การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สมดุล

Teaching the Equilibrium Topic in Physics Using STEAM Education Integrated Scientific Argumentation

มาฆศินันจา ทองมูล[*] และจิรัฏฐิติกาล พิมพ์วิชัย[**]

* โรงเรียนศรีเมืองวิทยาคาร

** นักวิจัยอิสระ

Makhasinunja Tongmoon[*] and Jirutthitikan Pimvichai[**]

* Simuang Wittayakhan School

** Jirutthitikan Pimvichai

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้เขียนขึ้นมาโดยมีจุดประสงค์เพื่อทบทวน วิเคราะห์ และสังเคราะห์วรรณกรรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education) และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากผลการวิเคราะห์ ผู้เขียนได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ขั้น ดังนี้ 1) สร้างแรงบันดาลใจ 2) เลือกปัญหาและกำหนดขอบเขต 3) สืบค้นและรวบรวมข้อมูล 4) สร้างชิ้นงานและบูรณาการศิลปะ 5) นำเสนองาน และ 6) ประเมินผล ซึ่งทุกขั้นตอนผู้เรียนจะได้ฝึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในตอนท้ายของบทความ ผู้เขียนได้แสดงตัวอย่างการนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้อย่างเป็นรูปธรรมในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง สมดุล สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นตัวอย่างให้ครูผู้สอนได้นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในวิชาและเนื้อหาของตนเองต่อไป

คำสำคัญ: สะตีมศึกษา การโต้แย้ง ฟิสิกส์ สมดุล

Abstract

This article aims to review, analyze and synthesize the literature related to the Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM) education as well as scientific argumentation. From analysis, the authors synthesized the STEAM integrated Scientific Argumentation (STEAM-SA) teaching steps that were consisted of six teaching steps as: 1) Inspiration build, 2) Problem selection and boundary identification, 3) Data collection, 4) Product creation and art integration, 5) Presentation, and 6) Evaluation. Throughout these steps, scientific argumentation is well-integrated. At the end, the authors raised one example of lesson plan applied the STEAM-SA teaching in the Equilibrium topic in physics for Grade 10 students. This example may initiate other teachers' idea in application of STEAM-SA in other subjects or topics they plan to teach.

Keywords: STEAM Education, Argumentation, Physics, Equilibrium

บทนำ

เมื่อโลกของเราเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ (Globalization) เทคโนโลยีต่าง ๆ ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของผู้คนในสังคมในทุกมิติ โลกได้เชื่อมต่อกันกลายเป็นโลกไร้พรมแดนที่เชื่อมโยงถึงกันทุกด้านทั้งความคิด มุมมอง และพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ การเมือง การศึกษา สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม และวิถีชีวิตที่เกิดขึ้นที่ซีกโลกหนึ่งได้ส่งผลกระทบต่ออีกซีกโลกหนึ่งอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 (21st Century) นี้ ทำให้ทุกประเทศต้องตื่นตัวและเตรียมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อโลกในวงกว้าง ประเทศไทยได้เตรียมการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในยุคโลกาภิวัตน์ด้วยการริเริ่มการปฏิรูปการศึกษาใน พ.ศ. 2540 ผ่านการประกาศใช้รัฐธรรมนูญ และในอีกสองปีต่อมาผ่านการประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ด้วยความมุ่งหวังให้การศึกษาเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนประเทศตามโมเดลประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) สู่เป้าหมาย “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ของประเทศไทย ที่ขับเคลื่อนผ่านเทคโนโลยี นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้กรอบยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 – 2579) (Office of the Education Council (ONEC), 2017) และกรอบทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) (Office of National Economic and Social Development Council, 2017) ที่ได้กล่าวถึงจุดเน้นและประเด็นพัฒนาหลักต่อไปนี้ 1) การพัฒนานวัตกรรมและการนำมาใช้ 2) การเตรียมพร้อมด้านกำลังคนและการเสริมสร้างศักยภาพของประชากรในทุกช่วงวัย และ 3) การเตรียมความพร้อมของประเทศในด้านการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนวัตกรรม นับได้ว่าเป็นความท้าทายของการศึกษาในประเทศไทยในการเตรียมความพร้อมกำลังคนให้รองรับการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 และโมเดลประเทศไทย 4.0

การมุ่งสู่ความสำเร็จของการพัฒนาประเทศตามโมเดลประเทศไทย 4.0 และการเตรียมความพร้อมของประชากรไทยให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องพัฒนาความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้แก่ประชากรไทย โดยเฉพาะประชากรในวัยเรียน อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นไม่สามารถแยกจากเนื้อหาอื่น ๆ ได้อย่างเด็ดขาด เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้แทรกซึมอยู่ในชีวิตประจำวันของเราทุกคน และเชื่อมโยงกับมิติอื่น ๆ ทั้งในด้านสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และอื่น ๆ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำเป็นต้องบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี คือ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งเมื่อมีการจัดการเรียนรู้ในลักษณะสหวิทยาการ (Multidisciplinary) คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน เราจะเรียกว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Science, Technology, Engineering and Mathematics Education: STEM Education) โดยเน้นการเรียนรู้เพื่อนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎ ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำเสนอข้อค้นพบนั้น ตลอดจนำไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014)

การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาจริงในชีวิตประจำวันที่ต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ตลอดจนการพิสูจน์ข้อเท็จจริงและการหาคำตอบโดยสามารถอธิบายถึงความเป็นเหตุเป็นผลของข้อมูลและหลักฐานที่ปรากฏควบคู่ไปกับการทำงานเพื่อที่จะนำความรู้นั้นมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมสำหรับขับเคลื่อนการพัฒนาสังคม อย่างไรก็ตาม นักการศึกษาส่วนหนึ่งได้ชี้ให้เห็นว่า การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษายังไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพราะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์จะทำให้ผู้เรียนขาดความอ่อนโยนและการกล่อมเกลาทางจิตใจ นักการศึกษากลุ่มนี้จึงได้เสนอแนะให้บูรณาการศิลปะเข้ามาเพื่อช่วยกล่อมเกลาจิตใจของผู้เรียน และยกระดับจิตใจของผู้เรียนด้านคุณธรรมจริยธรรมให้ตระหนักถึงสังคมและส่วนรวม จึงเป็นที่มาของการบูรณาการศิลปะ (Art) เข้ามาในการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากลายเป็น **“สะตีมศึกษา”** (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics Education: STEAM Education) ดังนั้นสะตีมศึกษาจึงเป็น

การศึกษาแบบบูรณาการที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษาที่เป็นเครื่องมือสร้างสรรค์และฝึกฝนทักษะต่าง ๆ ให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีความเก่ง ฉลาด ทั้งทางด้านศาสตร์และศิลป์ และสามารถเสริมสร้างผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ ในประเด็นทางสังคมหรือสถานการณ์จริง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะและเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยแท้จริง (Yakman, 2008; Wongthong, 2019; Rodkumnerd, 2015; Office of the Education Council (ONEC), 2017; Niamthong, 2018)

ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะหนึ่งที่ผู้เรียนต้องมีก็ คือ ทักษะการโต้แย้ง (Argumentation) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นตลอดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยการตั้งสมมติฐาน การค้นคว้า การวิจัย การอภิปราย การลงข้อสรุปและการนำเสนอ การโต้แย้งเป็นการแสดงความคิดของบุคคลเพื่ออธิบาย อภิปราย วิเคราะห์ สร้าง นำเสนอและพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานข้อมูลโดยอาศัยทักษะในการคิด การวิเคราะห์ข้อมูล การประเมินค่า เพื่อยืนยันข้อค้นพบในสังคมวิทยาศาสตร์ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ก็จะมีการอภิปรายโต้แย้งกันในประชาคมวิทยาศาสตร์ (Scientific community) เพื่อแสดงความคิดเห็น ความเห็นชอบหรือคัดค้าน การวิพากษ์วิจารณ์ การอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อค้นพบนั้นที่จะนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนาข้อค้นพบให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการชี้จุดแข็งและจุดอ่อนของหลักฐานที่นำมาอ้างอิง และการระบุคำอธิบายที่ดีสำหรับปรากฏการณ์ธรรมชาติหนึ่ง ๆ ซึ่งการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ที่ต้องได้รับการฝึกฝนให้เกิดขึ้น (National Research Council (NRC), 2012)

การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education)

สะตีมศึกษาเป็นการจัดการศึกษาแบบบูรณาการข้ามศาสตร์ที่พัฒนาจากสะเต็มศึกษา โดยเพิ่มเนื้อหาวิชาศิลปะเข้าไป (Yakman, 2008; Ge, Ifenthaler, & Spector, 2015; Intavimolsri, 2017) ทำให้เกิดการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันอย่างลงตัว จนเกิดการเรียนรู้อย่างความสมดุลของสมองทั้งสมองซีกซ้ายและสมองซีกขวา (Hilburn, 2011; Riley, 2014, 2016; Palasonthi, 2016; Khummanee, 2018; Krapaothong, 2018) สะตีมศึกษาเน้นการเรียนรู้ภายใต้บริบทที่เป็นสภาพจริง เน้นให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหา อภิปราย คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดรอบคอบ จนสามารถสร้างกระบวนการใหม่หรือผลผลิตใหม่ที่เป็นนวัตกรรมที่อาจสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อตอบสนองความต้องการของเศรษฐกิจไทย ดังนั้นทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาจึงมีความเหมาะสมและเชื่อมโยงกับเป้าหมายของประเทศไทยในการเป็น Thailand 4.0 ที่พร้อมด้วยความมั่นคง มั่นคั่ง ยั่งยืน ผ่านการขับเคลื่อนด้วยเศรษฐกิจฐานนวัตกรรม (Innovation-Based Economy)

สะตีมศึกษา ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Krapaothong, 2018; Saifah, 2014) สะตีมศึกษาจึงเป็นการศึกษาเพื่ออนาคต (Education for the future) ในการเตรียมความพร้อมทรัพยากรมนุษย์ของประเทศให้เกิดทักษะความสามารถในการสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนจะเห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียน สามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งนับว่าเป็นการเตรียมผู้เรียน เพิ่มโอกาสการทำงานในอนาคต การเพิ่มมูลค่าการผลิตและคิดนวัตกรรม และการสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศไทยในศตวรรษที่ 21 (Siripatrachai, 2013) สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560–2564) ที่ว่า *"...การปรับกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เด็กมีการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงสอดคล้องกับพัฒนาการของสมองแต่ละช่วงวัย เน้นพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านศิลปะ และด้านภาษาต่างประเทศ..."* (Office of National Economic and Social Development Council, 2017, p 68)

ด้วยความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาดังกล่าว ผู้เขียนจึงได้ทบทวนและวิเคราะห์วรรณกรรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (Kwon, Nam, & Lee, 2011; Hemaprasit, 2011; National Research Council (NRC), 2012; Riley, 2014, 2016; Intavimolsri, 2017; Rufo, 2013; Pinitmontree, 2018; Khummanee, 2018) และสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1 (สดมภ์สุดท้ายขวามือ)

ตารางที่ 1 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา

นักการศึกษา										สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา
National Research Council (2009)	Kwon et al. (2011)	Hemaprasit (2011)	Rufo (2013)	Riley (2014)	Riley (2016)	Chan (2016)	Intavi molsri (2017)	Khummane e (2018)	Pinitmon tree (2018)	
กระตุ้นความสนใจ	กระตุ้นความสนใจและเกิดแรงจูงใจ						กระตุ้นความสนใจ		สร้างแรงบันดาลใจ	สร้างแรงบันดาลใจ
	เลือกหัวข้อโครงงาน			กำหนดขอบเขตปัญหา	เลือกคำถามที่	ตั้งคำถามหรือปัญหา		นิยามปัญหา		เลือกปัญหาและกำหนดขอบเขต
สืบค้นข้อมูล	ค้นหาความรู้ผ่านการสืบค้น		ออกแบบและทดลอง	สืบสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	ค้นคว้าหาข้อมูลที่จำเป็น	สร้าง ออกแบบ	สืบค้นข้อมูล	ออกแบบวิธีการ		สืบค้นและรวบรวมข้อมูล
สร้างผลงาน	จัดทำผลงานบูรณาการศิลปะ	สร้างผลงานและประยุกต์ใช้ความรู้			สร้างและอธิบายวิธีการแก้ปัญหา	สร้างและปรับปรุงผลงาน	สร้างผลงาน	พัฒนาโมเดล	นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพ	สร้างสรรค์ชิ้นงานบูรณาการศิลปะ
นำเสนอผลงาน	นำเสนอผลของโครงงาน	แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปบทเรียน	ผู้เรียนนำเสนอผลการเรียนรู้		เผยแพร่และแลกเปลี่ยนผลงาน	นำเสนอผงาน	นำเสนอผลงาน			นำเสนอชิ้นงาน
ประเมินผลงาน	ประเมินผลโครงงาน	ตรวจสอบความเข้าใจ		ประเมินสะท้อนงานหรือวิจารณ์งาน		ประเมินผลงาน	ประเมินผลงาน	ทดสอบประเมินผลและปรับปรุง	ประเมินผลงานและสรุปองค์ความรู้	ประเมินผล

จากตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาที่ผู้เขียนสังเคราะห์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 สร้างแรงบันดาลใจ (Inspiration build) ขั้นที่ 2 เลือกปัญหาและกำหนดขอบเขต (Problems selection and boundary identification) ขั้นที่ 3 สืบค้นและรวบรวมข้อมูล (Data collection) ขั้นที่ 4 สร้างชิ้นงานและบูรณาการศิลปะ (Product creation and integration of art) ขั้นที่ 5 นำเสนองาน (Presentation) และขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluation)

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Argumentation)

การโต้แย้ง (Argument) เกิดขึ้นเมื่อผู้คนมีความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันและไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากโลกเต็มไปด้วยความแตกต่างหลากหลาย การโต้แย้งอย่างมีเหตุผลจึงเป็นเครื่องมือสำคัญและเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 Gazo (2018) กล่าวว่า การโต้แย้งเกิดในชีวิตประจำวันเนื่องจากแต่ละคนมีความคิด ความเชื่อที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลผลิตจากสื่อโฆษณา หนังสือ นิตยสาร ดนตรี หนัง รายการโทรทัศน์ และอินเทอร์เน็ต นอกจากนั้น Whattananarong (2014) พบว่า บุคคลที่มีความแตกต่างในด้านอายุ เพศ และวัย จะมีทักษะการโต้แย้งที่แตกต่างกัน การโต้แย้งเป็นกระบวนการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ การอภิปราย ตรวจสอบ การสร้างข้อกล่าวอ้าง สนับสนุน และประเมินข้อโต้แย้ง นำไปสู่การตัดสินใจ จนถึงการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Driver, & Osborne, 1999; Kuhn & Udell, 2003; Newton, Paul & Elder, 2004) กล่าวโดยสรุป การโต้แย้งเป็นการแสดงความคิดเห็นซึ่งไม่ตรงกัน ส่งผลให้เกิดกระบวนการคิดเพื่อการอธิบาย อภิปราย วิเคราะห์ สร้าง นำเสนอและพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานข้อมูลโดยอาศัยทักษะในการคิด การวิเคราะห์ข้อมูล และการประเมินค่าเพื่อประกอบการตัดสินใจ

การโต้แย้งสามารถเกิดขึ้นได้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เมื่อผู้เรียนต้องการอธิบายและพิสูจน์ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ของตนเองผ่านการให้เหตุผลสนับสนุน (Sampson & Clark, 2008; Besnard & Hunter, 2008) จะเห็นได้ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะในการอธิบาย วิเคราะห์ข้อมูล สร้าง ประเมินค่า และนำเสนอ ข้อโต้แย้งเพื่อประกอบการตัดสินใจ (Foong & Daniel, 2013; Sermsuk, 2015) การโต้แย้งเป็นความสามารถของบุคคลในการอภิปราย

จากหลักฐานหรือข้อมูล ซึ่งสามารถฝึกฝนได้ ดังที่ Puangsomchit (2016) ได้ฝึกทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นิสิตครูวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปฝึกฝนผู้เรียนที่พวกเขาต้องสอนในอนาคต

Nguyen, Nguyen & Tran (2020) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นย้ำว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถพัฒนาคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในตัวผู้เรียนได้หลากหลายประการ เช่น การรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) และทักษะชีวิตที่จำเป็นอื่น ๆ เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการโต้แย้ง ความกระตือรือร้นและการทำงานแบบร่วมมือ การเชื่อมโยงผู้เรียนสู่สังคมต่าง ๆ การชี้แนะผู้เรียนเกี่ยวกับการพัฒนาอาชีพ (Career Development) การเตรียมตัวเพื่อยุคอุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0) เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของผู้เขียนเป็นเวลา 12 ปี พบว่า เมื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยหรือประเด็นที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจในเนื้อหาที่สอน หรือให้อภิปรายซักถามโต้แย้งกัน ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าซักถามหรืออภิปรายซักถามโต้แย้ง เช่น หลังจากผู้เรียนนำเสนองาน เมื่อผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคนอื่น ๆ ซักถามข้อสงสัย มักไม่มีใครซักถาม จนผู้สอนต้องสุ่มหรือเจาะจงผู้เรียนเพื่อซักถาม หรือเมื่อผู้สอนถามว่า มีใครไม่เห็นด้วยกับคำตอบหรือคำอธิบายของเพื่อนบ้าง ก็มักจะพบว่าผู้เรียนเงียบ คล้อยตามคำตอบของเพื่อน หรือตอบด้วยเสียงอันเบาเหมือนกลัวว่าครูจะได้ยิน เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะผู้เรียนอาจจะอาย กลัวตอบไม่ถูก หรือไม่มีความมั่นใจที่จะแสดงความคิด ซักถาม ตอบคำถาม หรืออภิปรายโต้แย้ง ทั้งนี้การที่ผู้เรียนไม่กล้าซักถามหรืออภิปรายโต้แย้งแสดงความคิดเห็น อาจมีสาเหตุดังต่อไปนี้ 1) ผู้เรียนอายไม่กล้าแสดงความคิดเห็นหรือซักถาม ส่วนใหญ่จะยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นโดยปราศจากการคิดไตร่ตรองเสียก่อน หรือคิดแต่ไม่กล้าโต้แย้งเพราะการจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่เน้นการบรรยาย ซึ่งไม่ค่อยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามในประเด็นที่สงสัย 2) วัฒนธรรมการเรียนรู้ สำหรับคนแต่ละวัย ซึ่งมีการรับรู้แตกต่างกัน โดยคนที่มีอายุน้อยมักจะทำตามหรือปฏิบัติตามผู้ที่มีอาวุโสกว่า สิ่งเหล่านี้เป็นวัฒนธรรมของบางประเทศ เช่น ประเทศไทยมีวัฒนธรรมที่เด็กต้องเคารพเชื่อฟังผู้ใหญ่ (Faikhamta & Ladachat, 2016) จากสาเหตุดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาทักษะการโต้แย้ง

ผู้เขียนในฐานะครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เลือกเนื้อหา เรื่อง สมดุลกล มาออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการเข้ากับสะตีมศึกษา เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่อยู่ในระดับชั้นที่ได้รับมอบหมายตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) เนื้อหา เรื่อง สมดุลกล ได้ถูกปรับให้เป็นเนื้อหาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4) ในการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาผู้เขียนได้บูรณาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เข้าไปเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการแสดงความคิดเห็นว่า เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมกับยกหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการ รวมทั้งผลงาน/ชิ้นงานสร้างสรรค์จากกระบวนการสะตีมศึกษา ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดเชิงนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นในกิจกรรรมการเรียนรู้ ผู้เขียนได้พยายามบูรณาการเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนรู้อย่างเหมาะสมทุกขั้นตอน

ผู้เขียนได้ทบทวนและวิเคราะห์สังเคราะห์องค์ประกอบของการโต้แย้ง (Toulmin, 2003; Sampson & Clark, 2008; Berland & Reiser, 2008; Dawson & Venville, 2009; Lin & Mintzes, 2010; Llewellyn & Rajesh, 2011; Dokmai, 2012; Foong & Daniel, 2013; Hornga, Lua, Chenb, & Houb, 2013; Thanapud et al., 2015; Kongcharoensuk, 2018) จะเห็นว่า สังเคราะห์องค์ประกอบของการโต้แย้งออกมาได้ 6 องค์ประกอบ ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นประเด็นปัญหาซึ่งจะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยจะต้องแสดงหลักฐานหรือเหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านแนวคิดนั้น องค์ประกอบที่ 2 หลักฐาน (Evidence) เป็นเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นข้อเท็จจริง ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่โต้แย้ง องค์ประกอบที่ 3 เหตุผลสนับสนุน (Warrant) เป็นเหตุผล กฎเกณฑ์ หลักการ ที่มีความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับข้อกล่าวอ้างให้เป็นเหตุผลที่ช่วยสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น องค์ประกอบที่ 4 เหตุผล

เพิ่มเติม (Backing) เป็นข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งยอมรับโดยทั่วไปที่ใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนเพิ่มเติมให้เหตุผลสนับสนุนมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น องค์ประกอบที่ 5 เงื่อนไขเสริม (Qualifier) เป็นสิ่งที่ระบุถึงเงื่อนไข หรือสถานการณ์ที่ทำให้เชื่อได้ว่าข้อกล่าวอ้างเป็นจริง และองค์ประกอบที่ 6 ข้อโต้แย้งกลับ (Rebuttal) เป็นสิ่งที่กำหนดสภาพหรือเงื่อนไขที่กล่าวอ้างนั้นว่าไม่เป็นจริง

ผู้เขียนได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างแรงบันดาลใจ (Inspiration build) ในขั้นตอนนี้ ผู้สอนสร้างแรงบันดาลใจที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของบทเรียนให้ผู้เรียนด้วยวิธีการและสื่อต่าง ๆ ที่หลากหลายน่าสนใจ และเหมาะสม เช่น คลิปวีดิทัศน์ คำพูดที่สร้างแรงบันดาลใจ การ์ตูน แอนิเมชัน ภาพวาด เป็นต้น

ขั้นที่ 2 เลือกปัญหาและกำหนดขอบเขต (Problems selection and boundary identification) ในขั้นตอนนี้ ผู้สอนนำเสนอปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนจัดกลุ่มและเลือกปัญหาที่สนใจจะศึกษาค้นคว้า โดยก่อนจะเริ่มการศึกษาค้นคว้า ผู้สอนให้ผู้เรียนกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจนเพื่อกำหนดทิศทางของการศึกษาค้นคว้าที่ชัดเจน ในระหว่างการเลือกปัญหาและกำหนดขอบเขต ผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปรายโต้แย้งระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม นอกจากนั้น ผู้เรียนยังได้พัฒนาการโต้แย้งกลับด้วย

ขั้นที่ 3 สืบค้นและรวบรวมข้อมูล (Data collection) ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะได้สืบค้นและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหาที่เลือกโดยใช้แหล่งเรียนรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผู้เรียนจะได้ฝึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่สมาชิกภายในกลุ่มสืบค้นและรวบรวมมา นอกจากนั้นผู้เรียนยังได้พัฒนาการโต้แย้งกลับด้วย

ขั้นที่ 4 สร้างชิ้นงานและบูรณาการศิลปะ (Product creation and art integration) ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงานโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และศิลปะเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานให้มีความสวยงามในเชิงศิลป์และน่าสนใจ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบ การเลือกแบบ การทดสอบชิ้นงาน การปรับแก้แบบเพื่อปรับปรุงชิ้นงานตามข้อสรุปร่วมกันของกลุ่ม การเลือกวัสดุที่ใช้ องค์ประกอบเชิงศิลปะ เป็นต้น ผู้เรียนจะมีการทดสอบชิ้นงานและปรับปรุงชิ้นงานโดยอาศัยข้อเสนอแนะของกลุ่มเพื่อนอื่นด้วย ผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปรายโต้แย้งระหว่างสมาชิกภายในกลุ่มระหว่างการสร้างชิ้นงาน นอกจากนั้นผู้เรียนยังได้พัฒนาการโต้แย้งกลับด้วย

ขั้นที่ 5 นำเสนองาน (Presentation) ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะได้นำเสนอชิ้นงานที่มีการบูรณาการศิลปะต่อเพื่อนร่วมชั้นและผู้สอน ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการซักถาม อภิปราย วิพากษ์วิจารณ์ การให้ข้อเสนอแนะ การสนับสนุน ระหว่างผู้นำเสนอกับผู้ฟังและครูผู้สอน นอกจากนั้นผู้เรียนยังได้พัฒนาการโต้แย้งกลับด้วย

ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluation) ในขั้นตอนนี้ ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนว่า บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้ระบุไว้หรือไม่ และอยู่ในระดับใด ผ่านวิธีการและเครื่องมือวัดที่เหมาะสมที่เป็นทั้งวิธีการและเครื่องมือวัดเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ หากเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ชิ้นงาน ผู้สอนจะกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) ที่เหมาะสมและสะท้อนคุณภาพของชิ้นงานดังกล่าว

ผู้เขียนจึงขอยกตัวอย่างประสบการณ์ของผู้เขียนในฐานะผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างเป็นรูปธรรมใน 6 ขั้นตอน ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกล โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 ชั่วโมงดังนี้

1. ผู้เขียนเริ่มต้นจากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับ S: วิทยาศาสตร์ T: เทคโนโลยี E: วิศวกรรม A: ศิลปะ และ M: คณิตศาสตร์ (STEAM) ปรากฏผลดังนี้

S: วิทยาศาสตร์ คือ มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อ

วัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

T: เทคโนโลยี และ E: วิศวกรรม คือ มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

A: ศิลปะ คือ มาตรฐาน ศ 1.1 สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์คุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอดความรู้สึกความคิดต่องานศิลปะอย่างอิสระ ชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

M: คณิตศาสตร์ คือ มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ และมาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้

โดยเนื้อหาสาระสำคัญของ เรื่อง สมดุลกล คือ การอธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง

2. ผู้เขียนได้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ใน 3 ด้านที่ครอบคลุมความรู้ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายความหมายของสมดุลกล สมดุลสถิต และสมดุลจลน์ได้ และยกตัวอย่างของสมดุลแต่ละชนิดได้

2. อธิบายความหมายของสมดุลต่อการเลื่อนที่ และสมดุลต่อการหมุน และยกตัวอย่างของสมดุลแต่ละชนิดได้

ด้านกระบวนการ (P)

1. สามารถออกแบบเครื่องเล่นได้อย่างสร้างสรรค์

2. สามารถเลือกใช้วัสดุในการออกแบบเครื่องเล่นได้อย่างเหมาะสม

3. สามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

4. สามารถโต้แย้งเพื่อลงข้อสรุปและปรับปรุงแบบเครื่องเล่นได้อย่างเหมาะสม

5. สามารถใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. ความซื่อสัตย์ ความมีวินัย ใฝ่รู้ใฝ่เรียน อยู่อย่างพอเพียง มุ่งมั่นในการทำงาน

2. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียนและรับผิดชอบหน้าที่ของตนเอง

3. ผู้เขียนเริ่มใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนโดยมีรายละเอียดกิจกรรมดังนี้

ขั้นสร้างแรงบันดาลใจ (Inspiration build)

เริ่มต้นด้วยการสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียนด้วยการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้ **Kahoot** จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาในบทเรียนนี้ แล้วแจ้งผลการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทราบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

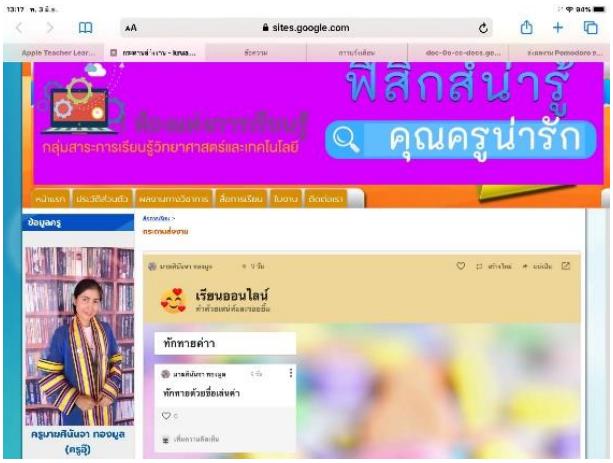
ภาพที่ 1 ลิงก์และ QR Code ของ Kahoot ในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน
ที่มา: https://create.kahoot.it/details/duplicate-of/f80e4c06-2f7d-420b-b830-18dea8fb8d5a

ครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับเครื่องเล่นที่ผู้เรียนเคยเล่นหรืออยากเล่นในสนามเด็กเล่นหรือสวนสนุก เช่น ใครเคยเล่นเครื่องเล่นที่สนามเด็กเล่น มีเครื่องเล่นอะไรบ้าง *(แนวคำตอบ ม้าหมุน ชิงช้า กระดานลื่น ม้าโยก บาร์โหน เป็นต้น)* ใครเคยเล่นเครื่องเล่นที่สวนสนุก มีเครื่องเล่นอะไรบ้าง *(แนวคำตอบ ม้าหมุน เรือไวกิง รถไฟเหาะ เฮอริเคน ออร์บิเทอร์ เป็นต้น)*

จากนั้นครูสร้างแรงบันดาลใจให้แก่ผู้เรียนเกี่ยวกับเครื่องเล่นในวัยเด็ก โดยการยกสถานการณ์ *“สมมติถ้าให้ผู้เรียนเป็นวิศวกรออกแบบเครื่องเล่นที่อยู่ในสนามเด็กเล่นหรือสวนสนุก (ย้อนกลับไปในวัยเด็ก) ครูให้ผู้เรียนแต่ละคนออกแบบเครื่องเล่นที่ตนเองสนใจ พร้อมทั้งวาดภาพเครื่องเล่นนั้นและระบายสีให้สวยงามโดยใช้ทักษะและวิธีการทางศิลปะในการถ่ายทอดความคิดสู่ภาพวาด”* เมื่อผู้เรียนวาดภาพและระบายสีให้สวยงามโดยใช้ทักษะและวิธีการทางศิลปะเสร็จแล้วนำภาพที่วาดและระบายสีนำเสนอหน้าชั้นเรียนตามประเด็น ดังนี้ 1) ทำไมถึงเลือกเครื่องเล่นชิ้นนี้ 2) มีความน่าสนใจอย่างไร 3) วัสดุที่ผู้เรียนเลือกใช้คืออะไร 4) เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้วัสดุเหล่านั้น หลังจากนั้นเมื่อผู้เรียนนำเสนอภาพเครื่องเล่นพร้อมระบายสีเรียบร้อยแล้ว ครูให้ผู้เรียนแสดงภาพถ่ายชิ้นงานด้วย Padlet ตามลิงก์ https://sites.google.com/a/simuang.ac.th/kruaumiki_physics/sux-kar-reiyn/kra-dan-s-ngngan ทั้งนี้ผู้เรียนสามารถาไปคอมเมนต์ใต้ภาพหรือกดถูกใจหรือหัวใจใต้ภาพวาดของเพื่อนได้อย่างอิสระ

ครูเปิดวิดีทัศน์ผ่าน YouTube ที่แสดงเครื่องเล่นแบบต่าง ๆ ที่พบในสวนสนุกหรือสนามเด็กเล่นให้ผู้เรียนดูดังนี้

วีดิทัศน์ที่ 1 ที่มา http://1ab.in/IAD ดัดแปลงจาก https://www.youtube.com/watch?v=PdeKTUZi8Zg เวลา 1.01 นาที) วีดิทัศน์ที่ 2 ที่มา http://1ab.in/IA8 ดัดแปลงจาก https://www.youtube.com/watch?v=QxqlhKE1-Aw เวลา (4.20 นาที) หลังจากที่ผู้เรียนได้ดูวีดิทัศน์ทั้ง 2 วิดีทัศน์แล้ว ครูถามผู้เรียนว่า ผู้เรียนสังเกตเห็นอะไรบ้างจากวิดีทัศน์ทั้งสอง *(แนวคำตอบ กระดานลื่น ชิงช้า ม้าหมุน กระโดดจั๊มเด้งดึง รถไฟเหาะ ชิงช้าสวรรค์ น็อตติงบัท เน็ต ออร์บิเทอร์ กราวิตรอน ฯลฯ)* โดยครูให้ผู้เรียนพิมพ์สิ่งที่ผู้เรียนสังเกตเห็นผ่าน Padlet ผ่านลิงก์ที่กำหนด



ภาพที่ 2 วีดิทัศน์ YouTube ที่แสดงเครื่องเล่นแบบต่าง ๆ

ที่มา: https://sites.google.com/a/simuang.ac.th/kruaumiki_physics/sux-kar-reiyn/kra-dan-s-ngngan

ขั้นเลือกปัญหาและกำหนดขอบเขต

ก่อนที่ครูจะให้ผู้เรียนเลือกปัญหาและกำหนดขอบเขต ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1, 2 และ3 ของนิวตัน โดยถามคำถามดังต่อไปนี้

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันกล่าวไว้ว่าอะไร

(แนวคำตอบ วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ นอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ มากระทำแสดงว่าวัตถุพยายามรักษาสภาพเดิมของวัตถุอยู่เสมอ ถ้าอยู่นิ่งก็จะอยู่นิ่งตลอด ถ้าเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่ด้วย ความเร็วคงที่ กฎข้อนี้จึงเรียกว่า " กฎความเฉื่อย " เมื่อพิจารณาที่เครื่องเล่น ยกตัวอย่างเช่น กระดานลื่น บาร์โหน เป็นต้น)

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันกล่าวไว้ว่าอะไร

(แนวคำตอบ เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำและขนาดของความเร่งนี้จะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เช่น ชิงช้าที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงตัว ม้าหมุนที่หมุนด้วยความเร็วไม่คงตัว เป็นต้น)

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันกล่าวไว้ว่าอะไร

(แนวคำตอบ ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากันกระทำในทิศตรงกันข้ามเสมอ หรือแรงกระทำซึ่งกันและกันของวัตถุสองก้อนย่อมมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม เช่น เครื่องเล่นกระโดดจั๊มเด้งดึ๋ง เป็นต้น)

เครื่องเล่นที่ผู้เรียนวาดเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อใด เพราะอะไร

(แนวคำตอบ เครื่องเล่นที่เป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน ยกตัวอย่างเช่น กระดานลื่น เพราะเครื่องเล่นจัดเป็นสิ่งปลูกสร้างที่มั่นคงแสดงว่ามีแรงลัพธ์เป็นศูนย์ วัตถุจึงคงสภาพนิ่งอยู่ได้ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน เครื่องเล่นที่เป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ยกตัวอย่างเช่น ม้าหมุน ซึ่งตอนแรกม้าหมุนจะค่อย ๆ หมุนเพิ่มด้วยอัตราเร็วและมีความเร่ง รถไฟเหาะซึ่งตอนแรกจะค่อย ๆ เคลื่อนที่จนมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราเร็วเปลี่ยนไปก็จะเกิดความเร่งเกิดขึ้น เป็นต้น เครื่องเล่นที่เป็นไปตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องเล่นกระโดดจั๊มเด้งดึ๋ง ซึ่งเมื่อถีบตัวยันพื้น พื้นก็มีแรงส่งทำให้เราลอยตัวขึ้นและตกลงด้วยแรงเนื่องจากน้ำหนัก)

ครูเปิดวีดิทัศน์ เรื่อง สมดุล จากลิงก์ http://1ab.in/lBs ดัดแปลงมาจาก https://www.youtube.com/ watch?v=h8vC_m0btvM&feature=share&fbclid=IwAR2_Ec63djvbFY1 bfwEmqp4 rzyLHQU-EehiT2 eO0 9 oS Ohwhs Qy_rqC8p0Ec (เวลา 1.53 นาที) ในระหว่างเปิดวีดิทัศน์ครูได้หยุดการเล่นวีดิทัศน์เพื่อร่วมกับผู้เรียนอภิปรายในหัวข้อต่าง ๆ โดยครูตั้งคำถามดังต่อไปนี้

ขณะที่เหล่าการ์ตูนหยุดอยู่ที่จุดกึ่งกลางคานไม้ ผู้เรียนคิดว่าคานอยู่ในสมดุลหรือไม่ เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ อยู่ในสมดุลเพราะน้ำหนักของเหล่าการ์ตูนอยู่ที่จุดหมุนทำให้น้ำหนักของคานไม่เทไปข้างใดข้างหนึ่ง เรียกว่า คานอยู่ในสมดุล เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ (คาน) เป็นศูนย์ แรงลัพธ์ที่กระทำที่ปลายคานทั้งสองข้างเท่ากัน)

ขณะที่เหล่าการ์ตูนตกใจที่เห็นปลาปิรันยาอยู่ในน้ำ รอเหล่าการ์ตูนตกลงไปเป็นอาหารเหล่าการ์ตูนจึงวิ่งไปอีกข้างของคานทำให้คานอียงเพราะน้ำหนักของเหล่าการ์ตูนตกลงไปข้างเดียว ผู้เรียนคิดว่าคานขณะนี้อยู่ในสมดุลหรือไม่ เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบขณะที่เหล่าการ์ตูนวิ่งไปข้างเดียวกันคานจึงเอียง เนื่องจากน้ำหนักของเหล่าการ์ตูนตกลงไปยังด้านเดียวของคาน เรียกว่า คานไม่อยู่ในสมดุล เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำที่ปลายคานทั้งสองด้านไม่เท่ากัน)

จากวีดิทัศน์ผู้เรียนคิดว่าเพราะเหตุใดเหล่าการ์ตูนจึงไม่ยืนเกาะกลุ่มเหมือนวีดิทัศน์ช่วงแรก

(แนวคำตอบ เพราะเหล่าการ์ตูนต้องการทำให้คานสมดุล จึงแบ่งสมาชิกยืนคนละด้านของคานเพื่อให้น้ำหนักเทลงที่ปลายคานทั้งสองข้างเท่ากัน เพื่อให้คานนั้นอยู่ในสมดุล คือแรงลัพธ์ที่กระทำที่ปลายคานทั้งสองข้างเท่ากัน)

เมื่อครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเรื่องสมดุลจากวีดิทัศน์ที่ 3 แล้ว ครูให้ผู้เรียนสรุปแนวคิดเกี่ยวกับสมดุลกล *(ผู้เรียนควรสรุปได้ว่า วัตถุจะรักษาสภาพนิ่งเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ และขณะที่วัตถุอยู่นิ่งจัดว่าวัตถุอยู่ในสมดุลกล)*

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมกับผู้เรียนเมื่อเครื่องเล่นอยู่นิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อเครื่องเล่นเป็นศูนย์ เครื่องเล่นนั้นจัดอยู่ในสมดุล เราจะเรียกสมดุลนั้นว่า *"สมดุลสถิต"* เช่น บาร์โหน ม้ากระดก

เมื่อเครื่องเล่นมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือ หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว เครื่องเล่นนั้นจัดอยู่ในสมดุล เราจะเรียกสมดุลนั้นว่า *"สมดุลจลน์"* เช่น ชิงช้าขณะที่ถูกแกว่งให้เคลื่อนที่ เป็นต้น

เมื่อเครื่องเล่นหยุดนิ่ง หรือ มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เราจะเรียกว่า เครื่องเล่นนั้นอยู่ใน *"สมดุลต่อการเลื่อนที่"*เครื่องเล่นหยุดนิ่ง เช่น บาร์โหน กระดานลื่น เครื่องเล่นที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เช่น เรือไวกิ้ง ขณะที่เริ่มหมุนไปได้ระยะหนึ่งจัดว่าอยู่ในสมดุลจลน์และสมดุลต่อการเลื่อนที่

เมื่อเครื่องเล่นไม่มีการหมุน หรือ หมุนด้วยอัตราเร็วคงตัว เราจะเรียกว่า เครื่องเล่นนั้นอยู่ใน *"สมดุลต่อการหมุน"* เครื่องเล่นที่หมุนด้วย อัตราเร็วคงตัว เช่น ม้าหมุนที่หมุนด้วยอัตราเร็วคงตัว ชิงช้าสวรรค์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วคงตัว เครื่องเล่นไม่มีการหมุน เช่น ม้าหมุนที่อยู่นิ่ง ชิงช้าสวรรค์ที่อยู่นิ่ง

เมื่อครูให้ความรู้เพิ่มเติมเรียบร้อยแล้วครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามในส่วนที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจในเรื่องสมดุลกล สมดุลสถิต สมดุลจลน์ สมดุลต่อการเลื่อนที่ และสมดุลต่อการหมุน

หลังจากนั้นผู้เรียนร่วมกันสรุปว่า เมื่อเครื่องเล่นอยู่นิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อเครื่องเล่นเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สภาพเครื่องเล่นที่อยู่นิ่งนี้ เราจะเรียกว่า "เครื่องเล่นอยู่ในสมดุลต่อการเลื่อนที่และจัดเป็นสมดุลสถิต" เช่น บาร์โหน กระดานลื่น และเมื่อเครื่องเล่นกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อเครื่องเล่นเป็นศูนย์เช่นเดียวกับเมื่อเครื่องเล่นหยุดนิ่ง ดังนั้นสภาพที่เครื่องเล่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเรียกว่า "เครื่องเล่นสมดุลต่อการเลื่อนที่ และจัดเป็นสมดุลจลน์" เช่น ม้าหมุน ชิงช้าสวรรค์

ผู้เรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน โดยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มคิดและจัดหมวดหมู่เครื่องเล่นที่เห็นจากวีดิทัศน์และภาพวาดระบายสีที่ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มได้วาด โดยพิจารณาจากการเคลื่อนที่ว่าเครื่องเล่นนั้นจัดเป็นสมดุลแบบไหน (สมดุลสถิต สมดุลจลน์ สมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน)

ครูให้ผู้เรียนพิมพ์ชื่อเครื่องเล่นลงตามหัวข้อที่ครูกำหนดไว้ผ่าน Padlet ตามลิงก์ https://sites.google.com/a/simuang.ac.th/kruaumiki_physics/sux-kar-reiyn/kra - dan-s-ngngan ครูและผู้เรียนร่วมกันพิจารณาคำตอบดังนี้ สมดุลสถิต *(แนวคำตอบ กระดานลื่น บาร์โหน)* สมดุลจลน์

(แนวคำตอบ ม้าหมุน ม้าโยก ชิงช้าสวรรค์) สมดุลต่อการเลื่อนที่ *(แนวคำตอบ กระดานลื่น บาร์โหน ม้าหมุน ชิงช้า ม้าโยก กระโดดจั๊มเด้งดึ๋ง ชิงช้าสวรรค์)* สมดุลต่อการหมุน *(แนวคำตอบ ม้าหมุน ชิงช้า ม้าโยก ชิงช้าสวรรค์ที่หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว)*

ผู้เรียนร่วมกันสรุปว่าเครื่องเล่นที่จัดกลุ่มสามารถอยู่ในสมดุลหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น ชิงช้าสวรรค์ ม้าหมุน สามารถจัดอยู่ได้ทั้งในสมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลจลน์ ครูชี้ให้ผู้เรียนเห็นว่าเครื่องเล่นบางชนิด เช่น ออร์บิเทอร์ขณะที่ออร์บิเทอร์ ยังไม่ทำงานจัดได้ว่าออร์บิเทอร์อยู่ในสมดุลแต่เมื่อออร์บิเทอร์ทำงาน ออร์บิเทอร์ไม่จัดอยู่ในสมดุลเพราะออร์บิเทอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงตัวและหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมไม่คงตัว จากนั้นครูตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนทำใบงานที่ 1 เรื่อง สมดุล

หลังจากที่ผู้เรียนเข้าใจ เรื่อง สมดุลกรณีต่าง ๆ แล้ว ครูได้กำหนดปัญหาและขอบเขตโดยสมมติสถานการณ์ว่าถ้าผู้เรียนจะสร้างเครื่องเล่นสำหรับเด็ก ผู้เรียนควรจะคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ 1) อายุของผู้เล่นไม่เกิน 10 ปี 2) วัสดุที่นำมาสร้าง 3) ความมั่นคงแข็งแรงทนทาน 4) สีสันสวยงาม 5) ความปลอดภัย 6) พื้นที่ 7) ระยะเวลาในการสร้าง 8) งบประมาณในการสร้าง ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มเสนอความคิดเห็นและดำเนินการโต้แย้งภายในกลุ่มเพื่อเลือกเครื่องเล่น หลังจากดำเนินการโต้แย้งเสร็จสิ้นสมาชิกในกลุ่มร่วมกันลงความเห็นและเลือกเครื่องเล่นประจำกลุ่ม กลุ่มละ 1 ชนิด จากนั้นผู้เรียนในกลุ่มช่วยกันระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเล่นที่เลือกมา จากนั้นดำเนินการโต้แย้งเพื่อระบุปัญหาที่เหมาะสมกับเครื่องเล่น พร้อมกับกำหนดขอบเขตของปัญหา

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอเครื่องเล่นที่เลือกพร้อมกับเหตุผลประกอบ จากนั้นระบุปัญหาและขอบเขตของปัญหาที่กลุ่มได้เลือกไว้ เมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอเสร็จสิ้น ครูให้ผู้ฟังโต้แย้งกับผู้นำเสนอในประเด็นต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องเล่นที่เลือก อาทิ เหตุผลของการเลือก ปัญหาที่เลือกศึกษา และขอบเขตของปัญหา โดยการจับคู่กลุ่มโต้แย้งเป็นดังนี้ กลุ่มที่ 1 โต้แย้งกับกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 โต้แย้งกับกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ 5 โต้แย้งกับกลุ่มที่ 6 ในการโต้แย้ง กลุ่มอื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกกำหนดให้โต้แย้งกลับกลุ่มนำเสนอ สามารถโต้แย้งหรือสนับสนุนกลุ่มที่นำเสนอได้ โดยครูสร้างแรงจูงใจให้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกกำหนดด้วยคะแนนพิเศษ/รางวัล ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำใบบันทึกกิจกรรม STEAM การสร้างเครื่องเล่น เมื่อผู้เรียนได้นำเสนอหน้าชั้นเรียนครบทุกกลุ่มแล้ว ผู้เรียนกลับไปทบทวนเนื้อหาเพื่อทำความเข้าใจในเรื่อง สมดุลกล

ขั้นสืบค้นและรวบรวมข้อมูล

ครูให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นและรวบรวมข้อมูลเพื่อมาอธิบายประกอบการนำเสนอในหัวข้อที่ครูกำหนดให้ดังต่อไปนี้ ชนิดเครื่องเล่นที่เลือก เพราะอะไรถึงเลือกเครื่องเล่นชนิดนี้ ภายใต้เงื่อนไขดังนี้ 1) อายุของผู้เล่นไม่เกิน 10 ปี 2) วัสดุที่นำมาสร้าง 3) ความมั่นคงแข็งแรงทนทาน 4) สีสันสวยงาม 5) ความปลอดภัย 6) พื้นที่ 7) ระยะเวลาในการสร้าง และ 8) งบประมาณในการสร้าง เมื่อได้ข้อมูลจากการสืบค้นและรวบรวมมาแล้ว ผู้เรียนภายในกลุ่มดำเนินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับข้อมูลดังกล่าวว่า เครื่องเล่นที่ได้เลือกมาแล้วนั้นเหมาะสมกับเงื่อนไขที่ครูได้กำหนดไว้ หลังจากการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แล้ว หากผู้เรียนพบว่า เครื่องเล่นที่กลุ่มของตนเองเลือกไว้ไม่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนด ผู้สอนให้โอกาสผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์และพิจารณาว่า เครื่องเล่นที่ตนเองเลือกไว้ควรจะมีลักษณะอะไรเพิ่มเติมให้เหมาะสมตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

ขั้นสร้างชิ้นงานบูรณาการศิลปะ

ครูสมมติให้ผู้เรียนเป็น *“วิศวกรออกแบบเครื่องเล่นที่อยู่ในสนามเด็กเล่น”* จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองออกแบบเครื่องเล่นลงในกระดาษชาร์ต และระบายสีตกแต่งแบบเครื่องเล่นนั้นให้สวยงาม โดยใช้ทักษะและวิธีการทางศิลปะเพื่อให้แบบเครื่องเล่นมีความสวยงามและเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นและรวบรวมมาแล้วมากที่สุด โดยระหว่างการสร้างชิ้นงานบูรณาการศิลปะ ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนภายในกลุ่มเกิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการออกแบบเครื่องเล่นและการใช้ศิลปะเพื่อให้แบบเครื่องเล่นมีความสวยงามและเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด หลังจากนั้น ครูใช้วงล้อสุ่มเลข เพื่อจัดลำดับกลุ่มในการนำเสนอแบบภาพวาดเครื่องเล่นหน้าชั้นเรียน การจับคู่กลุ่มโต้แย้งเป็นดังนี้ กลุ่มที่ 1 โต้แย้งกับกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 โต้แย้งกับกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ 5 โต้แย้งกับกลุ่มที่ 6 ในการโต้แย้งกลุ่มอื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกกำหนดให้โต้แย้งกลับกลุ่มนำเสนอสามารถโต้แย้ง

หรือสนับสนุนกลุ่มที่นำเสนอได้ โดยครูสร้างแรงจูงใจให้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกกำหนดด้วยคะแนนพิเศษ/รางวัล

เมื่อผู้เรียนนำเสนอแบบเครื่องเล่นหน้าชั้นเรียนครบทุกกลุ่มและได้ผ่านการโต้แย้งจากเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ผู้เรียนระดมความคิดเห็นภายในกลุ่มและโต้แย้งภายในกลุ่มอีกครั้ง เพื่อลงความเห็นเกี่ยวกับการปรับปรุงแบบเครื่องเล่นของกลุ่ม ซึ่งผู้เรียนอาจจะปรับแบบตามที่เพื่อนร่วมชั้นได้เสนอแนะหรือไม่ก็ได้ โดยต้องระบุเหตุผลว่า เพราะเหตุใดจึงเลือกที่จะปรับหรือไม่ปรับแบบเครื่องเล่นของกลุ่มตนเอง จากนั้นผู้เรียนสร้างโมเดลจากแบบร่างเครื่องเล่นพร้อมตกแต่งให้สวยงาม โดยใช้ทักษะและวิธีการทางศิลปะในการถ่ายทอดความคิดสู่โมเดลที่ผู้เรียนได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยครูได้กำหนดคุณสมบัติโมเดลเครื่องเล่นไว้ดังต่อไปนี้ 1) ขนาดของฐานโมเดลมีความกว้างไม่เกินกระดาษ A4 2) น้ำหนักของโมเดลไม่เกิน 0.5 กิโลกรัม 3) ระบุอุปกรณ์ที่ใช้ทำโมเดลและแสดงการเทียบเคียงกับวัสดุจริงในการสร้างเครื่องเล่น เช่น หลอดดูด แทน เหล็ก ไม้เสียบ แทน เสา เป็นต้น 4) ระบุงบประมาณในการก่อสร้างจริง เช่น เหล็กเส้นกลม 10 เมตร ราคา 37 บาท/เมตร รวม 370 บาท เป็นต้น และ 5) ระบุหลักการของสมดุลกลของเครื่องเล่น เช่น ออร์บิเทอร์ เมื่ออยู่นิ่งจัดอยู่ในสมดุลสถิต เมื่อเปิดเครื่องเล่น เครื่องเล่นมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จัดอยู่ในสมดุลจลน์และสมดุลต่อการเลื่อนที่ เป็นต้น ในระหว่างสร้างชิ้นงานผู้เรียนจะเกิดการโต้แย้งภายในกลุ่ม โดยขณะโต้แย้งอาจจะไม่เกิดการโต้แย้งทุกองค์ประกอบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ เพื่อให้ได้โมเดลที่สวยงามและเป็นไปตามเงื่อนไขที่ครูได้กำหนดไว้

ขั้นนำเสนองาน

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน/ชิ้นงานบูรณาการศิลปะของตนเอง เพื่อนร่วมชั้นโต้แย้งกับผู้นำเสนอในลักษณะของการซักถาม อภิปราย วิพากษ์วิจารณ์ เพื่อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผู้เรียนกลุ่มที่นำเสนอสามารถนำข้อมูลหลักฐาน การสร้างเครื่องเล่นมาอธิบาย การลงข้อสรุปของการสร้างเครื่องเล่นชิ้นนั้น หากเพื่อนร่วมชั้นไม่เห็นด้วยสามารถโต้แย้งด้วยข้อกล่าวอ้างที่ได้รับการสนับสนุนด้วยข้อมูลหลักฐานของตนได้ ซึ่งผู้นำเสนอต้องดำเนินการโต้แย้งกลับเพื่อหักล้างข้อกล่าวอ้างของกลุ่มที่นำเสนอได้ ครูอาจใช้คำถามกระตุ้นการโต้แย้ง ตัวอย่างคำถามบ่างส่วน ดังนี้

- *เครื่องเล่นนี้สามารถใช้กับอายุตั้งแต่กี่ปี*
- *วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องเล่นสามารถใช้วัสดุชนิดใดได้บ้าง*
- *วัสดุที่นำมาใช้มีความมั่นคงแข็งแรงทนทานมากน้อยเพียงใด พิจารณาจากสิ่งใด*
- *สีที่ใช้เป็นสีที่ทำจากอะไร เหมาะกับการนำมาทาสีเครื่องเล่นหรือไม่*
- *วัสดุและสีที่ใช้มีความปลอดภัยต่อผู้เล่นมากน้อยเพียงใด*
- *เครื่องเล่นนี้สามารถสร้างบนพื้นที่ขนาดเท่าไร*
- *ใช้เวลาในการสร้างนานเท่าใด*
- *ต้องใช้งบประมาณเท่าใดในการสร้างเครื่องเล่น*
- *เพราะเหตุใดจึงสร้างเครื่องเล่นชนิดนี้*
- *เครื่องเล่นนี้ทำจากวัสดุอะไร*
- *เครื่องเล่นนี้ใช้วัดสุในท้องถิ่นในการสร้างได้หรือไม่ เพราะอะไร*
- *เครื่องเล่นชนิดนี้มีอายุการใช้งานได้นานเพียงใด*
- *เครื่องเล่นนี้มีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด*
- *เครื่องเล่นนี้มีความมั่นคงแข็งแรงมากน้อยแค่ไหน*
- *ถ้าเด็กที่เล่นเครื่องเล่นชนิดนี้มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม จะสามารถเล่นเครื่องเล่นนี้ได้หรือไม่*
- *เครื่องเล่นนี้วางอยู่บนพื้นทรายได้หรือไม่*
- *ใครสามารถเล่นเครื่องเล่นชนิดได้*
- *เครื่องเล่นนี้ควรตั้งอยู่ส่วนใดของสนามเด็กเล่น*

เมื่อทุกกลุ่มนำเสนอโมเดลเครื่องเล่นเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูสมมติให้ผู้เรียนทุกคนเป็นผู้จัดการบริษัทสร้างสนามเด็กเล่นซึ่งต้องเลือกโมเดลเครื่องเล่นที่ดีที่สุดเพื่อไปก่อสร้างเป็นสนามเด็กเล่นจริง โดยครูกำหนดให้ผู้เรียนเลือกโมเดลเครื่องเล่นผ่าน Google Form โดยต้องระบุเหตุผลว่า เพราะเหตุใดจึงเลือกโมเดลเครื่องเล่นนั้น ๆ จากนั้นครูให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มถ่ายภาพโมเดลเครื่องเล่นของกลุ่มตนเองโพสต์ลง Facebook โดยเปิดเป็นสาธารณะและแชร์เข้ากลุ่ม Facebook กลุ่มฟิสิกส์น่ารู้ครูมาฆศินันจาน่ารัก เพื่อให้ทุก ๆ คนมีส่วนร่วมด้วยการคอมเมนต์ กดไลก์ กดหัวใจ และแชร์ ในการให้คะแนน ครูจะนับคะแนนจากจำนวนการคอมเมนต์ กดไลก์ กดหัวใจ และแชร์ โดยสมาชิกในกลุ่มจะไม่ลงคะแนนให้กลุ่มของตนเอง

ฟิสิกส์น่ารู้คุณครูมาฆศินันจาน่ารัก

ภาพที่ 3 Facebook กลุ่มฟิสิกส์น่ารู้ครูมาฆศินันจาน่ารัก และ QR Code
ที่มา: https://www.facebook.com/groups/660424867873371

ขั้นที่ 6 ประเมินผล

ครูให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนผ่าน Kahoot จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 5 นาที และครูให้ผู้เรียนแต่ละคนสรุปผังความคิดเรื่องสมดุลจากการสร้างโมเดลแบบเครื่องเล่นในสนามเด็กเล่นผ่าน Mind line ครูให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนความรู้และเตรียมเรียนเนื้อหา จุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วง และครูให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำใบบันทึกกิจกรรม STEAM การสร้างเครื่องเล่นแล้วส่งในคาบต่อไป

สรุป

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สามารถบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาได้เป็นอย่างดี การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Art) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน สามารถพัฒนาผู้เรียนในการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และสามารถสร้างสรรค์กระบวนการใหม่และ/หรือผลผลิตใหม่ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรมของประเทศในอนาคตและขับเคลื่อนประเทศด้วยเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมที่เชื่อกันว่าสามารถทำให้ประเทศไทยพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง (Middle-income trap) ได้ ทั้งนี้ สะตีมศึกษามีการบูรณาการศิลปะสร้างสรรค์เพื่อเพิ่มความสมดุลของสมองซีกซ้ายและสมองซีกขวาของผู้เรียน และกล่อมเกลาจิตใจของผู้เรียนให้อ่อนโยนขึ้น นอกจากนั้นการบูรณาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เข้าไปในสะตีมศึกษาทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะสำคัญในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันที่เต็มไปด้วยความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดแก้ปัญหา คิดวิเคราะห์ คิดวิพากษ์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นทักษะการคิดขั้นสูงที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 นี้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผู้อ่านโดยเฉพาะท่านที่เป็นครูวิทยาศาสตร์จะมองเห็นประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และนำไปใช้ในห้องเรียนของท่าน และครูผู้สอนสาขาวิชาอื่น ๆ ได้มองเห็นประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามศาสตร์ที่มีการผสมผสานทักษะการโต้แย้ง นอกจากนั้นยังสามารถพัฒนาเป็นงานวิจัยในชั้นเรียนของท่านในโอกาสต่อไป ทั้งหมดทั้งมวลก็เพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของประเทศไทยเพื่อมุ่งสู่ความมั่นคง มั่นคั่ง ยั่งยืน ของประเทศในที่สุด

References

Anupap Puangsomchit. (2016). *The development of grade 10 students argumentation skills on biomolecule through context-based learning activities*. Science Education Program, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Asawin Thanapud, Sasithep Pitiporntapin, Pattanee Jantrarotai. (2015). *Development of grade 10th students' argumentation skills in natural resources unit using socioscienctific issues teaching*. 34th The Graduate Research Conference. (P. 1697- 1707). (in Thai)

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2008). Making sense of argumentation and explanation. *Journal of science education 2009*, *93*(1), 26-37.

Besnard, P., & Hunter, A. (2008). *Argumentation based on classical logic*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/226226985_Argumentation_Based_on_Classical_Logic

Chatree Faikhamta. (2018). Science classroom culture of thai students. *Journal of Education*, 19(1), 43-53. (in Thai)

Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school students' informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy? *The international journal of science education, 31*(11), 1421-1445.

Faikhamta, C., & Ladachat, L. (2016). Science education in thailand: Moving through crisis to opportunity. In Chiu, Mei-Hung (Ed.). *Science Education Research and Practice in Asia*, 197-214.

Foong, C.-C., & Daniel, E. G. S. (2013). Students' argumentation skills across two socio-scientific issues in a confucian classroom: Is transfer possible? *International Journal of Science and Mathematics Education, 35*(14), 2331-2355.

Ge, X., Ifenthaler, D., & Spector, J. M. E. (2015). *Emerging technologies for steam education: full STEAM aheade merging technologies for STEAM education: Full STEAM ahead*. New York: Springer.

Hilburn, A. (2011). What is STEAM? Retrieved from http://www.hilburnacademy.net/what-issteam. html

Hornga, R.-Y., Lua, P.-H., Chenb, P.-H., & Houb, S.-H. (2013). The effects of argument stance on scientific knowledge inquiry skills. *International Journal of Science Education, 35*(16), 2784-2800.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2014). Introduction of STEM Education. Retrieved from https://www.scimath.org/stem. (in Thai)

Jiraporn Khummanee.(2018). Development STEAM gamification for vocational innovators' creativity and innovation skills. *UMT Poly Journal, 5*(2), 164. (in Thai)

Kochakorn Pinitmontree. (2018). The development of instructional model steam education for the enhancement of 21st century living skills for Mathayomsuksa 1. Retrieved from http://1.10.168.203/UserFiles/File/UDON3_20180702113631.pdf (in Thai)

Kriangkrai Palasonthi. (2016) *Development of STEAM cloud-based learning model using augmented reality to develop undergraduate students' creativity and innovation skill*. Master Degree Thesis in Information and Communication Technology for Education. King Mongkut's University Of Technology North Bangkok, Bangkok. (in Thai)

Krismant Whattananarong. (2014). *Teaching for diversity among conflicts Part 3: Students and teachers and symbolic protests*. Retrieved from https://www.thairath.co.th/content/399001. (in Thai)

Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Child Development, 74*(5), 1245-1260.

Kwon, S. B., Nam, D.-S., & Lee, T. W. (2011). The effects of convergence education based steam on elementary school students' creative personality. *The 19th International conference on Computers in Education*.

Lenare Gazo. (2018). *Kids must 'argue' creatively to understand themselves and others*. Retrieved from https://thepotential.org/2018/11/15/arguing-with-children/ (in Thai)

Lertnaree Rodkumnerd. (2015). The effects of project approach experience provision based on STEAM education approach with using learning local resources in samut songkhram province on preschool children's understanding concepts of science. Master Thesis in Early Childhood Education. Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Lin, S. S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning Argumentation skills through instruction in sosioscientific issue : The effect of ability level. *International Journal of Science and mathematics Education, 8*, 993-1017.

Llewellyn, D., & Rajesh, H. (2011). Fostering argumentation skills: Doing what real scientists really do. *Science Scope, 35*(1), 22-28.

Mintra Krapaothong (2018). Construction of STEAM education packages for development learning achiviment and creative thinking for grade 10. Master Degree Thesis in Science Education, Nakhon Sawan Rajabhat University . (In Thai)

Natdanai Niamthong. (2018). *Form STEM to STEAM*. Retrieved from https://www.scimath.org/article-stem/item/7812-stem-steam. (in Thai)

Nattapathu Sermsuk. (2015). *The development argumentation skills grade 10 Students' of ecosystem-based content Scientific through socio-scientific Issue-based Teaching*. Master Degree Thesis in Science Education, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for k–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education, 21*(5), 553-576.

Nipon Janlen. (2014). Inquiry will be diminished. *The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 42*(168), 6-9. (in Thai)

Nguyen, T. P. L., Nguyen, T. H., & Tran, T. K. (2020). STEM education in secondary schools: teachers' perspective towards sustainable development. Sustainability, 12, 1-16.

Office of the Education Council (ONEC). (2017). *National Education Plan (2017-2036)*. Bangkok: Prik Hwan Graphic. (in Thai)

Office of National Economic and Social Development Council. (2017). *The 12th National Economic and Social Development Plan (2017-2021)*. Bangkok : Office of the National Economic and Social Development Council (NESDC). (in Thai)

Paul, R., & Elder, L. (2004). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools*. Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking.

Phatthanawong Dokmai. (2012). *Comparisons of effects of learning socio-scientific issue using the mixed method and the conventional learning method on argumentation and reasoning thinking of grade 11 students with different physics results*. Master Degree Thesis in Science Education. Mahasakham University. (in Thai)

Phinyo wongthong. (2019). Effect of integrated learning activities based on STEAM education on science learning achievement, critical thinking skills and students' satisfaction of grade4 students. *J. Res. Unit Sci. Technol. Environ. Learning, 10*(1). (in Thai)

Pornpimon Kongcharoensuk. (2018).Effects of using learning ctclel approach intergrated with science argumentation on the informal resoning ability, Biology achievement, and biology concepts of matayomsuksa four students. Master Degree Thesis in Science teaching, Burapha University, Faculty of Education. (in Thai)

Porntip Siripatrachai.(2013). STEM education and 21st century skills development. *Executive Journal, 33*(2), 49-56. (in Thai)

Riley, S. (2014). *How to STEAM: The STEAM Process*. Retrieved from https://educationcloset.com/steam/How-to-steam/

Riley, S. (2016). *6 Steps to create a STEAM classroom*. Retrieved from 16 th September 2016 https://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/

Rufo, D. (2013). STEAM with a capital A: Learning frenzy. *The STEAM Journal, 1*(1), 25.

Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations. *Science Education, 89*(1), 71-93.

Somrak Intavimolsri. (2017). *Effect of using STEAM education approach in biology on scientific creativity and learning achievement of tenth grade students*. Master Degree Thesis in in Science Education, Chulalongkorn University. (in Thai)

Sunee Hemaprasit. (2011). *Examples of learning units in elementary level*. Bangkok. (in Thai)

Toulmin, S. (2003). *The uses of argument*. Cambridge UK: Cambridge University Press.

Yakman, G. g. (2008). *ST**Σ**AM Education: An overview of creating a model of integrative education*. Retrieved from https://www.academia.edu/8113795/STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education

Yotsawee Saifah. (2014). *STEM learning concept*. Bangkok: Teaching Materials of Elementary Education, Faculty of Education, Chulalongkorn University.