**แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรียนรู้**

**สะเต็มศึกษาโรงเรียนนางรอง**

**จังหวัดบุรีรัมย์**

 ****

**สมสุข แสงปราบ**

**ครูเชี่ยวชาญ สาขาฟิสิกส์**

**โรงเรียนนางรอง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์**

**สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา บุรีรัมย์**

**สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน**

**กระทรวงศึกษาธิการ**

**คำนำ**

 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โรงเรียนนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

จัดทำขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยครูสอนคนเดียวที่มีจัดบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษา STEM Education มาใช้ในห้องเรียนตามสภาพจริง สอดแทรกลงในเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา 30201 ภายในเล่มประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา จำนวน 20 ชั่วโมง ซึ่งสอดแทรกในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางการพัฒนาสถานศึกษาโครงการโรงเรียนสุจริต ที่มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะที่สำคัญ 5 ประการ ประกอบด้วยทักษะการคิดขั้นสูง ความมีวินัย ความซื่อสัตย์ การอยู่อย่างพอเพียง และการมีจิตสาธารณะ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการเป็นกลุ่ม ผ่านการเรียนรู้จากกิจกรรมสะเต็มที่สร้างขึ้นมา ทำให้เกิดการแก้ปัญหาสร้างนวัตกรรมได้ จึงเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย นำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงประจำวันได้ นักเรียนจะมีความสุขหลังจากการผ่านการฝึกทักษะต่างๆ ผู้สนใจแนวทางการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปเป็นแบบอย่างในการพัฒนาการเรียนการสอนได้ โดยดำเนินตามวิธีการใช้ศักยภาพของผู้สอนจัดให้เห็นเป็นแบบอย่าง สร้างเพื่อนครูเป็นครูเครือข่ายที่มีความสนใจในแนวทางของสะเต็มศึกษา มาทำงานร่วมกันทำงานเป็นทีมอย่างสร้างสรรค์ สามารถเรียนรู้จัดการได้คิดสร้างกิจกรรมบูรณาการ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (STEM) ใช้กระบวนการออกแบบการทำงานเชิงวิศวกรรม สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ชีวิตจริง โดยมีความสอดคล้องกับมาตรฐานสาระการเรียนรู้ตามที่ตนเองเป็นครูรับผิดชอบในการสอนอย่างเหมาะสม ตามบริบทของนักเรียนและสภาพแวดล้อมของโรงเรียนได้ มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงควบคู่กันไปการวัดประเมินผลการเรียนตามสภาพปัจจุบันของโรงเรียน สอดคล้องกับนโยบายเร่งด่วนของรัฐบาล หรือผู้บริหารต้นสังกัด และได้รับการส่งเสริมสนับสนุนจากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ซึ่งเท่าที่ครูคนหนึ่งจะสามารถทำได้อย่างเต็มศักยภาพของตนเองด้วยความยินดีและเต็มใจอย่างมีความสุข

 หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จะเป็นประโยชน์ต่อเพื่อนครูและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่มองหาวิธีการมีส่วนร่วมทีมทำงานอย่างเข้มแข็ง ในการสอนสะเต็มศึกษาในรายวิชาตนเอง โรงเรียนของตนเอง เพื่อเป็นพลังเสริมสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ (PLC) มีส่วนร่วมช่วยเหลือกันจัดการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสืบไป

 **สมสุข แสงปราบ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ชื่อหน่วย การเคลื่อนที่แบบต่างๆ** **ชื่อเรื่อง การเคลื่อนที่แบบซิมเปิล** **ฮาร์โมนิก** | แผนการจัดการเรียนรู้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ 1 สปาเกตตี เสาชิงช้า แกว่งนาน |  **วิชาฟิสิกส์****รหัสวิชา ว30201****จำนวน 3 ชั่วโมง** |

**มาตรฐานการเรียนรู้**

 **มาตรฐาน ว 4.2** เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการ

สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

 **ผลการเรียนรู้**

 ทดลองการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายอย่างง่ายของลูกตุ้มนาฬิกา ความสัมพันธ์ของคาบเวลายกกำลังสองแปรผันโดยตรงกับความยาวเชือก พร้อมทั้งเชื่อมโยงข้อมูลนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกได้

 **มาตรฐาน ว 8.1** ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหา

ความรู้การแก้ปัญหา ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถ

อธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ และเข้าใจว่า

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

 **ผลการเรียนรู้**

 ว 8.1 ม. 4/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้นที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมน่าเชื่อ ถือได้

 ว 8.1 ม. 4/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่พบ หรือสร้างแบบจำลองหรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

 ว 8.1 ม. 4/3 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัย หรือตัวแปรสำคัญปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความแม่นยำเพียงพอ

 ว 8.1 ม. 4/6 สร้างแบบจำลองหรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลการสำรวจตรวจสอบ

**ตัวชี้วัดสะเต็มศึกษา**

 ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ลงมือปฏิบัติการครบทุกขั้นตอน

 ขั้นตอนที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a Challenge)

 ขั้นตอนที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas)

 ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนและการพัฒนา (Plan & Develop)

 ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและการประเมินผล (Test & Evaluate)

 ขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution)

**สมรรถนะของนักเรียน**

 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความมุ่งหวังพัฒนาความสามารถและทักษะที่สำคัญของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

 1. ความสามารถในการตัดสินใจ (Decision Making) นักเรียนฝึกการตัดสินใจ การแก้ ปัญหา การสืบเสาะหาความรู้ มีการค้นคว้าอย่างมีระบบ ใช้การแสดงบทบาทสมมติโดยให้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ซึ่งต้องอยู่ภายใต้บนพื้นฐานของข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้อย่างมีเหตุผล และส่งผลดีต่อส่วนรวม เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ก่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนและคุณภาพชีวิตที่ดี

 2. การพัฒนาความคิดขั้นสูง (Higher – ordered Thinking) ประกอบไปด้วย ความคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) เป็นความคิดในการจำแนก แยกเพื่อรวบรวมเป็นหมวดหมู่และการจัดประเด็นต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ ความคิดวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Thinking) เป็นความคิดเห็นต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งทั้งในด้านบวกและด้านลบอย่างมีเหตุผล โดยการใช้ข้อมูลเหตุผลที่มีอยู่อย่างพอเพียง

ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) เป็นความคิดที่แปลกใหม่ ยืดหยุ่นและแตกต่างจากผู้อื่น

ความคิดอย่างมีเหตุผล (Logical Thinking) เป็นความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของเรื่องราวต่าง ๆ และความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Thinking) เป็นความคิดที่ใช้ในการพิสูจน์และสำรวจตรวจสอบหาข้อเท็จจริง

 3. การพัฒนาทักษะการสื่อสาร (Communication Skills) การพัฒนาให้นักเรียนมีความ สามารถในการสื่อสารความรู้ มีการแสดงความคิดเห็น หรือแลกเปลี่ยนความรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำกิจกรรมหลากหลาย การสังเกต การทดลอง การอ่าน ๆ หรือมีการแสดงออกที่ชัดเจนอย่างมีเหตุผลในการพูดหรือการเขียน ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องฝึกซ้ำ ๆ เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสารผ่านเทคโนโลยี

**สาระสำคัญ**

 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เป็นลักษณะของการเคลื่อนที่กลับไปมาซ้ำทางเดิม โดยผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีขนาดของการกระจัดสูงสุดและคาบของการเคลื่อนที่คงตัว โดยไม่ขึ้นอยู่กับมวล และความสัมพันธ์ของ คาบเวลายกกำลังสองจะแปรผันโดยตรงกับความยาวของเชือก ดังนั้น ในการสร้างหรือการทดลอง ต้องเกี่ยวข้องกับความสูงของเสาที่แขวนวัตถุ (เสาชิงช้า) จำเป็นต้องสร้างให้สูงที่สุด โครงสร้างของเสาต้องมั่นคง สามารถรองรับน้ำหนัก (ความยาวเชือกที่แขวนวัตถุ) ที่นำมาใช้ในการแกว่งแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้ดี อยู่ในสภาพสมดุล ควรคำนึงถึงความรู้ที่มาเกี่ยวข้อง โครงสร้างที่มั่นคง สมบัติของเส้นสปาเกตตี ทำให้การสร้างเสาชิงช้าจากเส้นสปาเกตตีสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทดลองให้แกว่งแบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้เวลานาน ๆ เท่ากับ คาบเวลามาก (จึงขึ้นอยู่กับความยาวเชือก และความยาวเชือกมาก เสาชิงช้าควรสูงกว่าความยาวเชือก) โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอนประกอบด้วย การระบุปัญหา ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง วางแผนและพัฒนา ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอผลลัพธ์ (แบบครูสมสุข เอ๊ะ อืม อ๋อ เช็ค โชว์) ทั้งเหตุผลในการสร้างเสาชิงช้า สามารถนำประสบการณ์ ความรู้ มาเชื่อมโยงไปสู่สถานการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นได้ และขยายความรู้เพิ่มเติมไปคิดคำนวณการหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ เมื่อผ่านกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะเกิดแรงบันดาลใจในการทำงานอย่างมีส่วนร่วม ทำงานเป็นทีม มีวินัย มีความซื่อสัตย์ มีความรับผิดชอบ มีความพอเพียงอย่างมีเหตุผล และมีจิตสาธารณะอยากถ่ายทอดสื่อสารความรู้นี้ไปสู่เพื่อนๆ และรุ่นน้องต่อไป

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

 **ด้านความรู้**  : นักเรียนสามารถ

1. การหาคาบเวลาของการเคลื่อนที่
2. การหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก
3. การหาเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน

 **ด้านกระบวนการ** : นักเรียนมีทักษะ

1. ระดมสมองในการทำงานเป็นทีม
2. ปฏิบัติกิจกรรมตามการออกแบบเชิงวิศวกรรมครบถ้วนทุกขั้นตอน
3. มีทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรม

 **ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์** : ปลูกฝังให้นักเรียนเป็นกลุ่ม เพื่อแสดงคุณลักษณะ ดังนี้

1. มีวินัย
2. มีความซื่อสัตย์
3. มีความอยู่อย่างพอเพียง
4. มีจิตสาธารณะ

**สาระการเรียนรู้**

 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม ผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีขนาดของการกระจัดสูงสุดและคาบของการเคลื่อนที่คงตัว

 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ประกอบด้วย คาบเวลา และความถี่ ซึ่งมีค่าผกผันกัน

 T = 1/f หรือ f = 1/T

 ปัจจัยที่มีผลต่อคาบของการแกว่งช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความยาวเชือกที่แขวนวัตถุ

 $T^{2}$ ᾳ L

 ดังนั้น อุปกรณ์รองรับโครงสร้าง (เสาชิงช้า) จึงต้องมีความสูงเพียงพอต่อวัตถุที่นำมาแกว่งเป็นชิงช้าแกว่งได้

 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน (ตามตัวชี้วัดสะเต็มศึกษา)

 แรง สมดุลแรง โครงสร้างของสิ่งสมดุล การสร้างโครงสร้างที่มั่นคงแข็งแรง ควรคำนึงถึงรูปแบบของวัสดุอุปกรณ์การประกอบขึ้นโครงสร้างในรูปแบบต่างๆ เพื่อรองรับน้ำหนักที่ต้องมาใช้ในการทดสอบความคงทน และการสร้างให้สูงจากอุปกรณ์ที่มีให้จำกัด เพื่อให้เกิดการพอเพียงในการใช้อุปกรณ์อย่างคุ้มค่า จึงต้องทักษะการคิด มีการวางแผนและออกแบบที่ดีอย่างรอบคอบ

การหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกและการคิดคำนวณเปอร์เซนต์ของความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (รายละเอียดอยู่ใน ใบกิจกรรม และใบความรู้)

**หลักฐานการเรียนรู้/การวัดและประเมินผล**

1. **ความรู้**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ภาระงาน/ชิ้นงาน** | **วิธีการวัด** | **เครื่องมือ** | **เกณฑ์ที่ใช้** | **ผู้ประเมิน** |
| การตอบคำถามกระตุ้นคิดการบันทึกผลข้อมูลจากใบกิจกรรมการเขียนออกแบบบูรณาการ STEM | ตรวจสอบความถูกต้อง | - แบบวัดความ สามารถในการคิดบูรณาการ- แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม- คลิปวีดีทัศน์- สิ่งที่ได้เรียนรู้ | มีข้อมูลครบถ้วน ความสูง ความยาวเชือก คาบเวลา ความถี่ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ทีมีค่าที่ยอมรับได้ในระดับคุณภาพต้องไม่เกิน 15 %  | ครูเพื่อนกลุ่มเพื่อน |
| การนำเสนอผลลัพธ์สิ่งที่ได้เรียนรู้ L  | การสื่อสารถ่ายทอดความรู้การรู้จริงจากการลงมือกระทำ | - Power point- สถานการณ์สปาเกตตี เสาชิงช้าแกว่งนาน- คำถามกระตุ้นคิด | มีระดับคุณภาพ 3 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 70  | ครู กลุ่มเพื่อน |

**2 ทักษะ/กระบวนการ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ภาระงาน/ชิ้นงาน** | **วิธีการวัด** | **เครื่องมือ** | **เกณฑ์ที่ใช้** | **ผู้ประเมิน** |
| ปฏิบัติตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การระบุปัญหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องวางแผนและพัฒนาทดสอบประเมินผลนำเสนอผลลัพธ์ | ตรวจสอบภาพรวมชองตัวชี้วัด การออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกสังเกตต่อเนื่องขั้นที่ 1-3และช่วงสอง ขั้นตอนที่ 4-5 | แบบวัดพฤติกรรมกระบวนการ กลุ่มแบบวัดความสามารถในการคิดบูรณาการSTEMกระดาน respond boardใบกิจกรรม ใบความรู้สมุดบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้อุปกรณ์สะเต็มศึกษาชุดที่ 1 ประกอบด้วยเส้นสปาเกตตี กาวยางน้ำ ผ้าปิดจมูก นาฬิกาจับเวลา ไม้บรรทัด เชือก เครื่องคิดคำนวณ หรือ โทรศัพท์มือถือ | กำหนดเกณฑ์การผ่านไว้พฤติกรรมกระบวนการกลุ่ม และความสามารถในการคิดบูรณาการมากกว่าระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 70 (แนบท้ายแผนการจัดการเรียนรู้) | ครู นักเรียน กลุ่มเพื่อน |
| ผลงานการสร้างสปาเกตตี เสาชิงช้า แกว่งนาน เสร็จตามเวลาที่กำหนด | ทดสอบแขวนวัตถุได้ทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แบบลูกตุ้มนาฬิกาได้ | แบบวัดความสามารถในการคิดบูรณาการ | เป็นภาพรวมพฤติกรรมที่แสดงออกมาถึงความสามารถในการคิด มากกว่าระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 70 | ครูกลุ่มเพื่อน |
| การสะท้อนคิด PMI หลังการปฏิบัติกิจกรรม | มีข้อค้นพบบันทึกปลายเปิดบันทึกความคิดเห็นตามรายการ | บันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้แบบบันทึก PMIแบบประเมินความ พึงพอใจ | โบนัสการสร้างเสาสูงสุดโบนัสเปอร์เซ็นต์การหาความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับ ดีเยี่ยม เกณฑ์ระดับคุณภาพความพึงพอใจมากกว่าระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 80 | ครูเพื่อนตนเอง |

**3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ภาระงาน/ชิ้นงาน** | **วิธีการวัด** | **เครื่องมือ** | **เกณฑ์การใช้** | **ผู้ประเมิน** |
| ความสำเร็จงานทันเวลาที่กำหนด | สังเกตพฤติกรรมในภาพรวม ตามเกณฑ์คุณลักษณะ มีวินัย มีความซื่อสัตย์ มีความอยู่อย่างพอเพียง และมีจิตสาธารณะ | แบบวัดพฤติกรรมกระบวนการ กลุ่ม(แนบท้ายแผนการจัดการเรียนรู้) | เป็นภาพรวมมีพฤติกรรมมากกว่าระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 70โบนัสกลุ่มพฤติกรรมกระบวนการกลุ่ม ดี่เยี่ยม | ครู  |

คุณภาพระดับ 5 แสดงว่า ดีเยี่ยม

คุณภาพระดับ 4 แสดงว่า ดีมาก

คุณภาพระดับ 3 แสดงว่า ดี

คุณภาพระดับ 2 แสดงว่า พอใช้

คุณภาพระดับ 1 แสดงว่า ปรับปรุง

**คำถามสำคัญ**

1. รู้อะไรมาบ้างเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกา และอยากรู้

อะไรเพิ่มเติมอีกบ้าง (K , W)

1. สปาเกตตี เสาชิงช้า แกว่งนาน เป็นสถานการณ์ที่นำไปคิดวิเคราะห์ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันใน

การสร้างชิงช้า ควรใช้แผนผังก้างปลาแสดงแนวทางการวิเคราะห์ ปัญหา แนวทางแก้ไข ผลกระทบที่เกิดขึ้น

 3. จากการทดลอง ความสัมพันธ์ของคาบเวลายกกำลังสองกับความยาวเชือก สามารถนำมาใช้ในการหาความเร่งโน้มถ่วงของโลกได้อย่างไร

 4. เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้ สามารถยืนยันผลการทดลองได้อย่างไร

 5. เมื่อผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาชุดที่ 1 นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งใดบ้าง (L) 3:2:1 เขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ 3 ข้อ เขียนสิ่งที่ต้องการเพิ่มเติม 2 ข้อ และเขียนสิ่งที่ประทับใจ 1 ข้อ

**การบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและการเชื่อมโยงความรู้ (บูรณาการ) ในสาขาวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) คณิตศาสตร์ (M) และ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (E)**

 ได้ลำดับการบูรณาการตามการลงมือปฏิบัติ ที่มีการระดมสมองทีม ระบุปัญหา หลักการความรู้ S จึงเริ่มสืบค้นใช้ ICT ได้ใช้ข้อมูลความรู้แนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อการเขียนออกแบบนวัตกรรม เชื่อมโยงความรู้ T คิดวางแผนการเลือกจำแนกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม ใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เพื่อการพอเพียงในการใช้อุปกรณ์อย่างประหยัดคุ้มค่าที่สุด และลงมือปฏิบัติการสร้างผลงานตามลำดับของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย

 **ขั้นตอนที่ 1 การระบุปัญหา** ระดมสมองของทุกคนทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น สร้างข้อคิดคำถามแนวทางเลือกในการแก้ไขปัญหา การแสดงถึงความเข้าใจสถานการณ์ การใช้คำถามวิเคราะห์นำทางไปสู่การแก้ปัญหา อธิบายเหตุผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ปัญหานั้น

 **ขั้นตอนที่ 2 ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง** มีการอภิปรายแนวคิดความรู้ที่เกี่ยวข้องรวบรวมข้อมูลในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกันตามหลักการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การออกแบบเทคโนโลยีได้อย่างชัดเจน และการคิดความคุ้มทุน การเลือกวัสดุอย่างเหมาะสม งบประมาณวัสดุตามหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์

 **ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนและการพัฒนา** คิดวางแผนเป็นระบบ อาสางาน ทำงานอย่างมีส่วนร่วมทำงาน ระดมสมองวางเป้าหมาย ระยะเวลาดำเนินการ ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมต้นแบบขึ้นมาในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งบันทึกข้อมูล การคำนวณวัสดุอุปกรณ์ใช้อย่างพอเพียงใช้อย่างคุ้มค่าประหยัด ไม่ฟุ่มเฟือยวัสดุเกินกว่าการใช้งานอย่างมีเหตุผล สร้างผลงานนวัตกรรมใช้ในการแก้ ปัญหาที่เป็นไปได้สูง สร้างผลงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

 **ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและการประเมินผล** การทดสอบการใช้งานของนวัตกรรมต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา สามารถผ่านการทดสอบได้ดี ซึ่งอาจมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพการแก้ปัญหาดียิ่งขึ้น

 **ขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์** หลักการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธี การแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ อธิบายเหตุผลแนวทางการคิดตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

 **3อ 2ช หมายถึง เอ๊ะ อืม อ๋อ เช็ค โชว์ เป็นโมเดลการสอนสะเต็มศึกษาแบบครูสมสุข** ใช้สำหรับนักเรียน หรือสำหรับเด็ก ๆ ซึ่งมีความหมายตรงกันกับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทุกประการ จำง่ายดำเนินได้ดี

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อกิจกรรม** | **S** | **T** | **M** | **E** |
| **สปาเกตตี****เสาชิงช้าแกว่งนาน** | ความสมดุลของฐานโครงสร้างที่มั่นคง จุดศูนย์ถ่วง การแกว่งแบบ ฮาร์มอนิกอย่างง่าย ที่ต้องการแกว่งนานๆ คาบเวลามากขึ้นกับความยาวเชือกมาก ดังนั้น เสาที่ต้องการสร้างต้องมีความสูงมากเกินความยาวของชิงช้าที่ใช้ทดสอบคาบเวลา การหาค่าความเร่งของโลก การหาเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน | การสืบค้นข้อมูลเขียนการออกแบบโครงสร้างตามหลักการความรู้ทางวิทยาศาสตร์พิจารณาเหตุผลความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาการใช้เครื่องมือในการทดลอง เก็บข้อมูลกระบวนการทำงานเทคโนโลยี | ใช้ทักษะการ คิดคำนวณจำนวนวัสดุที่ใช้งาน การวัดความยาว ความสูงที่คิดความเป็นไปได้สูงกี่ชิ่นกี่อัน ประมาณการใช้อุปกรณ์อย่างประหยัดคุ้มค่าการบันทึกข้อมูลการจับเวลาการจำแนก การเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ผลข้อมูล | ระดมสมอง ทุกคนมีส่วนร่วมเอ๊ะ: ระบุปัญหา อืม : ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง อ๋อวางแผนและพัฒนาปฏิบัติการ สร้างผลงานครบทุกขั้นตอนเช็ค: ทดสอบและประเมินผลโชว์: นำเสนอผลลัพธ์ |

**กระบวนการเรียนรู้**

 **ขั้นสร้างความสนใจ**

 - นักเรียนเตรียมความพร้อมบริหารสมองก่อนการลงมือปฏิบัติการ และสร้างสัญลักษณ์ทีมรวม **รวมพลังใจสู้งาน หัวใจเต็มร้อย**

 - ใช้ Power point แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ KPA และสมรรถนะที่ต้องการ

 - ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม รับ Responds Board พร้อมอุปกรณ์กลุ่มละชุด เตรียมความพร้อมก่อนเรียน

 - นักเรียนสังเกต ภาพ คลิปวีดีโอ เรือไวกิง และการทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แบบลูกตุ้มนาฬิกาที่ครูต้องทดลองปรับความยาวเชือก 3 ค่า มีมวลคงตัว สังเกตการเคลื่อนที่ ครั้งละ 10 วินาที และปรับมวล 3 ค่า ความยาวเชือกเท่าเดิม สังเกตการเคลื่อนที่

 - นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองทำงานเป็นทีม สมาชิกทุกคนดูแล้วใน ภาพ คลิปวีดีโอ ได้ความรู้อะไรบ้าง (K) อย่างน้อยกลุ่มละ 2 ข้อ อยากรู้อะไรเพิ่มเติมบ้าง (W) อย่างน้อยกลุ่มละ 2 ข้อ จากสิ่งที่เห็นนำมาสรุปเขียนลงใน Responds Board ตั้งแสดงเป็นหลักฐาน

 - ครูสังเกต บันทึกได้ความรู้อะไร (K) เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและสิ่งที่ได้จาการดูคลิปวีดีโอ หากผิดพลาดแก้ไขทันที ถ้าตรงประเด็นต้องย้ำเพื่อนำไปเชื่อมโยงเข้ากิจกรรมสะเต็มศึกษาชุดที่ 1 และพิจารณาสิ่งที่อยากรู้ (W) ในแต่ละกลุ่ม เพื่อใช้เป็นข้อมูลแทรกความรู้เพิ่มเติมในระหว่างการเรียนการสอนปฏิบัติกิจกรรมต่อไป และควรสรุปทิศทางการดูได้ความรู้อะไรบ้างที่เป็นพื้นฐานก่อนการสอนกิจกรรมให้ไปในทิศทางที่ถูกต้องเดียวกัน

 จากการดูคลิปวีดีโอ ควรสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ รูปแบบโครงสร้างการสร้างเสาสูง การทำเสาคานสองเสาเพื่อทำเป็นชิงช้า วัตถุที่นำมาแกว่งชิงช้า การสร้างเครื่องเล่นยานไวกิ้ง สร้างความตื่นเต้นประทับใจแก่ทุกคนที่สัมผัส และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกา เมื่อปรับความยาวเชือกมากขึ้น 3 ค่า จะทำให้มีการแกว่งช้าๆ ลงตามลำดับ แสดงว่า คาบเวลาขึ้นอยู่กับความยาวเชือก และเมื่อปรับมวล 3 ค่า ผลการแกว่งมีระดับเท่าเดิม แสดงว่า มวลไม่มีผลต่อการแกว่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบลูกตุ้มนาฬิกา

 - คำถามโบนัส รูปแบบ **3 อ 2 ช** ครูสมสุข โมเดลนี้ หมายถึงสิ่งใด... ถ้านักเรียนคิดได้มีรางวัลให้ ถ้าไม่มีใครตอบถูก ครูควรทบทวน เป็นขั้นตอนของกระบวนการทำงานแก้ปัญหาแบบเด็ก ๆ (เอ๊ะ อืม อ๋อ เช็ค โชว์) หมายถึง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การระบุปัญหา แนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและการพัฒนา ทดสอบและประเมินผล นำเสนอผลลัพธ์

 - ครูใช้ Power Point ทบทวนลำดับขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นักเรียนต้องปฏิบัติให้ครบทุกขั้นตอน

 **ขั้นสำรวจและค้นหา**

 - ครูใช้ Power Point กิจกรรมสะเต็มศึกษาชุดที่ 1 **สปาเกตตี เสาชิงช้า แกว่งนาน**

 - นักเรียนวิเคราะห์ชื่อกิจกรรม และตามแนวทาง แผนผังก้างปลา เพื่อระบุปัญหา ปัจจัย/แนวทางการแก้ปัญหา ผลที่ต้องการแก้ปัญหา เชื่อมโยงบูรณาการ STEM แสดงผลที่ Responds Board พร้อมดำเนินการรับอุปกรณ์ เพื่อปฏิบัติกิจกรรมต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน ใช้เวลา 45 นาที

 - ครูใช้คำถามกระตุ้นคิดกับนักเรียน เพื่อการปรับปรุงความคิดให้ตรงประเด็น ดังนี้

 เสาชิงช้าควรโครงสร้างที่มั่นคงอย่างไร

 ทำไมต้องมีการออกแบบโครงสร้าง ทำตามการออกแบบที่วางแผนไว้

 เมื่อทำโครงสร้างเสร็จ สามารถพิจารณาเลือก จำแนกวัตถุที่นำทำเป็นชิงช้า โดยมี

เหตุผลในเรื่องใด เมื่อทดสอบผลที่ได้เป็นอย่างไร

 ปัจจัยที่มีผลต่อการแกว่งนานๆ หมายถึง ค่าปริมาณใด

 การนับจำนวนรอบและการหาคาบเวลาทำได้อย่างไร

สรุปการระดมสมอง ถ้าต้องการสร้างรูปแบบเสาชิงช้าทำจากเส้นสปาเกตตีที่มีคุณสมบัติเปราะหักง่าย จะต้องสร้างให้สูงที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เพื่อความยาวเชือกยาว จะได้แกว่งนาน ความสูงโครงสร้างจึงต้องมากกว่าความยาวเชือก จึงสามารถรองรับน้ำหนักวัตถุที่นำมาแกว่งเป็นชิงช้าได้ และการทดสอบการแกว่งคาบเวลา ควรนับจำนวนหลายรอบเทียบกับเวลาที่ใช้ จากนั้นหาเวลา 1 รอบจะได้คาบได้ตามต้องการ การเลือกใช้มวลมากหรือน้อยไม่มีผลต่อการแกว่งแต่จะมีผลต่อโมเมนต์การเคลื่อนที่ซึ่งจะได้เรียนในลำดับบทเรียนต่อไป

 - นักเรียนแต่ละกลุ่มควรอภิปรายกัน ระดมสมอง ทำงานเป็นกลุ่ม มีการแสดงความคิดเห็น มีส่วนร่วมทำงาน ทำงานอย่างต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข การบูรณาการ STEM ใช้เครื่องมือลืบค้นหาความรู้ที่เป็นปัจจัยในการสร้างเสาชิงช้าที่สูงสุด คิดเขียนออกแบบนวัตกรรมขึ้นมาเป็นโครงสร้าง การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ จำนวนวัสดุที่ต้องการ สิ่งที่ต้องการมาใช้งาน ออกแบบการสร้างเสาชิงช้า ควรมีการบันทึกใน Responds Borad เป็นหลักฐานในการเรียนรู้ติดตั้งบนโต๊ะ เมื่อเสร็จเรียบร้อย จึงเริ่มเบิก-รับอุปกรณ์ในสร้างผลงานผลงานตามที่ได้เขียนการออกแบบไว้

 - นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรม และปฏิบัติการสร้างโครงสร้าง เสาชิงช้าจากเส้นสปาเกตตี โดยต้องมีการทำงานอย่างมีส่วนร่วม ทีมที่ดี มีความซื่อสัตย์ต่อข้อมูล มีความพอเพียงจากการใช้อุปกรณ์ และมีวินัยในการทำงานเป็นกลุ่ม ใช้เวลา 40 นาที

 - ครูสังเกตพฤติกรรมกระบวนการกลุ่ม และวัดประเมินตามสภาพจริงระหว่างการทำงานในช่วงแรก ต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน ของการประเมินความสามารถในการคิดบูรณาการ เพื่อการปรับปรุงพัฒนาระหว่างปฏิบัติกิจกรรม บันทึกข้อมูล (นักเรียนผู้ช่วยครู)

 **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป**

 - นักเรียนนำชิ้นผลงานมาวางไว้หน้า การบันทึกใน Responds Board ที่มีการเขียนบันทึกการบูรณาการสาขาวิชา STEM ตั้งชื่อผลงานตามใจชอบ

 - ครูและนักเรียนวางเงื่อนไขการทดสอบความรู้พร้อมกัน นักเรียนแต่ละกลุ่มประพฤติตนเป็นกรรมการตรวจสอบไปพร้อมกันอย่างซื่อสัตย์ ยุติธรรม ทุกกลุ่มปฏิบัติการทดสอบ บันทึกข้อมูลการทดสอบ ส่งผลให้ครูบันทึกข้อมูลไว้เพื่อการตรวจสอบ

 - ส่งผลการวัดความสูงของเสาชิงช้าของทุกกลุ่ม บันทึกคะแนนความสูง ครูเป็นผู้ทดสอบจากลุ่มที่มีการสูงมากที่สุด ปรับความยาวเชือกชิงช้าตามความสูง ทดสอบวางได้ก่อนการทดสอบ การทดสอบการนับจำนวนรอบและเวลาที่แกว่งได้นานเป็นเวลาเท่าไร บันทึกคะแนนทีละกลุ่มที่นักเรียนผู้ช่วยครู

 **ขั้นขยายความรู้**

 - นักเรียนศึกษาใบความรู้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ขยายความรู้ เพื่อหาความเร่งโน้มถ่วงของโลกและเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน บันทึกข้อมูลลงในแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรม แสดงผลการยอมรับในระดับคุณภาพใด นักเรียนแต่ละกลุ่มคิดคำนวณความเร่งโน้มถ่วงของโลก ส่งข้อมูลนักเรียนผู้ช่วยครู เพื่อการเปรียบเทียบ

 - ครูอธิบายเพิ่มเติมการหาความเร่งโน้มถ่วง ยังมีอีกวิธีหนึ่ง คือ การทดลองใช้ความยาวเชือกหลายค่า เพื่อหาค่าคาบเวลาที่ได้ยกกำลังสอง และนำมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ คาบเวลายกกำลังสอง และความยาวเชือก จะได้กราฟเส้นตรง จากนั้นหาความชันของกราฟ ซึ่งความชันนี้ มีค่าเท่ากับ ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกเช่นกัน

 - นักเรียนแต่กลุ่มเมื่อปฏิบัติกิจกรรมสำเร็จแล้วให้ตั้งเป็นนิทรรศการบนโต๊ะ ผลงานและการบูรณาการ STEM ใน Responds Board

 - นักเรียนสามารถทำกิจกรรม STOP & GO เพื่อไปดูและแลกเปลี่ยนรู้ระหว่างกลุ่มอื่น ๆ ตามเวลากำหนด 10 นาที

 - นักเรียนแต่ละกลุ่มสะท้อนคิด (PMI) หลังการผ่านลงมือปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มศึกษา **ขั้นตรวจสอบและประเมินผล**

 - นักเรียนแต่กลุ่มนำเสนอผลลัพธ์ในการสร้างเสาชิงช้าด้วยเส้นสปาเกตตี โดยมีคำถามนำทางการนำเสนอผล ดังนี้ ผลงานนี้ชื่อ มีความสูงเท่าไร ความยาวเชือกเท่าไร คาบเวลาเท่าไร เมื่อนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์จะได้ความเร่งโน้มถ่วงของโลกได้เท่าไร และนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับค่าจริง โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้กี่เปอร์เซนต์ แสดงว่า เป็นค่าที่ยอมรับได้ในระดับคุณภาพใด มีความประทับใจในผลงานนี้ สื่อเป็นประโยคสั้นๆ สามประโยค กลุ่มๆ ละ 5 นาทีรวม 30 นาที

 - ครูบันทึกความสามารถในการคิดบูรณาการในช่วงที่สอง และบันทึกผลการนำเสนอ

 - นักเรียนแต่ละกลุ่มเก็บผลงานมาจัดเป็นนิทรรศการไว้ในห้อง เพื่อการแลกเปลี่ยนหรือให้เพื่อนๆ ได้ชื่นชมในคาบเรียนต่อไปได้

 - ครูให้คะแนนความสามารถในการคิดบูรณาการจากผลงานที่แสดงไว้ หลังการจัดกิจกรรมประเมินผลรวมจากการโชว์ผลงานชิ้นงานแสดงกำกับโดยใช้ Responds Board

 - นักเรียนผู้ช่วยครู ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลของทุกกลุ่ม และประมวลคะแนนสรุปผลส่งการบันทึกให้ครูตรวจสอบก่อน การประเมินผลสุดท้าย

 - ประกาศผลและแจกรางวัลที่มีผลความสามารถในการคิดบูรณาการและผลงานปฏิบัติงานดีเยี่ยม จำนวน 3 รางวัล อันดับที่ 1 2 3 และ รางวัลทำงานเป็นทีมงานดีเด่น มีพฤติกรรมกลุ่มแสดงคุณลักษณะอันพึงประสงค์เด่นชัดจำนวน 1 รางวัล และยกย่องชมเชยนักเรียนผู้ช่วยครูในการบันทึกข้อมูลทั้งหมด

 - นักเรียนส่งบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ (L) 3:2:1 เขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ 3 ข้อ เขียนสิ่งที่ต้องการเพิ่มเติม 2 ข้อ และเขียนสิ่งที่ประทับใจ 1 ข้อ เป็น Exit Ticket

**สื่อประกอบการอบรบ**

1. สถานการณ์ และคำถามกระตุ้นคิด
2. Power point

 3. คลิปวีดีโอ โครงสร้างเสาชิงช้า เสาสูงในชีวิตประจำวัน การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แบบลูกตุ้มนาฬิกา ที่มีการปรับตัวแปรต้น ความยาวของเชือก และการปรับน้ำหนักของวัตถุในการแกว่งได้

 4. สื่ออุปกรณ์ วัสดุ เส้นสปาเกตตี 30 เส้น กาวยางน้ำหรือกาวตราช้าง ชิงช้าลูกตุ้ม ตุ๊กตา น้ำหนักชิงช้า นาฬิกาจับเวลา โทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ้าปิดจมูก

 5. ใบกิจกรรมสะเต็มศึกษาชุดที่ 1

 6. ใบความรู้ .

 7. กระดาน Respond Board สำหรับเขียนแนวคิดการบูรณาการ และการเขียนออกแบบผลงานที่สร้าง และคำนวณอุปกรณ์

 8. แบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม และแบบสะท้อนคิด PMI แบบบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้

**การวัดผลประเมินผลตามสภาพจริง**

 1. ด้านทักษะในการคิดบูรณาการประเมินจากการปฏิบัติการสร้างผลงานต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน ได้ผลงาน ทันเวลาที่กำหนด กำหนดพฤติกรรมเป็นระดับ 5 4 3 2 1 ซึ่งตั้งเกณฑ์ไว้ คือ ร้อยละที่นักเรียนผ่านคะแนนมากกว่าระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 70 (FA)

 2. ด้านความสามารถในการคิดบูรณาการประเมินจากขั้นตอนที่ 4-5 สิ่งที่ได้เรียนรู้ บันทึกการเชื่อมโยงบูรณาการ STEM การออกแบบสร้างแบบจำลอง ผลงานผ่านการทดสอบและนำเสนอผลลัพธ์ตาม เกณฑ์ความถูกต้องและเป็นไปได้กำหนดพฤติกรรมเป็นระดับ 5 4 3 2 1 ซึ่งตั้งเกณฑ์ไว้ คือ ร้อยละที่นักเรียนผ่านคะแนนมากกว่าระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 70 (SA)

 3. ด้านคุณลักษณะนักเรียน ประเมินจากการวัดพฤติกรรมกระบวนการกลุ่ม สังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการทำงานทีม การยอมรับฟังความคิดเห็น การเป็นผู้นำเสนอ มีวินัยในการทำงาน ความรับผิดชอบ ซื่อสัตย์ต่อข้อมูล การใช้อุปกรณ์อยู่อย่างพอเพียงใช้ประโยชน์คุ้มค่า มีจิตสาธารณะแบ่งปัน แลกเปลี่ยนความรู้ให้เพื่อนโดยไม่หวังสิ่งตอบแทน กำหนดเกณฑ์พฤติกรรมเป็นระดับ 5 4 3 2 1 ซึ่งตั้งเกณฑ์ไว้ คือ ร้อยละที่นักเรียนผ่านคะแนนมากกว่าระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 70

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **สปาเกตตี** **เสาชิงช้าแกว่งนาน** | **ใบความรู้****สะเต็มศึกษาชุดที่ 1** | **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** |

**คำชี้แจง** นักเรียนศึกษาความรู้และสามารถนำไปใช้ประกอบระหว่างการปฏิบัติการลงมือทำงานในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและประเมินผล เพื่อขยายความรู้ให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงข้อมูลที่เก็บได้ไปใช้สถานการณ์ใหม่การคิดคำนวณค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก

**การหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจากการคิดคำนวณได้**

 จากความสัมพันธ์ คาบเวลายกกำลังสองแปรผันโดยตรงกับความความยาวเชือก

 $T^{2}$ ᾳ  **L**

 $T^{2}$ =  **KL**

 **จากสมการ T**  = 2π**√**$\frac{l}{g}$

 ดังนั้น $T^{2}$ = 4$π^{2}$ $\frac{L}{g}$

 g = 4$π^{2}$ L

 $T^{2}$

 จากการทดลอง จะได้ค่าความเร่งโน้มถ่วง เมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าความเร่งโน้มถ่วงที่เป็น ค่าจริง เท่ากับ 9.80 m/$s^{2}$ นักเรียนสามารถนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนได้

 **เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน =** $\frac{( ค่าทดลอง- ค่าจริง)}{ค่าจริง}$ **x 100**

หากค่าจริงมากกว่าค่าทดลอง ให้ใช้เป็นตัวตั้งในสมการได้ จึงไม่มีค่าติดลบ

การยอมรับผล ต่ำกว่า 5 % แสดงว่า ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม

 ระหว่าง 6- 10 % แสดงว่า ระดับคุณภาพ ดี

 ระหว่าง 11-15 % แสดงว่า ระดับคุณภาพ ปานกลาง

 ระหว่าง 16- 20 % แสดงว่า ระดับคุณภาพ พอใช้

 มากกว่า 20 % แสดงว่า ระดับคุณภาพ ปรับปรุง

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  **สปาเกตตี** **เสาชิงช้า แกว่งนาน** | **แบบบันทึกข้อมูลปฏิบัติกิจกรรม** **สะเต็มศึกษาชุดที่ 1** | **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4** |

**คำชี้แจง** นักเรียนบันทึกผลการปฏิบัติการลงมือทำงานในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและประเมินผล เพื่อขยายความรู้ให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงข้อมูลที่เก็บได้ไปใช้สถานการณ์ใหม่การคิดคำนวณค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้

**การหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจากการคิดคำนวณได้**

 **H = m**

 **L = m**

 **N = รอบ**

 **จับเวลา t = s**

 **เวลา 1 รอบT = s**

 จากสมการ

 g = 4$π^{2}$ L

 $T^{2}$

 ค่า g = ..........................m/$s^{2}$

 จากการทดลอง จะได้ค่าความเร่งโน้มถ่วง เมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าความเร่งโน้มถ่วงที่เป็นค่าจริงเท่ากับ 9.8 m/$s^{2}$ สามารถนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนได้ ดังนี้ **เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน =** $\frac{( ค่าทดลอง- ค่าจริง)}{ค่าจริง}$ **x 100**

 **=**

 **= %**

เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน เป็นค่าที่ยอมรับได้ในระดับคุณภาพ.........................

**แบบบันทึกการวัดพฤติกรรกระบวนการกลุ่ม**

**กิจกรรมชุดที่ .....**

|  |
| --- |
| **พฤติกรรมกระบวนการกลุ่ม** |
| **กลุ่ม/ระดับพฤติกรรม** | **5** | **4** | **3** | **2** | **1** |
| ครูเครือข่าย |  |  |  |  |  |
| **คิดเป็นร้อยละ** |  |  |  |  |  |
| นร. 1 |  |  |  |  |  |
|  นร. 2 |  |  |  |  |  |
| นร. 3 |  |  |  |  |  |
| นร. 4 |  |  |  |  |  |
| นร. 5 |  |  |  |  |  |
| นร. 6 |  |  |  |  |  |
| นร. 7 |  |  |  |  |  |

**เกณฑ์ภาพรวมการวัดพฤติกรรมกระบวนการกลุ่ม**

|  |  |
| --- | --- |
| **ระดับ** | **พฤติกรรมกระบวนการกลุ่ม** |
| **5****ดีเยี่ยม** | ทุกคนมีส่วนร่วมในการสร้างผลงานทุกคนปฏิบัติครบทุกขั้นตอน ทุกคนมีการปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ ข้อตกลงระเบียบ แสดงออกถึงความรับผิดชอบต่อการทำงานกลุ่มดีเยี่ยม มีการบันทึกข้อมูลเชื่อมโยงชัดเจนถูกต้องตรงตามความจริงไม่ลอกเลียนแบบผู้อื่น มีการวางแผน การคิดอย่างมีเหตุผล พอประมาณ การใช้ประมาณวัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดพอดีไม่เหลือเกินการใช้งาน มีการแสดงออกถึงความพอใจชื่นชมในผลการกระทำของตนเอง อธิบายความรู้ความสุขในการแบ่งบันสมาชิกและการเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือชี้แนะผู้อื่นลงมือแก้ปัญหาโดยไม่หวังสิ่งตอบแทน  |
|  **4****ดีมาก** | ทุกคนมีส่วนร่วมในการสร้างผลงานทุกคน ปฏิบัติครบทุกขั้นตอน มีการปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ ข้อตกลงระเบียบ แสดงออกถึงความรับผิดชอบต่อการทำงานกลุ่มดีมาก มีการขอคำแนะนำในการบันทึกข้อมูลเชื่อมโยงถูกต้องแต่ไม่ชัดเจนตรงความจริง มีการวางแผนการคิดอย่างมีเหตุผล พอประมาณ การใช้ประมาณวัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดเหลือเกินการใช้งานเล็กน้อย มีการแสดงออกถึงความพอใจชื่นชมในผลการกระทำ มีการอธิบายความรู้ |
|  **3****ดี** | มีส่วนร่วมในการสร้างผลงานเป็นบางคนปฏิบัติครบทุกขั้นตอน มีการปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ ข้อตกลงระเบียบเป็นบางคน แสดงออกถึงความรับผิดชอบต่อการทำงานกลุ่มดี มีการขอคำ แนะนำในการบันทึกข้อมูลเชื่อมโยงไม่ถูกต้องไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการคิดอย่างมีเหตุผล พอประมาณ การใช้ประมาณวัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดเหลือเกินการใช้งานจำนวนมาก มีการแสดงออกถึงความพอใจชื่นชมในผลการกระทำของตนเอง ไม่มีการอธิบายความรู้ |
| **2****พอใช้** | มีส่วนร่วมในการสร้างผลงานเป็นบางคนปฏิบัติไม่ครบทุกขั้นตอน มีการปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ ข้อตกลงระเบียบเป็นบางคน แสดงออกถึงความรับผิดชอบต่อการทำงานกลุ่มพอใช้ มีการไปลอกเลียนแบบกลุ่มอื่นเพื่อดูข้อมูลเชื่อมโยงไม่ชัดเจน ไม่มีการวางแผนการคิดอย่างมีเหตุผล พอประมาณ การใช้ประมาณวัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดเหลือเกินการใช้งานจำนวนมาก ไม่มีการแสดงออกถึงความพอใจชื่นชมในผลการกระทำของตนเอง และไม่มีการอธิบายความรู้ |
| **1****ปรับปรุง** | ทำงานไม่เป็นกลุ่ม ไม่มีการแบ่งภาระงานให้ปฏิบัติตามหน้าที่ ไม่มีการอภิปรายการเชื่อมโยงความรู้ ไม่มีการอภิปรายเหตุผล วางแผนไม่เป็นระบบ บันทึกข้อมูลประกอบไม่ชัดเจน ไม่มีการคำนวณวัสดุอุปกรณ์  |

**แบบบันทึกผลการวัดความสามารถในการคิดบูรณาการ**

**กิจกรรมสะเต็มศึกษาชุดที่ ......**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **ขั้นตอนที่ 1-3**  | **ขั้นตอนที่ 4-5**  |
| กลุ่มที่ | ระดับ 1 | ระดับ 2 | ระดับ 3 | ระดับ 4 | ระดับ 5 | ระดับ 1 | ระดับ 2 | ระดับ 3 | ระดับ 4 | ระดับ 5 |
| ครู |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| นร.1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| นร.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| นร.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| นร.4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| นร.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| นร.6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| นร.7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**แบบตารางคะแนนความสามารถในการคิดบูรณาการ**

**ของครูและนักเรียนทุกชุดกิจกรรม**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **กลุ่ม** | **ระดับความสามารถในการคิดบูรณาการ** | **คิดเป็นคะแนน****30 คะแนน** | **คิดเป็นร้อยละ****100** |
| **กิจกรรมที่ 1**  | **กิจกรรมที่ 2** | **กิจกรรมที่ 3** |
| **ขั้นที่****1-3** | **ขั้นที่** **4-5** | **ขั้นที่****1-3** | **ขั้นที่ 4-5** | **ขั้นที่1-3** | **ขั้นที่ 4-5** |
|  ครู 1 |  |  |  |  |  |
| นร. 1 |  |  |  |  |  |
| นร.2 |  |  |  |  |  |
| นร.3 |  |  |  |  |  |
| นร.4 |  |  |  |  |  |
| นร.5 |  |  |  |  |  |
| นร.6 |  |  |  |  |  |
| นร.7 |  |  |  |  |  |

**เกณฑ์ภาพรวมความสามารถในการคิดบูรณาการ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ระดับความสำเร็จ** | **พฤติกรรมที่แสดงออกมา****ขั้นตอนที่ 1-3** | **ผลงานและการสื่อสาร****ขั้นตอนที่ 4-5** |
| **5****ดีเยี่ยม** | สมาชิกทุกคนร่วมกันระดมสมองทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น มีการใช้คำถามวิเคราะห์นำทางอธิบายเหตุผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา มีการอภิปรายความรู้ที่เกี่ยวข้องตามหลักการเชื่อมโยงบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การออกแบบเทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ชัดเจนถูกต้อง มีการวางแผนคิดคุ้มทุน เลือกวัสดุอย่างเหมาะสม มีเป้าหมายระยะเวลา ดำเนินการออกแบบและสร้างนวัตกรรมมีความ เป็นไปได้สูง มีส่วนร่วมสร้างผลงานทุกคนเสร็จทันตามเวลาที่กำหนด มีการบันทึกข้อมูลไว้ชัดเจน  |  ผลงานชิ้นงานสามารถผ่านการทดสอบได้คะแนนสูงสุด ระดับดีเยี่ยม สามารถถ่ายทอดสื่อสารได้น่าสนใจดีมาก อธิบายเหตุผลแนวทางการแก้ปัญหาเชื่อมโยงบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ลำดับขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจนถูกต้อง มีบรรยากาศในการทำงานดีมาก |
| **4****ดีมาก** | มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมกันระดมสมองทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น มีการใช้คำถามวิเคราะห์นำทางอธิบายเหตุผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา มีการอภิปรายความรู้ที่เกี่ยวข้องตามหลักการเชื่อมโยงบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การออกแบบเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ชัดเจนถูกต้อง มีการวางแผน เลือกวัสดุยังไม่เหมาะสม มีเป้าหมายระยะเวลา ดำเนินการออกแบบและสร้างนวัตกรรมมีความเป็นไปได้สูง มีส่วนร่วมสร้างผลงานทุกคนเสร็จทันตามเวลาที่กำหนด พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลไว้ชัดเจน  |  ผลงานชิ้นงานสามารถผ่านการทดสอบได้คะแนนสูงสุด ระดับดีมาก สามารถถ่ายทอดสื่อสารได้น่าสนใจดีมาก อธิบายเหตุผลแนวทางการแก้ปัญหาเชื่อมโยงบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ลำดับขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจนถูกต้อง มีบรรยากาศในการทำงานดีมาก |
| **ระดับความสำเร็จ** | **พฤติกรรมที่แสดงออกมา****ขั้นตอนที่ 1-3** | **ผลงานและการสื่อสาร****ขั้นตอนที่ 4-5** |
| **3****ดี** | มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมกันระดมสมองทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น ไม่มีการใช้คำถามวิเคราะห์นำทางอธิบายเหตุผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา มีการอภิปรายความรู้ที่เกี่ยวข้องตามหลักการเชื่อมโยงบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การออกแบบเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ชัดเจนแต่ไม่ถูกต้อง มีการวางแผน เลือกวัสดุยังไม่เหมาะสม มีเป้าหมายระยะเวลา ดำเนินการออกแบบและสร้างนวัตกรรมมีความเป็นไปได้สูง มีส่วนร่วมสร้างผลงานบางคน ไม่เสร็จทันตามเวลาแต่ไม่เกิน 10 นาที ไม่มีการบันทึกข้อมูล  | ผลงานชิ้นงานสามารถผ่านการทดสอบได้คะแนนสูงสุด ระดับดี สามารถถ่ายทอดสื่อสารได้น่าสนใจดี อธิบายเหตุผลแนวทางการแก้ปัญหาเชื่อมโยงบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ลำดับขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจนแต่ไม่ถูกต้อง มีบรรยากาศในการทำงานดี |
| **2****พอใช้** | มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมกันระดมสมองทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น ไม่มีการใช้คำถามวิเคราะห์นำทางอธิบายเหตุผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา มีการอภิปรายความรู้ที่เกี่ยวข้องตามหลักการเชื่อมโยงบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การออกแบบเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไม่ชัดเจนไม่ถูกต้อง มีการวางแผน เลือกวัสดุยังไม่เหมาะสม มีเป้าหมายระยะเวลา ดำเนินการออกแบบและสร้างนวัตกรรม มีส่วนร่วมสร้างผลงานบางคน ไม่เสร็จทันตามเวลาและเกิน 10 นาที ไม่มีการบันทึกข้อมูล  | ผลงานชิ้นงานสามารถผ่านการทดสอบได้คะแนนสูงสุด ระดับพอใช้ สามารถถ่ายทอดสื่อสารได้น่าสนใจ พอใช้ อธิบายเหตุผลแนวทางการแก้ปัญหาเชื่อมโยงบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ลำดับขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจนแต่ไม่ถูกต้อง มีบรรยากาศในการทำงานพอใช้ |
| **1****ปรับปรุง** | มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมกันระดมสมองทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น ไม่มีการใช้คำถามวิเคราะห์นำทางอธิบายเหตุผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา ไม่มีการอภิปรายความรู้เชื่อมโยงบูรณาการ ใช้วัสดุไม่เหมาะสม ไม่สร้างผลงานไม่เสร็จตามเวลา | ไม่มีผลงานให้ทดสอบจึงไม่มีการสื่อสารที่แสดงถึงความสามารถในการคิดบูรณาการ |

**แบบสอบถามความพึงพอใจ สำหรับนักเรียน**

|  |  |
| --- | --- |
| **รายการ** | **ระดับความพึงพอใจ** |
| **5** | **4** | **3** | **2** | **1** |
| 1. กิจกรรมกระตุ้นความสนใจท้าทายความสามารถของนักเรียน |  |  |  |  |  |
| 2. มีการใช้กิจกรรมประกอบแทรกการสอนอย่างเหมาะสม |  |  |  |  |  |
| 3. กิจกรรมทำให้อยากค้นหาการแก้ปัญหามากขึ้น |  |  |  |  |  |
| 4. มีความอยากสร้างเครื่องมือทดสอบปฏิบัติกิจกรรม |  |  |  |  |  |
| 5. นักเรียนมีความสนุกสนานตื่นเต้นจากผลของการกระทำ |  |  |  |  |  |
| 6. นักเรียนมีคำถามเกิดขึ้น มีเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงความรู้ STEM |  |  |  |  |  |
| 7. การคิดเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ทำให้รู้วิธีการที่ถูกต้อง |  |  |  |  |  |
| 8. มีการอธิบายข้อสรุปของความรู้ปากเปล่าก่อนการสร้างกิจกรรม |  |  |  |  |  |
| 9. มีบรรยากาศไม่เคร่งเครียด เกิดความรู้สึกอบอุ่นปลอดภัย |  |  |  |  |  |
| 10. มีกิจกรรมที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ชีวิตประจำวัน |  |  |  |  |  |
| 11. นักเรียนมีการเรียนรู้ด้วยกระบวนการกลุ่ม |  |  |  |  |  |
| 12. มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและกล้า แสดงความคิดเห็น  |  |  |  |  |  |
| 13.มีการอภิปรายระดมสมองร่วมมือกันทำงานอย่างสร้างสรรค์ |  |  |  |  |  |
| 14. นักเรียนมีความรู้สึกภูมิใจในผลงานของตนเอง |  |  |  |  |  |
| 15. นักเรียนต้องการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง |  |  |  |  |  |
| 16. การทำงานกลุ่มทำให้ลดความเห็นแก่ตัวเองลง |  |  |  |  |  |
| 17. นักเรียนทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยความสมัครใจโดยไม่มีการบังคับ |  |  |  |  |  |
| 18. กิจกรรมทำให้นักเรียนมีความต้องการสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้นในเรื่องใหม่ ๆ  |  |  |  |  |  |
| 19. ครูให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษา และยอมรับฟังความคิดเห็น |  |  |  |  |  |
| 20. ครูยิ้มแย้มแจ่มใส มีความรักเอาใจใส่และให้ความเป็นกันเองกับนักเรียนทุกคน  |  |  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะ.......................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................................

**แบบบันทึกข้อมูลเบื้องต้นปฏิบัติทุกกลุ่ม**

**นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **จันทร์** | **อังคาร** | **พุธ** | **พฤหัส** | **ศุกร์** | **เสาร์** |
| **เลขที่** |  |  |  |  |  |  |
| **ความสูง** |  |  |  |  |  |  |
| **ความยาวเชือก** |  |  |  |  |  |  |
| **คาบเวลา** |  |  |  |  |  |  |
| **ความถี่** |  |  |  |  |  |  |
| **จากการทดลองความเร่งโน้มถ่วงของโลก** |  |  |  |  |  |  |
| **เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน** |  |  |  |  |  |  |
| **ระดับการยอมรับ** |  |  |  |  |  |  |

 ผู้บันทึกข้อมูล.......................................................

 ( )

 ผู้บันทึกข้อมูล...........................................................

 ( )

 ผู้บันทึกข้อมูล.........................................................

 ( )

 ครูผู้รับรองผู้มูล ........................................................

 ( )

**บรรณานุกรม**

ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์. (2555). **ฟิสิกส์ ม. 4**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดร.ประมวล ศิริผันแก้ว. (2554). **ฟิสิกส์ หลักสูตรแห่งชาติระดับมัธยมศึกษา (GCSE) ของ**

 **ประเทศอังกฤษ.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชั่นส์.

พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ .(2557). **ฟิสิกส์ เล่ม 1 ม.4-6**. กรุงเทพฯ: บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546).  **การจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้**

 **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ:

 โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **หนังสือเรียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์**

 **เพิ่มเติม เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6**.

 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555).  **คู่มือครู รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 3**.

 **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์

 สกสค. ลาดพร้าว.