



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj>

จัดทำวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาศาสตร์วิจัยบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

Teaching Earth Science and Astronomy by Using Research-based STEM Education integrated Pedagogical Content Knowledge

พรหม ผูกดวง¹ และ ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์^{2*}

Prom Pookduang¹ and Khajornsak Buaraphan^{2*}

โรงเรียนประสาทวิทยาคาร อ.ปราสาท จ.สุรินทร์¹ และ สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล^{2*}

Prasatwittayakarn School, Prasat District, Surin Province, Thailand¹ and Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Nakhon Pathom Province, Thailand^{2*}

Received: May 04, 2021 Revised: March 29, 2022 Accepted: March 29, 2022

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาศาสตร์วิจัย (Research-based STEM Education) บูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานเข้าด้วยกันเพื่อจัดการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศได้อย่างเหมาะสม การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาศาสตร์วิจัยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการวิจัยเพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน กระบวนการคิดสร้างสรรค์ และการลงมือปฏิบัติจริง จนได้ความรู้ใหม่หรือคำตอบที่เชื่อถือได้ นำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะการแสวงหาความรู้และทักษะพื้นฐานในการเรียนรู้ตลอดชีวิต การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาศาสตร์วิจัยประกอบด้วยกระบวนการเรียนรู้ 9 ขั้นตอนดังนี้ 1. ระบุปัญหา (Identifying problem) คือการทำความเข้าใจ วิเคราะห์เงื่อนไข หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหา 2. ระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้ (Identifying need knowledge) คือการวิเคราะห์หาความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อทำการวางแผนการหาข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงานหรือแก้ปัญหา 3. ตั้งสมมติฐาน (Setting hypothesis) คือการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อคาดเดาคำตอบของปัญหา หรือลักษณะของชิ้นงานอย่างมีหลักการ และหลักฐานรองรับอย่างเหมาะสม 4. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collecting data) คือการเก็บรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อนำมาสร้างชิ้นงาน รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา 5. วางแผนและการออกแบบวิธีการ (Designing method) คือการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ปัญหา หรือออกแบบชิ้นงาน โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด 6. สร้างชิ้นงาน (Creating product) คือการกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหา หรือวิธีสร้างชิ้นงานแล้วลงมือสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา 7. ทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล (Testing and analyzing data) คือการทดสอบชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหา ที่คิดขึ้นจากการวิเคราะห์ การ

*Corresponding author. Tel.: 082 923 5156

Email address: khajornsak.bua@mahidol.ac.th

ใช้ความรู้ และอธิบายเหตุผลของชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น 8. สรุปผลและนำเสนอ (Summarizing and presenting) คือการนำเสนอชิ้นงาน หรือขั้นตอนของการแก้ปัญหา หรือพัฒนาวิธีการเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง 9. เชื่อมโยงและเผยแพร่ผลงาน (Linking and disseminating) คือการเชื่อมโยงบูรณาการความรู้สู่สถานการณ์ที่กำหนดให้ และเผยแพร่วิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงานที่พัฒนาแล้วออกสู่สาธารณชน ในตอนท้ายของบทความวิชาการนี้ผู้เขียนได้แสดงตัวอย่างการประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยในการออกแบบการเรียนรู้ในเนื้อหา เรื่อง โครงสร้างโลก

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา วิจัยเป็นฐาน ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

Abstract

The Research-based STEM Education (R-STEM) integrates the Science-Technology-Engineering-Mathematics (STEM) Education with the Research-based Learning (RBL) to appropriately teach the concept of astronomy and space. The students in the R-STEM teaching approach learn to construct their knowledge by themselves through the research process. They learn how to find the answer and design the process to solve the problem in their daily lives. The authors analyzed the literature related to STEM and RBL and then synthesized the R-STEM teaching approach consisted of nine teaching steps: 1) Identifying problem, 2) Identifying need knowledge, 3) Setting hypothesis, 4) Collecting data, 5 (Designing method, 6 (Creating product, 7 (Testing and analyzing data, 8 (Summarizing and presenting, and 9) Linking and disseminating. At final, the authors show one example of lesson plan in using the R-STEM teaching approach in designing the learning activities for teaching one specific content i.e. the Structure of Earth.

Keywords: STEM, Research-based Learning, Pedagogical content knowledge, Astronomy and space

■ บทนำ

การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างคน สร้างสังคม สร้างชาติ และเป็นกลไกหลักในการพัฒนากำลังคนของประเทศให้มีคุณภาพสามารถดำรงชีวิตกับบุคคลอื่นในสังคมได้อย่างเป็นสุข โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดำรงชีวิตในกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกในศตวรรษที่ 21 การศึกษาจึงเพิ่มพูนความสำคัญเป็นทวีคูณเนื่องด้วยในศตวรรษที่ 21 มีสิ่งใหม่เกิดขึ้นมากมายในแต่ละวันซึ่งทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้จบสิ้น การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนท่องจำ (Rote learning) จึงเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมสอดคล้องกับยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงนี้ เพราะสิ่งที่ผู้เรียนควรเรียนรู้มีมากมายเกินคณานับและไม่สามารถนำมาสอนจนหมดสิ้นภายในระยะเวลาของหลักสูตรได้ การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรมุ่งเน้นที่การส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ (Learning person) ที่มีเครื่องมือในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีความสามารถในการวิเคราะห์และคัดกรองข้อมูลที่ควรเรียนรู้ ผู้สอนในศตวรรษที่ 21 ควรมุ่งสอนเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และเครื่องมือแสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ นอกจากนั้น ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเกี่ยวกับการสร้างเครือข่าย การวางแผนงาน การจัดการทีม และการจัดการความรู้ (Knowledge management) (ณิรดา เวชญาติลักษณ์, 2561) ซึ่งแนวทางการจัดการศึกษาอันหนึ่งที่สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายดังที่กล่าวมาแล้วก็คือ การจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หรือสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่กำลังเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเกิดจากการบูรณาการ 4 ศาสตร์เข้าด้วยกันกล่าวคือ S : Science (วิทยาศาสตร์) T : Technology (เทคโนโลยี) E : Engineering (วิศวกรรม) และ M : Mathematics (คณิตศาสตร์) ซึ่งศาสตร์ทั้งสี่ที่กล่าวมาแล้วเป็นศาสตร์ที่มีความจำเป็นต่อมนุษย์

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในศตวรรษที่ 21 นี้ สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ต่างจากในอดีตที่เน้นให้ผู้เรียนท่องจำ โดยสะเต็มศึกษานอกจากจะเป็นการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์แล้วยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือทดลองปฏิบัติ คิดแก้ปัญหา และคิดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (วิศิษฐ์ อิศรเสนา, 2560) กล่าวได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเฉกเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน (Research Based Learning : RBL) ซึ่งเป็นการจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการสืบสอบ (Inquiry) ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาวิจัยเพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้ใหม่หรือคำตอบที่เชื่อถือได้ การจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่จะพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะการแสวงหาความรู้ และทักษะพื้นฐานในการเรียนรู้ตลอดชีวิต

การที่ผู้สอนจะสามารถจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งแก่ผู้เรียนได้นั้น ความรู้ที่สำคัญประการหนึ่งที่ต้องมีในตัวผู้สอนก็คือ ความรู้ในเนื้อหาพจนานุกรมวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge : PCK) (Buaraphan & Roadranga, 2005) ซึ่งเป็นความรู้ที่เกิดจากการ บูรณาการระหว่างความรู้ที่เป็นพื้นฐานเพื่อใช้ประกอบการสอนสองอย่าง คือ ความรู้ในเนื้อหา (Content Knowledge : CK) และความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน (Pedagogical Knowledge : PK) ความรู้ในเนื้อหาพจนานุกรมวิธีสอนนี้มีความสำคัญและควรพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวผู้สอนทุกคนทั้งครูก่อนประจำการ (Pre-service teachers) และครูประจำการ (In-service teachers) เพราะช่วยให้ผู้สอนสามารถนำเสนอเนื้อหาที่ต้องการสอนด้วยวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่างๆ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา หลักสูตร และพื้นฐานของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวได้ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ, 2548) อนึ่งในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึงบริบทของผู้เรียน อาทิ ความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อใช้จัดกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมตามมาตรฐานของหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2558)

บทความวิชาการนี้เขียนขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อแสดงแนวคิดและแนวทางการใช้ความรู้ในเนื้อหาพจนานุกรมวิธีสอนเพื่อออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานเข้าด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังแสดงการประยุกต์ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัย (Research-based STEM) ในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะหนึ่งก็คือ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ผู้เขียนเริ่มต้นด้วยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (สสวท., 2557; อาทิตย์, 2559; จำลอง, 2559; ทิพย์ปัญญา, 2560; พลศักดิ์, 2558; เกรียงศักดิ์, 2560; อติสร, 2560) แล้วสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาออกมาได้ 9 ขั้นตอน ดังตารางที่ 1 (สดมภ์สุททัยขวามือ)

ตาราง 1.

ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

แหล่งที่มา							สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ STEM
สสวท. (2557)	อาทิตย์ (2559)	จำลอง (2559)	ทิพย์ปัญญา (2560)	พลศักดิ์ (2558)	เกรียงศักดิ์ (2560)	อติสร (2560)	
ระบุปัญหา	ระบุปัญหาและข้อจำกัด	กำหนดปัญหาความต้องการ	การระบุปัญหา	กำหนดปัญหาหรือความท้าทาย	เชื่อมโยงและระบุปัญหาในชีวิตจริง	ระบุปัญหา	ระบุปัญหา
					ระบุสิ่งที่จำเป็นต้อง		ระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

แหล่งที่มา							สรุปขั้นตอน การจัดการ เรียนรู้แบบ STEM
สสวท. (2557)	อาทิตย (2559)	จำลอง (2559)	ทิพย์ญา (2560)	พลศักดิ์ (2558)	เกรียงศักดิ์ (2560)	อดิสร (2560)	
					เรียนรู้เพื่อ แก้ปัญหา		
รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	ศึกษาค้นคว้า	รวบรวมข้อมูล ที่ได้จากการ สืบค้น	ค้นหา แนวคิดที่ เกี่ยวข้อง	สำรวจแนวคิด เพื่อแก้ปัญหา	รวบรวมข้อมูล แนวคิด ที่เกี่ยวข้อง และสะท้อน ความคิดความ เข้าใจ	รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	รวบรวม แนวคิดและ ข้อมูล
วางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา		เลือกวิธีการที่ เหมาะสม	วางแผนและ พัฒนา	วางแผนการ พัฒนาแนวทาง แก้ปัญหา	วางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา	วางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา	เลือกแนวคิด และวางแผน
ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	วิเคราะห์ ความคิด ออกแบบ	ออกแบบ ชิ้นงานตาม เงื่อนไขของ ปัญหา			ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	ออกแบบ วิธีการหรือ ชิ้นงาน
ทดสอบ	ทดสอบ	ทดสอบ ประสิทธิภาพ ของชิ้นงาน	ทดสอบ และ ประเมินผล	ทดสอบ	ทดสอบ	ทดสอบ	ทดสอบ
ประเมินผล และปรับปรุง วิธีการ แก้ปัญหา/ ชิ้นงาน	ปรับปรุง	ปรับปรุง ชิ้นงานที่ได้ให้ ดียิ่งขึ้น		ประเมินผล	ประเมินผล และปรับปรุง	ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขปัญหา/ ชิ้นงาน	ปรับปรุง
นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	สื่อสารและ สะท้อนผล		การนำเสนอ ผลลัพธ์	นำเสนอผล แนวทาง แก้ปัญหา	นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหา	นำเสนอ วิธีการ แก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	นำเสนอผล
					เชื่อมโยงการ แก้ปัญหาไปยัง สถานการณ์อื่น		เชื่อมโยงและ ประยุกต์

จากนั้น ผู้เขียนได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน (ชนาธิป, 2554; ปกิต, 2556; นิลวรรณ, 2552; พิมพ์พันธ์, 2558; วิเชียร, 2559; เฉลิมคุณ, 2558; กนกอร, 2559; ทิพรัตน์, 2551; แจ่มละมัย, 2560) แล้ว สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานออกมาได้ 7 ขั้นตอน ดังตารางที่ 2 (สดมภ์สุดท้ายขวามือ)

ตาราง 2.

ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน

แหล่งที่มา									สรุปขั้นตอน
ชนาธิป (2554)	ปกิต (2556)	นิลวรรณ (2552)	พิมพ์พันธ์ (2558)	วิเชียร (2559)	เฉลิมคุณ (2558)	กนกอร (2559)	ทิพรัตน์ (2551)	แจ่มละมัย (2560)	การจัดการ เรียนรู้แบบ วิจัยเป็นฐาน
ระบุปัญหา	กำหนด ปัญหา	ระบุปัญหา การวิจัย	ระบุ คำถาม วิจัย	การ กำหนด ปัญหา/ ศึกษา ผลการวิจัย	ตั้งคำถาม	ระบุปัญหา	ตั้งปัญหา	วิเคราะห์/ เลือกปัญหา	ระบุปัญหา
ตั้งสมมติฐาน	ตั้งสมมติฐาน	ตั้งสมมติฐาน					ตั้งสมมติฐาน		ตั้งสมมติฐาน
		พิสูจน์ ตรวจสอบ สมมติฐาน	ศึกษา นวัตกรรม	วางแผนการ	วางแผน	กำหนด แนวการ การ แก้ปัญหา		เลือก ระเบียบวิธี วิจัย	วางแผน
รวบรวม ข้อมูล	เก็บรวบรวม ข้อมูล	รวบรวม ข้อมูล	ลงมือทำ เพื่อ แก้ไข/ เสริมสร้าง	ดำเนินการ	ค้นหา และ ตรวจสอบ	ดำเนินการ การศึกษา ค้นคว้า	รวบรวม ข้อมูล	รวบรวม ข้อมูล	เก็บรวบรวม ข้อมูล
วิเคราะห์ ข้อมูล	วิเคราะห์ ข้อมูล	วิเคราะห์ ข้อมูล		วิเคราะห์ ข้อมูล		วิเคราะห์ ประมวลผล ข้อมูล	วิเคราะห์ ข้อมูล	ตีความหมาย ข้อมูล	วิเคราะห์ ข้อมูล
สรุปองค์ ความรู้ใหม่	สรุปผล	สรุปผล	สรุป	สรุปและ อภิปราย ผล	สรุปและ นำเสนอ	สรุปผล	สรุปผล	สรุป ผลการวิจัย	สรุปผลและ อภิปราย
	นำเสนอ		เผยแพร่ นวัตกรรม			นำเสนอผล			นำเสนอและ เผยแพร่

จากนั้น ผู้เขียนได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 9 ขั้นตอน และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน 7 ขั้นตอนเข้าด้วยกันจนได้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษารฐานวิจัย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3.

ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษารฐานวิจัย

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบวิจัยเป็นฐาน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษารฐานวิจัย
ระบุปัญหา	ระบุปัญหา	1. ระบุปัญหา
ระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้	ตั้งสมมติฐาน	2. ระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้
รวบรวมแนวคิดและข้อมูล		3. ตั้งสมมติฐาน
เลือกแนวคิดและวางแผน	การวางแผน	4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
ออกแบบวิธีการหรือชิ้นงาน		5. วางแผนและการออกแบบวิธีการ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบวิจัยเป็นฐาน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัย
สร้างชิ้นงาน	เก็บรวบรวมข้อมูล	6. สร้างชิ้นงาน
ทดสอบและปรับปรุง	วิเคราะห์ข้อมูล	7. ทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล
นำเสนอผลงาน	สรุปผลและอภิปราย	8. สรุปผลและนำเสนอ
เชื่อมโยงและประยุกต์	นำเสนอและเผยแพร่	9. เชื่อมโยงและเผยแพร่ผลงาน

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยทั้ง 9 ขั้นตอนดังตาราง 3 มีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา (Identifying problem) คือการทำความเข้าใจ วิเคราะห์เงื่อนไข หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหา

2. ระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้ (Identifying need knowledge) คือการวิเคราะห์หาความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อทำการวางแผนการหาข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงานหรือแก้ปัญหา

3. ตั้งสมมติฐาน (Setting hypothesis) คือการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อคาดเดาคำตอบของปัญหา หรือลักษณะของชิ้นงานอย่างมีหลักการ และหลักฐานรองรับอย่างเหมาะสม

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collecting data) คือการเก็บรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อนำมาสร้างชิ้นงาน รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

5. วางแผนและการออกแบบวิธีการ (Designing method) คือการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ปัญหา หรือออกแบบชิ้นงาน โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

6. สร้างชิ้นงาน (Creating product) คือการกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหา หรือวิธีสร้างชิ้นงานแล้วลงมือสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา

7. ทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล (Testing and analyzing data) คือการทดสอบชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาที่คิดขึ้นจากการวิเคราะห์ การใช้ความรู้ และอธิบายเหตุผลของชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น

8. สรุปผลและนำเสนอ (Summarizing and presenting) คือการนำเสนอชิ้นงาน หรือขั้นตอนของการแก้ปัญหา หรือพัฒนาวิธีการเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง

9. เชื่อมโยงและเผยแพร่ผลงาน (Linking and disseminating) คือการเชื่อมโยงบูรณาการความรู้สู่สถานการณ์ที่กำหนดให้ และเผยแพร่วิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงานที่พัฒนาแล้วออกสู่สาธารณชน

ผู้เขียนได้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยทั้ง 9 ขั้นตอนมาประยุกต์ใช้กับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เพื่อสร้างเป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เนื่องจากพื้นที่ของวารสารมีจำกัดซึ่งในบทความนี้จะขอนำเสนอตัวอย่าง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัย

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เรื่อง โครงสร้างโลก เวลา 4 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน

สาระสำคัญ

การศึกษาโครงสร้างโลกใช้ข้อมูลสำคัญในการสนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก ทั้งการแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งตามสมบัติเชิงกล เช่น องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ อุกกาบาตเหล็ก และข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ภายในโลก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำมาใช้อธิบายองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นและอธิบายข้อมูลที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล (K)
2. วิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก และสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น (K)
3. สร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก และอธิบายสมบัติของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นได้ (P)

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้การวิจัย

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยประกอบด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 9 ขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา (Identifying problem)

1. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนทบทวนความรู้เดิมด้วยตนเองเกี่ยวกับโลก โดยใช้แนวคำถามดังนี้

ผู้สอน : โลกมีลักษณะอย่างไร

(แนวคำตอบ ผู้เรียนตอบตามความรู้และประสบการณ์เดิม เช่น มีลักษณะรูปทรงเป็นทรงกลม รูปทรงเป็นทรงรี หรืออื่นๆ)

ผู้สอน : โลกมีความสัมพันธ์กับระบบสุริยะอย่างไร

(แนวคำตอบ โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งในระบบสุริยะที่มีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง และมีดาวเคราะห์เป็นบริวาร

9 ดวง)

ผู้สอน : โลกกับดวงจันทร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

(แนวคำตอบ ดวงจันทร์เป็นบริวารของโลกที่ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง)

ผู้สอน : การเปลี่ยนแปลงของโลกมีสาเหตุจากอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ ปัจจัยที่ทำให้ภูมิอากาศโลกเปลี่ยนแปลง มีทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ปัจจัยภายนอกได้แก่ พลังงานจากดวงอาทิตย์ และวงโคจรของโลก ปัจจัยภายในได้แก่ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซในบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลก)

2. ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยให้ศึกษาวีดิทัศน์เกี่ยวกับการกำเนิดโลก (Born of Fire) ของ National Geographic จาก YouTube ใช้เวลาประมาณ 10 นาที เมื่อให้ผู้เรียนดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการกำเนิดโลก (Born of Fire) เสร็จแล้ว ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตเกี่ยวกับกระบวนการที่ทำให้โลกเกิดการแบ่งชั้น โดยใช้แนวคำถามดังนี้

ผู้สอน : โลกเกิดขึ้นได้อย่างไร

(แนวคำตอบ โลกได้ถือกำเนิดขึ้นมาเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีมาแล้ว โดยเกิดจากกลุ่มแก๊สและฝุ่นผงในอวกาศที่มีการควบแน่นจนเป็นก้อน ผิวโลกในช่วงนั้นจะมีลักษณะเป็นของเหลวที่ร้อนจัดต่อมาเย็นตัวลงจนเกิดการแข็งตัว บรรยากาศของโลกในสมัยแรกยังไม่มีแก๊สออกซิเจน ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแก๊สเฉื่อย นอกจากนี้ผิวโลกยังไม่มีน้ำในสภาพของเหลวเลย)

ผู้สอน : นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลหรือหลักฐานใดมาสนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

(แนวคำตอบ นักวิทยาศาสตร์ทราบลักษณะโครงสร้างโลกได้ จากการศึกษาข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหว หรือที่เรียกว่า คลื่นไหวสะเทือน และศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากแผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิด คลื่นไหวสะเทือนเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง และมีการส่งผ่านพลังงานผ่านอนุภาคของตัวกลาง)

2. ระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้ (Identifying need knowledge)

1. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

สถานการณ์

กลุ่มสาระการเรียนรู้จะจัดนิทรรศการวิทยาศาสตร์ เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้ผู้เรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีมอบหมายให้ผู้เรียนนำเสนอความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างโลก โดยให้ผู้เรียนนำเสนอในลักษณะของแบบจำลองโครงสร้างโลก

ผู้สอน : ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลก ผู้เรียนต้องรู้อะไรบ้าง

(แนวคำตอบ โครงสร้างของโลก ส่วนประกอบในแต่ละโครงสร้าง ระยะหรือขนาดเพื่อจัดทำสเกล)

ผู้สอน : ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้จากแหล่งใดได้บ้าง

(แนวคำตอบ ผู้เรียนตอบตามความรู้และประสบการณ์เดิม เช่น อินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ Googleฯ)

3. ตั้งสมมติฐาน (Setting hypothesis)

1. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างโลก โดยใช้แนวคำถามดังนี้

ผู้สอน : ให้ผู้เรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับโครงสร้างโลกที่ต้องการหาคำตอบ

(แนวคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างโลกตามความสนใจของตนเอง)

ผู้สอน : ให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ตนเองต้องการหาคำตอบ

(แนวคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างโลกตามความสนใจของตนเอง ซึ่งอาจมีได้หลากหลาย เช่น โครงสร้างภายนอกสุดของโลกมีความหนาแน่นที่สุด เป็นต้น)

2. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการใช้คลื่นไหวสะเทือนในการศึกษาโครงสร้างโลก โดยใช้แนวคำถามดังนี้

ผู้สอน : นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าโลกประกอบด้วยกี่ชั้น

(แนวคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างโลกตามความสนใจของตนเอง ซึ่งอาจมีได้หลากหลาย เช่น นักวิทยาศาสตร์เจาะเข้าไปในโลกแล้วใช้กล้องส่องเพื่อบันทึกภาพ การใช้คลื่นไหวสะเทือนฯ)

ผู้สอน : แต่ละชั้นของโลกมีลักษณะและองค์ประกอบอย่างไร

(แนวคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างโลกตามความสนใจของตนเอง ซึ่งอาจมีได้หลากหลาย เช่น แต่ละชั้นของโครงสร้างโลกมีลักษณะและองค์ประกอบเหมือนกัน แต่ละชั้นของโครงสร้างโลกมีลักษณะและองค์ประกอบแตกต่างกันกล่าวคือ...ผู้เรียนให้เหตุผลตามสมมติฐานของตนเอง)

ผู้สอน : หากเราต้องการศึกษาโครงสร้างโลก เราจะอย่างไรได้บ้าง

(แนวคำตอบ ผู้เรียนตอบตามความรู้และประสบการณ์เดิม เช่น เจาะเข้าไปในโลกแล้วใช้กล้องส่องเพื่อบันทึกภาพการใช้คลื่นไหวสะเทือนฯ)

ผู้สอน : หากเราต้องการใช้คลื่นไหวสะเทือนในการศึกษาโครงสร้างโลก เราจะอย่างไร

(แนวคำตอบ ผู้การศึกษาโครงสร้างของโลกนั้น ใช้คุณสมบัติของคลื่นในตัวกลางเป็นหลัก ซึ่งเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันที่มีความหนาแน่นต่างกัน จะทำให้คลื่นเกิดการเปลี่ยนแปลง ทั้งอัตราเร็ว การหักเหและการสะท้อน ดังนั้น หากโลกเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด คลื่นจะมีความเร็วคงที่และเป็นเส้นตรง แต่จากการใช้คลื่นไหวสะเทือนสำรวจโครงสร้างของโลก คลื่นไม่ได้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และมีบางพื้นที่ที่ไม่สามารถรับคลื่นทั้ง 2 นี้ได้ หรือ ที่เรียกว่า “เขตอับคลื่น” (Shadow zone) ซึ่งเป็นผลจากการสะท้อนและหักเหของคลื่น)

ผู้สอน : คลื่นไหวสะเทือนที่ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในโลกเป็นคลื่นชนิดใด

(แนวคำตอบ นักวิทยาศาสตร์ยังได้นำคลื่นไหวสะเทือน (Seismic waves) เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของโลก คลื่นไหวสะเทือน คือ คลื่นกลที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว รวมถึงแรงสั่นสะเทือนจากการระเบิด การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก และแรงสั่นสะเทือนที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยที่คลื่นไหวสะเทือนนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) คลื่นในตัวกลาง (Body wave) คือ คลื่นที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง หรือ คลื่นที่สามารถเดินทางผ่านเข้าไปในเนื้อโลกได้ในทุกทิศทาง ประกอบไปด้วย คลื่นปฐมภูมิ (Primary wave: P wave) คือ คลื่นตามยาวที่สามารถเคลื่อนผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ ทั้งตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ คลื่นปฐมภูมิเป็นคลื่นไหวสะเทือนที่มีความเร็วสูงสุด (ราว 7 กิโลเมตร/วินาที) ส่งผลให้สถานีวัดแรงสั่นสะเทือนสามารถตรวจรับได้ก่อนคลื่นชนิดอื่น คลื่นทุติยภูมิ (Secondary wave: S wave) คือ คลื่นตามขวางที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้เฉพาะตัวกลางที่เป็นของแข็ง มีความเร็วต่ำ (ราว 4 กิโลเมตร/วินาที) 2) คลื่นพื้นผิว (Surface wave) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่บนพื้นผิวโลกเท่านั้น และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าคลื่นในตัวกลาง)

ผู้สอน : ระดับความลึกของโลกมีความสัมพันธ์กับความดันและอุณหภูมิภายในโลกอย่างไร

(แนวคำตอบ ความดันและอุณหภูมิภายในโลกเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึก)

ผู้สอน : อุณหภูมิและความดันภายในโลกของแต่ละชั้น มีความสัมพันธ์กับสิ่งใด

(แนวคำตอบ ความลึกและองค์ประกอบ)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collecting data)

1. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ระบุไว้ในขั้นระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งอาจจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานก็ได้

2. ผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนสืบค้นความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของโลก และรวบรวมข้อมูลหลักฐานจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ จากนั้นให้ผู้เรียนบันทึกความรู้ที่ได้ลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การศึกษาคลื่นไหวสะเทือนที่ผ่านโครงสร้างโลก ซึ่งผู้เรียนควรระบุความรู้ที่ได้ดังนี้ นักวิทยาศาสตร์ใช้สมบัติของคลื่นไหวสะเทือนในการศึกษาโครงสร้างโลก โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน โดยคลื่นไหวสะเทือนแบ่งเป็น คลื่นปฐมภูมิ (primary wave) คือ คลื่นตามยาวเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าคลื่นทุติยภูมิ สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ และคลื่นทุติยภูมิ (secondary wave) คือคลื่นตามขวาง ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและแก๊สได้

5. วางแผนและการออกแบบวิธีการ (Designing method)

1. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนวางแผนและออกแบบวิธีการเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยให้แต่ละกลุ่มวางแผนดำเนินงาน กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติ ศึกษาและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

2. ผู้สอนคอยแนะนำข้อผิดพลาดที่มักพบบ่อยในการวางแผนและออกแบบวิธีการเพื่อทดสอบสมมติฐาน เช่น ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ ระบุวิธีการที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ หรือเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมกับวิธีทดสอบ ระบุวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบถ้วน)

6. สร้างชิ้นงาน (Creating product)

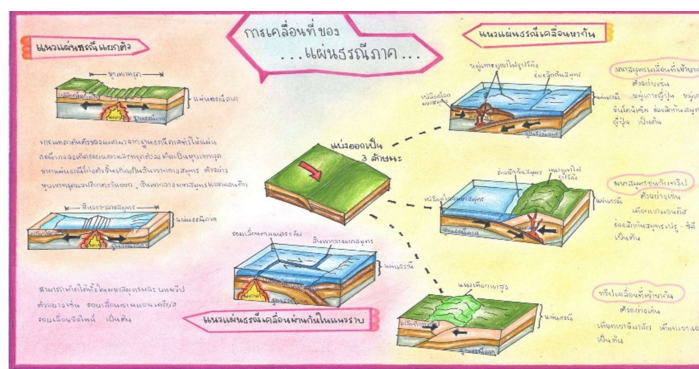
1. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก โดยสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

2. ให้ผู้เรียนรวมกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกตามสถานการณ์และวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องแบบจำลองโครงสร้างโลก

3. ผู้สอนคอยสำรวจการทำงานของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม อำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำกับผู้เรียนเช่น การแบ่งชั้นต่าง ๆ ตามสีดินน้ำมัน ความหนาในแต่ละชั้นของแบบจำลอง



ภาพที่ 1ก ชิ้นงานของผู้เรียน



ภาพที่ 1ข แบบจำลองของผู้เรียน

7. ทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล (Testing and analyzing data)

1. ผู้เรียนนำเสนอแบบจำลองโครงสร้างโลก และตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงานภายในกลุ่มของตนเอง

2. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม หรือเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของชิ้นงานให้ดีขึ้น

8. สรุปผลและนำเสนอ (Summarizing and presenting)

1. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองโครงสร้างโลก พร้อมอธิบายแนวคิดการออกแบบ และกระบวนการทำแบบจำลองโครงสร้างโลก

2. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันตรวจสอบ สะท้อนผล แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยใช้แนวคำถามดังนี้

ผู้สอน : โครงสร้างโลกชั้นใดมีความหนาน้อยที่สุด

(แนวคำตอบ เปลือกโลก หรือ Crust)

ผู้สอน : เปลือกโลกทวีปแตกต่างจากเปลือกโลกมหาสมุทรอย่างไร

(แนวคำตอบ เปลือกโลกมหาสมุทร เป็นส่วนหนึ่งของเปลือกโลกที่สร้างพื้นทะเล เชื่อกันว่าทำจากผลิตภัณฑ์จากลาวาภูเขาไฟ นักธรณีวิทยาแนะนำอายุของเปลือกโลกในมหาสมุทรรอบอยู่ที่ประมาณ 100 ล้านปีซึ่งน้อยกว่าอายุของเปลือกโลก)

ผู้สอน : เขตความเร็วต่ำมีคุณสมบัติแตกต่างจากธรณีภาคอย่างไร

(แนวคำตอบ ธรณีภาค (lithosphere) เป็นชั้นนอกสุดของโลก พบว่าคลื่น P และคลื่น S จะเคลื่อนที่ผ่านธรณีภาคด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วง 6.4 -8.4 กิโลเมตรต่อวินาที และ 3.7 - 4.8 กิโลเมตรต่อวินาที ตามลำดับ โดยทั่วไปชั้นนี้มีความลึกประมาณ 100 กิโลเมตร จากผิวโลก ประกอบด้วยหินที่มีสมบัติเป็นของแข็ง เขตที่คลื่นไหวสะเทือนมีความเร็วลดลง (low velocity zone) เป็นบริเวณที่คลื่นไหวสะเทือน P และ S มีความเร็วลดลง เกิดขึ้นในระดับความลึกประมาณ 100 – 400 กิโลเมตร จากผิวโลก และเนื่องจากบริเวณนี้ประกอบด้วยหินที่มีสมบัติเป็นพลาสติก (อุณหภูมิและความดันบริเวณนี้ทำให้แร่บางชนิดที่อยู่ในหินเกิดการหลอมตัว เล็กน้อย) และวางตัวอยู่ส่วนล่างของธรณีภาค)

ผู้สอน : หลักฐานใดที่นำมายืนยันว่า แก่นโลกชั้นนอกเป็นของเหลว

(แนวคำตอบ คลื่นทุติยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกได้)

ผู้สอน : ลาวาที่ปะทุขึ้นมาบนผิวโลก มีแหล่งกำเนิดมาจากชั้นใดของโครงสร้างโลก

(แนวคำตอบ ภูเขาไฟเกิดจากการที่หินหนืดในชั้นแมนเทิลมีอุณหภูมิและความดันสูงมากจึงพยายามดันและแทรกตัวตามรอยแตกชั้นผิวโลก โดยมีแรงประทุหรือแรงระเบิดเกิดขึ้น หินหนืดที่ออกจากปล่องภูเขาไฟเรียกว่า ลาวา (Lava))

9. เชื่อมโยงและเผยแพร่ผลงาน (Linking and disseminating)

1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ เพื่ออธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกพร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่น่าสนใจได้อย่างถูกต้องโดยใช้แนวคำถามดังนี้

ผู้สอน: จากกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การศึกษาคลื่นไหวสะเทือนที่ผ่านโครงสร้างโลก ผู้เรียนนำความรู้เกี่ยวกับสาระวิทยาศาสตร์มาใช้อย่างไร

ผู้สอน: จากกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แบบจำลองโครงสร้างโลก ผู้เรียนนำความรู้เกี่ยวกับสาระเทคโนโลยีมาใช้อย่างไร

2. ผู้เรียนนำแบบจำลองโครงสร้างโลกที่มีคุณภาพอันดับที่ 1, 2 และ 3 เผยแพร่ผลงานของตนเองผ่านช่องทางสื่อโซเชียลมีเดีย เช่น LINE, Page, Facebook หรือ Messenger

บทสรุป

บทความนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถบูรณาการได้เป็นอย่างดีกับการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน โดยผู้เขียนได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยไว้ 9 ขั้นตอน และยังได้ใช้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อเชื่อมโยงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยเข้ากับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศเพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัย การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาฐานวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้สอนและผู้เรียน เนื่องจากมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการวิจัยและการสืบเสาะที่หลากหลาย อีกทั้งผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนจากการลงมือปฏิบัติจริง นอกจากนั้นผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะการทำงานกับผู้อื่นเป็นทีมได้เป็นอย่างดี ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวเป็นคุณลักษณะสำคัญของมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งหากประเทศไทยมีเด็กและเยาวชนที่มีคุณลักษณะดังกล่าวเป็นจำนวนมากแล้ว ก็เชื่อได้ว่า ประเทศไทยจะมีพลเมืองที่มีคุณภาพเพื่อดำรงความอยู่รอดของประเทศในอนาคตได้อย่างแน่นอน

References

- Buaraphan, K. & Roadrangka, V. (2005). Guideline for science teacher development: Developing pedagogical content knowledge. *Kasetsart Educational Review*, 20(2), 31-48. (In Thai)
- กนกกร พันธุ์ไพโรจน์. (2559). การศึกษาทักษะการวิจัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน เรื่องวิธีการพิสูจน์เบื้องต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และ วรณทิพา รอดแรงคำ. (2548). แนวทางการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ : การพัฒนาความรู้ในเนื้อหา แผนกวิธีสอน. *ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 20(2), 31-48.
- แจ่มละมัย โจรสา. (2560). การปฏิบัติการพัฒนาการคิดวิเคราะห์โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน สารภูมิศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโพธิ์ไทรพิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- จำลอง อบอูน. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- เฉลิมคุณ มัดฉิมมา. (2558). การจัดการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาโดยใช้การวิจัยเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการวิจัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาสังคมศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชนาธิป พรกุล. (2554). การสอนกระบวนการคิดทฤษฎีและการนำไปใช้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิพริทัศน์ (1991).
- ธิดา เวชญาลักษณ์. (2561). หลักการจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิพย์ธัญญา ดวงศรี. (2560). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ทิพรัตน์ มาศเมธาพิทย์. (2551). การพัฒนาหลักสูตรแบบเน้นกระบวนการวิจัยสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 กรณีศึกษาแหล่งเรียนรู้กล้วยตากอินทรีย์บ้านไร่ จังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- นิลวรรณ เกษมโคสน. (2552). การพัฒนาชุดการสอนแบบใช้วิจัยเป็นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาลำปางเขตพื้นที่การศึกษากาญจนบุรี เขต 1 จังหวัดกาญจนบุรี. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ปกิต วิเศษปัดสา. (2556). ผลของการเรียนรู้ชุมชนโดยใช้วิจัยเป็นฐานที่มีต่อทัศนคติการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม และเจตคติต่อการอนุรักษ์วัฒนธรรมไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนสังคมศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ประสาธ นื่องเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พิมพ์นธ์ เดชะคุปต์. (2558). การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภานุพงศ์ โคนชัยภูมิ. (2560). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วรรณภา ขาวสินธ์. (2550). ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพรเจริญวิทยา โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิชุดา สารกรณ์. (2560). การติดตามและประเมินผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วิศิณีส อิศรเสนา. (2560). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิเชียร ภคพวงมลชัย. (2559). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องเศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนสังคมศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- อชิรวัดดี ตั้งสมบัติสันติ. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสงและทัศนูปกรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- อดิสร บรรหาร. (2560). การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาฟิสิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.