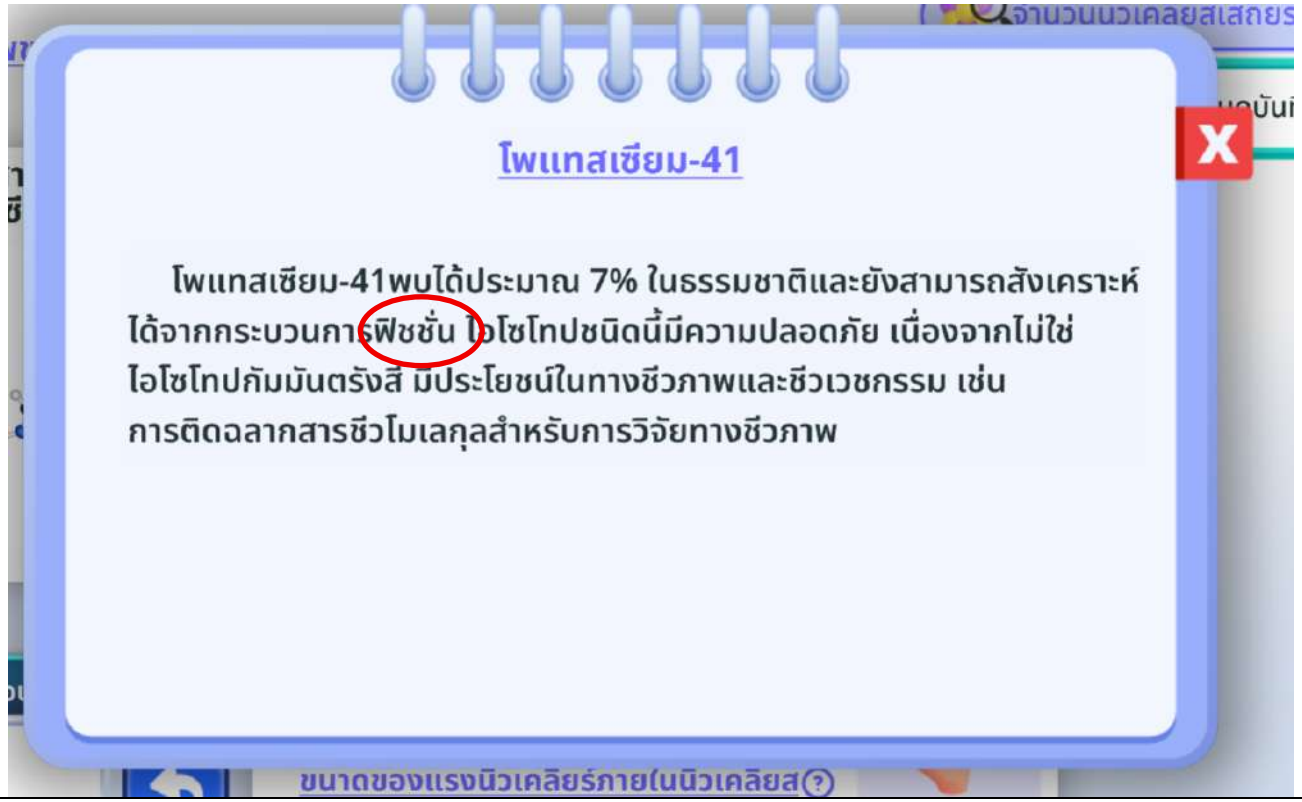


จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
8.	กรอบอธิบายคำศัพท์ “ขนาดแรงนิวเคลียร์ภายในนิวเคลียส”	เพิ่มคำว่า “ทำให้นิวเคลียสของไอโซโทปนั้นเสถียร” หลังคำว่า “ดังกล่าว” บรรทัดที่ 4	เพื่อความชัดเจน
	ภาพประกอบการแก้ไข		
			

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
9.	ข้อความในกรอบแสดงเกร็ดความรู้ของซีเซียม-137	— จัดคำว่า “กระบวนการ” ให้อยู่บรรทัดเดียวกัน — ตัดคำว่า “โดยสามาถ” ออก	คำตกบรรทัด และ สะกดคำผิด

ภาพประกอบการแก้ไข



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

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
11.	เมื่อกดแล้วลากเพิ่มหรือลดจำนวนนิวตรอนหรือจำนวนโปรตอนแล้ว ไม่มีการแสดงว่า ให้ทำขั้นตอนอะไรต่อ	– เมื่อกดแล้วลากเพิ่มหรือลดจำนวนนิวตรอนหรือจำนวนโปรตอนแล้ว ให้มีกรอบข้อความบอกว่า “กดแสดงผล” และลูกศรชี้ไปที่ปุ่ม “แสดงผล” ด้วย	– ผู้ใช้ไม่รู้ว่า ต้องทำอย่างไรเมื่อกดเลื่อนปรับจำนวนโปรตอนหรือนิวตรอนแล้ว

ภาพประกอบการแก้ไข

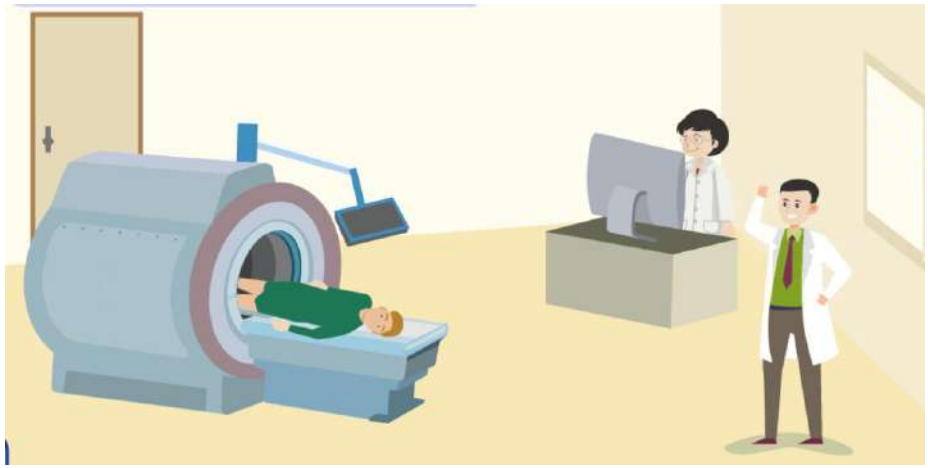


<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>12.</td><td>สำหรับ ยูเรเนียม-238 ที่ไม่มีไอโซโทปที่เสถียร มีกรอบข้อความแจ้งว่า “ไอโซโทปทุกไอโซโทปของธาตุที่มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนมาก เช่น ยูเรเนียม ไม่มีไอโซโทปที่เสถียร”</td><td>— แก้ไขเป็น “ไอโซโทปทุกไอโซโทปของธาตุที่มีจำนวนโปรตอนมากกว่า 83 เช่น ยูเรเนียม พลูโทเนียม ทอเรียม เป็นไอโซโทปที่ไม่เสถียร ให้หาไอโซโทปที่เสถียรจากธาตุอื่น”
— มีกรอบข้อความพร้อมลูกศรแจ้งว่า “กลับไปค้นหาสิ่งของที่มีนิวเคลียสไม่เสถียรจากสถานที่อื่น” โดยลูกศรชี้ไปที่ปุ่ม “กลับ”</td><td>— ข้อความเดิมไม่ถูกต้อง และ เมื่อขึ้นข้อความนี้แล้ว อาจยังไม่รู้ว่า ต้องปิดหน้าต่างเพื่อไปหาไอโซโทปที่เสถียรจากสิ่งอื่นในสถานที่อื่น</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

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

หน้าจอแสดงสื่อเดิม





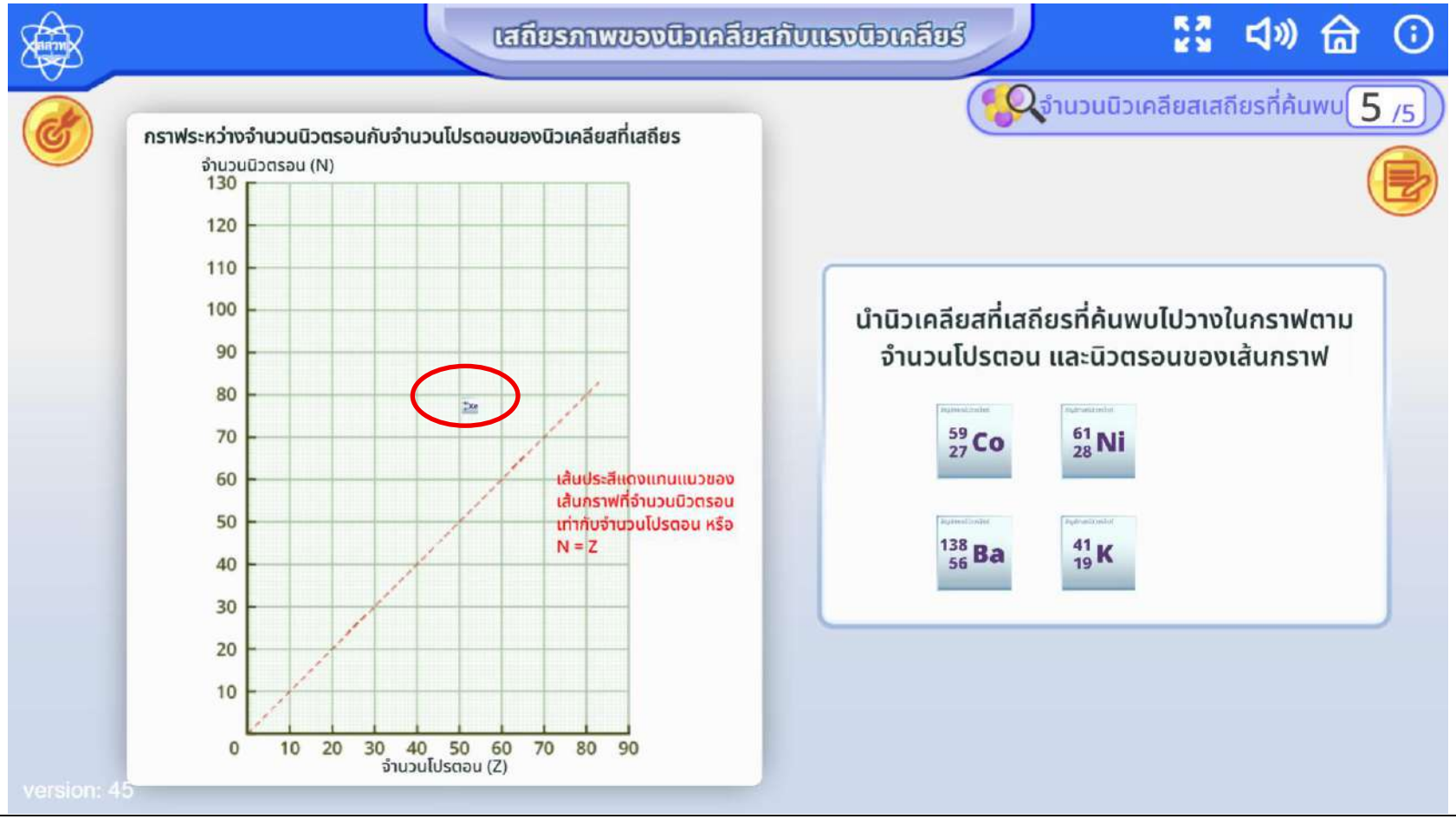
ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ





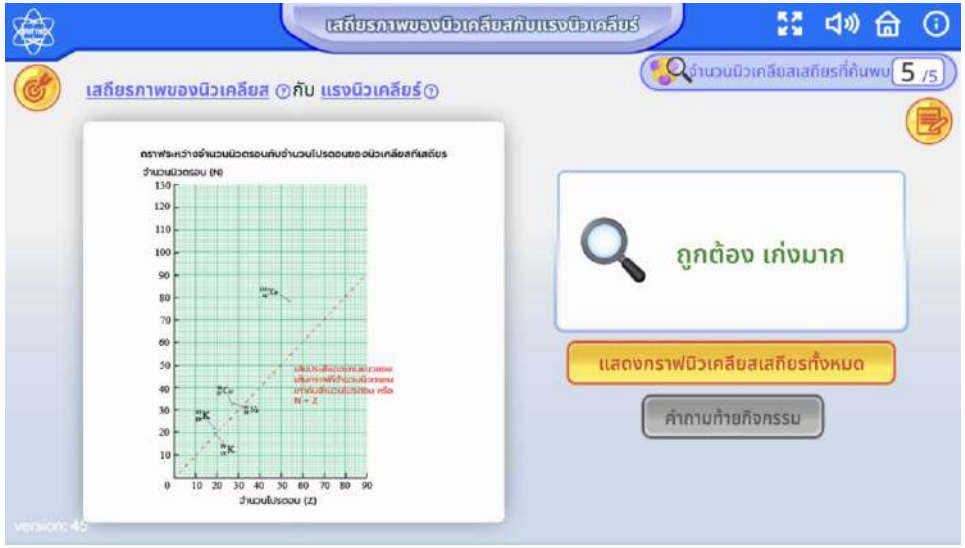
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
14.	การสร้างกราฟและการแสดงกราฟ — ไม่สามารถกลับไปดูได้ว่า นิวเคลียสเสถียรที่หาได้ 5 นิวเคลียส มีอะไรบ้าง — มีการแสดงกราฟทั้งหมดเลย ไม่มีคำอธิบาย หรือคำถามให้คิดก่อนแสดง — ไม่มีคำถาม ให้วิเคราะห์ ว่า การเพิ่มจำนวนนิวตรอนยิ่งมาก ทำให้เสถียรมากหรือไม่	— 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

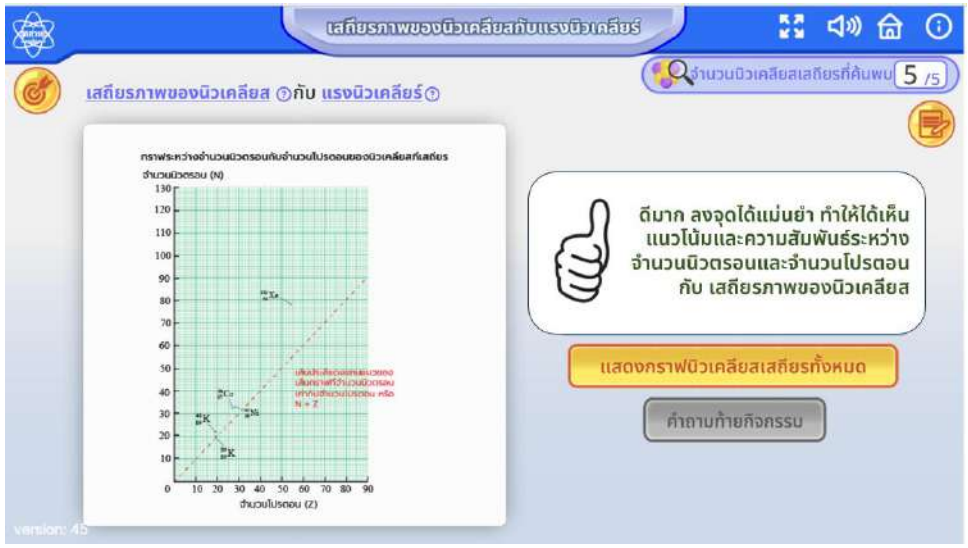


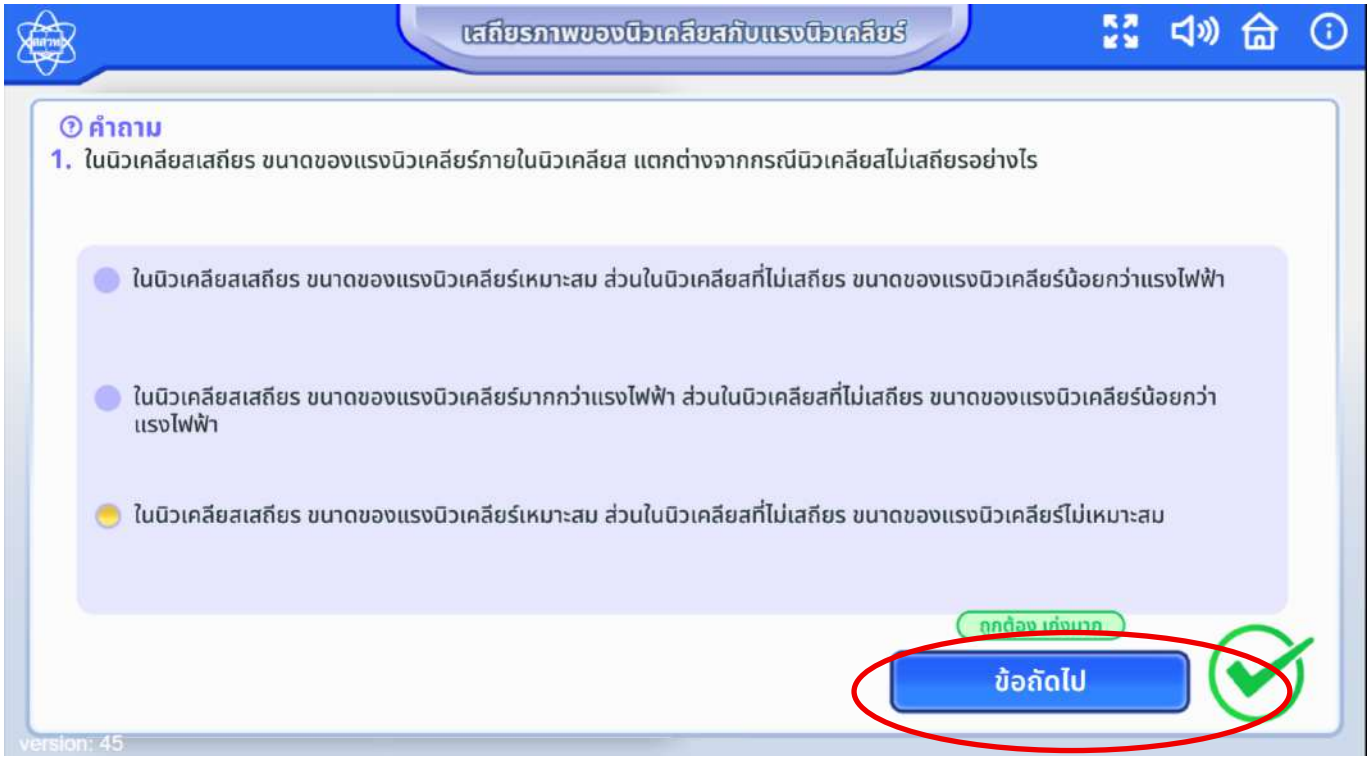
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
15.	การให้ feedback เมื่อทำกิจกรรมได้สำเร็จ	– แก้ไขจากการแสดงกรอบข้อความ “ถูกต้อง เก่งมาก” เป็นกรอบข้อความว่า “ดีมาก ลงจุดได้แม่นยำ ทำให้ได้เห็นแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนิวตรอนและจำนวนโปรตอน กับเสถียรภาพของนิวเคลียส”	เน้นการให้ feedback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

หน้าจอสื่อเดิม

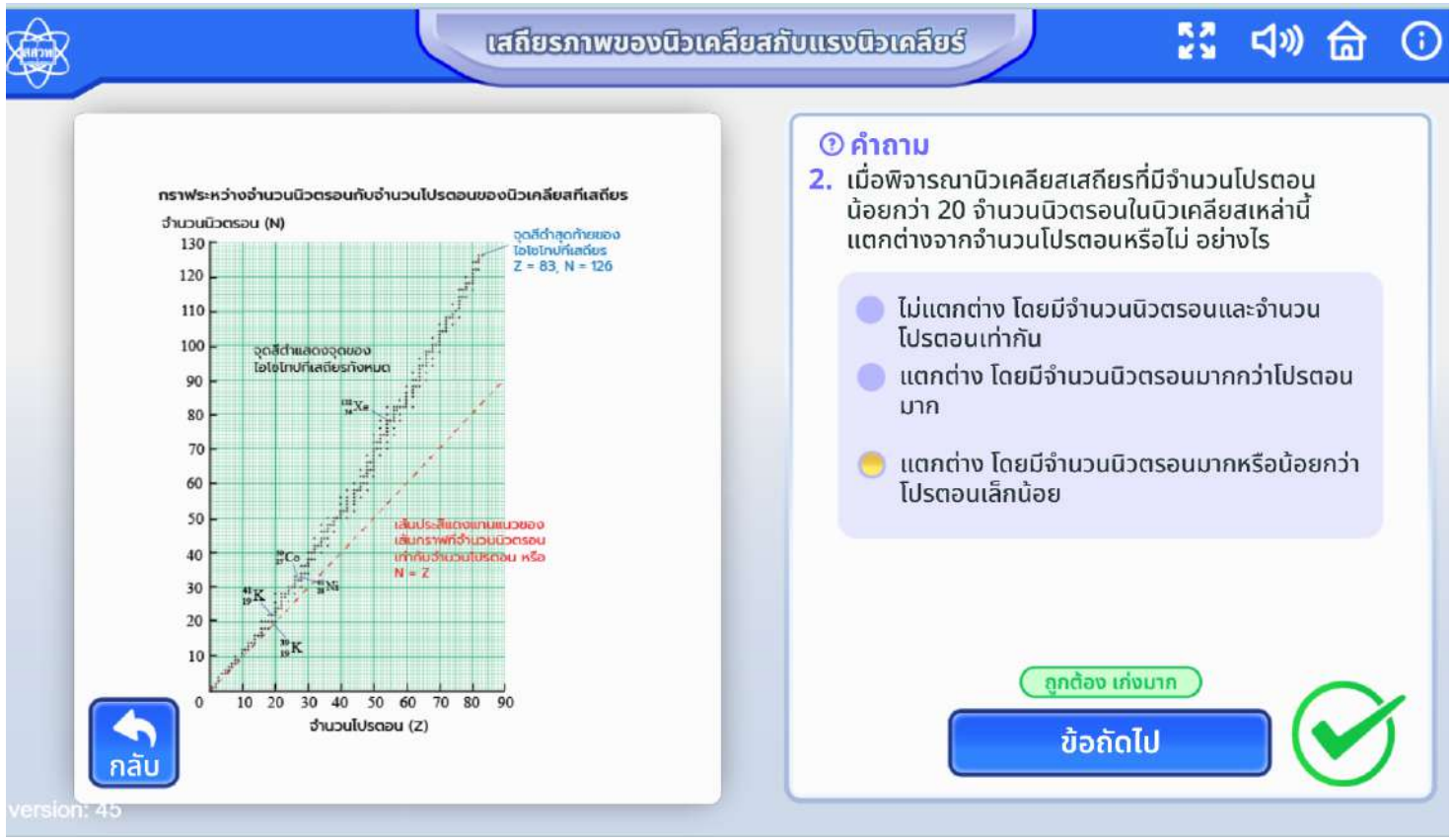


ตัวอย่างหน้าสื่อที่ปรับปรุง

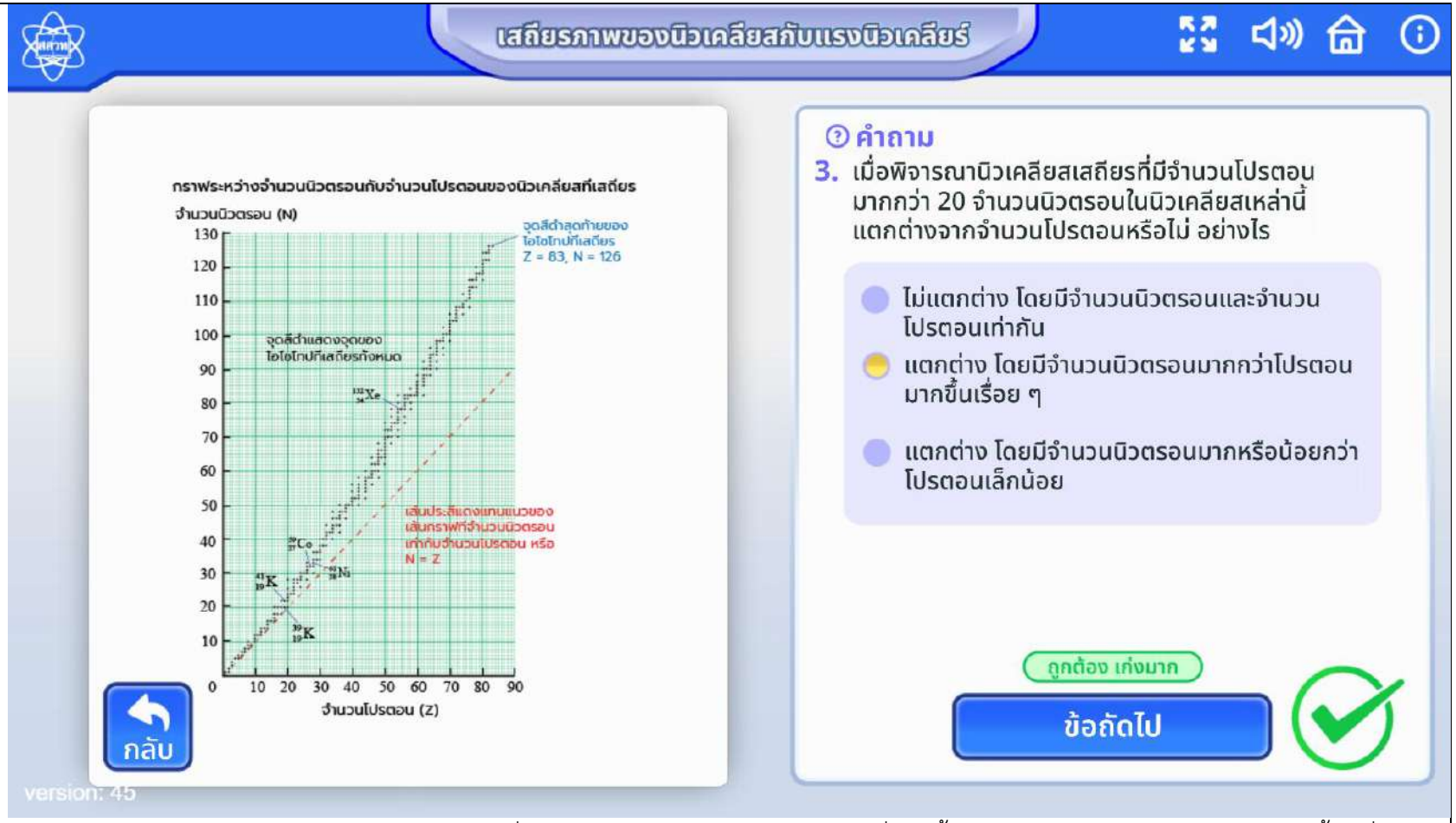


<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>16.</td><td>การให้ feedback การตอบคำถามท้ายกิจกรรม และ รูปกราฟประกอบคำถามท้ายกิจกรรม</td><td>— ถ้าตอบถูก แก้ไขจาก “ถูกต้อง เก่งมาก” เป็นกรอบข้อความที่แสดงทั้งในกรณีตอบถูกและตอบผิด ดังรายละเอียดด้านล่าง
— แก้ไขการแสดงกราฟ ให้กราฟใหญ่ ชัดเจน อาจทำเป็นปุ่มกราฟให้กดดูข้าง ๆ คำถาม</td><td>เปลี่ยนเป็นการให้ feedback ตามหลักการให้ feedback ที่ดี</td></tr>
<tr><td colspan="4">ภาพประกอบการแก้ไข
 

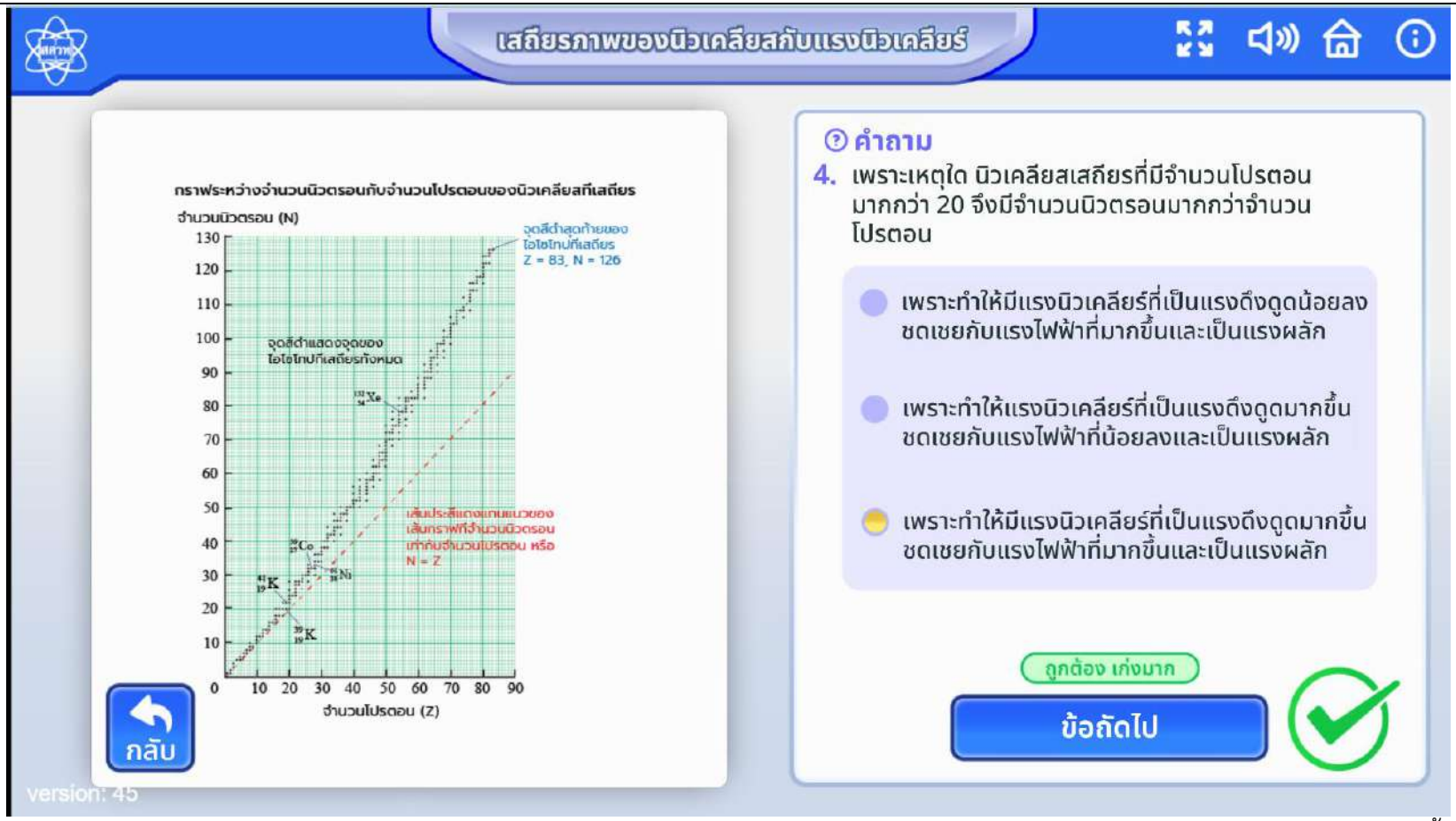
○ ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง ในนิวเคลียสที่เสถียรส่วนใหญ่ แรงนิวเคลียร์เป็นแรงดึงดูดจะมีขนาดมากกว่าแรงไฟฟ้าที่เป็นแรงผลักระหว่างโปรตอนมาก ทำให้นิวคลีออนยึดเหนี่ยวกันได้ แต่ในนิวเคลียสที่ไม่เสถียร แรงนิวเคลียร์จะไม่สามารถเอาชนะแรงไฟฟ้าได้”
○ ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ นิวเคลียสเสถียรคือนิวคลีออนรวมกันอยู่ได้ ถ้าแรงไฟฟ้าที่เป็นแรงผลักมากกว่าแรงนิวเคลียร์ซึ่งเป็นแรงดึงดูด จะเกิดอะไรขึ้น ลองกลับไปดูคำนิยามของคำว่า นิวเคลียสที่เสถียร และลองเปรียบเทียบขนาดของแรงทั้งสองอีกครั้ง"</td></tr>
</table>



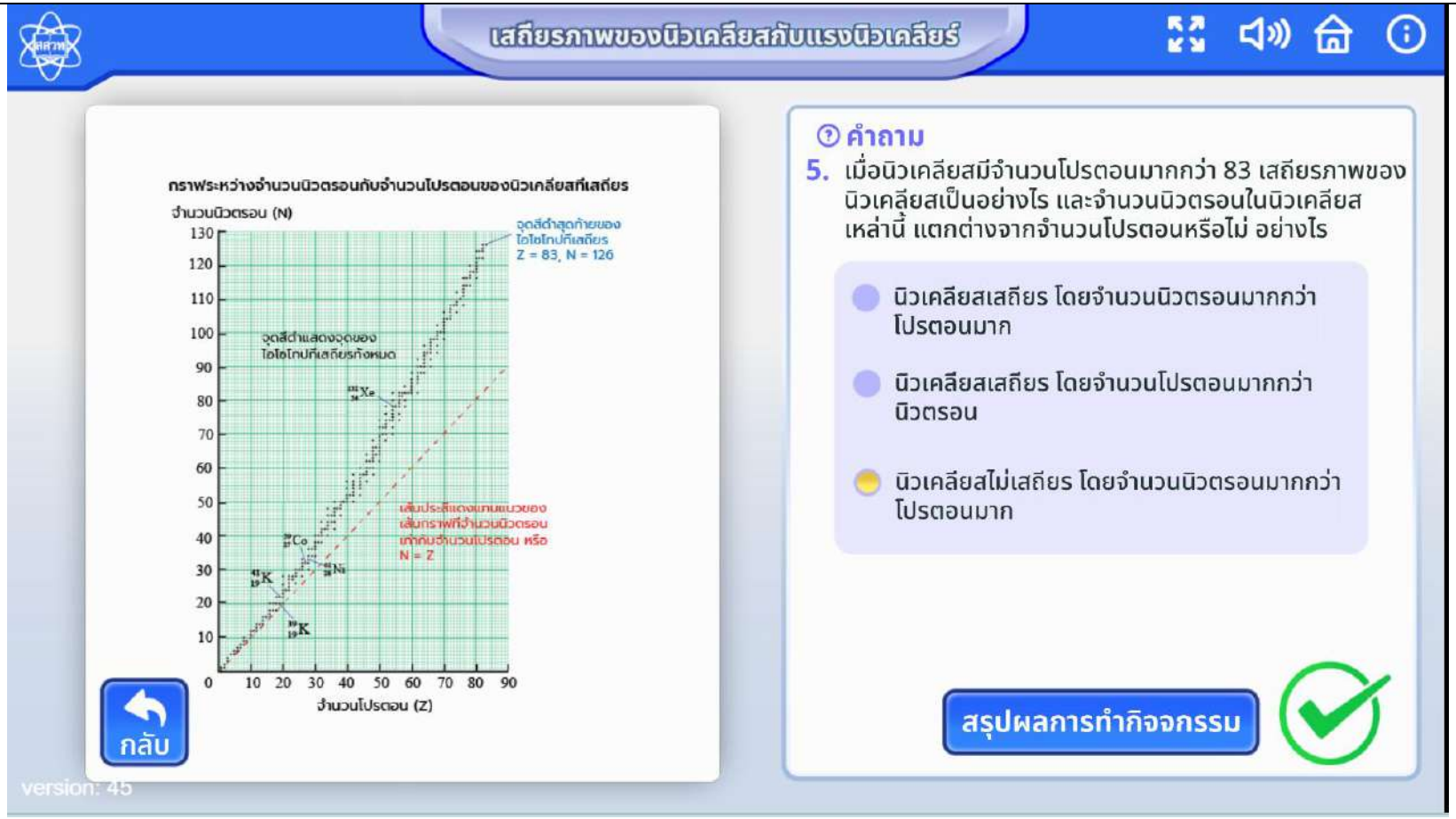
- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สังเกตได้ดีมาก สำหรับธาตุเบา นิวเคลียสที่เสถียรจะมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนใกล้เคียงกัน”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ดูกราฟระหว่างจำนวนนิวตรอนกับจำนวนโปรตอนของนิวเคลียสที่เสถียรอีกที ช่วงที่ $Z < 20$ นิวเคลียสที่เสถียรมีจำนวนนิวตรอนใกล้เคียงกันกับจำนวนโปรตอน”



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



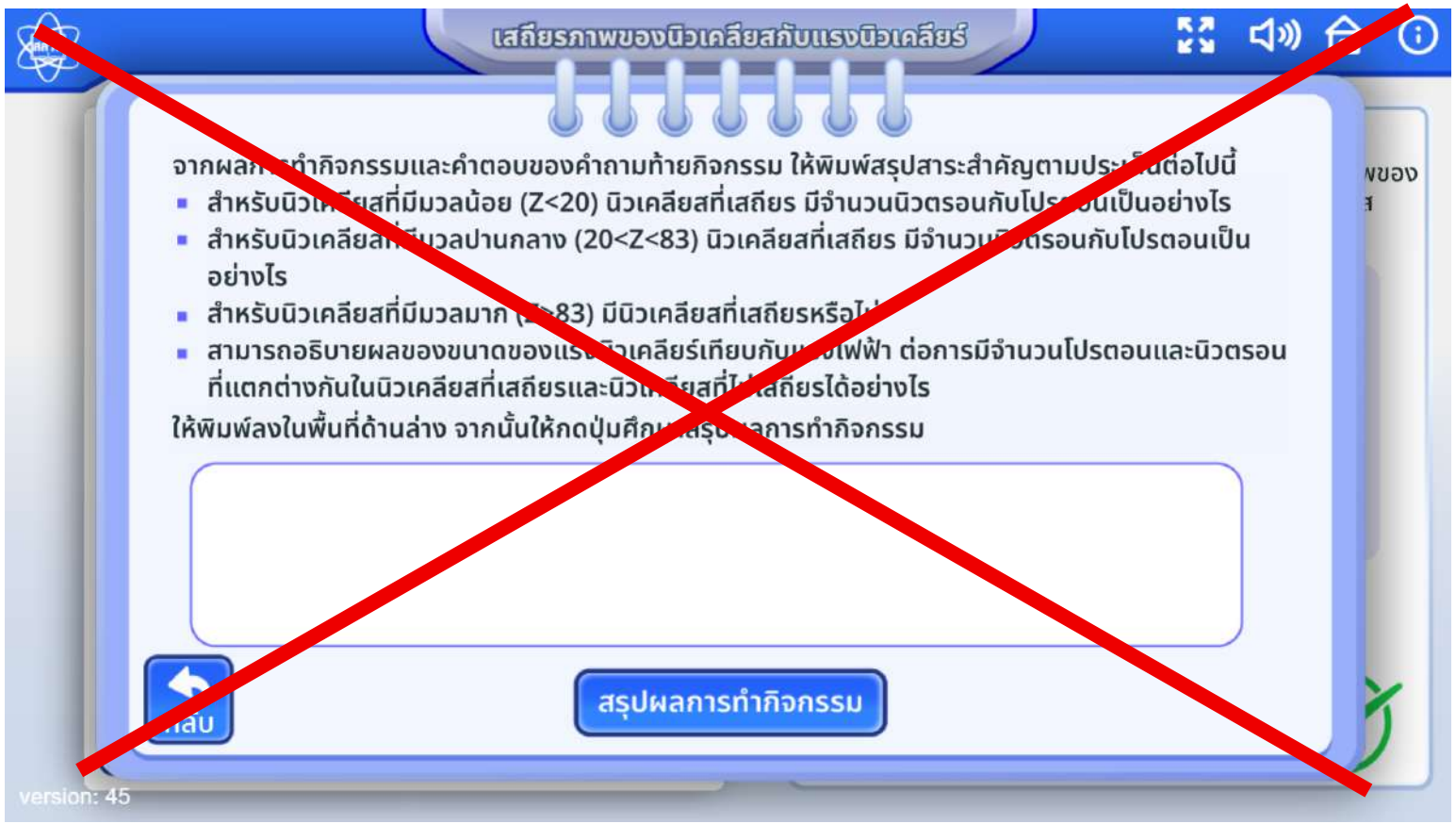
- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง เข้าใจเหตุผลเชิงฟิสิกส์ได้ดี โดยเฉพาะการมีสมดุลของแรงระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลัก การเข้าใจกลไกนี้ทำให้เข้าใจว่าทำไมธาตุหนัก ๆ ถึงยังมีเสถียรภาพอยู่ได้”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ พิจารณา 'แรง' ที่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อจำนวนโปรตอนเพิ่ม แรงอะไรเพิ่มตาม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



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

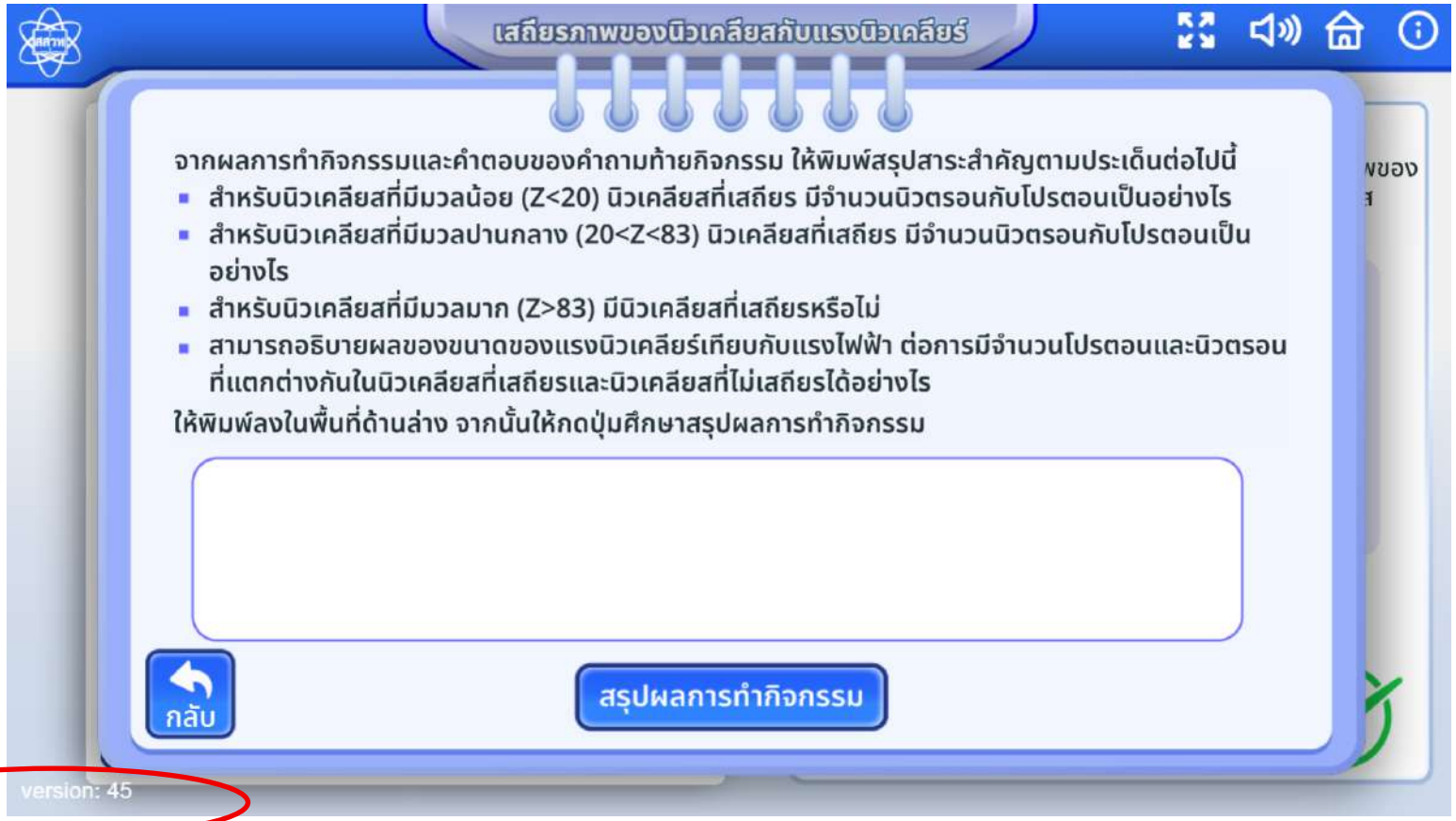
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	**เหตุผลการปรับปรุง**
17.	ข้อความให้สรุปผลการทำกิจกรรม	— ตัดออกทั้งหน้า	การพิมพ์สรุป ตรวจสอบได้ยาก และมีโอกาสสูงที่นักเรียนจะไม่พิมพ์แล้วไปดูสรุปเลย

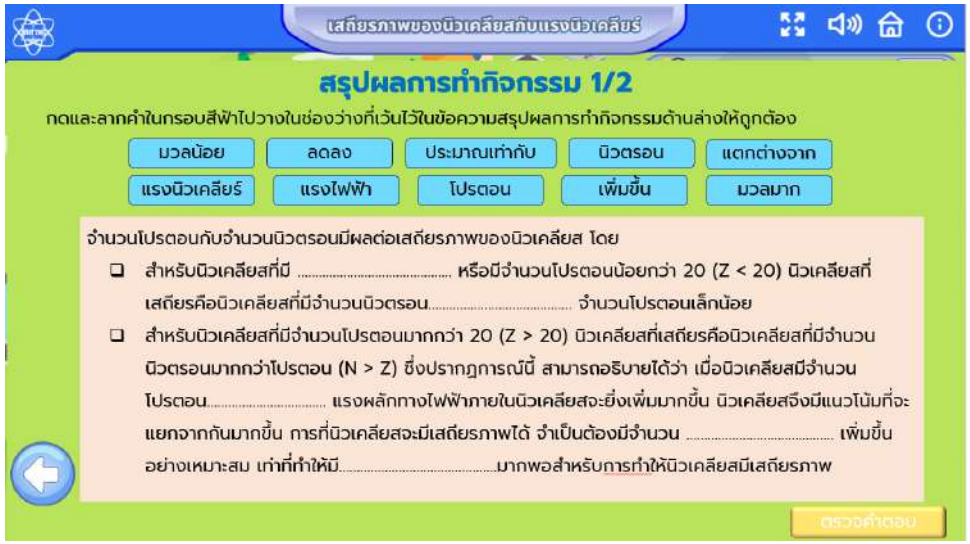
ภาพประกอบการแก้ไข



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

ภาพประกอบการแก้ไข

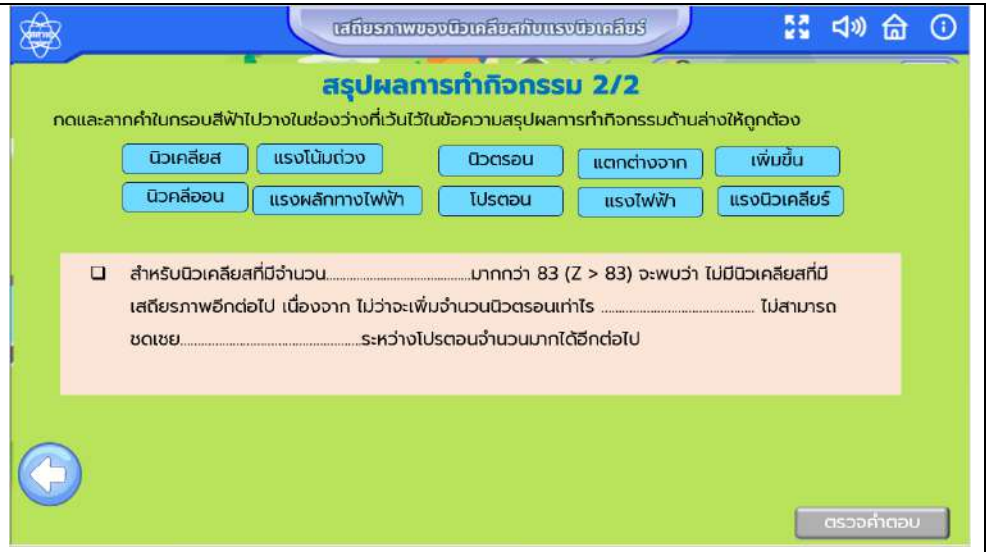


<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>19.</td><td>- การสรุปผลการทำกิจกรรมเป็นแบบให้ตรวจสอบกับที่สรุปไว้
- ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ</td><td>- ปรับการสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง
- มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟค ปรบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้</td><td>— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย
— ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
— ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว
— มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>



ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”




เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์
สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
นิวเคลียส
แรงโน้มถ่วง
นิวตรอน
แตกต่างจาก
เพิ่มขึ้น
นิวคลีออน
แรงผลักทางไฟฟ้า
โปรตอน
แรงไฟฟ้า
แรงนิวเคลียร์
สำหรับนิวเคลียสที่มีจำนวน.....มากกว่า 83 (Z > 83) จะพบว่า ไม่มีนิวเคลียสที่มีเสถียรภาพอีกต่อไป เนื่องจาก ไม่ว่าจะเพิ่มจำนวนนิวตรอนเท่าไร ..... ไม่สามารถชดเชย.....ระหว่างโปรตอนจำนวนมากได้อีกต่อไป
ตรวจคำตอบ


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์
สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
นิวเคลียส
แรงโน้มถ่วง
นิวตรอน
แตกต่างจาก
เพิ่มขึ้น
นิวคลีออน
แรงไฟฟ้า
สำหรับนิวเคลียสที่มีจำนวน...โปรตอน...มากกว่า 83 (Z > 83) จะพบว่า ไม่มีนิวเคลียสที่มีเสถียรภาพอีกต่อไป เนื่องจาก ไม่ว่าจะเพิ่มจำนวนนิวตรอนเท่าไร .....แรงนิวเคลียร์...ไม่สามารถชดเชย.แรงผลักทางไฟฟ้า...ระหว่างโปรตอนจำนวนมากได้อีกต่อไป
ตรวจคำตอบ



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

ต้นร่าง 4 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว

ลิงก์สื่อ https://scimath.org/resources/18290/index.html

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจผลของพลังงานยึดเหนี่ยวที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส และสามารถคำนวณส่วนพร่องมวลและพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส ผ่านการทำกิจกรรมที่สร้างสิ่งนามธรรมให้เป็นรูปธรรมและกระตุ้นความน่าสนใจในการเรียนรู้

ในการเรียนรู้ด้วยสื่อฯ เรื่องนี้ผู้ใช้งานจะได้ทำกิจกรรมโดยเปรียบเทียบมวลอะตอมของไอโซโทปต่าง ๆ กับ มวลรวมของนิวคลีออนและอิเล็กตรอนในอะตอมของไอโซโทปนั้น ๆ เพื่อพิจารณาส่วนต่าง และนำไปสู่การคำนวณส่วนพร่องมวลและพลังงานยึดเหนี่ยว จากนั้น จะได้วิเคราะห์กราฟเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานยึดเหนี่ยวกับเสถียรภาพของนิวเคลียส

ทั้งนี้ ในช่วงท้ายของกิจกรรมของทั้งสองกิจกรรมจะมีคำถามให้ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบความเข้าใจ และมีการให้ผู้ใช้งานลากคำมาเติมในช่องว่างของข้อความสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งเมื่อปฏิบัติได้ถูกต้องแล้ว จะมีลิงก์แบบทดสอบประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสื่อ ให้ประเมินตนเอง

สื่อดิจิทัลมีเสียงบรรยายประกอบขั้นตอนการทำกิจกรรม ความหมายของคำ และ คำอธิบายต่าง ๆ ตลอดการใช้งานสื่อ

ขอบเขตของสื่อ	

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงผลการชั่งของตาชั่งสองแขนที่ข้างหนึ่งชั่งอะตอมในขณะที่อีกข้างหนึ่งชั่งอนุภาคในอะตอม โดยมีโปรแกรมช่วยสร้างกราฟ ช่วยในการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีการให้เนื้อหาในส่วนความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับนิวเคลียส รวมทั้ง คำถามแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ กรอบข้อความให้ลากคำมาเติมเพื่อสรุปผลการทำกิจกรรม เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่า ผู้ใช้จะสามารถตอบคำถาม ดังนี้ได้

- ส่วนพร่องมวลและพลังงานยึดเหนี่ยวคืออะไร คำนวณได้อย่างไร และปริมาณสองปริมาณนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- พลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสมีความสัมพันธ์กับเสถียรภาพของนิวเคลียสอย่างไร

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>— หน้าปกเป็นของสื่อเสถียรภาพฯ กับพลังงานยืดเหนี่ยวเรื่องเดียว
— เสียงบรรยายดังขึ้นมาเลย ไม่สามารถเลือกปิดเปิดเสียงได้</td><td>— ปรับชื่อเรื่องเป็น “เสถียรภาพของนิวเคลียส” ที่จะรวมสื่อทั้งเรื่อง เสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์ และ เสถียรภาพฯ กับพลังงานยืดเหนี่ยว
— เปลี่ยนภาพปกเป็นภาพอื่น ที่กระตุ้นความสนใจมากขึ้น และสื่อถึงเสถียรภาพของนิวเคลียส
— ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect</td><td>— นำสื่อ 2 เรื่อง คือ 1 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับแรงนิวเคลียร์ กับ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยืดเหนี่ยว มารวมกัน แบ่งเป็น 2 กิจกรรม เพราะเป็นสื่อที่เกี่ยวกับ เสถียรภาพของนิวเคลียส เหมือนกัน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>2.</td><td>วัตถุประสงค์ของสื่อ ที่เป็นของเรื่องเดียว</td><td>แก้ไขให้รวมวัตถุประสงค์ของสื่อทั้ง 2 กิจกรรม คือ
1. เพื่อศึกษาผลของแรงนิวเคลียร์และผลของจำนวนโปรตอนกับจำนวนนิวตรอนที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส
2. เพื่อศึกษาและคำนวณพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส รวมทั้งความสัมพันธ์ที่มีต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส</td><td>รวมสื่อฯ ที่อยู่ในหัวข้อใหญ่เดียวกันแล้ว ต้องเปลี่ยนวัตถุประสงค์ให้รวมกัน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

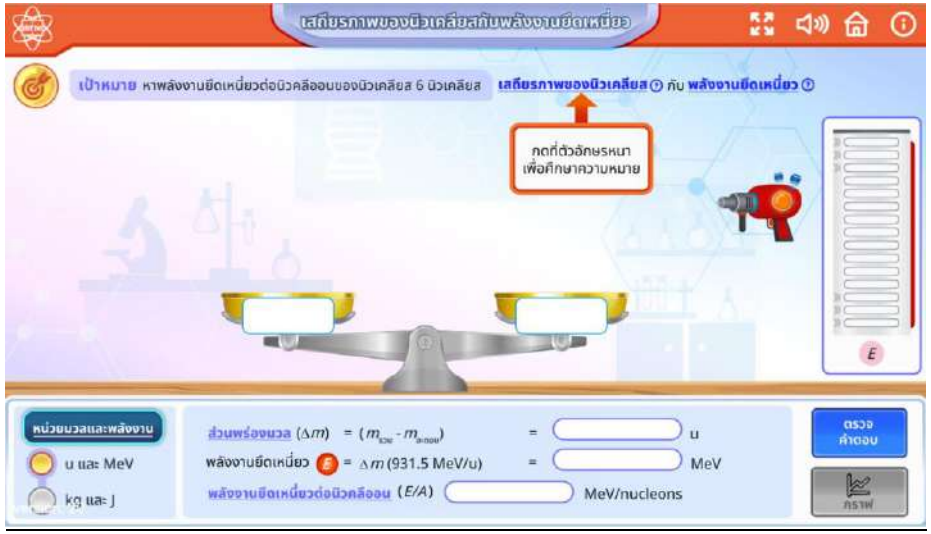
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
3.	คำแนะนำการใช้งาน ที่เป็นของสื่อเดียว และไม่มีแนะนำเกี่ยวกับการไม่บันทึกผล	แก้ไขให้คำแนะนำการใช้งานในหน้าแรก เป็นข้อความที่สื่อถึงการใช้งานของสื่อทั้งสองเรื่อง โดยเป็นข้อความว่า “ให้ปฏิบัติตามกรอบข้อความและลูกศรแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ปรากฏขึ้นตามลำดับ 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 หน้าที่ให้เลือกทำกิจกรรม 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

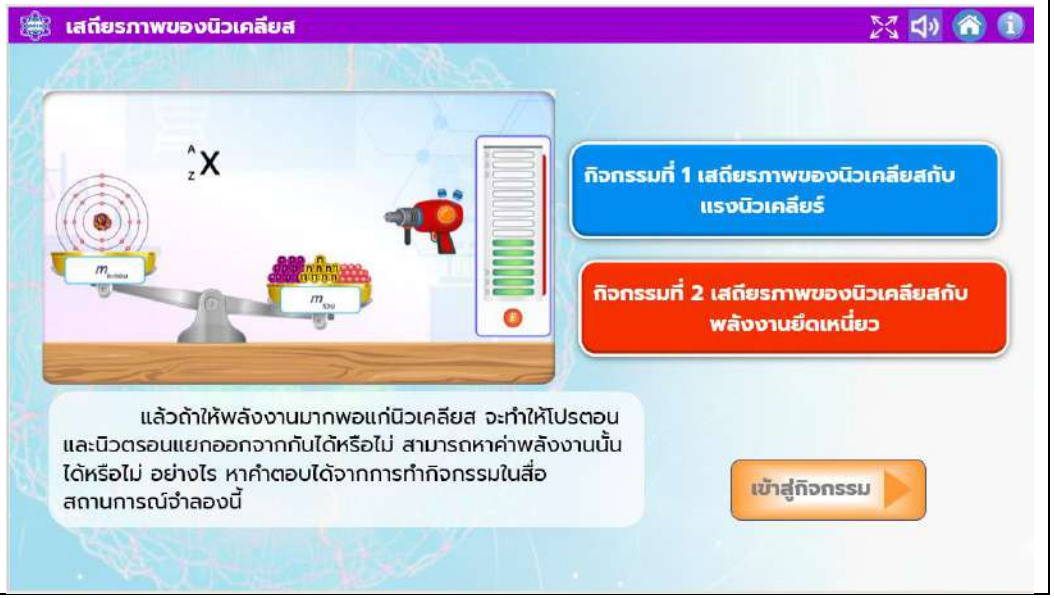
ภาพประกอบการแก้ไข

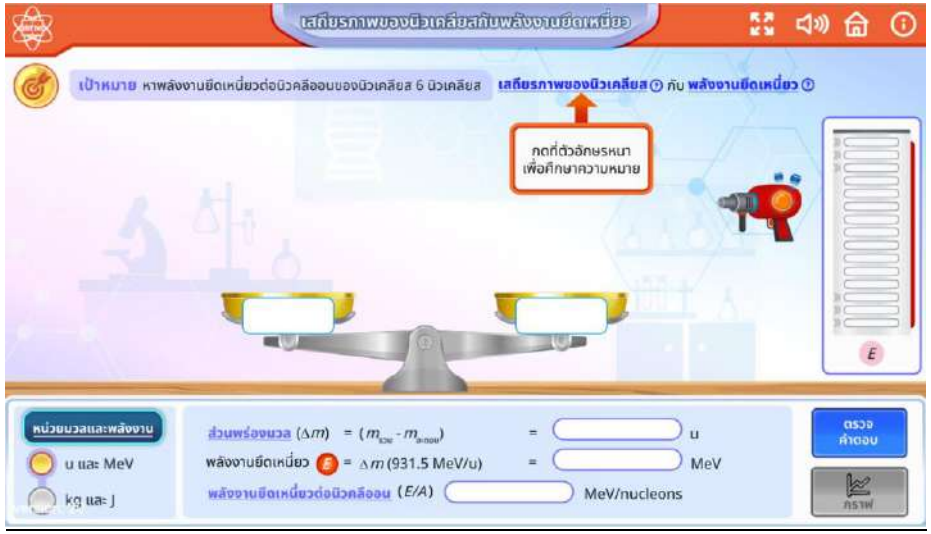
หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



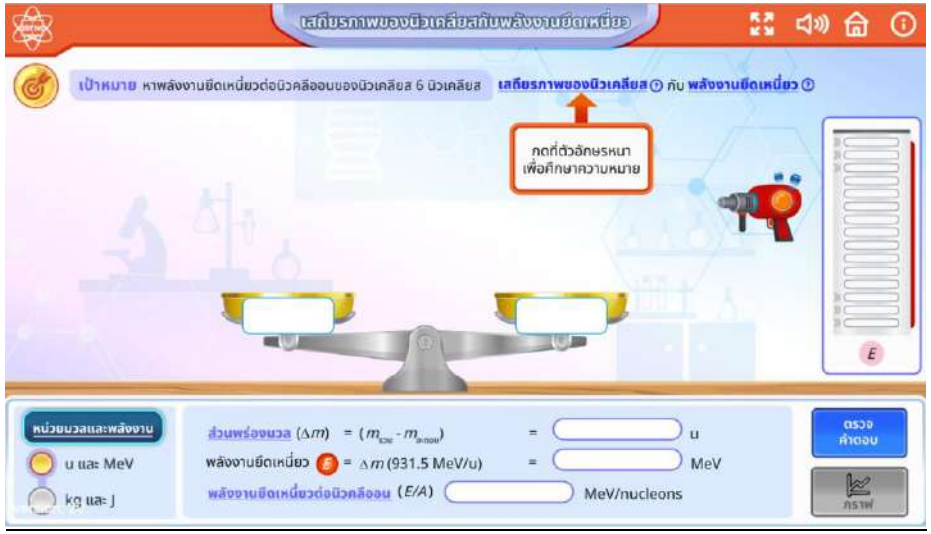


<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>5.</td><td>— เมื่อกดเข้ามากิจกรรมที่ 2 เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว ที่หน้าแรก ไม่มีคำถามสำคัญ
— มีกรอบเป้าหมาย แต่กรอบค้างไว้ กดปิดไม่ได้</td><td>— เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญและเป้าหมาย ที่กดแล้ว แสดงกรอบคำถามและเป้าหมายสำคัญ แล้วกดปุ่มกากบาทเพื่อปิดได้
— มีกรอบข้อความแนะนำให้ “กดดูคำถามสำคัญ” และ “กดดูเป้าหมายกิจกรรม”
— <u>คำถามสำคัญ</u>
○ พลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสมีความสัมพันธ์กับเสถียรภาพของนิวเคลียสอย่างไร
<u>เป้าหมาย</u>
○ ปรับพลังงานให้กับนิวเคลียสที่พอดีทำให้อนุภาคในนิวเคลียสแยกออกจากกัน และหาส่วนพร่องมวลกับพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียส 6 นิวเคลียส</td><td>— ผู้เรียน จะมีคำถามเป็นสิ่งชี้แนวทางการในการทำกิจกรรมเพื่อหาคำตอบ สามารถเปิดดู และปิดได้
— ผู้เรียน ทราบเป้าหมายและขอบเขตการเรียนรู้จากสื่อ สามารถเปิดดูและปิดได้</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

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

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



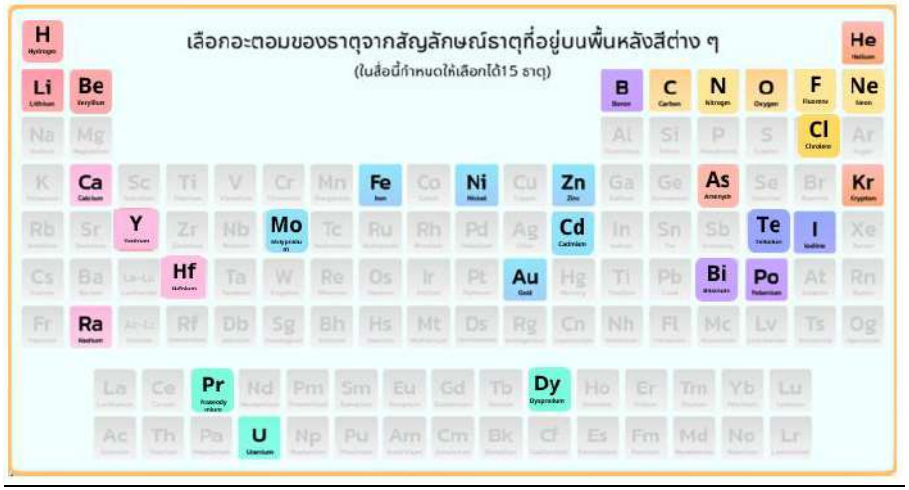
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
7.	ตารางธาตุแสดงธาตุที่สามารถนำไปหาพลังงานยึดเหนี่ยวได้	— เพิ่มจำนวนธาตุ อีก 15 ธาตุ ได้แก่ ธาตุ H, Be, N, F, Ne, Cl, As, Y, Mo, Cd, Te, Pr, Dy, Hf, Bi,	จำนวนธาตุที่ให้หาพลังงานยึดเหนี่ยวได้ ยังน้อยเกินไป กราฟที่แสดง จะยังไม่เห็นลักษณะเด่น ๆ ที่ต้องการให้เรียนรู้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

<u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u>

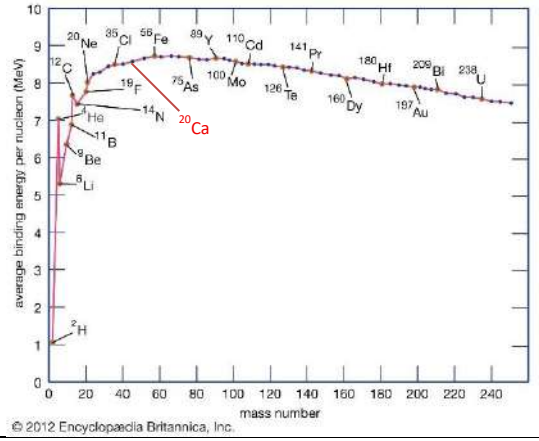
หน้าจอแสดงสื่อเดิม

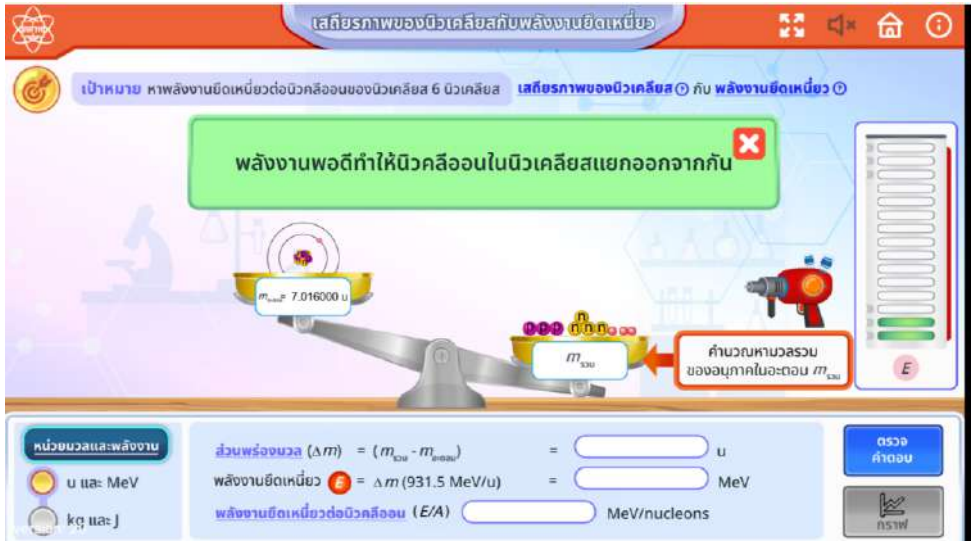


ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



ตัวอย่างกราฟที่จะได้จากการแสดง กราฟระหว่างพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนกับเลขมวล



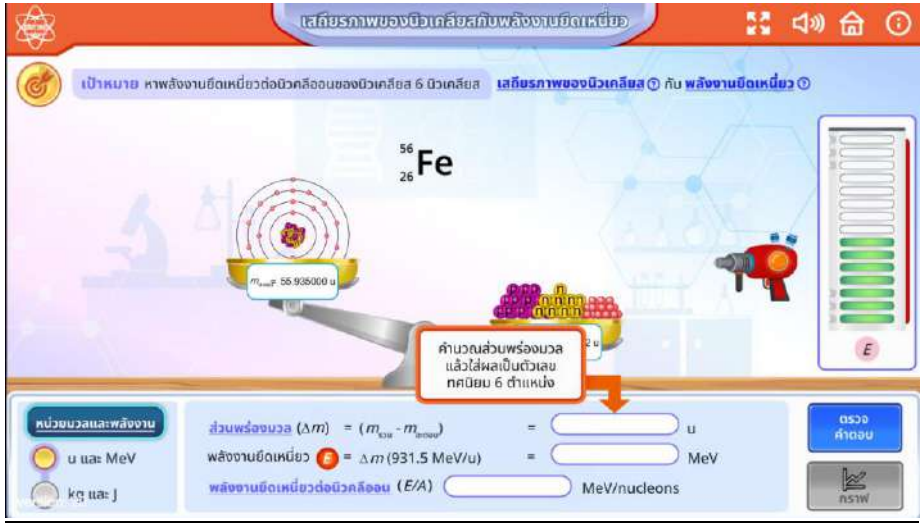
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>8.</td><td>เมื่อยิงเลเซอร์ให้ได้พลังงานที่พอดีทำให้นิวคลีออนแยกออกจากกัน แล้ว จะมีกรอบให้ “คำนวณหามวลรวมของอนุภาคในอะตอม $m_{รวม}$” ลูกศรชี้ไปที่กรอบ $m_{รวม}$ แต่เมื่อกดไปแล้ว ยังไปไหนไม่ได้</td><td>– จากเดิม ต้องกดปิดกรอบก่อน แล้วจึงกดกรอบ $m_{รวม}$ ไปต่อได้
แก้ไขเป็น เมื่อกดกรอบ $m_{รวม}$ แล้ว กรอบสีเขียวหรือสีอื่น ๆ จะหายไปอัตโนมัติ และกรอบแสดงการคำนวณจะปรากฏขึ้นมาอัตโนมัติ</td><td>ผู้ใช้ ไม่ทราบว่า ต้องทำอะไรต่อ เมื่อมีกรอบสีเขียวและสีอื่น ๆ แสดง</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

(ไม่มี)</td></tr>
</table>

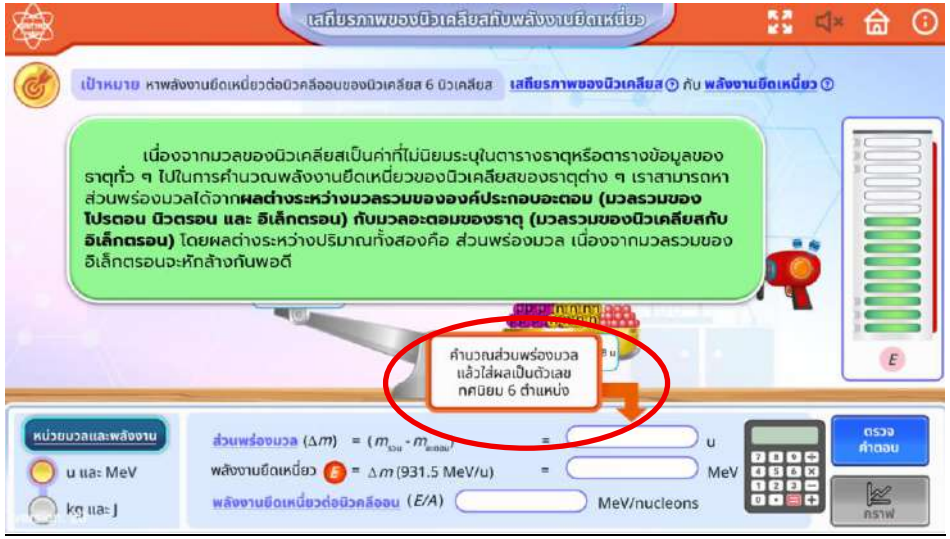
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
9	กรอบข้อความระบุขั้นตอนว่า “คำนวณส่วนพร่องมวลแล้วใส่ผลเป็นตัวเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง”	- เพิ่มกรอบอธิบายเพิ่มเติมด้วยว่า “เนื่องจากมวลของนิวเคลียสเป็นค่าที่ไม่นิยมระบุในตารางธาตุหรือตารางข้อมูลของธาตุทั่ว ๆ ไปในการคำนวณพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ เราสามารถหาส่วนพร่องมวลได้จาก**ผลต่างระหว่างมวลรวมขององค์ประกอบอะตอม (มวลรวมของโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน) กับมวลอะตอมของธาตุ (มวลรวมของนิวเคลียสกับอิเล็กตรอน)** โดยผลต่างระหว่างปริมาณทั้งสองคือ ส่วนพร่องมวล เนื่องจากมวลรวมของอิเล็กตรอนจะหักล้างกันพอดี” - ย้ายกรอบ “คำนวณส่วนพร่องมวลแล้วใส่ผลเป็นตัวเลขทศนิยม 6 ตำแหน่ง” ไปไม่ให้บังตัวเลขหน้าถาดของเครื่องชั่ง	ผู้ใช้บางคนอาจสับสนว่า ทำไมไม่ใช้มวลของนิวเคลียสเท่านั้น

<u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u>

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



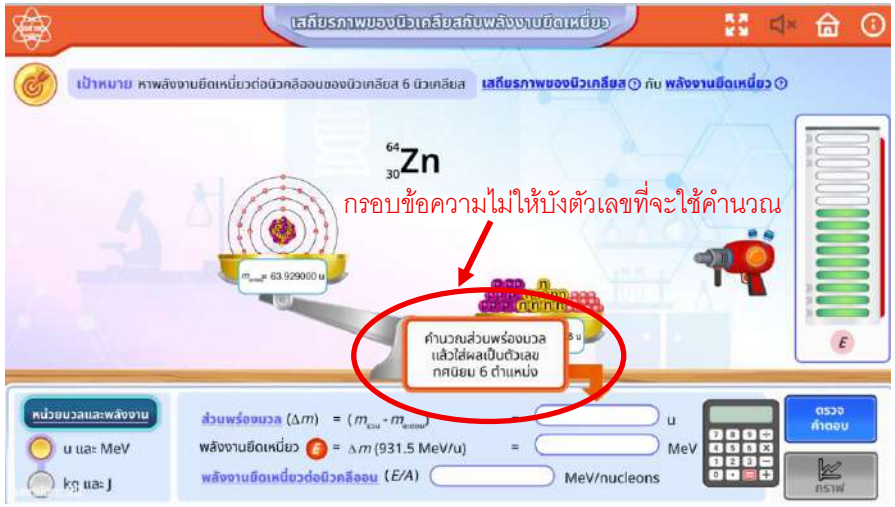
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	**เหตุผลการแก้ไข**
10.	ไม่มีเครื่องคิดเลข ให้ช่วยคำนวณ	เพิ่มปุ่มเครื่องคิดเลข ที่สามารถกดแล้ว คำนวณค่าต่าง ๆ ได้	เพิ่มความสะดวกในการใช้สื่อ

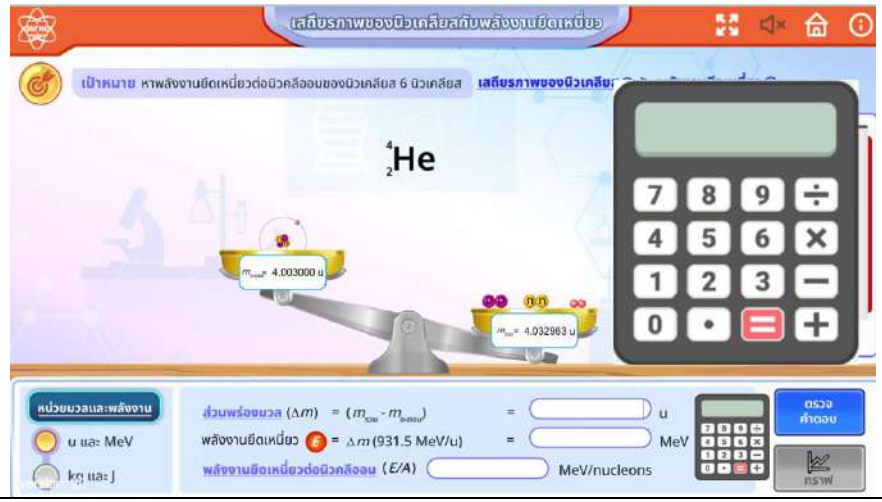
<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>

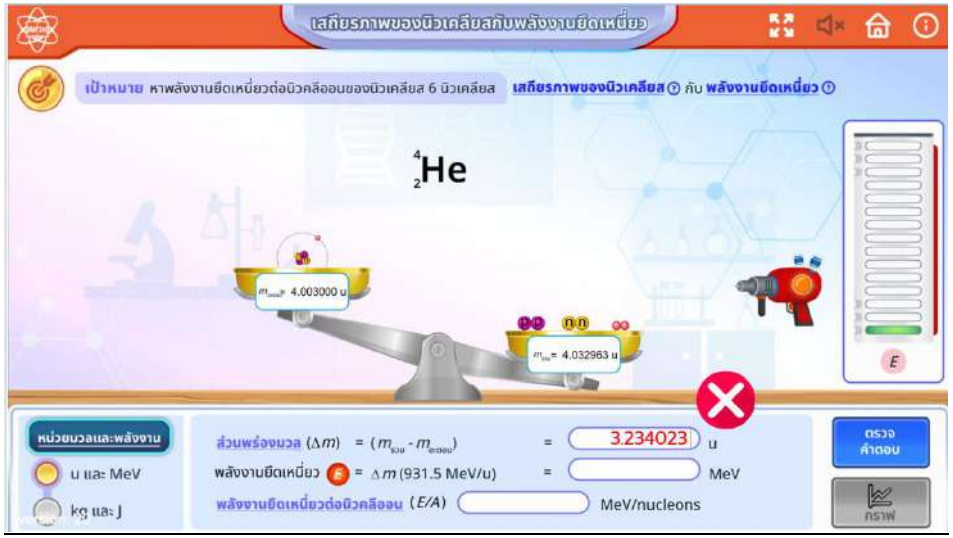
หน้าจอแสดงสื่อเดิม

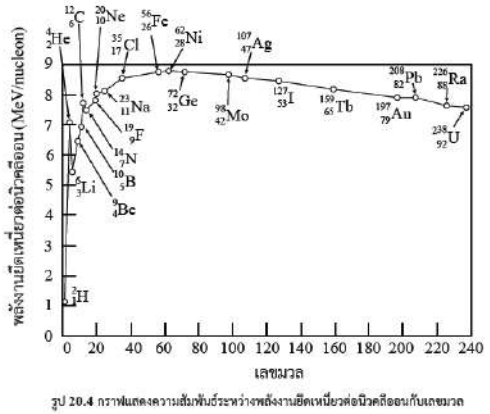


ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ





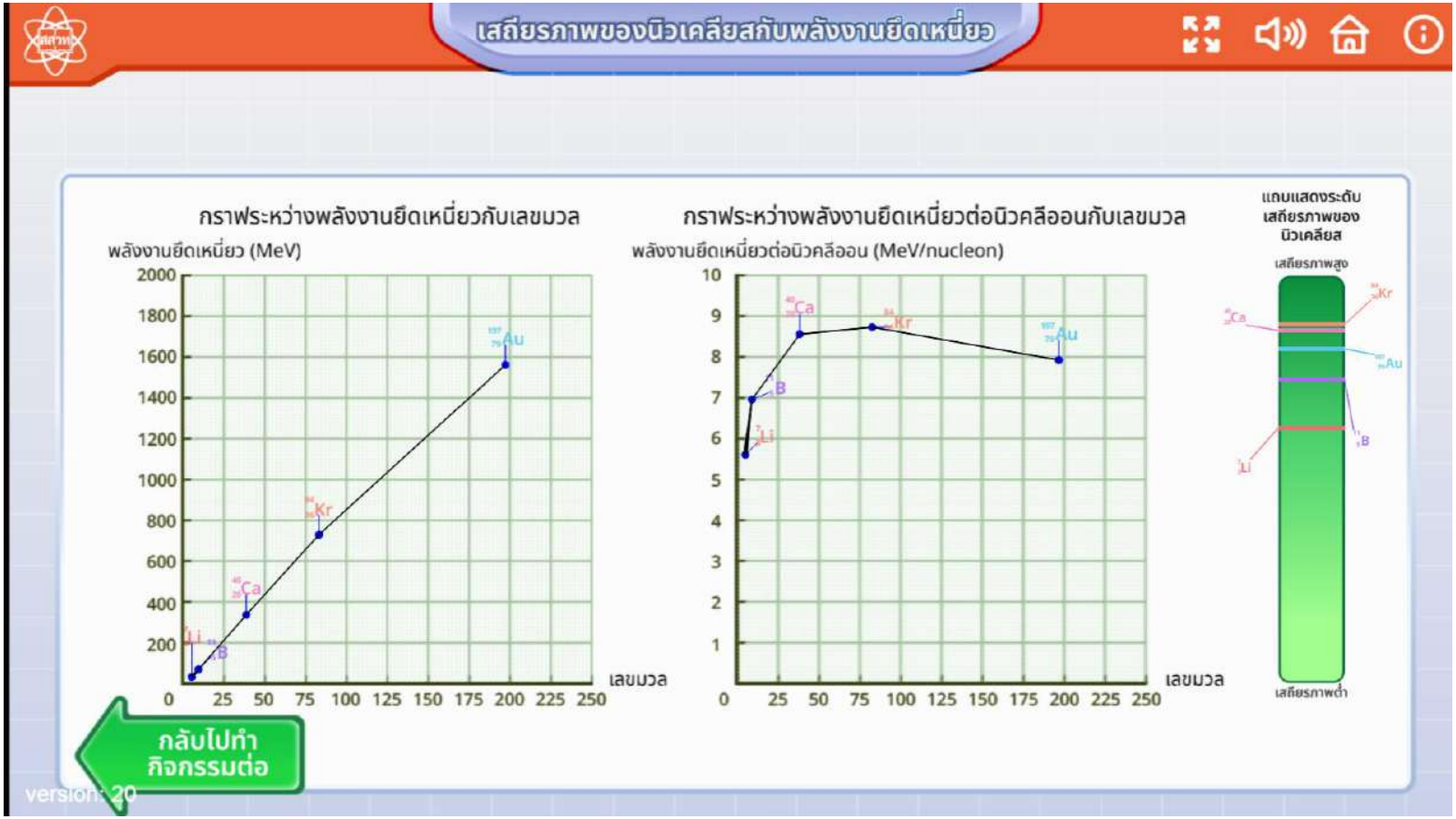
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>11.</td><td>การบันทึกตัวเลขแล้วตรวจคำตอบ เมื่อบันทึกตัวเลขผิด จะมีแค่เครื่องหมายผิด ไม่มีคำแนะนำว่า ให้แก้ไขอย่างไร</td><td>เมื่อบันทึกตัวเลขผิด ให้มีกรอบแนะด้วยว่า ควรแก้ไขอย่างไร “ลองดูใหม่ ตัวเลขที่ใช้คำนวณถูกต้องหรือไม่ หรือ ผลที่ได้มีการปัดทศนิยมแล้วหรือยัง โดยถ้าน้อยกว่า 5 ให้ปัดลง เท่ากับหรือมากกว่า 5 ให้ปัดขึ้น”</td><td>เมื่อผู้ใช้ทำผิด จะได้เรียนรู้ว่า จุดไหนที่ต้องแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	**เหตุผลการปรับปรุง**
12.	– การแสดงกราฟหลังจากคำนวณหาพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนได้ถูกต้องแล้ว – สื่อแสดงกราฟที่มาการลงจุดให้แล้วอัตโนมัติ	– แก้ไขให้เป็นการให้ผู้ใช้ลงจุดบนกราฟเอง เหมือนเรื่องเสถียรภาพฯ กับแรงนิวเคลียร์ – ทำสเกลกราฟให้ใหญ่กว่านี้ อาจทำเป็นกราฟละหน้า แล้วสามารถเลื่อนซ้ายขวา หรือ เลื่อนขึ้นลง เพื่อดูอีกกราฟ – ทำให้สามารถ Zoom ดูกราฟได้ ขยายได้ เพื่อการลงจุดที่ถูกต้อง โดยมีการแนะนำผู้ใช้ด้วยว่า สามารถ ZOOM ดูกราฟได้ – เมื่อลงจุดได้ครบทั้ง 6 จุด ถูกต้องแล้ว ให้แสดงการลงจุดธาตุที่เหลือตามที่ปรากฏในตารางธาตุ และแสดงเส้นกราฟ – ทำกราฟให้เหมือนหนังสือเรียน โดยแก้ไข Li-6 บนกราฟด้วย และแก้ไขจุดแสดง Ni ให้แยกจากจุดอื่น ชัดเจน – ตอนตอบคำถาม ทำให้สามารถเปิดกราฟเพื่อดูหน้าเดียวกันกับคำถาม	– การสร้างกราฟเอง จะได้ฝึกทักษะการเขียนกราฟ และได้วิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมระหว่างการลงจุดบนกราฟ – กราฟที่แสดงเห็นไม่ชัด – ตัวอย่างกราฟจากหนังสือเรียนดังรูปด้านล่าง  รูป 20.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนกับเลขมวล



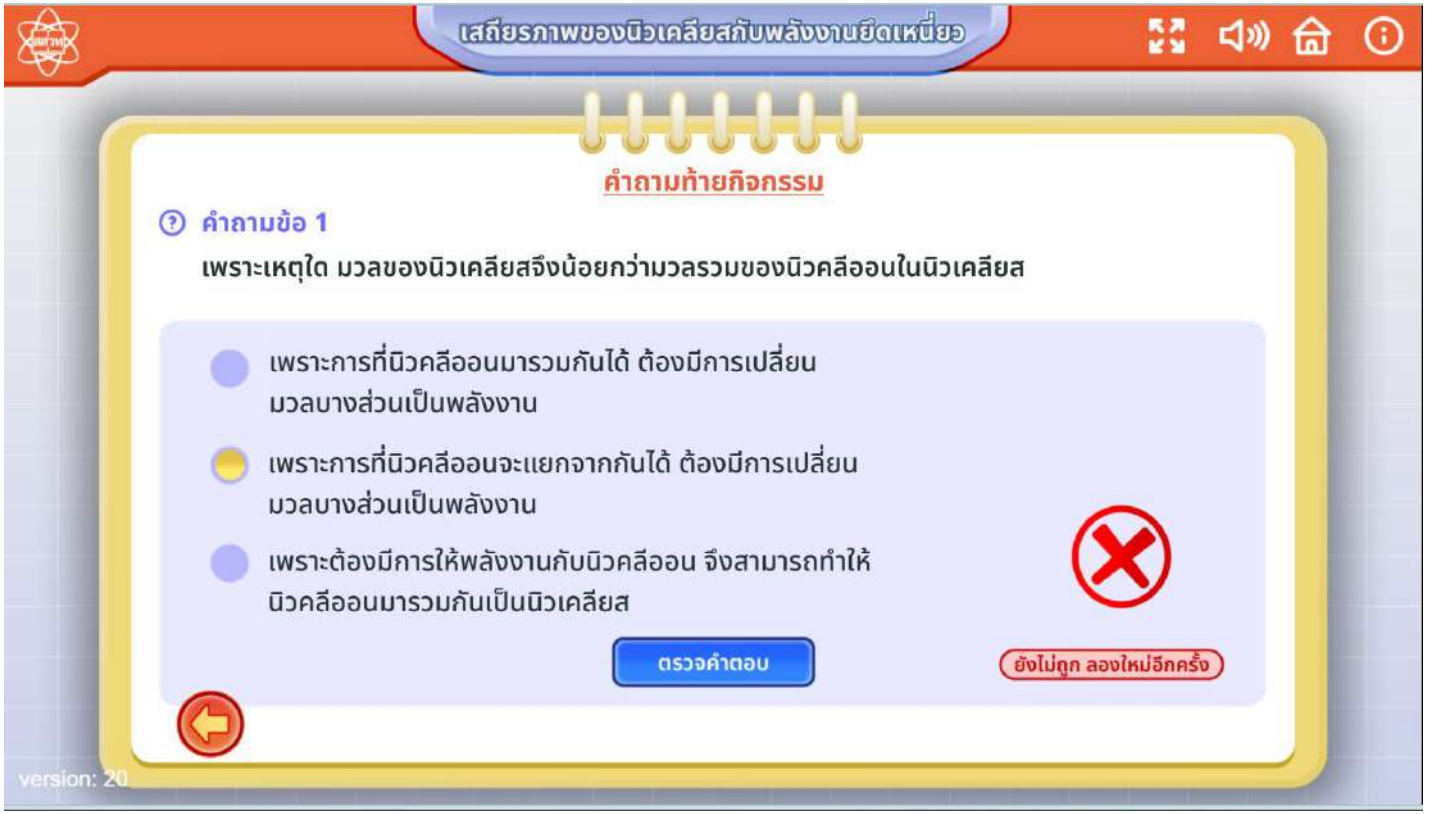
	ภาพประกอบการแก้ไข		

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



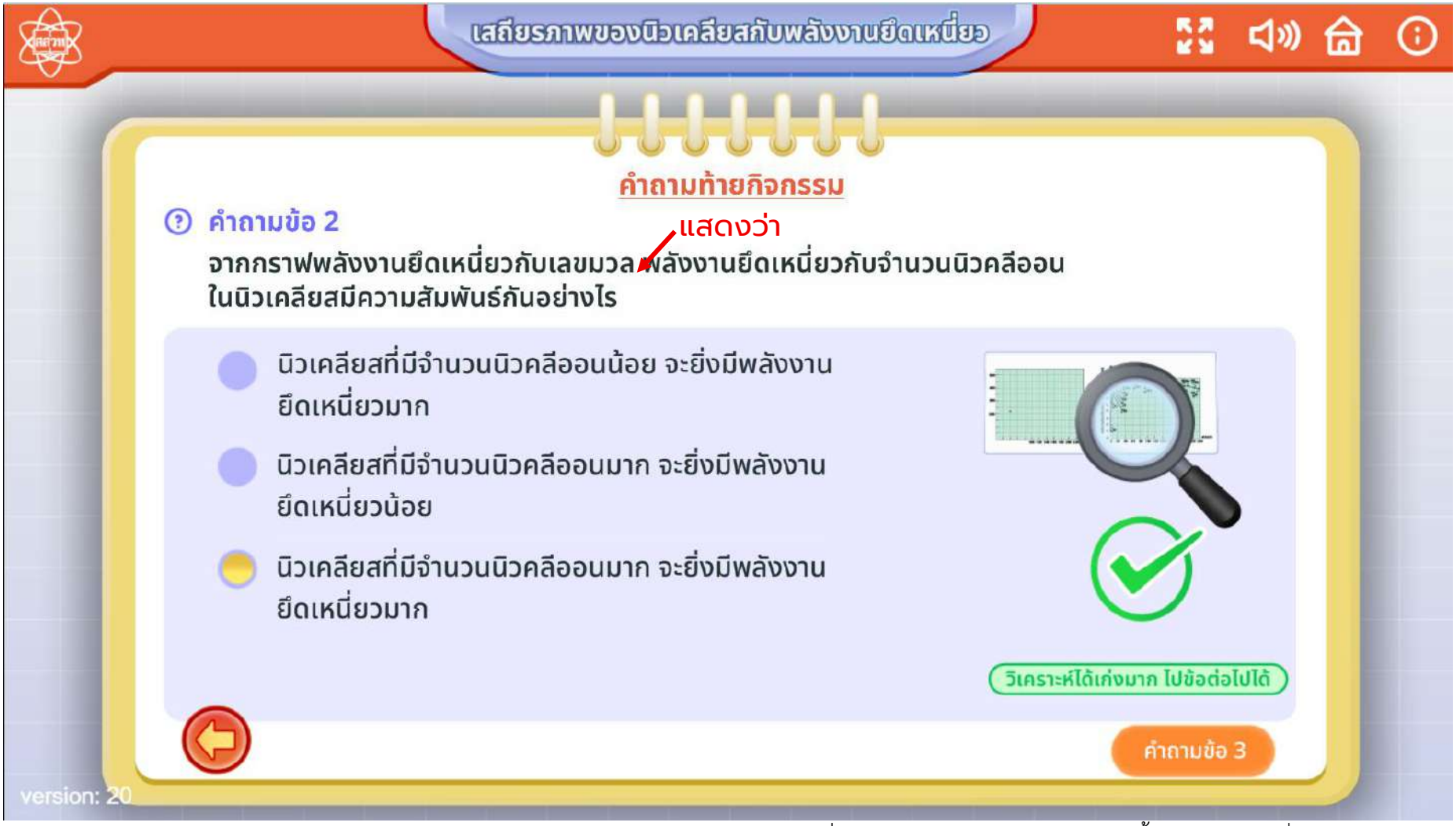
ตัวอย่างหน้าจอสื่อปรับปรุง

- ไม่มี -

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>13.</td><td>แก้ไขคำถามบางข้อ และการให้ feedback การตอบคำถามท้ายกิจกรรม</td><td>— ถ้าตอบถูก แก้ไขจาก “ถูกต้อง เก่งมาก” เป็นกรอบข้อความที่แสดงทั้งในกรณีตอบถูกและตอบผิด ดังรายละเอียดด้านล่าง</td><td>เปลี่ยนเป็นการให้ feedback ตามหลักการให้ feedback ที่ดี</td></tr>
<tr><td colspan="4">ภาพประกอบการแก้ไข
 

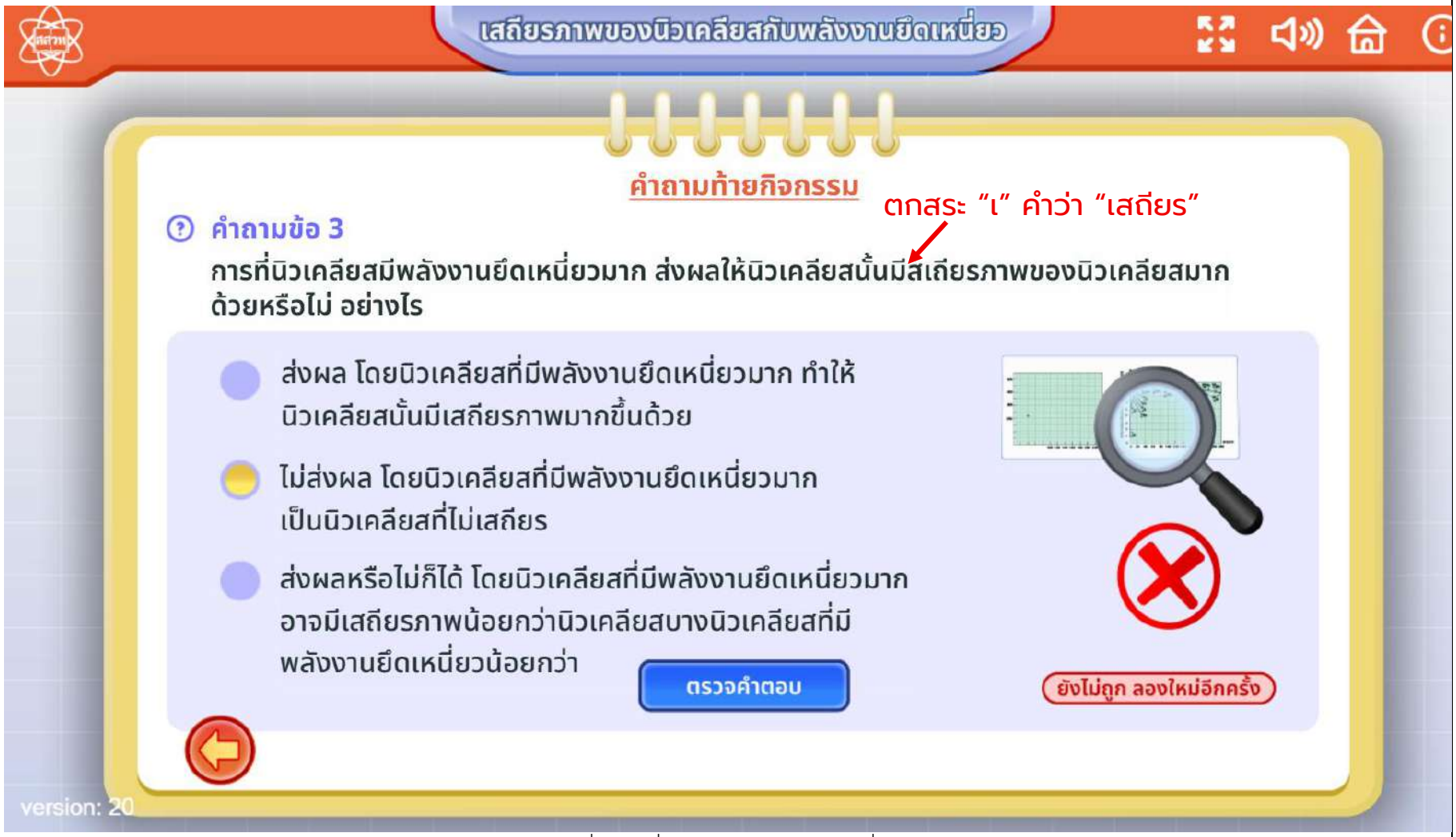
○ ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง เข้าใจแนวคิดเรื่อง 'ส่วนพร่องมวล' ได้ดีมาก การเชื่อมโยงมวลที่หายไปกับพลังงานตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานของไอน์สไตน์เป็นหัวใจสำคัญของเรื่องนี้”</td></tr>
</table>

- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ทบทวนเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงานของไอน์สไตน์อีกครั้ง"



- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สังเกตแนวโน้มของกราฟได้ดีมาก เมื่อนิวเคลียสมีจำนวนนิวคลีออนมากขึ้น พลังงานรวมที่ต้องใช้ยึดทุกอนุภาคไว้ย่อมมากขึ้นตาม”

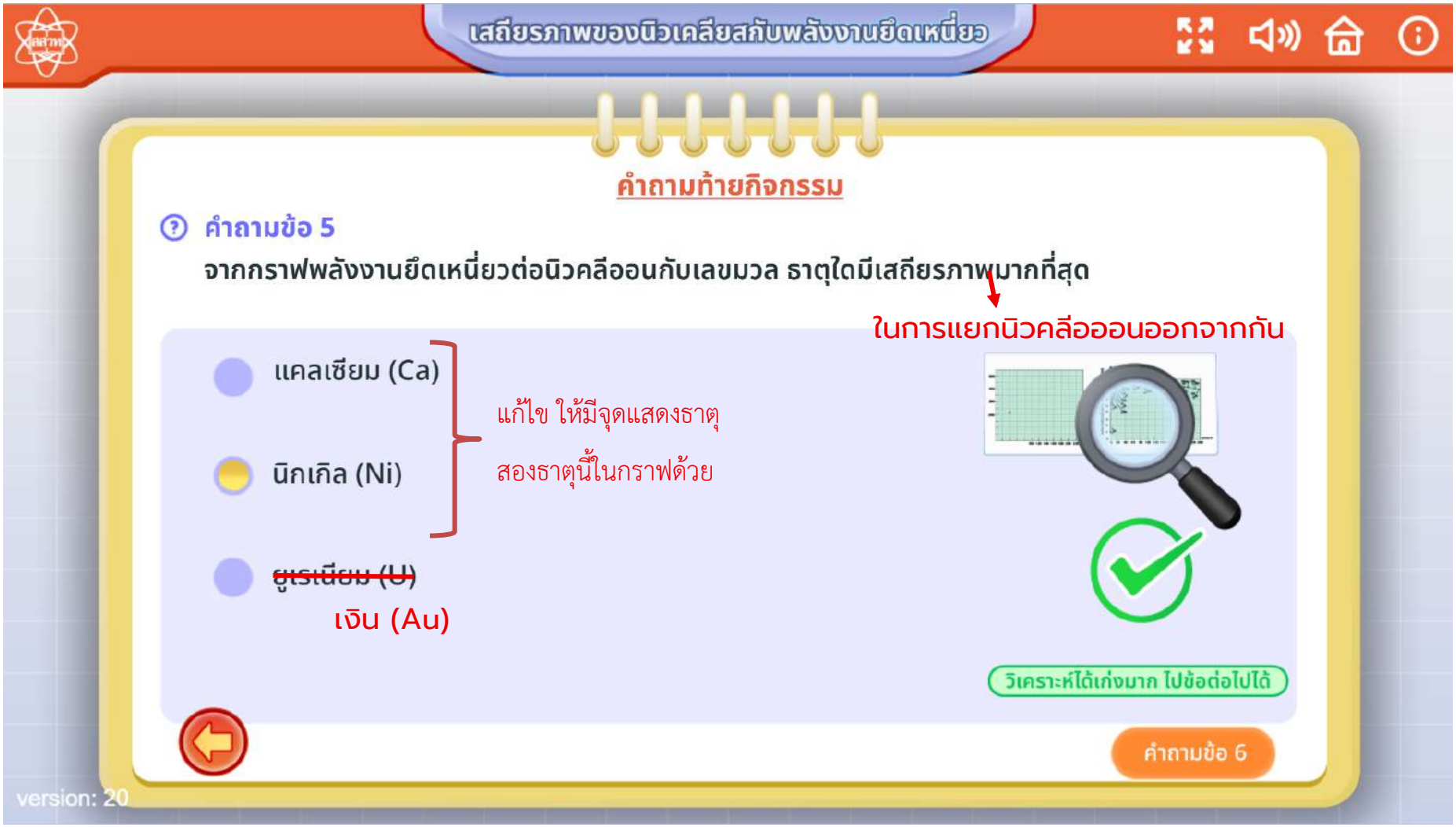
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ จากกราฟพลังงานยึดเหนี่ยวกับเลขมวล เมื่อเลขมวล (ค่าบนแกน X) เพิ่มขึ้น พลังงานยึดเหนี่ยว (ค่าบนแกน Y) มีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงครับ ลองมองการปรับค่าบนแกนทั้งสองของกราฟทั้งเส้นดู”
-



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



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



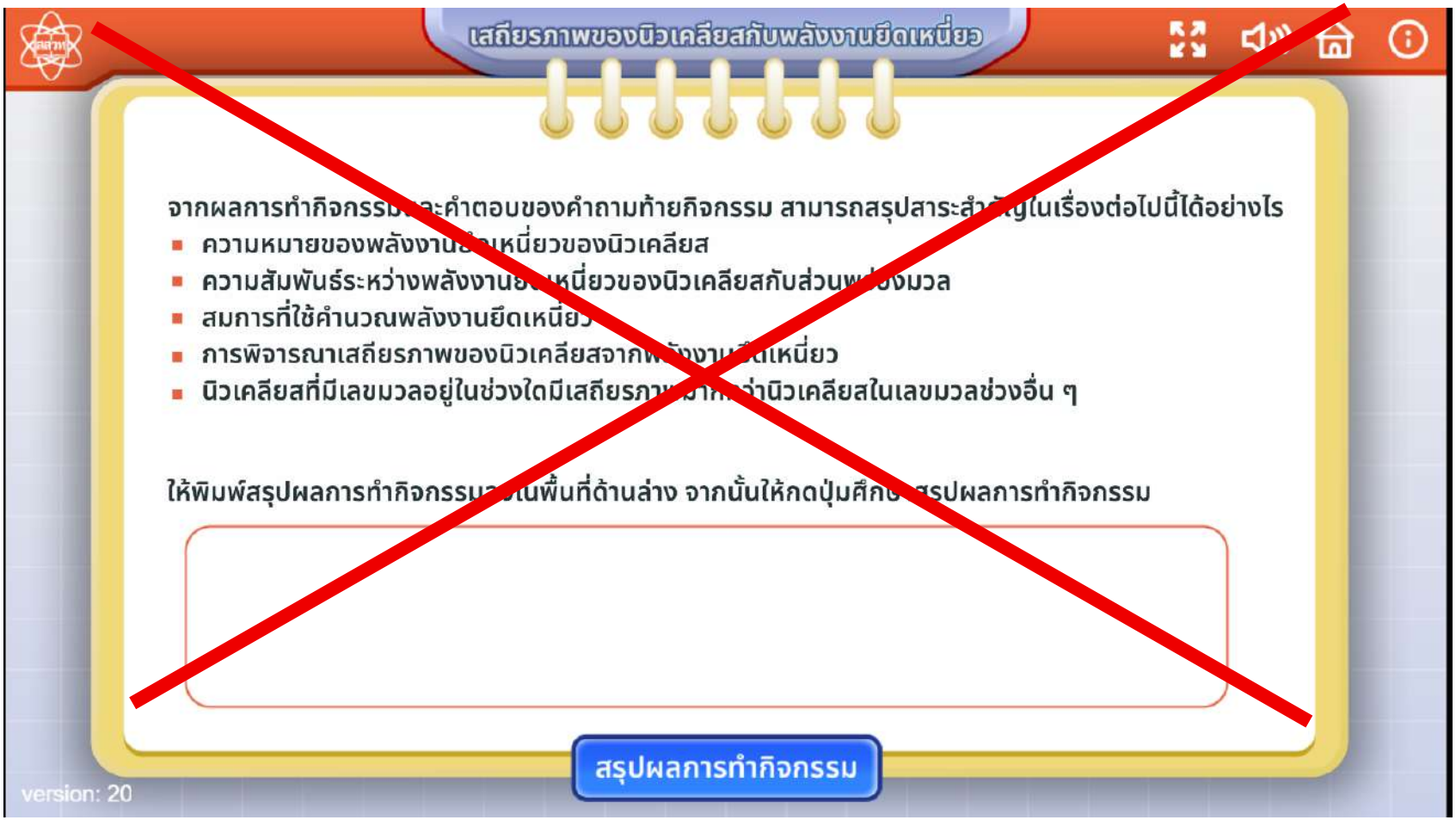
- ถ้าตอบถูก ให้มีกรอบข้อความว่า “ถูกต้อง สามารถสังเกตและระบุชื่อธาตุที่เป็นจุดสูงสุดของกราฟที่สะท้อนถึงเสถียรภาพของนิวเคลียสได้ถูกต้อง”
- ถ้าตอบผิด ให้มีกรอบข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที สังเกตจุดบนกราฟที่อยู่สูงสุด ธาตุที่อยู่ ณ จุดนั้นคือธาตุที่เสถียรที่สุด”



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

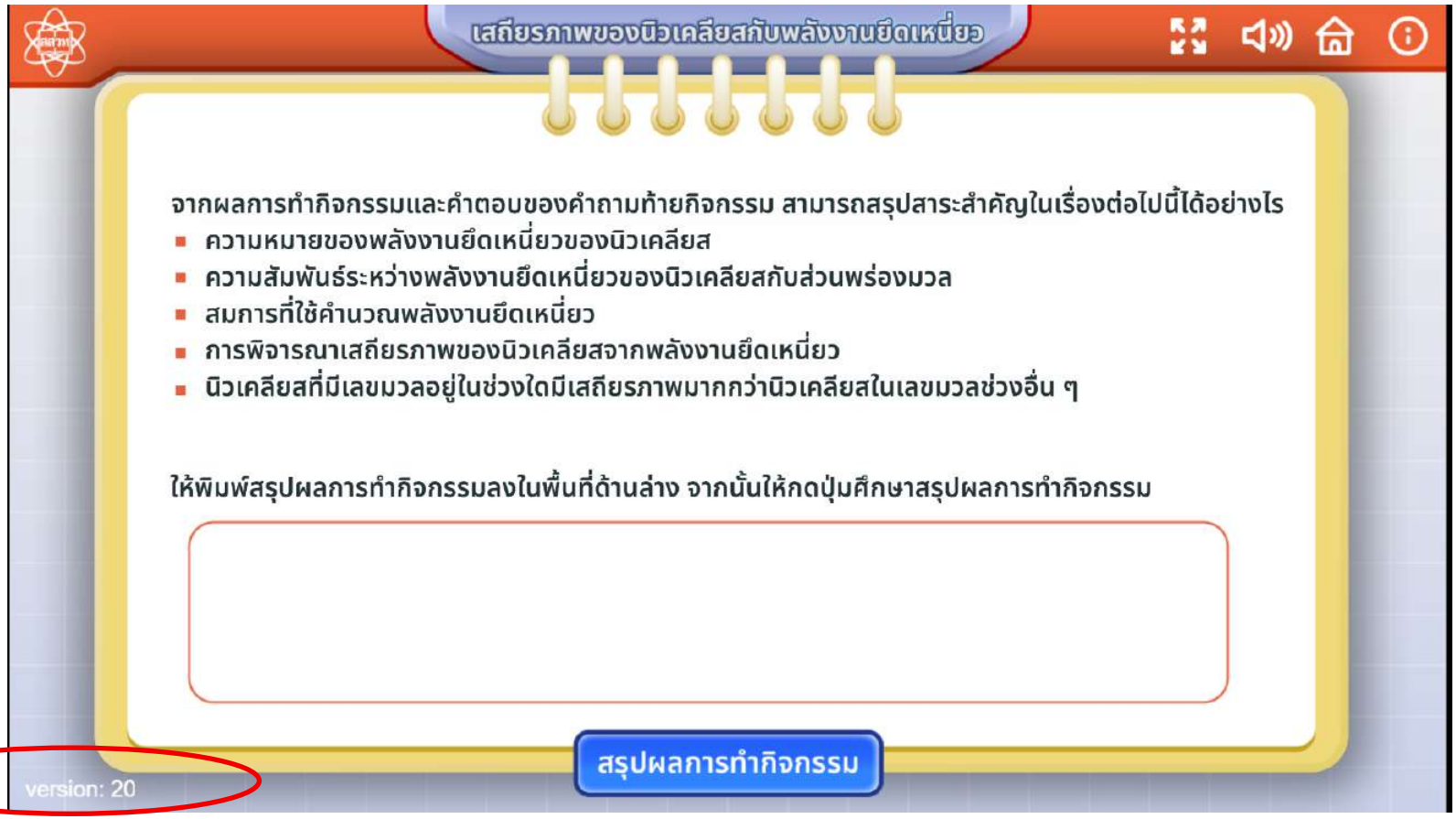
จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
14.	ข้อความให้สรุปผลการทำกิจกรรม	— ตัดออกทั้งหน้า	การพิมพ์สรุป ตรวจสอบได้ยาก และมีโอกาสสูงที่นักเรียนจะไม่พิมพ์แล้วไปดูสรุปเลย

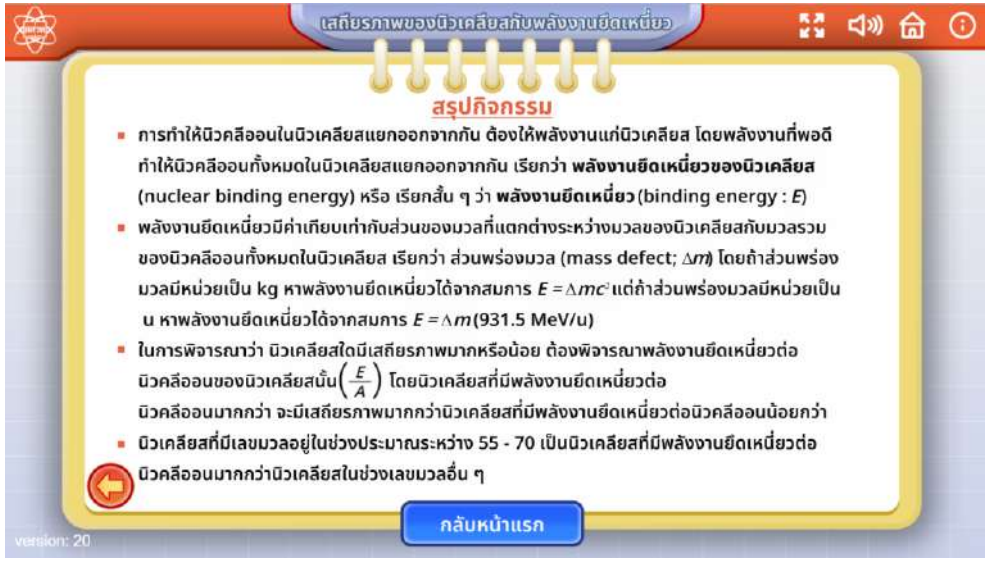
ภาพประกอบการแก้ไข

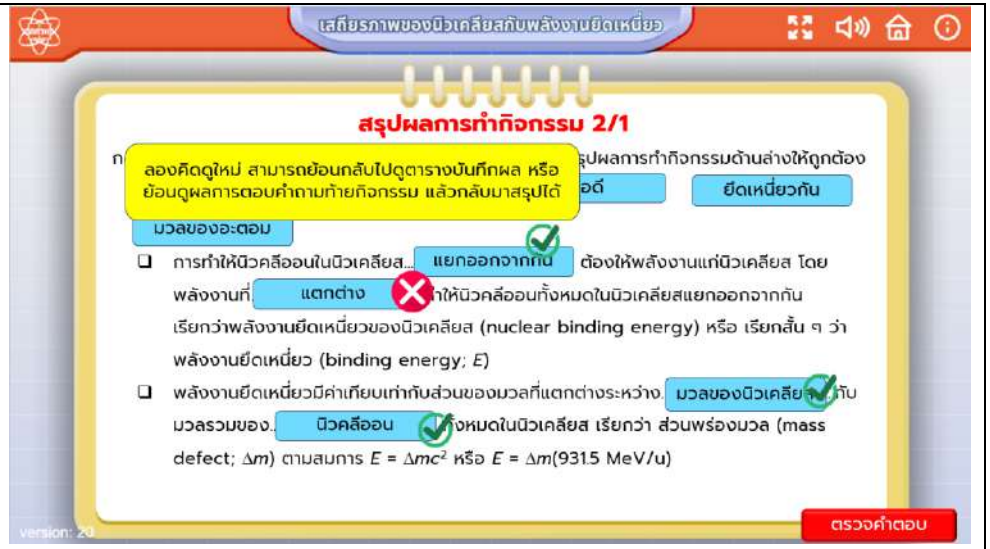


จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการปรับปรุง
15.	ทุกหน้า	– นำคำว่า version: 20 ออก	ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อเรียนรู้ อาจทำให้สับสน และเข้าใจว่า ยังพัฒนาไม่เสร็จ ไม่พร้อมใช้งาน

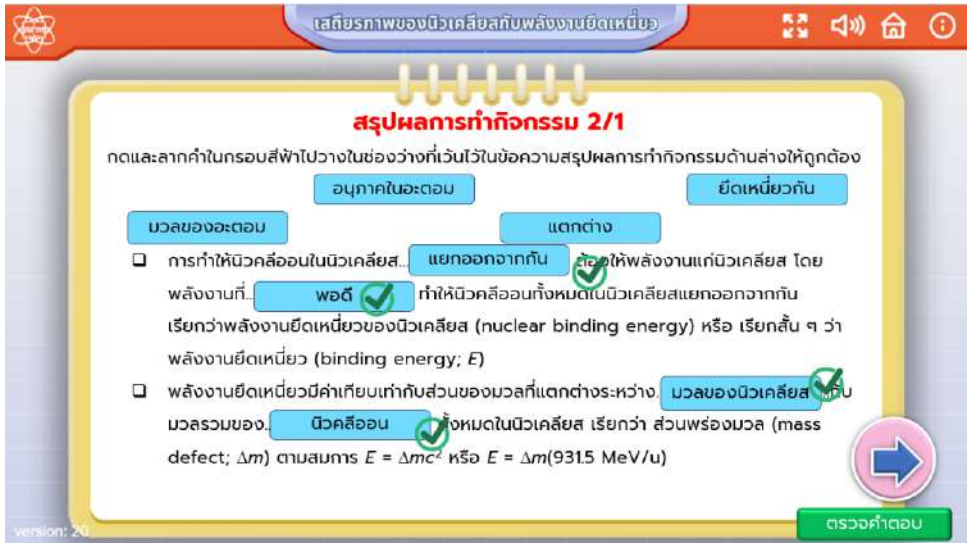
ภาพประกอบการแก้ไข

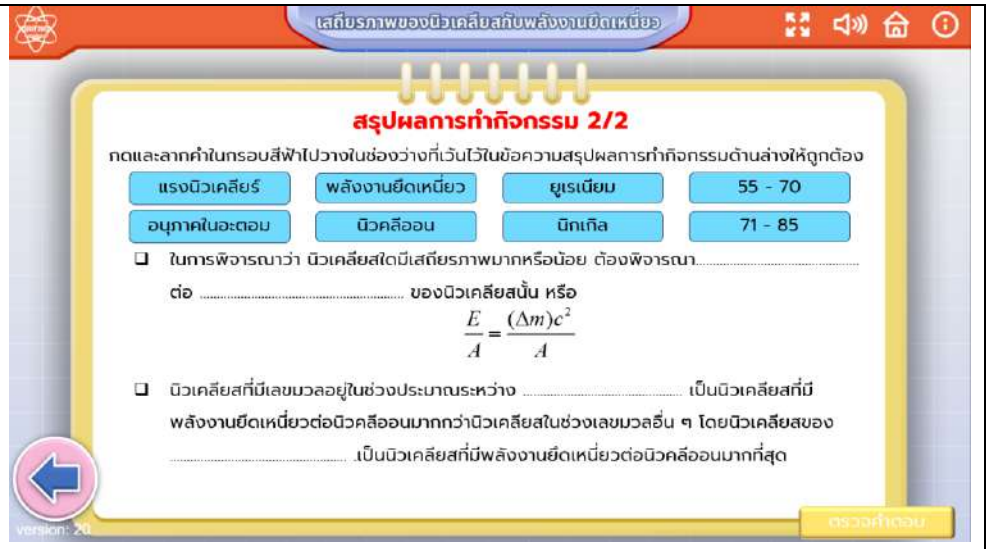


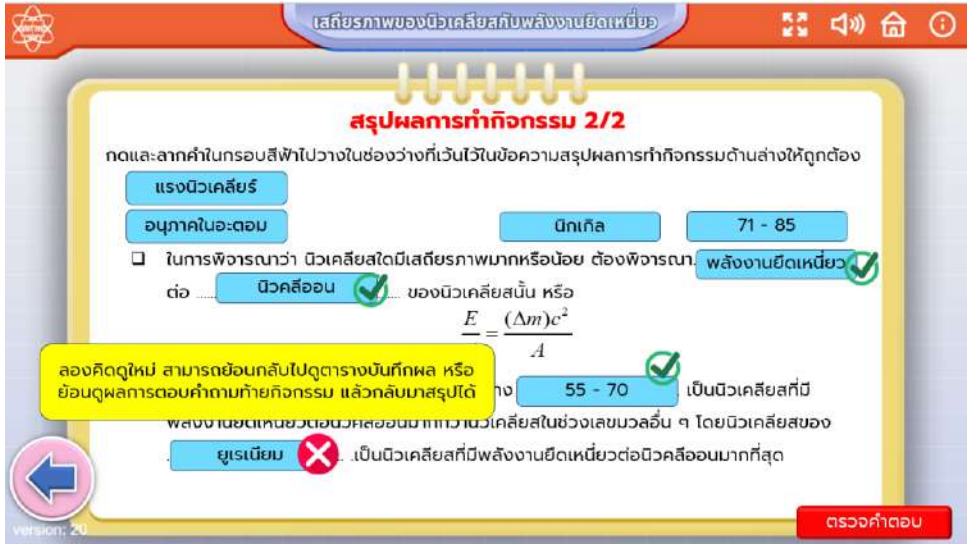
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการปรับปรุง</th></tr>
<tr><td>16.</td><td>- การสรุปผลการทำกิจกรรมเป็นแบบให้ตรวจสอบกับที่สรุปไว้
- ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ</td><td>- ปรับการสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง
- มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟค ปรบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้</td><td>— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย
— ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
— ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว
— มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

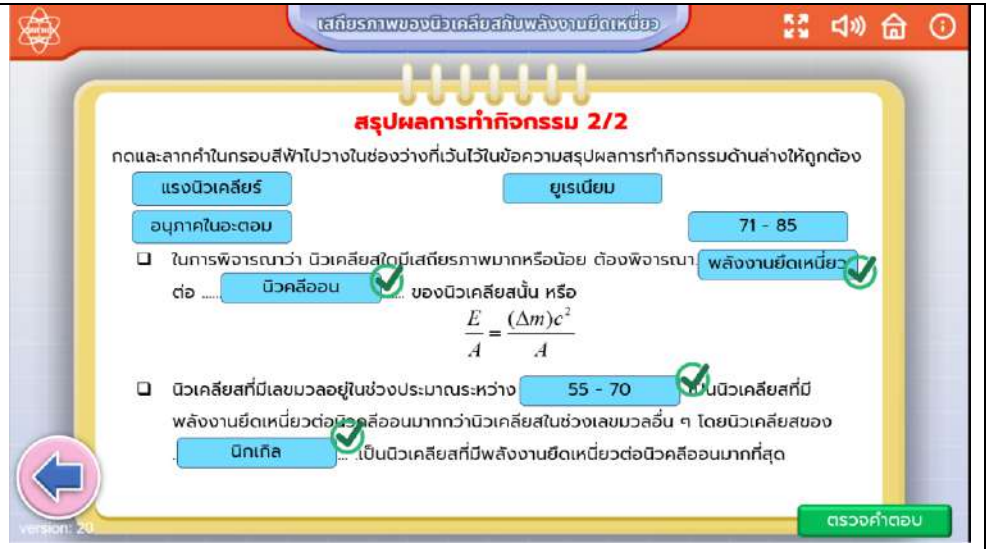


ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”




เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว
สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
แรงนิวเคลียร์
พลังงานยึดเหนี่ยว
ยูเรเนียม
55 - 70
อนุภาคในอะตอม
นิวคลีออน
นิกเกิล
71 - 85
ในการพิจารณาว่า นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ต้องพิจารณา.....
ต่อ ..... ของนิวเคลียสนั้น หรือ
$\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$
นิวเคลียสที่มีเลขมวลอยู่ในช่วงประมาณระหว่าง ..... เป็นนิวเคลียสที่มี
พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากกว่านิวเคลียสในช่วงเลขมวลอื่น ๆ โดยนิวเคลียสของ
..... เป็นนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด
ตรวจคำตอบ
version: 20


เสถียรภาพของนิวเคลียสกับพลังงานยึดเหนี่ยว
สรุปผลการทำกิจกรรม 2/2
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
แรงนิวเคลียร์
อนุภาคในอะตอม
นิกเกิล
71 - 85
ในการพิจารณาว่า นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ต้องพิจารณา พลังงานยึดเหนี่ยว
ต่อ นิวคลีออน ของนิวเคลียสนั้น หรือ
$\frac{E}{A} = \frac{(\Delta m)c^2}{A}$
ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ
ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้
55 - 70
เป็นนิวเคลียสที่มี
พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากกว่านิวเคลียสในช่วงเลขมวลอื่น ๆ โดยนิวเคลียสของ
ยูเรเนียม
เป็นนิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากที่สุด
ตรวจคำตอบ
version: 20





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

ต้นร่าง 2 สคริปต์การปรับปรุงแสงเชิงคลื่น (สลิตเดี่ยว, สลิตคู่)





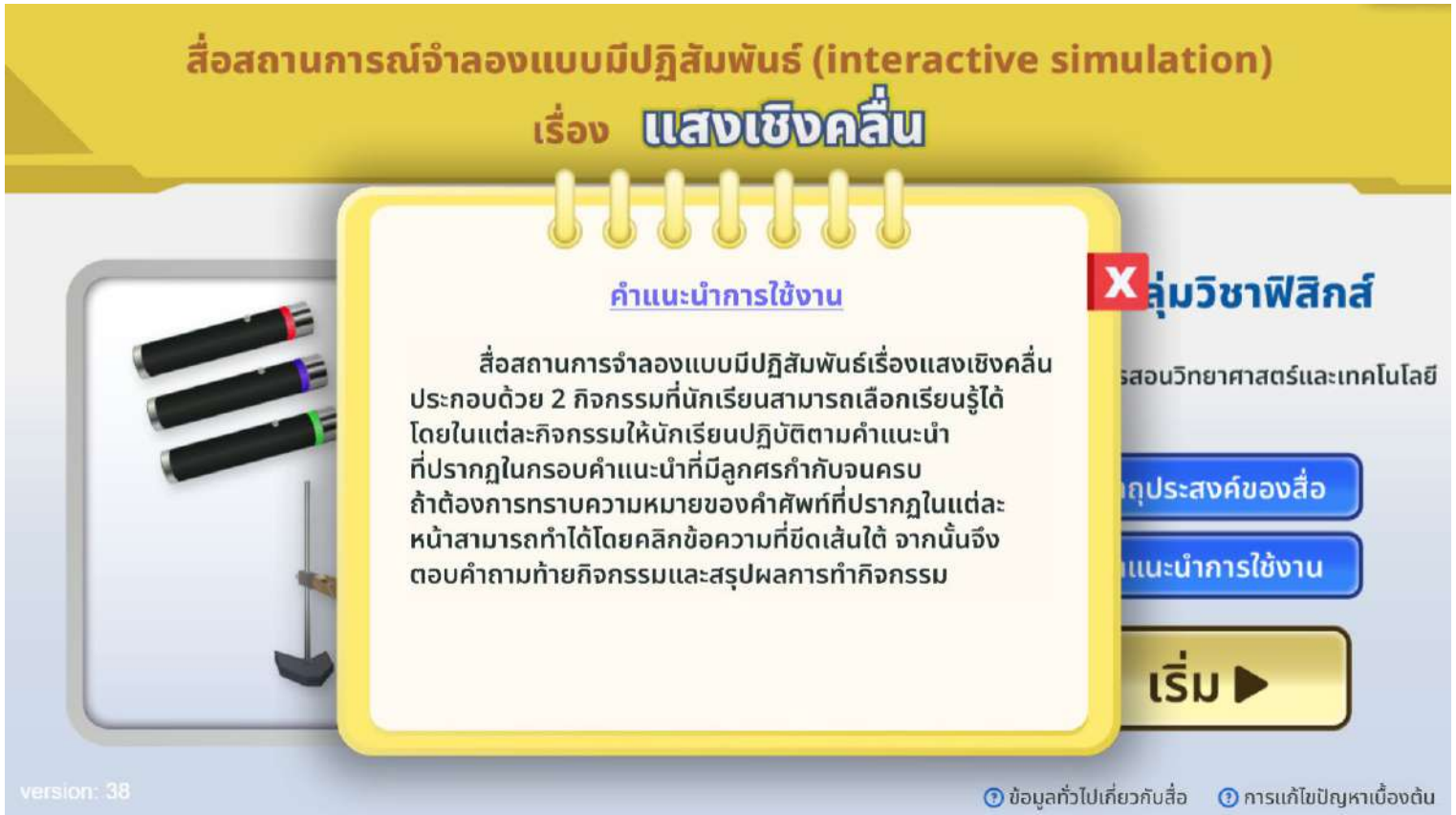
ลวดลายการแทรกสอดของแสง
จากสลิตคู่และสลิตเดี่ยว

เปลี่ยนชื่อ




สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)
เรื่อง แสงเชิงคลื่น
วัตถุประสงค์ของสื่อ
1. เพื่อศึกษารูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
2. เพื่อศึกษารูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว
X
ลุ่มวิชาฟิสิกส์
ารสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ตถุประสงค์ของสื่อ
ำแนะนำการใช้งาน
เริ่ม
version: 38
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสื่อ
การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ไม่มีแก้ไข



การปรับแก้หน้าคำแนะนำ

อยู่ส่วนท้าย



เพิ่มกรอบเพื่อใส่สีและพื้นหลัง จะได้แยกกับคำถามชวนคิด

เพิ่มกรอบคำถามชวนคิด

เปลี่ยนสีพื้นให้แตกต่างกับสรุปกิจกรรม

คำถามชวนคิด ทำแบบจับมาวางเหมือนสรุป

คำถามชวนคิด: ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความตอบคำถามชวนคิดด้านล่างให้ถูกต้อง

(ตัวเลือก)
- สลิตคู่
- สลิตเดี่ยว

เหมือนกัน | แตกต่างกัน | มากกว่า | ใกล้เคียงกับ | น้อยกว่า | ความยาวคลื่นแสง (λ) | ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (*L*) | ระยะระหว่างช่องเปิด (*d*) | ความกว้างของช่องเปิด (*a*) | มากขึ้น | 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 เมื่อระยะระหว่างช่องของสลิตคู่หรือความกว้างของสลิตเดี่ยวน้อยลง ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

(สลับกันก่อนหลังได้ ถูกทั้งคู่)

ตรวจสอบคำตอบ

ทำเหมือนหน้าสรุปในแต่ละตอนที่มีเลือกคำศัพท์มาวางได้

คำถามชวนคิด: ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความตอบคำถามชวนคิดด้านล่างให้ถูกต้อง

เมื่อพยายามจะตอบคำถามจะขึ้น prompt เตือน

(ตัวเลือก)

สลิตคู่	เหมือนกัน	มากกว่า	ใก	(*d*)	มากขึ้น	มากขึ้น	มากขึ้น
สลิตเดี่ยว	แตกต่างกัน	มากกว่า	ใก	ปด (*a*)	น้อยลง	น้อยลง	น้อยลง

ต้องทำกิจกรรมที่ 1 และ กิจกรรมที่ 2 ให้เสร็จเรียบร้อยก่อน จึงจะสามารถตอบคำถามชวนคิดได้

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

(สลับกันก่อนหลังได้ ถูกทั้งคู่)

ตรวจสอบคำตอบ

ทำเหมือนหน้าสรุปในแต่ละตอนที่มีเลือกคำศัพท์มาวางได้

คำถามชวนคิด: ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

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 สลิตคู่หรือความกว้างของสลิตเดี่ยวน้อยลง ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

(สลับกันก่อนหลังได้ ถูกทั้งคู่)

ตรวจสอบคำตอบ

ตัวอย่างหน้าต่าง แบบเลือกจับคู่คำเพื่อสรุปผลการทำกิจกรรม

โหมด Preview Mode

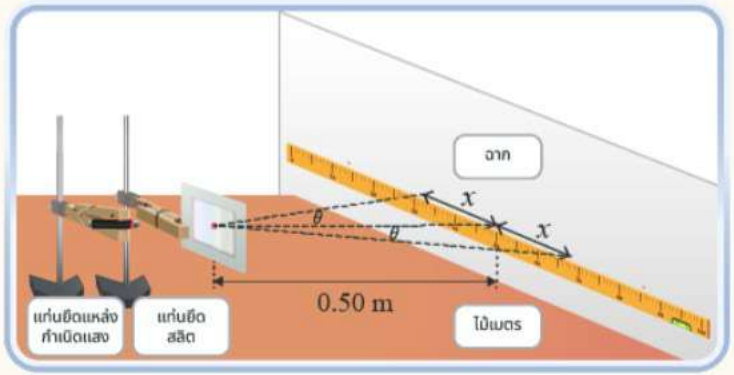
สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

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 [ ] โดย จุดสว่างของแสงเลเซอร์ [ ] ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม [ ] และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ [ ] ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม [ ] ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จาก สมการ [ ] เมื่อ [ ]



คลิกที่ปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของภาพทางซ้ายประกอบการสรุป

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

ตรวจสอบคำตอบ

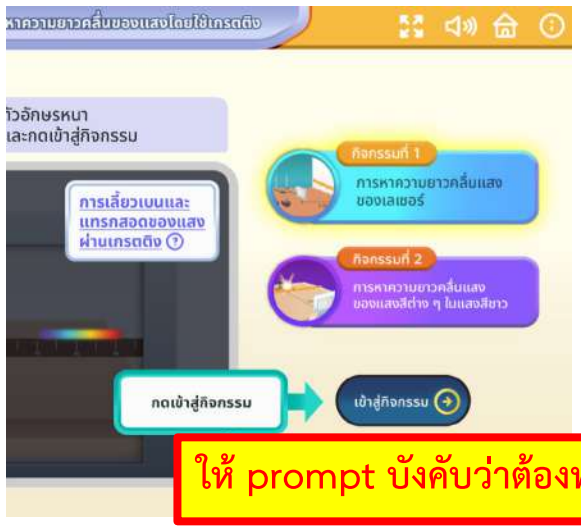


เพิ่มกรอบให้กับส่วนกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2
ให้คล้ายกับหน้ากิจกรรมย่อย เพื่อเพิ่ม “คำถามชวนคิด”





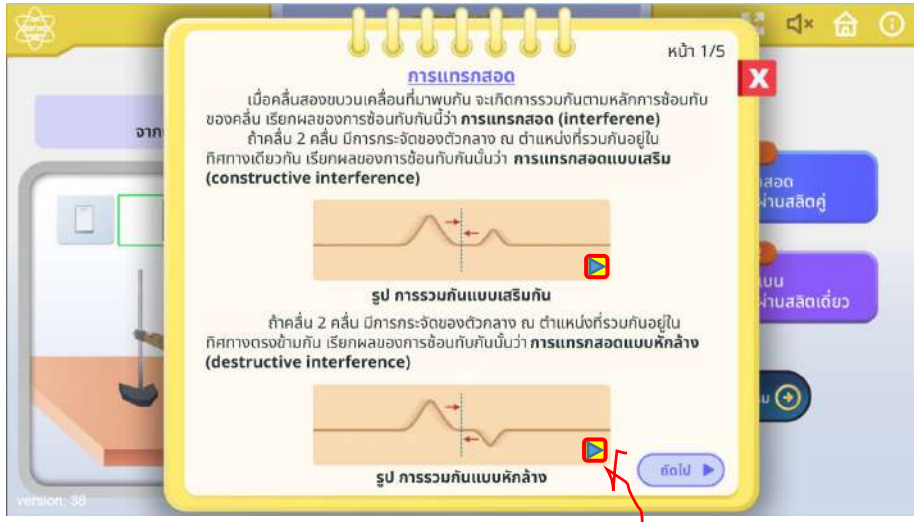
ตัวอย่าง prompt แนะนำวิธีใช้งาน



เพิ่ม prompt แนะนำวิธีใช้งานครั้งแรก ตามลำดับ ดังนี้

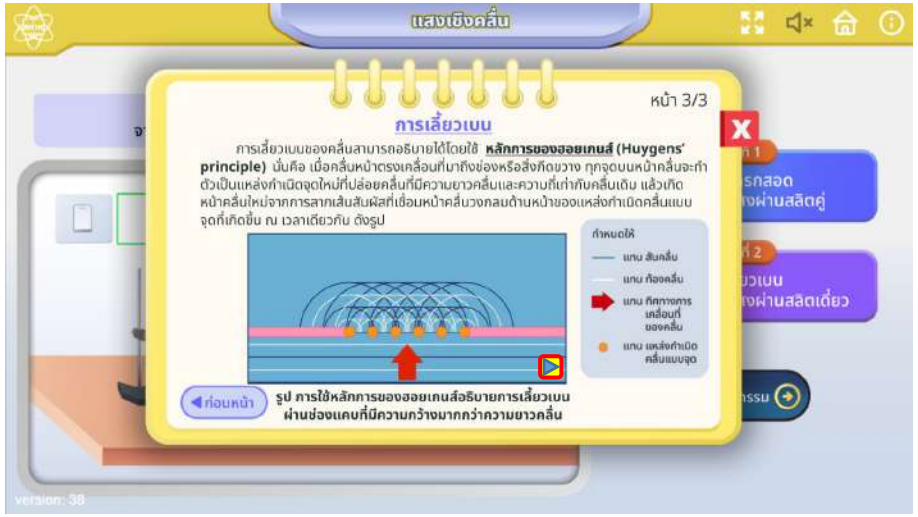
- กดศึกษาคำถามชวนคิด
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
- เลือกกิจกรรมการเรียนรู้
- กดเข้าสู่กิจกรรม

ให้ prompt บังคับว่าต้องทำตาม prompt อื่นได้ ตลอดทั้งสื่อ









ส่วนคำขีดเส้นใต้เพื่อศึกษาความหมาย ให้เพิ่มปุ่ม Play/Pause ที่รูปแอนิเมชัน ให้สามารถหยุดดูได้

หน้ากิจกรรมที่ 1 สลิตคู่





(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับตัวข้างใน)

เพิ่มกรอบคำศัพท์ “สลิตคู่”
เพิ่มไอคอน “เป้าหมาย” และ “คำถามสำคัญ”
ลบข้อความเพื่อเป็นพื้นที่สำหรับใช้แสดง “คำถามสำคัญ” และ “เป้าหมาย”

เพิ่ม prompt แนะนำวิธีใช้งาน ตามลำดับ ดังนี้
- กดศึกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม
- กดศึกษาเป้าหมายของกิจกรรม
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
- เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา
- กดเข้าสู่กิจกรรม

คำถามสำคัญของกิจกรรม “รูปแบบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างไร”

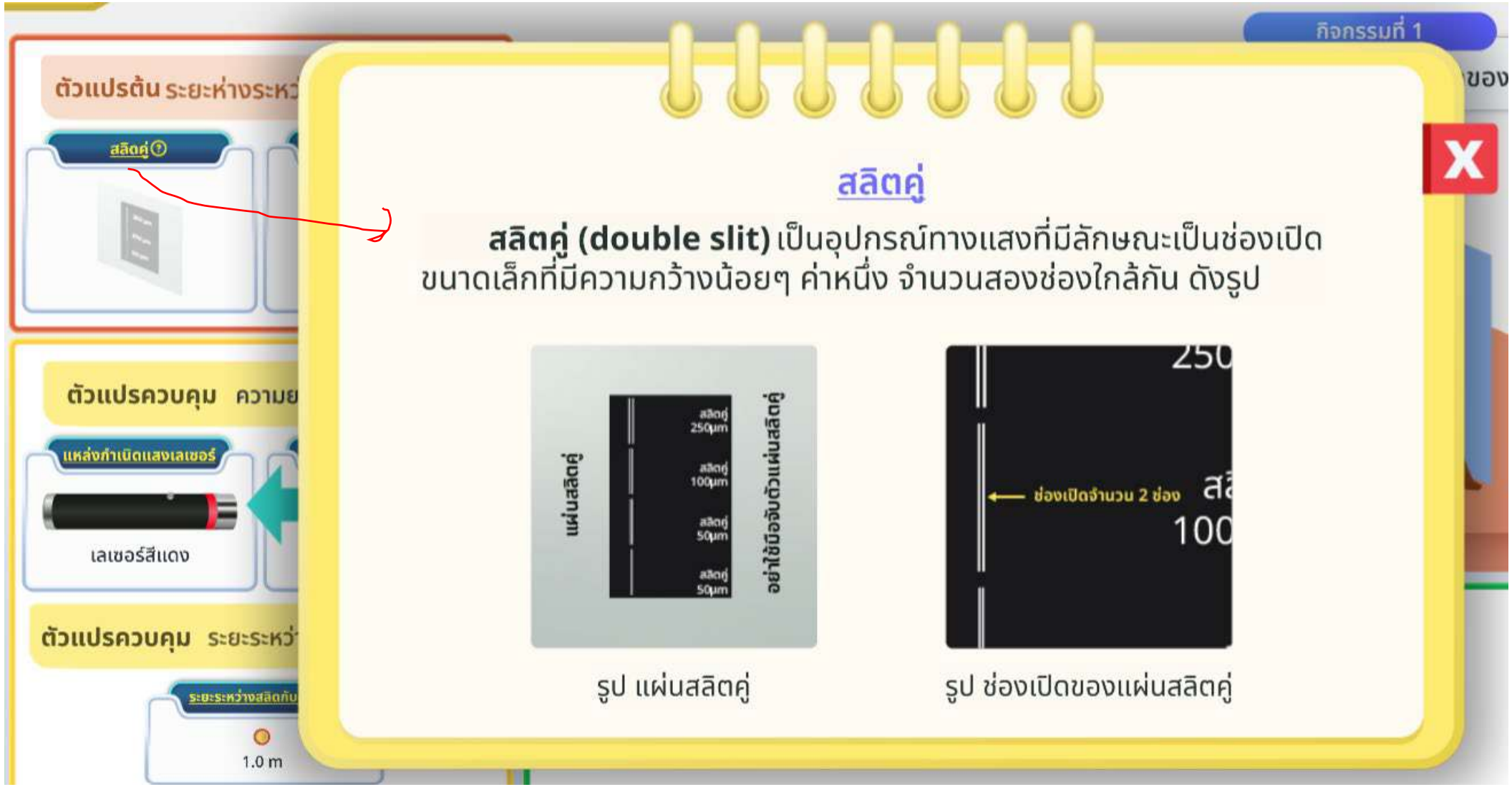
เป้าหมายของกิจกรรม “สังเกตและบันทึก**ความกว้าง**และ**ความสว่างของแถบสว่าง**จากการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่บนฉากเมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องแตกต่างกันครบทั้ง 3 ตัวแปร”





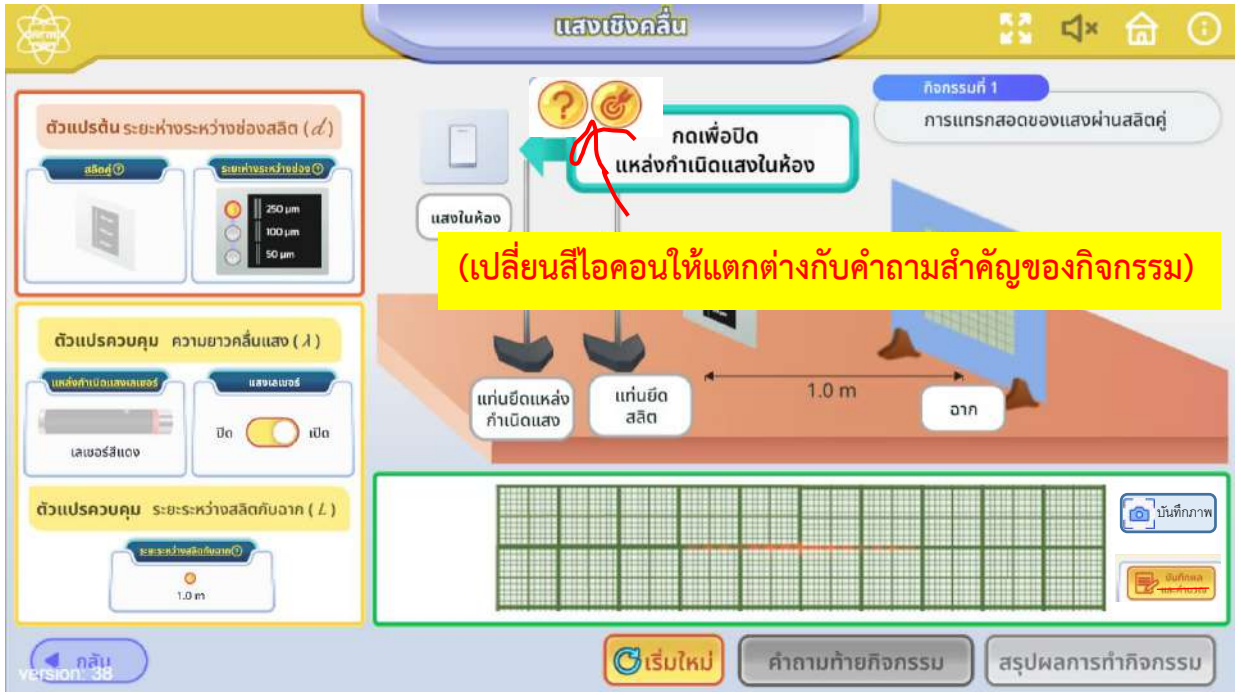






ความหมายของสลิตคู่ในหน้าเลือกกิจกรรมย่อยใช้ข้อความเดียวกับหน้าการทำกิจกรรมเลย

หน้ากิจกรรมย่อยที่ 1 สลิตคู่ ตัวแปร 1.1 ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)



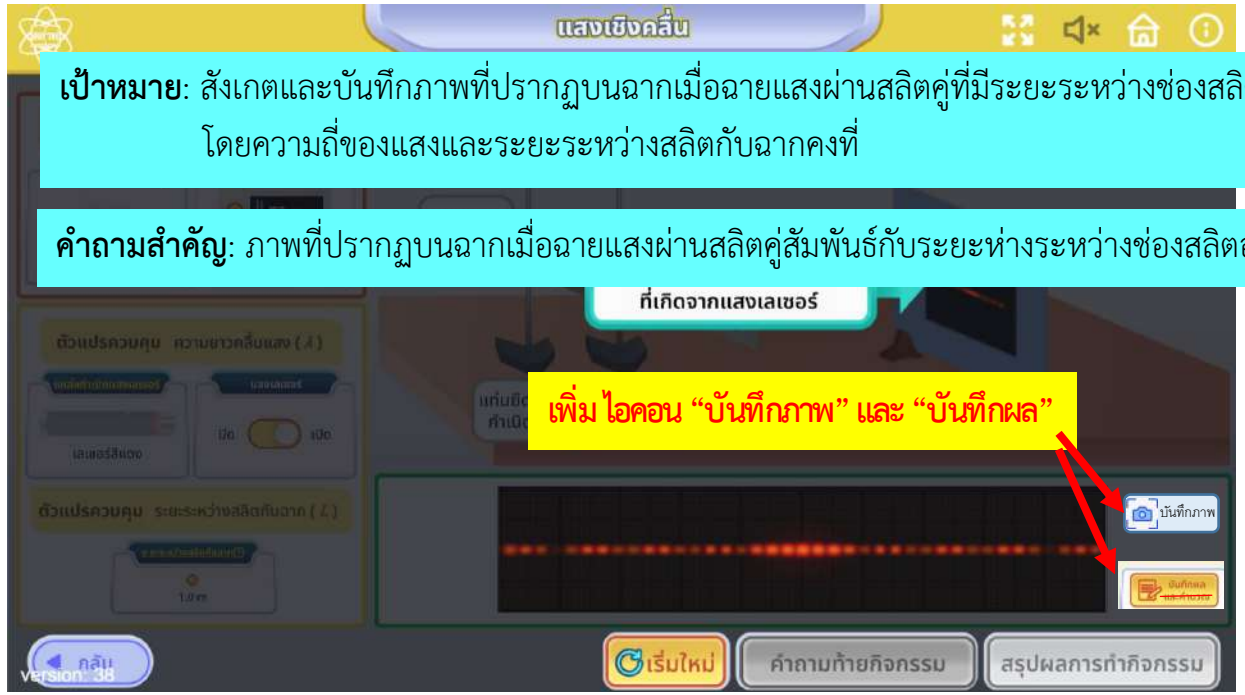
(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับคำถามสำคัญของกิจกรรม)

เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- **กดเพื่อบันทึกภาพ** (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- **กดเพื่อบันทึกผล** (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- **วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น** (ในหน้าตารางบันทึกผล)
- **กดเพื่อตรวจคำตอบ**



เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะระหว่างช่องสลิตแตกต่างกัน 3 ค่า โดยความถี่ของแสงและระยะระหว่างสลิตกับฉากคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่สัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างช่องสลิตอย่างไร

เพิ่ม ไอคอน “บันทึกภาพ” และ “บันทึกผล”

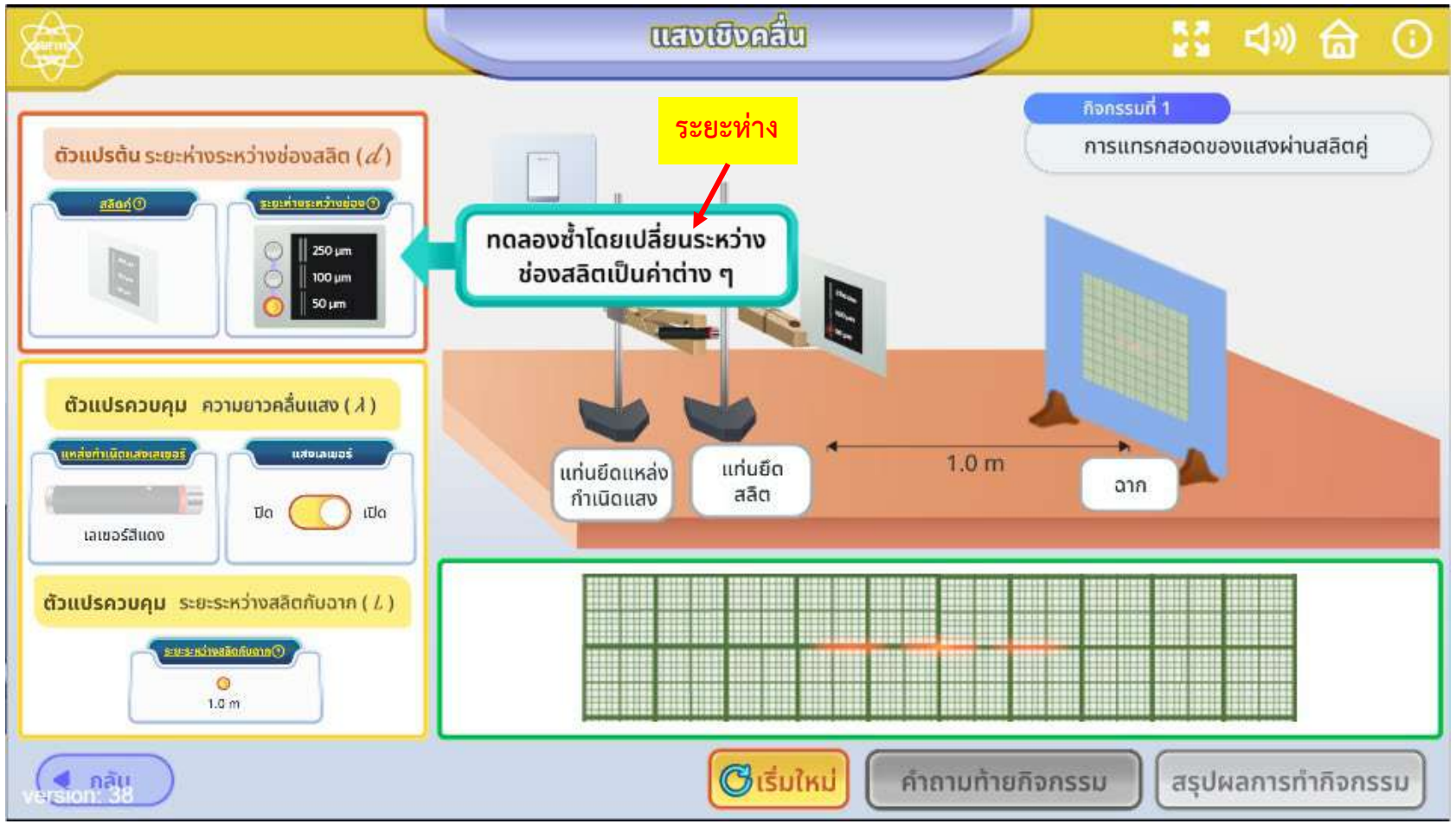


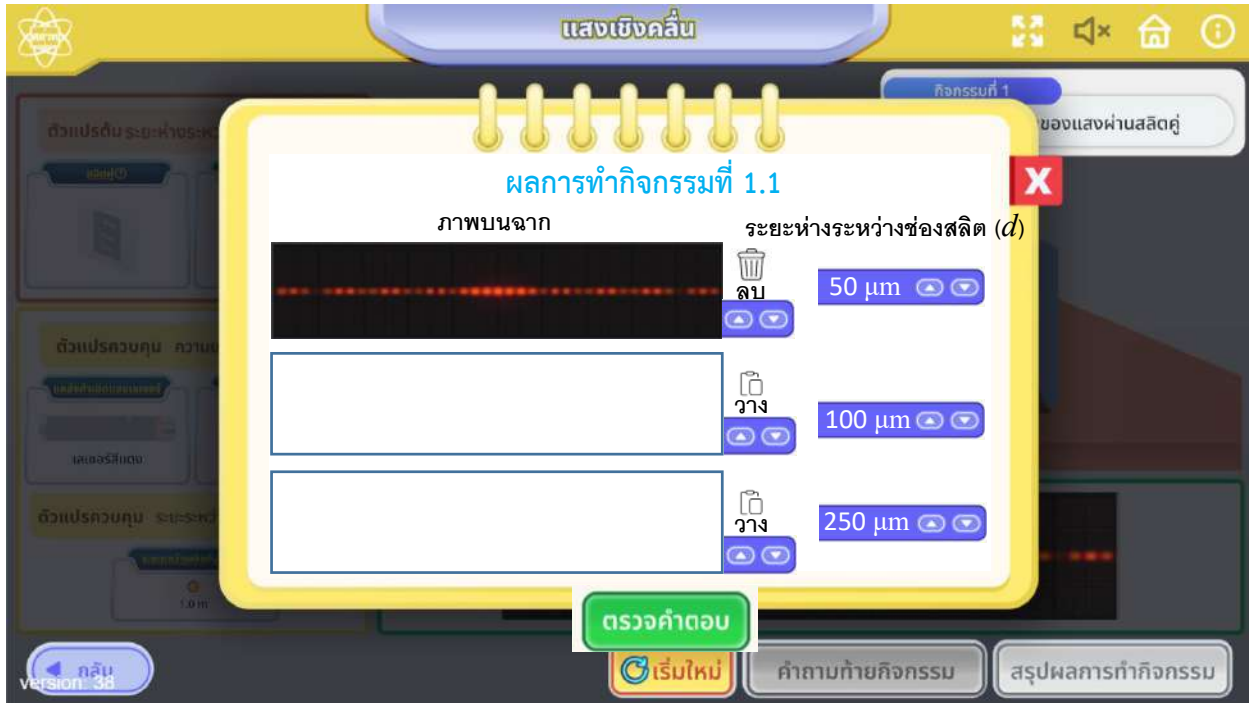
สามารถเลื่อนขึ้นลงสลับได้ ด้วยไอคอนขึ้นลง

เมื่อวางภาพตรงไหน ไอคอนวางจะเปลี่ยนเป็นไอคอนลบ

(อยากให้สามารถบันทึกภาพตอนเปิดไฟได้)

เพิ่ม function ตรวจคำตอบด้วย


แสงเชิงคลื่น
ระยะห่าง
กิจกรรมที่ 1
การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
ตัวแปรต้น ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)
สลิตคู่
ระยะห่างระหว่างช่อง
250 μm
100 μm
50 μm
ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนระหว่างช่องสลิตเป็นค่าต่าง ๆ
ตัวแปรควบคุม ความยาวคลื่นแสง (λ)
แหล่งกำเนิดเลเซอร์
แสงเลเซอร์
เลเซอร์สีแดง
ปิด
เปิด
ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (ℓ)
ระยะระหว่างสลิตกับฉาก
1.0 m
แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง
แท่นยึดสลิต
1.0 m
ฉาก
กลับ
เริ่มใหม่
คำถามท้ายกิจกรรม
สรุปผลการทำกิจกรรม
version: 38



หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1.1



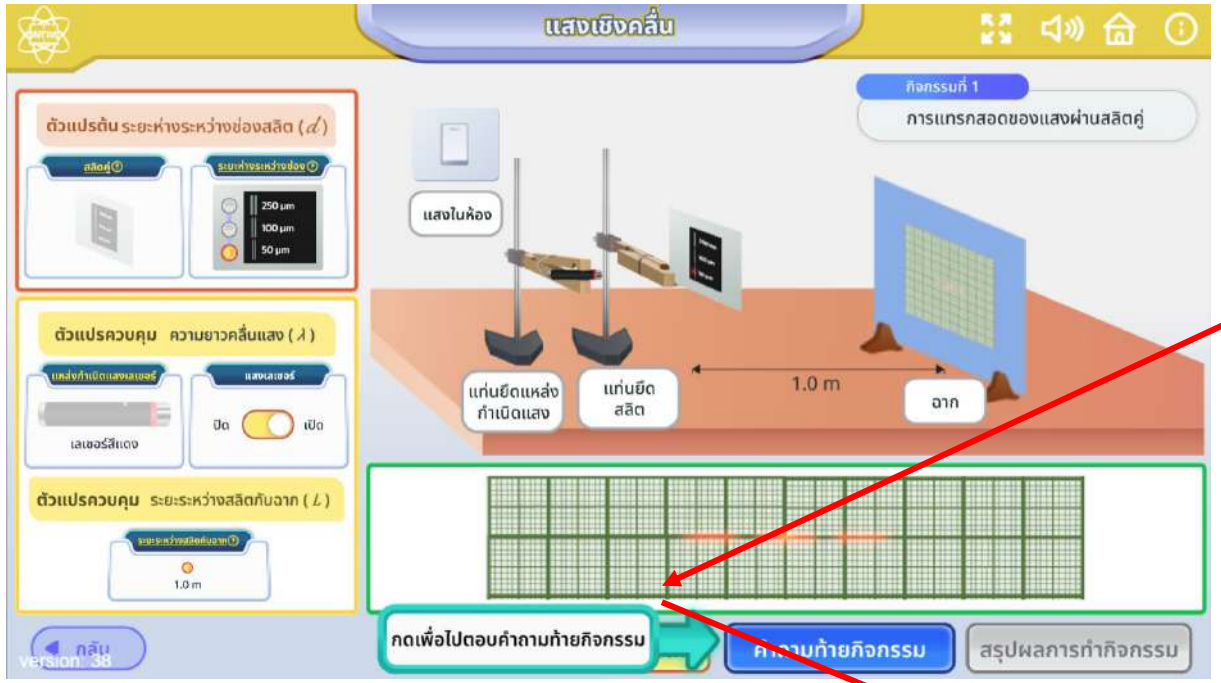




(ตัวอย่าง prompt คำถามและเป้าหมายของกิจกรรม)



เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม



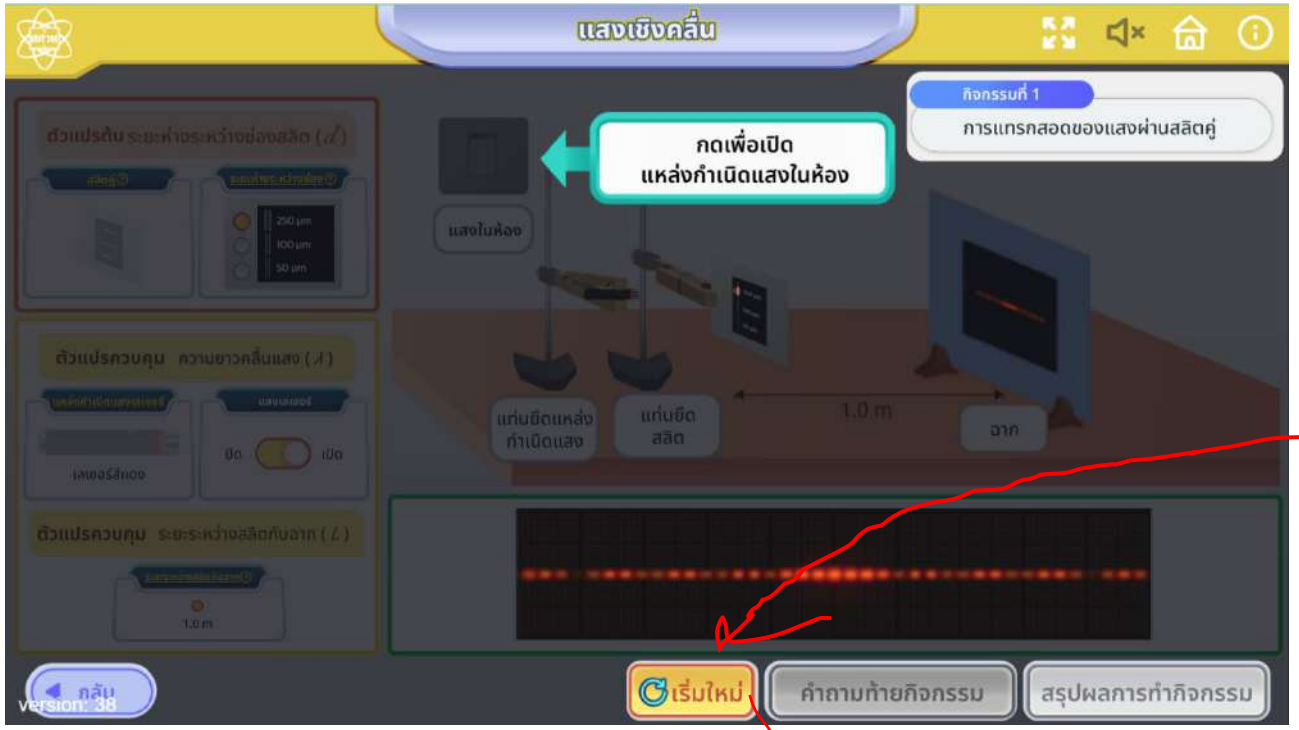
ปรับ prompt เป็น

“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”



ตามเป้าหมาย

pt



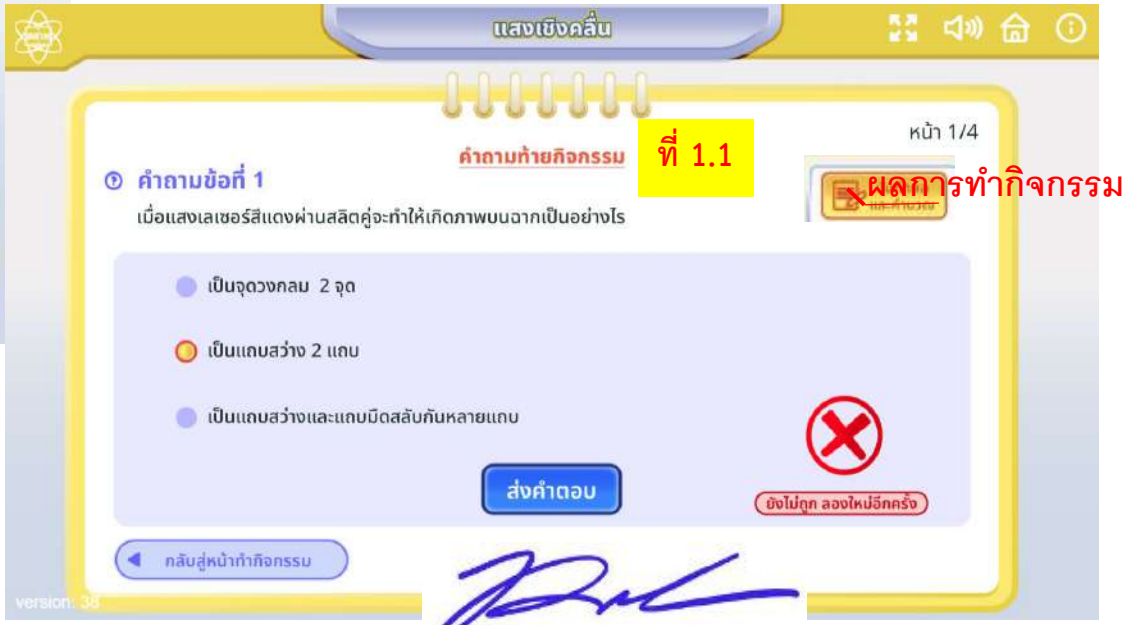
ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่
เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน



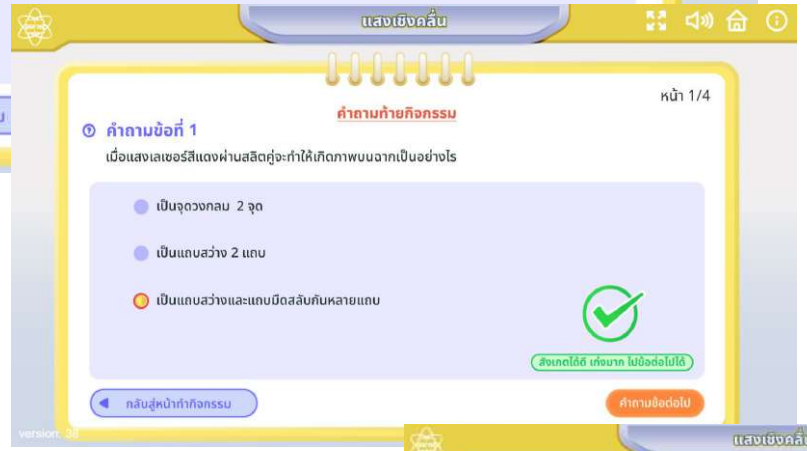
เพิ่ม ไอคอน “ผลการทำกิจกรรม” (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองทำ) เพื่อใช้ตอบคำถาม



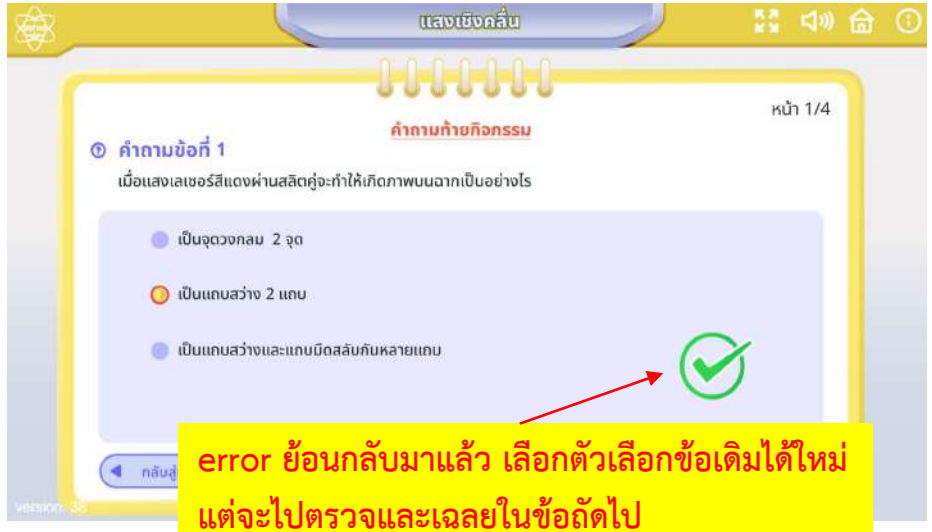


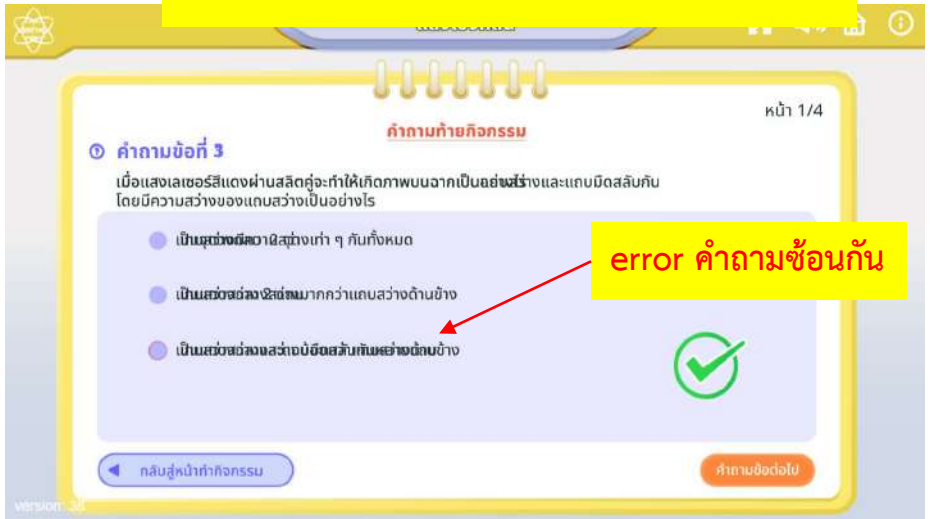












ตอนนี้ระบบตอบคำถามท้ายกิจกรรมจะ error เมื่อย้อนหลังไปเลือกไปคำถามก่อนหน้า

หน้า 1/4

คำถามท้ายกิจกรรม

คำถามข้อที่ 1

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นอย่างไร

- เป็นจุดวงกลม 2 จุด
- เป็นแถบสว่าง 2 แถบ
- เป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกันหลายแถบ

สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

กลับสู่หน้าทำกิจกรรม | คำถามข้อต่อไป

หน้า 2/4

คำถามท้ายกิจกรรม

คำถามข้อที่ 2

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกันที่มีความกว้างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

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

สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

คำถามข้อต่อไป

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

หน้า 3/4

คำถามท้ายกิจกรรม

คำถามข้อที่ 3

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยมีความสว่างของแถบสว่างเป็นอย่างไร

- แถบสว่างมีความสว่างเท่า ๆ กันทั้งหมด
- แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
- แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง

สังเกตได้ดี เก่งมาก ไปข้อต่อไปได้

คำถามข้อก่อนหน้า | คำถามข้อต่อไป

หน้า 4/4

คำถามท้ายกิจกรรม

คำถามข้อที่ 4

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน ถ้าระยะห่างระหว่างช่องสลิตคู่มีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดเป็นอย่างไร

- มากขึ้น
- เท่าเดิม
- น้อยลง

กลับไปทำกิจกรรมต่อ

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

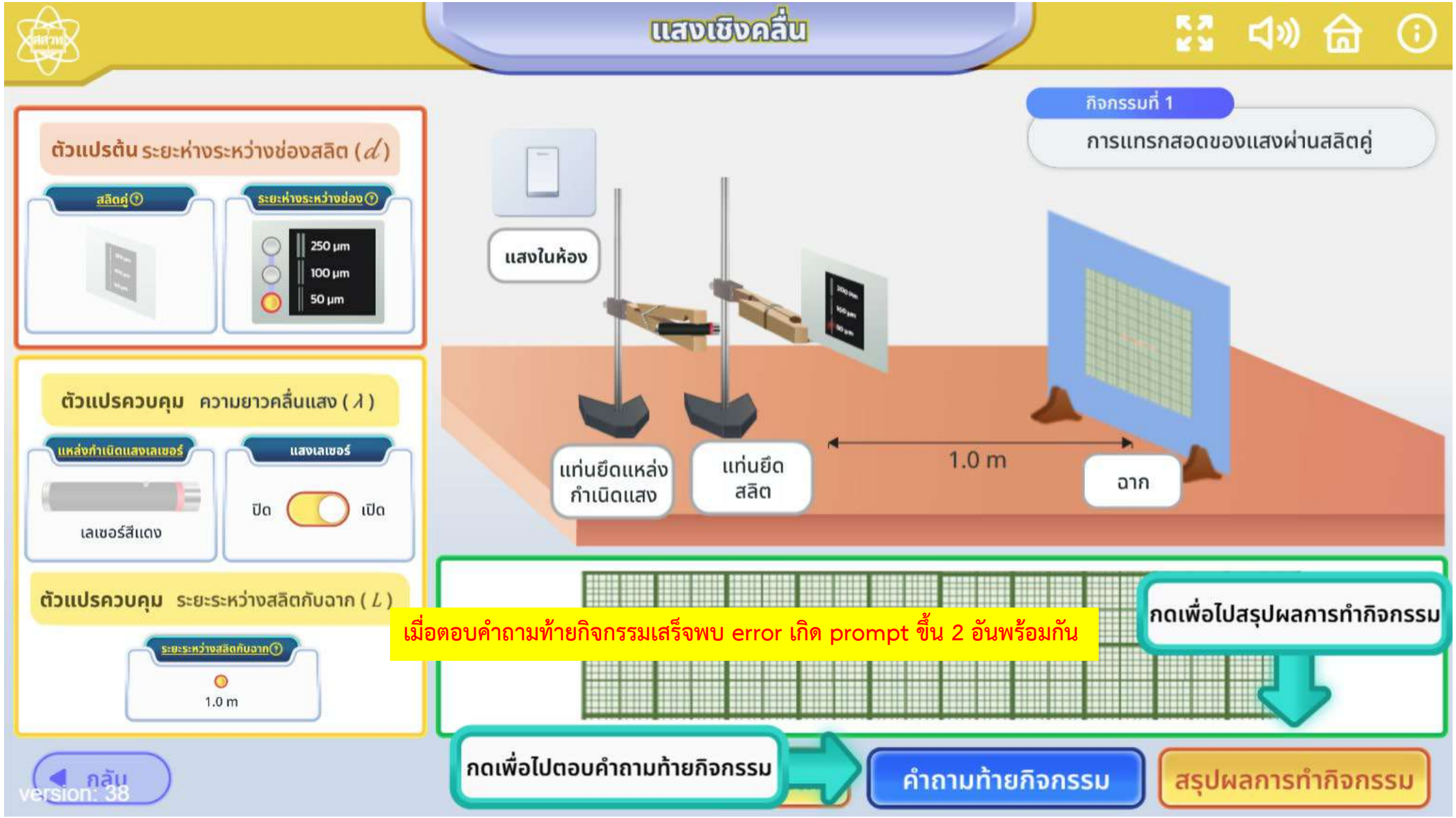
3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างด้านข้างมีความสว่างอย่างไร

ก. ใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง
ง. ไม่สามารถระบุได้

4. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างที่ไกลออกไปมีความสว่างอย่างไร

ก. ใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
ง. ไม่สามารถระบุได้



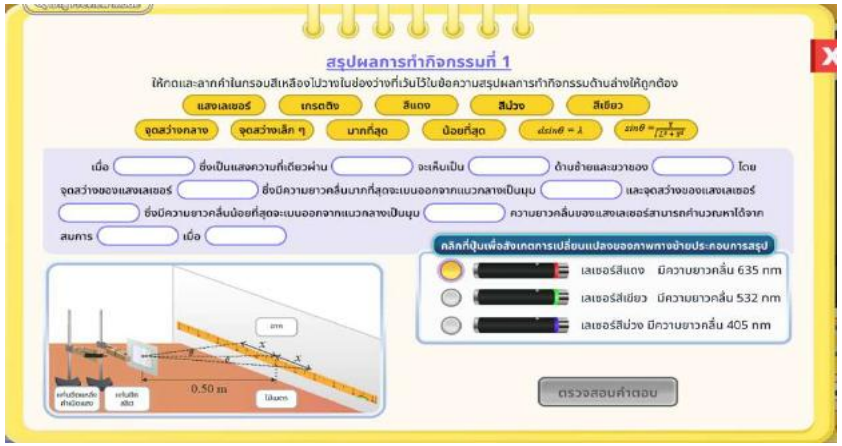

แสงเชิงคลื่น
ตัวแปรต้น ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)
สลิตคู่
ระยะห่างระหว่างช่อง
250 μm
100 μm
50 μm
ตัวแปรควบคุม ความยาวคลื่นแสง (λ)
แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์
เลเซอร์สีแดง
แสงเลเซอร์
ปิด
เปิด
ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)
ระยะระหว่างสลิตกับฉาก
1.0 m
กิจกรรมที่ 1
การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
แสงในห้อง
แท่นยึดแหล่งกำเนิดแสง
แท่นยึดสลิต
1.0 m
ฉาก
เมื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรมเสร็จพบ error เกิด prompt ขึ้น 2 อันพร้อมกัน
กดเพื่อไปสรุปผลการทำกิจกรรม
กดเพื่อไปตอบคำถามท้ายกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
สรุปผลการทำกิจกรรม
กลับ
version: 38

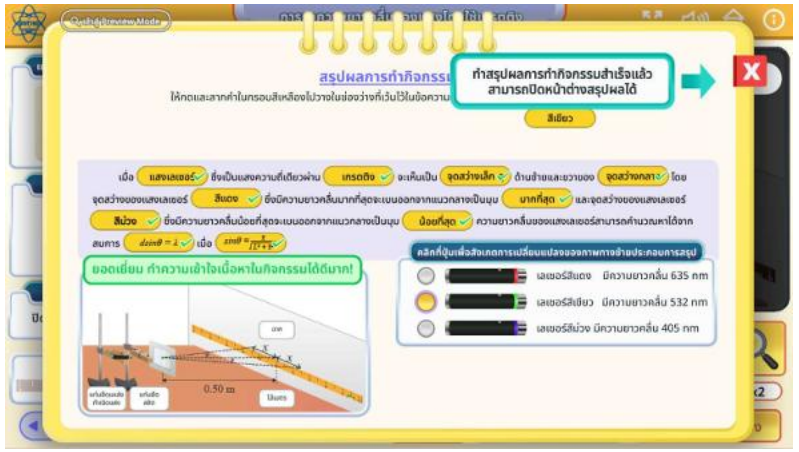


- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ
- เพิ่มปุ่มปิด และ prompt ตามตัวอย่างด้านล่าง

ปรับข้อความ prompt ตามนี้

“ยินดีด้วยคุณทำกิจกรรมที่ 1.1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว กรุณากดกลับเพื่อไปเลือกทำกิจกรรมอื่น ๆ”





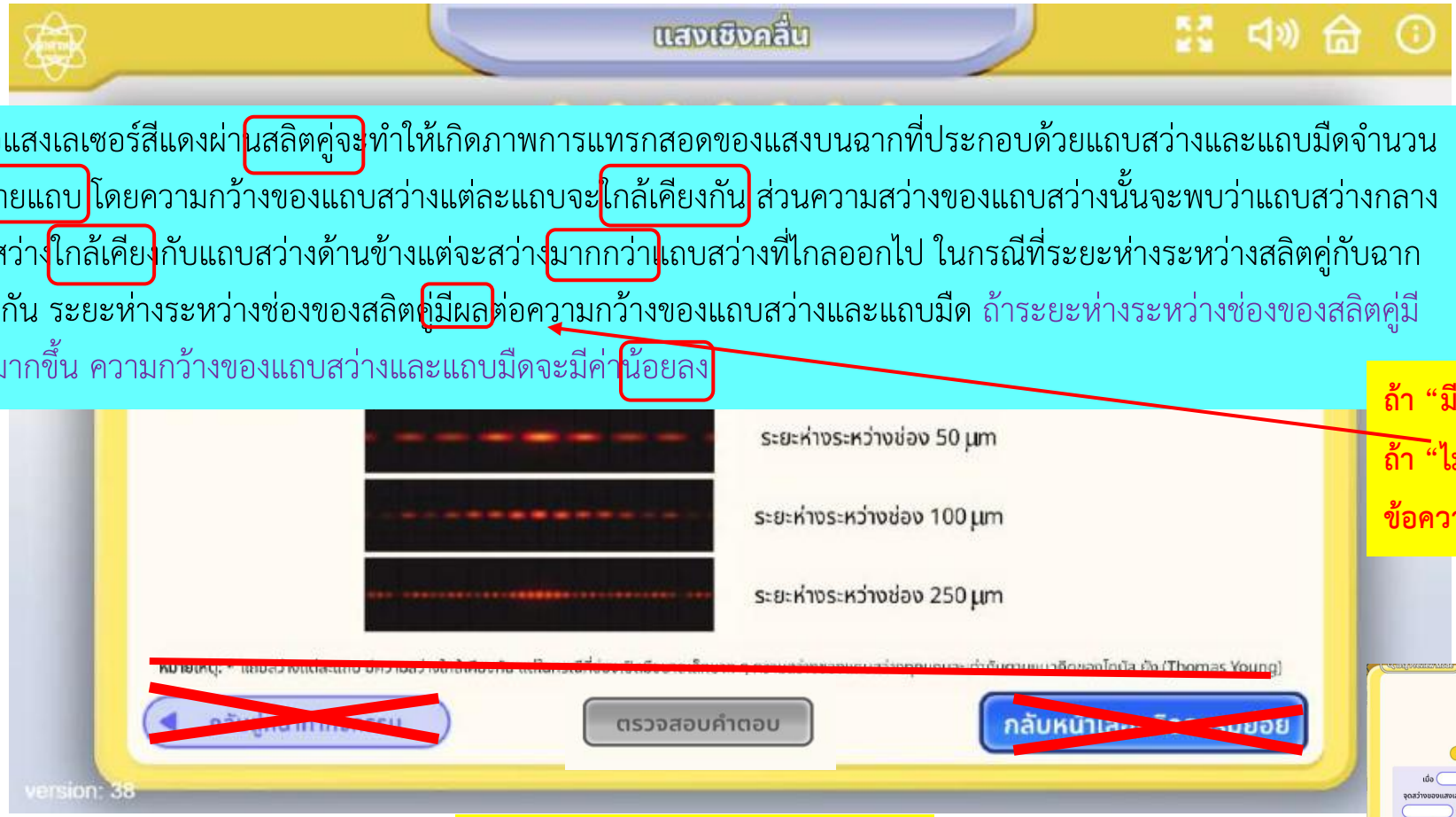


แก้ข้อความในสรุปผลการทำกิจกรรม

ตัวเลือก

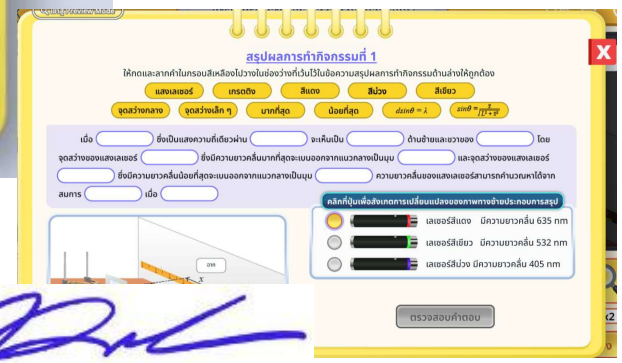
สลิตคู่	สองแถบ	ใกล้เคียงกัน	ใกล้เคียง	มากกว่า	มีผล	มากขึ้น
สลิตเดี่ยว	หลายแถบ	แตกต่างกัน	เท่ากับ	น้อยกว่า	ไม่มีผล	น้อยลง

เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพการแทรกสอดของแสงบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดจำนวนหลายแถบ โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบจะใกล้เคียงกัน ส่วนความสว่างของแถบสว่างนั้นจะพบว่าแถบสว่างกลางจะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างสลิตคู่กับฉากเท่ากัน ระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่มีผลต่อความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด ถ้าระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่มีค่ามากขึ้น ความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดจะมีค่าน้อยลง

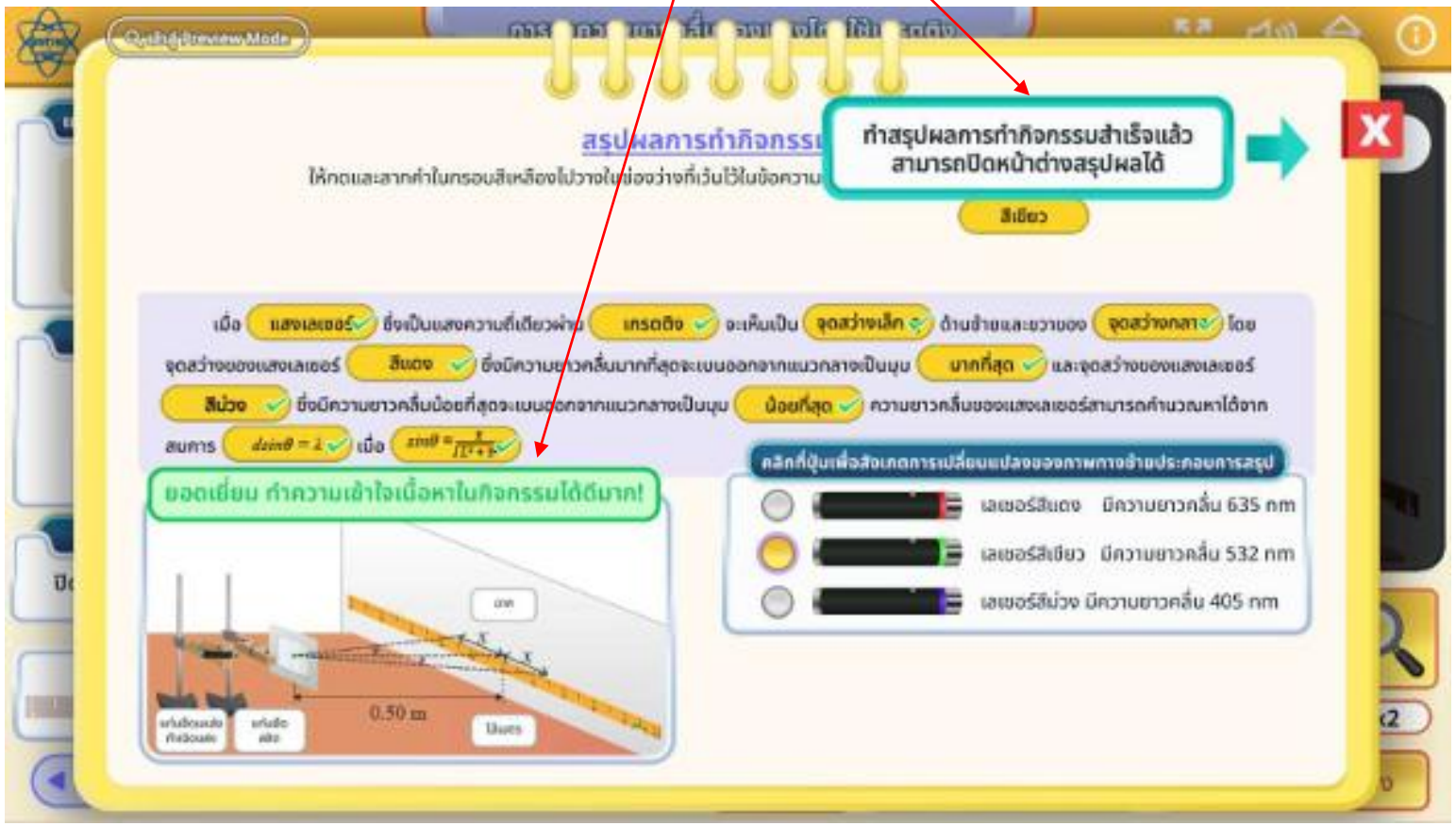


ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความสีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” หรือ “ไม่เติม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความสีม่วง (ของจริงไม่ต้องสีม่วง)

ปรับ Format หน้าสรุปให้เหมือน
กิจกรรมของเกรตติงที่ลากมาวางได้



เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



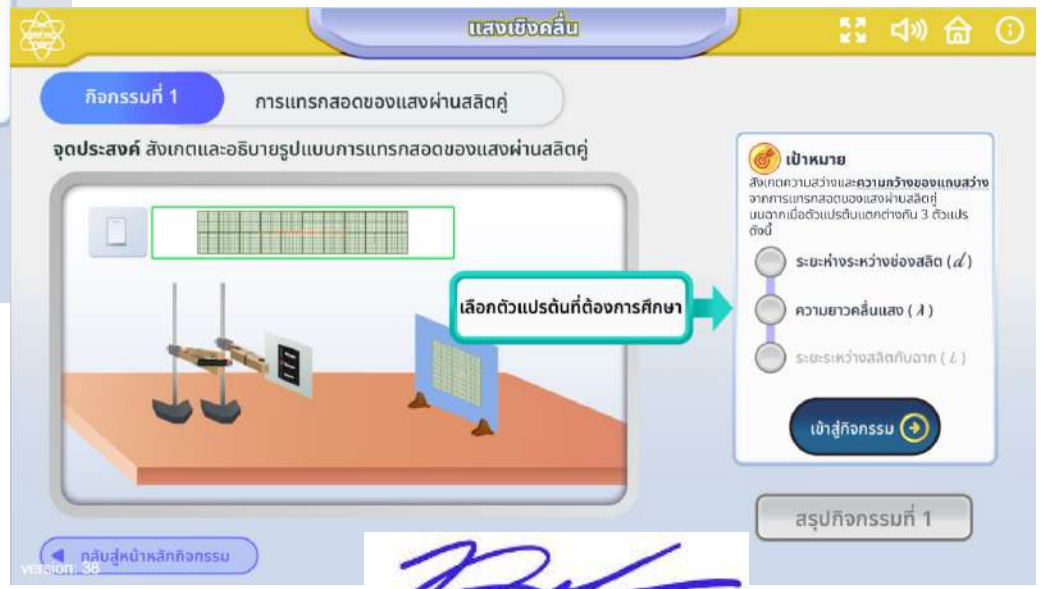
เมื่อทำกิจกรรมย่อยที่ 1.1 หรือ 1.2 หรือ 1.3 กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งเสร็จแล้ว แล้วกลับหน้าเลือกกิจกรรม



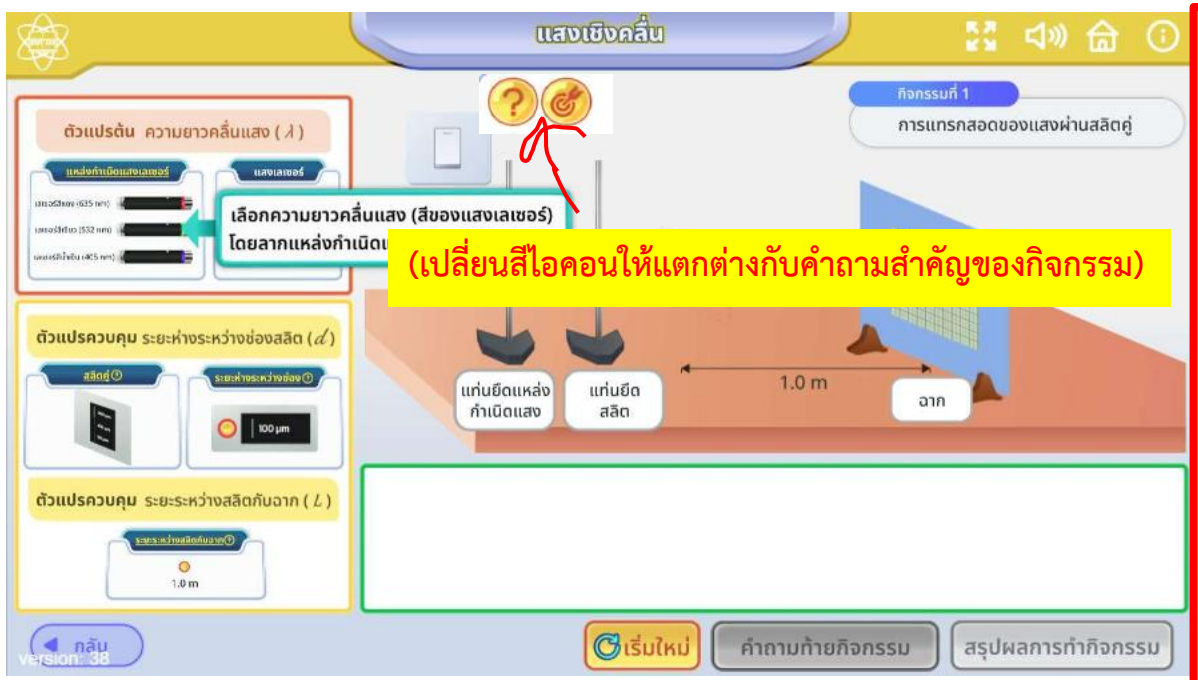
(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับตัวหลัก)

ให้แสดงแค่ prompt
- เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา
- กดเข้าสู่กิจกรรม

ไม่แสดง prompt อื่น ๆ ซ้ำ ไม่อ่านซ้ำ



หน้ากิจกรรมย่อยที่ 1 สลิตคู่ ตัวแปร 1.2 ความยาวคลื่นแสง (λ)



(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับคำถามสำคัญของกิจกรรม)

เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

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

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงที่มีความถี่แตกต่างกัน 3 ค่า ผ่านสลิตคู่ โดยระยะระหว่างช่องสลิตและระยะระหว่างสลิตกับฉากคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่สัมพันธ์กับความถี่ของแสงอย่างไร

เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น
“ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้”

ปรับแก้ 1.2 ในทำนองเดียวกับกิจกรรมที่ 1.1



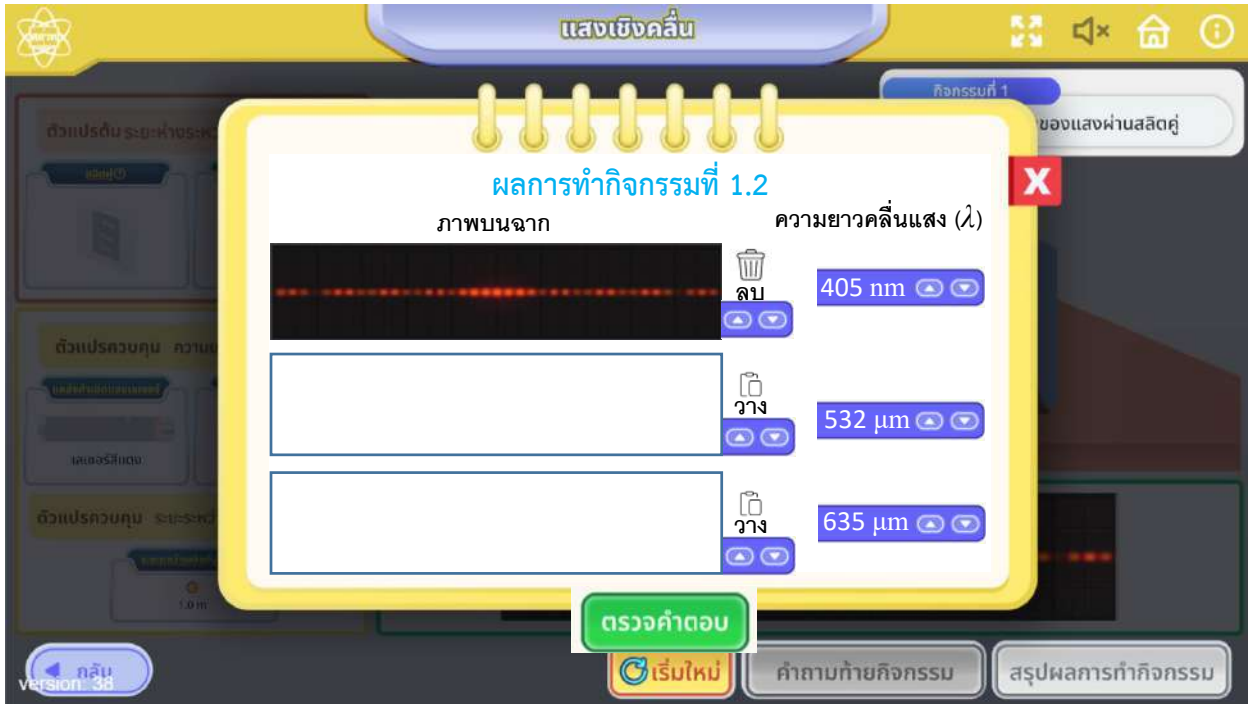
ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่
เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

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



หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1.2

แสงเชิงคลื่น

กิจกรรมที่ 1

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ตัวแปรต้น ความยาวคลื่นแสง (λ)

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ | แสงเลเซอร์

สีม่วง

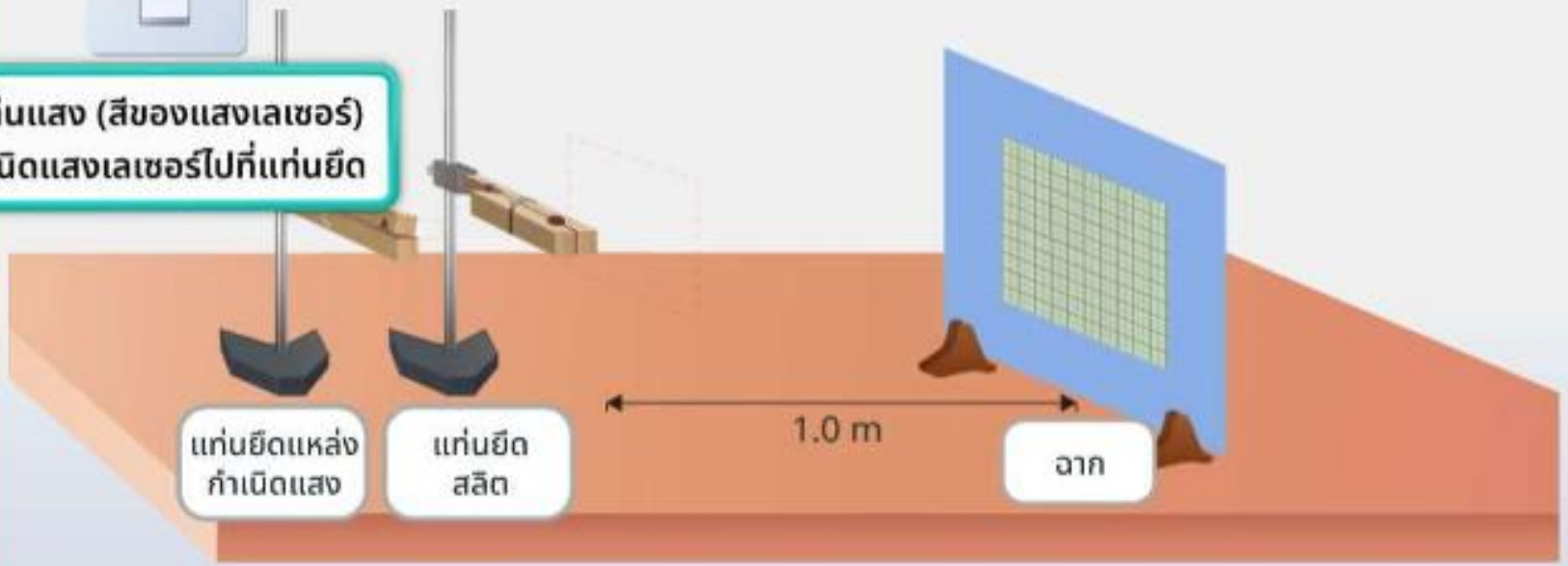
เลือกความยาวคลื่นแสง (สีของแสงเลเซอร์)
โดยลากแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ไปที่แท่นยึด

ตัวแปรควบคุม ระยะห่างระหว่างช่องสลิต (d)

สลิตคู่ | ระยะห่างระหว่างช่อง | 100 μm

ตัวแปรควบคุม ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

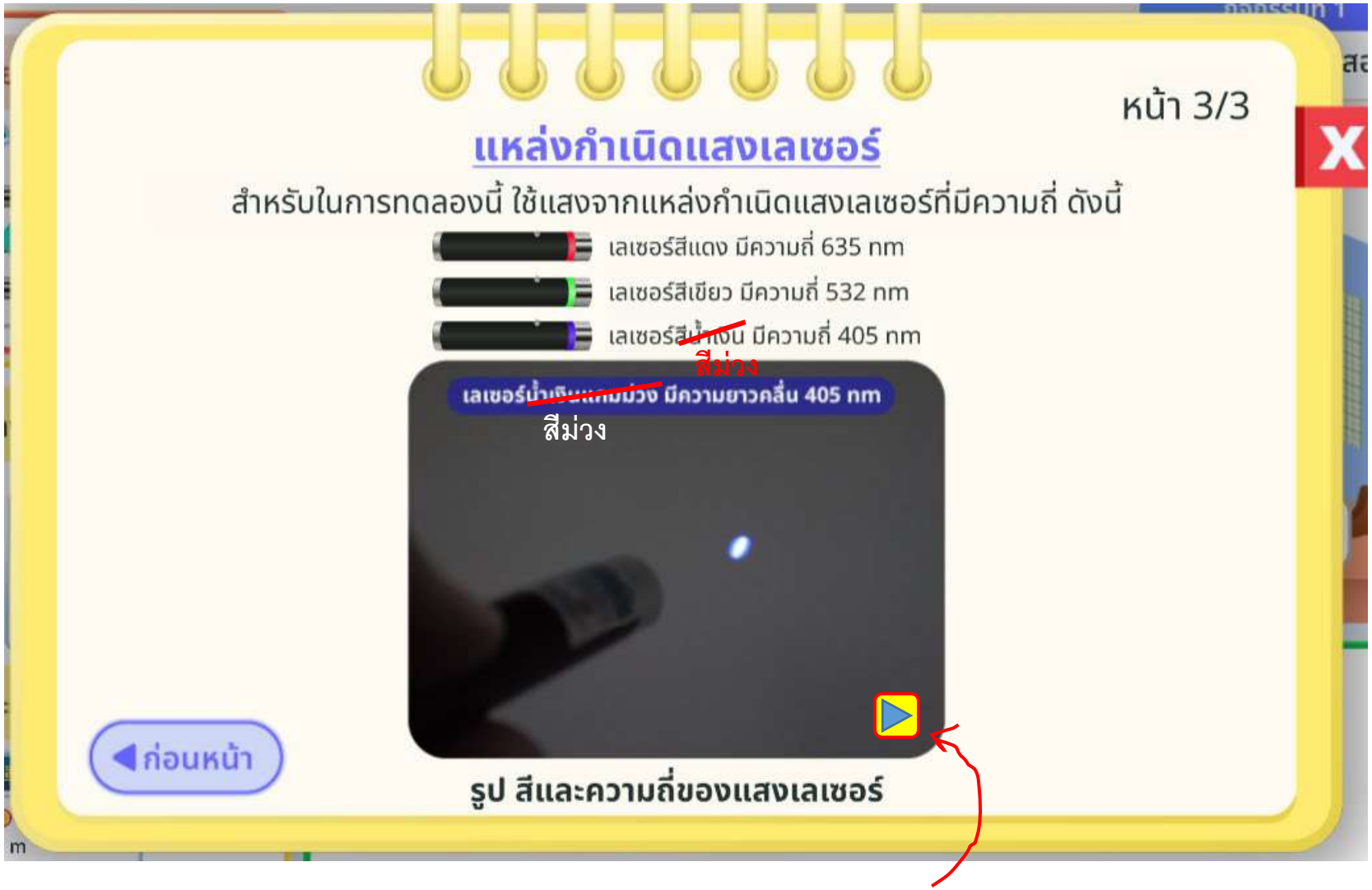
ระยะระหว่างสลิตกับฉาก | 1.0 m



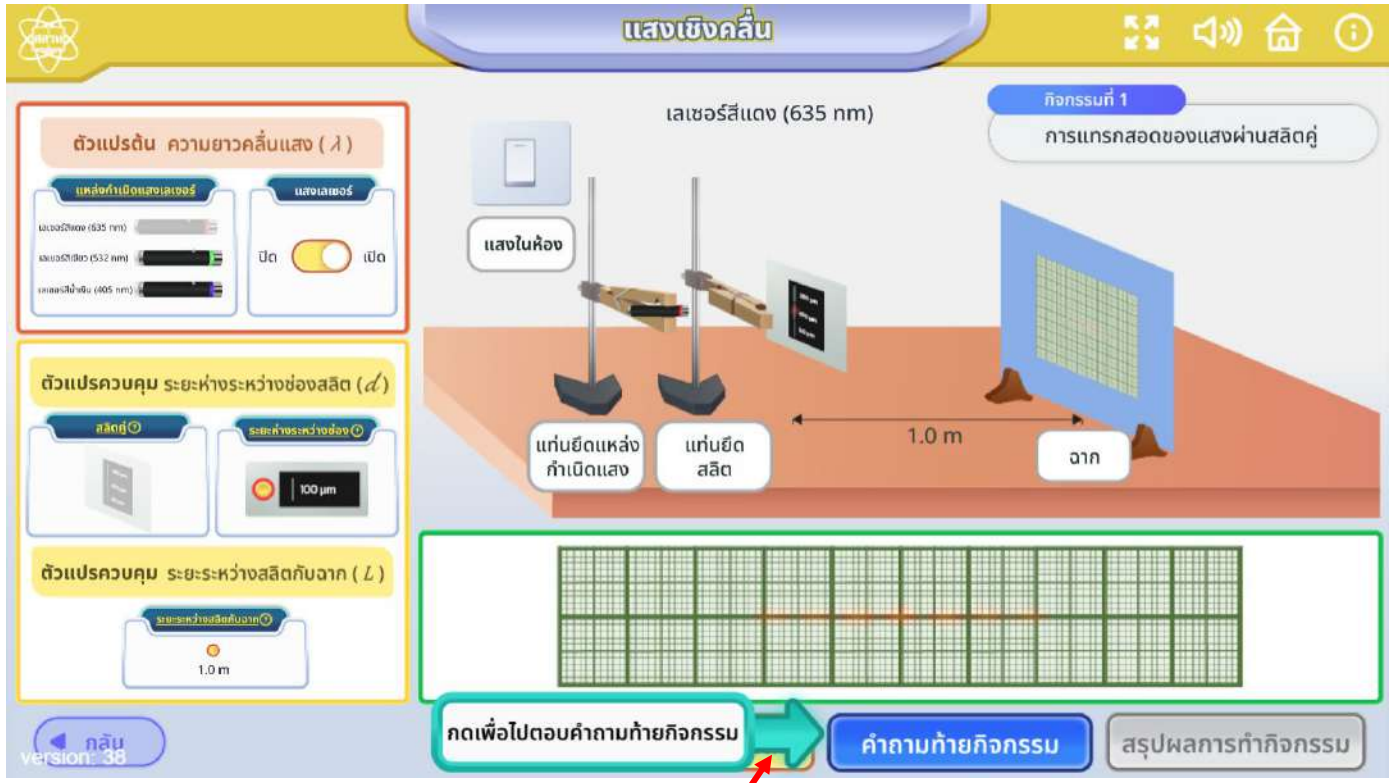
กลับ

เริ่มใหม่ | คำถามท้ายกิจกรรม | สรุปผลการทำกิจกรรม

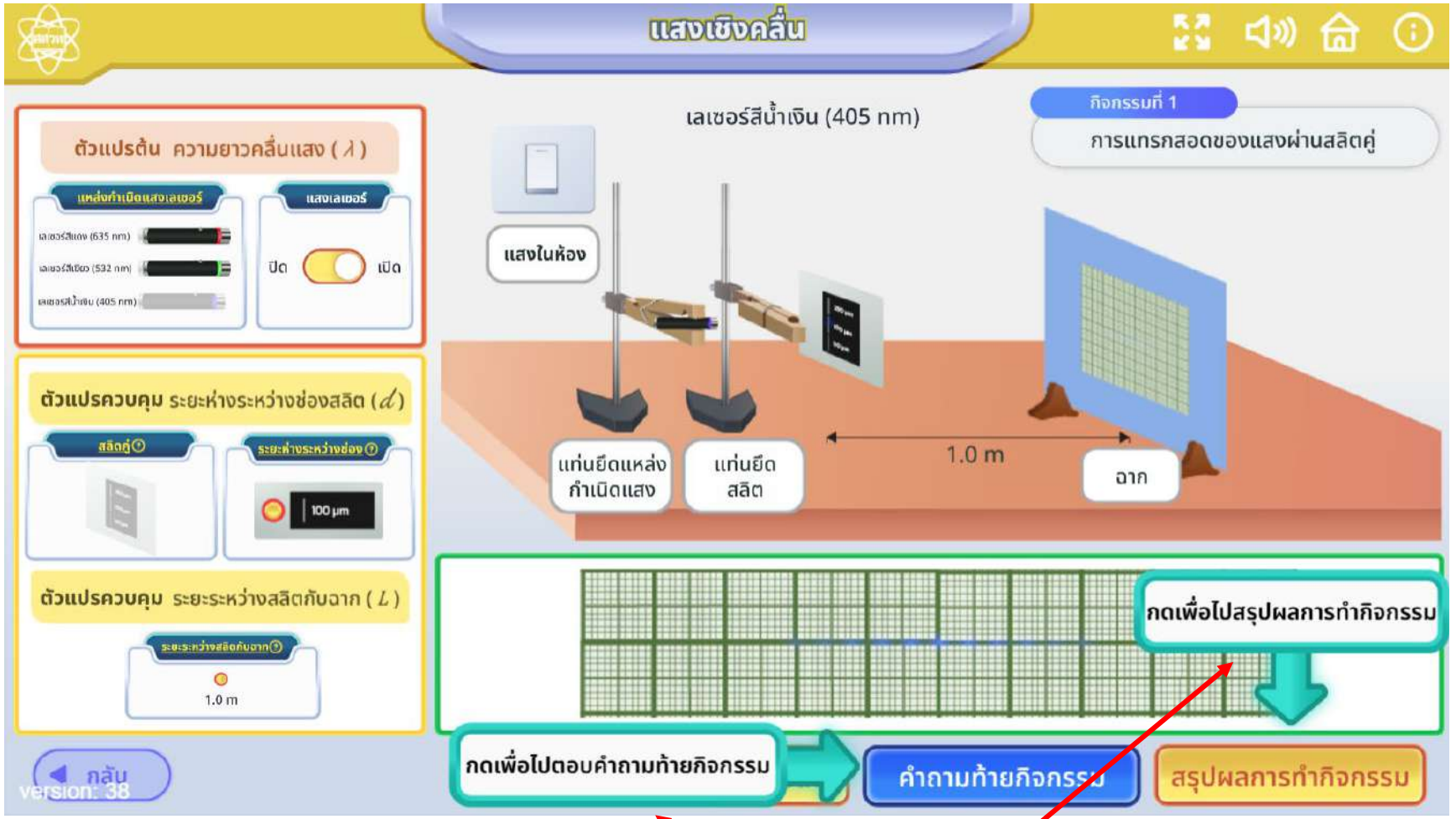
version: 38



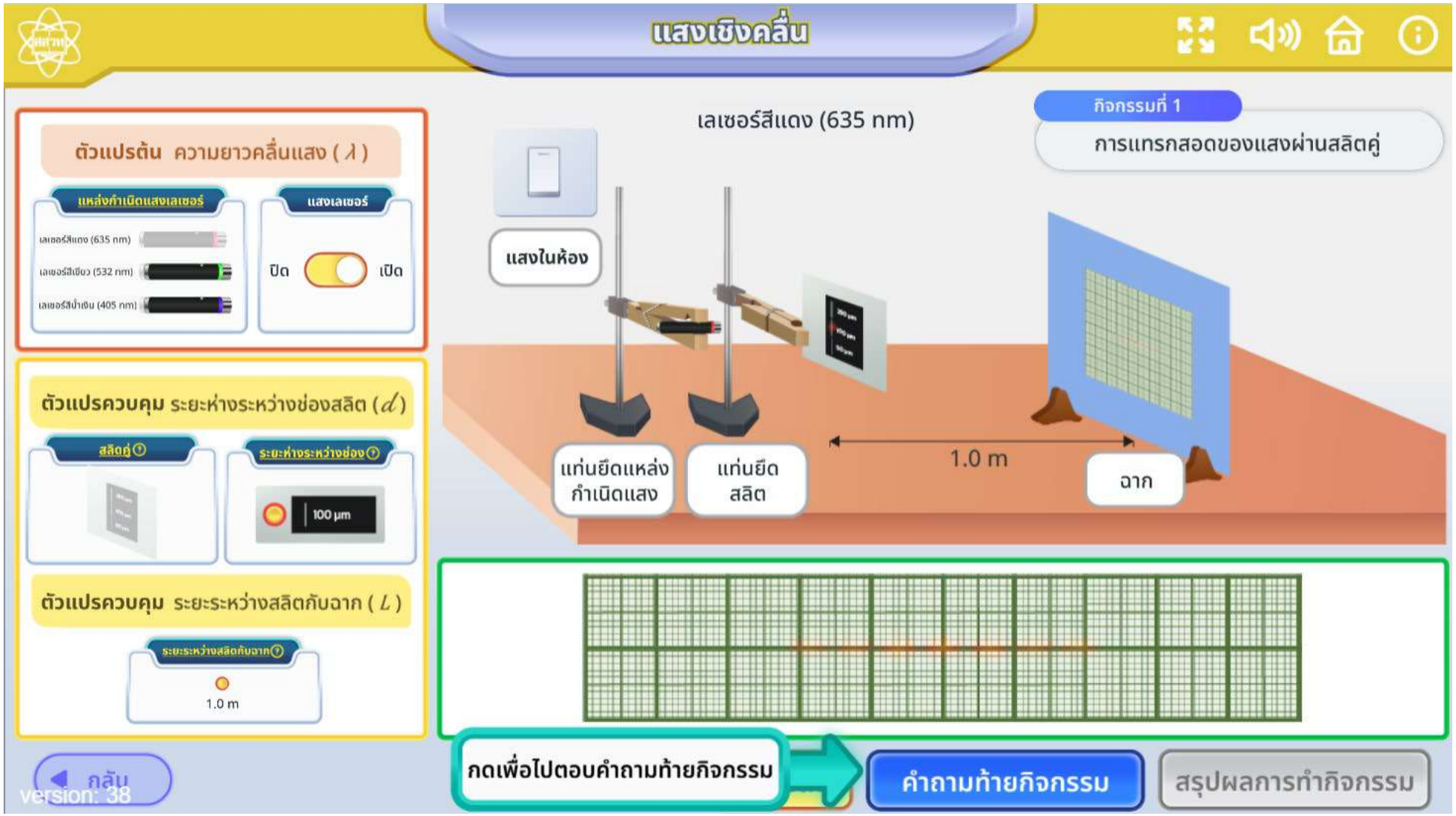
ส่วนคำขีดเส้นใต้เพื่อศึกษาความหมาย ให้เพิ่มปุ่ม Play/Pause ที่รูปแอนิเมชัน ให้สามารถหยุดดูได้



พบ error กดตอบคำถามท้ายกิจกรรมแล้วไม่ไป เลยไปกดตรง prompt แล้วทำให้เกิดการเริ่มใหม่ แต่พอทำจนเสร็จก็ไม่สามารถไปตอบคำถามได้



พบ error เป็น prompt ค้าง



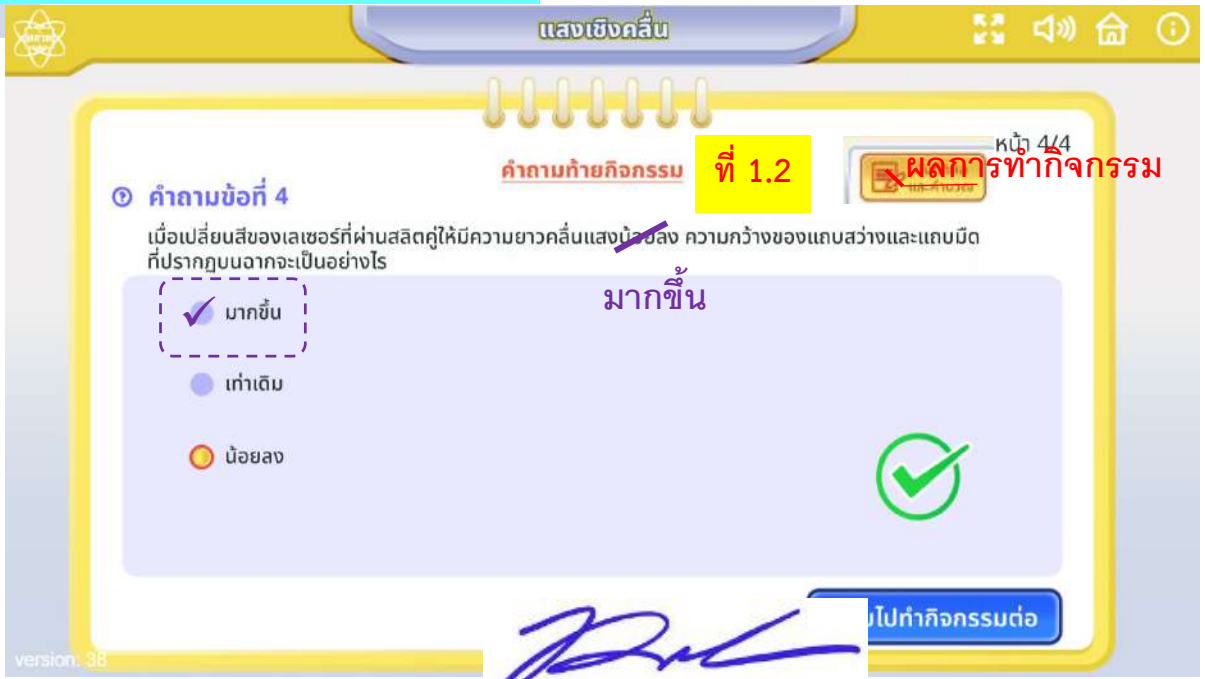
ถ้าทำเร็วๆ บางครั้งก็ค้าง/error กดไปคำถามท้ายกิจกรรมไม่ได้ ต้องวางเลเซอร์และทำกิ ะกดได้





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





เพิ่มคำถามข้อ 2 และ ข้อ 3 (ส่วนข้อ 2 เดิมเปลี่ยนเป็นข้อ 4)

2. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีม่วง ผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างด้านข้างมีความสว่างอย่างไร

ก. ใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง
ง. ไม่สามารถระบุได้

3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดง สีเขียว และสีม่วง ผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างที่ไกลออกไปมีความสว่างอย่างไร

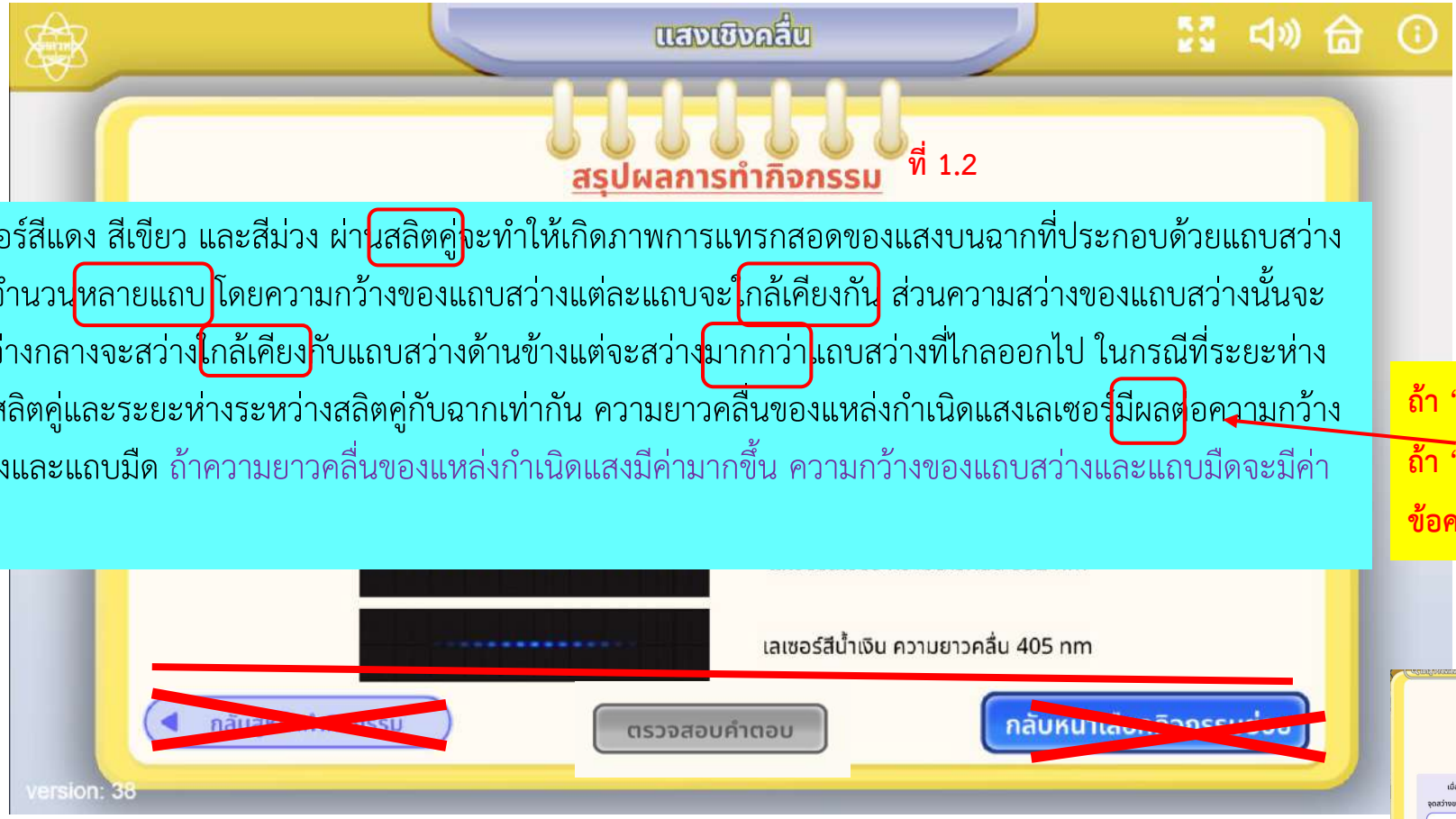
ก. ใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
ง. ไม่สามารถระบุได้



แก้ข้อความในสรุปผลการทำกิจกรรม

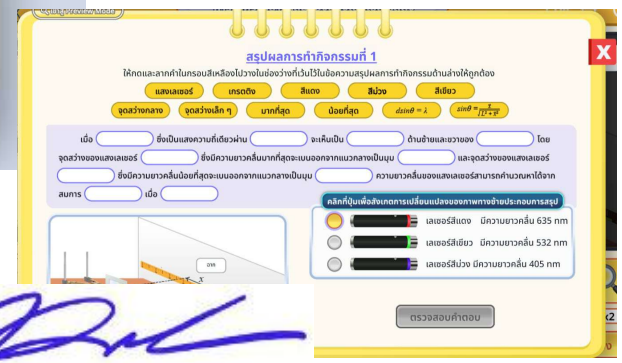
ตัวเลือก

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

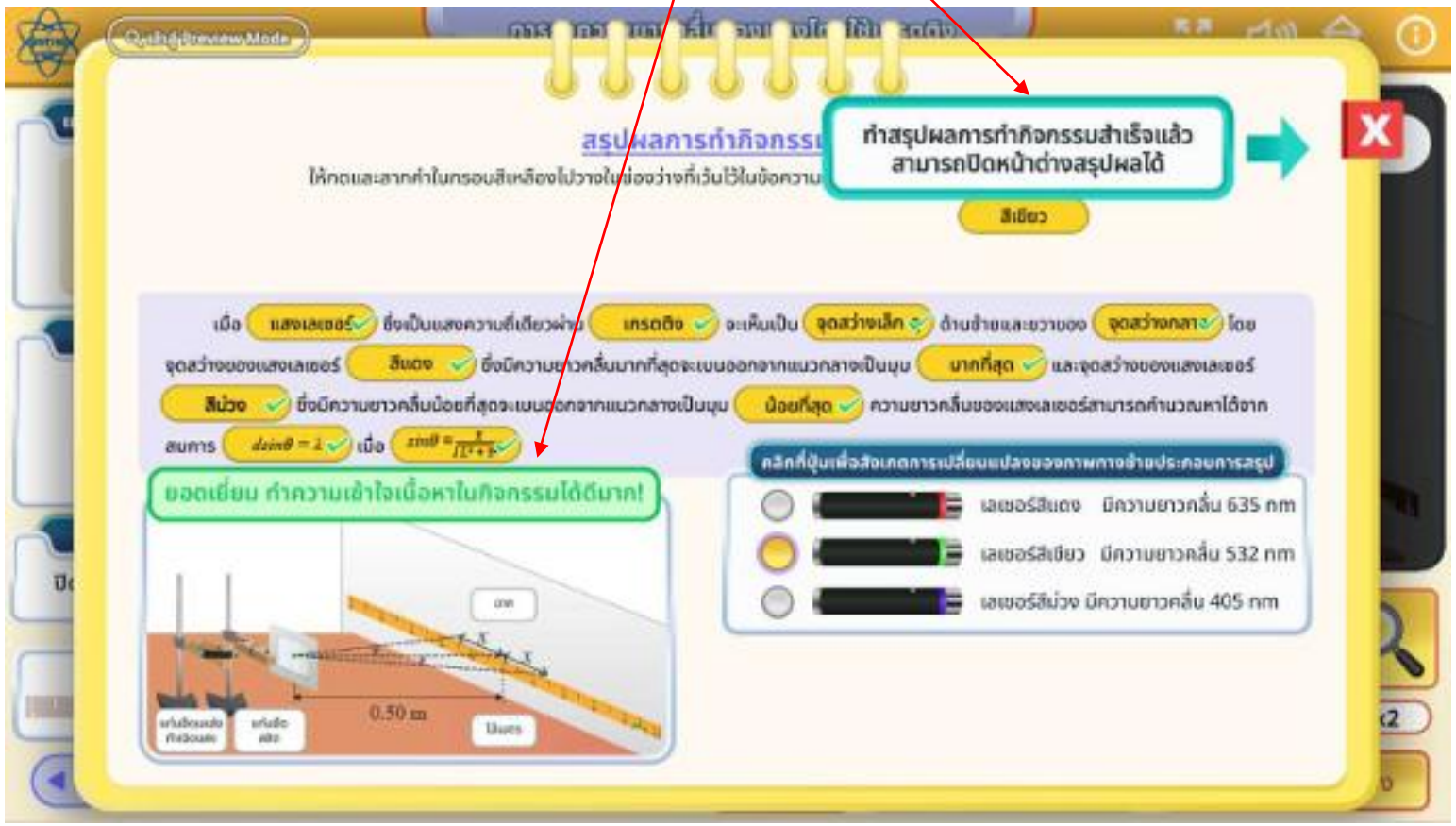


ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความสีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” หรือ “ไม่เติม” จะไม่ปรากฏ
ข้อความสีม่วง (ของจริงไม่ต้องสีม่วง)

ปรับ Format หน้าสรุปให้เหมือน
กิจกรรมของเกรตติงที่ลากมาวางได้



เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



หน้ากิจกรรมย่อยที่ 1 สลิตคู่ ตัวแปร 1.3 ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (ℓ)





(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับคำถามสำคัญของกิจกรรม)

เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าตารางบันทึกผล)
- 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



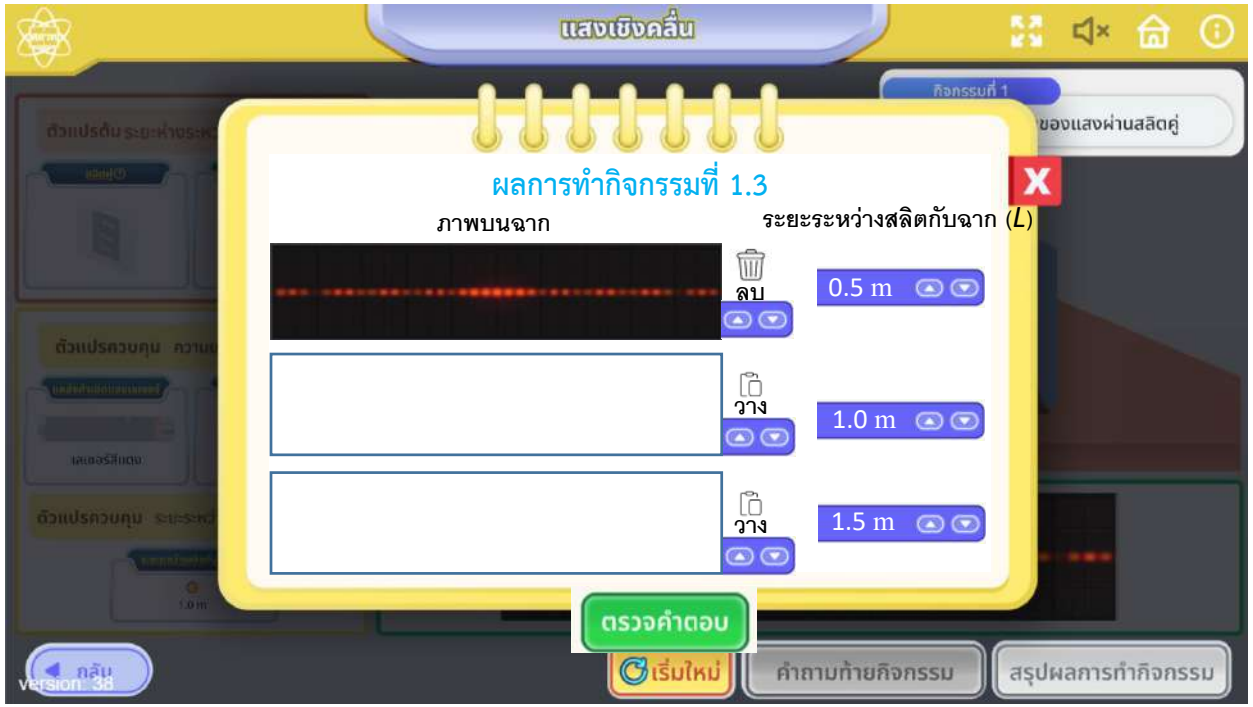
ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่
เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

เพิ่ม ไอคอน "ผลการทำกิจกรรม" (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองท

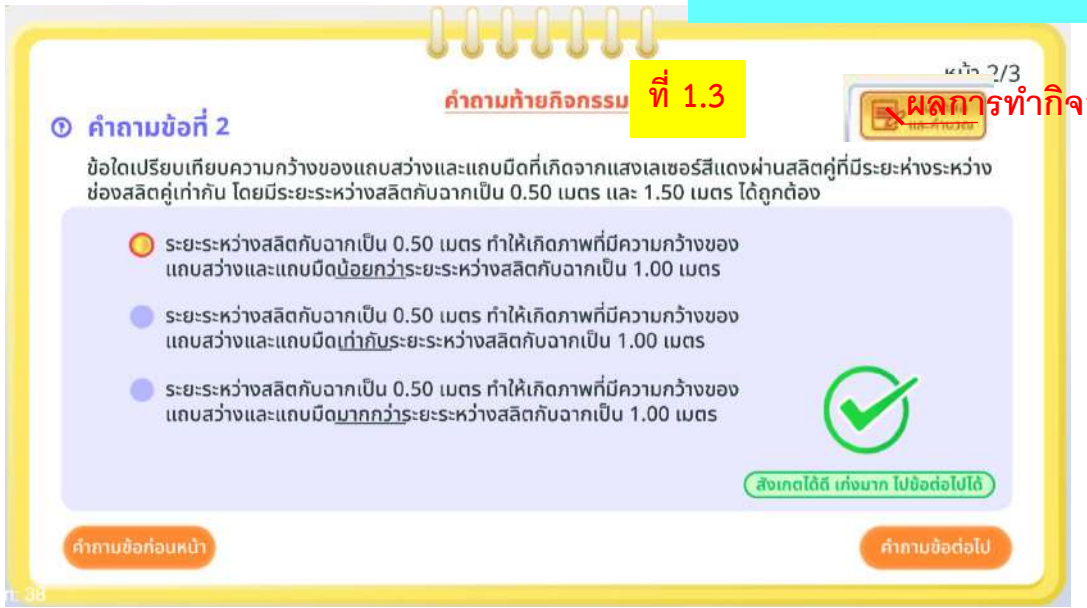


หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1.3





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



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

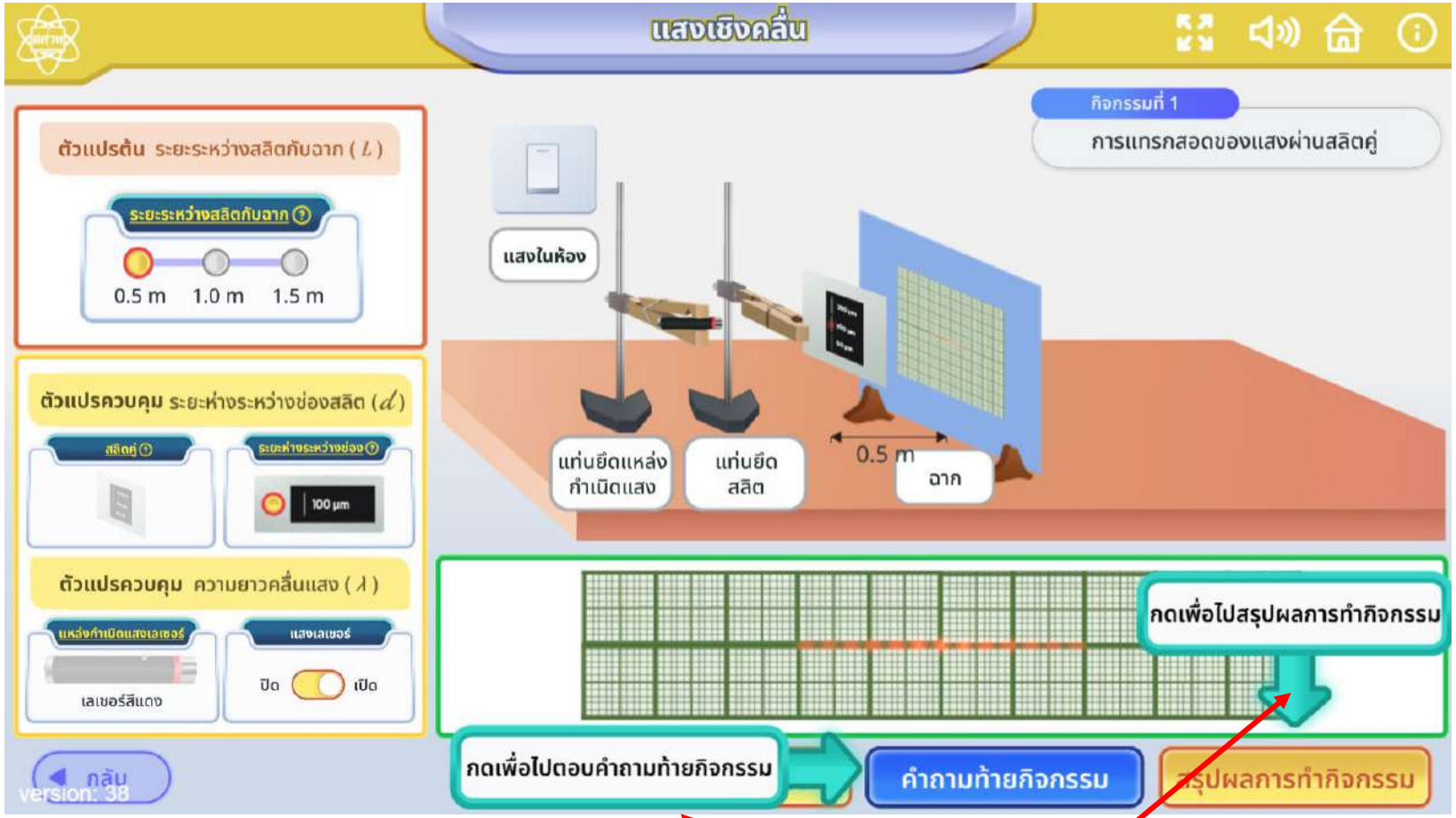
2. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างด้านข้างมีความสว่างอย่างไร

ก. ใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างด้านข้าง
ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างด้านข้าง
ง. ไม่สามารถระบุได้

3. เมื่อแสงเลเซอร์สีแดงผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพบนฉากเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกับแถบสว่างที่ไกลออกไปมีความสว่างอย่างไร

ก. ใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
ค. แถบสว่างกลางสว่างน้อยกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป
ง. ไม่สามารถระบุได้



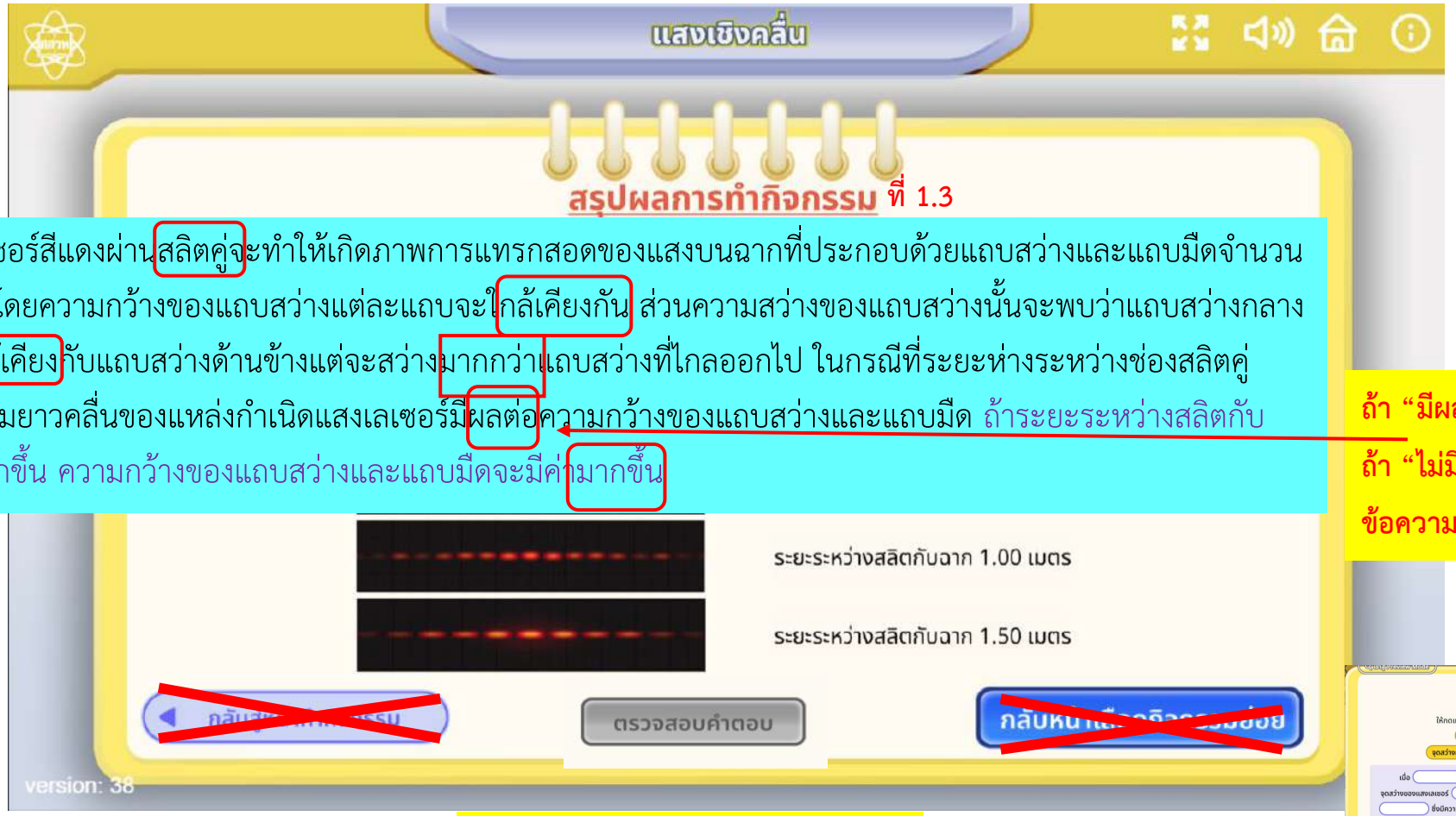


พบ error เป็น prompt ค้าง

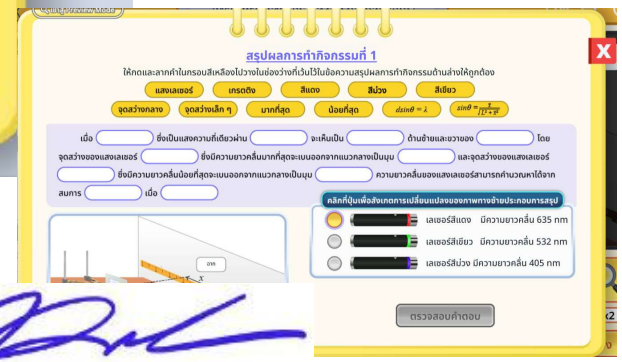
แก้ข้อความในสรุปผลการทำกิจกรรม

ตัวเลือก

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

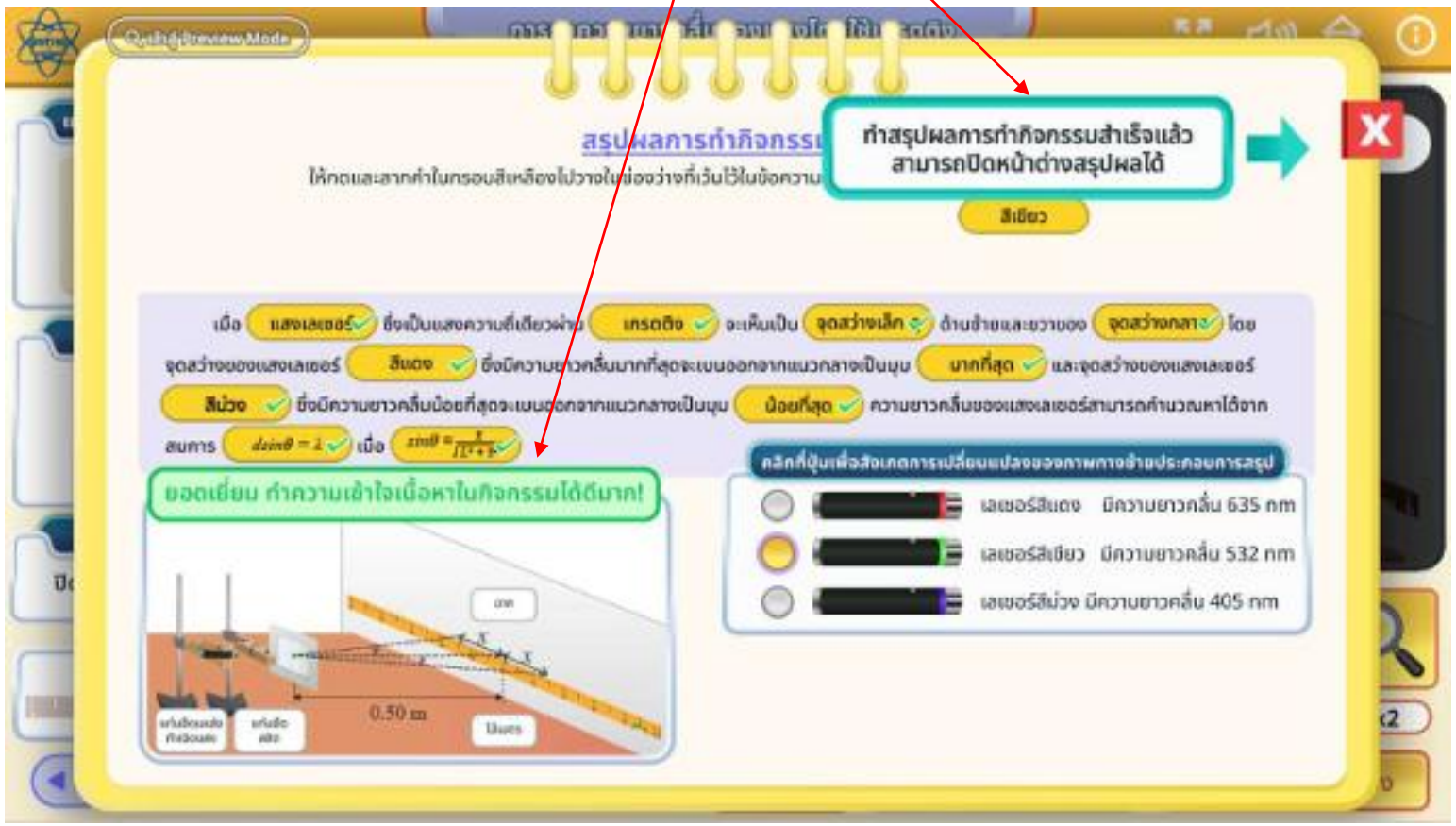


ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความสีม่วงจึงปรากฏ
ถ้า “ไม่มีผล” หรือ “ไม่เติม” จะไม่ปรากฏข้อความสีม่วง (ของจริงไม่ต้องสีม่วง)



ปรับ Format หน้าสรุปให้เหมือนกิจกรรมของเกรตติงที่ลากมาวางได้

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



หน้ากิจกรรมที่ 1 เมื่อทำครบ 3 ตัวแปร



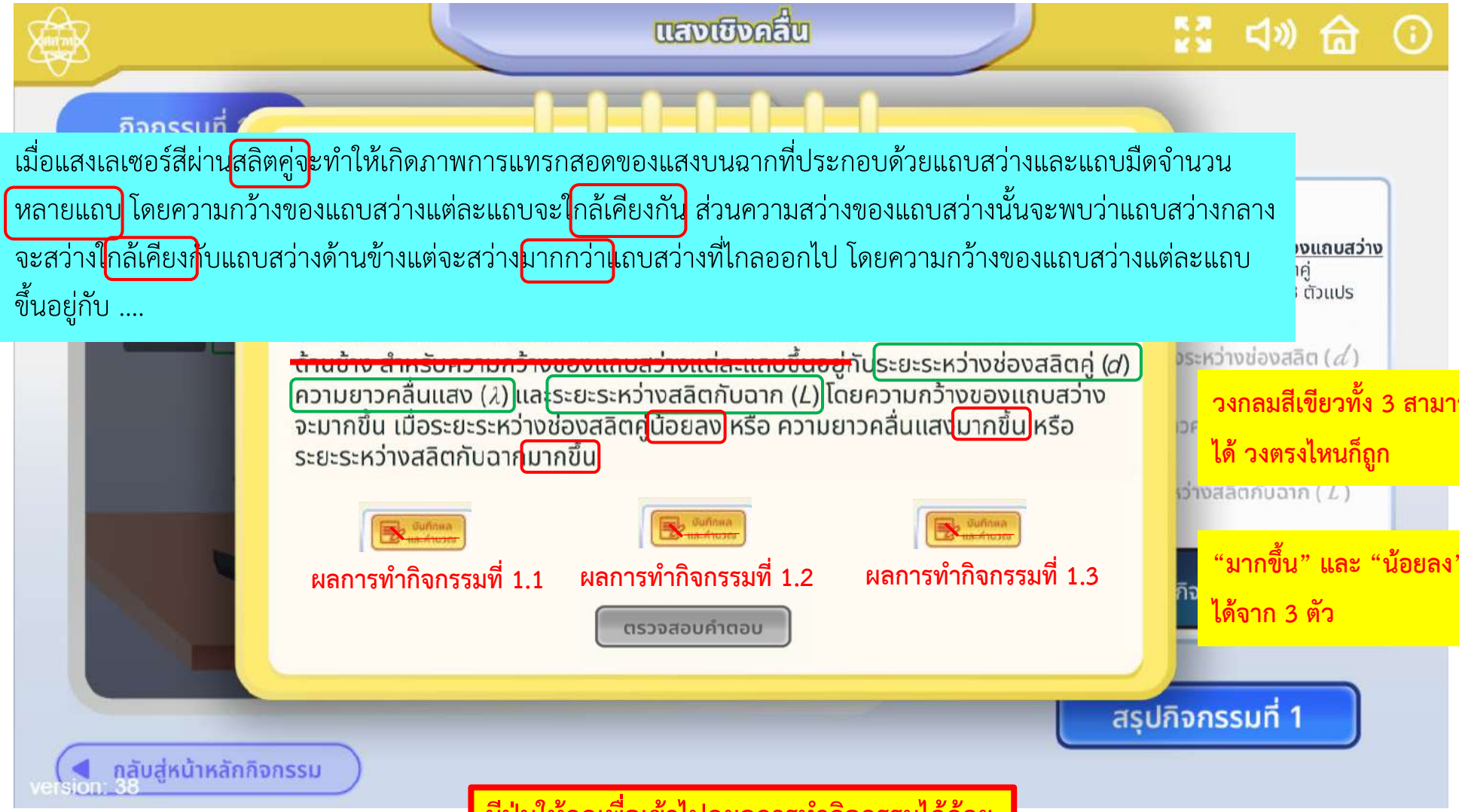


ตัดเสียงแทรก กดเพื่อศึกษาออก น่าจะหลุดมา

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



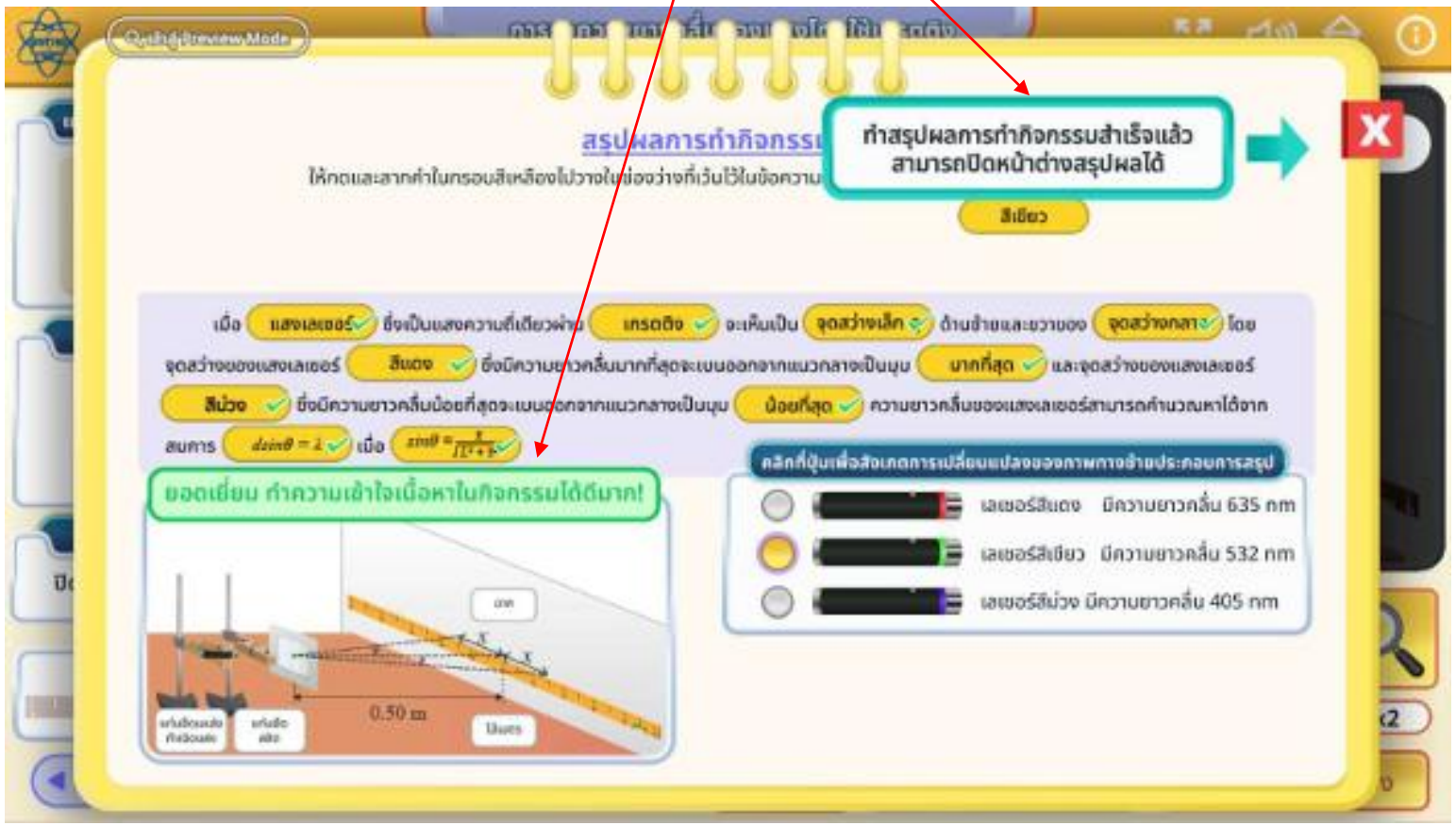
เมื่อแสงเลเซอร์สีผ่านสลิตคู่จะทำให้เกิดภาพการแทรกสอดของแสงบนฉากที่ประกอบด้วยแถบสว่างและแถบมืดจำนวนหลายแถบ โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบจะใกล้เคียงกัน ส่วนความสว่างของแถบสว่างนั้นจะพบว่าแถบสว่างกลางจะสว่างใกล้เคียงกับแถบสว่างด้านข้างแต่จะสว่างมากกว่าแถบสว่างที่ไกลออกไป โดยความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบขึ้นอยู่กับ ....

วงกลมสีเขียวทั้ง 3 สามารถสลับลำดับได้ วงตรงไหนก็ถูก

“มากขึ้น” และ “น้อยลง” ใช้ตัวไหนก็ได้จาก 3 ตัว

มีปุ่มให้กดเพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมได้ด้วย

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



เมื่อสรุปกิจกรรมที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว

ปรับข้อความเป็น “ยินดีด้วย คุณทำกิจกรรมที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดกลับเพื่อไปเลือกทำกิจกรรมที่ 2 หรือ ตอบคำถามชวนคิด”



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





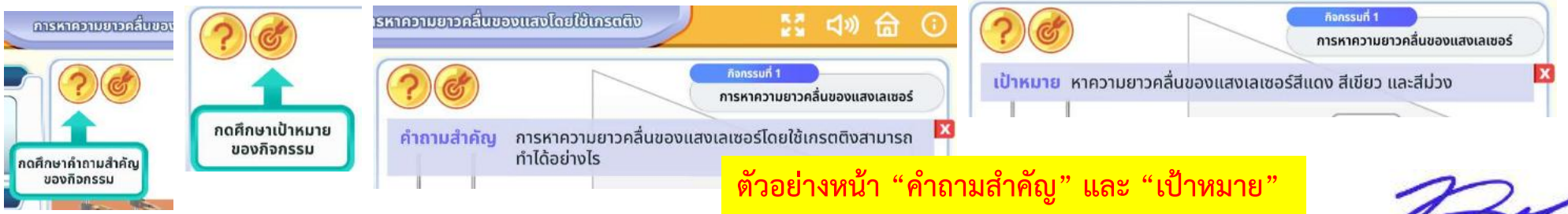
(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับตัวหลัก)

เพิ่มกรอบคำศัพท์ “สลิตเดี่ยว”
เพิ่มไอคอน “เป้าหมาย” และ “คำถามสำคัญ”
ลบข้อความเพื่อเป็นพื้นที่สำหรับใช้แสดง “คำถามสำคัญ” และ “เป้าหมาย”

เพิ่ม prompt แนะนำวิธีใช้งาน ตามลำดับ ดังนี้
- กดศึกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม
- กดศึกษาเป้าหมายของกิจกรรม
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
- เลือกตัวแปรที่ต้องการศึกษา
- กดเข้าสู่กิจกรรม

คำถามสำคัญ “รูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวบนฉากสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างไร”

เป้าหมาย “สังเกต**ความกว้าง**และ**ความสว่างของแถบสว่าง**จากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวบนฉาก เมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องแตกต่างกันครบทั้ง 3 ตัวแปร”

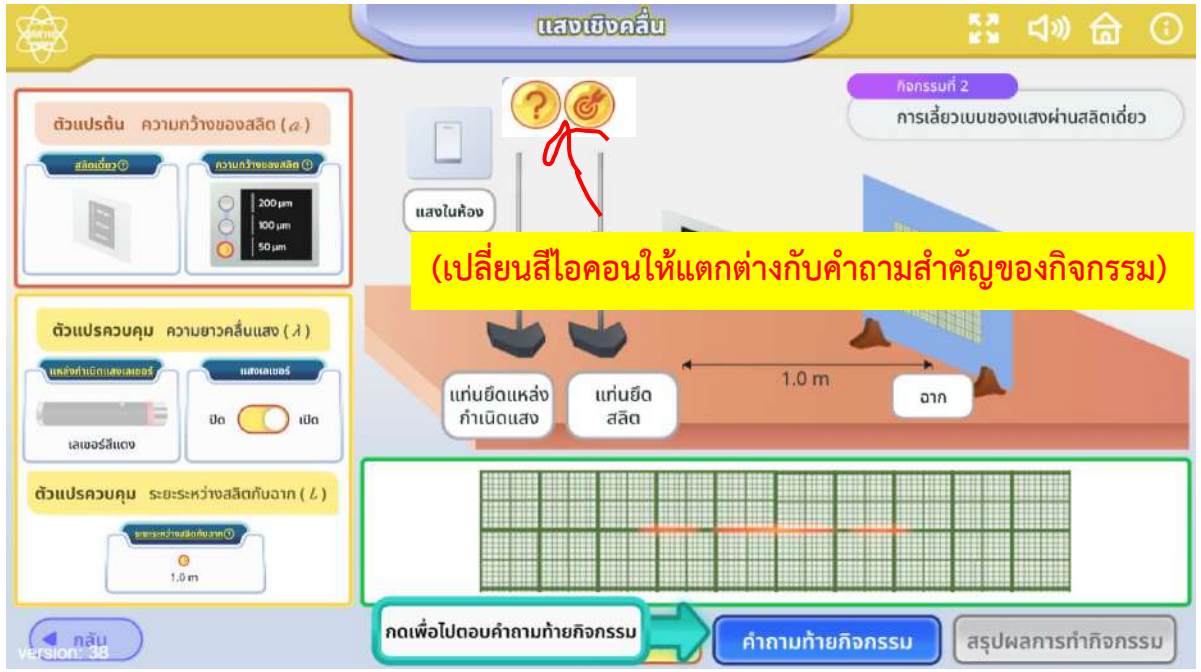


ตัวอย่างหน้า “คำถามสำคัญ” และ “เป้าหมาย”



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 (ในหน้าตารางบันทึกผล)
- 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

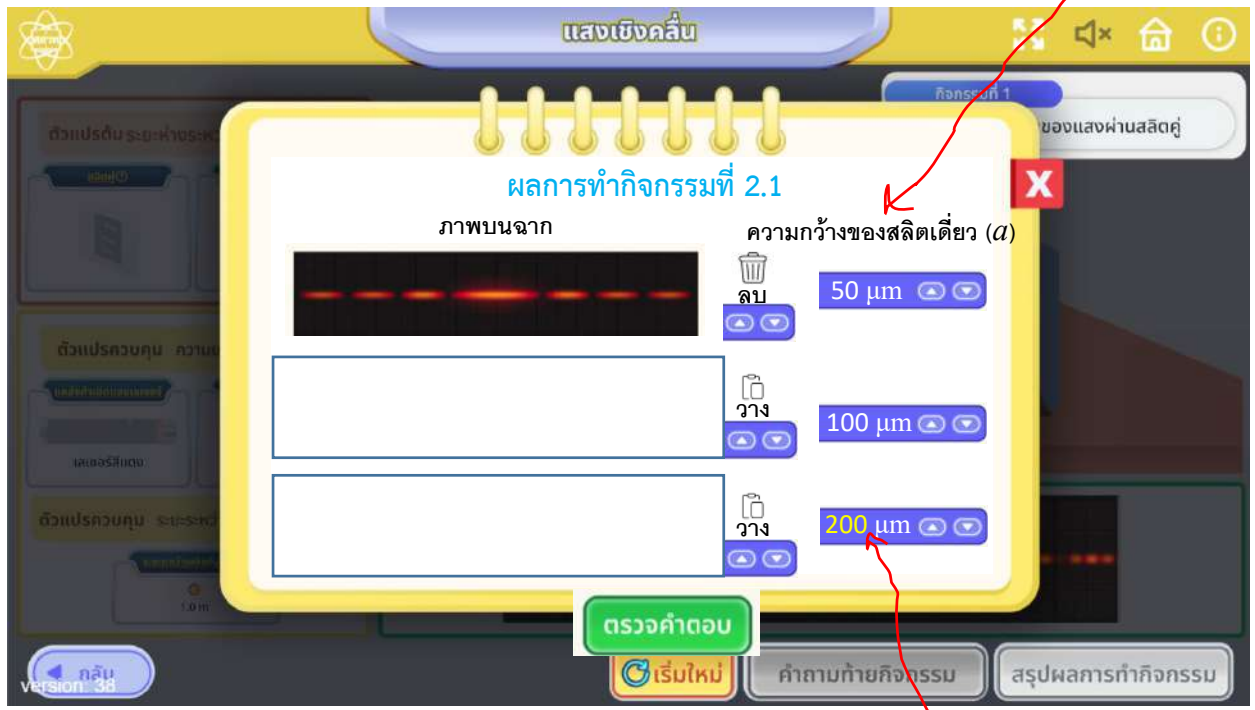
หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

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

อย่าลืมเปลี่ยนคำให้แตกต่างจาก กิจกรรมที่ 1.1



หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 2.1

อย่าลืมเปลี่ยนตัวเลขให้แตกต่างจาก กิจกรรมที่ 1.1



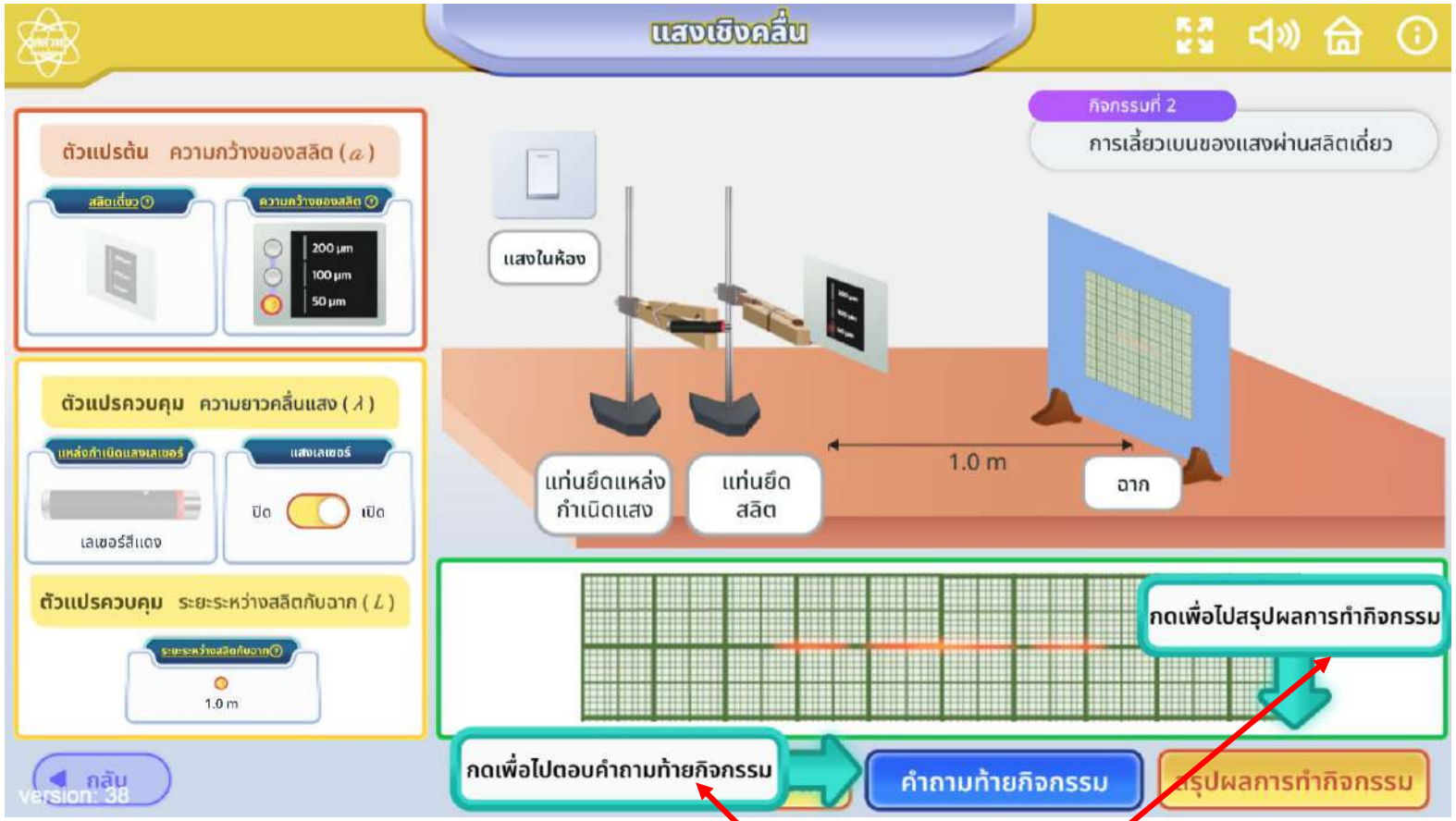


ไม่มีแทรกคำถามเพิ่มเหมือนกิจกรรมที่ 1.1





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

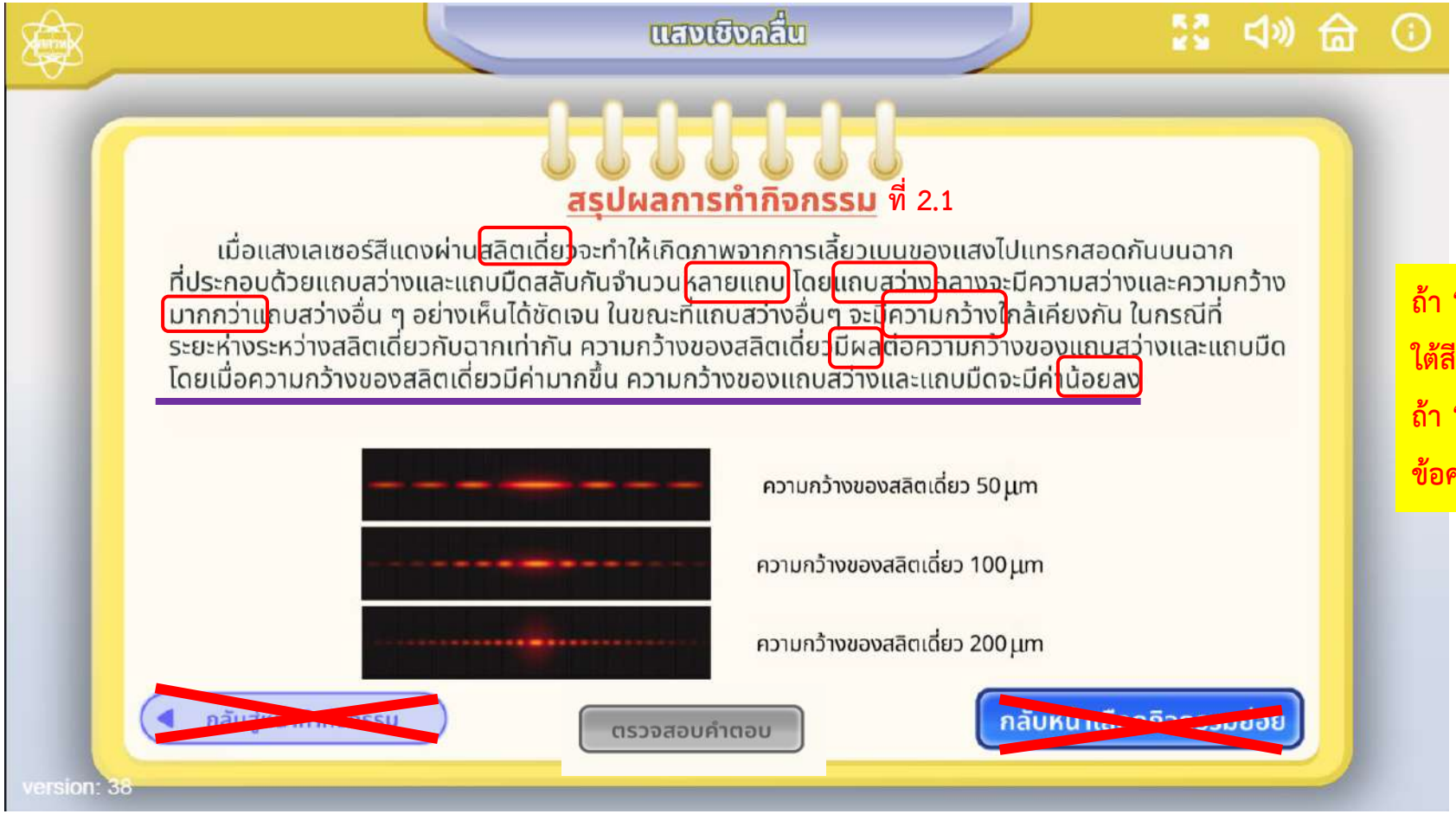


พบ error เป็น prompt ค้าง

ตัวเลือก

สลิตคู่ แถบเดียว แถบสว่าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น

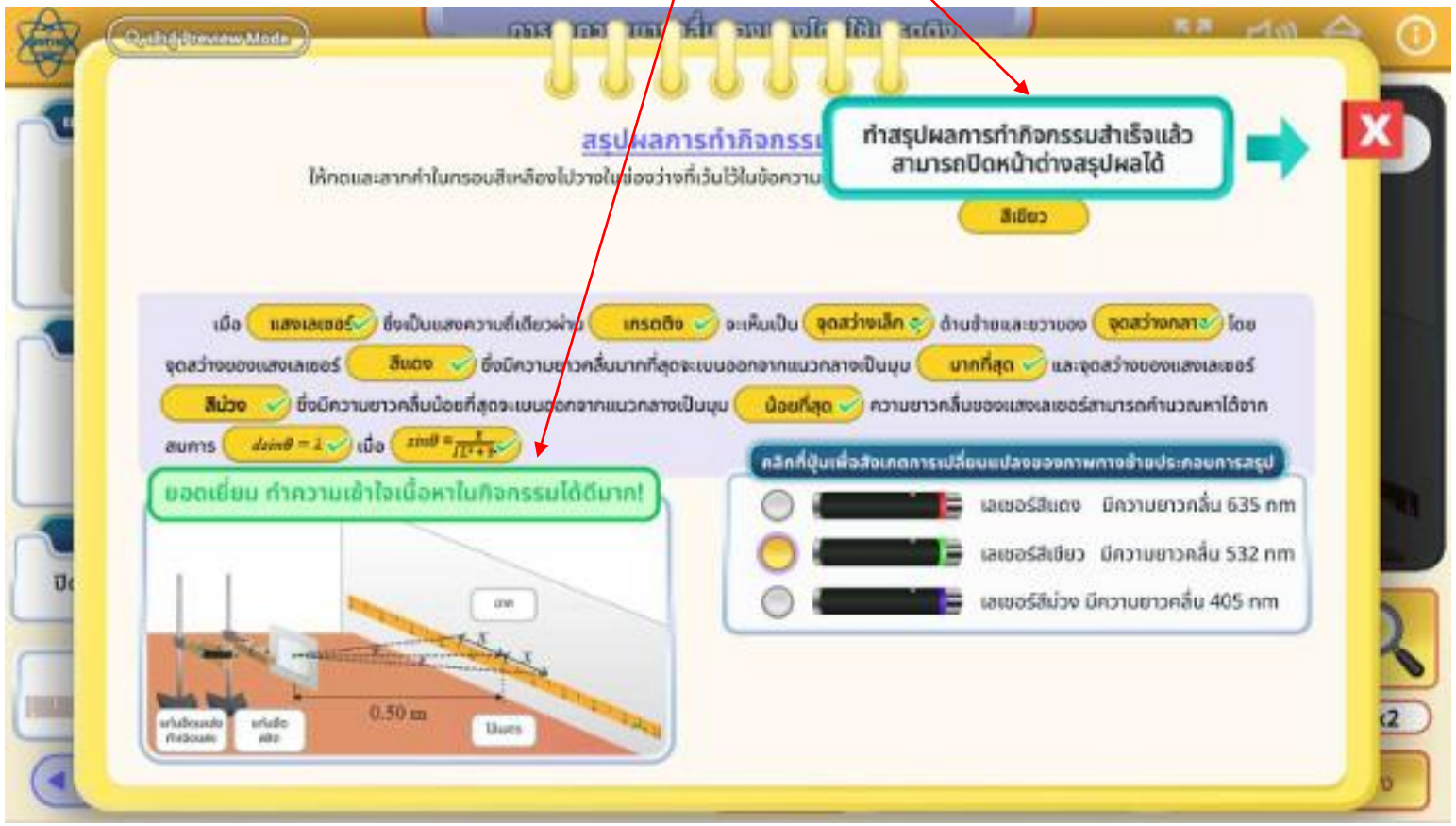
สลิตเดี่ยว หลายแถบ แถบมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง



ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ

ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เติม” จะไม่ปรากฏข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



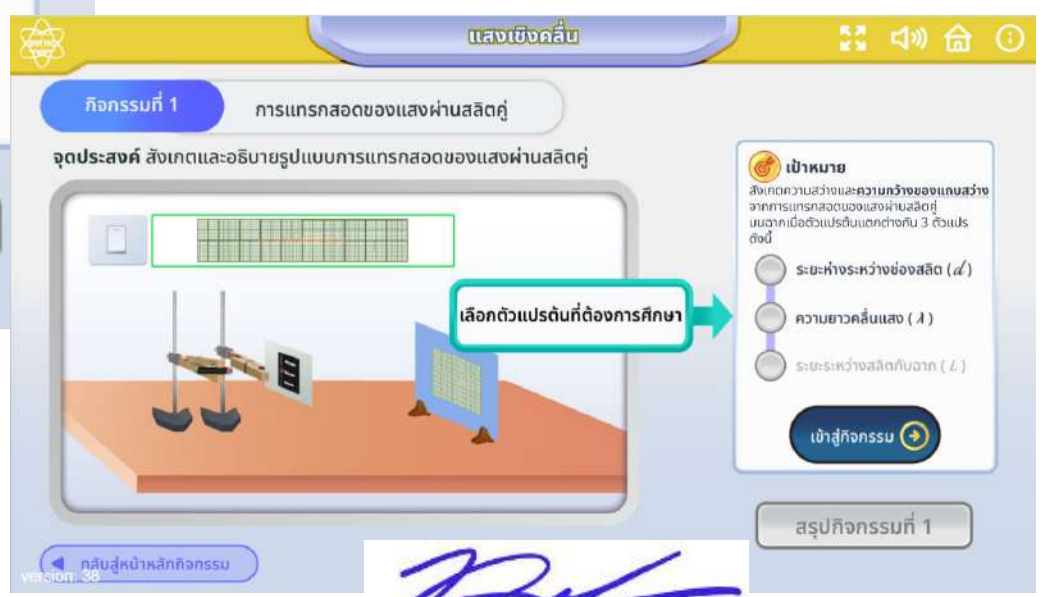
เมื่อทำกิจกรรมย่อยที่ 2.1 หรือ 2.2 หรือ 2.3 กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งเสร็จแล้ว แล้วกลับหน้าเลือกกิจกรรม



(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับในกิจกรรมย่อย)

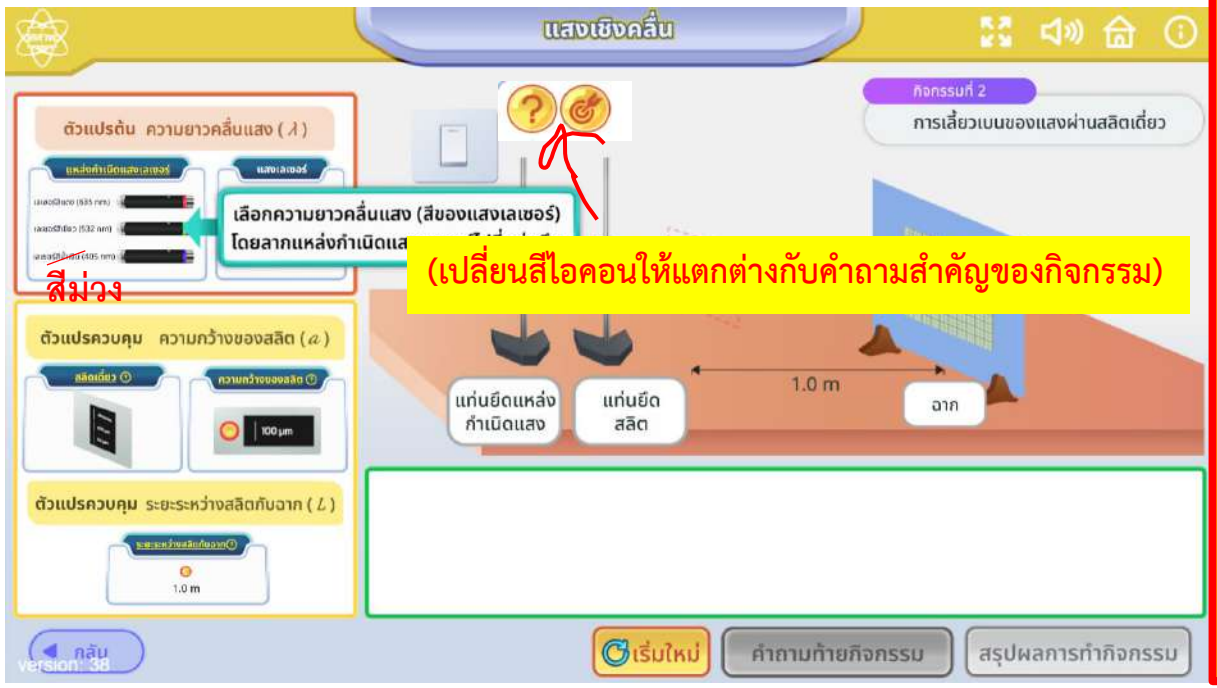
ให้แสดงแค่ prompt
- เลือกตัวแปรต้นที่ต้องการศึกษา
- กดเข้าสู่กิจกรรม

ไม่แสดง prompt อื่น ๆ ซ้ำ ไม่อ่านซ้ำ



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 (ในหน้าตารางบันทึกผล)
- กดเพื่อตรวจคำตอบ

เป้าหมาย: สังเกตและบันทึกภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงที่มีความถี่แตกต่างกัน 3 ค่า ผ่านสลิตเดี่ยว โดยความกว้างของสลิตและระยะระหว่างสลิตกับฉากคงที่

คำถามสำคัญ: ภาพที่ปรากฏบนฉากเมื่อฉายแสงผ่านสลิตเดี่ยวสัมพันธ์กับความถี่ของแสงอย่างไร

เมื่อวางถูกครบทั้ง 3 ภาพแล้ว ตรวจคำตอบได้ถูกต้อง จึงจะมี prompt ไปตอบคำถาม

ปรับ prompt เป็น
"ทำการทดลองครบตามเป้าหมายแล้วสามารถตอบคำถามท้ายกิจกรรมได้"

ปรับแก้ 2.2 ในทำนองเดียวกับกิจกรรมที่ 1.1



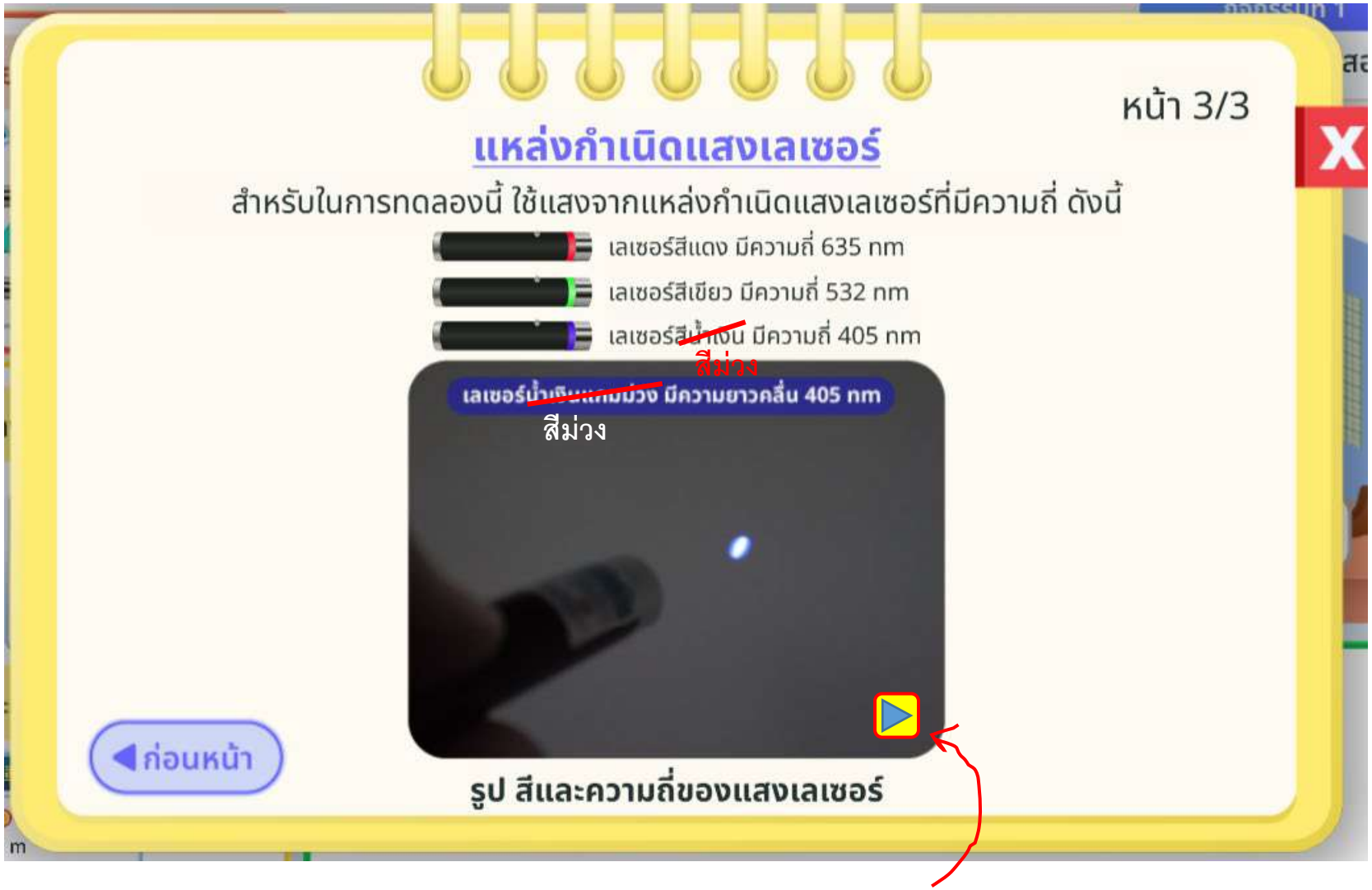
ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่
เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

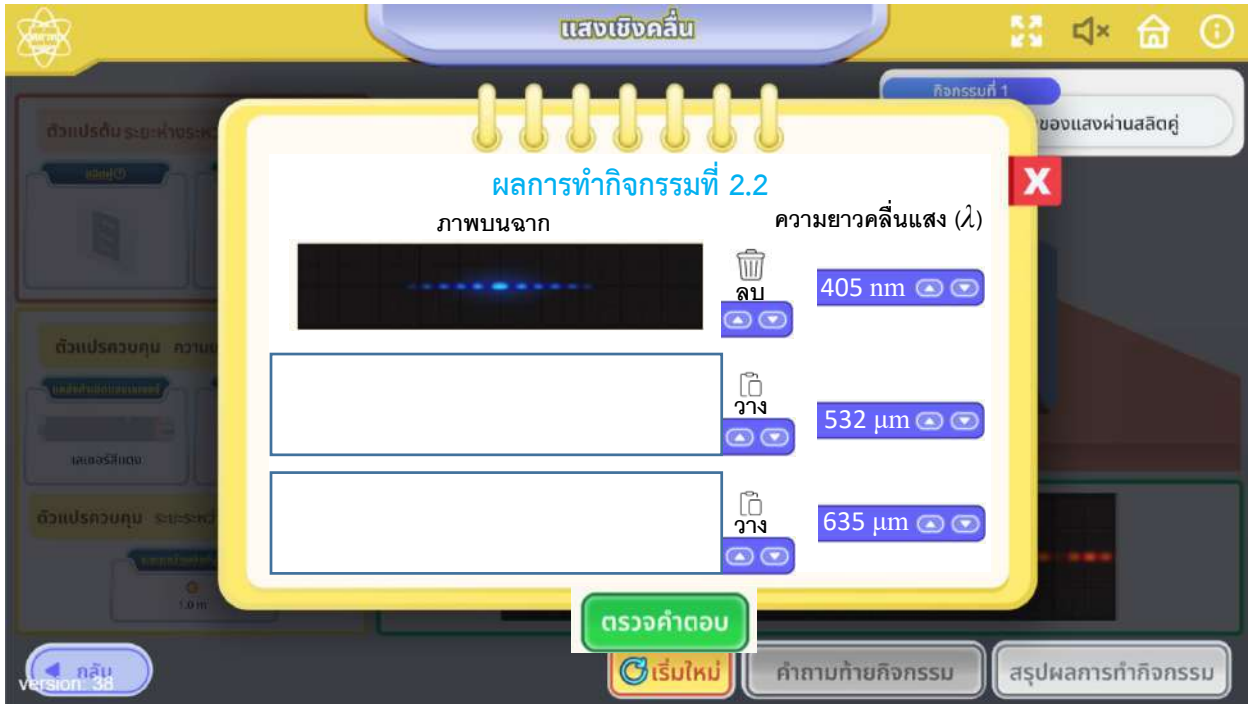
- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

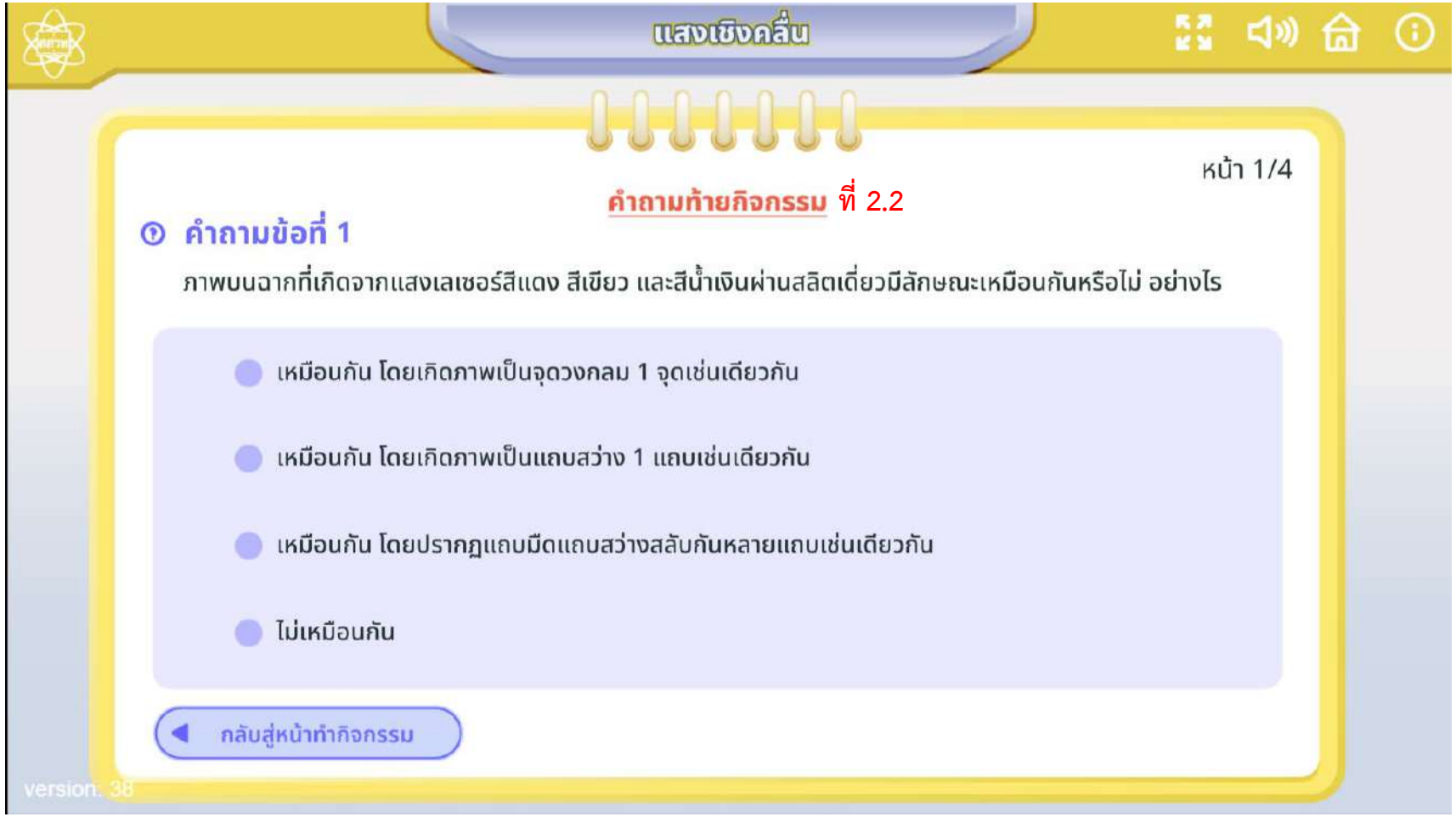
เพิ่ม ไอคอน "ผลการทำกิจกรรม" (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองท



ส่วนคำขีดเส้นใต้เพื่อศึกษาความหมาย ให้เพิ่มปุ่ม Play/Pause ที่รูปแอนิเมชัน ให้สามารถหยุดดูได้

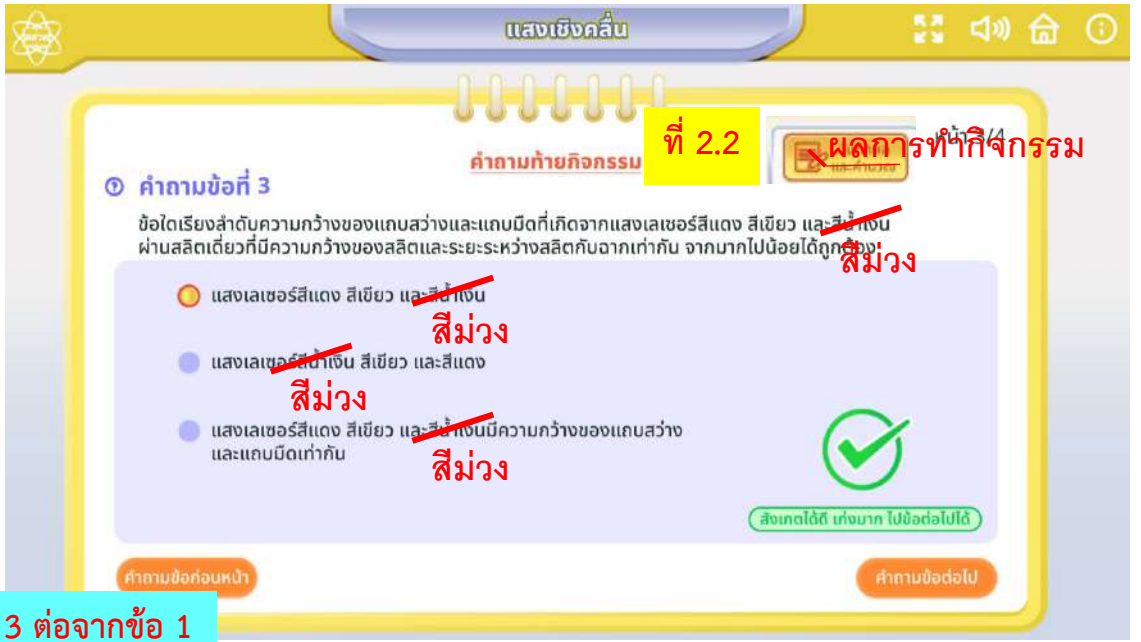


หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 2.2

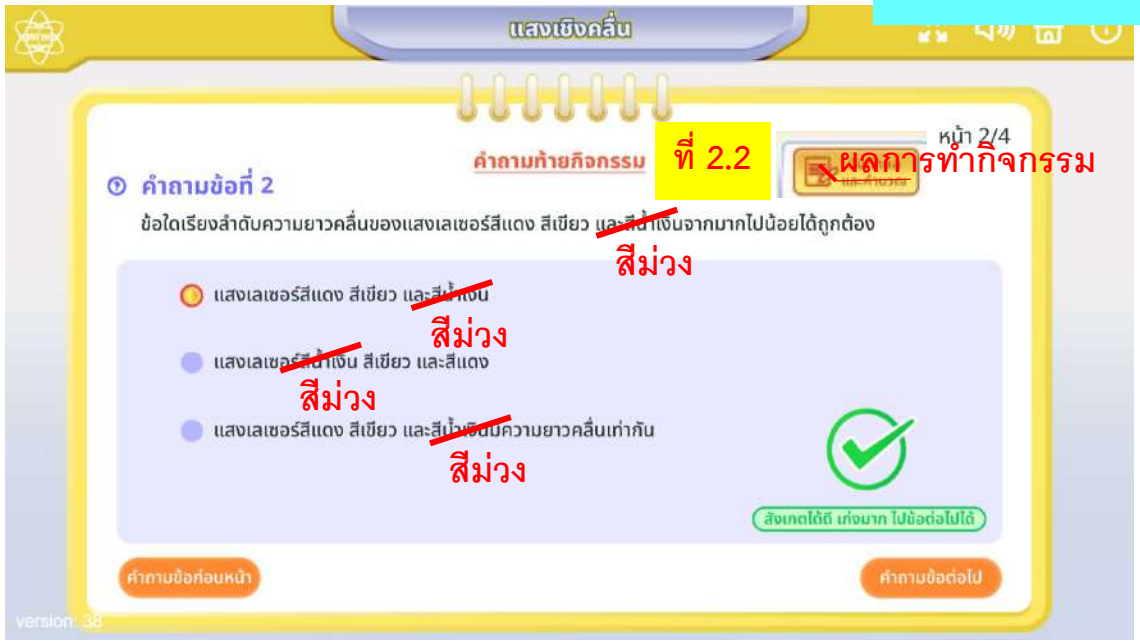


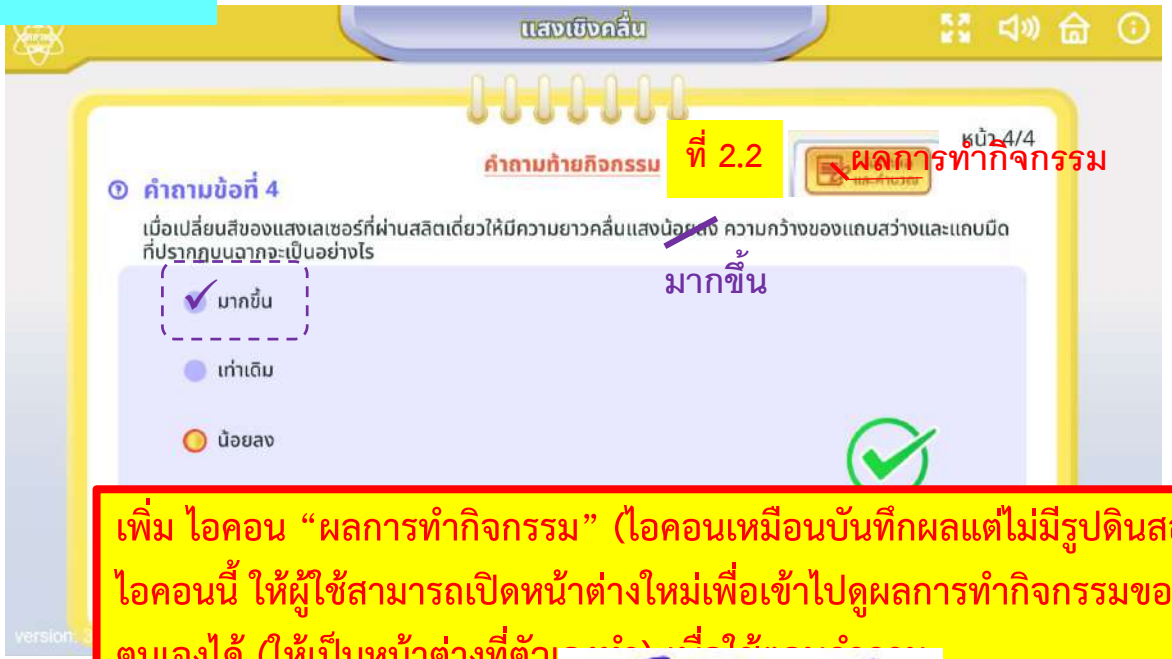
บางครั้งติดอยู่ที่กดเข้ามาตอบคำถามท้ายกิจกรรม อาจจะทำกิจกรรมเร็วเกินไป ต้องพยายามทำหลายๆ รอบจึงจะเข้ามาได้





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

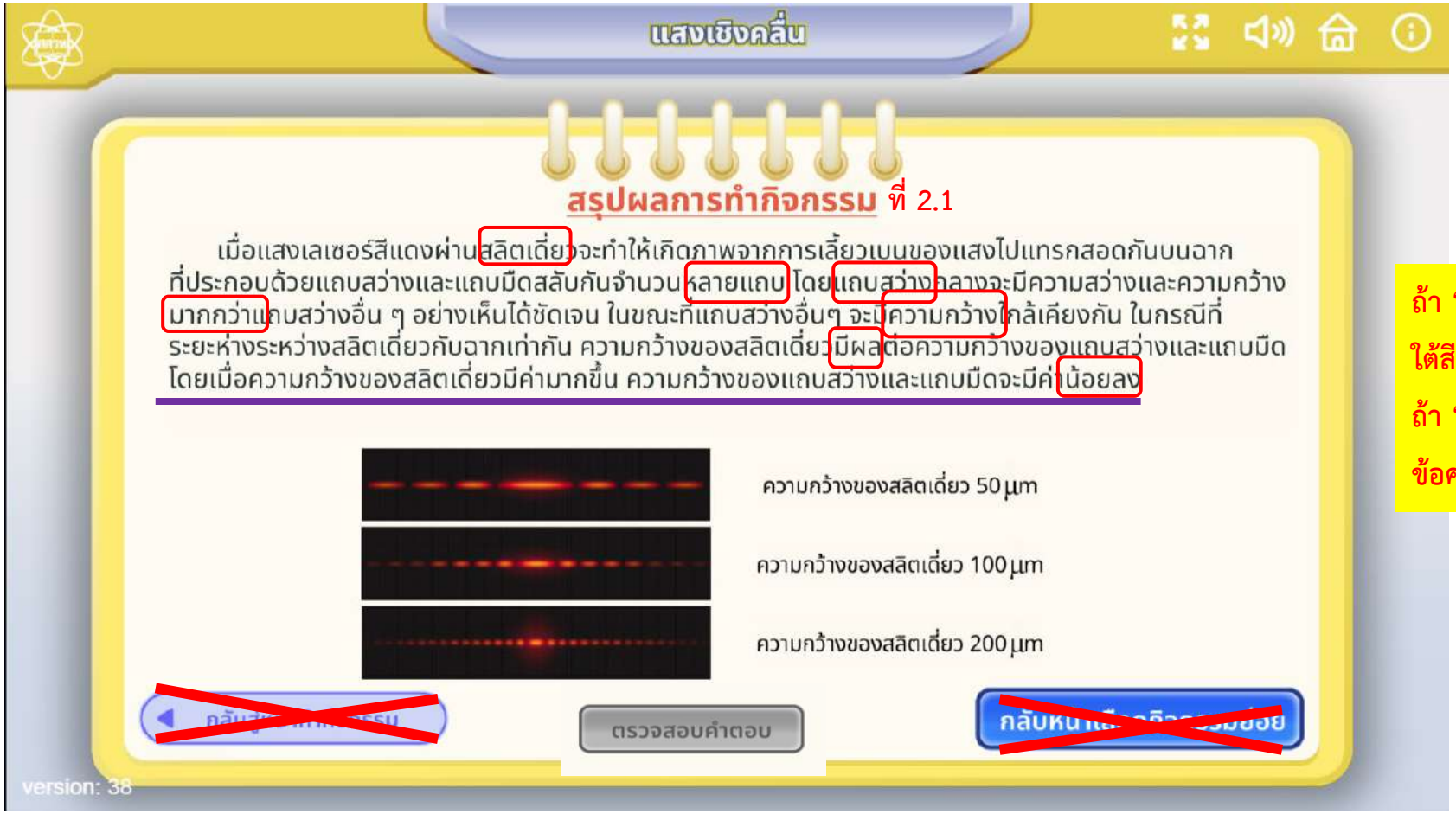
ก. แถบสว่างแต่ละแถบมีความกว้างใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างใกล้เคียงกัน
ค. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างลดลงเมื่อห่างจากแถบสว่างกลางมากขึ้น



ตัวเลือก

สลิตคู่ แถบเดียว แถบสว่าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น

สลิตเดี่ยว หลายแถบ แถบมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง



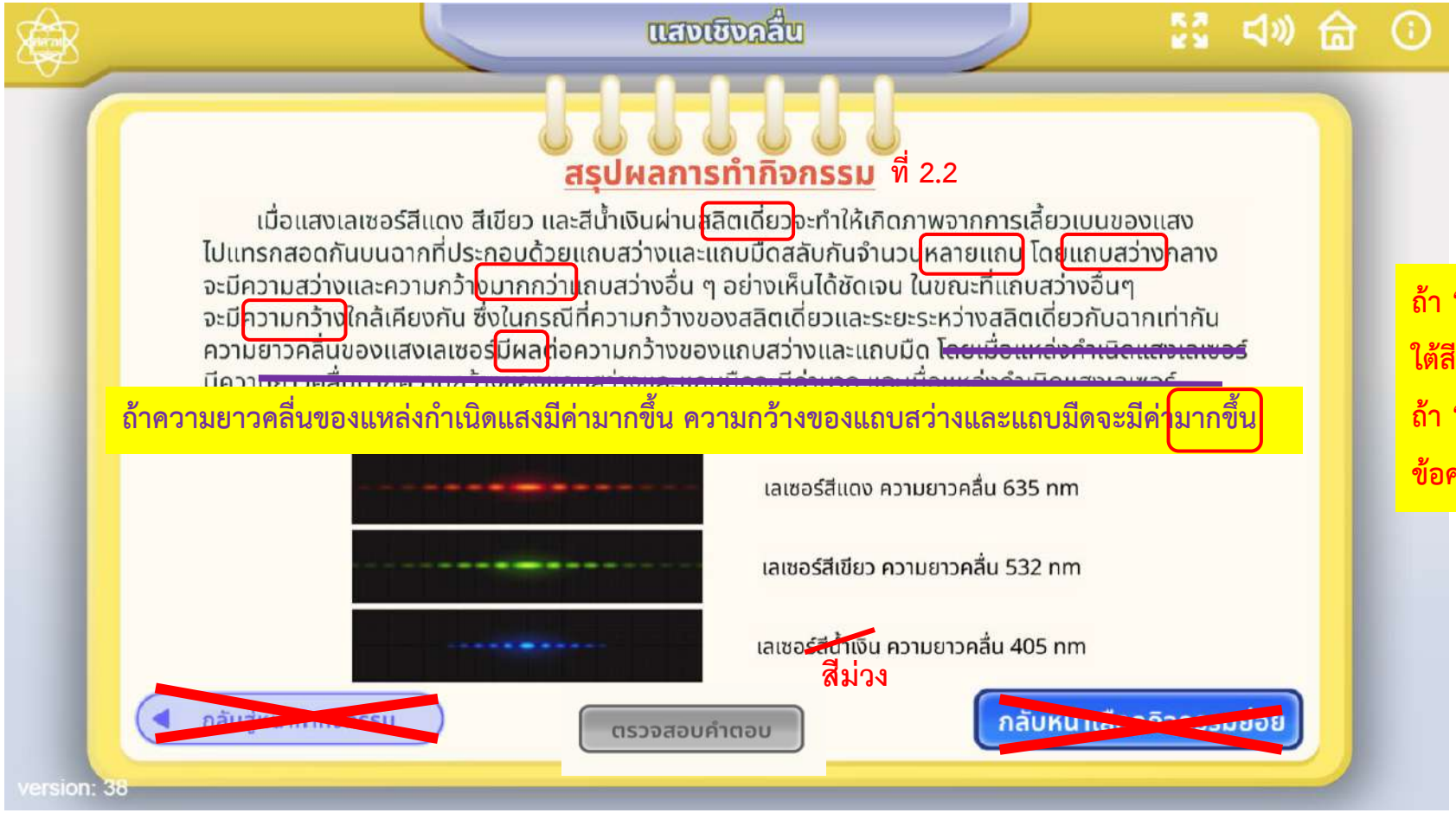
ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ

ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เติม” จะไม่ปรากฏข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง

ตัวเลือก

สลิตคู่ แถบเดียว แถบสว่าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น

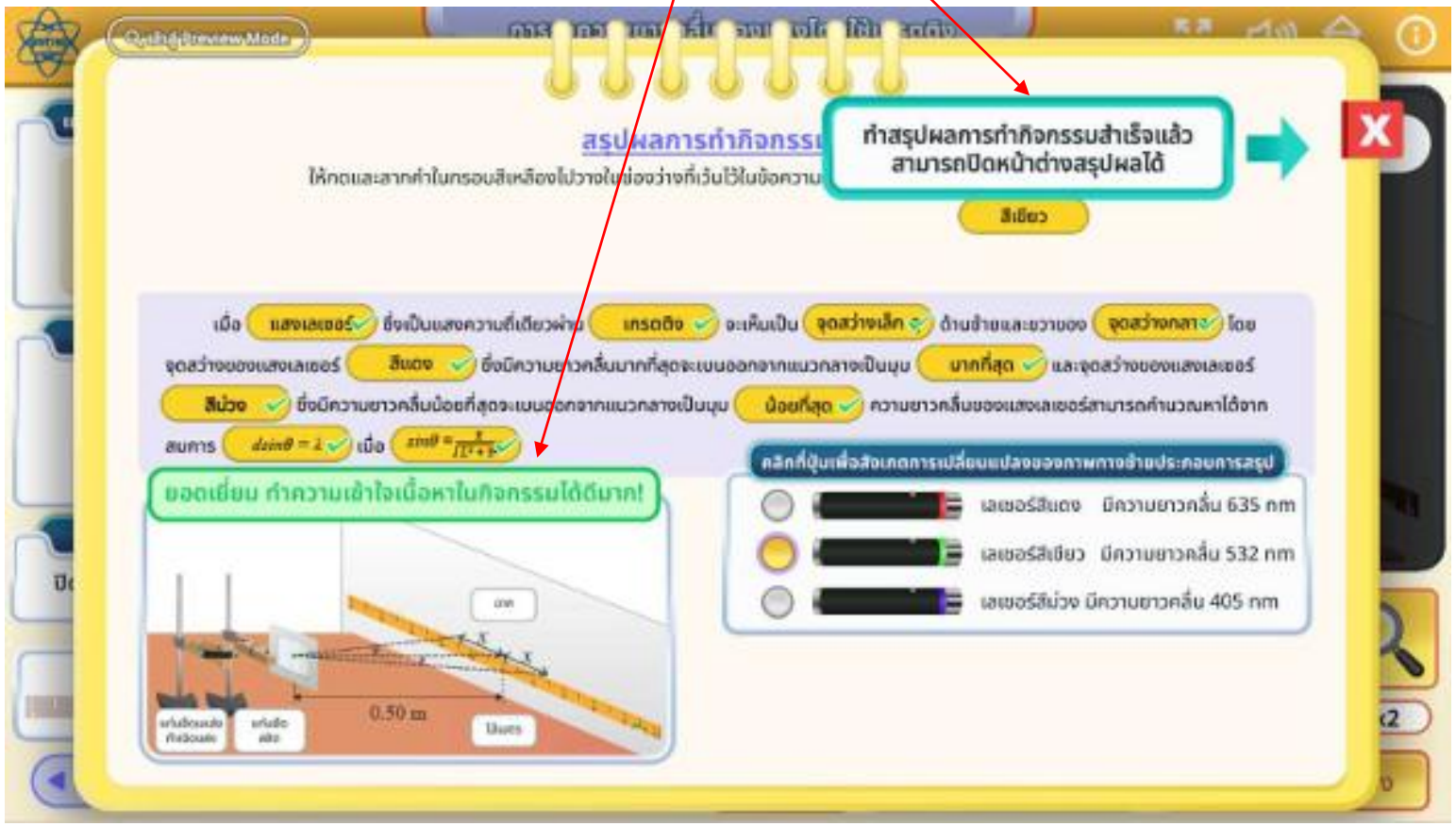
สลิตเดี่ยว หลายแถบ แถบมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง



ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ

ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เติม” จะไม่ปรากฏข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



หน้ากิจกรรมย่อยที่ 2 สลิตเดี่ยว ตัวแปร 2.3 ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)





(เปลี่ยนสีไอคอนให้แตกต่างกับคำถามสำคัญของกิจกรรม)

เพิ่ม prompt ส่วนเริ่มต้น

- กดศึกษาคำถามสำคัญ
- กดศึกษาเป้าหมาย
- กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย

เมื่อทำกิจกรรมไปแล้ว เพิ่ม prompt แทรกส่วนบันทึกภาพ

- กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
- กดเพื่อสังเกตภาพบนฉากที่เกิดจากแสงเลเซอร์
- กดเพื่อบันทึกภาพ (กดแล้วมีกระพริบบันทึกภาพ)
- กดเพื่อบันทึกผล (กดแล้วเปิดหน้าต่างบันทึกผล)
- วางภาพบนฉากให้สอดคล้องกับตัวแปรต้น (ในหน้าตารางบันทึกผล)
- 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



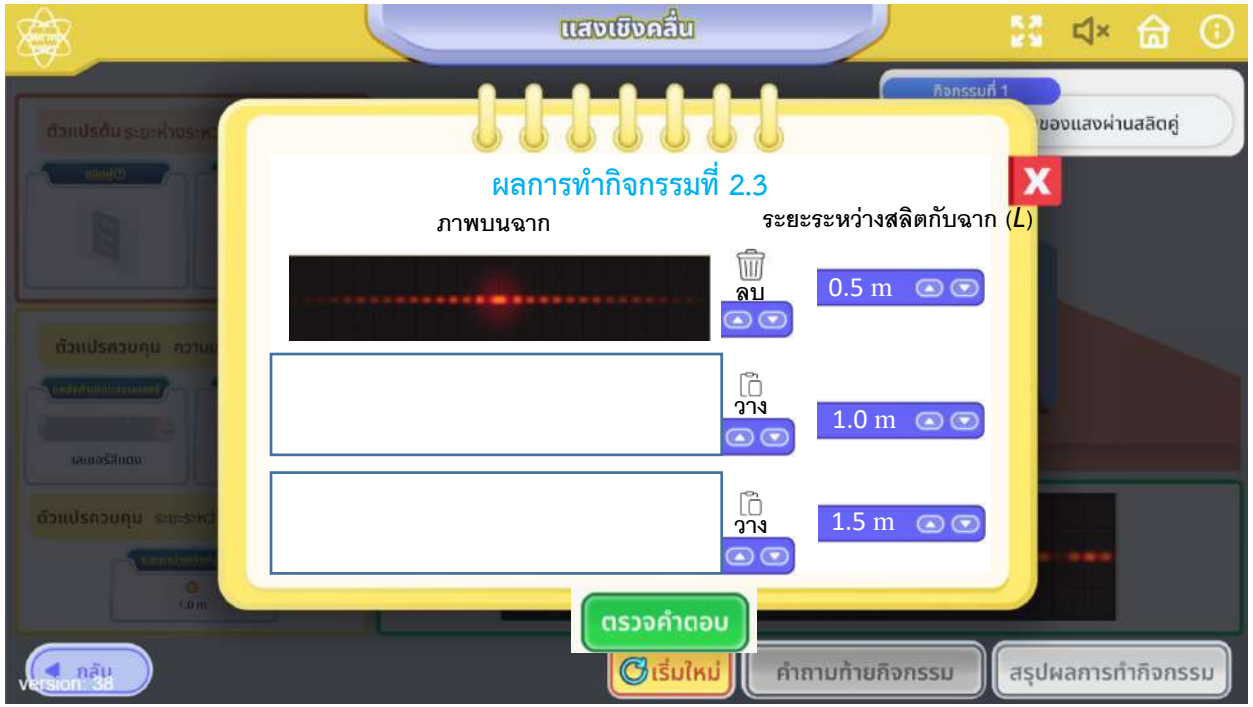
ปุ่มเริ่มใหม่ ยังทำงานแบบมี error อยู่
เหมือนระบบไม่เคลียร์สิ่งที่เคยทำไปแล้ว พอเริ่มทำใหม่ บางทีเกิด prompt ซ้อนกัน

หน้าสรุปผลการทำกิจกรรม

- ปรับเป็นแบบเลือกคำมาวาง
- เพิ่มข้อความและเสียงแสดงความยินดีเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ

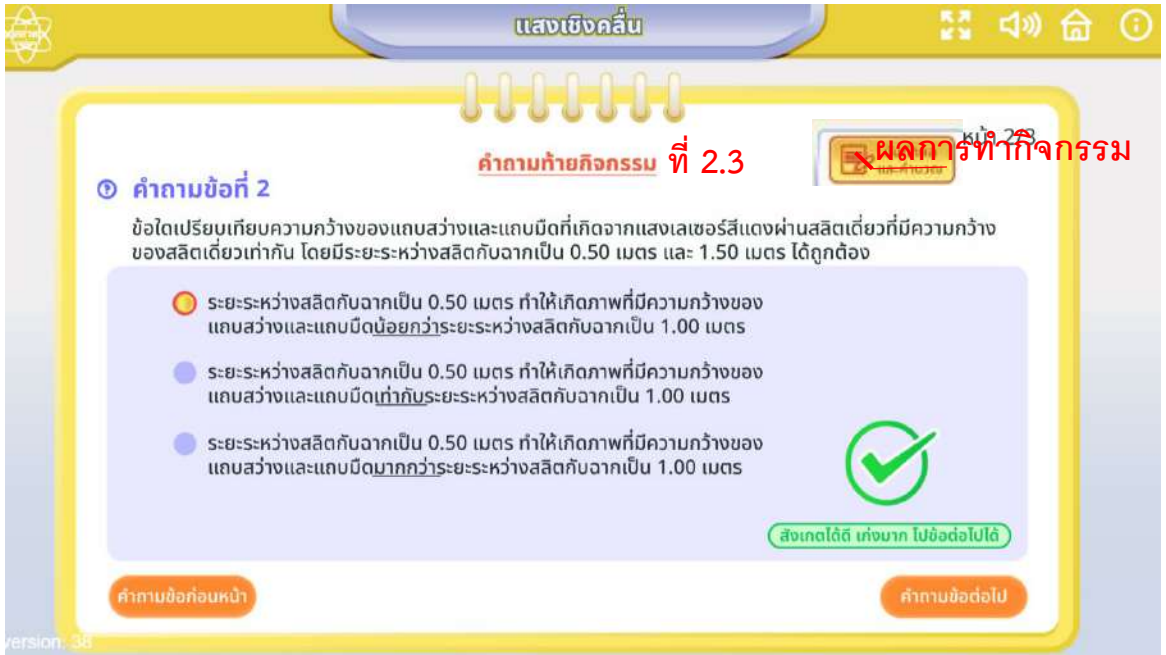
หน้าคำถามท้ายกิจกรรม

เพิ่ม ไอคอน "ผลการทำกิจกรรม" (ไอคอนเหมือนบันทึกผลแต่ไม่มีรูปดินสอ) ไอคอนนี้ ให้ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมของตนเองได้ (ให้เป็นหน้าต่างที่ตัวเองท



หน้าบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 2.3







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

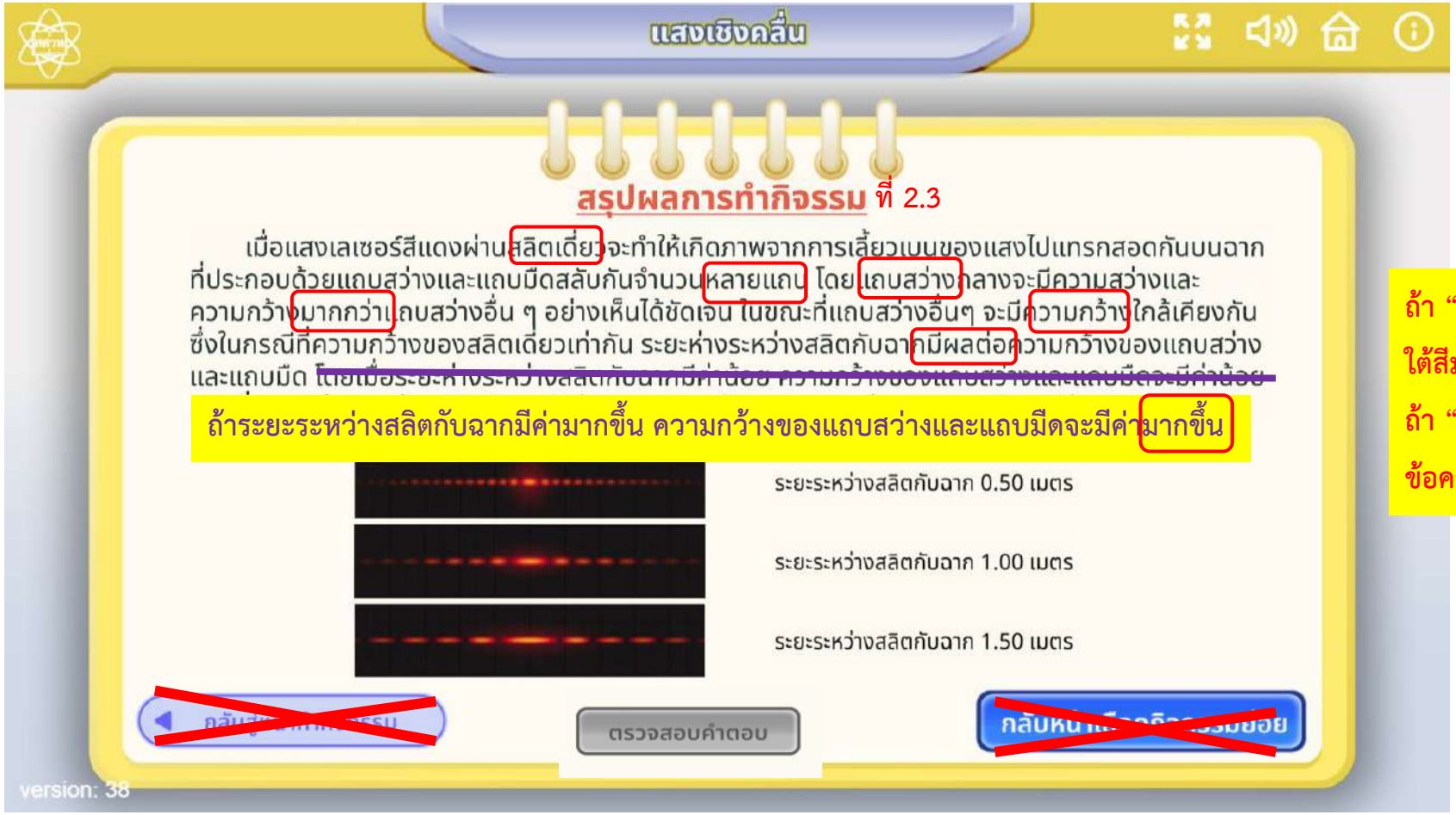
ก. แถบสว่างแต่ละแถบมีความกว้างใกล้เคียงกัน
ข. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างใกล้เคียงกัน
ค. แถบสว่างกลางมีความกว้างมากกว่าแถบสว่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และแถบสว่างอื่นๆ มีความกว้างลดลงเมื่อห่างจากแถบสว่างกลางมากขึ้น



ตัวเลือก

สลิตคู่ แถบเดียว แถบสว่าง มากกว่า ความสว่าง มีผล มากขึ้น

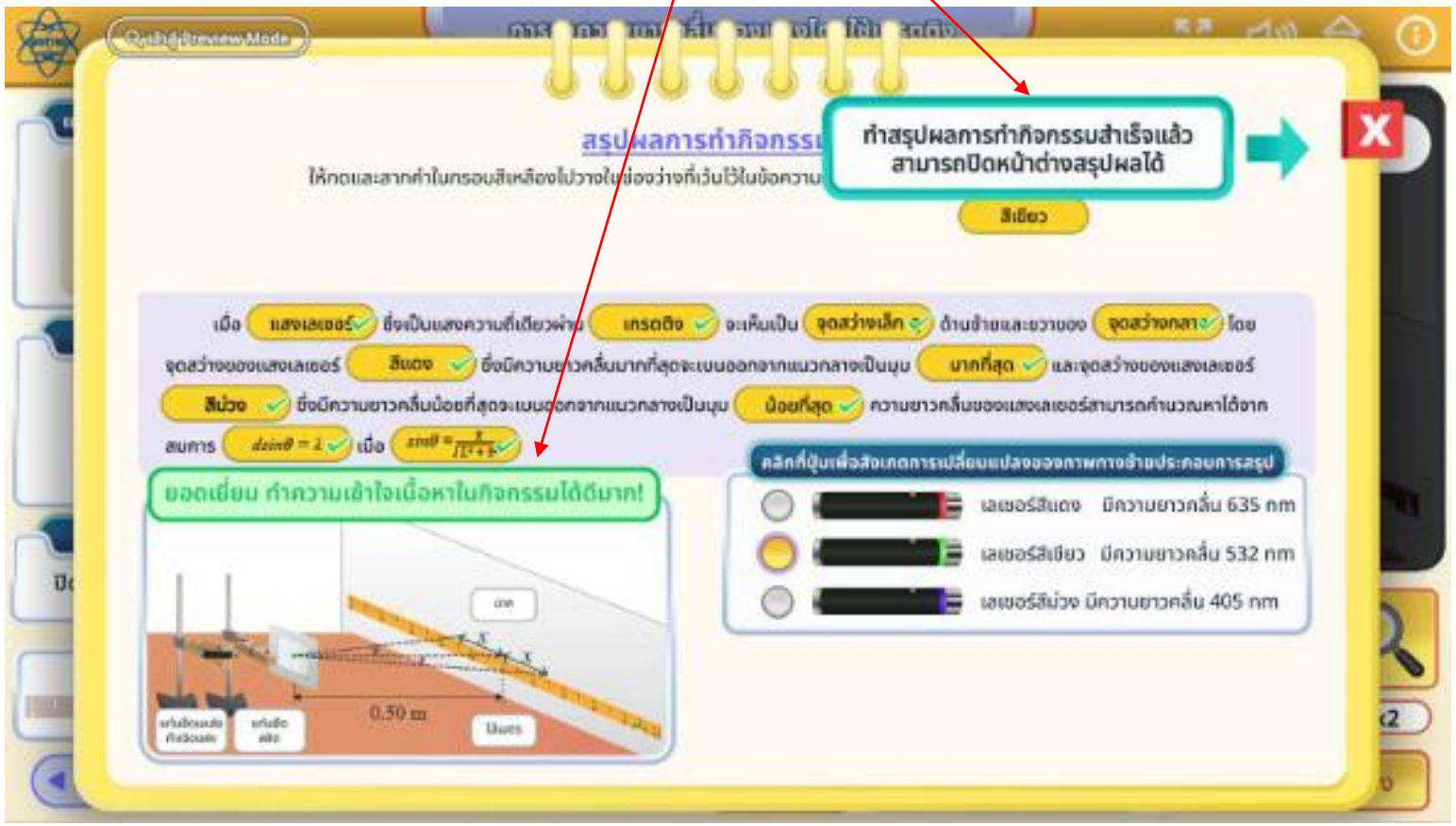
สลิตเดี่ยว หลายแถบ แถบมืด น้อยกว่า ความกว้าง ไม่มีผล น้อยลง



ถ้า “มีผล” มาวาง ข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วงจึงปรากฏ

ถ้า “ไม่มีผล” “ไม่เติม” จะไม่ปรากฏข้อความที่ขีดเส้นใต้สีม่วง

เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



หน้ากิจกรรมที่ 2 เมื่อทำครบ 3 ตัวแปร



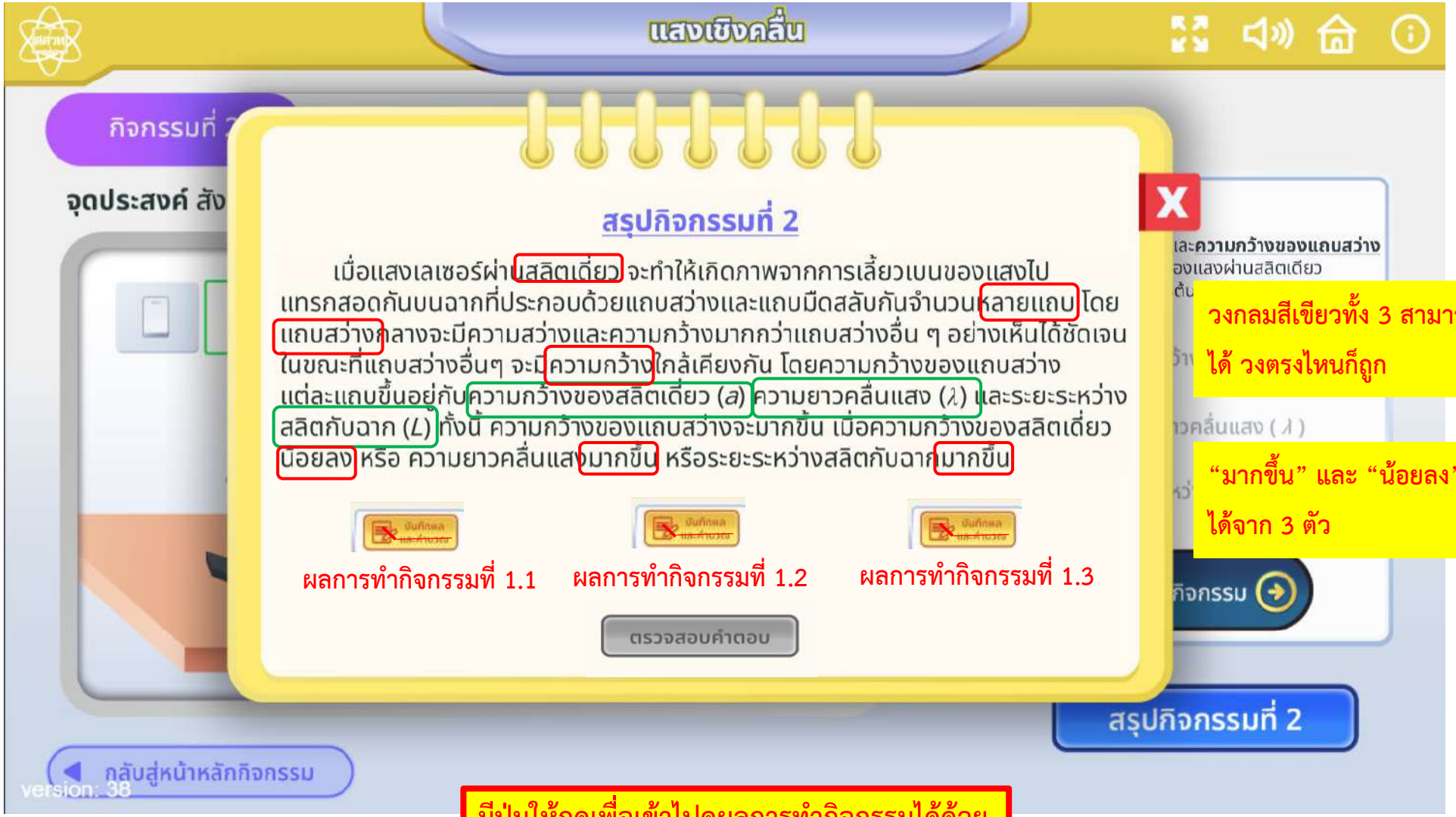


เพิ่ม prompt “กดเพื่อสรุปกิจกรรมที่ 2”

ตัวเลือก

สลิตคู่ แถบเดียว ความกว้าง ความกว้างของสลิตเดี่ยว (a) ความยาวคลื่นแสง (λ) ระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L)

สลิตเดี่ยว หลายแถบ ความสว่าง มากขึ้น มากขึ้น มากขึ้น น้อยลง น้อยลง น้อยลง

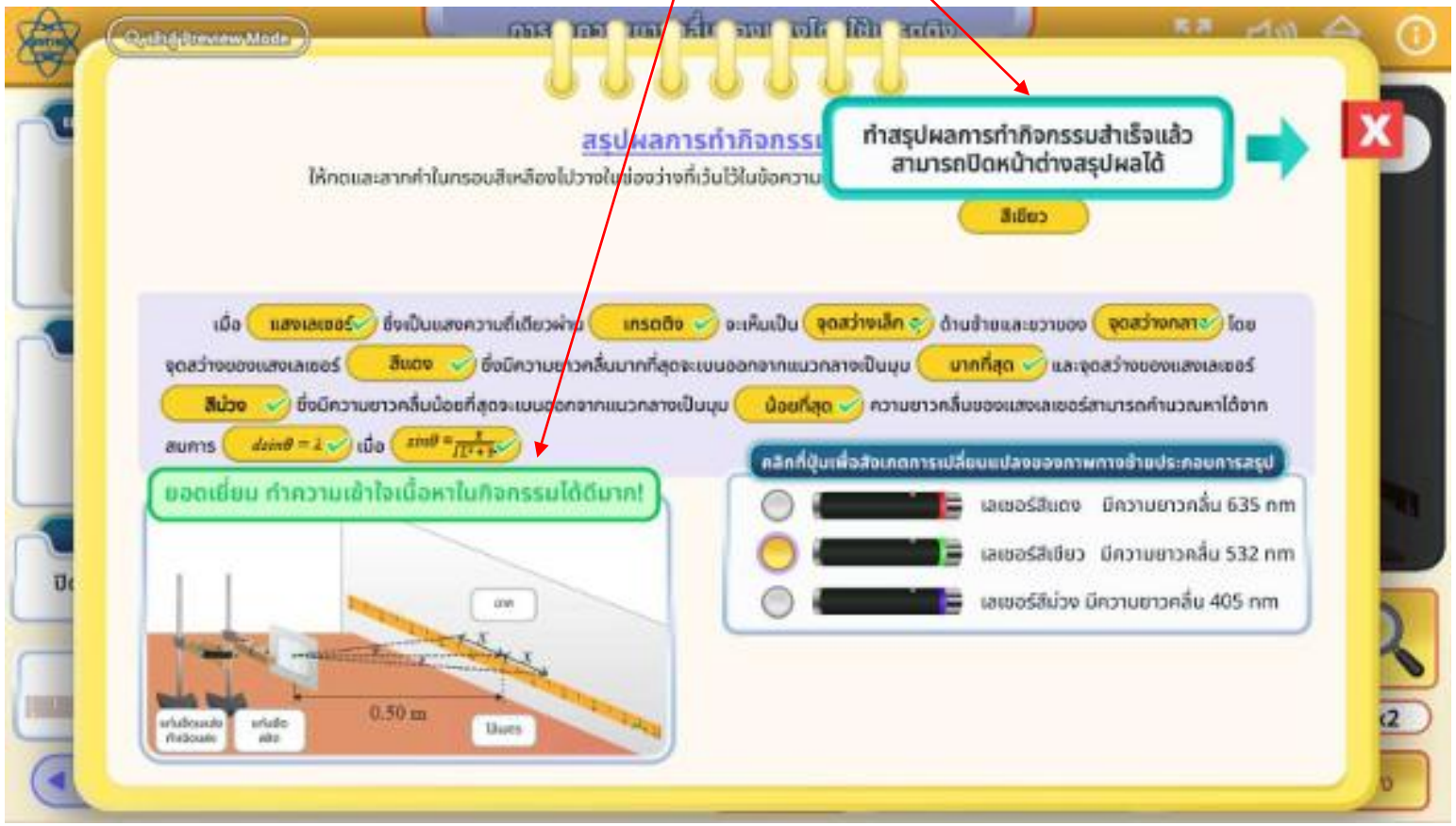


วงกลมสีเขียวทั้ง 3 สามารถสลับลำดับได้ วงตรงไหนก็ถูก

“มากขึ้น” และ “น้อยลง” ใช้ตัวไหนก็ได้จาก 3 ตัว

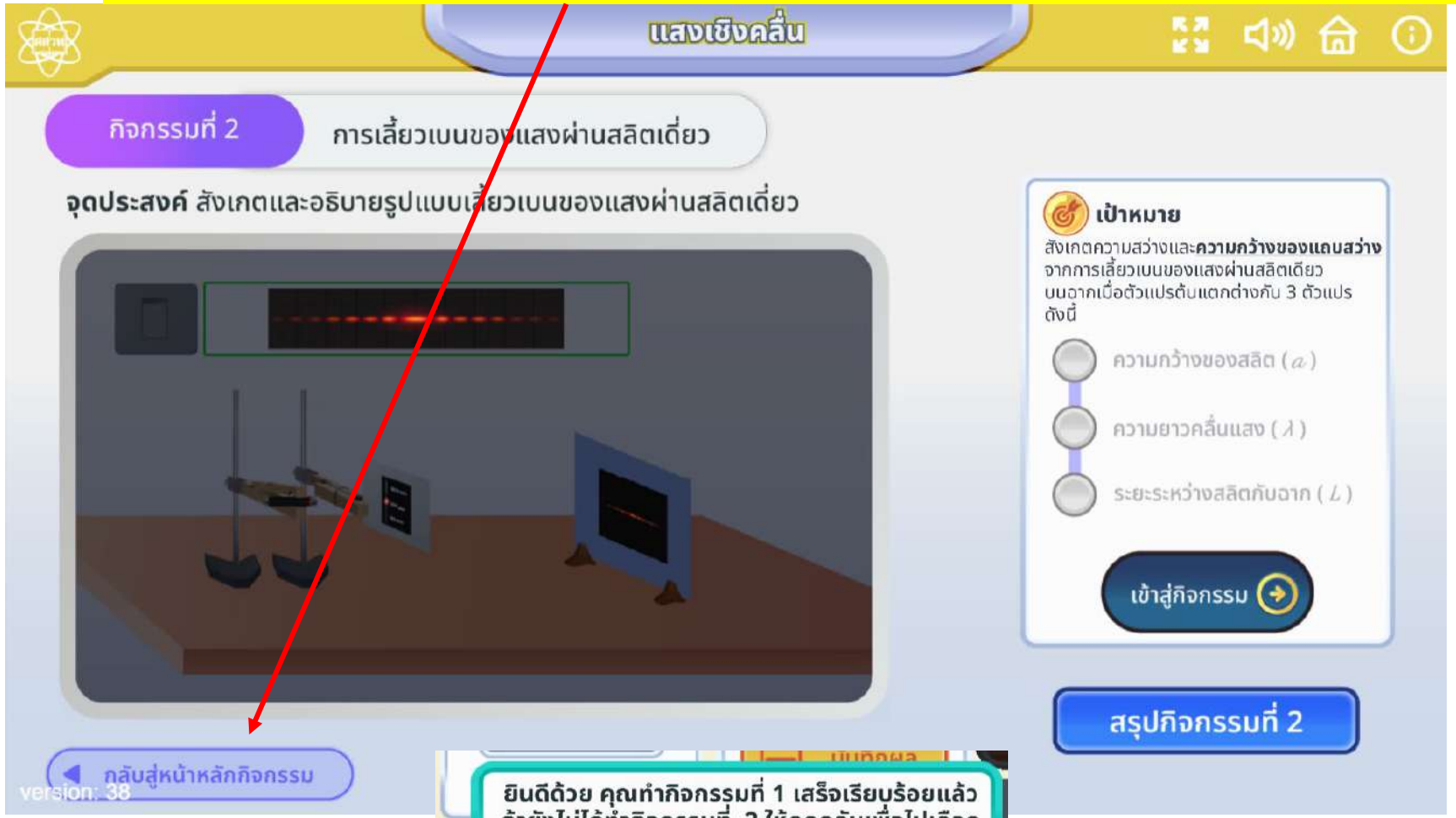
มีปุ่มให้กดเพื่อเข้าไปดูผลการทำกิจกรรมได้ด้วย

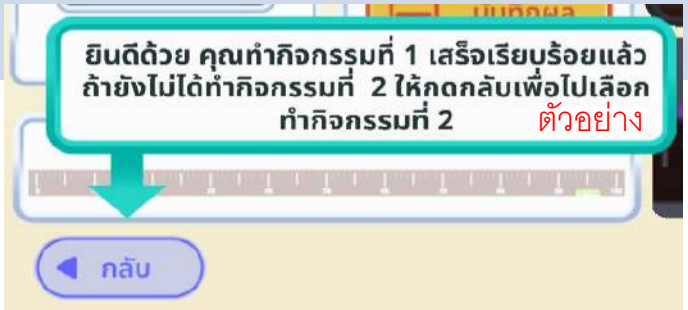
เพิ่ม prompt นี้ เมื่อถูกหมด และมีเครื่องหมายแสดงการตรวจคำตอบ



เมื่อสรุปกิจกรรมที่ 2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว

ปรับข้อความเป็น “ยินดีด้วย คุณทำกิจกรรมที่ 2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดกลับเพื่อไปเลือกทำกิจกรรมที่ 1 หรือ ตอบคำถามชวนคิด”





หน้าหลักเมื่อสรุปกิจกรรมที่ 1 และ 2 เรียบร้อยแล้ว





เปลี่ยนสีให้แตกต่างกับกิจกรรมย่อย

เพิ่ม prompt “กดเพื่อตอบคำถามชวนคิด”

ทำเหมือนหน้าสรุปในแต่ละตอนที่มีเลือกคำศัพท์มาวางได้

คำถามชวนคิด: ลวดลายการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

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 ความกว้างของแถบสว่างแต่ละแถบที่เกิดจากสลิตคู่และสลิตเดี่ยวจะขึ้นอยู่กับ ความยาวคลื่นแสง (λ) และระยะระหว่างสลิตกับฉาก (L) รวมทั้งยังขึ้นอยู่กับระยะระหว่างช่องเปิด (d) ในกรณีของสลิตคู่ และความกว้างของช่องเปิด (a) ในกรณีของสลิตเดี่ยว โดย ความกว้างของแถบสว่างจะมากขึ้น เมื่อระยะระหว่างช่องของ สลิตคู่หรือความกว้างของสลิตเดี่ยวน้อยลง ความยาวคลื่นแสงมากขึ้น หรือระยะระหว่างสลิตกับฉากมากขึ้น

(สลับกันก่อนหลังได้ ถูกทั้งคู่)

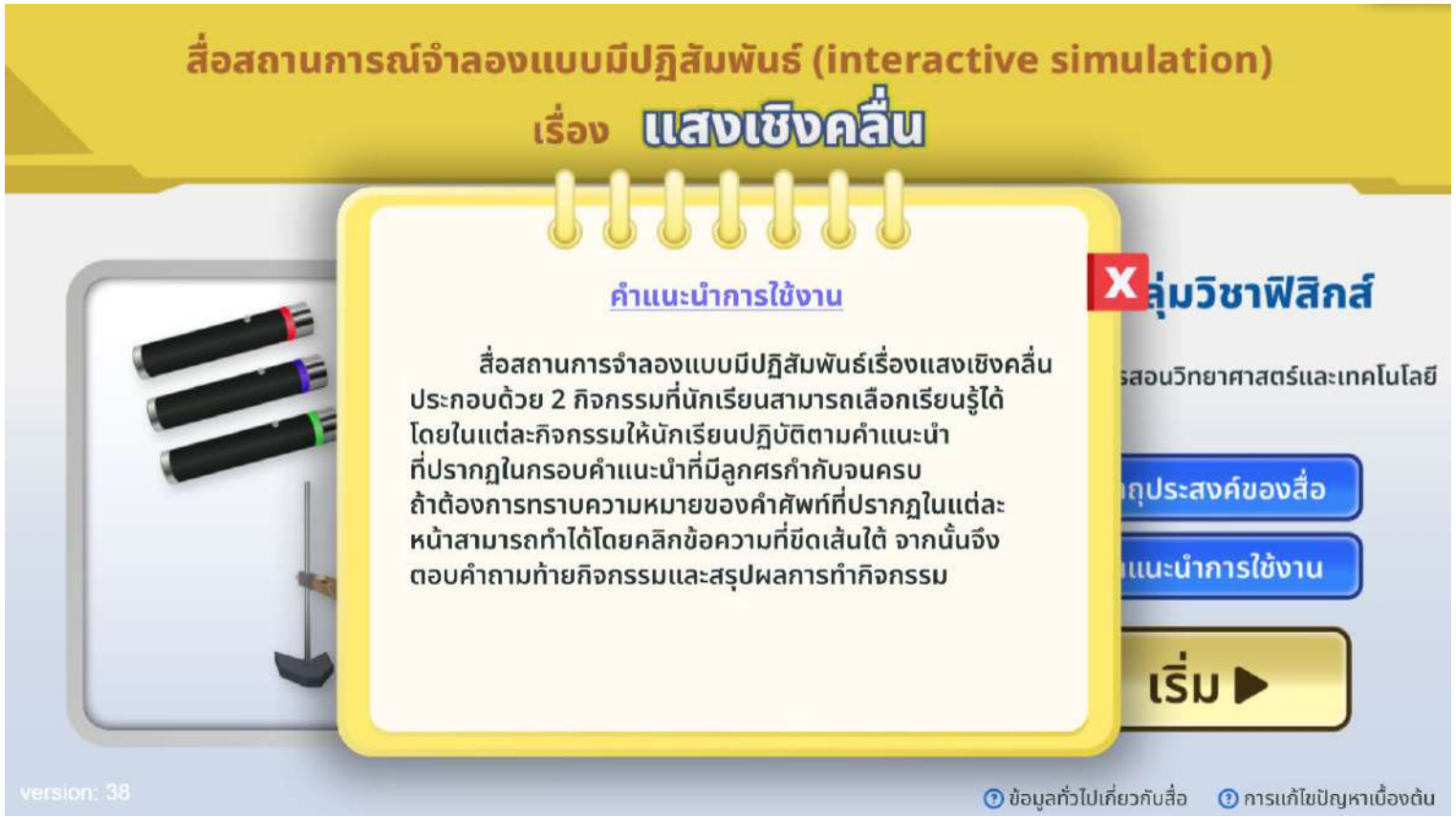
ตรวจสอบคำตอบ

ถ้าถูกหมด มีเสียง และข้อความแสดงความยินดี

รมนี้เสร็จเรียบร้อยแล้ว”

ส่วนของคำแนะนำการใช้งาน





ยังคงหน้านี้ไว้อยู่ แล้วมีคำแนะนำในหน้าต่อๆ ไป

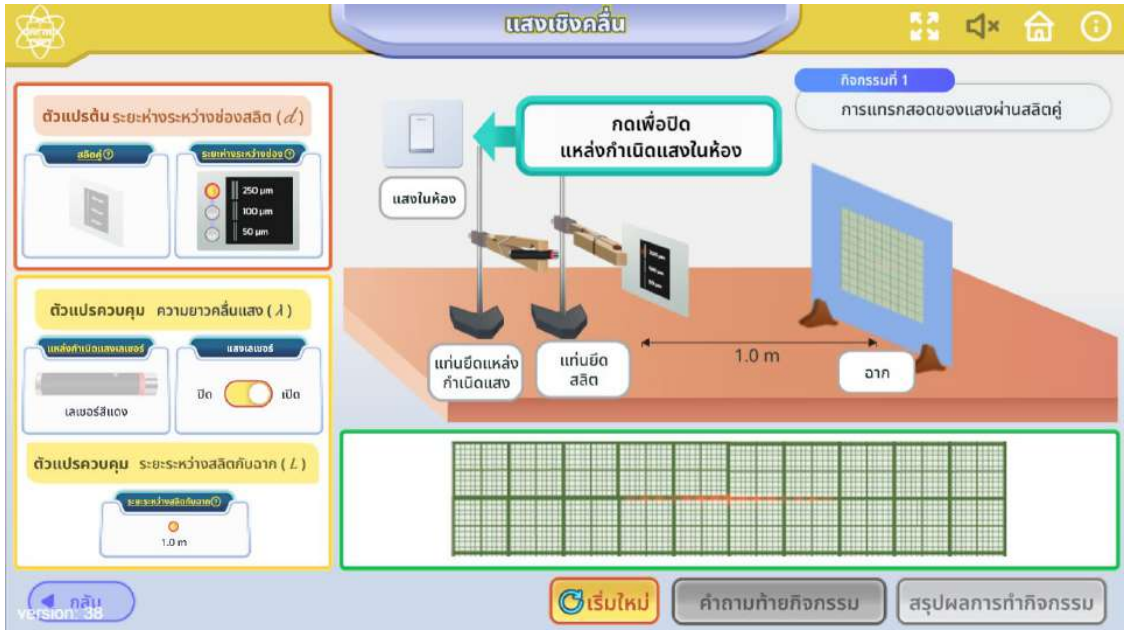
1. กดศึกษาคำถามชวนคิด
2. กดคำที่ตัวอักษรหนาเพื่อศึกษาความหมาย
3. เลือกกิจกรรมการเรียนรู้
4. กดเข้าสู่กิจกรรม



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



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





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



นอกจากนี้ เสนอให้มีการปรับแก้เพิ่มเติมอีก ดังนี้

- ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect

- นำคำว่า version: xx ออก



ต้นร่าง 3 สเปกตรัมของแก๊ส

จุดมุ่งหมายของการปรับแก้ คือ ต้องการปรับให้สอดคล้องกับสื่อเกรตติง ดังลิงค์

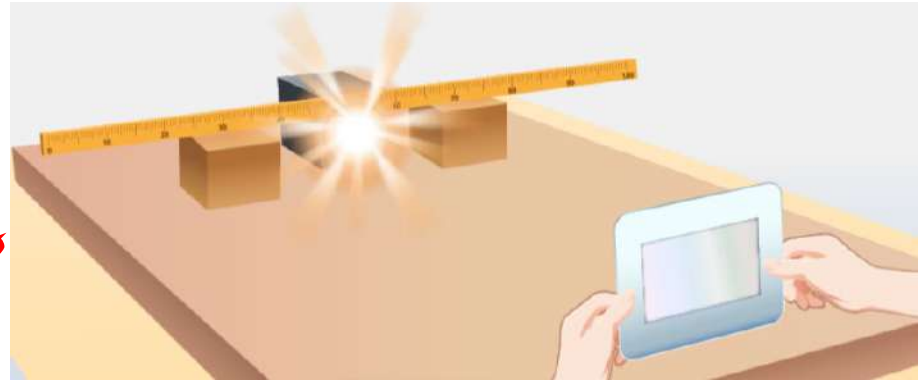
https://minio-api.app.progaming.town/pi2025/wavelength-of-light-using-grating/index.html

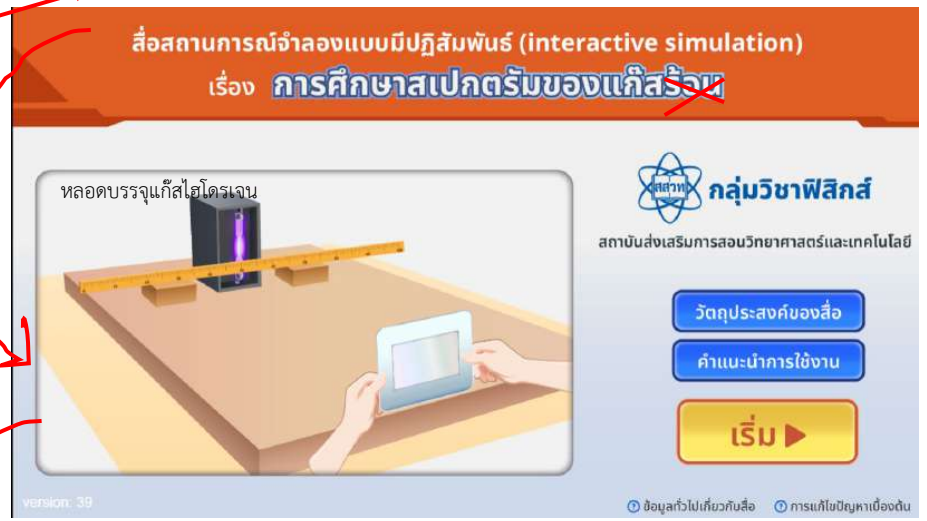


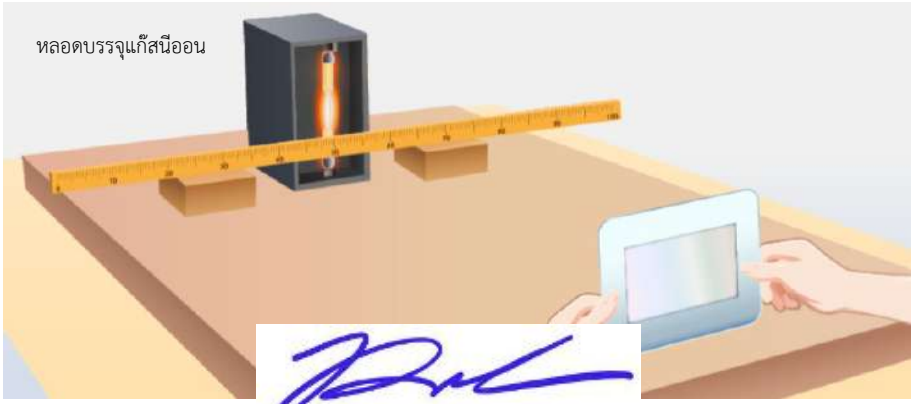


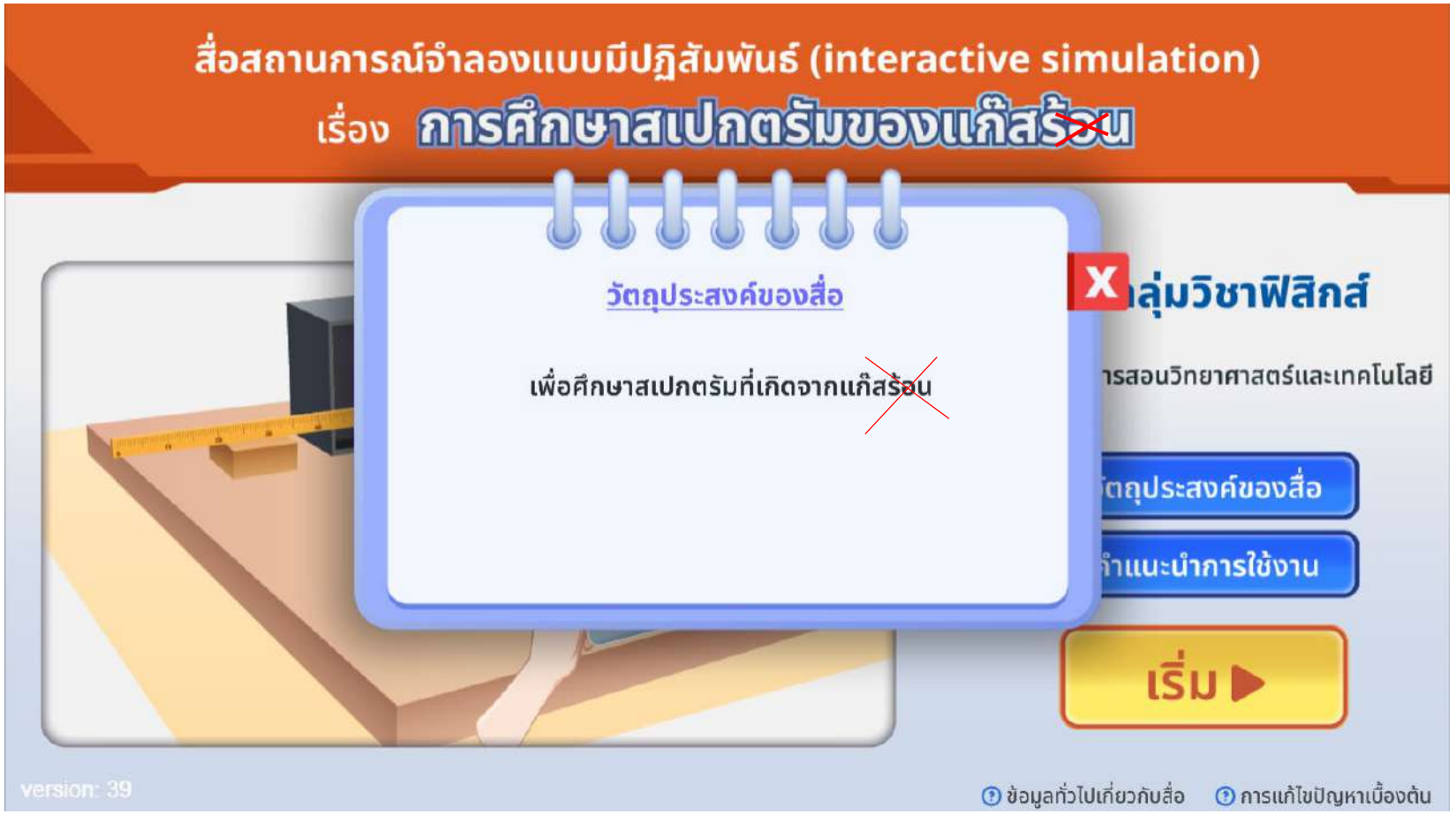
หน้าแรก เปลี่ยนภาพประกอบโดยแสดง 3 ภาพสลับกัน คือ 1. หลอดไฟฟ้าทั่วไป 2. หลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน และ 3. หลอดบรรจุแก๊สนีออน พร้อมใส่ข้อความกำกับที่แหล่งกำเนิดแสง

หลอดไฟฟ้าทั่วไป









หน้าวัตถุประสงค์ของสื่อ: ไม่มีแก้ไข

หน้าคำแนะนำการใช้งาน: ปรับลำดับใหม่ตามการปรับปรุงใหม่รอบนี้ โดยมีลำดับดังนี้

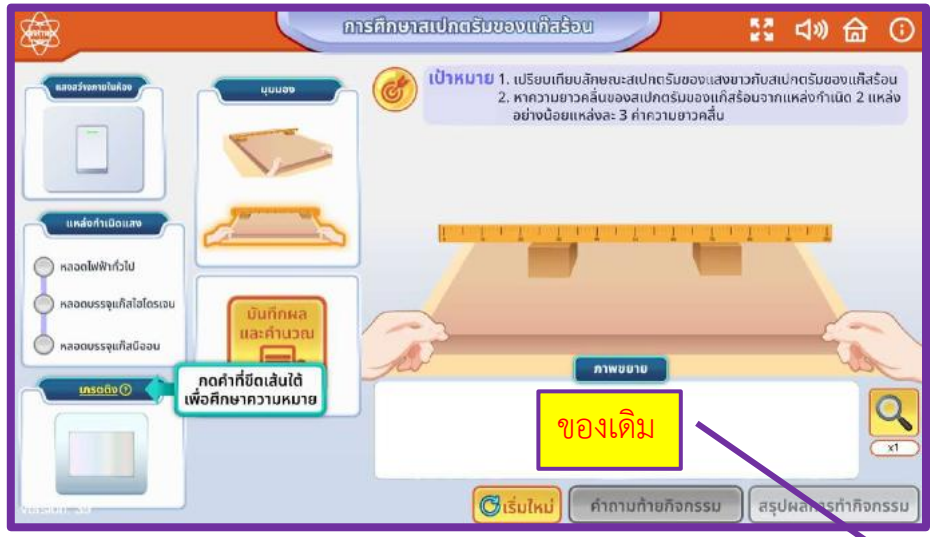




1. กดศึกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม
2. กดศึกษาเป้าหมายของกิจกรรม
3. เลือกแหล่งกำเนิดแสง
4. ลากไม้เมตรไปวางหน้าแหล่งกำเนิดแสง
5. กดเพื่อเปิดหลอดไฟในแหล่งกำเนิดแสง
6. ลากแผ่นเกรตติงไปยังมือจับ
7. กดเพื่อเปลี่ยนมุมมอง ~~(จากเอียงเป็นตรง)~~
8. กดที่เกรตติงเพื่อสังเกตสเปกตรัมผ่านเกรตติง
9. กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
10. กดขยายและเลื่อนภาพเพื่อสังเกตตำแหน่งของสเปกตรัม
11. ตอบคำถาม และถ้าคำตอบเป็นสเปกตรัมแบบเส้นให้บันทึกผลและคำนวณ

ในหน้าคำแนะนำให้ตัดออก Prompt จริงยังมีอยู่

12. ~~(ถ้าตอบแบบต่อเนื่อง เมื่อกลับหน้าหลักจะปรากฏ prompt “ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง”)~~
13. ~~(ถ้าตอบแบบเส้น) เมื่อไปตารางบันทึกผลจะปรากฏ prompt ถัดไปที่ 14-20~~
14. เลือกเส้นสเปกตรัมที่ต้องการหาความยาวคลื่น
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

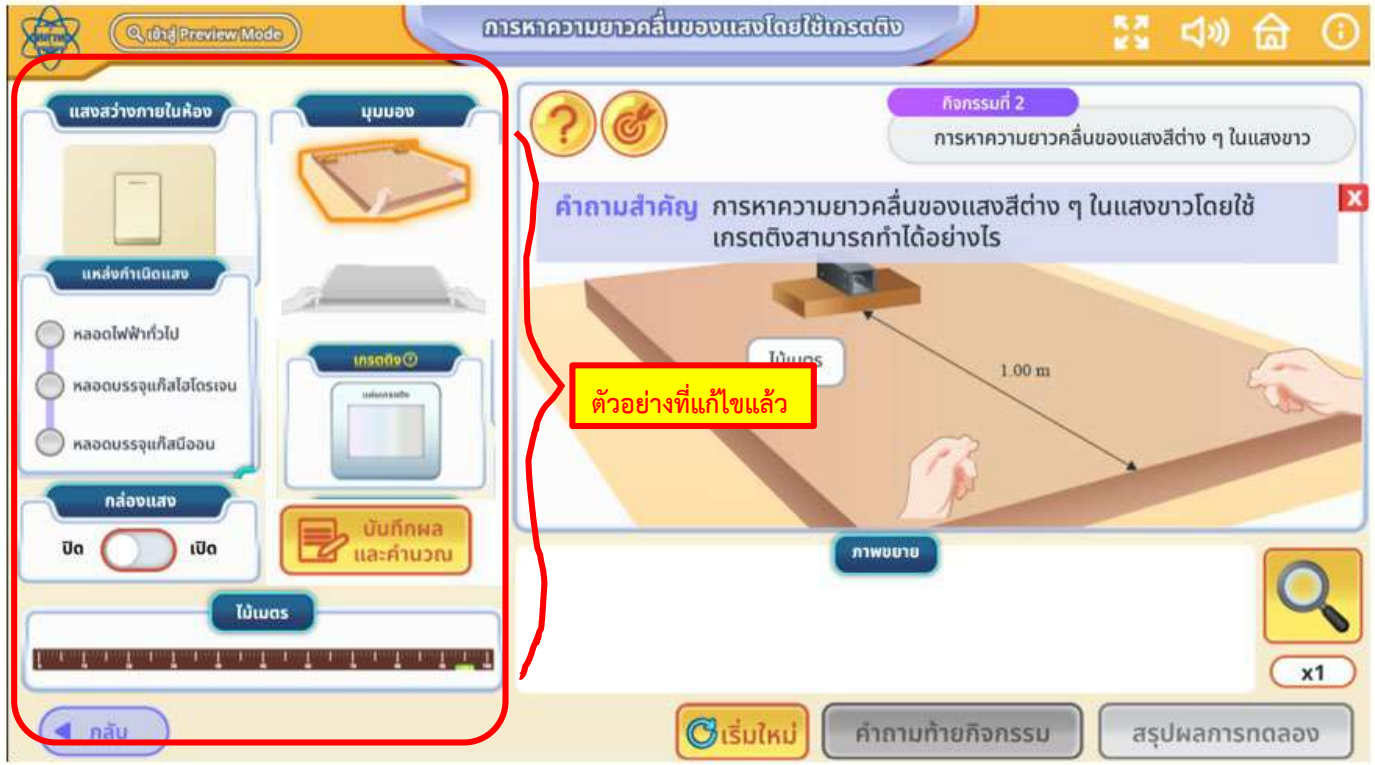


ของเดิม



หน้ากิจกรรม ส่วนไอคอนซ้ายมือ

ปรับใหม่ให้เหมือนต้นแบบสื่อเกรตติง แถบทางขวาให้โดยลดช่องว่างบริเวณส่วนของมุมมองและบันทึกผล เพื่อแทรกเกรตติง แล้วนำแหล่งกำเนิดแสงไปแทรกลงในแถบทางซ้าย (อาจต้องลดขนาดสวิตช์ลงด้วย)



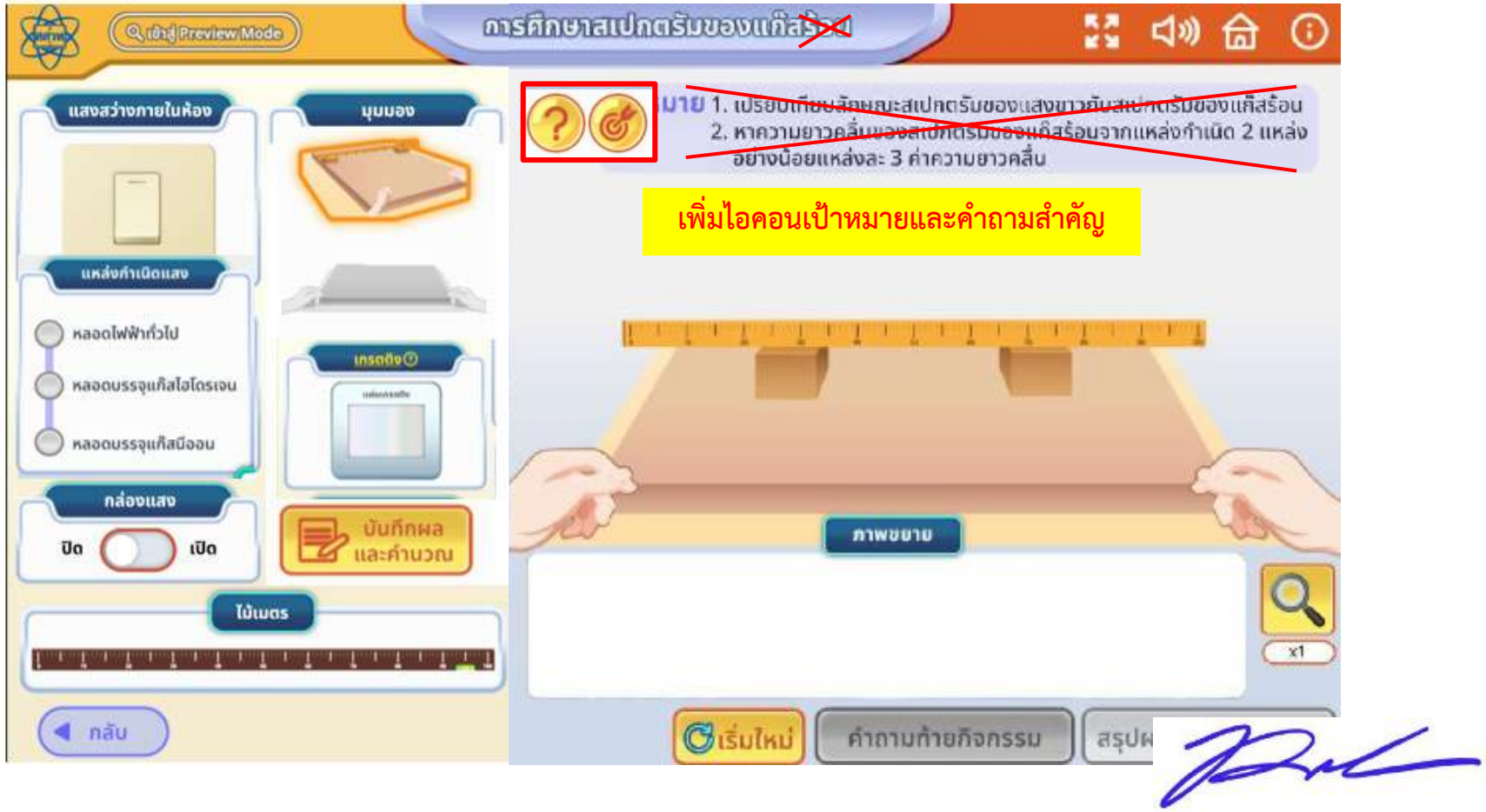
เป้าหมาย

1. เปรียบเทียบลักษณะสเปกตรัมของแสงขาวกับสเปกตรัมของแก๊ส~~ร้อน~~ 2 แหล่ง คือ จากหลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน และหลอดบรรจุแก๊สนีออน
2. หาความยาวคลื่นของสเปกตรัมของแก๊ส~~ร้อน~~จากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง อย่างน้อยแหล่งละ 3 ค่าความยาวคลื่น

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

คำถามสำคัญ

1. สเปกตรัมของแสงขาวกับสเปกตรัมของแก๊ส~~ร้อน~~เหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
2. สเปกตรัมของแก๊ส~~ร้อน~~จากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน เหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
3. สีของสเปกตรัมของแสงที่ตามองเห็นกับความยาวคลื่นสัมพันธ์กันอย่างไร

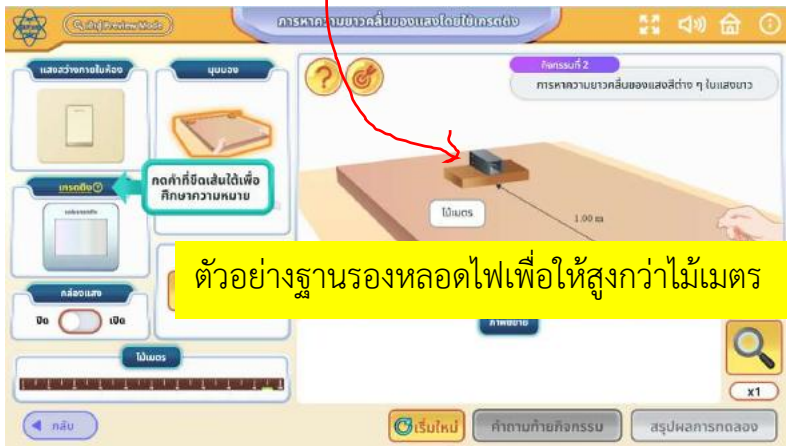




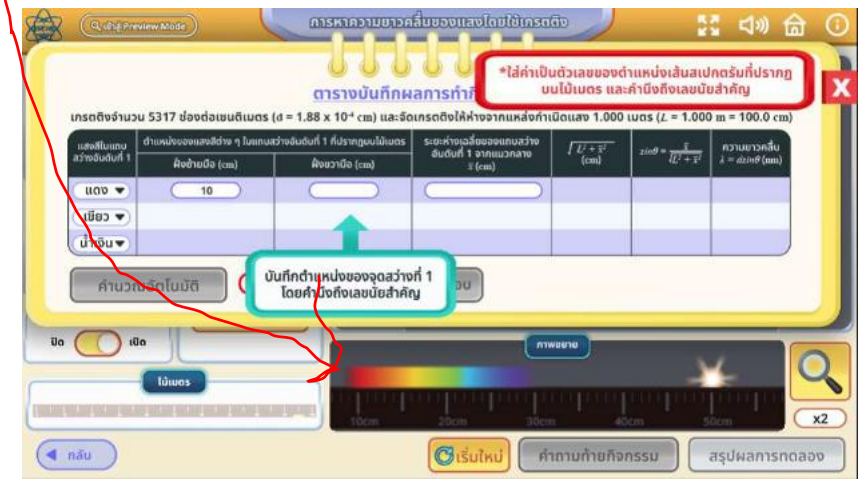




ปรับภาพส่วนของหลอดไฟฟ้าทั่วไปให้ 1. ความสูงของบล็อคที่วางไม้บรรทัด สูงเท่ากับของหลอดบรรจุแก๊สทั้งสอง
2. ทำฐานวางหลอดไฟฟ้าทั่วไป (เหมือนเกรตติง) เพื่อยกหลอดไฟฟ้าทั่วไปให้สูงจนหลอดไฟอยู่เหนือไม้บรรทัด
3. ลดขนาดหลอดไฟฟ้าลงเพื่อให้แสงมีความสูงเท่าๆ กับแถบสเปกตรัม



ตัวอย่างฐานรองหลอดไฟเพื่อให้สูงกว่าไม้เมตร



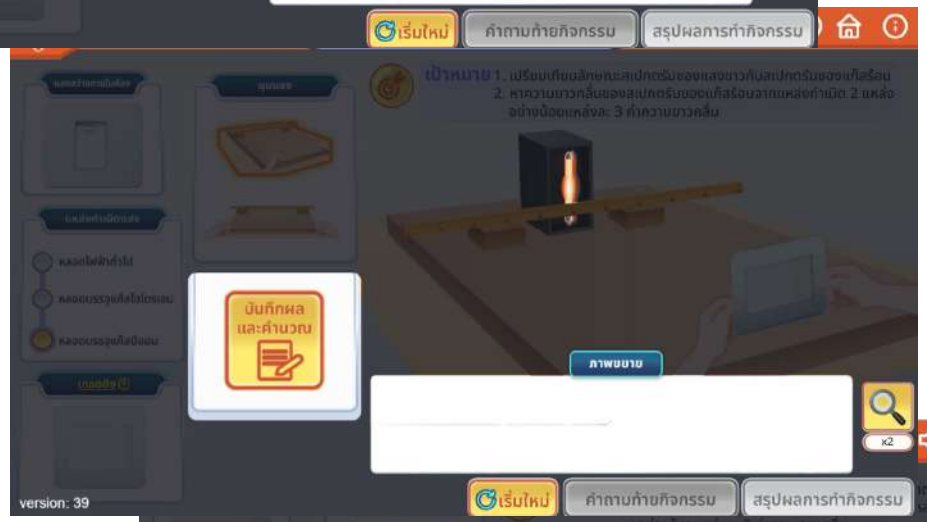
ยกหลอดไฟขึ้น และปรับให้ขนาดหลอดไฟฟ้า[redacted]วอย่างนี้

เพิ่มกรอบ และตอนปิดไฟให้มืดเฉพาะบริเวณทำการทดลอง แต่มืดๆ แบบเดิมก็ดีอยู่แล้ว ตัวอย่างนี้สว่างไปหน่อย

หลอดไฟฟ้าทั่วไป ต้องยกสูงขึ้น

เปลี่ยนสีสวิตช์ตามตัวอย่าง

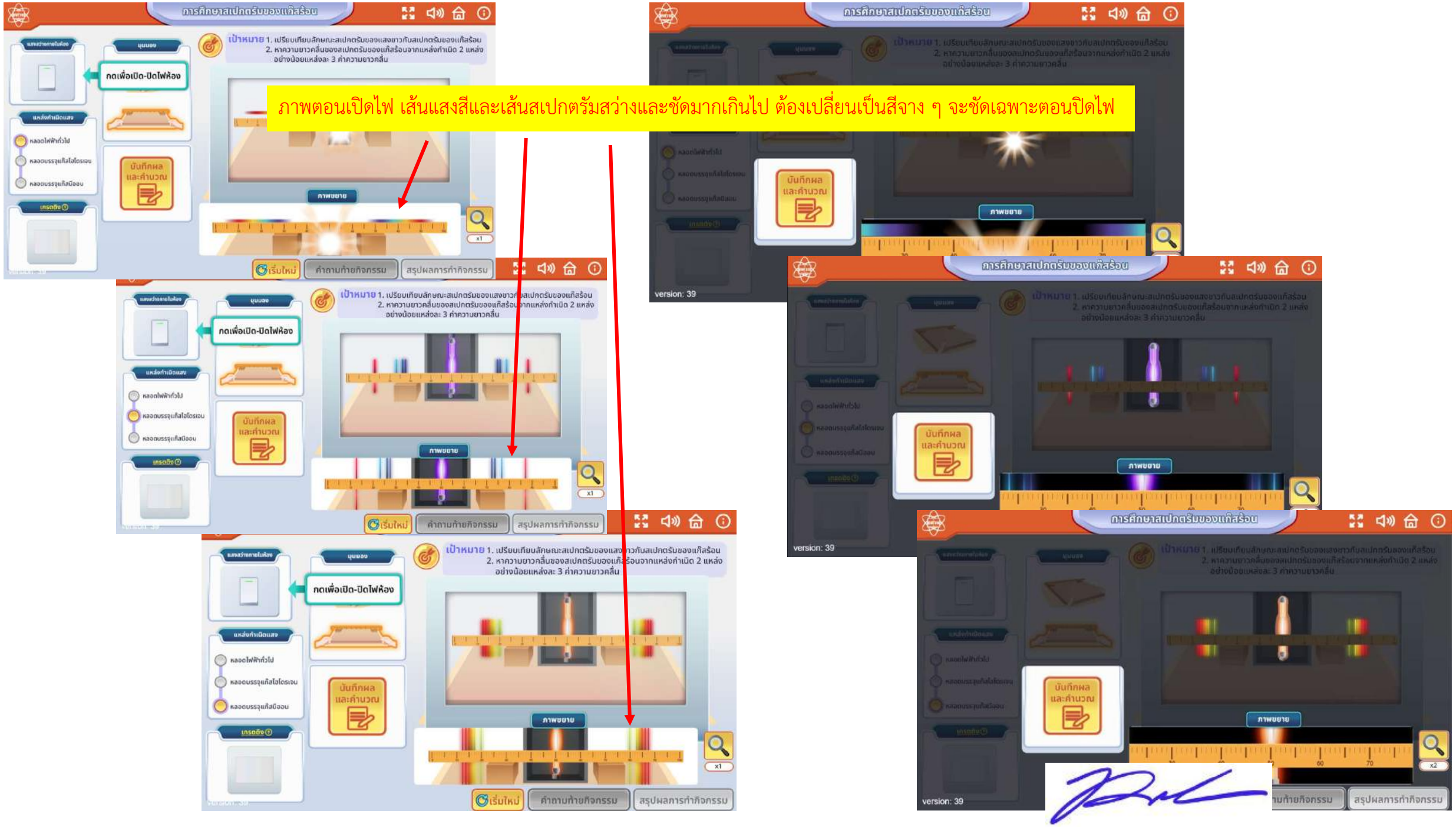










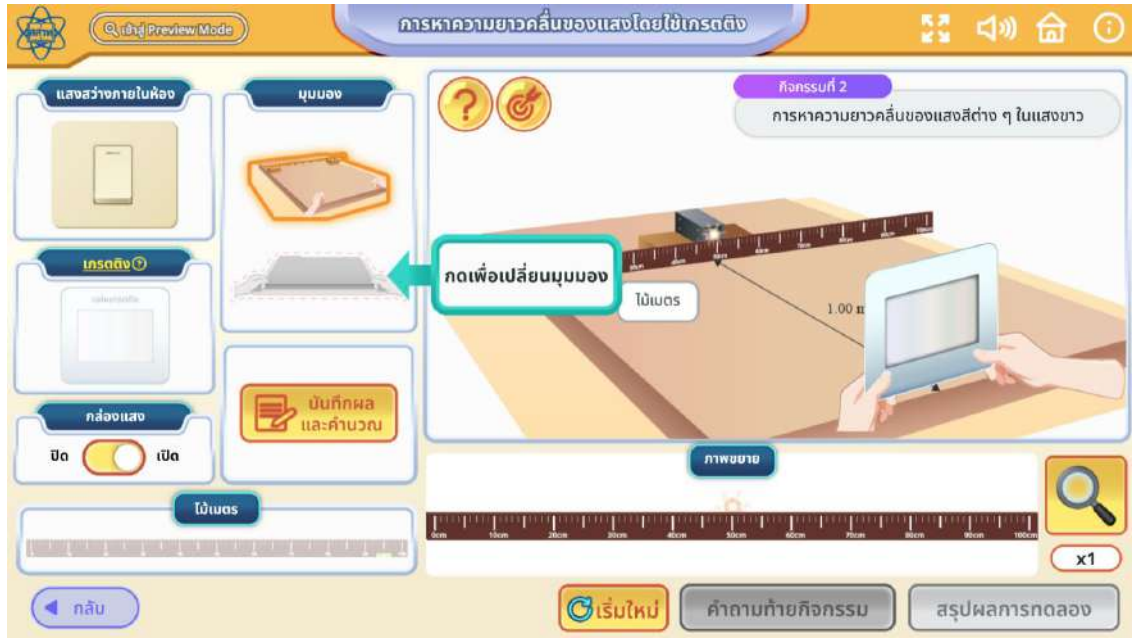

การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน
เป้าหมาย 1. เปรียบเทียบลักษณะสเปกตรัมของแสงขาวกับสเปกตรัมของแก๊สร้อน
2. หาความยาวคลื่นของสเปกตรัมของแก๊สร้อนจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง อย่างน้อยแหล่งละ 3 ค่าความยาวคลื่น
กดเพื่อเปิด-ปิดไฟห้อง
บันทึกผล และคำนวณ
ภาพขยาย
เริ่มใหม่
คำถามท้ายกิจกรรม
สรุปผลการทำกิจกรรม
version: 39
ภาพตอนเปิดไฟ เส้นแสงสีและเส้นสเปกตรัมสว่างและชัดมากเกินไป ต้องเปลี่ยนเป็นสีจาง ๆ จะชัดเฉพาะตอนปิดไฟ

หน้าการทำกิจกรรม

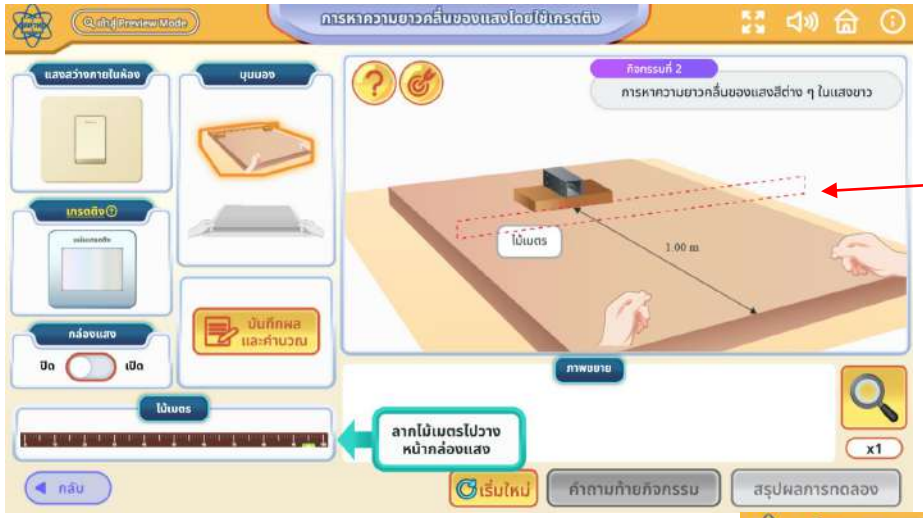


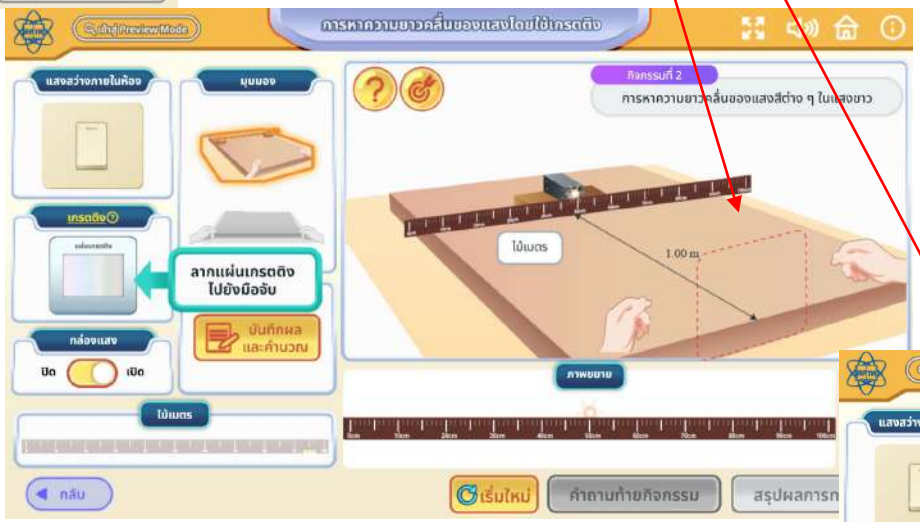
เริ่มต้นให้อยู่ในมุมมองเอียงก่อน แล้วค่อยเปลี่ยนมุมมองมาแนวตรงทีหลัง

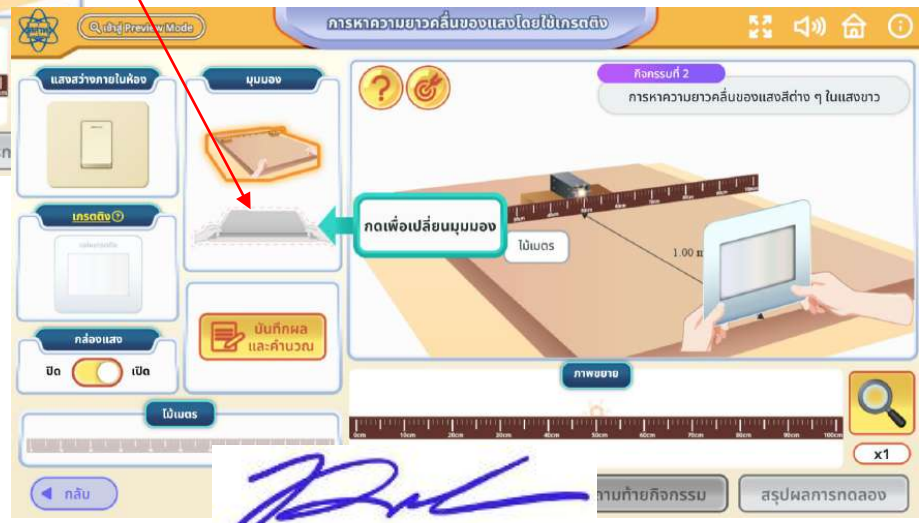




เพิ่มกรอบเส้นประ สำหรับเป็นไกด์นำการนำอุปกรณ์ไปวาง หรือบอกที่กด เหมือนตัวอย่าง







ข้อความบรรยายเกรตติง ปรับตามสื่อ เกรตติง โดยรวมเป็น 4 หน้า

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. แสดงว่าในพื้นที่ของเกรตติงที่ความกว้าง 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, ..., S_n ถึงตำแหน่งแทรกสอดแบบเสริมที่จุด P ดังรูป ค จะได้ความต่างของระยะทางของแสงจากแหล่งกำเนิด แต่ละคู่ที่อยู่ถัดกันไปยังจุด P เป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่น ($n\lambda$) ที่แสดงด้วยเส้นสีเขียวในรูป ค และเนื่องจากระยะห่างระหว่างเกรตติงมีค่าน้อยกว่าระยะระหว่างเกรตติงกับฉากมาก ๆ จึงถือได้ว่ารังสีจากแต่ละช่องของเกรตติงเป็นรังสีขนาน ดังรูป ง จะได้ว่าความต่างระยะทางของแสงแต่ละคู่เท่ากับ $d\sin\theta$ ที่แสดงด้วยเส้นสีแดงในรูป ง



รูป ค รังสีของแสงจากแต่ละช่องในเกรตติงถึงจุด P โดยมีความต่างระยะทางเท่ากับ $n\lambda$

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

◀ก่อนหน้า ถัดไป ▶

หน้าที่ 4/4

การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง

ตำแหน่งของแถบสว่างอันดับต่าง ๆ ที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง จึงหาได้จากความสัมพันธ์

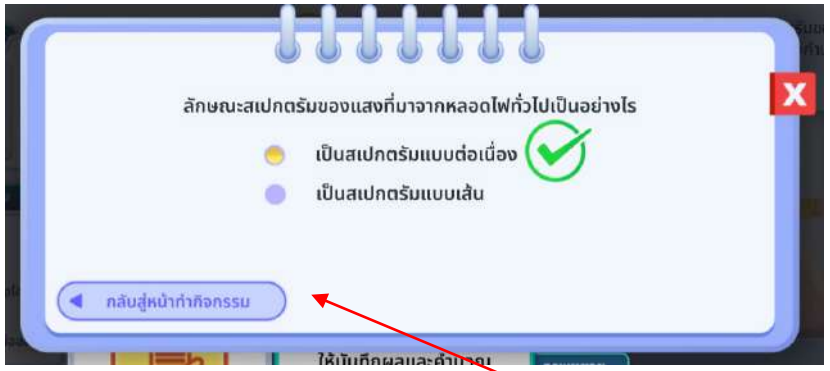
$$d\sin\theta_n = n\lambda \qquad n = 0, 1, 2, \ldots$$

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

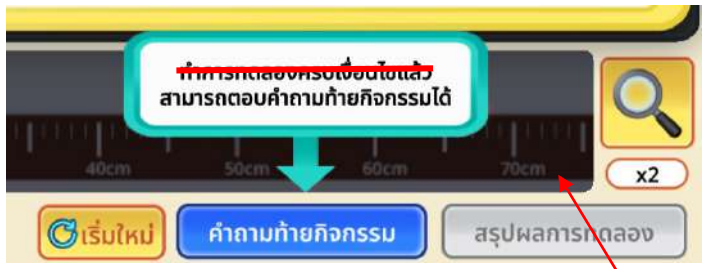
เนื่องจากเกรตติงมีจำนวนช่องมาก ลวดลายการแทรกสอดหรือแถบสว่างที่ปรากฏบนฉากจึงมีความสว่างมาก และเนื่องจากระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติงมีขนาดน้อยมาก ๆ ลวดลายการแทรกสอดหรือแถบสว่างที่ปรากฏบนฉากจึงเบนไปจากแนวกลางเป็นมุมที่มากทำให้มองเห็นลวดลายแทรกสอดได้ชัดเจน ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำเกรตติงมาใช้ในการหาความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สีต่าง ๆ รวมทั้งยังใช้ในการแยกแสงขาวหรือแสงที่เกิดจากการผสมหลายแสงสีออกเป็นแสงสีต่าง ๆ เพื่อหาความยาวคลื่นแสงแต่ละสีได้

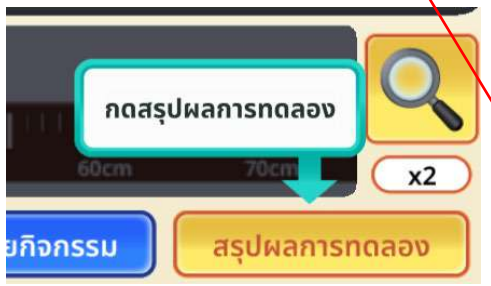
◀ก่อนหน้า

ปรับ Prompt หน้ากิจกรรมใหม่

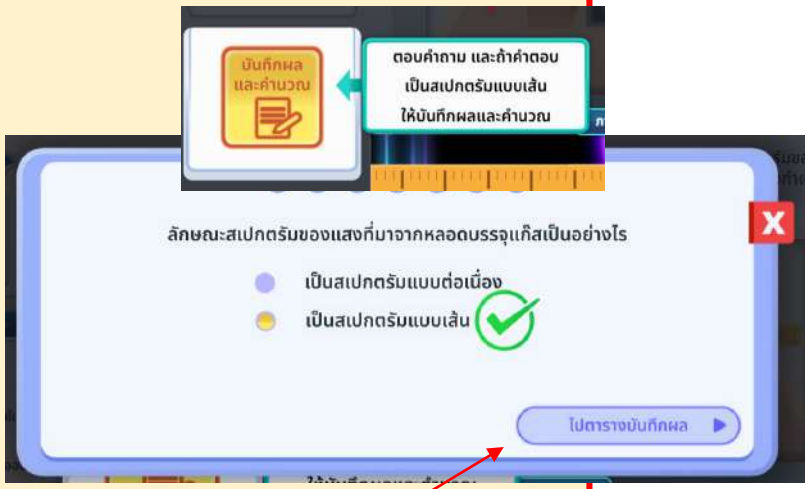






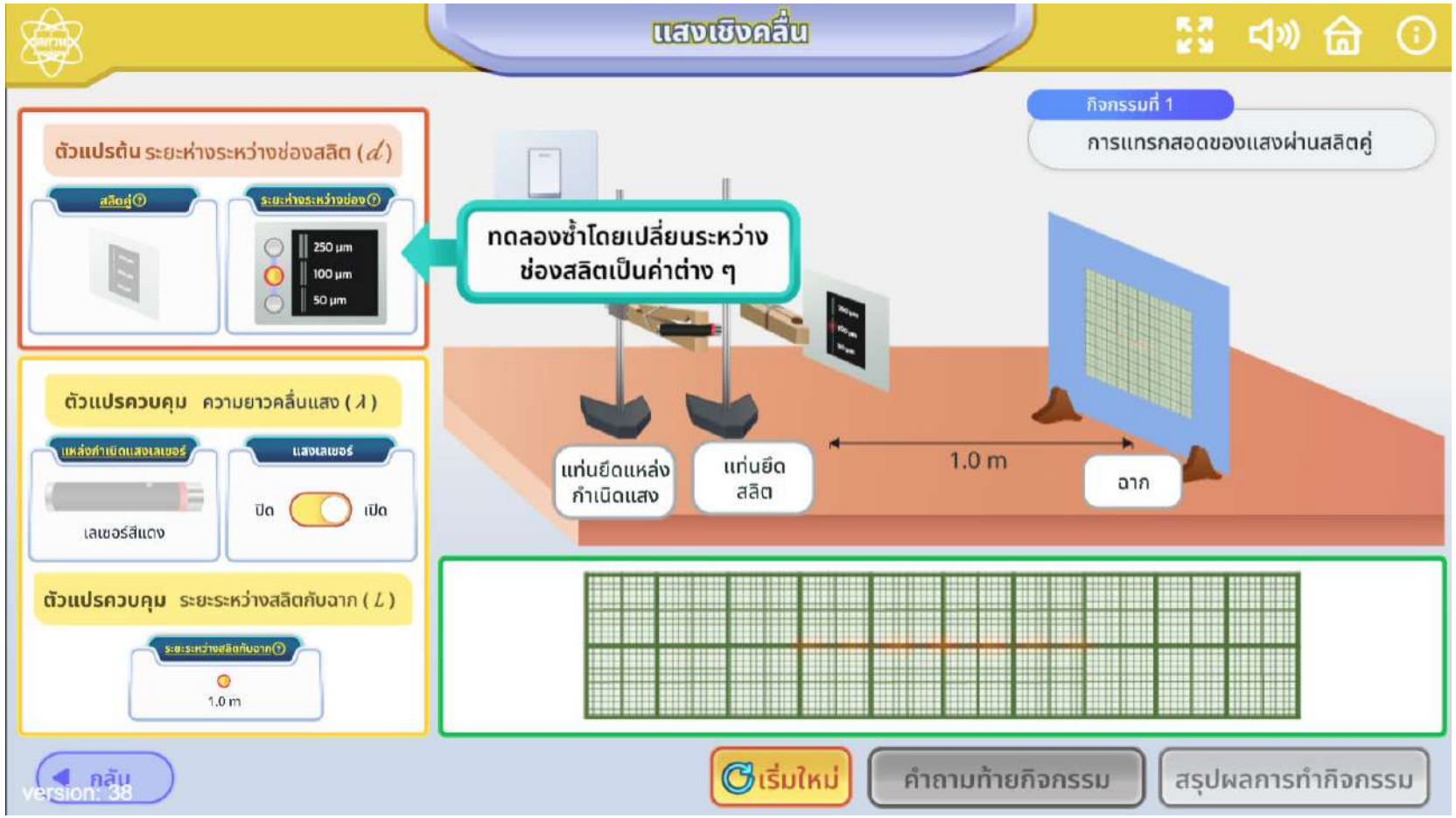


ลำดับ prompt ของใหม่



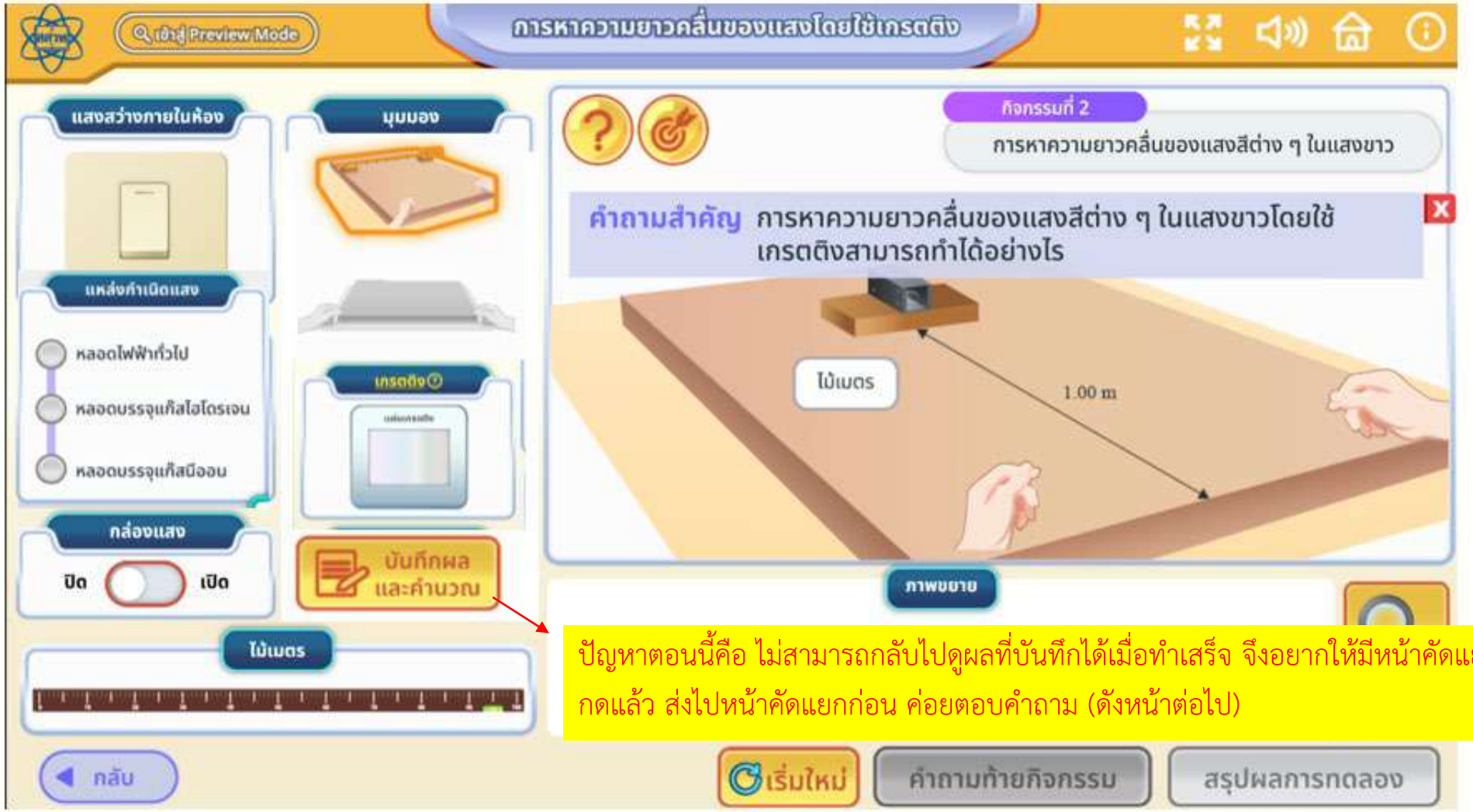
1. กดศึกษาคำถามสำคัญของกิจกรรม
2. กดศึกษาเป้าหมายของกิจกรรม
3. เลือกแหล่งกำเนิดแสง
4. ลากไม้เมตรไปวางหน้าแหล่งกำเนิดแสง
5. กดเพื่อเปิดหลอดไฟในแหล่งกำเนิดแสง
6. ลากแผ่นเกรตติงไปยังมือจับ
7. กดเพื่อเปลี่ยนมุมมอง (จากเอียงเป็นตรง)
8. กดที่เกรตติงเพื่อสังเกตสเปกตรัมผ่านเกรตติง
9. กดเพื่อปิดแหล่งกำเนิดแสงในห้อง
10. กดขยายและเลื่อนภาพเพื่อสังเกตตำแหน่งของสเปกตรัม
11. ตอบคำถาม และถ้าคำตอบเป็นสเปกตรัมแบบเส้นให้บันทึกผลและคำนวณ
12. (ถ้าตอบแบบต่อเนื่อง เมื่อกลับหน้าหลักจะปรากฏ prompt “**ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง**”)
13. (ถ้าตอบแบบเส้น) เมื่อไปตารางบันทึกผลจะปรากฏ prompt ถัดไปที่ 14-20
14. เลือกเส้นสเปกตรัมที่ต้องการหาความยาวคลื่น
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

ตัวอย่าง prompt คำว่า ทดลองซ้ำ

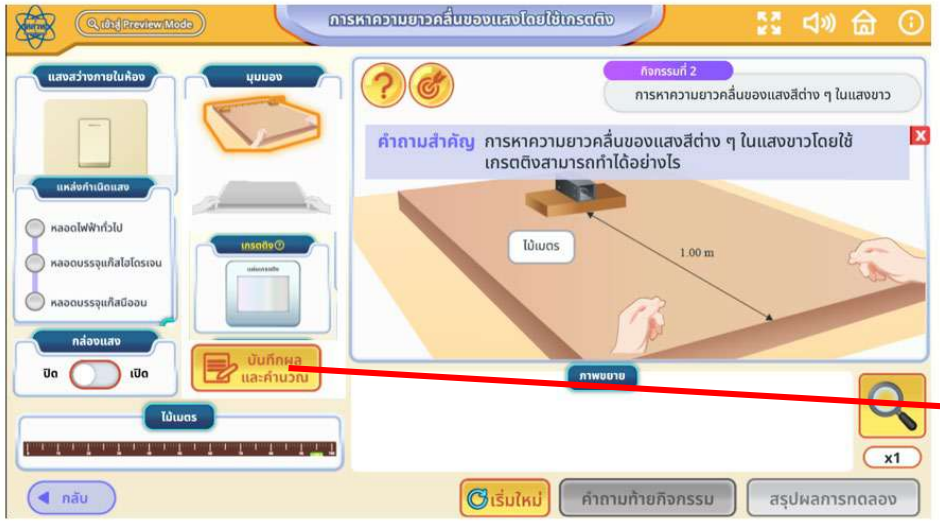


หน้าตารางบันทึกผล

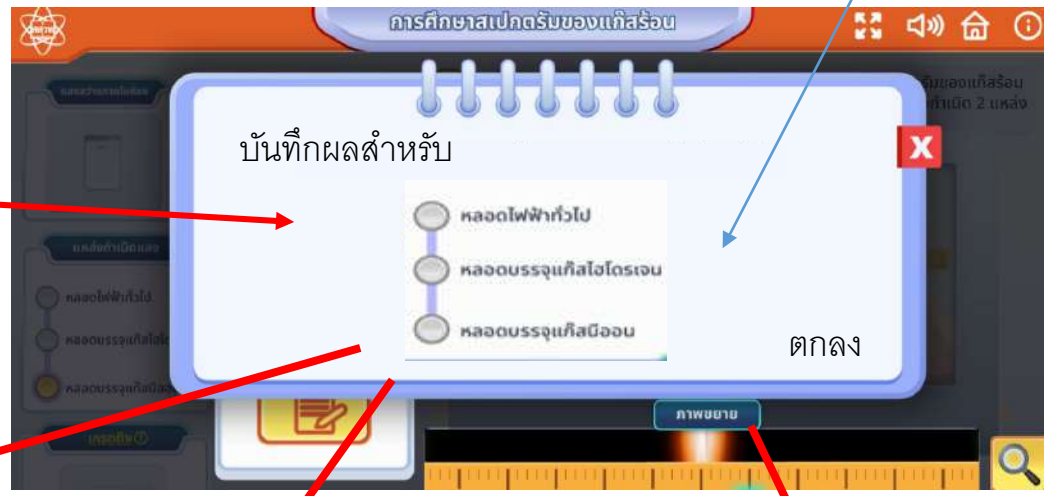




ปัญหาตอนนี้คือ ไม่สามารถกลับไปดูผลที่บันทึกได้เมื่อทำเสร็จ จึงอยากให้มีหน้าคัดแยก ก่อนจะเข้าไปกดแล้ว ส่งไปหน้าคัดแยกก่อน ค่อยตอบคำถาม (ดังหน้าต่อไป)

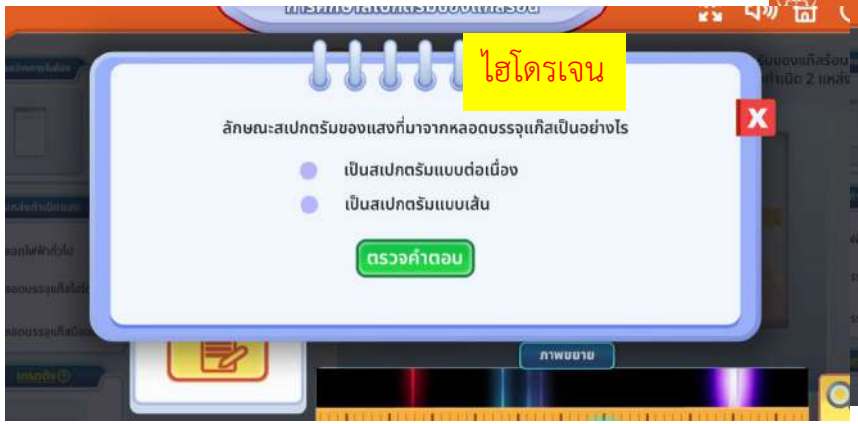


ให้ระบบเช็คให้ตรงด้วยแต่ไม่ต้องใช้คำว่าตรวจคำตอบ
ถ้าเลือกไม่ตรงก็มีข้อความ “กรุณาเลือกให้ตรงกับแหล่งกำเนิดแสง”



ให้ระบบจำเพื่อกลับเข้ามาดูผลในตารางได้ด้วย

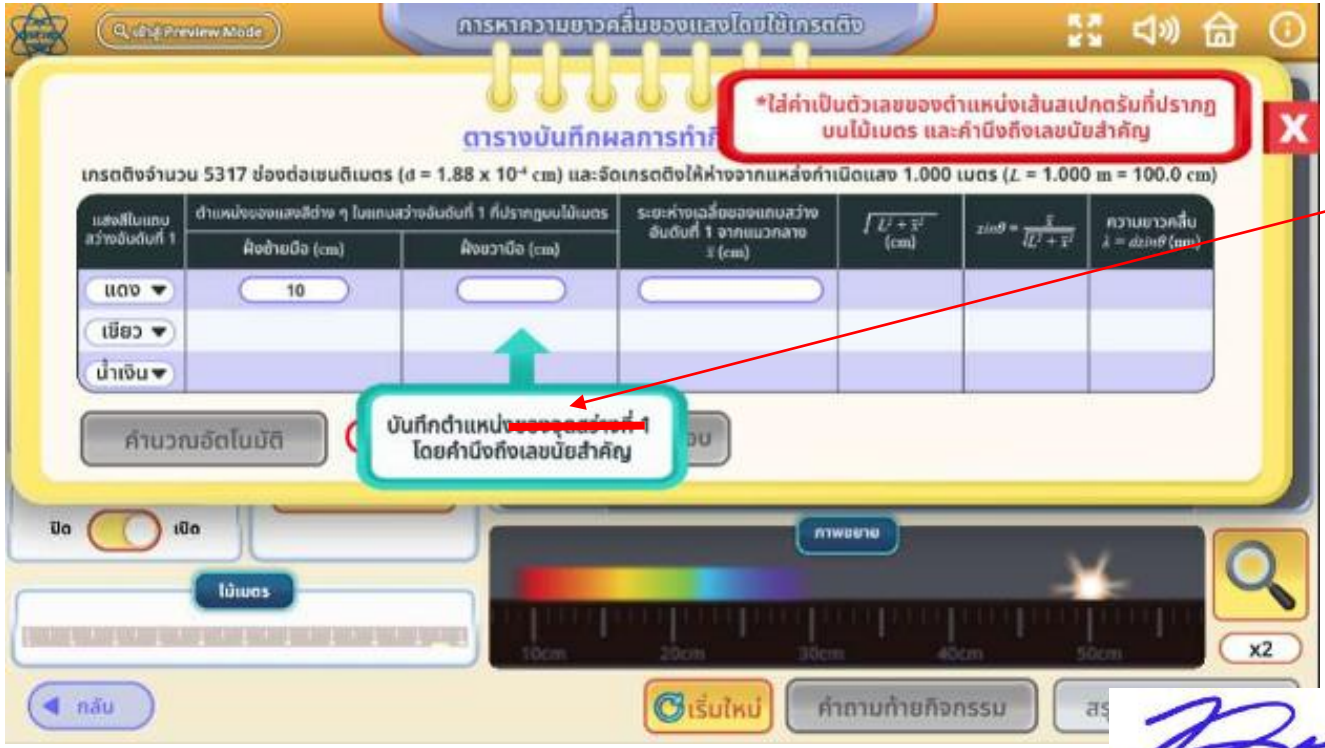








ปรับรูปแบบตารางบันทึกผลให้เป็นแบบเดียวกับเกรตติง และเพิ่มคำแนะนำเมื่อกรอกตัวเลขผิด ดังตัวอย่าง



“ของเส้นสเปกตรัม”



“ของเส้นสเปกตรัม”

ปรับรูปแบบตารางบันทึกผลให้เป็นแบบเดียวกับเกรตติง และเพิ่มการตรวจข้อมูลที่บันทึก ดังตัวอย่าง




การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม
เกรตติงจำนวน 5317 ช่องต่อเซนติเมตร (d = 1.88 × 10⁻⁴ cm) และจัดเกรตติงให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง 1 เมตร (D = 100 cm)
แหล่งกำเนิดแสง คือ หลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจน
สีของเส้นสเปกตรัม
ตำแหน่งเส้นสเปกตรัมสีเดียวกันที่ปรากฏบนไม้เมตร
ฝั่งซ้ายมือ (cm)
ฝั่งขวามือ (cm)
ระยะเฉลี่ย X̄ (cm)
√(D²+X̄²) (cm)
sinθ = X̄/√(D²+X̄²)
ความยาวคลื่นของสเปกตรัม λ = dsinθ (cm)
แดง 12.8 87.3 37.3 106.7 0.349 6.6 x10⁻⁴
ฟ้า 23.2 76.8 26.8 103.5 0.259 4.9 x10⁻⁴
น้ำเงิน 26.3 73.8 23.8 102.8 0.231 4.3 x10⁻⁴
กลับสู่หน้าทำกิจกรรม
version: 39
เริ่มใหม่
คำถามท้ายกิจกรรม
สรุปผลการทำกิจกรรม

เข้าสู่ Preview Mode
ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 2
ปรับรูปแบบตารางบันทึกผลให้เป็นแบบเดียวกับเกรตติง และเพิ่มการคำนวณอัตโนมัติ (พร้อมคำแนะนำ) ดังตัวอย่าง
แสงสีในแถบสว่างอันดับที่ 1
ฝั่งซ้ายมือ (cm)
ฝั่งขวามือ (cm)
ระยะห่างเฉลี่ยของแถบสว่างอันดับที่ 1 จากแนวกลาง x̄ (cm)
√(L²+x̄²) (cm)
sinθ = x̄/√(L²+x̄²)
ความยาวคลื่น λ = dsinθ (nm)
แดง 10.0 90.0 40.0 108 0.37 696
เขียว
น้ำเงิน
คำนวณอัตโนมัติ
ตรวจคำตอบ
เพียงกรอกตัวเลขใน 2 ช่องแรก แล้วกดปุ่มคำนวณอัตโนมัติ ระบบจะทำการคำนวณค่าที่เหลือและเติมตัวเลขให้โดยอัตโนมัติ
ภาพขยาย
10cm 20cm 30cm 40cm 50cm
x2
ปิด
กลับ
เริ่มใหม่

ไม่ต้องมีข้อความเฉลยแบบนี้แล้ว







ปรับระบบการตรวจให้เป็นแบบเกรดติง
ตอนนี้ ทำไม่ถูกก็เฉลยให้เลย

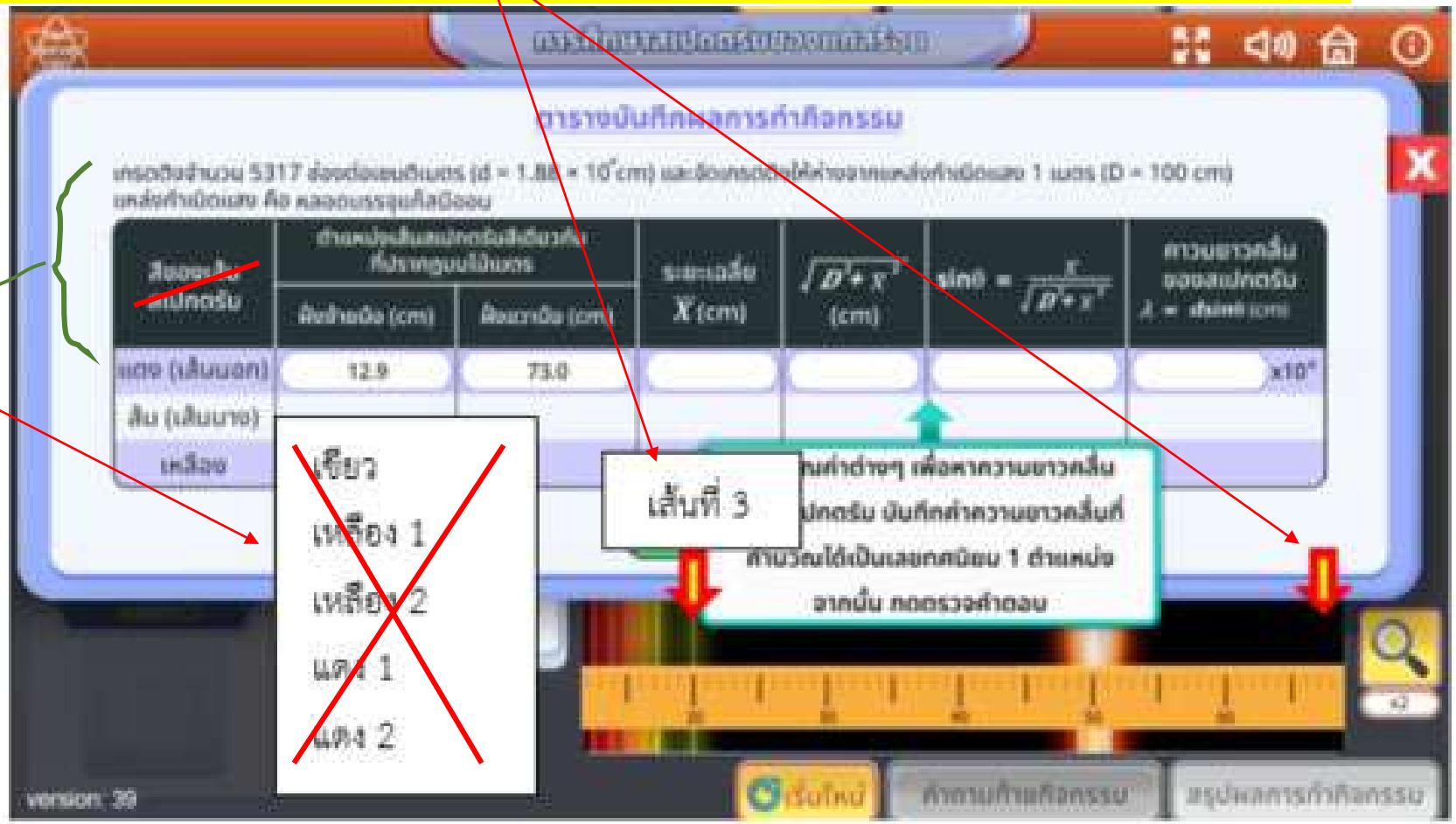
ในตอนเลือกสีของเส้นสเปกตรัม ให้เพิ่มตัวเลือก และเมื่อเลือกเส้นไหนให้เพิ่มลูกศรชี้ประกอบตรงเส้นสเปกตรัม (ฝากออกแบบว่าแบบไหนดี)

เปลี่ยนตัวเลือกเป็นตัวเลขเส้น

- เส้นที่ 1
- เส้นที่ 2
- เส้นที่ 3
- เส้นที่ 4

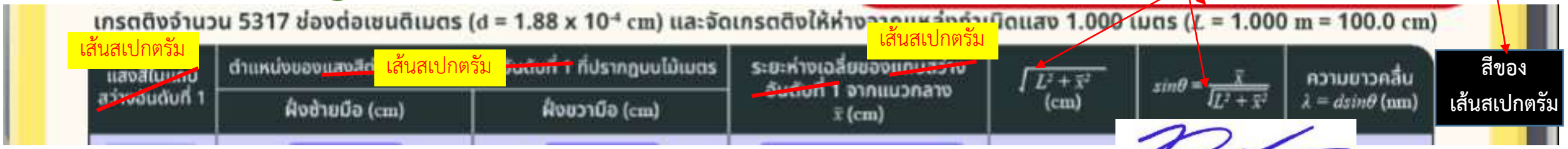
(สำหรับไฮโดรเจนมี 4 เส้น)

(สำหรับนีออนมี 7 เส้น)



ปรับระบบการตรวจให้เป็นแบบเกรตติง

ปรับแก้ข้อความและช่องให้เหมือนกับเกรตติง



เปลี่ยน *L* เป็น *D (ดีใหญ่ตัวเอียง)*

เพิ่มอีก 1 ช่อง

สีของเส้นสเปกตรัม

ส่วนนี้ลดความกว้างลงแล้ว น่าจะเพิ่มอีก 1 ช่องได้

เปลี่ยน *L* เป็น *D (ดีใหญ่ตัวเอียง)*

เพิ่มอีก 1 ช่อง

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

เส้นสเปกตรัม

เส้นสเปกตรัม

เส้นสเปกตรัม

สีของเส้นสเปกตรัม

แสงสีในแถบสว่างอันดับที่ 1	ตำแหน่งของแสงสีในแถบสว่างอันดับที่ 1 ที่ปรากฏบนไม้เมตร		ระยะห่างเฉลี่ยของแถบสว่างอันดับที่ 1 จากแนวกลาง	$\sqrt{L^2 + \bar{x}^2}$ (cm)	$\sin\theta = \frac{\bar{x}}{\sqrt{L^2 + \bar{x}^2}}$	ความยาวคลื่น $\lambda = d\sin\theta$ (nm)
	ฝั่งซ้ายมือ (cm)	ฝั่งขวามือ (cm)	$\bar{x}$ (cm)			

ทำเป็น drop down โดยมีตัวเลือก คือ

ม่วง

น้ำเงิน

เขียว

เหลือง

แสด

แดง

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

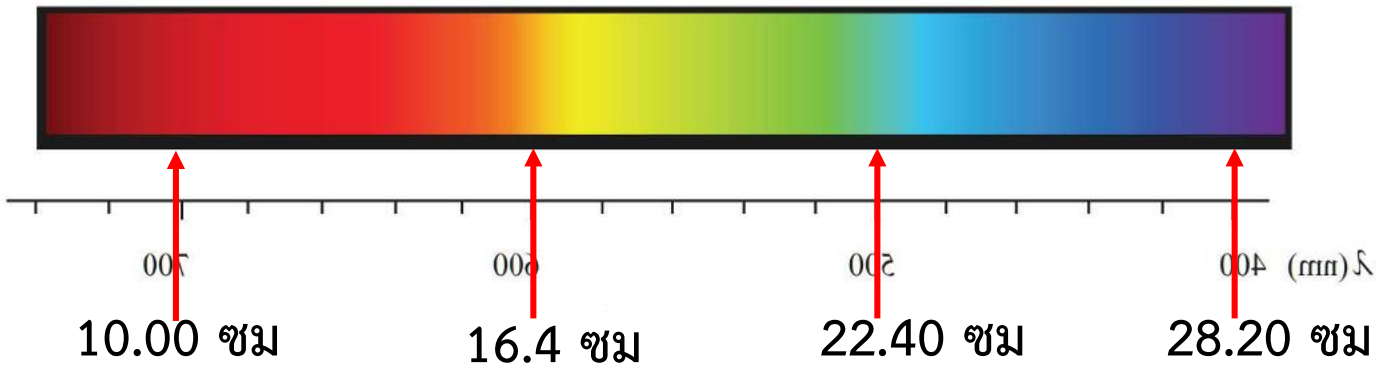
เพิ่ม step ของการเฉลยและ prompt อีก 1 ขั้น prompt “บันทึกสีของเส้นสเปกตรัมที่สังเกตได้”

ผลการทดลอง

แสงจากหลอดไฟ

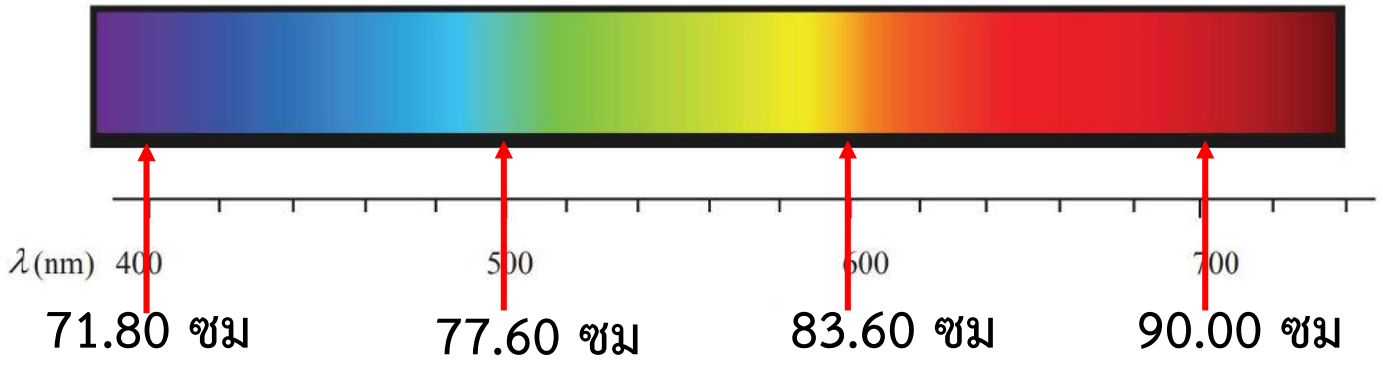
ระยะของแถบสีแต่ละสีจากไม้บรรทัด

ฝั่งซ้าย

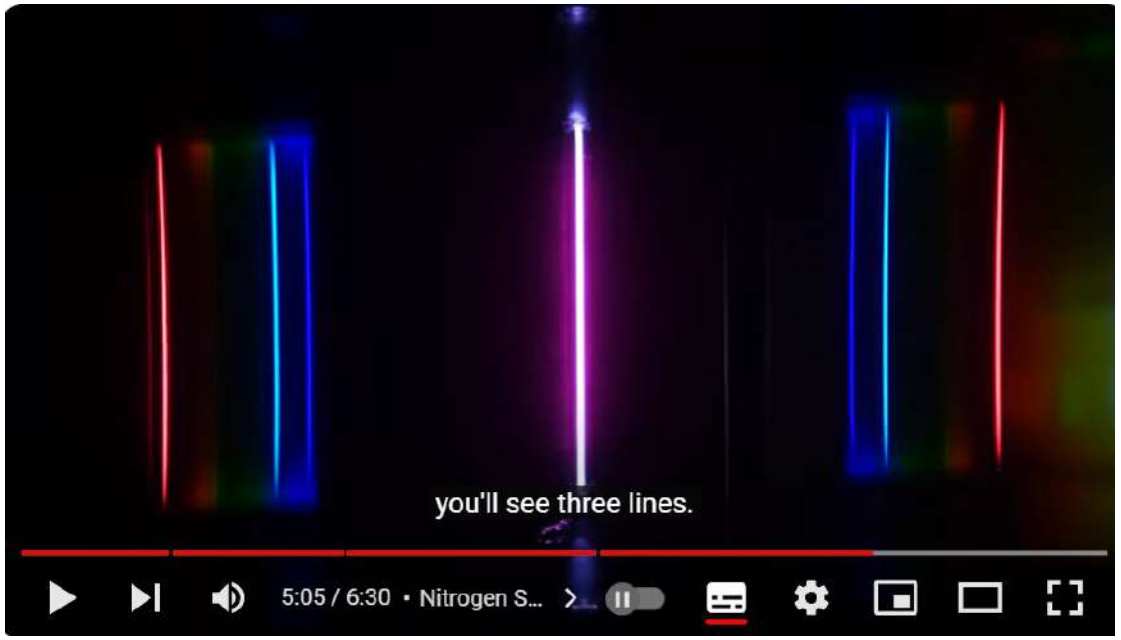




ตำแหน่งของฝั่งขวา



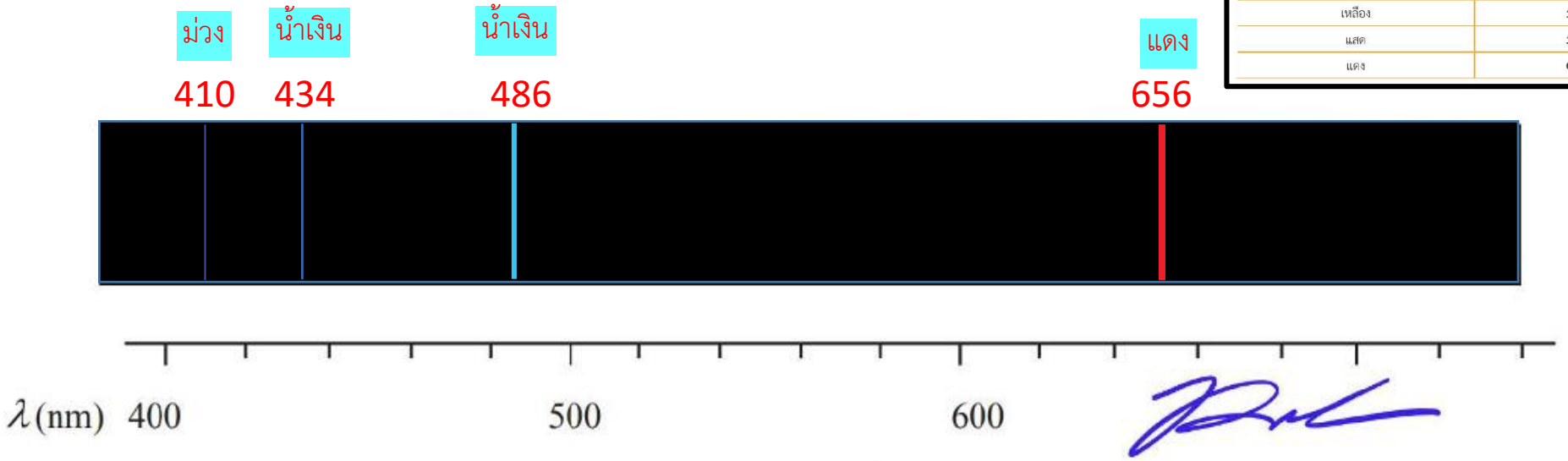




ไฮโดรเจน

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

Hydrogen



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

ตำแน่งของฝั่งขวา

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

เส้นที่ 1

27.65 ซม

เส้นที่ 2

26.25 ซม

เส้นที่ 3

23.2 ซม

เส้นที่ 4

12.75 ซม

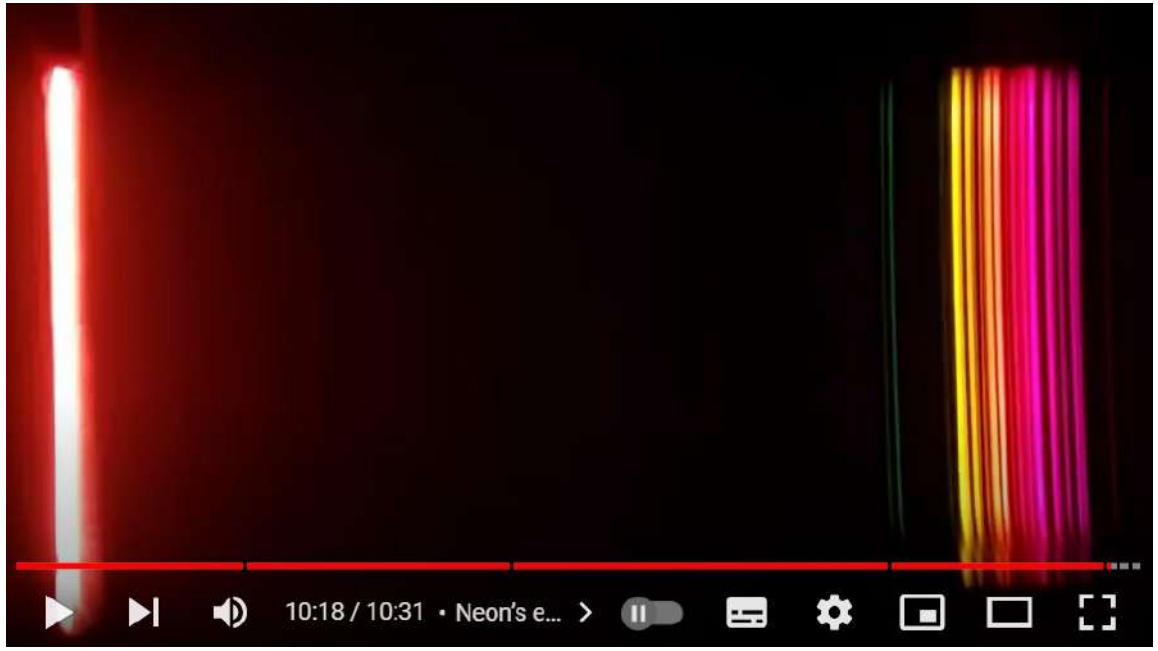
เส้นที่ 1 นี้ปกติจะเห็นได้ไม่ค่อยชัด มีขนาดเส้นเล็กๆ ปรับให้ออกม่วงอีกนิดนึง



อยากให้แถบสเปกตรัมสว่างกว่านี้ สว่างเหมือนหลอดไฟที่มีสีต่าง ๆ ดังตัวอย่าง (เห็นชัดเมื่อปิดไฟ) ตรงกลางเส้นสเปกตรัมควรจะสว่างที่สุดไม่ใช่มืดเลยเหมือนเส้นขาด



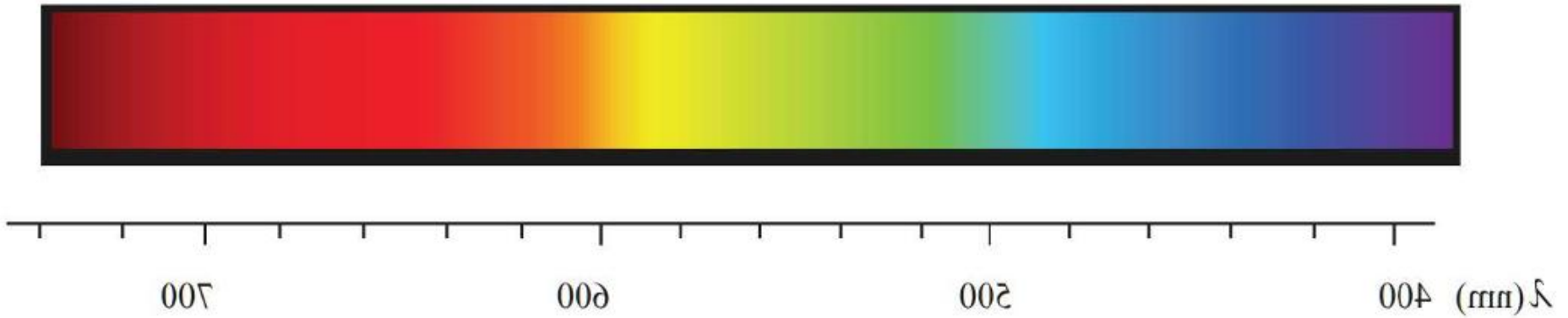

การศึกษาสเปกตรัมของแก๊สร้อน
เป้าหมาย 1. เปรียบเทียบลักษณะสเปกตรัมของแสงขาวกับสเปกตรัมของแก๊สร้อน
2. หาความยาวคลื่นของสเปกตรัมของแก๊สร้อนจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง
อย่างน้อยแหล่งละ 3 ค่าความยาวคลื่น
บันทึกผล
และคำนวณ
ภาพขยาย
30
40
50
60
70
x2
version: 39
เริ่มใหม่
คำถามท้ายกิจกรรม
สรุปผลการทำกิจกรรม


10:18 / 10:31 • Neon's e...

ไนโตรเจน

ระยะของเส้นสเปกตรัมจากไม้บรรทัด

ตำแน่งของฝั่งซ้าย



610
660 640 622 603 585 540

แต่ละเส้นสีจะไล่ตามเฉดสีข้างบน

Neon



เส้นที่ 7

12.50 ซม

เส้นที่ 6

13.80 ซม (เส้นหนา)

15.00 ซม (เส้นหนา)

เส้นที่ 5

15.50 ซม

เส้นที่ 4

16.20 ซม

เส้นที่ 3

17.25 ซม

เส้นที่ 2

20.00 ซม

(เส้นบาง)

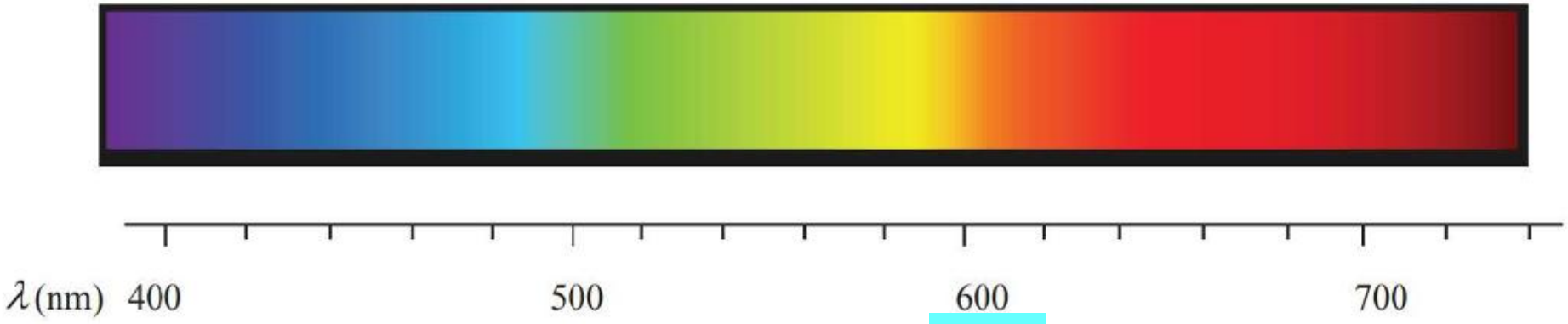
เส้นที่ 1

ระยะของเส้นสเปกตรัมจากไม้บรรทัด

ตารางที่ 10.1 ความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ λ (nm)

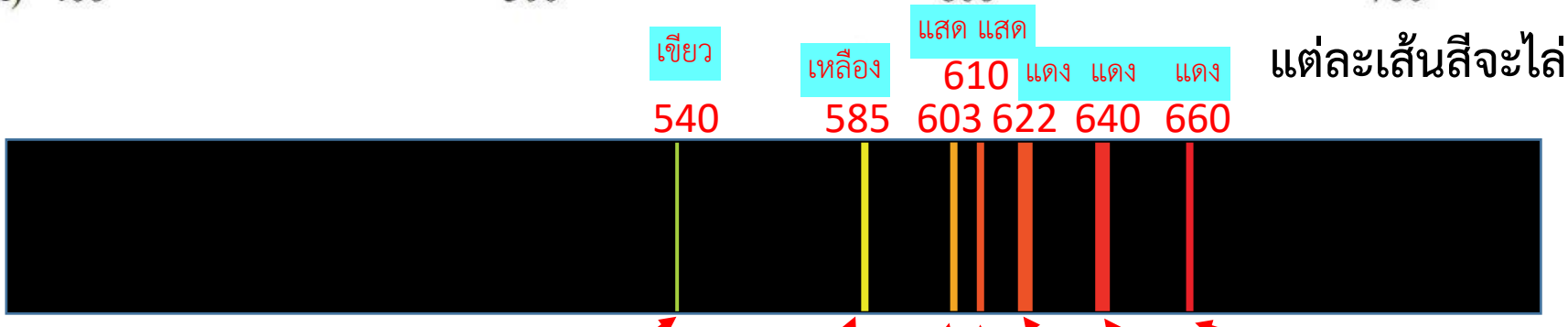
แสงสี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	390 – 425
น้ำเงิน	425 – 500
เขียว	500 – 575
เหลือง	575 – 585
แสด	585 – 620
แดง	620 – 740

ตำแน่งของฝั่งขวา



แต่ละเส้นสีจะไล่ตามเฉดสีข้างบน

Neon



80.00 ซม (เส้นบาง) เส้นที่ 1

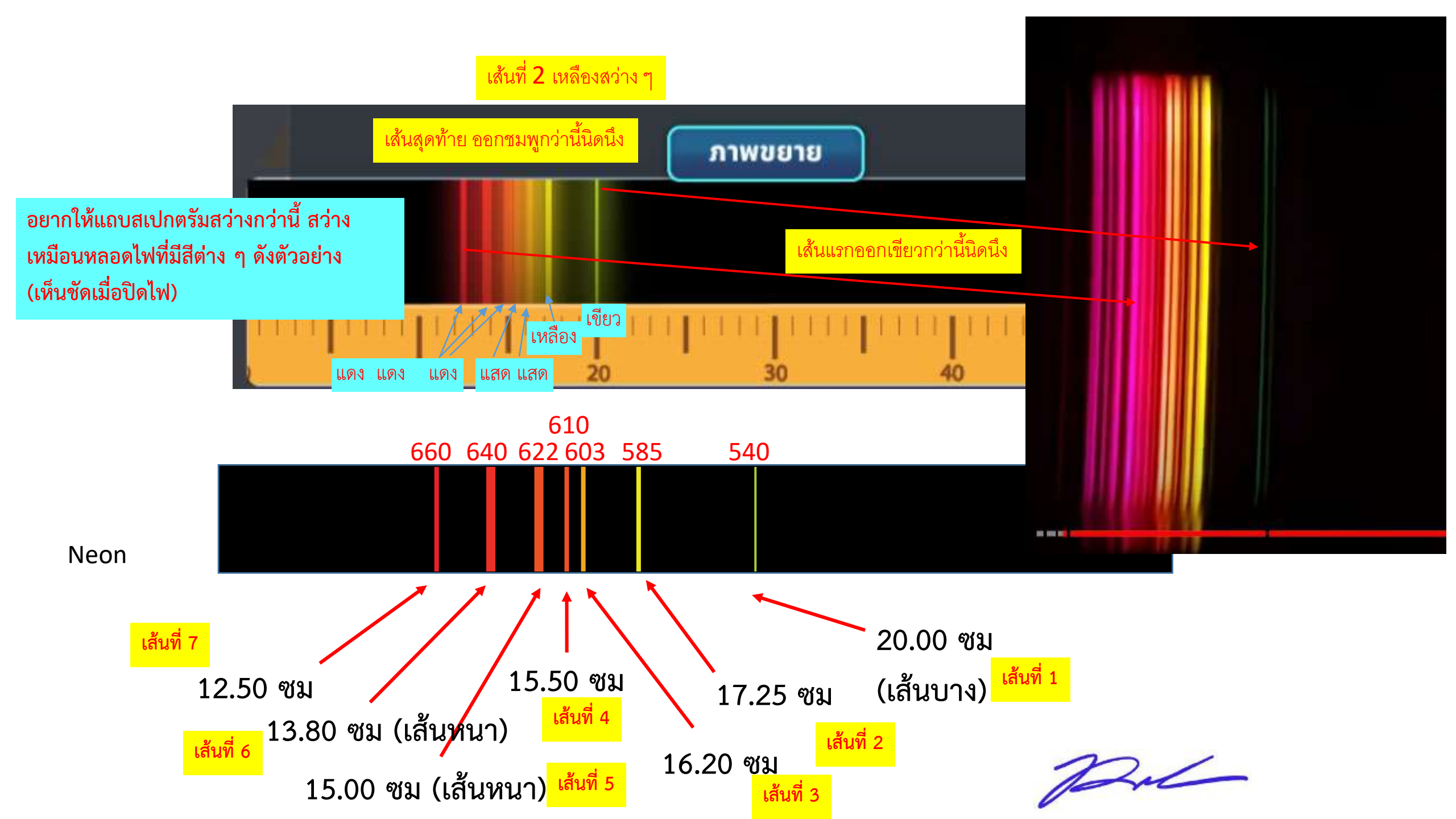
82.75 ซม เส้นที่ 2

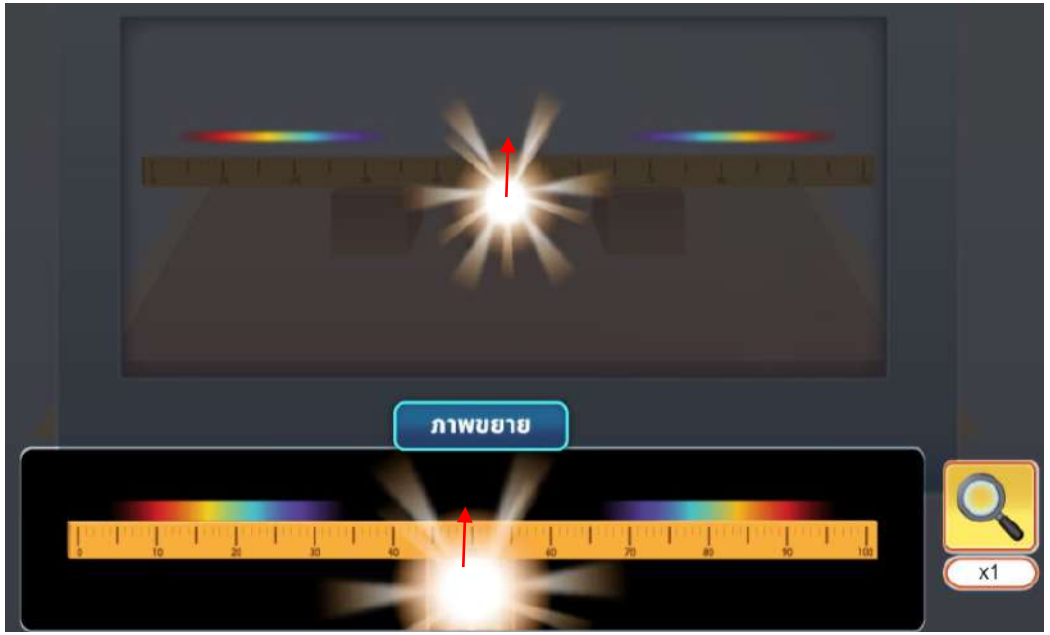
83.80 ซม เส้นที่ 3

84.50 ซม เส้นที่ 4

86.20 ซม (เส้นหนา) เส้นที่ 6

87.50 ซม เส้นที่ 7

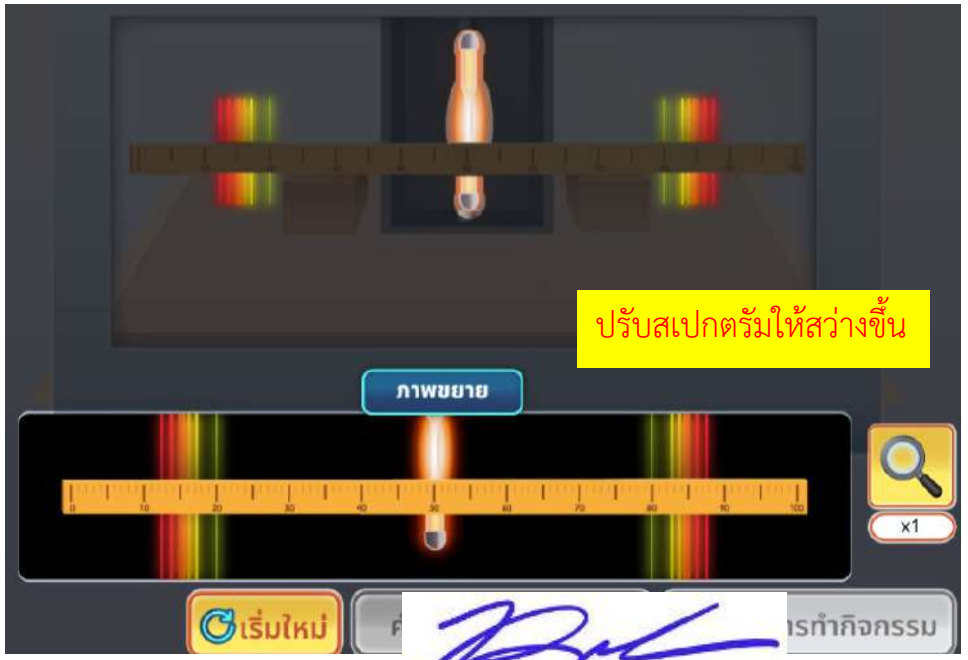

เส้นที่ 2 เหลืองสว่าง ๆ
เส้นสุดท้าย ออกชมพูกว่านี้นิดนึง
ภาพขยาย
อยากให้แถบสเปกตรัมสว่างกว่านี้ สว่างเหมือนหลอดไฟที่มีสีต่าง ๆ ดังตัวอย่าง (เห็นชัดเมื่อปิดไฟ)
เส้นแรกออกเขียวกว่านี้นิดนึง
เขียว
เหลือง
แดง แดง แดง
แสด แสด
20
30
40
610
660 640 622 603 585 540
Neon
เส้นที่ 7
12.50 ซม
เส้นที่ 6
13.80 ซม (เส้นหนา)
15.00 ซม (เส้นหนา)
เส้นที่ 5
15.50 ซม
เส้นที่ 4
16.20 ซม
เส้นที่ 3
17.25 ซม
เส้นที่ 2
20.00 ซม
(เส้นบาง)
เส้นที่ 1



เลื่อนหลอดไฟขึ้น และลดขนาดหลอดไฟ



ปรับสเปกตรัมให้สว่างขึ้นไม่มีสีดำตรงกลาง



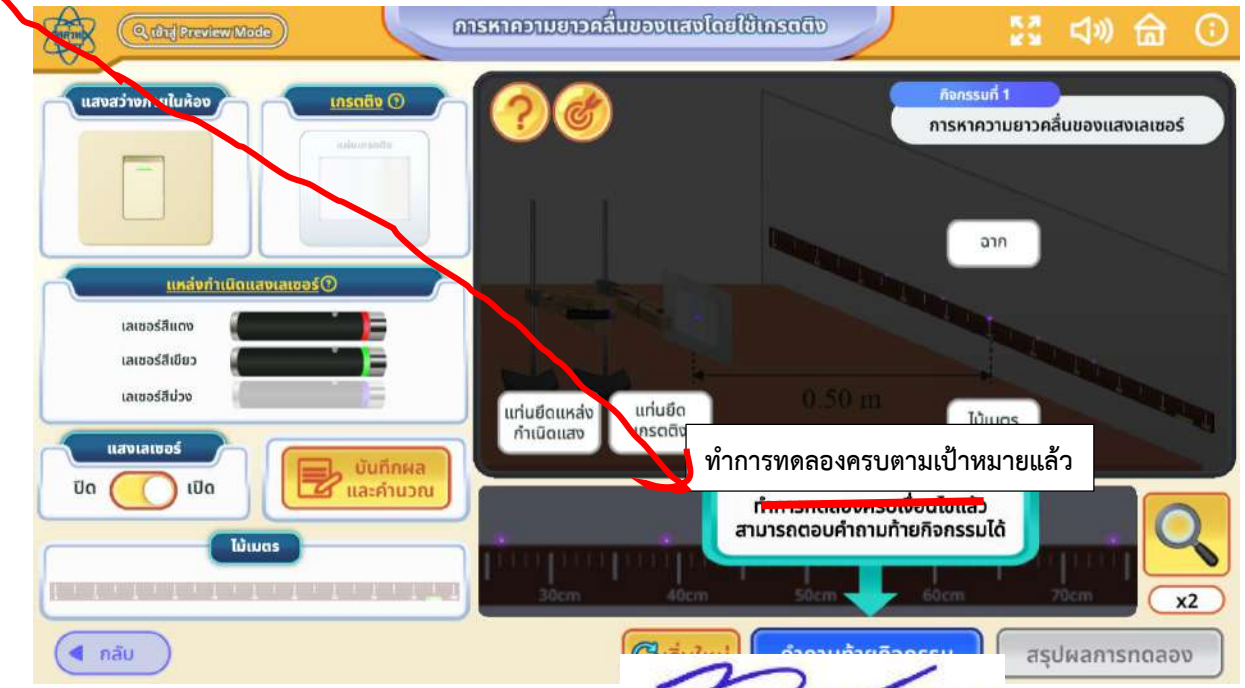
ปรับสเปกตรัมให้สว่างขึ้น

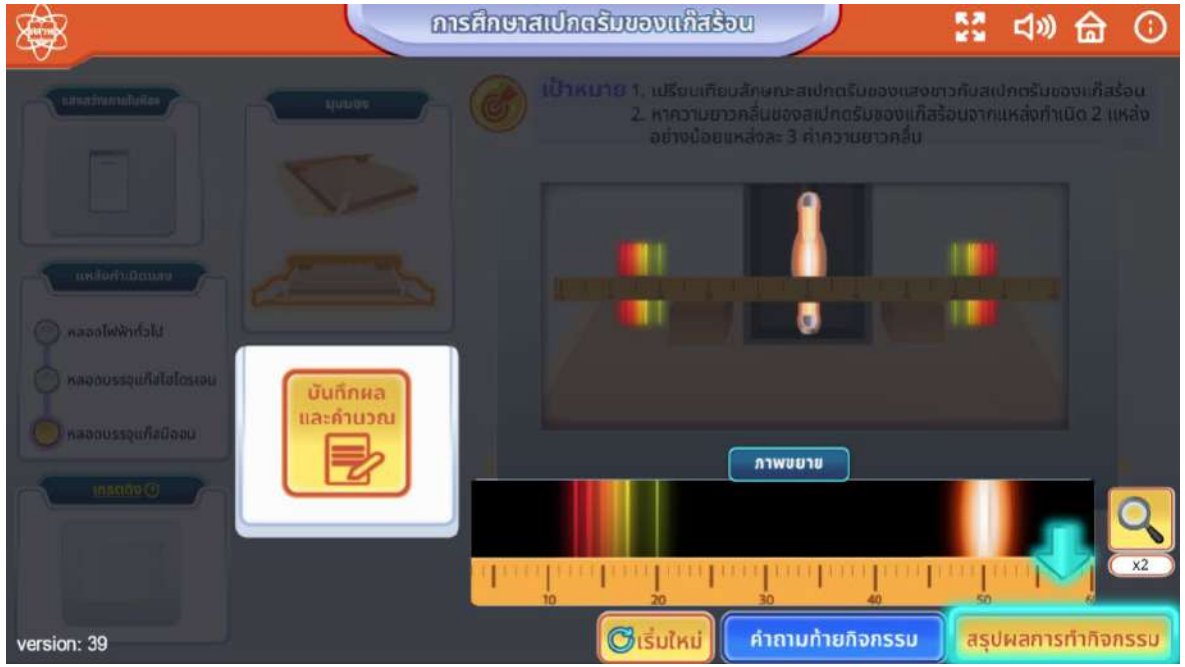
หน้าคำถามท้ายกิจกรรม และ สรุปผลการทำกิจกรรม





เพิ่มข้อความประกอบลูกศรชี้ ในสรุปผลการทำกิจกรรม





เพิ่มข้อความประกอบลูกศรชี้ ในสรุปผลการทำกิจกรรม
เป็น “กดสรุปผลการทดลอง”

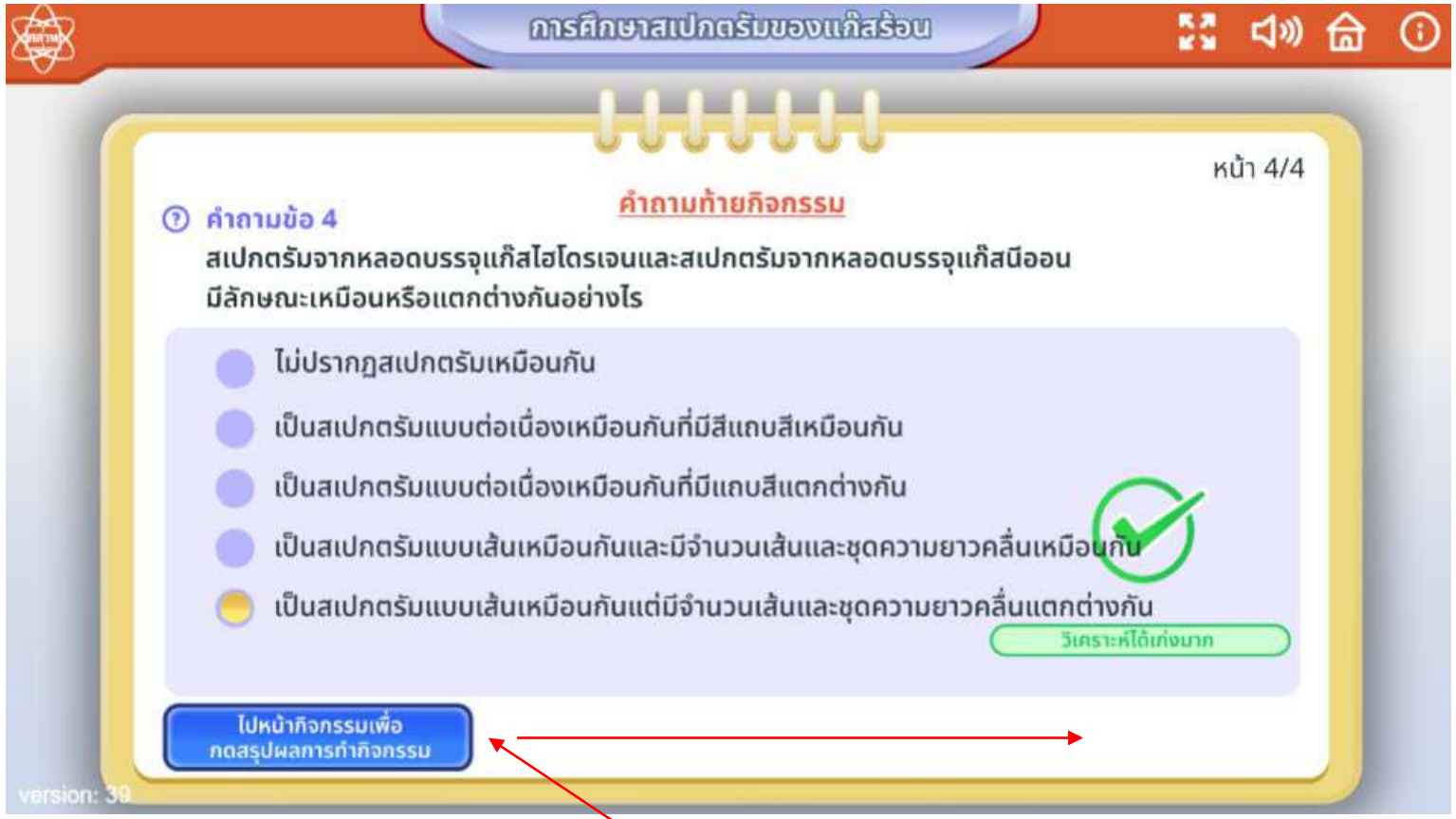








คงคำถาม 4 ข้อนี้ ไว้ แล้วเพิ่มคำถามอีก 1 ข้อ



ย้ายไปอยู่ฝั่งขวา แล้วฝั่งซ้ายเป็น “คำถามข้อก่อนหน้า”

ระวังเรื่องการกดกลับไปกลับมาแล้ว **error**

5. จากผลการทำกิจกรรมการหาความยาวคลื่นของสเปกตรัมของหลอดบรรจุไฮโดรเจนและแก๊สนีออน ค่าความยาวคลื่นและสีของเส้นสเปกตรัมของแก๊สทั้งสองสอดคล้องกับค่าความยาวคลื่นและสีในตารางความยาวคลื่นของแสงสีต่าง 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

ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง

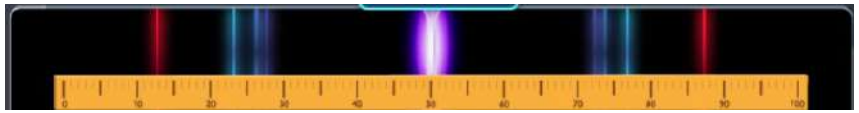
"สเปคตรัมแบบต่อเนื่อง" "เส้น ๆ แยกออกจากกัน" สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง $\lambda = d\sin\theta$ $\sin\theta = \frac{x}{\sqrt{D^2+x^2}}$

ทุกชนิด แต่ละชนิด แบบต่อเนื่อง แบบเส้น แบบจุด เหมือนกัน แตกต่างกัน

ถ้าวาง"แตกต่าง"กันถูก ข้อความต่อจากนั้นจึงปรากฏ

สเปกตรัมของแสงจากหลอดไฟฟ้าเป็นสเปกตรัมแบบต่อเนื่อง ส่วนสเปกตรัมของแก๊สมีลักษณะเป็นเส้น ๆ แยกจากกัน โดยแก๊สแต่ละชนิดมีชุดสเปกตรัมแบบเส้นที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด โดยค่าความยาวคลื่นและสีของเส้นสเปกตรัมของแก๊สทั้งสองสอดคล้องกับค่าความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ ที่ตามองเห็น และสามารถหาได้จากสมการ $\lambda = d\sin\theta$ เมื่อ $\sin\theta = \frac{x}{\sqrt{D^2+x^2}}$

สเปกตรัมของแสงขาว 

สเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจน 

สเปกตรัมของแก๊สนีออน 

(ใช้ภาพจากการทดลองประมาณนี้ โดยตัดส่วนด้านล่างออก)

Daylight Preview Mode

สรุปผลการทำกิจกรรม

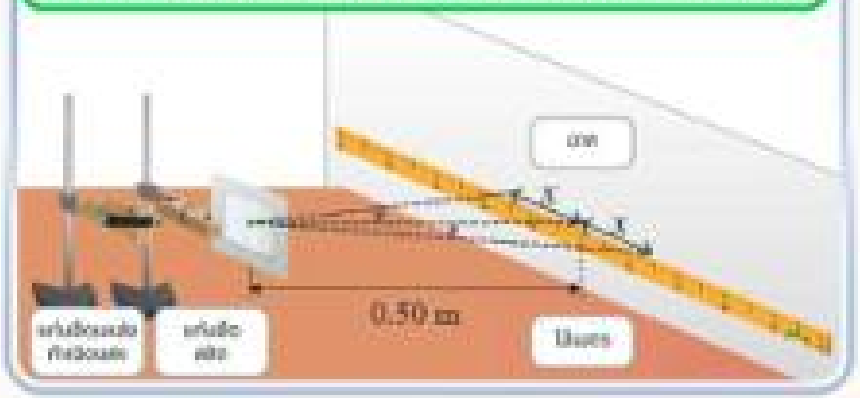
ให้กดและลากคำในกรอบสีเหลืองไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความ

ทำสรุปผลการทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว
สามารถปิดหน้าต่างสรุปผลได้

สีเขียว

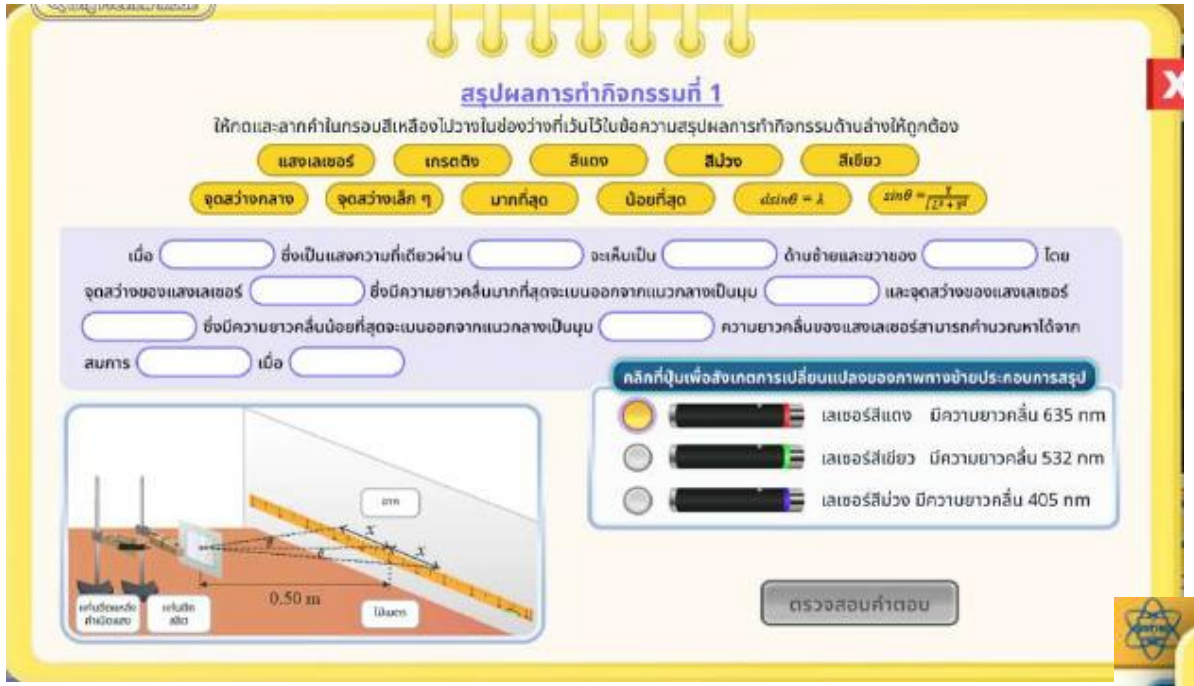
เมื่อ แสงเลเซอร์ ซึ่งเป็นแสงความถี่เดียวผ่าน เกรตติง จะเห็นเป็น จุดสว่างเส้น ด้านซ้ายและขวาของ จุดสว่างกลาง โดย จุดสว่างของแสงเลเซอร์ สีแดง ซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม มากที่สุด และจุดสว่างของแสงเลเซอร์ สีม่วง ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดจะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุม น้อยที่สุด ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์สามารถคำนวณหาได้จาก สมการ $d\sin\theta = \lambda$ เมื่อ $\sin\theta = \frac{y}{\sqrt{L^2+y^2}}$

ยอดเยี่ยม ทำความเข้าใจเนื้อหาในกิจกรรมได้ดีมาก!



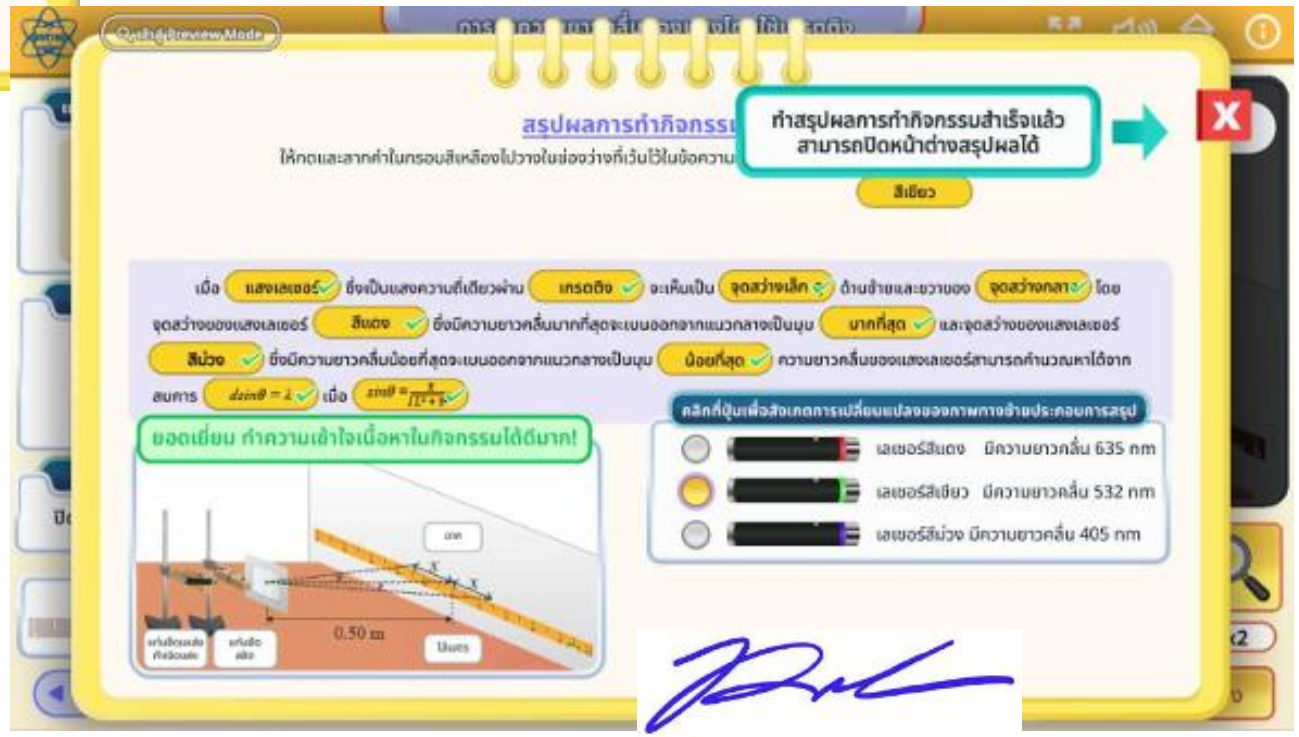
คลิกที่ปุ่มเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกราฟก่อนประกอบการสรุป

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



ตัวอย่างหน้า “สรุปผลการทำกิจกรรม”

เพิ่มคำชม และเสียงประกอบเมื่อทำเสร็จแล้ว



นอกจากนี้ เสนอให้มีการปรับแก้เพิ่มเติมอีก ดังนี้

- ปรับปุ่มเลือกปิด เปิด เสียง มีตั้งแต่หน้าปก ให้สามารถเลือกแยกปิดเสียงบรรยาย หรือ ปิดเสียง effect

- นำคำว่า version: xx ออก



ต้นร่าง 1 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง Sound Experiment

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

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	

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

ขอบเขตของสื่อ	

เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้งานบนเว็บบราวส์เซอร์ สำหรับประกอบการทำกิจกรรมเกี่ยวกับเสียง ที่เหมาะสำหรับนักเรียนระดับ ม.ปลาย โดยประกอบด้วยโปรแกรมย่อยทั้งหมด 4 โปรแกรม

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



<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>หน้าปก</td><td>ปรับการแสดงชื่อสถาบันฯ เป็น การแสดงชื่อกลุ่มวิชาและสถาบัน และปรับแก้รูปหน้าปกเป็นรูปอื่น ที่กระตุ้นความสนใจมากขึ้น และสื่อถึงการทดลองเรื่องเสียงด้วยอุปกรณ์พกพา</td><td>ปรับหน้าปกให้กระตุ้นความสนใจ และมีรูปแบบเหมือนกับสื่ออื่น ๆ</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>2.</td><td>กรอบแสดง “คำแนะนำการใช้งาน”</td><td>- เพิ่มรายการโปรแกรมวัดระดับเสียง เป็นรายการที่ 1) ในคำแนะนำการใช้งานเดิม ที่แสดงด้านล่าง
- เพิ่มการจัดทำ infographic แนะนำการใช้งานสื่อ</td><td>มีการเพิ่มโปรแกรมขึ้นมาอีก 1 โปรแกรม และ การทำคำแนะนำการใช้งานที่ไม่มีภาพประกอบ เข้าใจได้ยากกว่าแบบมีภาพประกอบเป็น infographic</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

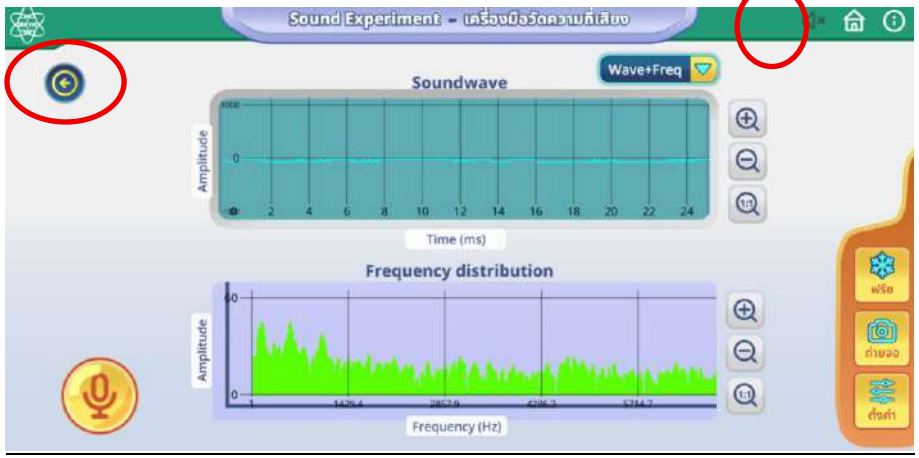
--ให้ทางบริษัทออกแบบ --</td></tr>
</table>

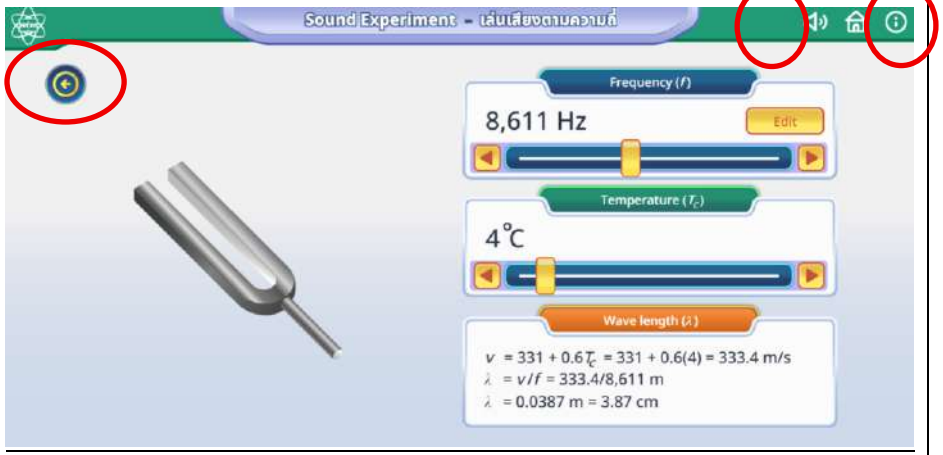
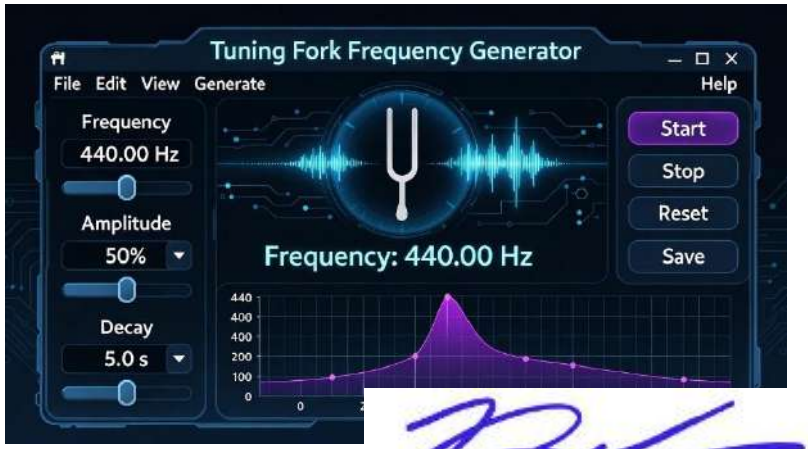
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>3.</td><td>หน้ารองปก ที่แสดงไอคอน 3 โปรแกรมให้เลือกใช้งาน</td><td>- เพิ่มการแสดงไอคอนอีก 1 โปรแกรม รวมเป็น 4 โปรแกรม โดยโปรแกรมที่เพิ่มคือ โปรแกรมเครื่องมือวัดระดับเสียง
- จัดทำกราฟิกให้ดูทันสมัย เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น
- เพิ่มปุ่ม ขยาย เต็มหน้าจอได้</td><td>จะมีการเพิ่มโปรแกรมวัดระดับเสียงในสื่อนี้ จึงต้องมีการเพิ่มไอคอนให้เลือกใช้งาน อีกทั้ง รูปแบบกราฟิกเดิมค่อนข้างไม่ดึงดูด สำหรับ นักเรียน ม.ปลาย</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

--ให้ทางบริษัทออกแบบ --</td></tr>
</table>

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) ซึ่ง**เป็นการกรองความถี่เลียนแบบการได้ยินของหูมนุษย์ • การสอบเทียบ (Calibration): ฟีเจอร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถปรับตั้งค่าความแม่นยำของแอปฯ ให้ใกล้เคียงกับเครื่องวัดมาตรฐานได้	โปรแกรมวัดระดับเสียง ต้องใช้ร่วมกับการทดลองเรื่องเสียง

	ภาพประกอบการแก้ไข	
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม (ไม่มี)	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ รูปตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอ ดังรูปด้านบน 

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>5.</td><td>โปรแกรมเครื่องมือวัดความถี่เสียง</td><td>— แก้ไขการแสดงผลที่ยังไม่ถูกต้อง
— แก้ไขช่วงความถี่ ที่สามารถแสดงการกระจายความถี่
— แก้ไขปุ่ม “กลับ” ให้ใหญ่และชัดเจนกว่านี้
— แก้ไขให้ปุ่ม “i” เป็นคำแนะนำการใช้งานโปรแกรมนี้ เหมือนในคู่มือการใช้งาน แต่จัดทำเป็นแบบ infographic
— เพิ่มปุ่มขยายเต็มหน้าจอ
— แก้ไขกราฟิกให้ดูทันสมัย น่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น</td><td>— การแสดงผลตามจุดประสงค์ของโปรแกรม ยังไม่ถูกต้อง และมีช่วงความถี่ที่เลือกแสดงผลได้น้อย ทำให้การทดลองทำได้จำกัด
— ปุ่มย้อนกลับมีขนาดเล็ก สื่อเข้าใจยากว่าทำอะไร
— ปุ่ม i ให้คำแนะนำการใช้งานที่แสดงการใช้งานไม่ชัดเจน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
ตัวอย่างหน้าแสดงผล
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>6.</td><td>โปรแกรมเล่นเสียงตามความถี่</td><td>— แก้ไขปุ่ม “กลับ” ให้ใหญ่และชัดเจนกว่านี้
— แก้ไขให้ปุ่ม “i” เป็นคำแนะนำการใช้งานโปรแกรมนี้ เหมือนในคู่มือการใช้งาน แต่จัดทำเป็นแบบ infographic
— เพิ่มปุ่มขยายเต็มหน้าจอ
— แก้ไขให้ความถี่ที่สร้างได้สูงสุดเป็น 25,000 เฮิรตซ์
— จัดทำกราฟิกให้ดูทันสมัย น่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น</td><td>— ปุ่มย้อนกลับมีขนาดเล็ก สื่อเข้าใจยากว่าทำอะไร
— ปุ่ม i ให้คำแนะนำการใช้งานที่แสดงการใช้งานไม่ชัดเจน
— สื่อแสดงผลไม่สอดล้องกับหนังสือเรียน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>7.</td><td>โปรแกรมเล่นเสียงเครื่องดนตรี</td><td>— แก้ไขปุ่ม “กลับ” ให้ใหญ่และชัดเจนกว่านี้
— แก้ไขให้ปุ่ม “i” เป็นคำแนะนำการใช้งานโปรแกรมนี้ เหมือนในคู่มือการใช้งาน แต่จัดทำเป็นแบบ infographic
— เพิ่มปุ่มขยายเต็มหน้าจอ
— จัดทำกราฟิกให้ดูทันสมัย น่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนระดับ ม.ปลาย และเพิ่มสีสันมากขึ้น</td><td>— ปุ่มย้อนกลับมีขนาดเล็ก สื่อเข้าใจยากว่าทำอะไร
— ปุ่ม i ให้คำแนะนำการใช้งานที่แสดงการใช้งานไม่ชัดเจน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข (หน้าจอแสดงสื่อเดิม)</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

- ให้บริษัทออกแบบ -</td></tr>
</table>

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" เพื่อคำนวณและเปรียบทียบประสิทธิภาพของรอกแบบต่าง ๆ เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง รอก ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้มากขึ้น ลดช่องว่างระหว่างทฤษฎีในตำราและการปฏิบัติจริง

ขอบเขตของสื่อ	

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงการทำงานของรอกในระบบต่าง ๆ พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของระบบรอก นักเรียนสามารถเปลี่ยนจำนวนรอก หรือรูปแบบการต่อรอกที่แตกต่างกัน โดยมีความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้รอกในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำมาใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้จะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

- รอกช่วยทำงานและผ่อนแรงอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของระบบรอกชนิดต่าง ๆ ได้อย่างไร

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1.</td><td>ไม่มีหน้าปกของสถานการณ์จำลอง เรื่อง “รอก”</td><td>ปรับเป็นหน้าปกสื่อเรื่อง รอก ที่แสดงชื่อสถาบันฯ วัตถุประสงค์ของสื่อ คำแนะนำการใช้งาน และข้อมูลต่าง ๆ ตามรูปแบบของหน้าปกสื่ออื่น ๆ พร้อมรูปที่กระตุ้นความสนใจ</td><td>ปรับหน้าปกเป็นสื่อเรื่อง รอก กิจกรรมมีรูปกระตุ้นความสนใจ และมีรูปแบบเหมือนกับสื่ออื่น ๆ</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>2.</td><td>ไม่มีวัตถุประสงค์ของสื่อในหน้าแรก และไม่มีคำแนะนำการใช้งานสื่อ</td><td>- เพิ่มวัตถุประสงค์ ตัดจุดประสงค์การเรียนรู้ และ คำอธิบายสื่อออก
- เพิ่มคำแนะนำการใช้งานแบบอินโฟกราฟิก เหมือนสื่อเรื่องเครื่องกลฯ อื่น ๆ</td><td>เพื่อให้ผู้ใช้ทราบวัตถุประสงค์ และวิธีการใช้งานสื่อ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม

- ไม่มี -</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>3.</td><td>หน้าแรกของสถานการณ์จำลองเรื่อง “รอก” ไม่มีคำถามสำคัญและไม่มีเป้าหมายของสื่อ ไม่มีกรอบข้อความบอกผู้ใช้ให้กดปุ่มคำถามสำคัญหรือเป้าหมายเพื่อดูก่อน เข้าใช้สื่อ</td><td>เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญ และ เป้าหมายของสื่อ โดยเมื่อกดแล้วให้แสดงกรอบข้อความดังนี้
<u>คำถามสำคัญ</u>
- รอกช่วยผ่อนแรงอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของรอกได้อย่างไร
<u>เป้าหมาย</u>
- หาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของรอกแต่ละชนิด จากการใช้รอกยกวัตถุที่กำหนดให้ ทั้งกรณีที่มีและไม่มีแรงเสียดทาน

- เพิ่มคำว่า “กิจกรรมที่ 1” และ “กิจกรรมที่ 2” และ “เข้าสู่กิจกรรม”
- เพิ่มมือจับที่เชือก แสดงการดึงรอก
- เปลี่ยนรูปรอกพวงที่เดิมไม่ใช่รอกพวง เป็นรูปรอกพวงที่ถูกต้อง และมีมือจับ ดังรูปตัวอย่าง</td><td>แสดงคำถามที่ช่วยชี้แนวทางการเรียนรู้จากสื่อ และเป้าหมายให้เห็นขอบเขตการทำกิจกรรม และมีการปรับรูปแบบให้เหมือนกับสื่อเรื่องอื่น ๆ</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>


เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
คำถามสำคัญ : รอกช่วยผ่อนแรงอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และประสิทธิภาพของรอกได้อย่างไร
กิจกรรมที่ 1
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ รอก(?) แต่ละชนิด
กิจกรรมที่ 2
รอกเดี่ยว?
เข้าสู่กิจกรรม
รอกพวง?


เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
กดดูเป้าหมายของการทำกิจกรรม
กิจกรรมที่ 1
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ รอก(?) แต่ละชนิด
กิจกรรมที่ 2
รอกเดี่ยว?
เข้าสู่กิจกรรม
รอกพวง?


เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
เป้าหมาย : หาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของรอกแต่ละชนิด จากการใช้รอกยกวัตถุ ที่กำหนดให้ ทั้งกรณีที่มีและไม่มีแรงเสียดทาน
กิจกรรมที่ 1
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ รอก(?) แต่ละชนิด
กิจกรรมที่ 2
รอกเดี่ยว?
เข้าสู่กิจกรรม
รอกพวง?

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
4.	ไม่มีการอธิบายคำศัพท์สำคัญและไม่มีกรอบข้อความบอกผู้ใช้ให้กดปุ่มเพื่อดูความหมายของคำศัพท์	- เพิ่มการแสดงคำศัพท์สำคัญให้เป็นตัวหนาและขีดเส้นใต้ ที่สามารถกดแล้วแสดงความหมายหรือคำอธิบายได้ ได้แก่ คำว่า “รอก” “การได้เปรียบเชิงกล” “ประสิทธิภาพของรอก” ดังนี้ - ในการให้คำอธิบายคำว่า “รอก” มีการแสดงสิ่งของในชีวิตประจำวัน แล้วถอดส่วนประกอบให้เห็นว่า ส่วนใดเป็น รอก <u>คำศัพท์ที่จะมีการให้ความหมายหรืออธิบายเพิ่มเติม มีดังนี้</u> **รอก** รอก (pulley) เป็นเครื่องกลอย่างง่ายชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยล้อที่หมุนได้คล่องรอบแกนหมุน โดยรอบวงล้อมีร่องตรงกลางเพื่อใช้คล้องเชือก สายพาน หรือ โซ่ สำหรับออกแรงดึง โดยมีหลักการทำงานเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายวัตถุในแนวดิ่งหรือแนวเฉียง 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 นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันหลายลักษณะเพื่อใช้สร้างเครื่องมือหรือระบบที่ช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก โดยรอกที่นำมาประยุกต์ใช้ อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรอกพื้นฐานที่แสดงในสื่อนี้ เพราะต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมกับงานที่แตกต่างกัน และอาจมีการใช้งานร่วมกับเครื่องกลชนิดอื่น ๆ **1. เครน (crane)**	— เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของรอก ตัวอย่างรอกในชีวิตประจำวัน คำศัพท์อื่น ๆ และสมการที่ใช้ในการคำนวณ

		เครน หรือ ปั้นจั่นเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับบรอกเป็นกลไกหลักในการยกของหนัก รอกเดี่ยวตายตัวติดตั้งอยู่ด้านบนสุดของแขนปั้นจั่นเพื่อเปลี่ยนทิศทางแรง ในขณะที่รอกเดี่ยวเคลื่อนผูกติดอยู่กับวัตถุที่ยก เมื่อสายสลิงพันผ่านรอกหลายตัว ทำให้ปั้นจั่นสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ ได้โดยใช้แรงดึงจากมอเตอร์ **2. เสาธง (flag pole)** เสาธงใช้รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) ในลักษณะรอกพื้นฐาน ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ยอดของเสาธง เพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรงที่ใช้ เมื่อดึงเชือกเพื่อชักธงชาติ แรงดึงจากปลายเชือกด้านหนึ่งจะถูกส่งผ่านรอกไปยังปลายเชือกอีกด้านหนึ่งที่ผูกติดกับธง ทำให้ธงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ยอดเสา รอกอำนวยความสะดวกนำธงขึ้นสู่ความสูงตามที่ต้องการได้จากพื้น โดยไม่ต้องปีนขึ้นไปด้านบน **3. ลิฟท์ (elevator)** ลิฟต์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายคนหรือวัตถุระหว่างที่ต่ำกับที่สูง โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องกลแบบอื่น โดยสายสลิงที่ผูกกับตัวห้องโดยสารจะพาดผ่านชุดรอกที่อยู่ด้านบนสุดของช่องลิฟต์และไปยึดกับน้ำหนักถ่วง 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) เป็นการใช้รอกเพียงอันเดียว แบ่งได้เป็นรอกเดี่ยวตายตัวกับรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ **รอกพวง** รอกพวง (combined pulley) เป็นการใช้รอกเคลื่อนที่หลายอันมาประกอบกันเป็นระบบ แบ่งได้เป็น รอกพวงระบบที่ 1 รอกพวงระบบที่ 2 และ รอกพวงระบบที่ 3 **การได้เปรียบเชิงกลของรอก (เมื่อรอกและเชือกเบา)**	

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

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

ถ้า M.A. มากกว่า 1 แสดงว่า รอกนั้นผ่อนแรง แต่ถ้า M.A. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่ารอกนั้นไม่ผ่อนแรง ในกรณีแรงเสียดทานมีค่าน้อยมาก จนถือได้ว่า ไม่มีแรงเสียดทาน นอกจากสมการข้างต้นแล้ว ยังสามารถหาการได้เปรียบเชิงกลจากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่ออกแรงดึงเชือก (s_{in}) ต่อระยะทางที่วัตถุถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง (s_{out}) ดังสมการ

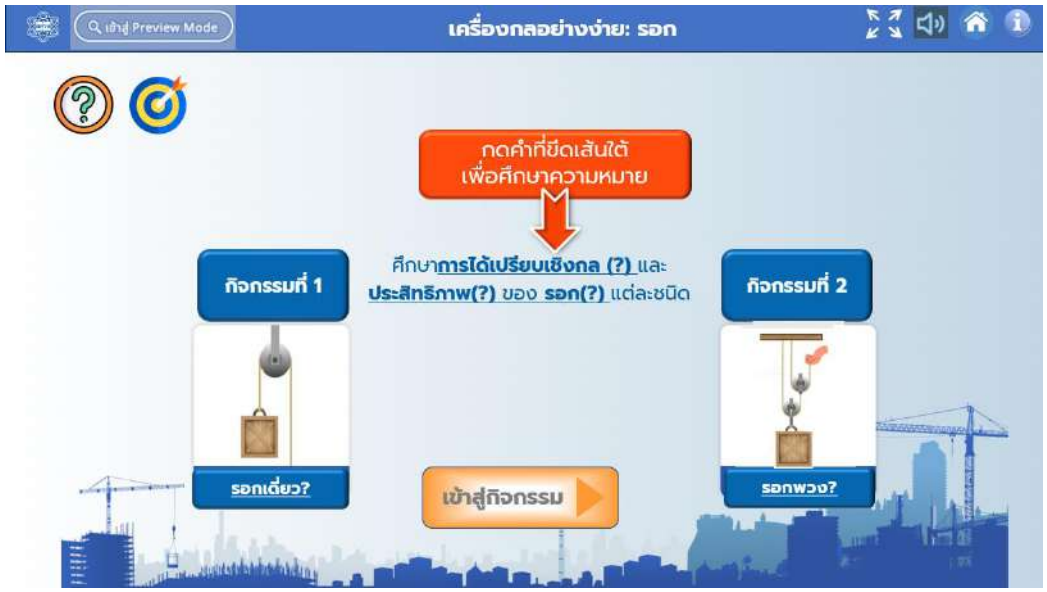
$$\text{M.A.} = \frac{s_{in}}{s_{out}}$$

ประสิทธิภาพของรอก (เมื่อรอกและเชือกเบา)

ประสิทธิภาพ (efficiency) ของรอก เป็นปริมาณที่บอกถึงนความสามารถในการทำงานของรอก คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้รับจากรอก (W_{out}) ต่องานที่ให้กับรอก (W_{in}) ดังสมการ

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

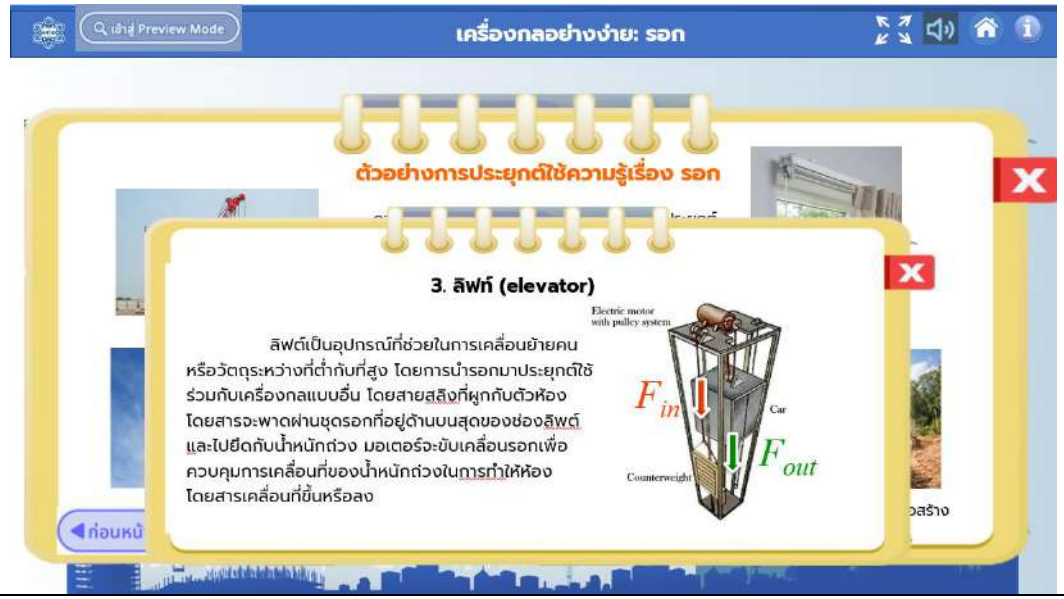
ในทางอุดมคติจะถือว่ารอก ทำงานโดยไม่มีการสูญเสียพลังงาน ประสิทธิภาพของรอกจึงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางปฏิบัติ จะมีการสูญเสียพลังงานในรูปใดรูปหนึ่งไปภายนอกระบบเสมอ ประสิทธิภาพของรอก จึงมีค่าน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์

	ภาพประกอบการแก้ไข	
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม - ไม่มี -	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ  


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก
ความรู้เรื่อง รอก นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันหลายลักษณะเพื่อใช้สร้างเครื่องมือหรือระบบที่ช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก โดยรอกที่นำมาประยุกต์ใช้ อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรอกพื้นฐานที่แสดงในสื่อนี้ เพราะต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมกับงานที่แตกต่างกัน และอาจมีการใช้งานร่วมกับเครื่องกลชนิดอื่น ๆ
เครน
ผ้าม่าน
เสาธง
ลิฟท์
รอกยกหนักขึ้นที่สูงในงานก่อสร้าง
ก่อนหน้า

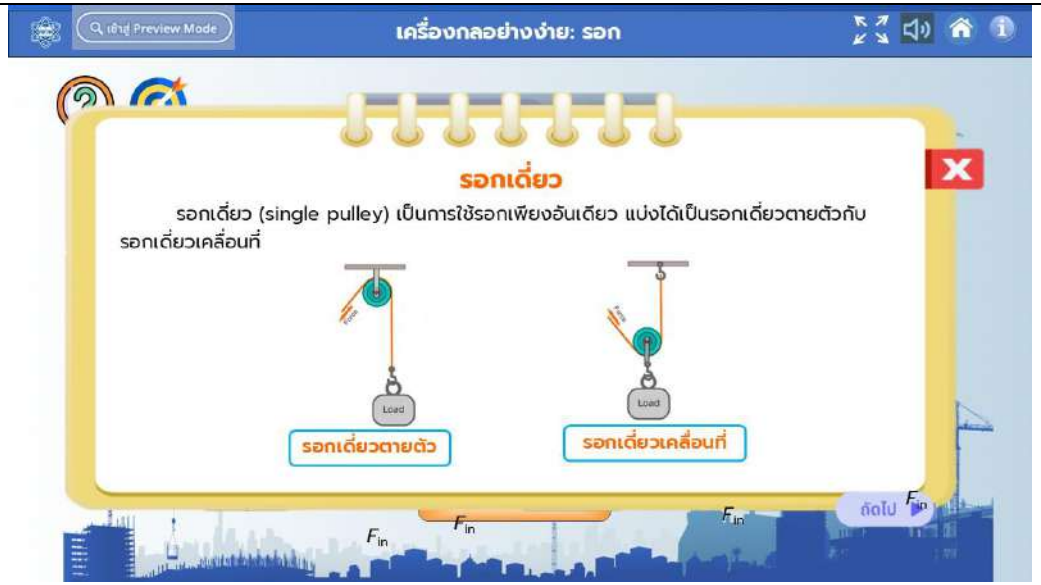

เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก
1. เครน (crane)
เครน หรือ ปั้นจั่นเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับบรอกเป็นกลไกหลักในการยกของหนัก รอกเดี่ยวตายตัวติดตั้งอยู่ด้านบนสุดของแขนปั้นจั่นเพื่อเปลี่ยนทิศทางแรง ในขณะที่รอกเดี่ยวเคลื่อนผูกติดอยู่กับวัตถุที่ยก เมื่อสายสลิงพันผ่านรอกหลายตัว ทำให้ปั้นจั่นสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก ๆ ได้โดยใช้แรงดึงจากมอเตอร์
F_{in}
F_{out}
ก่อนหน้า

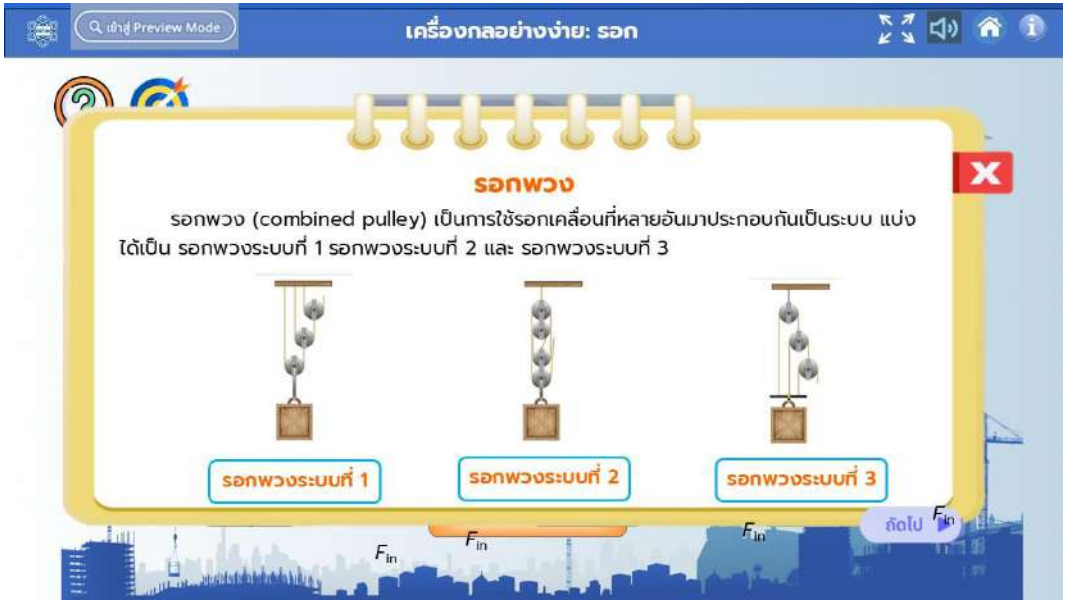

เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก
2. เสารง (flag pole)
เสารงใช้รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) ในลักษณะรอกพื้นฐาน ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ยอดของเสารง เพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรงที่ใช้ เมื่อดึงเชือกเพื่อชักธงชาติ แรงดึงจากปลายเชือกด้านหนึ่งจะถูกส่งผ่านรอกไปยังปลายเชือกอีกด้านหนึ่งที่ผูกติดกับธง ทำให้ธงเคลื่อนที่ขึ้นสู่ยอดเสา รอกอำนวยความสะดวกนำธงขึ้นสู่ความสูงตามที่ต้องการได้จากพื้น โดยไม่ต้องปีนขึ้นไปด้านบน
F_{in}
F_{out}
ก่อนหน้

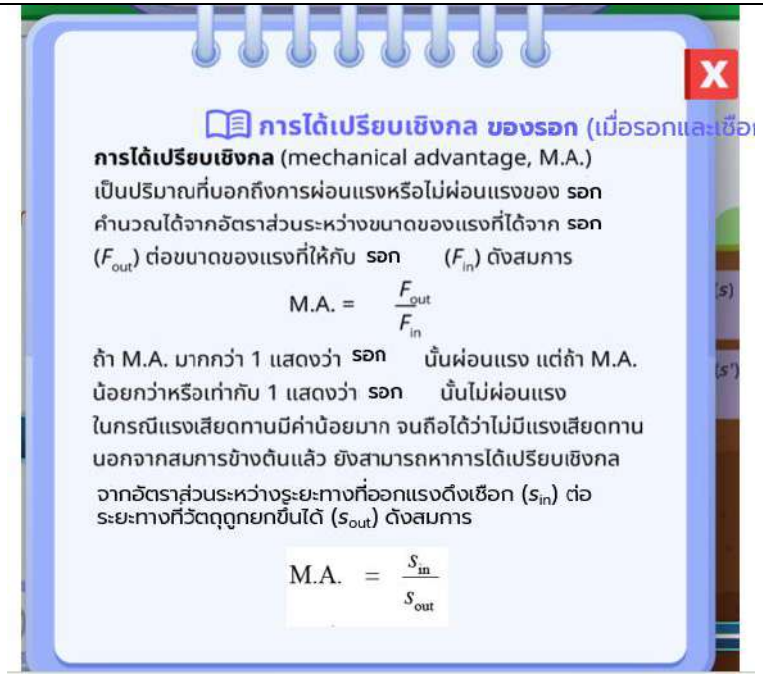

เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก
3. ลิฟท์ (elevator)
ลิฟต์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายคนหรือวัตถุระหว่างที่ต่ำกับที่สูง โดยการนำรอกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องกลแบบอื่น โดยสายสลิงที่ผูกกับตัวห้องโดยสารจะพาดผ่านชุดรอกที่อยู่ด้านบนสุดของช่องลิฟต์ และไปยึดกับน้ำหนักถ่วง มอเตอร์จะขับเคลื่อนรอกเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำหนักถ่วงในการทำให้ห้องโดยสารเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง
Electric motor with pulley system
Car
Counterweight
F_{in}
F_{out}
ก่อนหน้

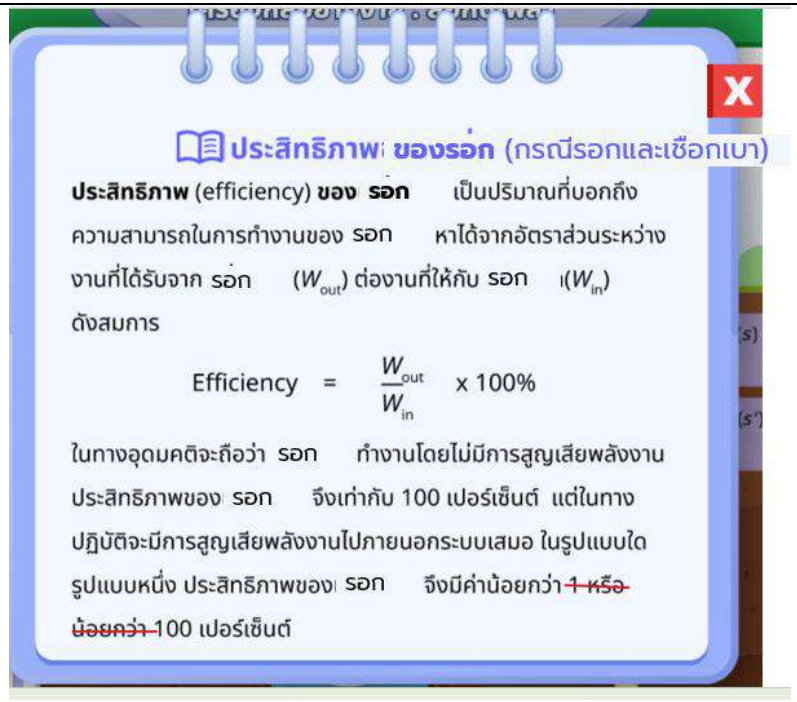

เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก
4. ผ้าม่าน (curtain)
ม่านใช้รอกเดี่ยวตายตัวขนาดเล็กหลายตัวติดตั้งภายในรางม่าน ช่วยเปลี่ยนทิศทางของแรงดึงเพื่อให้ม่านเปิดหรือปิดตามแนวนอน เมื่อเราดึงเชือกควบคุมที่ห้อยอยู่ แรงดึงจะถูกถ่ายทอดผ่านรอก ทำให้รางเลื่อนที่ผูกติดกับผ้าม่านเคลื่อนที่ไปตามราง
F_{out}
F_{in}
ก่อนหน้า


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง รอก
5. รอกยกหนักขึ้นที่สูงในงานก่อสร้าง
รอกที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไปมีบทบาทสำคัญในการขนส่งวัสดุ เช่น ถังปูน เครื่องมือ หรือวัสดุก่อสร้างขึ้นสู่ที่สูง โดยมีทั้งการใช้รอกเดี่ยวตายตัว (fixed pulley) เพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรง ทำให้คนงานที่อยู่บนพื้นดินสามารถออกแรงดึงเชือกลงเพื่อยกวัตถุขึ้นด้านบนได้สะดวก และรอกพวง (combined pulley) เพื่อยกของหนัก
F
F_{out}
ก่อนหน้า


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
รอกเดี่ยว
รอกเดี่ยว (single pulley) เป็นการใช้รอกเพียงอันเดียว แบ่งได้เป็นรอกเดี่ยวตายตัวกับรอกเดี่ยวเคลื่อนที่
Load
รอกเดี่ยวตายตัว
Load
รอกเดี่ยวเคลื่อนที่
ถัดไป
F_{in}


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
รอกพวง
รอกพวง (combined pulley) เป็นการใช้รอกเคลื่อนที่หลายอันมาประกอบกันเป็นระบบ แบ่งได้เป็น รอกพวงระบบที่ 1 รอกพวงระบบที่ 2 และ รอกพวงระบบที่ 3
รอกพวงระบบที่ 1
รอกพวงระบบที่ 2
รอกพวงระบบที่ 3
ถัดไป
F_{in}


การได้เปรียบเชิงกล ของรอก (เมื่อรอกและเชือ
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 จนถือได้ว่าไม่มีแรงเสียดทาน
นอกจากสมการข้างต้นแล้ว ยังสามารถหาการได้เปรียบเชิงกล
จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่ออกแรงดึงเชือก (s_{in}) ต่อ
ระยะทางที่วัตถุถูกยกขึ้นได้ (s_{out}) ดังสมการ
M.A. = $\frac{s_{in}}{s_{out}}$


ประสิทธิภาพของรอก (กรณีรอกและเชือกเบา)
ประสิทธิภาพ (efficiency) ของรอก เป็นปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการทำงานของรอก หาได้จากอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้รับจากรอก (W_{out}) ต่องานที่ให้กับรอก (W_{in}) ดังสมการ
Efficiency = $\frac{W_{out}}{W_{in}}$ x 100%
ในทางอุดมคติจะถือว่ารอกทำงานโดยไม่มีการสูญเสียพลังงาน ประสิทธิภาพของรอกจึงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางปฏิบัติจะมีการสูญเสียพลังงานไปภายนอกระบบเสมอ ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ประสิทธิภาพของรอกจึงมีค่าน้อยกว่า ~~1 หรือน้อยกว่า~~ 100 เปอร์เซ็นต์

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

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td rowspan="3">6.</td><td>ไม่มีกรอบข้อความระบุขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้น</td><td>- เพิ่มกรอบแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้นหลังจากกดดูคำศัพท์เรียบร้อยแล้ว</td><td>- ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการทำกิจกรรมแต่ละขั้น</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ</td></tr>
</table>

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	การเลื่อนแถบเพื่อออกแรงดึงเชือกให้ยกวัตถุขึ้น	- แก้ไขให้การเลื่อนแถบ เป็นการออกแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยกล่องจะยังไม่ขยับจนกระทั่ง 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 เกี่ยวกับการออกแรงดึงเชือกและการมีมือจับเชือก — เพื่อแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงที่ให้กับเครื่องกล ในการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลตามทฤษฎี



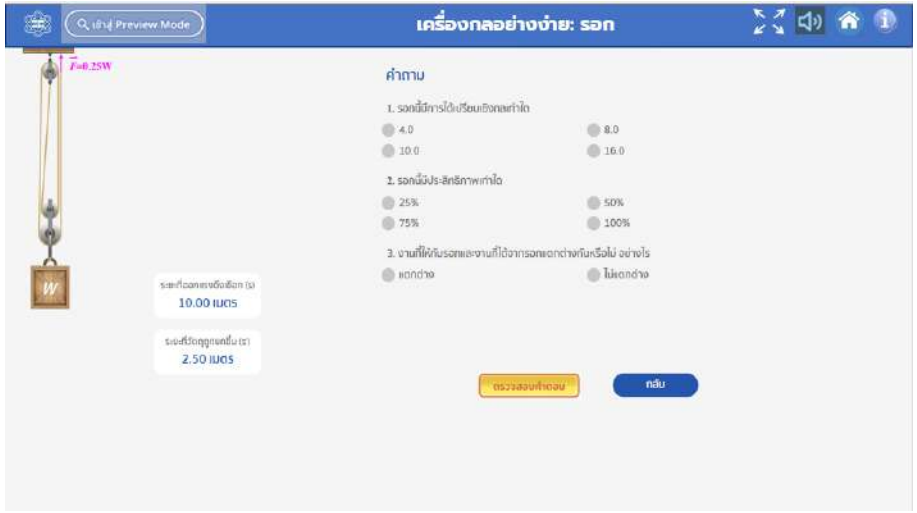
<table>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
  </td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
  </td></tr>
<tr><td>จุดที่</td><td>จุดที่แก้ไข</td><td>รายละเอียดการแก้ไข</td><td>เหตุผลการแก้ไข</td></tr>
<tr><td>8.</td><td>- ตัวเลือก และแนวคำตอบมีการปัดทศนิยมบ้าง ไม่ปัดทศนิยมบ้าง เช่น รอกระบบ 1 แรงเสียดทานมาก ประสิทธิภาพไม่ปัดทศนิยม
- บางข้อ คำตอบไม่ตรงกับเฉลย
- ไม่มีแนวคำตอบข้อ 1 – 3
- มีคำถามข้อ 4</td><td>- ทำให้คำตอบตรงกับเฉลย โดยต้องปัดทศนิยมทั้งหมดเพิ่มแนวคิดและคำอธิบายด้วย (จะมีข้อใดบ้างที่แก้ไข จะชี้แจงภายหลัง)
- กรณี ตัวเลขไม่ลงตัว เช่น 1/3 ไม่ทำเป็นทศนิยม ไม่ติดเศษส่วนไว้ เพราะจะทำให้การคำนวณคลาดเคลื่อน
- เพิ่มแนวคำตอบของคำถามข้อที่ 1 – 3 (จะมีการให้รายละเอียดภายหลัง)
- <u>ตัดคำถามข้อ 4</u></td><td>— ทำให้คำตอบตรงกับเฉลย โดยต้องปัดทศนิยมทั้งหมด
— ทำให้แนวคำตอบตรงกับเฉลย</td></tr>
</table>

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

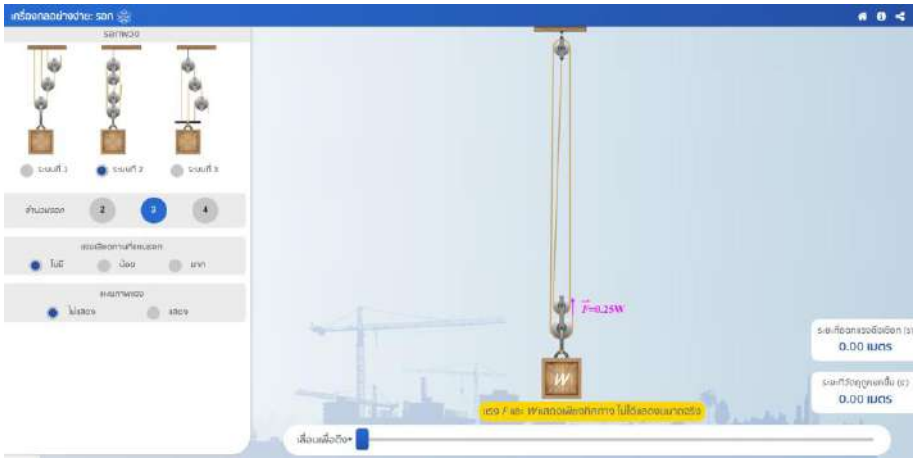
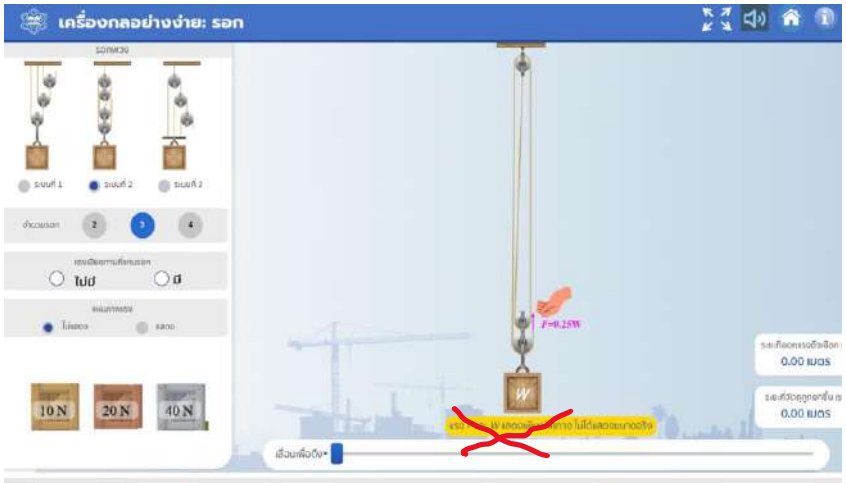


ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ





<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>9.</td><td>กรอบแสดงคำถามทุกคำถาม</td><td>- เพิ่มเครื่องคิดเลข ที่กดแล้ว จะแสดงปุ่มการคิดเลขให้คำนวณได้
- สามารถลากเครื่องคิดที่ขยายไปบริเวณต่าง ๆ บนจอ เพื่อไม่ให้บังตัวเลขที่ต้องใช้ และบังคำถาม</td><td>– เพื่อผู้ใช้ไม่ต้องออกจากหน้าสถานการณ์จำลองไปใช้แอปในเครื่องต่างหาก</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
  </td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
  </td></tr>
</table>

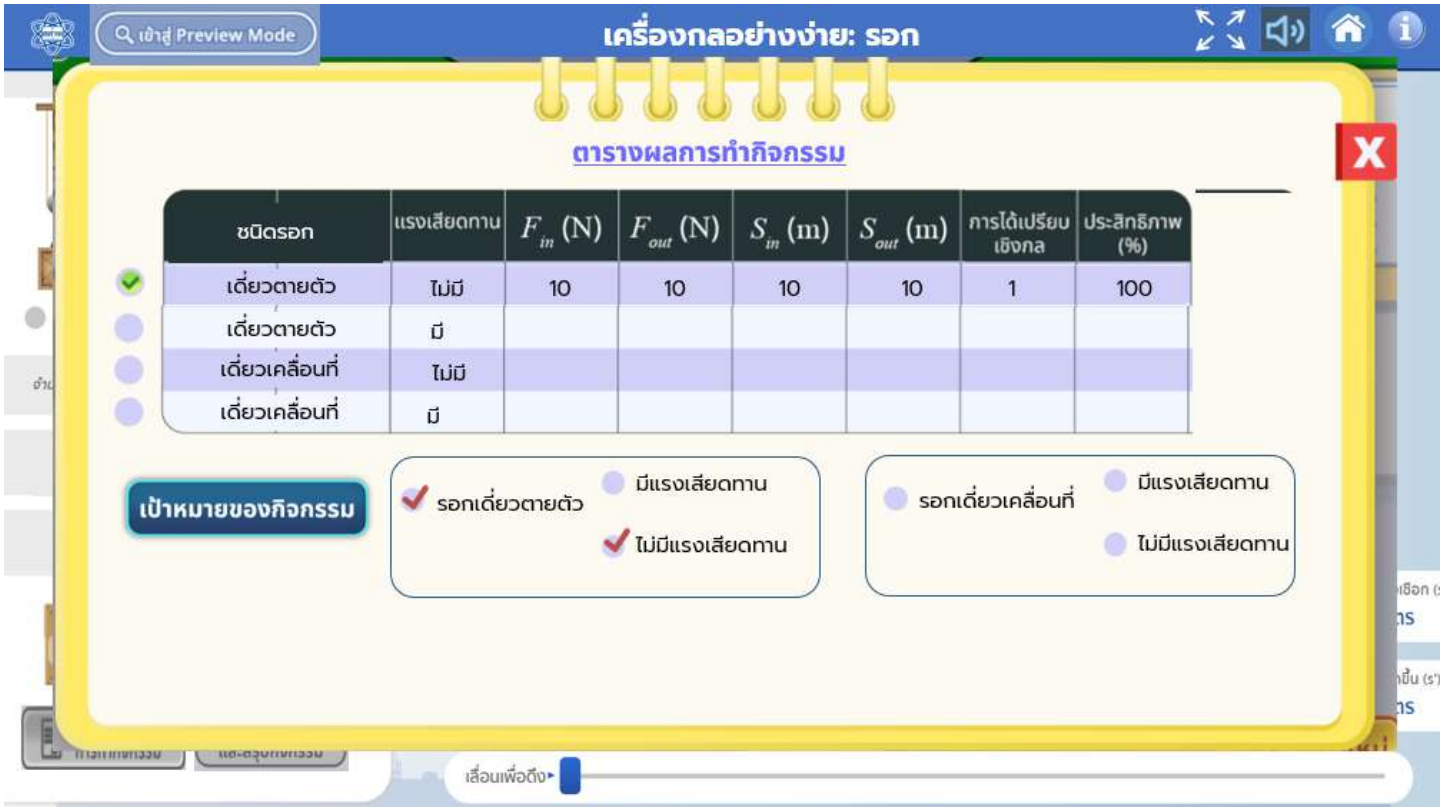
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>10.</td><td>— กรณี มีแรงเสียดทาน ให้ยังคงไม่แสดงแผนภาพแรงเหมือนเดิม
— กรณี แรงเสียดทาน ให้มีออฟชั่นแค่ “มี” “ไม่มี” แรงเสียดทาน</td><td>— การระบุว่า แรง F, W แสดงแค่ทิศทาง ไม่แสดงขนาด อาจไม่ต้องระบุ เพราะเน้นทิศทางมากกว่า
— ลูกศรแสดงเวกเตอร์ F จะปรากฏเมื่อเลือกแสดงแผนภาพแรง ไม่ปรากฏเมื่อมีมือดึง
—</td><td>การแสดง F เน้นทิศทางมากกว่า และ การมีมือถ้ามีลูกศรทับ อาจทำให้ดูภาพสับสน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
  </td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
  </td></tr>
</table>

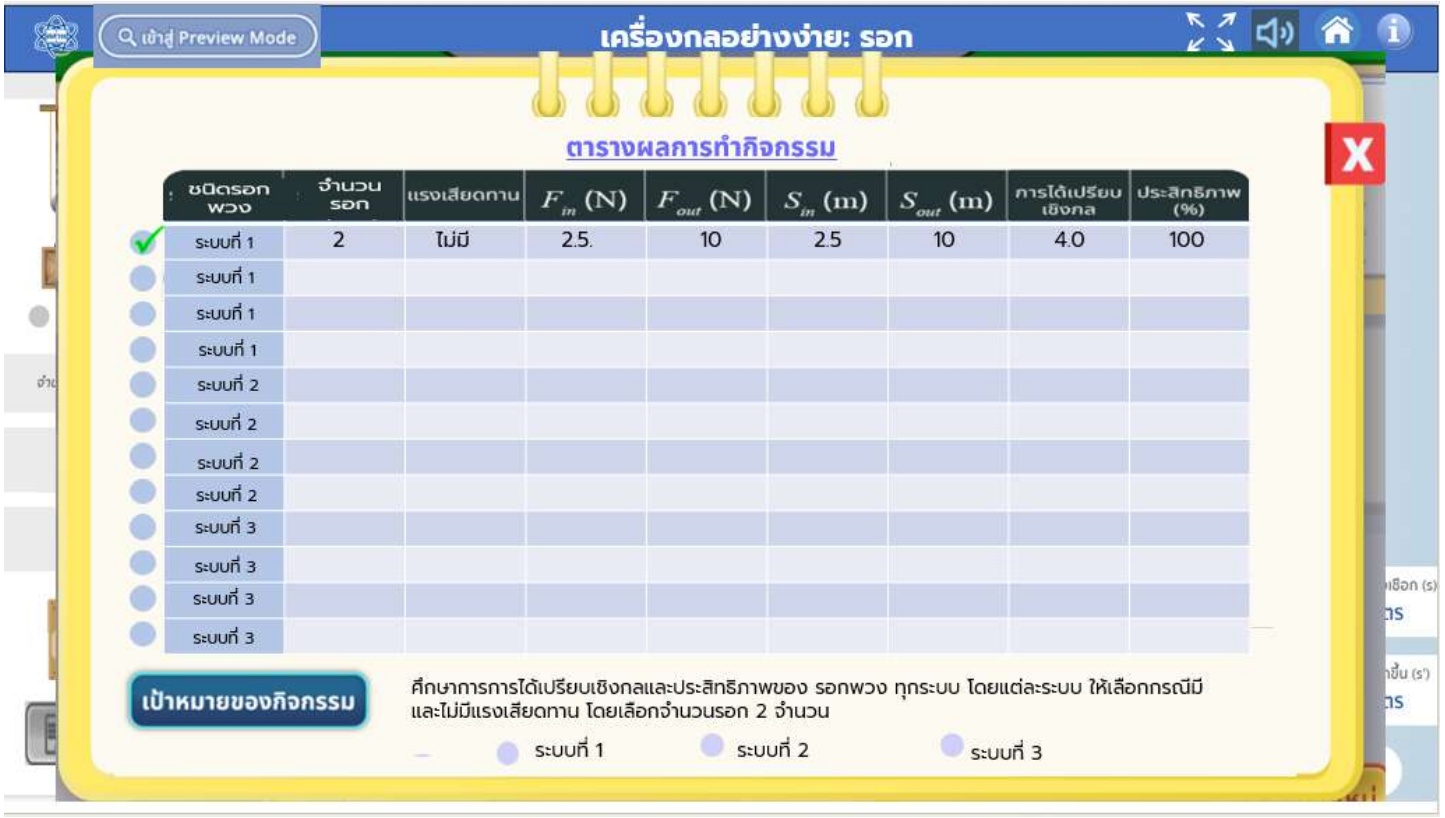
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td rowspan="3">11.</td><td>ไม่มี เสียงบรรยาย และ sound effect</td><td>— เพิ่มเสียงบรรยายข้อความด้วย
— เพิ่ม sound effect ตอนดึงเชือกแล้ววัตถุถูกเชือกยกขึ้น
— เพิ่ม sound effect ตอนดึงไปถึงค่าของแรงที่พอดีทำให้วัตถุถูกยกด้วยความเร็วคงตัว และตอนวัตถุขึ้นไปสุด แล้วมีไอคอนคำถามปรากฏ</td><td>— ช่วยในการเรียนรู้
— สร้างความน่าสนใจให้กับสื่อฯ</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม

- ไม่มี --</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

- ยังไม่มี -</td></tr>
</table>

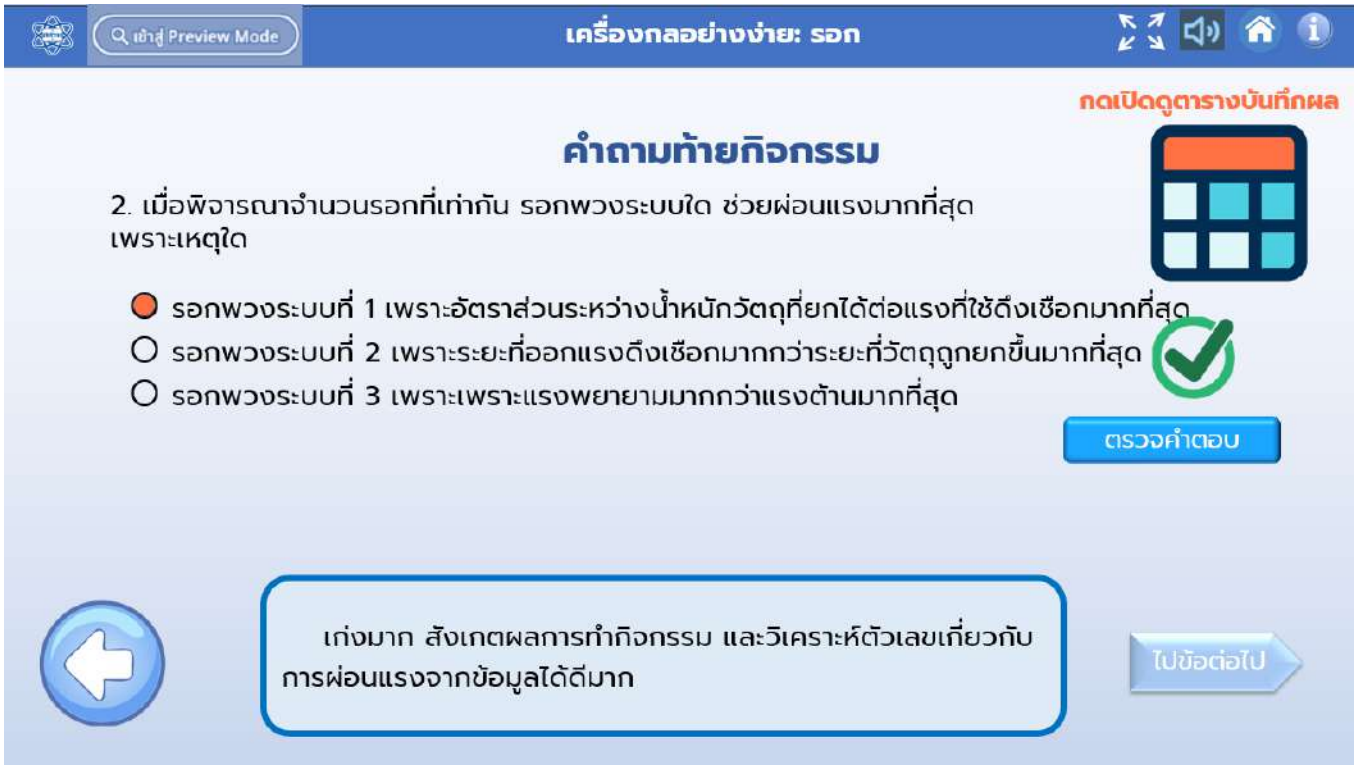
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>12.</td><td>ไม่มีตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม</td><td>— เพิ่มตารางบันทึกผลบันทึกผลการทำกิจกรรม ที่แสดงผลอัตโนมัติเมื่อตอบคำถามแต่ละกรณี และมีส่วนช่วยเช็คว่า ทำกิจกรรมได้ถึงไหนแล้ว บรรลุเป้าหมายกิจกรรมหรือยัง
— ตารางบันทึกกรณีที่นักเรียนต้องทำให้ครบตามเป้าหมาย ดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง</td><td>— ให้มีตารางแสดงการบันทึกผลไว้ สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม

- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ตารางผลการทำกิจกรรม
ชนิดรอกพวง
จำนวนรอก
แรงเสียดทาน
F_{in} (N)
F_{out} (N)
S_{in} (m)
S_{out} (m)
การได้เปรียบเชิงกล
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 ให้เลือกกรณีมีและไม่มีแรงเสียดทาน โดยเลือกจำนวนรอก 2 จำนวน
ระบบที่ 1
ระบบที่ 2
ระบบที่ 3

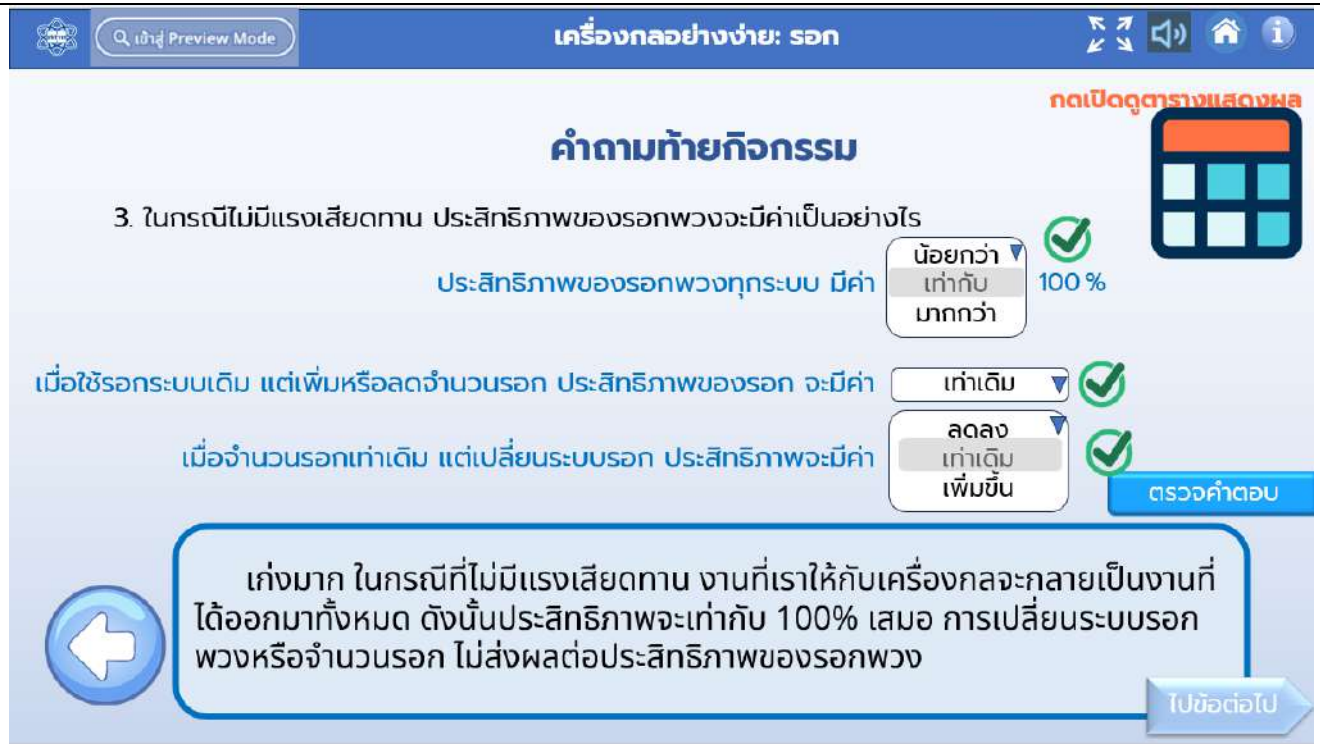
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>13.</td><td>ไม่มี คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม</td><td>- เพิ่ม “คำถามท้ายกิจกรรม” โดยถ้ายังได้ผลไม่ครบเป้าหมาย จะยังไม่สามารถกดปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมได้
- เพิ่มการให้ feedback ถ้าตอบผิด และถ้าตอบถูก ให้มีแนวคำตอบและคำอธิบาย</td><td>— ให้คำถามครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้เรียนรู้นำไปสู่การสรุป
— มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้
— ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
--- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 

ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ในตารางบันทึกผล รอกใดต้องใช้แรงดึงยกวัตถุขึ้นน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุ รอกใดต้องใช้แรงดึงเท่ากับหรือมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ1”
ถ้าตอบข้อ 1 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก อย่าลืมว่า รอกเดี่ยวตายตัวแค่ช่วยเปลี่ยนทิศทางแรง แต่ไม่ช่วยผ่อนแรง ส่วนรอกเดี่ยวเคลื่อนที่จะช่วยผ่อนแรงได้ประมาณครึ่งหนึ่ง”</td></tr>
</table>



ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ในตารางบันทึกผล รอกพวงระบบใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

ถ้าตอบข้อ 2 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก สังเกตผลการทำกิจกรรม และวิเคราะห์ตัวเลขเกี่ยวกับการผ่อนแรงจากข้อมูลได้ดีมาก”



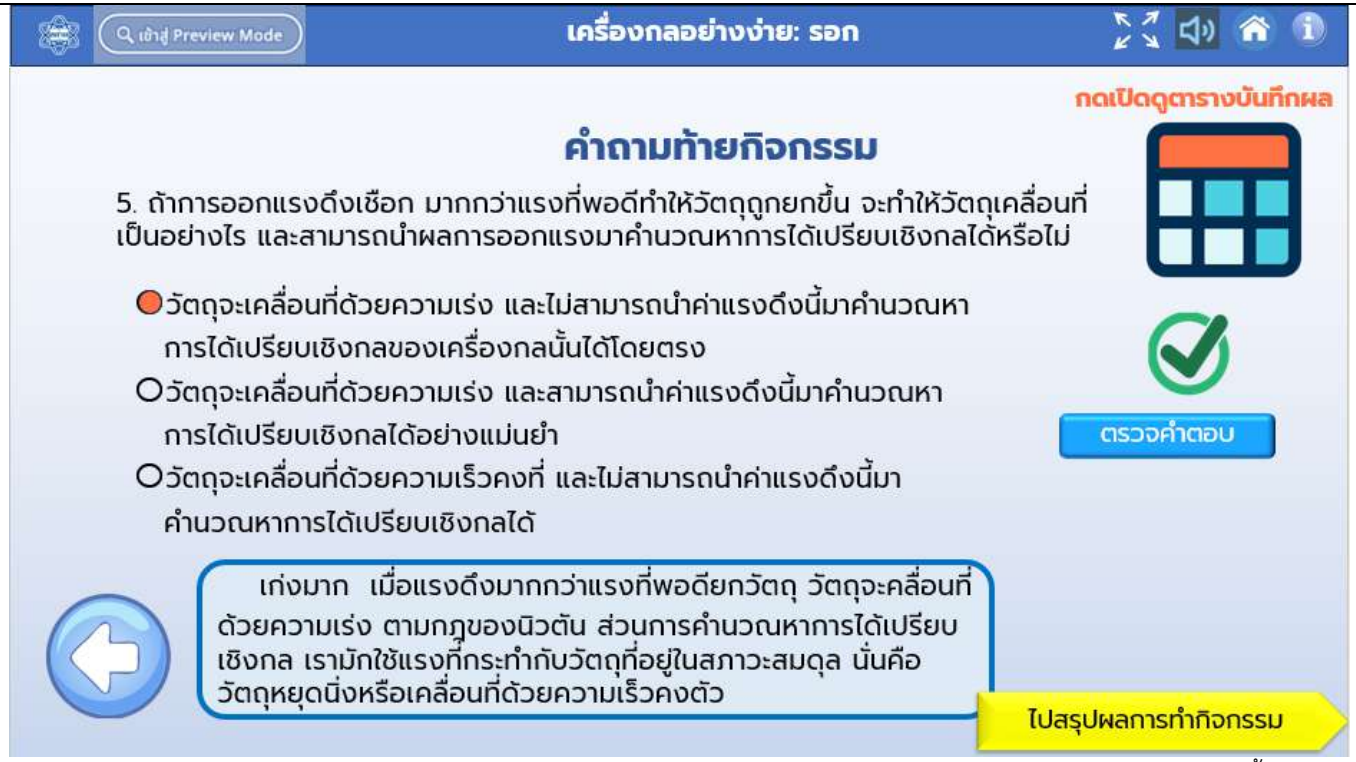
ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ประสิทธิภาพคือสัดส่วนระหว่างงานที่ได้กับงานที่ให้ ถ้าไม่มีแรงเสียดทานและไม่คิดน้ำหนักรอก จะไม่มีพลังงานสูญเสียงานที่ให้ไปในรูปอื่น ๆ ของพลังงาน เช่น ความร้อน เลย”

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



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

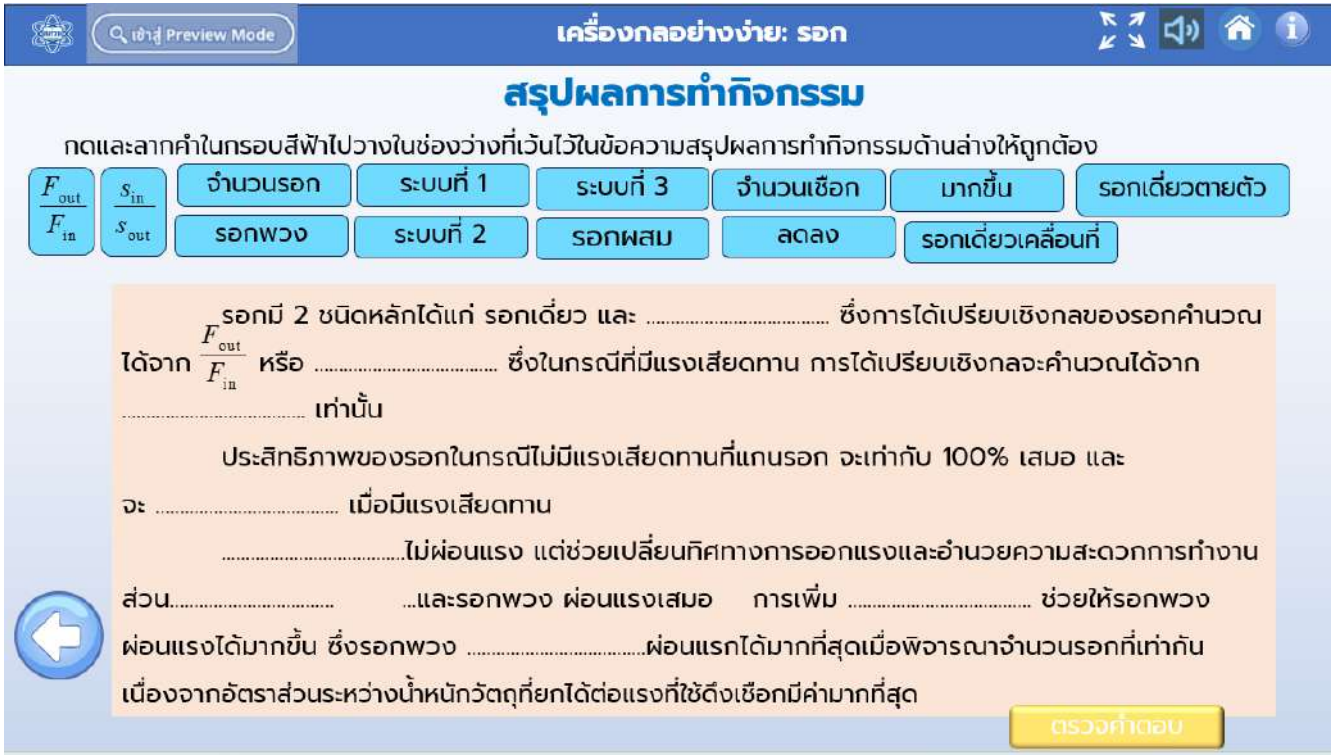
ถ้าตอบข้อ 4 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดึงมากขึ้น เพื่อยกวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่แกนรอก ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง”



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

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

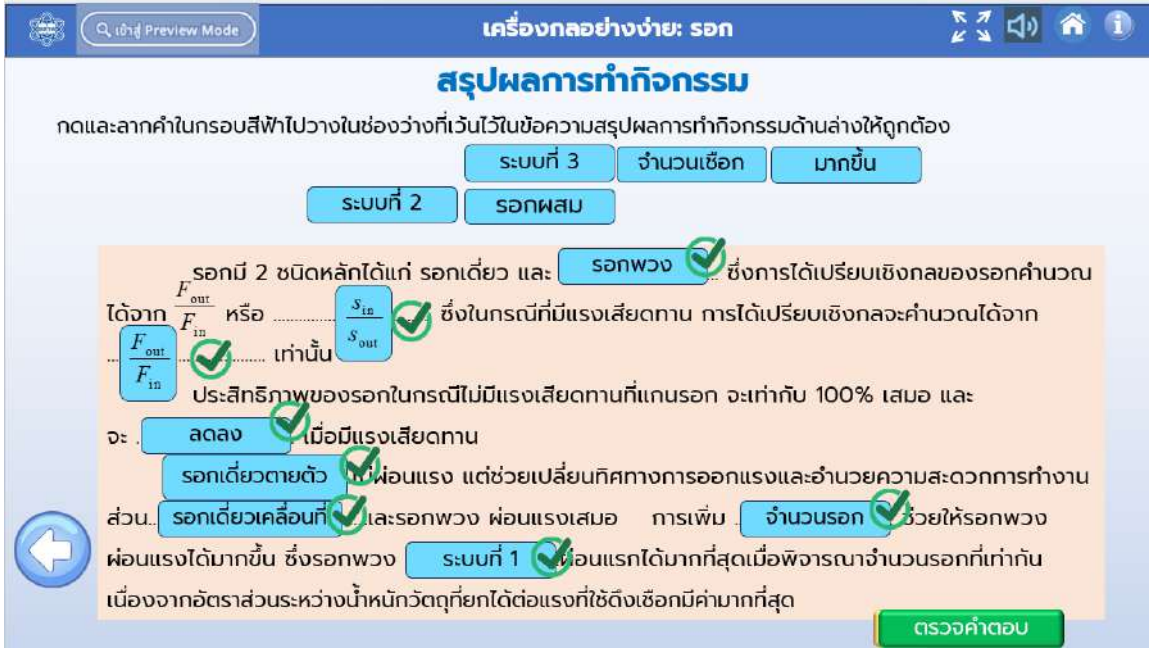
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td rowspan="2">14.</td><td>- ไม่มีการสรุปผลการทำกิจกรรม
- ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ</td><td>- เพิ่มสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง
- มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟคปรบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้</td><td>- ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย
- ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
- ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว
- มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน</td></tr>
<tr><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม

-- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>



ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

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


เข้าสู่ Preview Mode
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 และ จะ ลดลง เมื่อมีแรงเสียดทาน
รอกเดี่ยวตายตัว ผ่อนแรง แต่ช่วยเปลี่ยนทิศทางการออกแรงและอำนวยความสะดวกการทำงาน
ส่วน รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ และรอกพวง ผ่อนแรงเสมอ การเพิ่ม จำนวนรอก ช่วยให้รอกพวง ผ่อนแรงได้มากขึ้น ซึ่งรอกพวง ระบบที่ 1 ผ่อนแรกได้มากที่สุดเมื่อพิจารณาจำนวนรอกที่เท่ากัน
เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักวัตถุที่ยกได้ต่อแรงที่ใช้ดึงเชือกมีค่ามากที่สุด
ตรวจคำตอบ


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: รอก
ทำกิจกรรมเรื่อง รอก
ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว
ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ
ตรวจคำตอบ

ต้นร่าง 3 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา

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

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนระดับมัธยมปลายได้ทำความเข้าใจหลักการทำงานของล้อกับเพลาอย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถเปลี่ยนรัศมีล้อ รัศมีเพลา และแรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา ก่อนจะใช้ล้อกับเพลาดึงวัตถุที่มีน้ำหนักค่าหนึ่งขึ้นในแนวดิ่ง และสื่อจะแสดงผลค่าต่าง ๆ เช่น ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ ระยะที่วัตถุถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง และขนาดของแรงที่ใช้แบบเรียลไทม์ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และ ประสิทธิภาพของล้อกับเพลา เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง ล้อกับเพลา ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปธรรม และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของสื่อ	

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงการทำงานของล้อกับเพลา พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลา นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยน รัศมีล้อ รัศมีเพลา โดยมีการอธิบายความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ล้อกับเพลาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามท้ายกิจกรรมแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำมาใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้จะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

- ล้อกับเพลามีการทำงานอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลาได้อย่างไร

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>สำหรับเรื่อง “ล้อกับเพลา” ไม่มีคำถามสำคัญและเป้าหมายของสื่อ</td><td>เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญ และ เป้าหมายของสื่อ โดยเมื่อกดแล้วให้แสดงกรอบข้อความดังนี้
คำถามสำคัญ
- ล้อกับเพลาช่วยผ่อนแรงได้อย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลาได้อย่างไร
เป้าหมาย
- หาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของล้อกับเพลา ที่มีรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลาแตกต่างกัน 3 แบบ โดยแต่ละแบบให้พิจารณาทั้งกรณีมีและไม่มีแรงเสียดทาน</td><td>แสดงคำถามที่ช่วยชี้แนวทางการเรียนรู้จากสื่อ และเป้าหมายให้เห็นขอบเขตการทำกิจกรรม และมีการปรับรูปแบบให้เหมือนกับสื่อเรื่องอื่น ๆ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
-- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
คำถามสำคัญ : ล้อกับเพลาช่วยผ่อนแรงได้อย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และประสิทธิภาพของล้อกับเพลาได้อย่างไร
30 40 50 60 cm
รัศมีของเพลา (r)
10 20 30 cm
แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา
ไม่มี
มี
แสดงแผนภาพแรง
เริ่มใหม่
ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s)
0.00 m
ระยะที่ถังน้ำถูกยกขึ้น (s')
0.00 m
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม
200 N


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
กดดูเป้าหมายของการทำกิจกรรม
30 40 50 60 cm
รัศมีของเพลา (r)
10 20 30 cm
แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา
ไม่มี
มี
แสดงแผนภาพแรง
เริ่มใหม่
ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s)
0.00 m
ระยะที่ถังน้ำถูกยกขึ้น (s')
0.00 m
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม
200 N

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

ล้อกับเพลา (wheel and axle) คือเครื่องกลอย่างง่ายที่ประกอบด้วยวัตถุทรงกระบอก 2 ชิ้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน โดยทั้งสองส่วนจะถูกยึดติดกันบนแกนเดียวกัน ส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าเรียกว่า "ล้อ" (wheel) และส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าเรียกว่า "เพลา" (axle) การออกแรงหมุนที่ล้อส่งผลให้เพลาหมุน สามารถช่วยผ่อนแรงได้เมื่อวัตถุที่ต้องการยกหรือเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ติดอยู่ที่เพลา

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลา

ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายแบบ ล้อกับเพลา นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยผ่อนแรง ด้วยการออกแรงบิดหรือหมุนส่วนวงล้อขนาดใหญ่ (ล้อ) เพื่อหมุนส่วนแท่งทระบอกที่ติดกัน (เพลา) ให้หมุนตาม ทั้งนี้ ล้อกับเพลาที่ประยุกต์ใช้ อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรูปร่างเครื่องกลพื้นฐานที่แยกออกมา เพราะต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การนำมาใช้สะดวก ความสวยงาม แล้วอาจมีการรวมกันของเครื่องกลหลายชนิดในอุปกรณ์เครื่องใช้อุปกรณ์เดียว

1. ลูกบิดประตู

ลูกปิดประตู มีส่วนที่มือเราจับและบิดเปรียบเสมือน "ล้อ" ในขณะที่แกนโลหะขนาดเล็กด้านในที่เชื่อมต่อกับสลักประตูเปรียบเสมือน "เพลา" เมื่อเราออกแรงบิดเบา ๆ ที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีกว้างกว่า แรงบิดนั้นจะถูกส่งต่อไปยังแกนโลหะด้านในที่มีรัศมีเล็กกว่า ทำให้มีแรงมากพอในการดึงสลักประตูแข็ง ๆ ให้เปิดออกได้อย่างง่ายดาย

2. บันไดจักรยาน

ขาจานที่ติดอยู่กับบันไดจักรยานซึ่งกวาดเป็นวงกลมกว้างเวลาปั่นจะทำหน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกนกะโหลกตรงกลางที่ยึดติดกับใบจานหน้า ทำหน้าที่เป็น "เพลา" เมื่อผู้ปั่นออกแรงถีบที่บันไดให้หมุนเป็นวงกว้าง แรงนั้นจะถูกถ่ายทอดไปสร้างแรงบิดบริเวณแกนเพลาและใบจาน สามารถดึงสายโซ่และลากน้ำหนักจักรยานทั้งคันให้พุ่งไปข้างหน้าได้

3. ไขควง

ไขควงมีด้ามจับที่ทำหน้าที่เป็น "ล้อ“ มีขนาดใหญ่กว่าส่วนก้านโลหะที่ทำหน้าที่เป็น "เพลา" ซึ่งมีลักษณะเรียวยาวและปลายแหลมสำหรับเสียบเข้ากับหัวสกรู เมื่อเราออกแรงหมุนที่ด้ามจับ แรงบิดจะถูกส่งผ่านก้านโลหะไปที่ปลายแฉก ช่วยให้เราสามารถขันให้เกลียวสกรูเจาะลึกลงไปหรือคลายออกจากเนื้อไม้หรือแผ่นโลหะได้

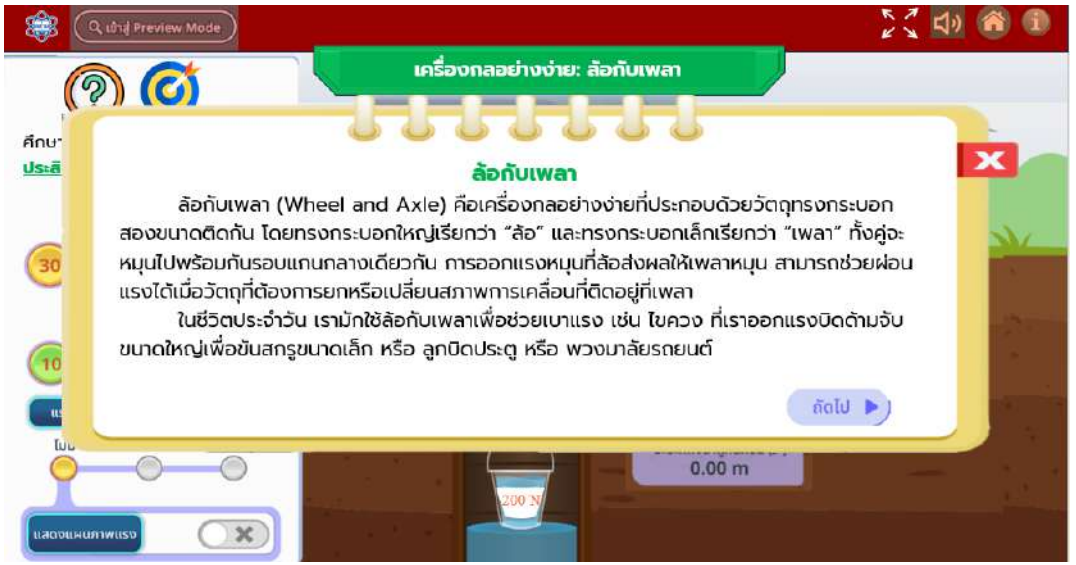
4. พวงมาลัยรถยนต์

วงพวงมาลัยขนาดใหญ่ที่เราใช้มือจับหมุนคือ "ล้อ" ในขณะที่แกนพวงมาลัยที่ต่อลึกลงไปกับชุดระบบเลี้ยวคือ "เพลา" การหมุนวงพวงมาลัยที่มีรัศมีกว้างจะส่งผ่านแรงลงไปยังแกนพวงมาลัยทำให้สามารถหมุนบังคับล้อหน้าซ้ายขวาให้หันตามต้องการ

5. วาล์วประตูน้ำ

พวงมาลัยกลม ๆ ด้านบนสุดของวาล์วประตูน้ำที่ออกแบบให้จับถนัดมือทำหน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกนเกลียวตรงกลางที่เชื่อมต่อลงไปควบคุมแผ่นน้ำด้านล่างคือ "เพลา" เนื่องจากน้ำในท่อมีแรงดัน การบิดแกนเพลาโดยตรงจึงทำได้ยาก การหมุนที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีมากกว่าแกนเพลา สามารถกดแกนเพลาเพื่อปิดวาล์วให้สนิท

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
- ไม่มี -	 

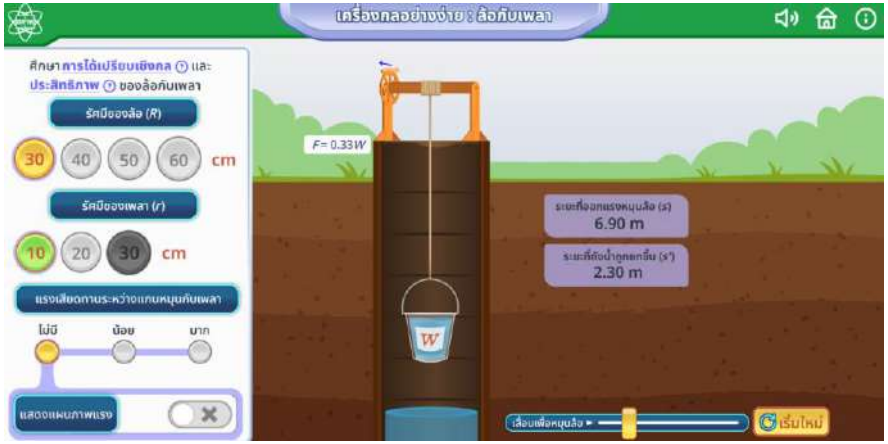

เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลา
1. ลูกบิดประตู (door knob)
ลูกบิดประตู มีส่วนที่มือเราจับและบิดเปรียบเสมือน "ล้อ" ในขณะที่แกนโลหะขนาดเล็กด้านในที่เชื่อมต่อกับสลักประตูเปรียบเสมือน "เพลา" เมื่อเราออกแรงบิดเบา ๆ ที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีกว้างกว่า แรงบิดนั้นจะถูกส่งต่อไปยังแกนโลหะด้านในที่มีรัศมีเล็กกว่า ทำให้มีแรงมากพอในการดึงสลักประตูแข็ง ๆ ให้เปิดออกได้อย่างง่ายดาย
ล้อ
เพลา
สลักประตู


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลา
2. บันไดจักรยาน
ขาจานที่ติดอยู่กับบันไดจักรยานซึ่งกว่าดเป็นวงกลมกว้างเวลาปั่นจะทำหน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกนกะโหลกตรงกลางที่ยึดติดกับใบจานหน้า ทำหน้าที่เป็น "เพลา" เมื่อผู้ปั่นออกแรงถีบที่บันไดให้หมุนเป็นวงกว้าง แรงนั้นจะถูกถ่ายทอดไปสร้างแรงบิดบริเวณแกนเพลาและใบจาน สามารถดึงสายโซ่และลากน้ำหนักจักรยานทั้งคันให้พุ่งไปข้างหน้าได้
เพลา
ล้อ


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลา
3. ไขควง
ไขควงมีด้ามจับที่ทำหน้าที่เป็น "ล้อ" มีขนาดใหญ่กว่าส่วนก้านโลหะที่ทำหน้าที่เป็น "เพลา" ซึ่งมีลักษณะเรียวยาวและปลายแหลมสำหรับเสียบเข้ากับหัวสกรู เมื่อเราออกแรงหมุนที่ด้ามจับ แรงบิดจะถูกส่งผ่านก้านโลหะไปที่ปลายแฉก ช่วยให้เราสามารถขันให้เกลียวสกรูเจาะลึกลงไปหรือคลายออกจากเนื้อไม้หรือแผ่นโลหะได้
F_{in}
ล้อ
เพลา
F_{out}


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลา
4. พวงมาลัยรถยนต์
วงพวงมาลัยขนาดใหญ่ที่เราใช้มือจับหมุนคือ "ล้อ" ในขณะที่แกนพวงมาลัยที่ต่อลึกลงไปกับชุดระบบเลี้ยวคือ "เพลา" การหมุนวงพวงมาลัยที่มีรัศมีกว้างจะส่งผ่านแรงลงไปยังแกนพวงมาลัยทำให้สามารถหมุนบังคับล้อหน้าซ้ายขวาให้หันตามต้องการ
ล้อ
F_{in}
เพลา
F_{out}


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ล้อกับเพลา
5. วาล์วประตูน้ำ
พวงมาลัยกลม ๆ ด้านบนสุดของวาล์วประตูน้ำที่ออกแบบให้จับถนัดมือทำหน้าที่เป็น "ล้อ" ส่วนแกนเกลียวตรงกลางที่เชื่อมต่อลงไปควบคุมแผ่นน้ำด้านล่างคือ "เพลา" เนื่องจากน้ำในท่อมีแรงดัน การบิดแกนเพลาโดยตรงจึงทำได้ยาก การหมุนที่ส่วนล้อซึ่งมีรัศมีมากกว่าแกนเพลา สามารถกดแกนเพลาเพื่อปิดวาล์วให้สนิท
ล้อ
เพลา
F_{in}
F_{out}

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>3.</td><td>— ที่หน้าการทำกิจกรรม น้ำหนักวัตถุ แสดงเป็น W
— มีออฟชั่นแรงเสียดทาน 3 ออฟชั่นคือ “น้อย” “มาก” และ “ไม่มี”
— ไม่มีปุ่ม ตารางบันทึกผล และปุ่ม คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม
— หัวข้อให้เลือกรัศมีของล้อ รัศมีของเพลา และแรงเสียดทาน สีเหมือนกัน ดูไม่น่าสนใจ
— การเลื่อนแถบเพื่อยกวัตถุเป็น UI ที่เหมือนเดิม ไม่สื่อถึงการใช้ล้อหมุน</td><td>— เปลี่ยนเป็นการแสดงน้ำหนักวัตถุเป็นตัวเลข 200 N
— เปลี่ยนออฟชั่นแรงเสียดทานเป็น 2 ออฟชั่นคือ “มี” กับ “ไม่มี”
— เพิ่มปุ่ม “ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม” และ ปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”
— ปรับสีหัวข้อ รัศมีของล้อ รัศมีของเพลา และแรงเสียดทาน ให้แตกต่างกัน
— เปลี่ยนจากแถบเลื่อนด้านล่าง เป็นล้อหมุนที่มีด้ามจับ</td><td>— จากผลการทดลองใช้ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจว่า W คือน้ำหนักวัตถุ ต้องใช้เวลานานเพื่อยืนยัน
— การทำกิจกรรมด้วยแรงเสียดทาน มี กับ ไม่มี สามารถเข้าใจผลของแรงเสียดทานต่อเครื่องกลได้
— ปุ่มตารางและคำถาม สามารถนำไปสู่การสรุปที่สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น
— ทำให้สีสันต่างกัน เพื่อดึงดูด มีสีสัน
— ทำ UI ให้สอดคล้องกับสื่อ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>4.</td><td>ไม่มีกรอบข้อความระบุขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้น</td><td>- เพิ่มกรอบแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้นหลังจากกดดูคำศัพท์เรียบร้อยแล้ว ได้แก่
○ กดเลือกรัศมีของล้อ รัศมีของเพลา แรงเสียดทาน และ การแสดงแผนภาพแรง
○ กดค้างที่มือจับเพื่อออกแรงที่พอดีหมุนล้อให้ถังน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จากนั้น หมุนมือจับให้เป็นวงกลมเพื่อยกถังน้ำขึ้นจากบ่อ
○ กดไปสู่หน้าคำถาม
○ กดเปิดตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
○ กดไปหน้าคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม</td><td>- ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการทำกิจกรรมแต่ละขั้น</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม

-ไม่มี-</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อ
กดค้างที่มือจับเพื่อออกแรงที่พอดี หมุนล้อให้ถังน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จากนั้น หมุนมือจับให้เป็นวงกลมเพื่อยกถังน้ำขึ้นจากปอ
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ ล้อกับเพลา(?)
รัศมีของล้อ (R)
30 40 50 60 cm
รัศมีของเพลา (r)
10 20 30 cm
แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา
ไม่มี มี
แสดงแผนภาพแรง
เริ่มใหม่
ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s)
0.00 m
ระยะที่ถังน้ำถูกยกขึ้น (s')
0.00 m
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม
200 N


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
กดไปสู่หน้าคำถาม
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ ล้อกับเพลา(?)
รัศมีของล้อ (R)
30 40 50 60 cm
รัศมีของเพลา (r)
10 20 30 cm
แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา
ไม่มี มี
แสดงแผนภาพแรง
เริ่มใหม่
ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s)
30.00 m
ระยะที่ถังน้ำถูกยกขึ้น (s')
10.00 m
10.00 m
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม
200 N


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ
ประสิทธิภาพ(?) ของ ล้อกับเพลา(?)
รัศมีของล้อ (R)
30 40 50 60 cm
รัศมีของเพลา (r)
10 20 30 cm
แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา
ไม่มี มี
แสดงแผนภาพแรง
200 N
10.00 m
ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s)
30.00 m
ระยะที่ถังน้ำถูกยกขึ้น (s')
10.00 m
กดเปิดตารางแสดงผล
การทำกิจกรรม
เริ่มใหม่
ตารางแสดงผล
การทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
และสรุปกิจกรรม


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ
ประสิทธิภาพ(?) ของ ล้อกับเพลา(?)
รัศมีของล้อ (R)
30 40 50 60 cm
รัศมีของเพลา (r)
10 20 30 cm
แรงเสียดทานระหว่างแกนหมุนกับเพลา
ไม่มี มี
แสดงแผนภาพแรง
200 N
10.00 m
ระยะที่ออกแรงหมุนล้อ (s)
30.00 m
เริ่มใหม่
ตารางแสดงผล
การทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
และสรุปกิจกรรม
กดไปหน้าคำถามท้ายกิจกรรม
และสรุปกิจกรรม

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>5.</td><td>การเลื่อนแถบเพื่อออกแรงหมุนล้อกับเพลาให้ยกถังน้ำขึ้นจากบ่อ</td><td>- แก้ไขให้การเลื่อนแถบ เป็นการกดค้างที่ล้อหมุนเพื่อเพิ่มแรงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่ง เมื่อถึงค่าของแรงที่ทำให้การดึงถังน้ำขึ้นจากบ่อด้วยอัตราเร็วคงตัว แล้วจึงมีกรอบข้อความระบุว่า “ให้หมุนล้อเพื่อยกถังน้ำขึ้นจากบ่อ” ซึ่งแรงที่ใช้ยกจะไม่เปลี่ยน แล้วผู้ใช้ต้องใช้เมาส์หมุนเป็นวงกลมเพื่อหมุนล้อ พร้อมกับวัตถุถูกยกขึ้นจนสุด ไม่สามารถหมุนล้อกลับได้ จากนั้น ไอคอนคำถามจึงแสดงกระพริบ ๆ
- ถ้านักเรียนเลื่อนกดค้างให้แรงเพิ่มขึ้นมากกว่า แรงที่พอดียกถังน้ำที่กำหนด ถังน้ำจะถูกยกขึ้นด้วยความเร่ง และเคลื่อนที่ขึ้นอย่างรวดเร็วจนเมื่อไปบนสุด ถังน้ำจะกระแทกเพลา น้ำจะหก แล้วมีการแจ้งว่า “ใช้แรงมากไป ให้ใช้แรงพอดีกับการยกถังน้ำ ลองดูใหม่”</td><td>— เพื่อความสมจริง เกี่ยวกับการออกแรงผลักถังน้ำขึ้นล้อกับเพลา
—</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>6.</td><td>ภาพแสดงล้อกับเพลาเล็กเกินไป สังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจน และ กราฟิกเป็นการ์ตูนเกินไป</td><td>- เมื่อกดเลือกรัศมีของล้อ กับ รัศมีของเพลา ให้มีการแสดงกรอบส่วนของล้อกับเพลาที่เปลี่ยนไป ให้ชัดเจน
- แก้ไขให้กราฟิกมีความสมจริงมากขึ้น ลดการเป็นการ์ตูนลง</td><td>— เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น และความสมจริงมากขึ้น</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>
หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 


</td></tr>
</table>

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
7.	ไม่มี sound effect	— เพิ่มเสียงบรรยายข้อความด้วย — เพิ่ม sound effect ตอนล้อหมุนและเพลาหมุนดึงเชือก ถังน้ำถูกดึงมีน้ำกระทบผนังด้านในถังน้ำ — เพิ่ม sound effect ตอนถังน้ำขึ้นไปสุด แล้วมีไอคอนคำถามปรากฏ	— ช่วยในการเรียนรู้ — สร้างความน่าสนใจให้กับสื่อฯ
	<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>		
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม -- ไม่มี –	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ - ยังไม่มี -	

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

ภาพประกอบการแก้ไข

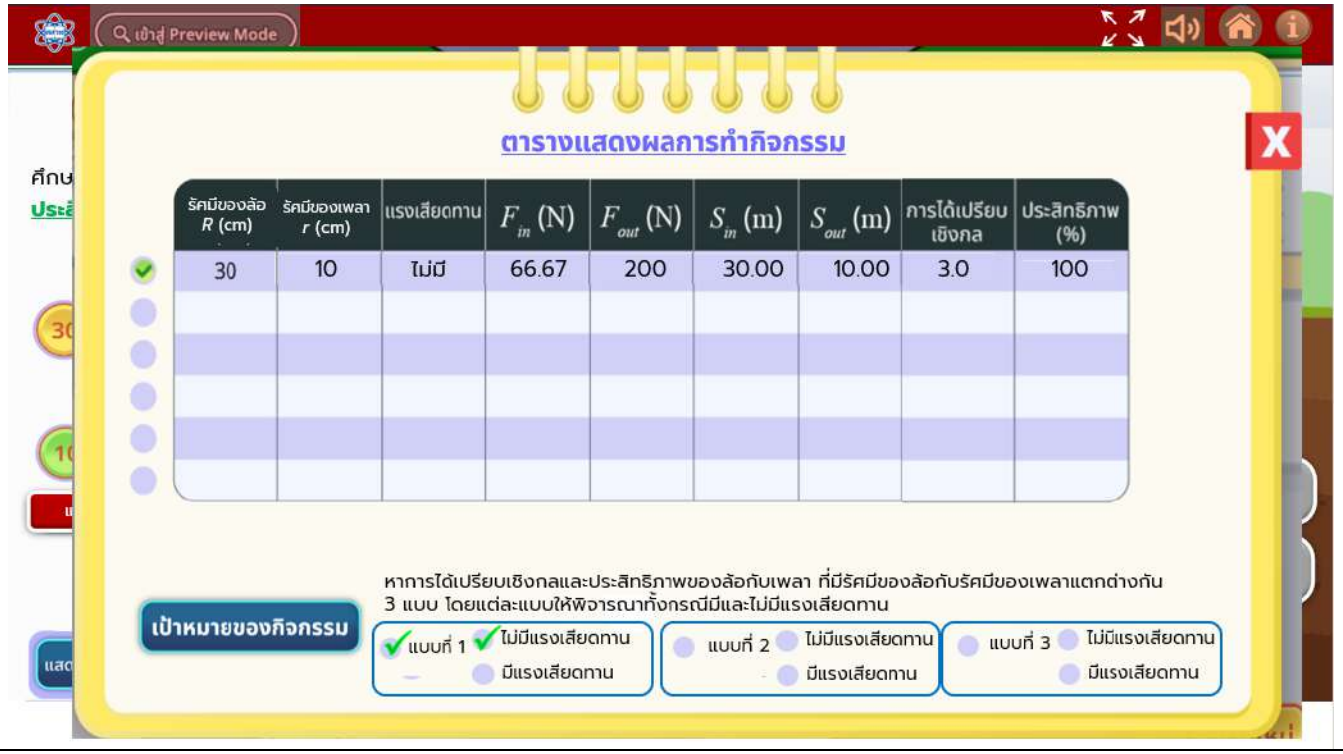
หน้าจอแสดงสื่อเดิม



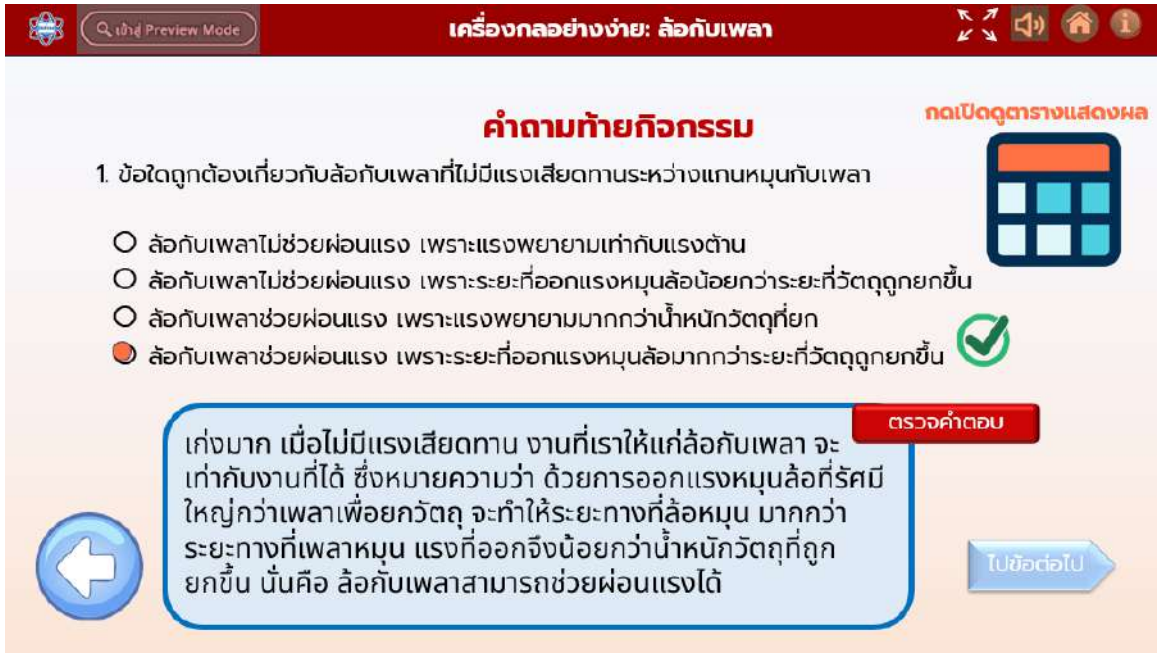
ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ





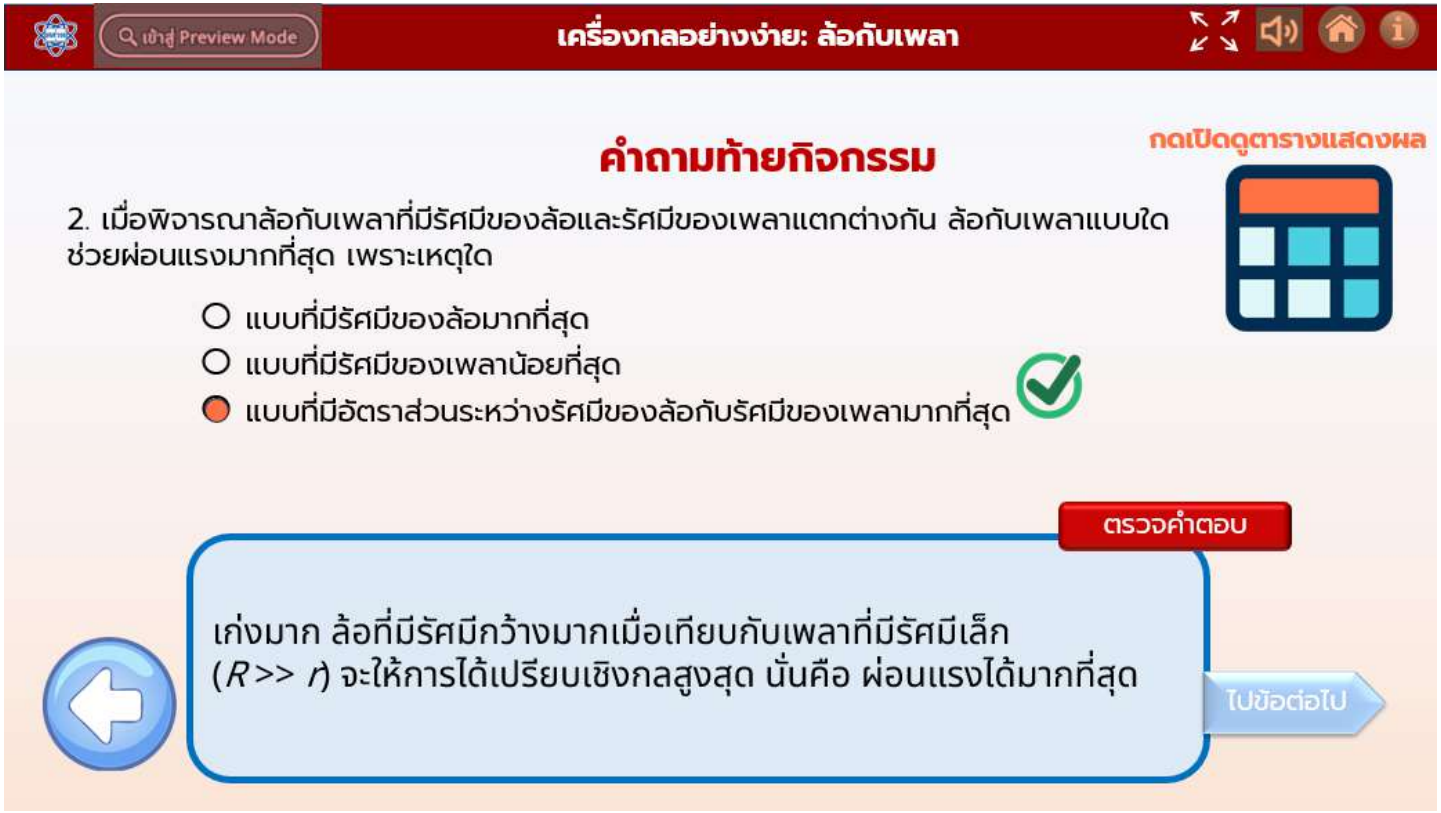
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>9.</td><td>ไม่มีตารางแสดงผลการทำกิจกรรม</td><td>— เพิ่มตารางแสดงผลการทำกิจกรรม ที่แสดงผลอัตโนมัติเมื่อตอบคำถามแต่ละกรณี
— ตารางแสดงผลมีการระบุด้วยว่า ได้ทำตามเป้าหมายถึงขั้นไหนแล้ว</td><td>— ให้มีตารางแสดงผลการทำกิจกรรมไว้ สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม
— มีข้อมูลช่วยแจ้งว่า ได้ทำกิจกรรมสำเร็จถึงขั้นไหนแล้ว บรรลุเป้าหมายหรือยัง</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข

<table>
<tr><td rowspan="3">10.</td><td>ไม่มี “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”</td><td>- เพิ่ม “คำถามท้ายกิจกรรม”
- ปรับให้มีการเลือกไม่มาที่คำถามท้ายกิจกรรมได้ ถ้ายังทำกิจกรรมไม่ครบตามเป้าหมาย
- ปรับให้คำถามครอบคลุม นำไปสู่การสรุปผลตามคำถามสำคัญ
- เพิ่มการให้ feedback ที่ดี ถ้าตอบผิด และไม่มีการให้แนวคำตอบและคำอธิบาย</td><td>— ให้คำถามครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้เรียนรู้นำไปสู่การสรุป
— มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้
— ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
--- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 

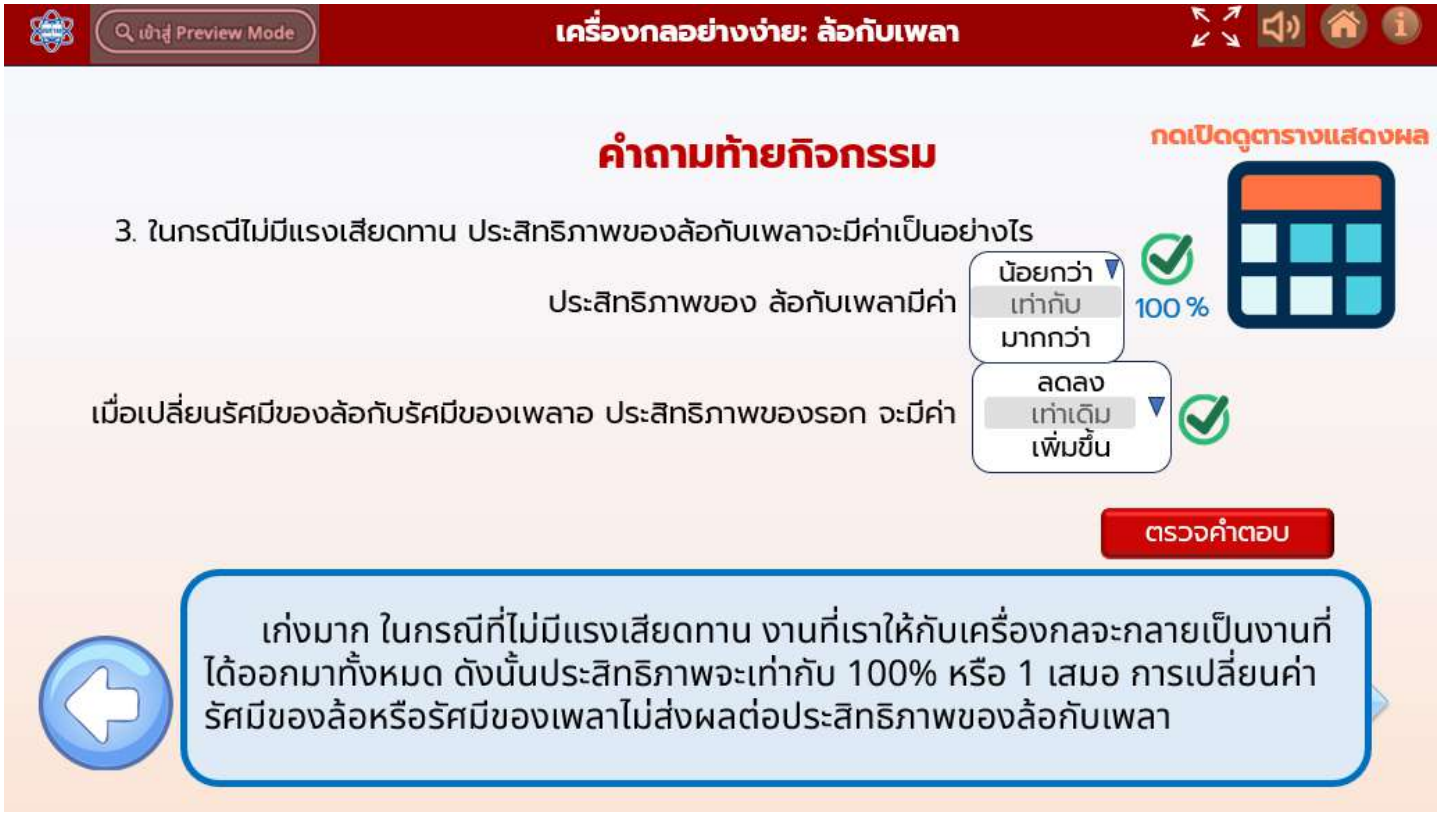
ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน แรงที่ใช้ในการหมุนล้อน้อยหรือมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ และระยะที่ออกแรงหมุนล้อ น้อยหรือมากกว่า ระยะที่วัตถุถูกยกขึ้น”</td></tr>
</table>

ถ้าตอบข้อ 1 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้แก่ล้อกับเพลา จะเท่ากับงานที่ได้ ซึ่งหมายความว่า ด้วยการออกแรงหมุนล้อที่มีระยะมากกว่าระยะวัตถุถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง แรงที่ออกจึงน้อยกว่าน้ำหนักวัตถุที่ถูกยกขึ้น นั่นคือ ล้อกับเพลาสามารถช่วยผ่อนแรงได้”



ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล รอกพวงระบบใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

ถ้าตอบข้อ 2 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก ล้อที่มีรัศมีกว้างมากเมื่อเทียบกับเพลาที่มีรัศมีเล็ก (R >> r) จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด”



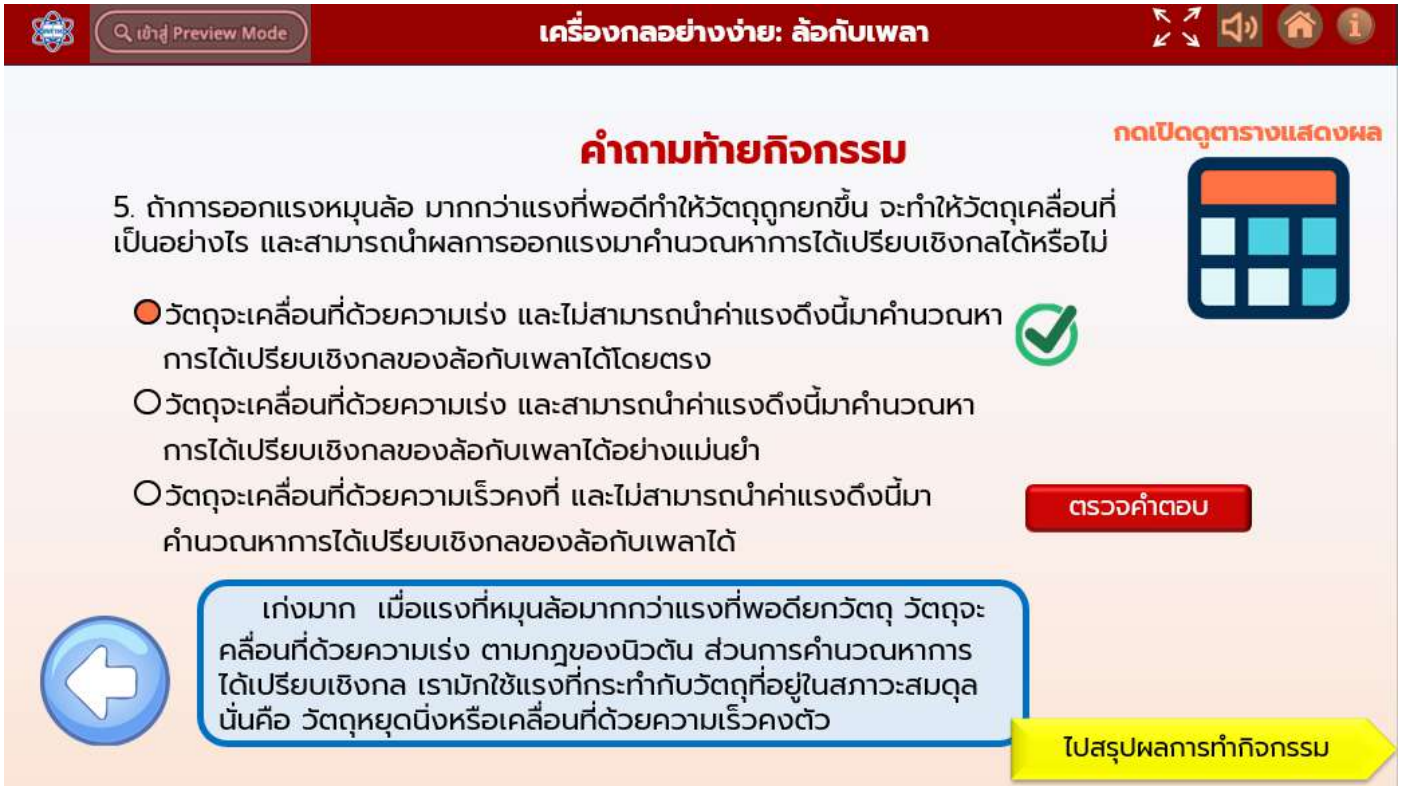
ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ 'ประสิทธิภาพ' คือค่าที่ระบุว่างานที่ให้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากแค่ไหน ถ้าไม่มีแรงเสียดทานมาขัดขวางเลย งานทั้งหมดที่ให้จะกลายเป็นงานที่มีประโยชน์ทั้งหมดหรือไม่”

ถ้าตอบข้อ 3 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ก่งมาก ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้กับเครื่องกลจะกลายเป็นงานที่ได้ออกมาทั้งหมด ดังนั้นประสิทธิภาพจะเท่ากับ 100% หรือ 1 เสมอ การเปลี่ยนค่ารัศมีของล้อหรือรัศมีของเพลาไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของล้อกับเพลา”



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

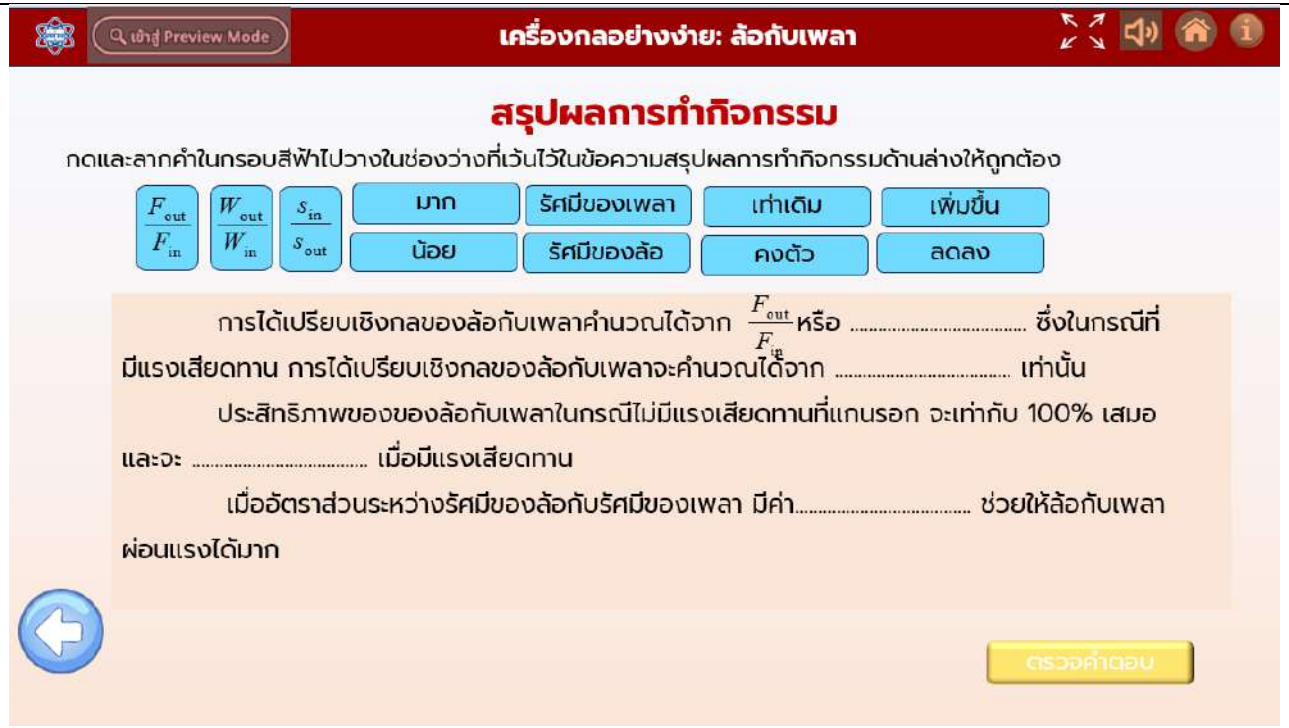
ถ้าตอบข้อ 4 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงดึงมากขึ้น เพื่อยกวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานที่แกนหมุนกับเพลา ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง”



ถ้าตอบข้อ 5 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากขึ้นเรื่อย ๆ และการหาการได้เปรียบเชิงกลจะพิจารณาเมื่อแรงพยายามทำให้วัตถุมีความเร่งหรือไม่”

ถ้าตอบข้อ 5 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “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 -- ไม่มี --	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ	


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
สรุปผลการทำกิจกรรม
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
$\frac{F_{out}}{F_{in}}$
$\frac{W_{out}}{W_{in}}$
$\frac{s_{in}}{s_{out}}$
มาก
น้อย
รัศมีของเพลา
รัศมีของล้อ
เท่าเดิม
คงตัว
เพิ่มขึ้น
ลดลง
การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ ..... ซึ่งในกรณีที่มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาจะคำนวณได้จาก ..... เท่านั้น
ประสิทธิภาพของของล้อกับเพลาในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ และจะ ..... เมื่อมีแรงเสียดทาน
เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลา มีค่า..... ช่วยให้ล้อกับเพลาผ่อนแรงได้มาก
ตรวจคำตอบ



ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

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


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
สรุปผลการทำกิจกรรม
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
$\frac{W_{out}}{W_{in}}$
รัศมีของเพลา
เท่าเดิม
เพิ่มขึ้น
น้อย
รัศมีของล้อ
คงตัว
การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ..... ซึ่งในกรณีที่มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของล้อกับเพลาจะคำนวณได้จาก ..... เท่านั้น
ประสิทธิภาพของของล้อกับเพลาในกรณีไม่มีแรงเสียดทานที่แกนรอก จะเท่ากับ 100% เสมอ
และจะ ลดลง ... เมื่อมีแรงเสียดทาน
เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีของล้อกับรัศมีของเพลา มีค่า มาก ช่วยให้ล้อกับเพลาผ่อนแรงได้มาก
ตรวจคำตอบ


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: ล้อกับเพลา
สรุปผลการทำกิจกรรม
ทำกิจกรรมเรื่อง ล้อกับเพลา
ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว
ลดลง
มาก
ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ
ตรวจคำตอบ

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 ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง หรือ ขนาดของแรงที่ใช้ โดยนักเรียนจะได้ใช้ค่าต่าง ๆ เหล่านั้นมาเป็นข้อมูลสำหรับคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และ ประสิทธิภาพของพื้นเอียง เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง พื้นเอียง ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปธรรม และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของสื่อ	

เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงการทำงานของพื้นเอียง พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียง นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนความยาวและความสูงพื้นเอียง โดยมีความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้พื้นเอียงในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามท้ายกิจกรรมแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำมาใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้จะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

- พื้นเอียงมีการทำงานอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียงได้อย่างไร

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข

1.	- ไม่มีคำถามสำคัญและเป้าหมายของกิจกรรม
	- ทิศทางการผลักกล่องขึ้นพื้นเอียงตรงข้ามกับทิศทางการเลื่อนแถบเพื่อผลักกล่อง
	- น้ำหนักวัตถุแสดงเป็น W ทำให้สับสน
	- มีออฟชั่นแรงเสียดทาน 3 ออฟชั่นคือ “น้อย” “มาก” และ “ไม่มี” ซึ่งมากเกินจำเป็น
	- ไม่มีปุ่ม ตารางบันทึกผล และปุ่มคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม
	- หัวข้อให้เลือกความสูงและความยาวพื้นเอียง และแรงเสียดทาน สีเหมือนกัน ดูไม่น่าสนใจ
		- เพิ่มไอคอนคำถามสำคัญ และ เป้าหมายของสื่อ โดยเมื่อกดแล้วให้แสดงกรอบข้อความดังนี้
		- คำถามสำคัญ
		  ○ พื้นเอียงช่วยผ่อนแรงได้อย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียงได้อย่างไร
		- เป้าหมาย
		  ○ หาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียง 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 คือน้ำหนักวัตถุ ต้องใช้เวลานานเพื่อยืนยัน
			- การทำกิจกรรมด้วยแรงเสียดทาน มี กับ ไม่มี สามารถเข้าใจผลของแรงเสียดทานต่อเครื่องกลได้
			- ปุ่มตารางและคำถาม สามารถนำไปสู่การสรุปที่สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น
			- ทำให้สีสันต่างกัน เพื่อดึงดูด มีสีสัน

ภาพประกอบการแก้ไข

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ






เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
คำถามสำคัญ : พื้นเอียงช่วยผ่อนแรงได้อย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และประสิทธิภาพของพื้นเอียงได้อย่างไร
0.00 เมตร
800 N
ตำแหน่งอ้างอิง
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)
เลื่อนเพื่อผลักกล่อง
เริ่มใหม่
ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H)
1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m
แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง
ไม่มี
มี
แสดงแผนภาพแรง
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
เป้าหมาย : หาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของพื้นเอียง ที่มีความสูงและความยาว แตกต่างกัน 3 แบบ โดยแต่ละแบบให้พิจารณาทั้งกรณีมีและไม่มีแรงเสียดทาน
0.00 เมตร
800 N
ตำแหน่งอ้างอิง
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ ประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)
เลื่อนเพื่อผลักกล่อง
เริ่มใหม่
ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H)
1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m
แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง
ไม่มี
มี
แสดงแผนภาพแรง
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
2.	ไม่มีการอธิบายคำศัพท์สำคัญ “พื้นเอียง” และไม่มีการยกตัวอย่างพื้นเอียงในชีวิตประจำวัน	— เพิ่มการแสดงคำศัพท์สำคัญ “พื้นเอียง” ให้เป็นตัวหนาและขีดเส้นใต้ ที่สามารถกดแล้วแสดงความหมายหรือคำอธิบายได้ โดยมีให้เกร็ดความรู้ พื้นเอียงในชีวิตประจำวันด้วย เช่น ทางลาดรถเข็น บันได ถนนคดเคี้ยวขึ้นภูเขา — ในการให้คำอธิบายสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มีการใช้ “พื้นเอียง” ให้แสดงส่วนประกอบให้เห็นว่า ส่วนใดเป็นพื้นเอียง <u>คำศัพท์ที่จะมีการให้ความหมายหรืออธิบายเพิ่มเติม มีดังนี้</u> **พื้นเอียง** พื้นเอียง (inclined plane) เป็นเครื่องกลอย่างง่ายที่มีลักษณะเป็นพื้นผิวราบเรียบซึ่งวางทำมุมเอียงกับแนวระดับ โดยปลายด้านหนึ่งอยู่สูงกว่าอีกด้านหนึ่ง การเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก จากที่ต่ำไปสู่ที่สูงโดยออกแรงผลักหรือดึงวัตถุไปตามความยาวของพื้นเอียง แทนการยกวัตถุขึ้นในแนวดิ่งตรง ๆ ช่วยให้เราออกแรงน้อยลง **ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง** ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายแบบ พื้นเอียง นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยแรงที่น้อยลง ทั้งนี้ พื้นเอียงที่ประยุกต์ใช้อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรูปร่างพื้นเอียงพื้นฐาน เพราะต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การนำมาใช้สะดวก ความสวยงาม แล้วอาจมีการรวมกันของเครื่องกลหลายชนิดในอุปกรณ์เครื่องใช้อุปกรณ์เดียว **1. ทางลาดสำหรับรถเข็น (wheelchair ramps)** ทางลาดรถเข็นประยุกต์ใช้หลักการพื้นเอียงเพื่อช่วยผ่อนแรงในการเคลื่อนย้ายรถเข็นขึ้นสู่ที่สูง แทนที่จะต้องยกรถเข็นพร้อมคนขึ้นในแนวดิ่ง ซึ่งใช้แรงค่อนข้างมาก การเข็นรถเข็นขึ้นไปตามความยาวของระนาบเอียง จะออกแรงพยายามน้อยกว่า ช่วยให้รถเข็นเคลื่อนที่ขึ้นได้อย่างสะดวกและปลอดภัย	— เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของพื้นเอียง ตัวอย่างพื้นเอียงในชีวิตประจำวัน คำศัพท์อื่น ๆ และสมการที่ใช้ในการคำนวณ

2. บันได (stairs)

บันไดคือรูปแบบหนึ่งของพื้นเอียงที่ถูกทำให้เป็นขั้น ๆ เพื่อให้มนุษย์ก้าวเดินขึ้นที่สูงได้ง่ายขึ้น แทนที่จะต้องปีนขึ้นในแนวดิ่ง บันไดจะกระจายระยะทางของการยกระดับออกไปตามแนวนอน ทำให้เราสามารถก้าวขึ้นทีละนิดด้วยแรงพยายามในแต่ละก้าวที่น้อยลง

3. ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขา (switchback roads)

ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขาออกแบบมาเพื่อลดความชันของเส้นทางโดยใช้หลักการพื้นเอียง การตัดถนนตรงขึ้นยอดเขาจะชันมากจนเครื่องยนต์รถไม่มีกำลังพอที่จะเอาชนะแรงโน้มถ่วง ถนนจึงถูกสร้างให้ลาดยาวและเลี้ยวพับไปมา (คดเคี้ยว) ทำให้รถยนต์สามารถใช้แรงพยายามจากเครื่องยนต์ในระดับที่สม่ำเสมอค่อยๆ เคลื่อนที่ขึ้นเขาสูงได้

4. ทางลาดขอบถนน (curb ramps)

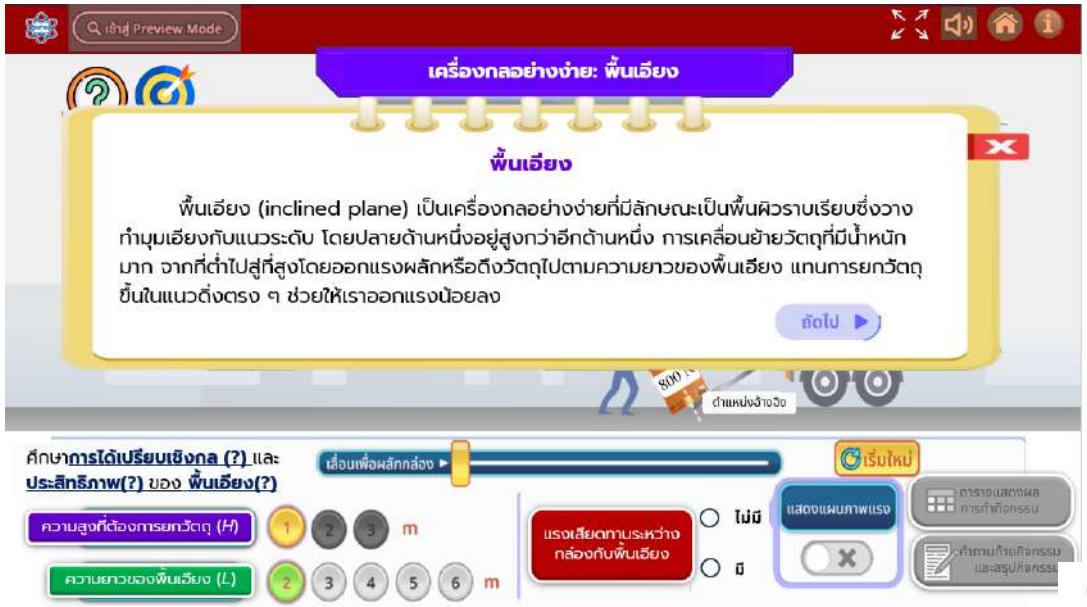
ทางลาดขอบถนนเป็นพื้นเอียงขนาดเล็กที่ช่วยผ่อนแรงในการข้ามสิ่งกีดขวางที่เป็นแนวตั้ง เช่น ขอบทางเท้า สำหรับล้อรถจักยาน รถเข็นเด็ก หรือรถเข็นของช่วยให้การออกแรงผลักเพียงเล็กน้อยสามารถยกสิ่งของข้ามสิ่งกีดขวางได้ แทนที่จะต้องออกแรงมากกว่าในยกวัตถุขึ้นตรง ๆ

5. สายพานลำเลียงลาดเอียง (conveyor belt inclines)

สายพานลำเลียงลาดเอียงใช้หลักการพื้นเอียงเพื่อลำเลียงวัตถุหนักขึ้นสู่ที่สูงอย่างต่อเนื่อง การลำเลียงวัตถุตามระนาบเอียงจะใช้แรงขับเคลื่อนจากมอเตอร์ น้อยกว่าแรงที่ใช้ยกวัตถุขึ้นตรง ๆ ในแนวดิ่ง ทำให้ระบบขับเคลื่อนใช้พลังงานน้อยลง

	ภาพประกอบการแก้ไข	
	หน้าจอแสดงสื่อเดิม - ไม่มี -	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

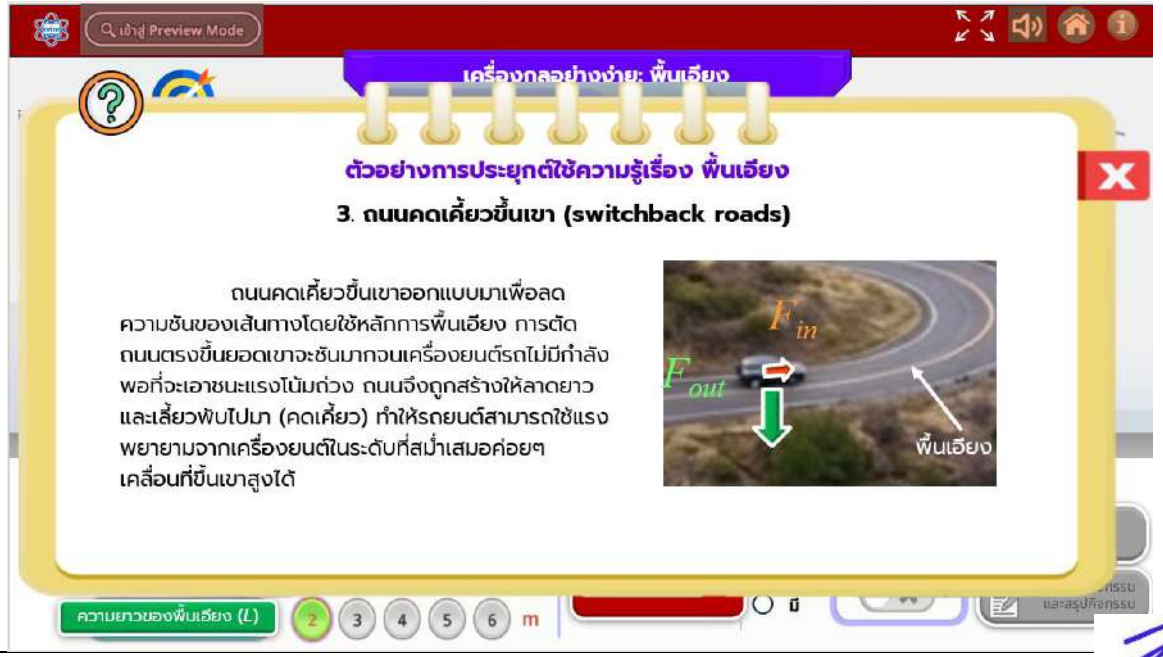





เข้าสู่ Preview Mode
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง
ความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายแบบ พื้นเอียง นำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันเพื่อช่วยเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยแรงที่น้อยลง ทั้งนี้ พื้นเอียงที่ประยุกต์ใช้อาจมีรูปร่างไม่เหมือนรูปร่างพื้นเอียงพื้นฐาน เพราะต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น การนำมาใช้สะดวก ความสวยงาม แล้วอาจมีการรวมกันของเครื่องกลหลายชนิดในอุปกรณ์เครื่องใช้อุปกรณ์เดียว
ทางลาดสำหรับรถเข็น
สายพานลำเลียงลาดเอียง
บันได
ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขา
ทางลาดขอบถนน
ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (h)
ความยาวของพื้นเอียง (L)
แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง
มี
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง
1. ทางลาดสำหรับรถเข็น (wheelchair ramps)
ทางลาดรถเข็นประยุกต์ใช้หลักการพื้นเอียงเพื่อช่วยผ่อนแรงในการเคลื่อนย้ายรถเข็นขึ้นสู่ที่สูง แทนที่จะต้องยกรถเข็นพร้อมคนขึ้นในแนวดิ่ง ซึ่งใช้แรงค่อนข้างมาก การเข็นรถเข็นขึ้นไปตามความยาวของระนาบเอียง จะออกแรงพยายามน้อยกว่า ช่วยให้รถเข็นเคลื่อนที่ขึ้นได้อย่างสะดวกและปลอดภัย
พื้นเอียง
ความยาวของพื้นเอียง (L)
มี
และสรุปกิจกรรม


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง
2. บันได (stairs)
บันไดคือรูปแบบหนึ่งของพื้นเอียงที่ถูกทำให้เป็นขั้น ๆ เพื่อให้มนุษย์ก้าวเดินขึ้นที่สูงได้ง่ายขึ้น แทนที่จะต้องปีนขึ้นในแนวดิ่ง บันไดจะกระจายระยะทางของการยกระดับออกไปตามแนวนอน ทำให้เราสามารถก้าวขึ้นทีละนิดด้วยแรงพยายามในแต่ละก้าวที่น้อยลง
F_{in}
พื้นเอียง
F_{out}
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง พื้นเอียง
3. ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขา (switchback roads)
ถนนคดเคี้ยวขึ้นเขาออกแบบมาเพื่อลดความชันของเส้นทางโดยใช้หลักการพื้นเอียง การตัดถนนตรงขึ้นยอดเขาจะชันมากจนเครื่องยนต์รถไม่มีกำลังพอที่จะเอาชนะแรงโน้มถ่วง ถนนจึงถูกสร้างให้ลาดยาวและเลี้ยวฟับไปมา (คดเคี้ยว) ทำให้รถยนต์สามารถใช้แรงพยายามจากเครื่องยนต์ในระดับที่สม่ำเสมอค่อยๆ เคลื่อนที่ขึ้นเขาสูงได้
F_{in}
F_{out}
พื้นเอียง
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>3.</td><td>ไม่มีกรอบข้อความระบุขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้น</td><td>— เพิ่มกรอบแสดงขั้นตอนการทำกิจกรรมแต่ละขั้นหลังจากกดดูคำศัพท์เรียบร้อยแล้ว ได้แก่
○ กดเลือกความสูงที่ต้องการยกวัตถุ ความยาวของพื้นเอียง แรงเสียดทาน และ การแสดงแผนภาพแรง
○ เลื่อนแถบเพื่อออกแรงผลักกล่อง ด้วยแรงที่พอดีให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว
○ กดไปสู่หน้าคำถาม
○ กดเปิดตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
○ กดไปหน้าคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม</td><td>- ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการทำกิจกรรมแต่ละขั้น</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม

-ไม่มี-</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง (h)
0.00 เมตร
ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
0.00 เมตร
เลื่อนแถบเพื่อออกแรงผลักกล่อง
ด้วยแรงที่พอดีให้กล่องเคลื่อนที่
ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัว
ตำแหน่งอ้างอิง
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ
ประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)
เลื่อนเพื่อผลักกล่อง
เริ่มใหม่
ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H)
1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m
แรงเสียดทานระหว่าง
กล่องกับพื้นเอียง
ไม่มี
มี
แสดงแผนภาพแรง
ตารางแสดงผล
การทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรม
และสรุปกิจกรรม


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง (h)
2.00 เมตร
ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
5.00 เมตร
กดไปสู่หน้าคำถาม
800 N
ตำแหน่งอ้างอิง
2.00 เมตร
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และ
ประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)
เลื่อนเพื่อผลักกล่อง
เริ่มใหม่
ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H)
1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m
แรงเสียดทานระหว่าง
กล่องกับพื้นเอียง
ไม่มี
มี
แสดงแผนภาพแรง
ตารางแสดงผล
การทำกิจกรรม


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง (h)
2.00 เมตร
ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
5.00 เมตร
800 N
ตำแหน่งอ้างอิง
5.00 เมตร
2.00 เมตร
กดเปิดตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)
เลื่อนเพื่อผลักกล่อง
เริ่มใหม่
ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H)
1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m
แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง
ไม่มี
มี
แสดงแผนภาพแรง
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง (h)
2.00 เมตร
ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียง (Δx)
5.00 เมตร
800 N
ตำแหน่งอ้างอิง
5.00 เมตร
2.00 เมตร
ศึกษาการได้เปรียบเชิงกล (?) และประสิทธิภาพ(?) ของ พื้นเอียง(?)
เลื่อนเพื่อผลักกล่อง
เริ่มใหม่
ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ (H)
1 2 3 m
ความยาวของพื้นเอียง (L)
2 3 4 5 6 m
แสดงแผนภาพแรง
ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม
คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม
กดไปหน้าคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
4.	การเลื่อนแถบเพื่อออกแรงผลักกล่องขึ้นพื้นเอียงที่เป็นแรงค่าเดียว และเลื่อนกลับไปมาได้	— แก้ไขให้การเลื่อนแถบ เป็นการออกแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะที่แถบเลื่อนไป โดยกล่องจะยังไม่ขยับจนกระทั่ง เมื่อเลื่อนแถบไปถึงระยะ ๆ หนึ่ง จะเป็นระยะที่แรงผลักมีค่าพอดีทำให้กล่องเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยอัตราเร็วคงตัว แล้วแถบเลื่อนจะล็อกไว้ ณ ตำแหน่งนั้น จนกระทั่งกล่องถูกผลักขึ้นตามพื้นเอียงไปจนขึ้นบนรถ โดยแถบเลื่อนไม่สามารถเลื่อนกลับได้ จากนั้น ไอคอนคำถามแสดงกระพริบ ๆ — ผู้ใช้สามารถเลื่อนแถบเร็ว ๆ เพื่อออกแรงเกินขนาดแรงที่พอดีให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยความเร็วคงตัวได้ แต่มีกรอบแจ้งเตือนและข้อความว่า “แรงที่ใช้เกินแรงที่พอดีให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงด้วยอัตราเร็วคงตัว ทำให้กล่องมีความเร่ง และไม่สามารถนำค่าที่ได้ไปคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพ”	— เพื่อความสมจริง เกี่ยวกับการออกแรงผลักกล่องขึ้นพื้นเอียง

<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>

หน้าจอแสดงสื่อเดิม

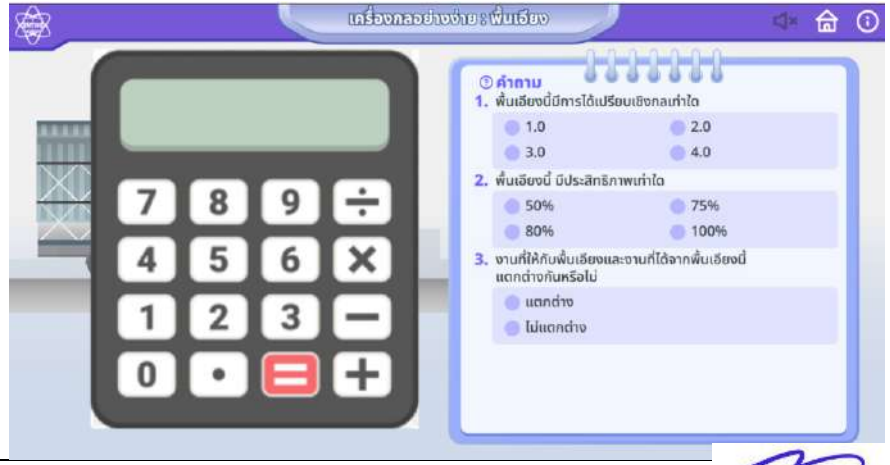


ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



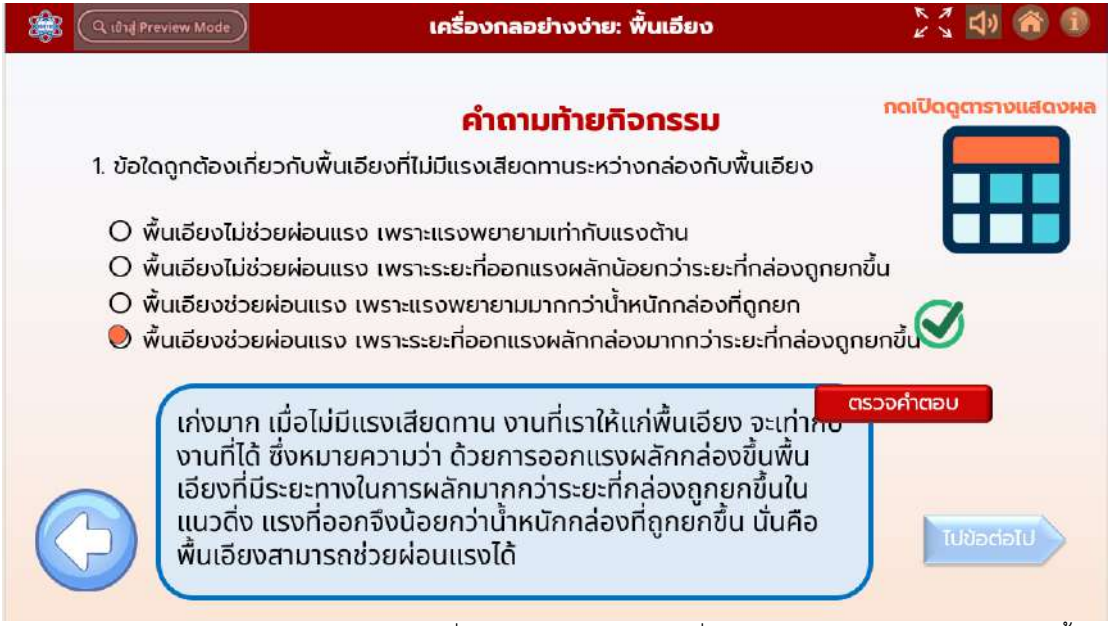
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>5.</td><td>กรอบแสดงคำถามทุกคำถาม</td><td>— เพิ่มเครื่องคิดเลข ที่กดแล้ว จะแสดงปุ่มการคิดเลขให้คำนวณได้
— สามารถลากเครื่องคิดที่ขยายไปบริเวณต่าง ๆ บนจอ เพื่อไม่ให้บังตัวเลขที่ต้องใช้ และบังคำถาม</td><td>— เพื่อผู้ใช้ไม่ต้องออกจากหน้าสถานการณ์จำลองไปใช้แอปในเครื่องต่างหาก</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>
หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 

ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 

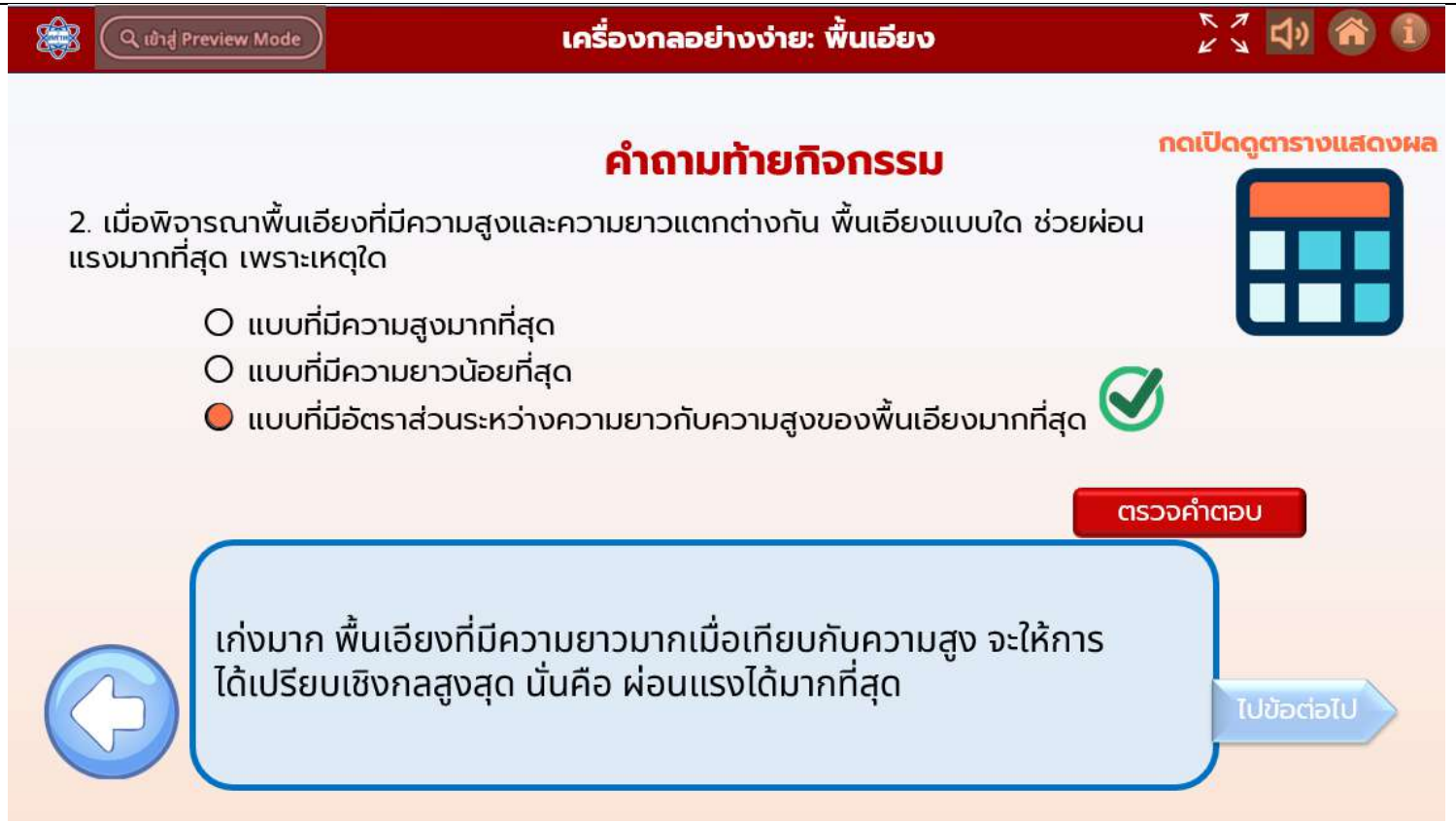

</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>6.</td><td>ภาพกราฟิกเป็นการ์ตูนเกินไป</td><td>— แก้ไขให้กราฟิกมีความสมจริงมากขึ้น ลดการเป็นการ์ตูนลง</td><td>— เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น และความสมจริงมากขึ้น</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
  </td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>7.</td><td>ไม่มีตารางแสดงผลการทำกิจกรรม</td><td>— เพิ่มตารางบันทึกผลบันทึกผลการทำกิจกรรม ที่แสดงผลอัตโนมัติเมื่อตอบคำถามแต่ละกรณี
— ตารางบันทึกผลมีการระบุด้วยว่า ได้ทำตามเป้าหมายถึงขึ้นไหนแล้ว</td><td>— ให้มีตารางแสดงการบันทึกผลไว้ สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม
— มีข้อมูลช่วยแจ้งว่า ได้ทำกิจกรรมสำเร็จถึงขั้นไหนแล้ว บรรลุเป้าหมายหรือยัง</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

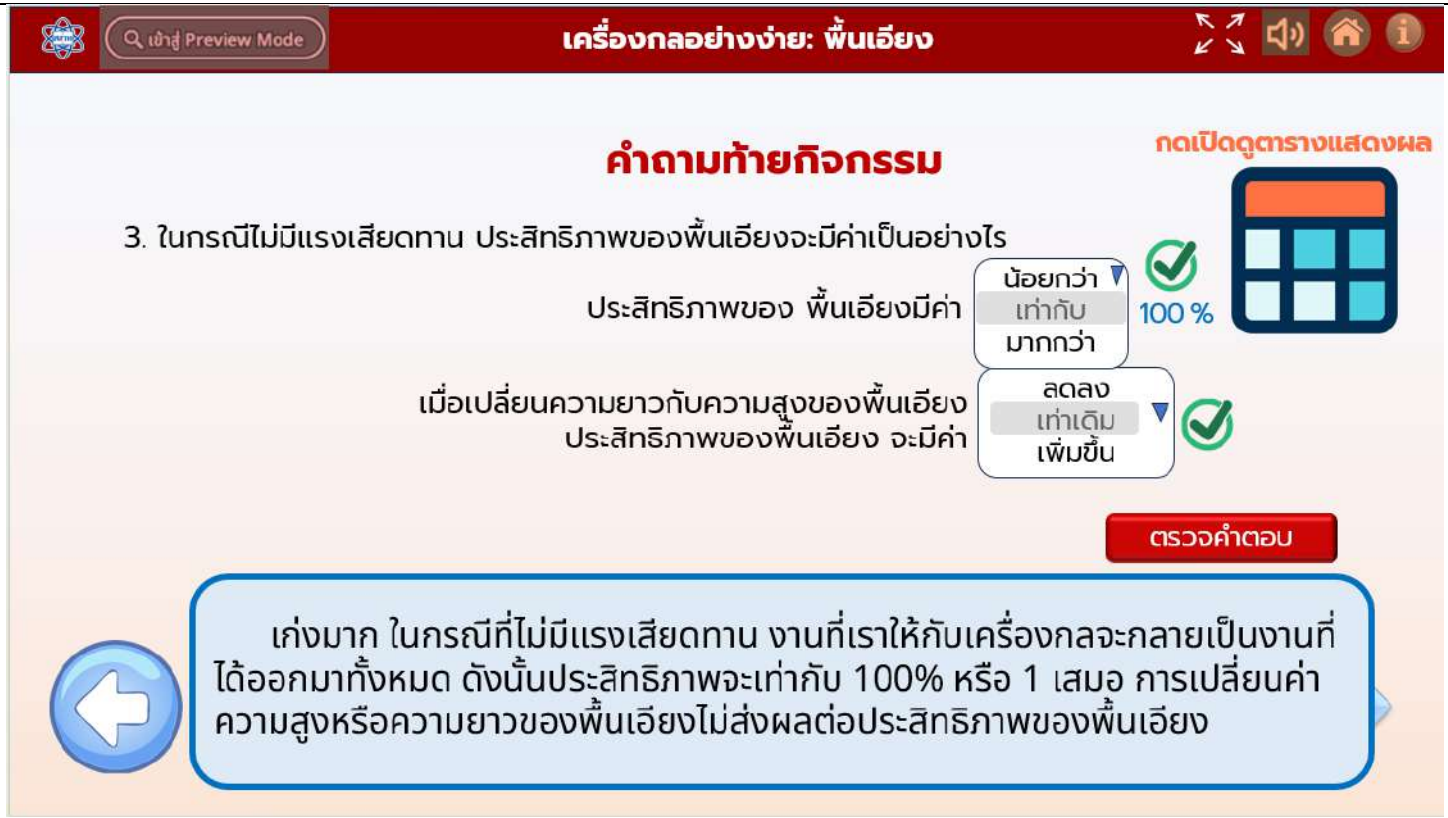
<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>8.</td><td>ไม่มี “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”</td><td>— เพิ่ม “คำถามท้ายกิจกรรม”
— ปรับให้มีไม่สามารถมาที่คำถามท้ายกิจกรรมได้ ถ้ายังทำกิจกรรมไม่ครบตามเป้าหมาย
— เพิ่มการให้ feedback เมื่อตอบคำถามผิดหรือถูก</td><td>— ให้คำถามครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้เรียนรู้นำไปสู่การสรุป
— มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้
— ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม
--- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 

ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน แรงที่ใช้ในการผลักกล่องน้อยหรือมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ และระยะที่ออกแรงผลักกล่องไปตามพื้นเอียง น้อยหรือมากกว่า ระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง”
ถ้าตอบข้อ 1 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก เมื่อไม่มีแรงเสียดทาน งานที่เราให้แก่พื้นเอียง จะเท่ากับงานที่ได้ ซึ่งหมายความว่า ด้วยการออกแรงผลักกล่องขึ้นพื้นเอียงที่มีระยะทางในการผลักมากกว่าระยะที่กล่องถูกยกขึ้นในแนวดิ่ง แรงที่ออกจึงน้อยกว่าน้ำหนักกล่องที่ถูกยกขึ้น นั่นคือ พื้นเอียงสามารถช่วยผ่อนแรงได้”</td></tr>
</table>



ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล พื้นเอียงแบบใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

ถ้าตอบข้อ 2 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก พื้นเอียงที่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความสูง จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด”



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

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



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

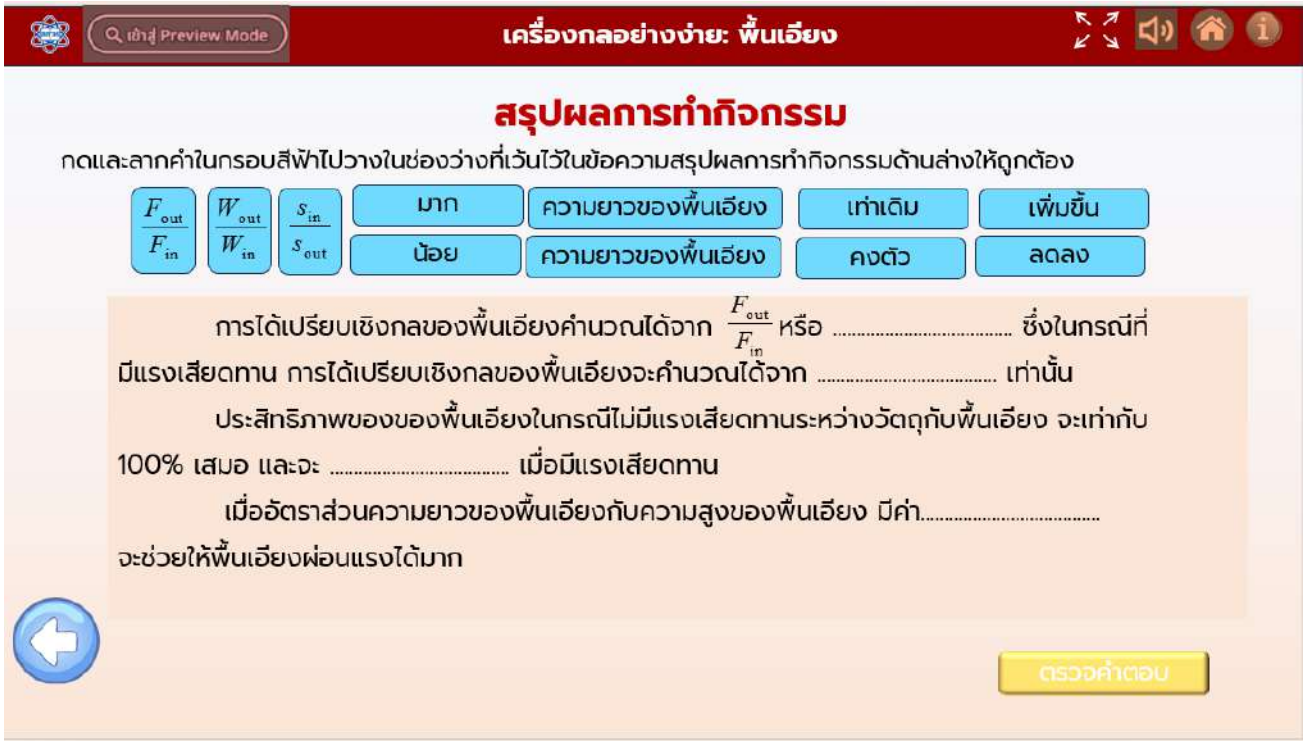
ถ้าตอบข้อ 4 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก วิเคราะห์ได้ดี เมื่อมีแรงเสียดทาน เราต้องออกแรงผลักวัตถุขึ้นพื้นเอียงมากขึ้น เพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักรวมกับการชนะแรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียง ส่งผลให้การได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง”



ถ้าตอบข้อ 5 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากขึ้นเรื่อย ๆ และการหาการได้เปรียบเชิงกลจะพิจารณาเมื่อแรงพยายามทำให้วัตถุมีความเร่งหรือไม่”

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

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>9.</td><td>- ไม่มีการสรุปผลการทำกิจกรรม
- ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ</td><td>- เพิ่มสรุปผลการทำกิจกรรม ให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง
- มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟครบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- เพิ่มปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้</td><td>— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย
— ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
— ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว
— มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม

-- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>



ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”

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


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
สรุปผลการทำกิจกรรม
กดและลากคำในกรอบสีฟ้าไปวางในช่องว่างที่เว้นไว้ในข้อความสรุปผลการทำกิจกรรมด้านล่างให้ถูกต้อง
$\frac{W_{out}}{W_{in}}$
ความยาวของพื้นเอียง
เท่าเดิม
เพิ่มขึ้น
น้อย
ความยาวของพื้นเอียง
คงตัว
การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ หรือ $\frac{s_{in}}{s_{out}}$ ..... ซึ่งในกรณีที่มีแรงเสียดทาน การได้เปรียบเชิงกลของพื้นเอียงจะคำนวณได้จาก $\frac{F_{out}}{F_{in}}$ ..... เท่านั้น
ประสิทธิภาพของของพื้นเอียงในกรณีไม่มีแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียง จะเท่ากับ 100% เสมอ และจะ ลดลง เมื่อมีแรงเสียดทาน
เมื่ออัตราส่วนความยาวของพื้นเอียงกับความสูงของพื้นเอียง มีค่า มาก จะช่วยให้พื้นเอียงผ่อนแรงได้มาก
ตรวจคำตอบ


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย: พื้นเอียง
สรุปผลการทำกิจกรรม
ทำกิจกรรมเรื่อง พื้นเอียง
ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว
ลดลง
มาก
ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ
ตรวจคำตอบ

ต้นร่าง 3 กระดานเรื่องราวปรับปรุงสื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์

เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: คาน

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

กลุ่มวิชาฟิสิกส์

ภาพรวมของสื่อ	

สื่อสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่อง เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย: คาน เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ดิจิทัลที่ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนระดับมัธยมปลายได้ทำความเข้าใจหลักการทำงานของคานอย่างเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถเปลี่ยนขนาดน้ำหนักวัตถุ ตำแหน่งที่วางวัตถุบนคาน ตำแหน่งที่ออกแรงพยายาม และแรงเสียดทานระหว่างคานกับจุดหมุนก่อนจะออกแรงยกวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง และสื่อจะแสดงผลการออกแรงเป็นค่าต่าง ๆ เช่น ระยะที่ออกแรงดันคาน ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง หรือ ขนาดของแรงที่ใช้ โดยนักเรียนจะได้ใช้ค่าต่าง ๆ เหล่านั้นมาเป็นข้อมูลสำหรับคำนวณการได้เปรียบเชิงกล และ ประสิทธิภาพของคาน เป็นการช่วยการเรียนรู้เรื่อง คาน ให้เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปธรรม และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของสื่อ	

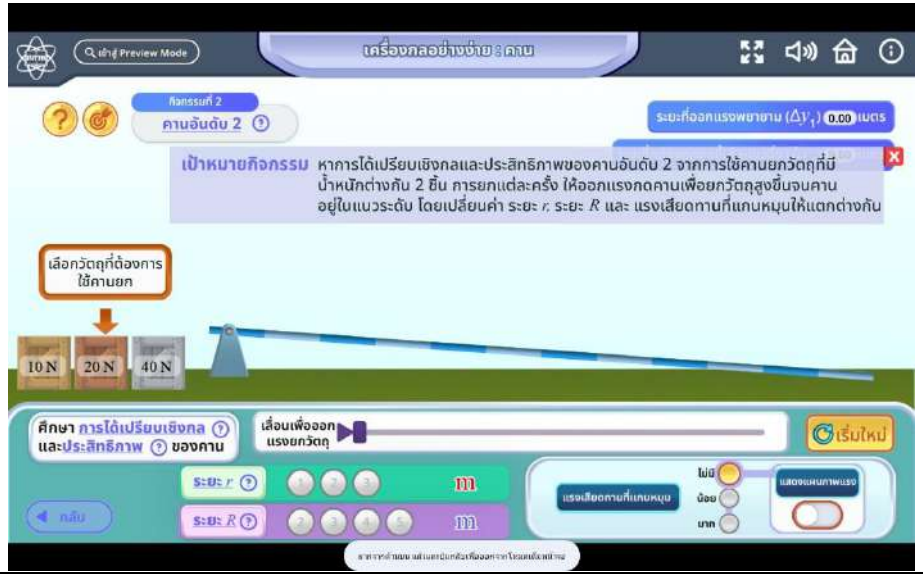
เป็นสถานการณ์จำลองการแสดงการทำงานของคาน พร้อมแสดงให้เห็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคาน นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่ออกแรงกระทำต่อคานและตำแหน่งที่วางวัตถุบนคาน โดยมีความหมายของคำศัพท์ เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้คานในชีวิตประจำวัน รวมทั้งคำถามท้ายกิจกรรมแบบเลือกตอบที่ตรวจคำตอบได้ และการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนลากคำมาใส่ในช่องว่างให้ถูกต้อง

เมื่อใช้สื่อเรียนรู้เรื่องนี้แล้ว คาดหวังว่าผู้ใช้จะสามารถตอบคำถามดังนี้ได้

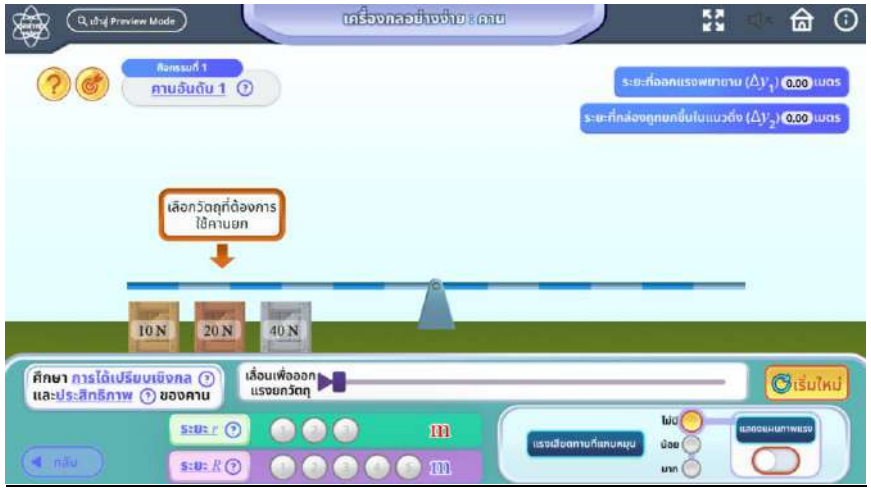
- คานมีการทำงานอย่างไร และสามารถคำนวณการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานได้อย่างไร

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>หน้าปกที่มีรูปเด็กผู้ชายกับผู้หญิง</td><td>— แก้ไขเป็นรูปด้านล่าง</td><td>— เพื่อสื่อให้เห็นการใช้งานที่ชัดเจนมากขึ้น</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>2.</td><td>ตอนให้เลือกกิจกรรมที่ 1 – 3 เมื่อทำกิจกรรมใดเสร็จแล้ว เข้าไปดูกิจกรรมนั้นไม่ได้</td><td>— แก้ไขให้ยังเข้าไปเรียนรู้ได้ แม้จะทำกิจกรรมนั้น ๆ ครบตามเป้าหมายแล้ว</td><td>— เพื่อว่า ผู้ใช้ต้องการทบทวน</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="3">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
- ไม่มี -</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>3.</td><td>เป้าหมายกิจกรรมยาว อ่านแล้วตาลาย จับใจความไม่ได้</td><td>— แก้ไขเป้าหมายแต่ละกิจกรรม กระชับ ดังนี้
— กิจกรรมที่ 1 เป้าหมายแก้ไขเป็น “ใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันอย่างน้อย 2 ชิ้น โดยการยกแต่ละครั้ง ให้เปลี่ยนค่าระยะ r, R และ แรงเสียดทาน”
— กิจกรรมที่ 2 เป้าหมายแก้ไขเป็น “ใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันอย่างน้อย 2 ชิ้น โดยการยกแต่ละครั้ง ให้เปลี่ยนค่าระยะ r, R และ แรงเสียดทาน”
— กิจกรรมที่ 3 เป้าหมายแก้ไขเป็น “ใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันอย่างน้อย 2 ชิ้น โดยการยกแต่ละครั้ง ให้เปลี่ยนค่าระยะ r, R และ แรงเสียดทาน”</td><td>— เพื่อไม่ให้ผู้ใช้เสียความสนใจและสร้างความเข้าใจที่กระชับ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
- ไม่มี -</td></tr>
</table>


เข้าสู่ Preview Mode
เครื่องกลอย่างง่าย : คาน
กิจกรรมที่ 3
คานอันดับ 3
ระยะที่ออกแรงพยายาม (Δy')1 0 เมตร
เป้าหมายกิจกรรม หาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานอันดับ 3 จากการใช้คานยกวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกัน 2 ชิ้น การยกแต่ละครั้ง ให้ออกแรงกดคานเพื่อยกวัตถุสูงขึ้นจนคานอยู่ในแนวระดับ โดยเปลี่ยนค่า ระยะ r, ระยะ R และ แรงเสียดทานที่แกนหมุนให้แตกต่างกัน
10 N
20 N
40 N
ศึกษา การได้เปรียบเชิงกล และประสิทธิภาพ ของคาน
เลื่อนเพื่อออกแรงยกวัตถุ
เริ่มใหม่
ระยะ r
ระยะ R
m
m
แรงเสียดทานที่แกนหมุน
ไม่มี
น้อย
มาก
แสดงแผนภาพแรง
กลับ

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>4.</td><td>สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3
- มีออฟชั่นแรงเสียดทาน 3 ออฟชั่นคือ “น้อย” “มาก” และ “ไม่มี” ซึ่งมากเกินจำเป็น
- ไม่มีปุ่ม ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม และปุ่ม คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม สำหรับแต่ละกิจกรรม</td><td>- เปลี่ยนออฟชั่นแรงเสียดทานเป็น 2 ออฟชั่นคือ “มี” กับ “ไม่มี”
- เพิ่มปุ่ม “ตารางแสดงผลการทำกิจกรรม” และ ปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม”
- ปรับสีหัวข้อ ความสูงที่ต้องการยกวัตถุ ความยาวของคาน และแรงเสียดทานระหว่างกล่องกับคาน ให้แตกต่างกัน</td><td>- การทำกิจกรรมด้วยแรงเสียดทาน มี กับ ไม่มี สามารถเข้าใจผลของแรงเสียดทานต่อเครื่องกลได้
- ปุ่มตารางและคำถาม สามารถนำไปสู่การสรุปที่สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
5.	สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 – กรอบแสดงขั้นตอน “เลือกแสดงแผนภาพแรง”	– แก้ไขให้เป็น “เลือกแสดงหรือไม่แสดงแผนภาพแรง”	– เพื่อไม่ให้เข้าใจผิดว่า จะต้องแสดงแผนภาพแรงทุกครั้ง

<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ



จุดที่	จุดที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข	เหตุผลการแก้ไข
6.	กรอบแสดงคำถามทุกคำถาม	- เพิ่มเครื่องคิดเลข ที่กดแล้วจะแสดงปุ่มการคิดเลขให้คำนวณได้ - สามารถลากเครื่องคิดที่ขยายไปบริเวณต่าง ๆ บนจอ เพื่อไม่ให้บังตัวเลขที่ต้องใช้และบังคำถาม	— เพื่อผู้ใช้ไม่ต้องออกจากหน้าสถานการณ์จำลองไปใช้แอปในเครื่องต่างหาก

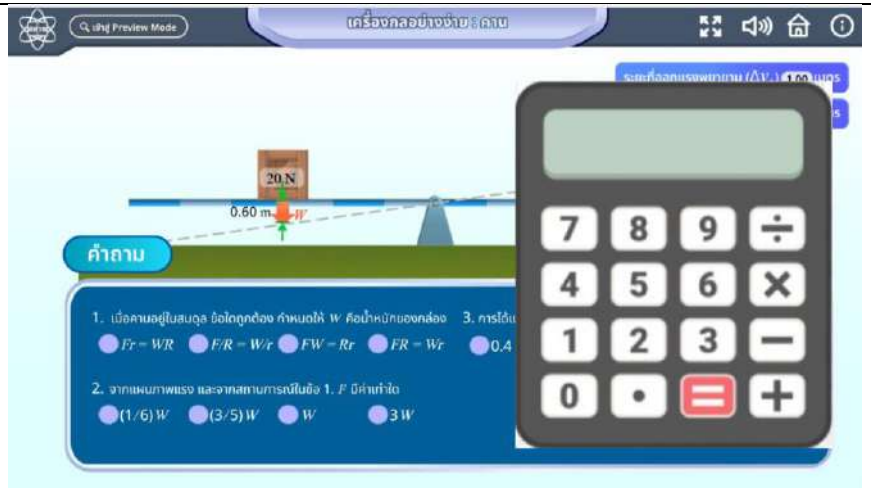
<u>ภาพประกอบการแก้ไข</u>

หน้าจอแสดงสื่อเดิม



ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ

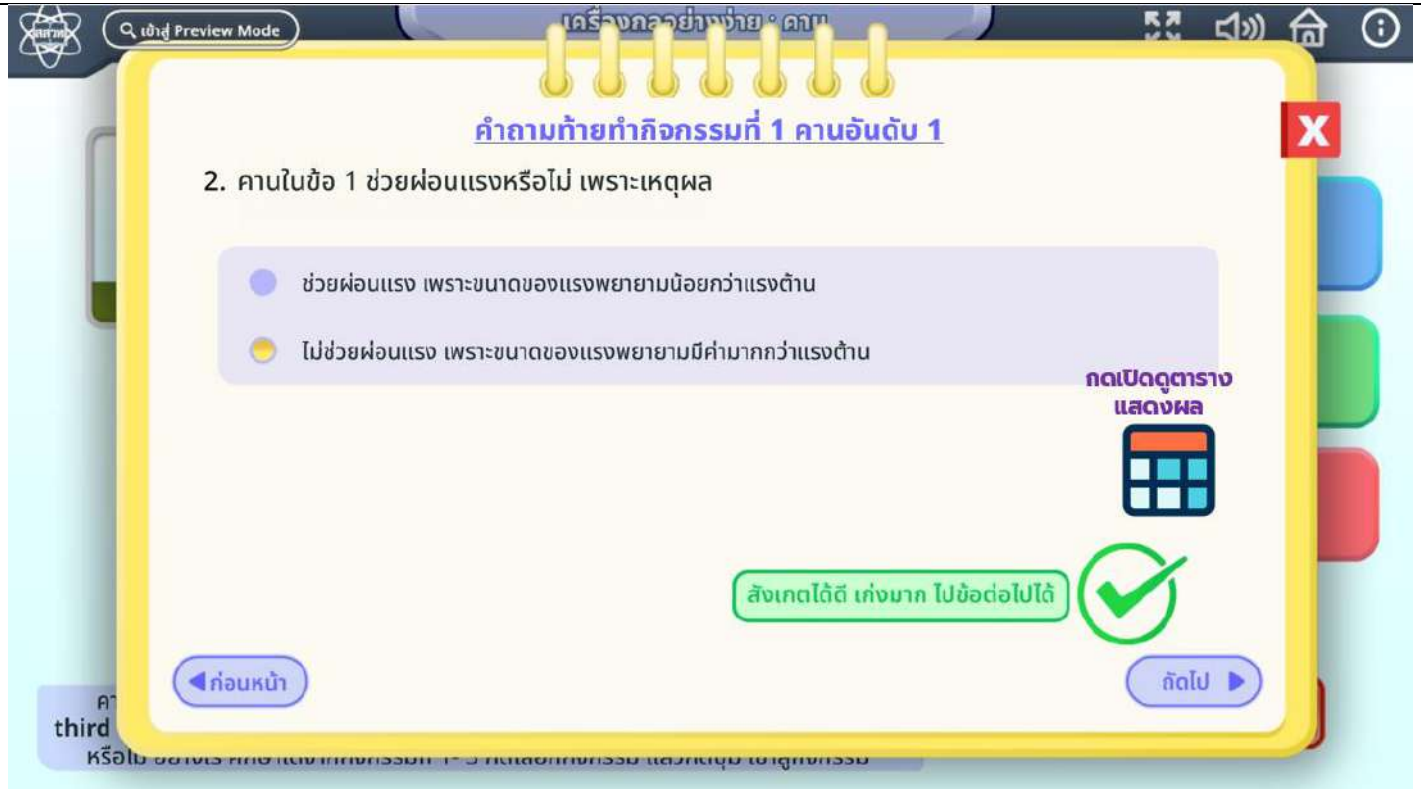


		 เครื่องกลอย่างง่าย : คาน 20 N 0.60 m W คำถาม 1. เมื่อคานอยู่ในสมดุล ข้อใดถูกต้อง กำหนดให้ W คือน้ำหนักของกล่อง Fr = WR F/R = W/r FW = Rr FR = Wr 2. จากแผนภาพแรง และจากสถานการณ์ในข้อ 1. F มีค่าเท่าใด (1/6) W (3/5) W W 3 W 7 8 9 ÷ 4 5 6 × 1 2 3 − 0 • = +

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>7.</td><td>สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3
— ไม่มีตารางแสดงผลการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรม</td><td>— เพิ่มตารางแสดงผลการทำกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 ที่แสดงผลอัตโนมัติเมื่อตอบคำถามแต่ละกรณี
— ตารางแสดงผลมีการระบุด้วยว่า ได้ทำตามเป้าหมายถึงขึ้นไหนแล้ว โดยแต่ละกิจกรรมให้มีระบุว่า “หาการได้เปรียบเชิงกลและประสิทธิภาพของคานอันดับ 1 ที่มีระยะ r และ ระยะ R แตกต่างกัน 3 แบบ โดยแต่ละแบบให้พิจารณาทั้งกรณีมีและไม่มีแรงเสียดทาน”
— มีกรอบแสดง check list ด้วยว่า ทำกิจกรรมได้ไปถึงไหนแล้ว</td><td>— ให้มีตารางแสดงการบันทึกผลไว้ สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรม
— มีข้อมูลช่วยแจ้งว่า ได้ทำกิจกรรมสำเร็จถึงขั้นไหนแล้ว บรรลุเป้าหมายหรือยัง</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>8.</td><td>สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3 ไม่มี “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” ของแต่ละกิจกรรม 1, 2 และ 3</td><td>— เพิ่มคำถามท้ายกิจกรรม และสรุปกิจกรรม แต่ละกิจกรรม
— จะไม่สามารถกดปุ่ม “คำถามท้ายกิจกรรมและสรุปกิจกรรม” ได้ ถ้ายังทำกิจกรรมนั้น ๆ ไม่ครบตามเป้าหมาย
— เพิ่ม feedback กรณีตอบผิดด้วย</td><td>— ให้คำถามและสรุปแบบเป็น 3 กิจกรรม เพราะรวมกิจกรรมเดียว จะเยอะและสับสน
— มี feedback ที่ดี ช่วยในการเรียนรู้
—</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
--- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 

ข้อนี้ แก้ไขเฉลยด้วย คำตอบที่ถูกคือ ตัวเลือกแรก
ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มี กรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูอีกที เมื่อระยะของแรงพยายามจากจุดหมุนที่น้อยกว่าระยะของแรงต้าน เราต้องออกแรงพยายามอย่างไรเทียบกับน้ำหนักวัตถุเพื่อยกวัตถุขึ้น”</td></tr>
</table>



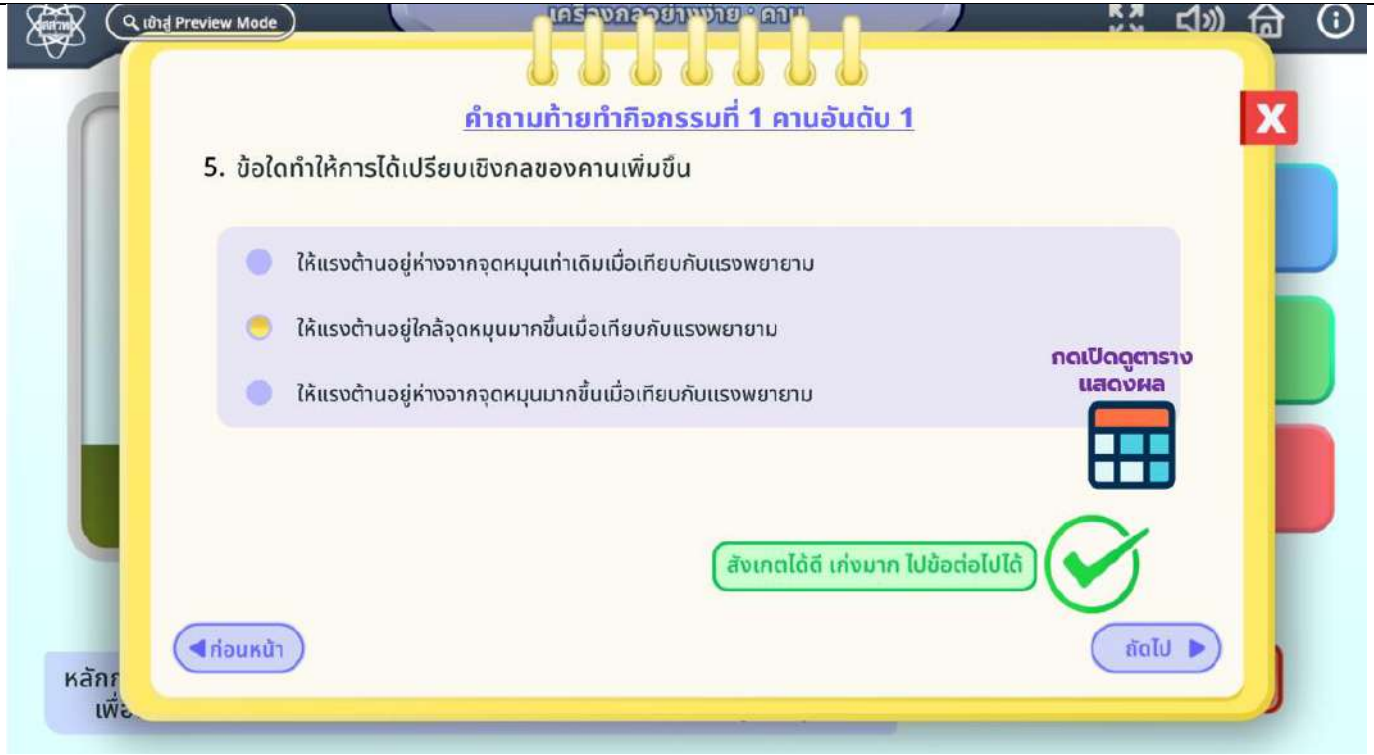
ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “ลองคิดอีกที การผ่อนแรงหมายถึงเราออกแรงน้อยกว่าน้ำหนักจริงของวัตถุ แต่ในข้อ 1 เราพิสูจน์แล้วว่าต้องออกแรงมากกว่าน้ำหนักวัตถุ”



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



ถ้าตอบข้อ 4 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “"ลองสังเกตระหว่างตำแหน่งที่ออกแรงกดคานกับตำแหน่งที่วางวัตถุ ฝั่งไหนอยู่ไกลจากจุดหมุนกว่ากัน การผ่อนแรงจะเกิดขึ้นเมื่อฝั่งที่ออกแรงอยู่ไกลจากจุดหมุนมากกว่า"”

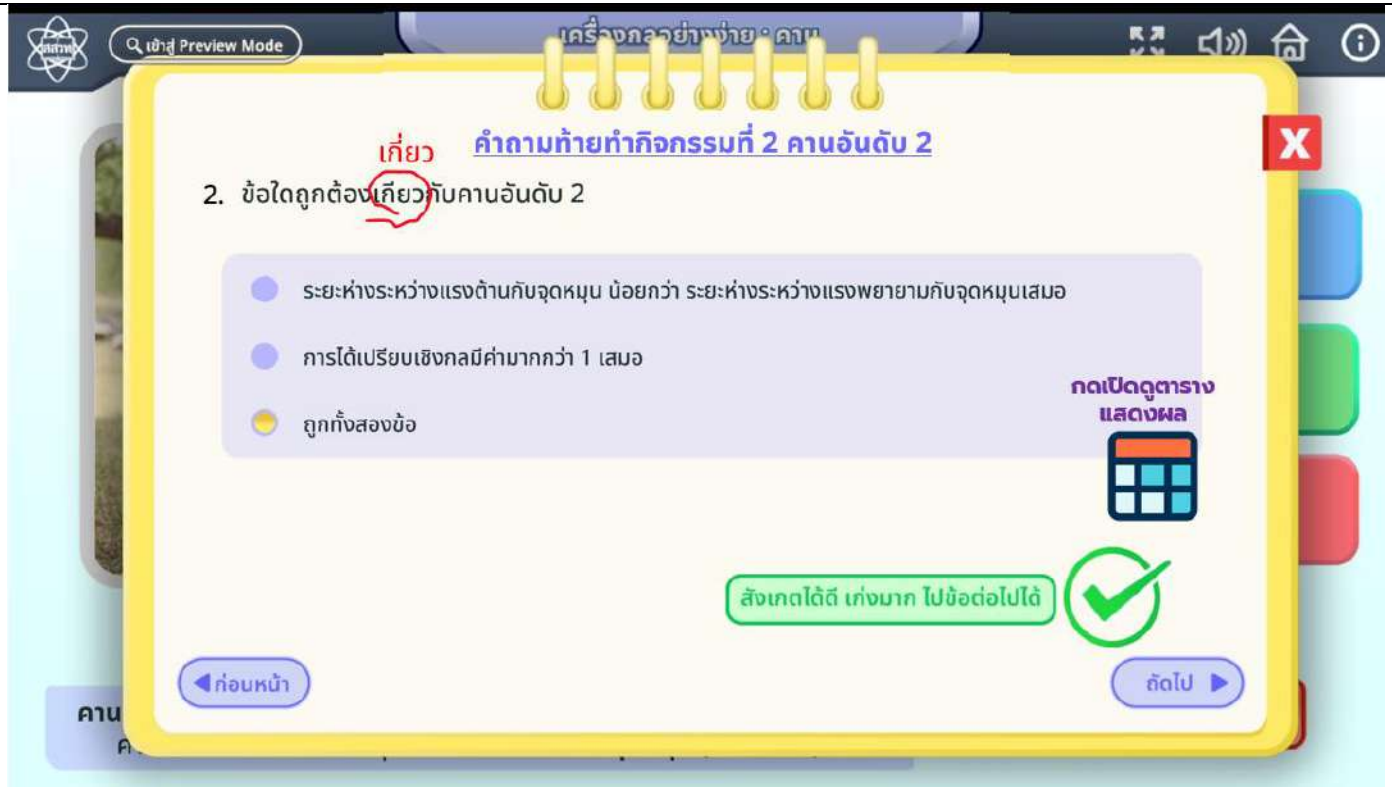


ถ้าตอบข้อ 5 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ นึกถึงการคำนวณหาการได้เปรียบเชิงกล เป็นอัตราส่วนระหว่างอะไรกับอะไร แล้วถ้าต้องการให้ค่าการได้เปรียบเชิงกลเพิ่มขึ้น ต้องเพิ่มตัวเศษหรือตัวส่วน แล้วต้องลดตัวเศษหรือตัวส่วน”

		คำถามท้ายกิจกรรมที่ 2

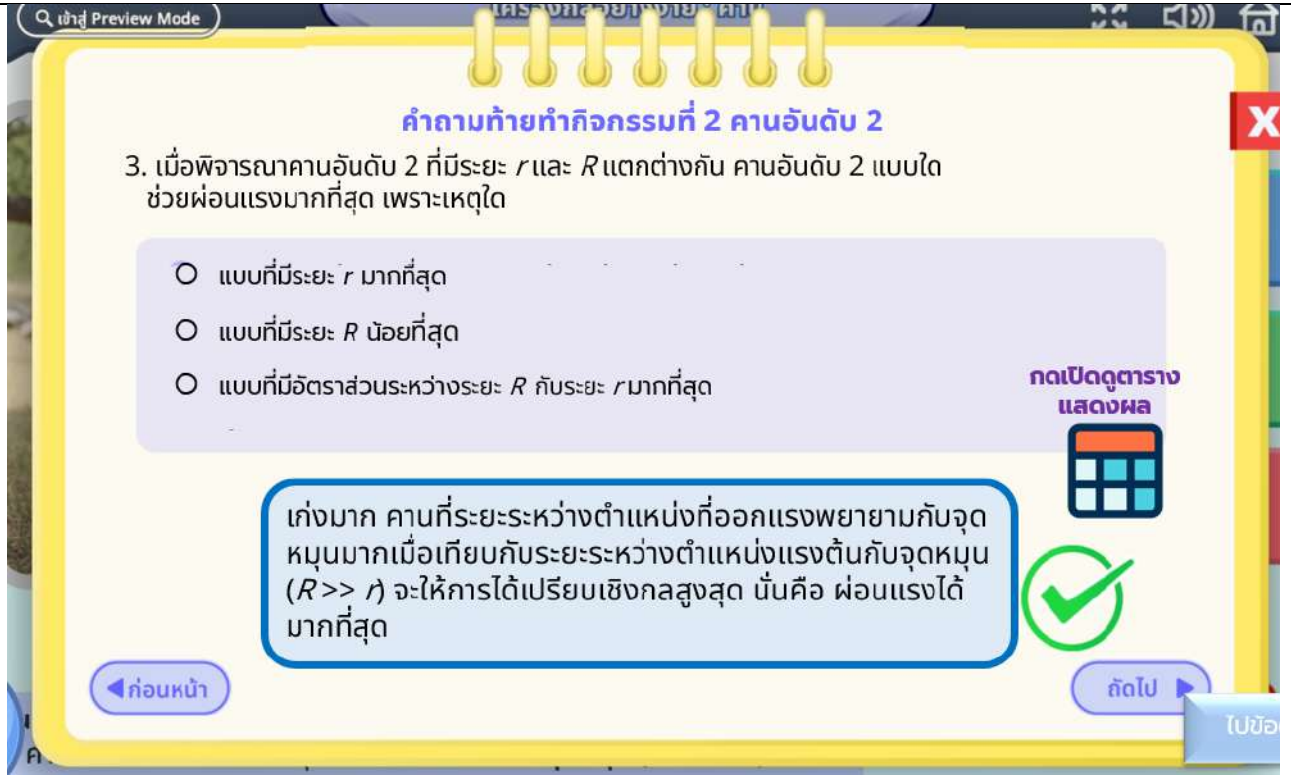


ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ ระยะระหว่างแรงพยายามกับจุดหมุนมากหรือน้อยกว่าระยะระหว่างแรงต้านกับจุดหมุน”



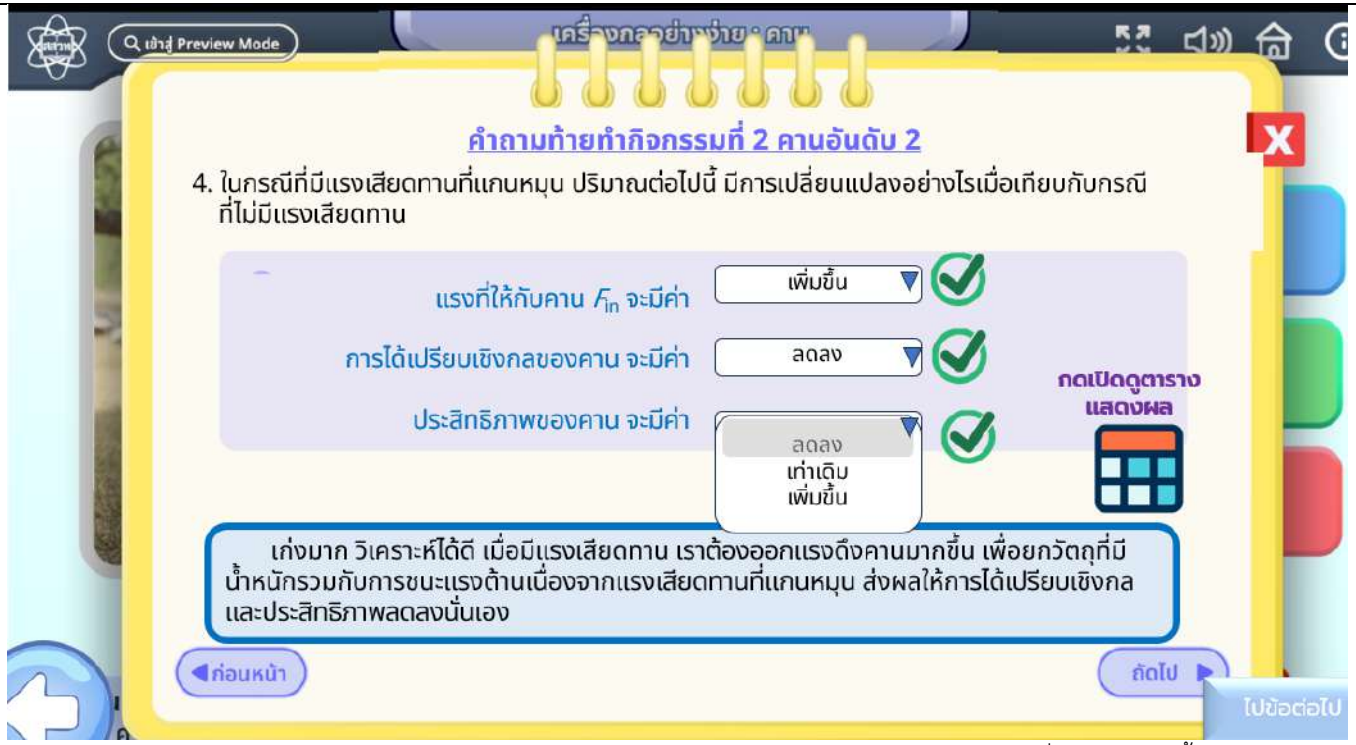
แก้ไขคำถาม “เกียว” เป็น “เกี่ยว”

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



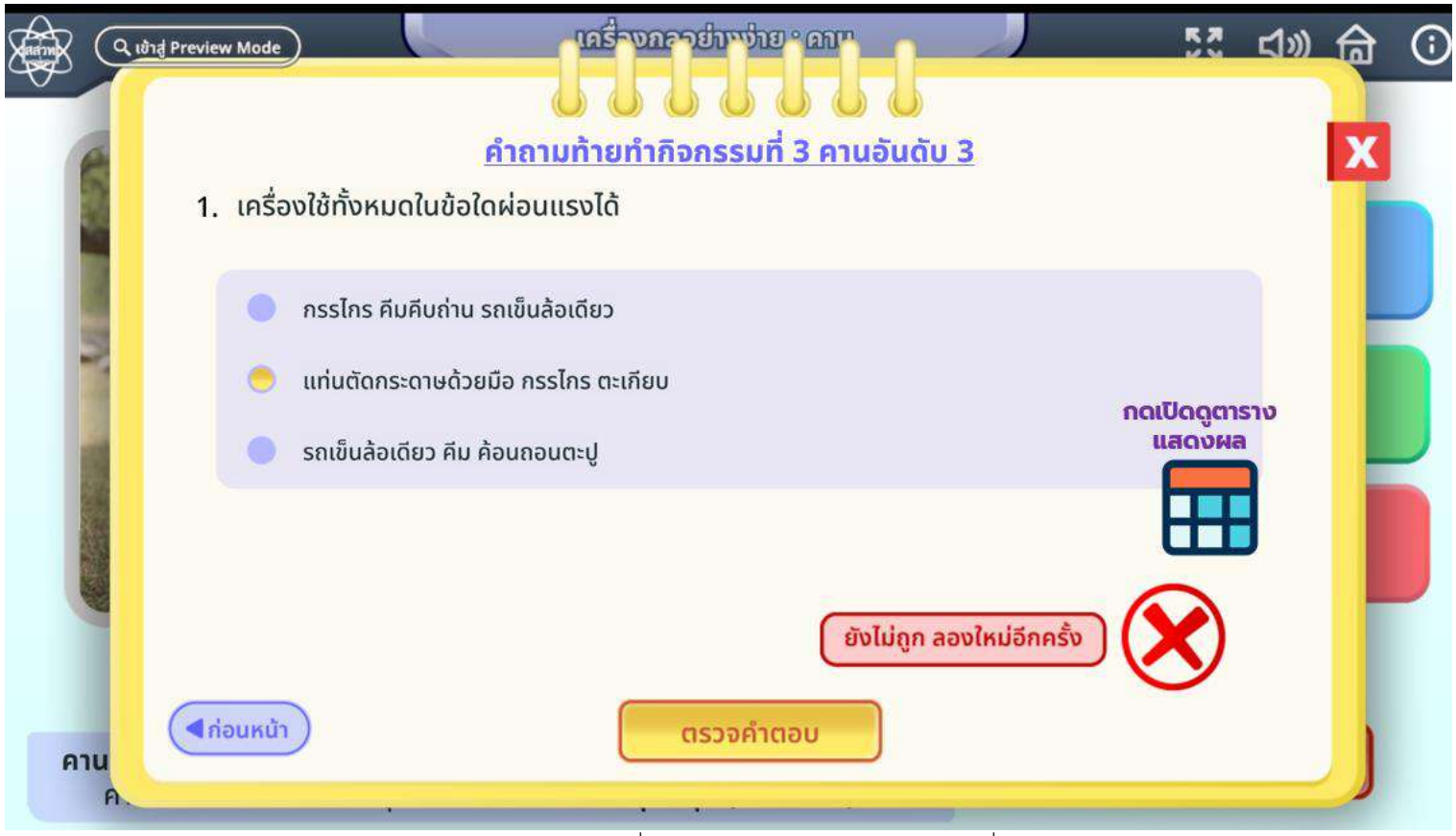
ถ้าตอบข้อ 3 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “พิจารณาอีกที ในตารางบันทึกผล คานแบบใด มีการได้เปรียบเชิงกลมากที่สุด”

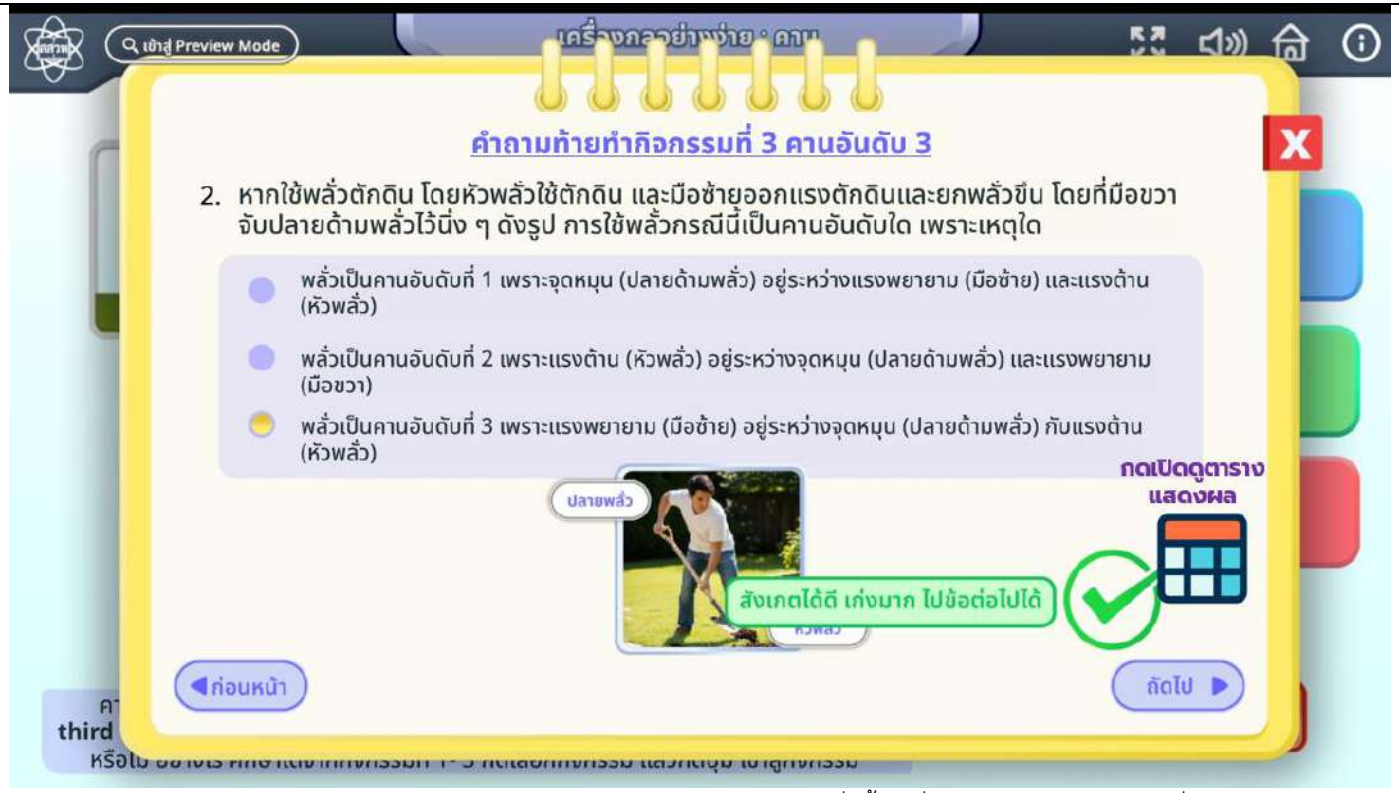
ถ้าตอบข้อ 3 ถูก ให้มีกรอบแสดงข้อความว่า “เก่งมาก คานที่มีระยะ *R* มากเมื่อเทียบกับระยะ *r* จะให้การได้เปรียบเชิงกลสูงสุด นั่นคือ ผ่อนแรงได้มากที่สุด”



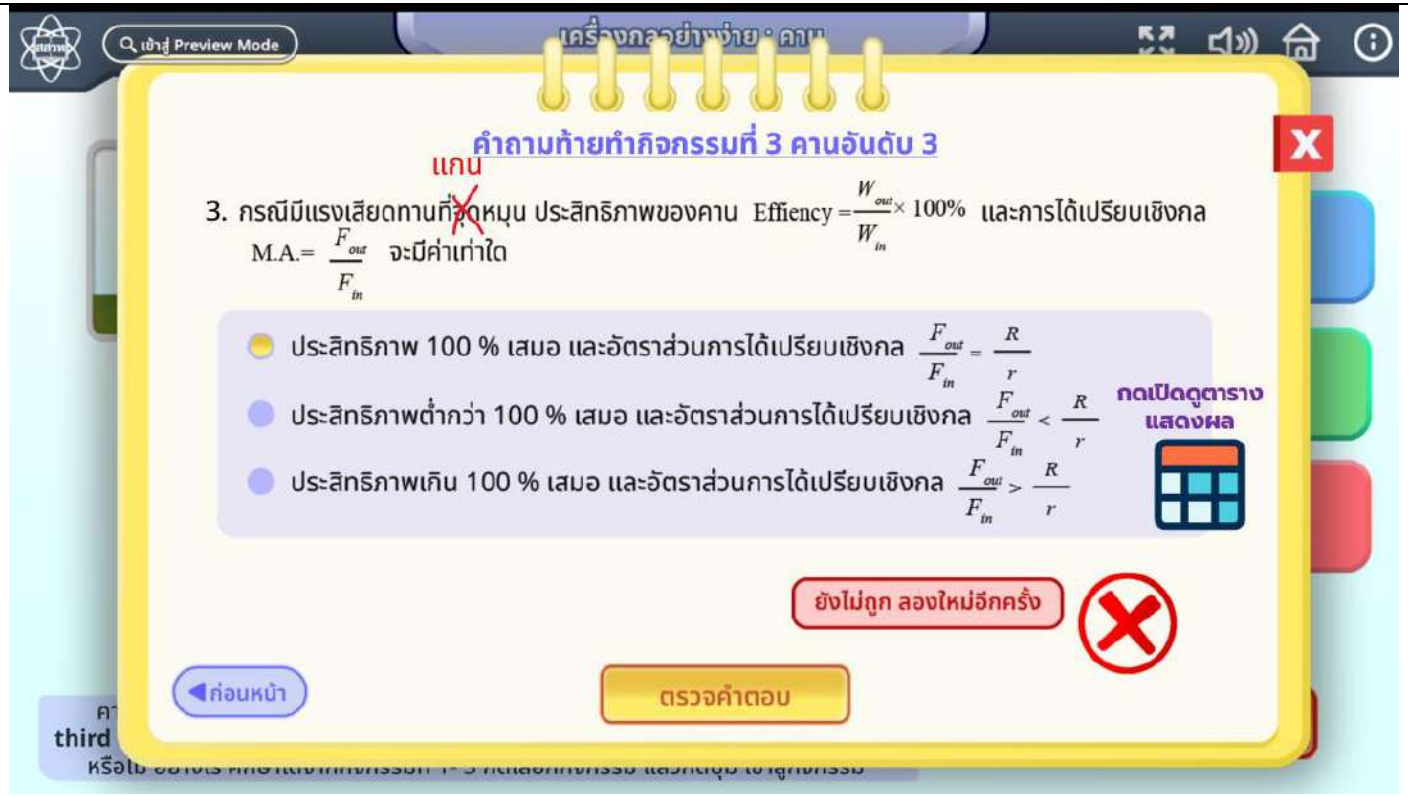
ถ้าตอบข้อ 4 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “"ลองนึกถึงโลกแห่งความจริง ถ้าคานฝืด เราต้องออกแรงดึงคานเพื่อยกวัตถุมากขึ้นหรือไม่ แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ ทำให้เราต้องใช้แรงพยายามมากขึ้น แต่ได้งานออกมาเท่าเดิมหรือน้อยลง แล้วการได้เปรียบเชิงกลกับประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง”

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

		คำถามท้ายกิจกรรมที่ 3  ถ้าตอบข้อ 1 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ เครื่องใช้ใด การใช้งานเป็นคานอันดับ 3 ที่ไม่ช่วยผ่อนแรงเลย”



ถ้าตอบข้อ 2 ผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ จุดหมุนของการใช้พลั่วนี้ อยู่ที่ตำแหน่งใดเทียบตำแหน่งที่ออกแรงพยายามกับตำแหน่งที่มีแรงต้าน”



แก้ไขคำว่า “จุดหมุน” เป็น “แกนหมุน”

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

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>9.</td><td>สำหรับกิจกรรมที่ 1 2 และ 3
- ไม่มีการสรุปผลการทำกิจกรรม
- ไม่มีการแจ้งบอกว่า ทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- ไม่มีลิงก์ไปทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ</td><td>- เพิ่มสรุปผลการทำกิจกรรมเมื่อตอบคำถามท้ายกิจกรรมครบแต่ละกิจกรรมแล้ว โดยให้เป็นแบบลากคำมาใส่ในช่องว่าง
- มีกราฟิกและเสียงเอฟเฟคปรบมือ ว่าทำกิจกรรมสำเร็จครบถ้วนแล้ว
- เมื่อทำกิจกรรมครบ 3 ให้มีปุ่ม “แบบทดสอบประเมินความเข้าใจ” ที่สามารถกดไปทำแบบทดสอบด้วย Google Form ได้</td><td>— ช่วยนักเรียนสรุปและเรียนรู้ไปด้วย แต่ละกิจกรรม ไม่รวบเป็นครั้งเดียว
— ปรับให้มีรูปแบบเหมือนสื่อฯ เรื่องอื่น ๆ
— ให้นักเรียนรู้ว่า ได้สิ้นสุดการทำกิจกรรมแล้ว
— มีแบบทดสอบประเมินด้วย ช่วยให้รู้ว่า ใช้สื่อเรียนรู้แล้ว เข้าใจหรือไม่เข้าใจจุดไหน</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ภาพประกอบการแก้ไข</td></tr>
<tr><td></td><td>หน้าจอแสดงสื่อเดิม

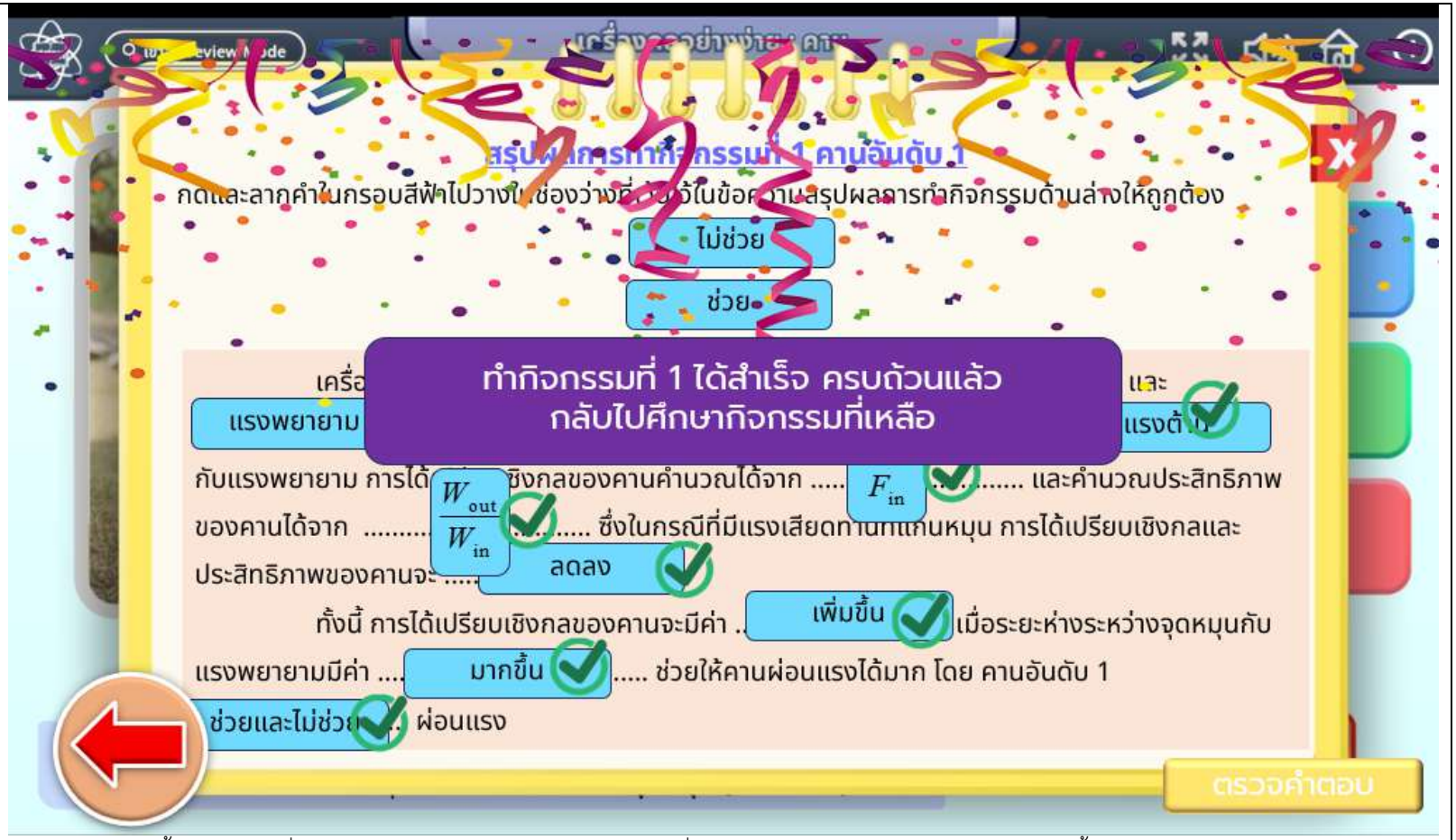
-- ไม่มี --</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
<u>สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 1 คานอันดับ 1</u>
 
</td></tr>
</table>



ถ้าลากคำมาใส่ในช่องว่างผิด ให้มีกรอบแสดงความข้อความว่า “ลองคิดดูใหม่ สามารถย้อนกลับไปดูตารางบันทึกผล หรือ ย้อนดูผลการตอบคำถามท้ายกิจกรรม แล้วกลับมาสรุปได้”



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



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

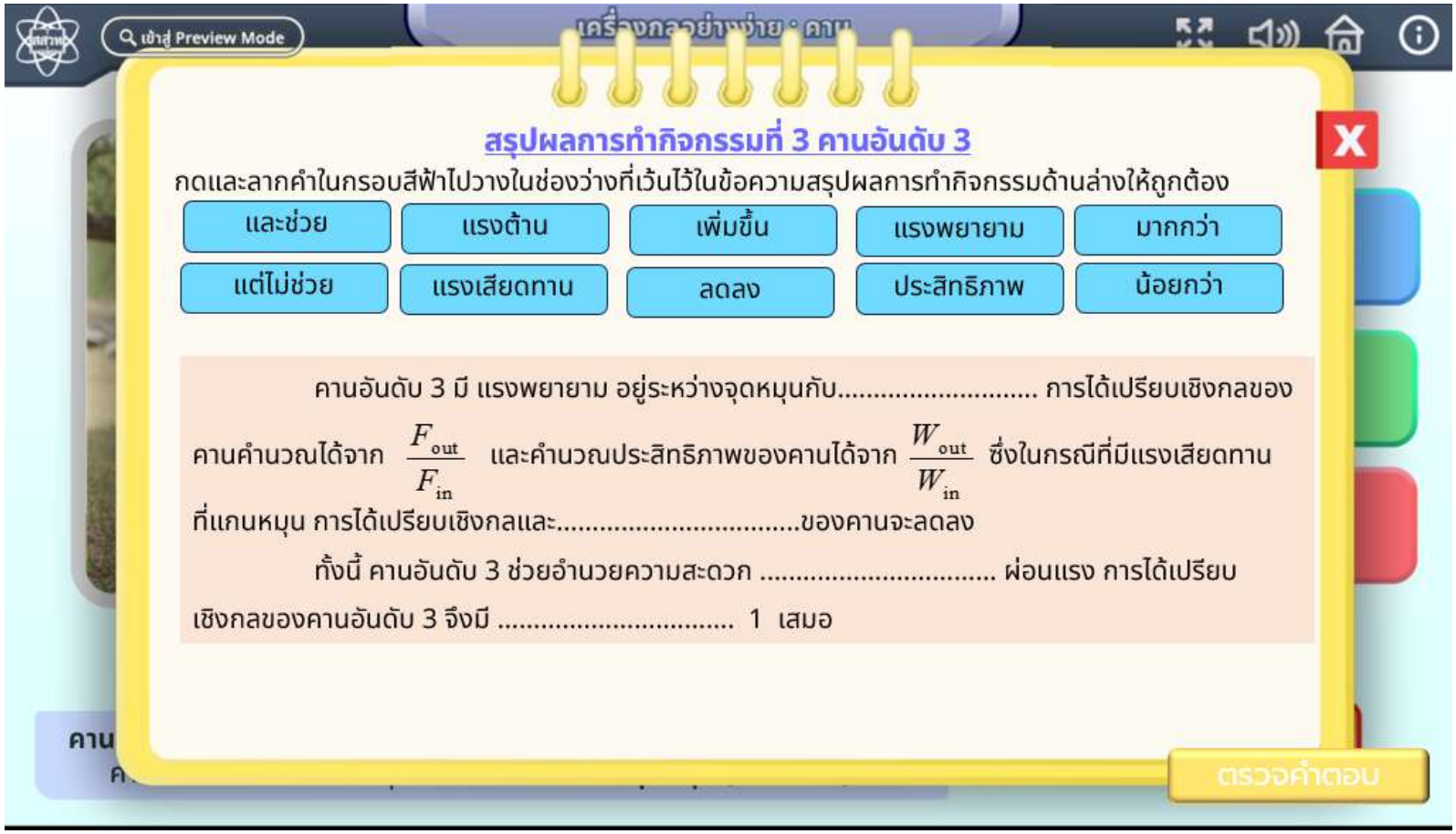
สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 2 คานอันดับ 2





ในส่วนของการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ 2 ถ้าตรวจคำตอบผิด หรือ ถูก มี feedback แบบเดียวกับกรณีกิจกรรมที่ 1

		สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3

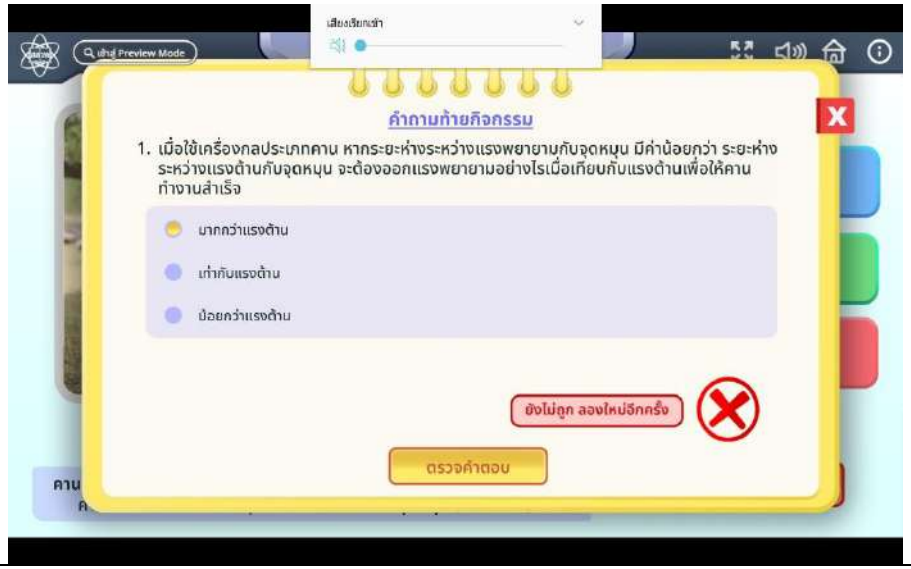




ในส่วนของการสรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 ถ้าตรวจคำตอบผิด หรือ ถูก มี feedback แบบเดียวกับกรณีกิจกรรมที่ 1


สรุปผลการทำกิจกรรมที่ 3 คานอันดับ 3
ทำกิจกรรมเรื่อง คาน
ได้สำเร็จ ครบถ้วนแล้ว
ประสิทธิภาพ
แต่ไม่ช่วย
น้อยกว่า
ทำแบบทดสอบประเมินความเข้าใจ
ตรวจคำตอบ

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>10.</td><td>สำหรับกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 กรอบข้อความแสดงขั้นตอน “กลับไปยังหน้าเลือกกิจกรรม เพื่อเลือกคานระดับอื่น ๆ” หลังจากทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรมเสร็จครบตามเป้าหมายแล้ว</td><td>— แก้ไขข้อความเป็น “ทำกิจกรรมที่ 1 ครบตามเป้าหมายแล้ว สามารถทำกิจกรรมนี้เพิ่มเติม หรือกลับไปยังหน้าเลือกกิจกรรม เพื่อเลือกคานระดับอื่น ๆ”</td><td>— บางคน อาจต้องการศึกษาเพิ่มเติม อยากรู้เพิ่มเติม แต่ต้องถูกบังคับให้ออกจากกิจกรรรม</td></tr>
<tr><td colspan="4"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="4">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td colspan="2">ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td rowspan="3">11.</td><td>คำถามท้ายกิจกรรม ที่ปรากฏเมื่อทำกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 เสร็จแล้ว</td><td>— ตัดออก แล้วนำไปแบ่งเป็นคำถามท้ายกิจกรรมแต่ละกิจกรรม</td><td>— คำถามท้ายกิจกรรม ที่ปรากฏเมื่อทำกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 เสร็จแล้ว มีความยาวเกินไปและอาจทำให้ผู้ใช้งานลืมกิจกรรมที่ทำผ่านมาแล้ว</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>จุดที่</th><th>จุดที่แก้ไข</th><th>รายละเอียดการแก้ไข</th><th>เหตุผลการแก้ไข</th></tr>
<tr><td>12.</td><td>สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ปรากฏหลังตอบคำถามท้ายกิจกรรม เสร็จแล้ว</td><td>— ตัดออก แล้วนำไปแบ่งเป็นคำถามท้ายกิจกรรมแต่ละกิจกรรม</td><td>— สรุปผลการทำกิจกรรม ที่ปรากฏเมื่อทำตอบคำถามท้ายกิจกรรม เสร็จแล้ว มีตัวอักษรที่เล็กแล้วมีความยาวเกินไปและอาจทำให้ผู้ใช้เรียนรู้ได้ไม่มีประสิทธิผลที่ดี</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"><u>ภาพประกอบการแก้ไข</u></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">หน้าจอแสดงสื่อเดิม
 
</td><td>ตัวอย่างหน้าจอแสดงการปรับปรุงสื่อ</td></tr>
</table>