

อิสระ ทับสีสด<sup>1</sup>

Isara Tubseesode<sup>1</sup>

เอมอร วันเอก<sup>2</sup>

Aimon Wanaek<sup>2</sup>



### บทคัดย่อ

เมื่อใช้ผลการประเมินจากแบบทดสอบ O-NET เป็นเกณฑ์พบว่า เฉพาะกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีแนวโน้มผลการประเมินย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ.2559-2557) โดยภาพรวม ผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งสะท้อนถึงผลการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน สาเหตุเพราะ 1) ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยยึดหนังสือแบบเรียนเสริมหรือเพิ่มเติมเป็นหลัก ทำให้ขาดทักษะการออกแบบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2) รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีอย่างหลากหลายพบว่า มีบางขั้นตอนมีปัญหาต่อการคิดเชิงระบบของผู้เรียน และยังขาดการແຈກແຈງให้เห็นว่า แต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผู้เรียนจะต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทักษะใด และ 3) ผู้สอนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมกับรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้น การนำเสนอบทความจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโดยการบรรยาย เพิ่ม ปรับปรุง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิด 2) แฉกแฉกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องมีในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิด และ 3) อธิบายสาระสำคัญการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ ชิ้นงาน วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ ปรัชญาวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ และระเบียบวิธีวิจัย จะใช้เป็นแนวคิด ทฤษฎี หลักการ วิธีการเพื่ออ้างอิงผลการพัฒนา ดังนี้

<sup>1</sup> สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

<sup>2</sup> สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดแบ่งเป็น 8 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นสังเกต 2) ขั้นกำหนดปัญหา 3) ขั้นกำหนดสมมติฐาน (ถ้ามี) 4) ขั้นรวบรวมข้อมูล 5) ขั้นจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 6) ขั้นวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล 7) ขั้นนำเสนอข้อค้นพบ และ 8) ขั้นสร้างปัญญา

ขั้นตอนที่มีการปรับขยาย เพิ่ม ปรับปรุงประกอบด้วย **ขั้นสังเกต** ขยายเป็น 3 ขั้นตอนย่อยคือ ขั้นทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิม ขั้นสังเกตเหตุการณ์หรือประสบการณ์ใหม่ และขั้นวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูลการสังเกตเพื่อสร้างประเด็นใหม่ของปัญหาที่ต้องคิดค้นหาคำตอบ **ขั้นกำหนดปัญหา** จำแนกเป็นปัญหาการทดลองและปัญหาการสำรวจ **ขั้นกำหนดสมมติฐาน** ปรับปรุงให้มีหรือไม่มี ขึ้นอยู่กับประเภทของปัญหาที่ต้องการคิดค้นหาคำตอบ **ขั้นรวบรวมข้อมูล** จำแนกเป็นการรวบรวมข้อมูลการทดลองและข้อมูลการสำรวจ **ขั้นจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล** ขั้นการนำเสนอข้อค้นพบ และ **ขั้นสร้างปัญญา** เป็นขั้นตอนที่พัฒนาเพิ่มเติมเมื่อเทียบกับขั้นตอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แต่ละขั้นตอนที่พัฒนาจะแจกแจงให้เห็น 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องมี 2) รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละรูปแบบ

**คำสำคัญ:** กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์, ทักษะการคิด, กระบวนการทางวิทยาศาสตร์



## Abstract

Thinking skills and knowledge of Thai students at basic education levels are measured and evaluated by national mean scores of O-NET (Ordinary National Education Test). Retrospect through 3 years (2014-2016), the mean scores of students from the most basic education schools are lower than national mean score. Those evaluation are also interpreted that the thinking skills of Thai students must be improved. Four main causes are; 1) most teachers design their student activities for science teaching by follow the textbooks only, so they lack skills how to design the student activities to variety types by the usage of science process skills, 2) although variety types for science teaching (which each refer to scientific method) are used, but those types are never enumerated what science process skills which students must to have for each step of activity, and 3) misunderstanding of science teachers when they use science process skills to design the student activities, separately between basic skills and integrated skills, and 4 ) because of science learning promotes system thinking of students, but when those types of science teaching are analyzed step by step are found that, some steps are obstacles for system thinking of students. So, which those causes, the goal of this article wants to present the concept of how to develop the steps of science

teaching to promote student's thinking skills. The following are the objectives; 1) to adjust some steps which are used for science teaching 2) to enumerate what science process skills which students must have for each step of science teaching 3) to describe how to design the student activities for each step of science teaching. The presentation of concept is based on Constructionism, Constructivism, scientific method, science process skills method, Piaget's Theory of Intellectual Development, Modern Science Philosophy and research methodology. The following are results.

The steps for science teaching were classified into 8 steps. They were; 1) Observation, 2) Definition of Problem, 3) Hypothesizing, 4) Data Collection, 5) Communication, 6) Analysis, Discussion and Conclusion of Data, 7) Presentation, and 8) Wisdom.

Observation was classified into 3 sub steps; 1) activate prior knowledge or the original experiences 2) assimilation data of a new situation or experience, and 3) analysis and conclusion of assimilation data, which would be a main issue of problem of next step. Definition of Problem was classified into type of problem, experiment problems and survey problems. Hypothesizing was modified to may has or was not has depend up on the main issue of a problem, an experimental problem or a survey problem. Data Collection was classified into 2 types, collection of experimental data and survey data. The Communication, Presentation, and Wisdom were added to the step of science teaching. Each step was showed; 1) the science process skills which students must to have 2) how to design the student activities for science teaching.

**Keywords:** Learning Activities for Science Teaching, Thinking Skills, Science Process Skills



## ที่มาและความสำคัญ

ธรรมชาติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เริ่มจากการที่มนุษย์สังเกตเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม แล้วพบว่า มีบางประเด็นที่เป็นข้อสงสัยและไม่สามารถคิดค้นหาคำตอบด้วยการอ้างอิงความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ (Lederman, *et al.*, 2002; McComas, 2004) วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) เป็นเครื่องมือที่สำคัญที่มนุษย์ใช้สำหรับการคิดค้นหาคำตอบจากประเด็นที่เป็นข้อสงสัยดังกล่าวข้างต้น (Hurd, 1971) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากคำตอบประเด็นที่เป็นข้อสงสัยประกอบด้วยกฎ หลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง มโนคติ และสมมติฐาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

หนึ่งในทักษะทางปัญญา (รวมถึงทักษะการสื่อสาร) ที่จำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนเพื่อรองรับทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 คือทักษะการคิด ทั้งนี้เพราะได้รับการวิเคราะห์และยอมรับในมุมวิชาการแล้วว่า

จำเป็นยิ่งสำหรับเด็กที่จะนำไปสู่การดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 (ทิตินา แชมมณี, 2557) ลักษณะสำคัญ 2 ประการของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งจัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (Cognitive Psychology) คือ **ประการแรก** ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างและแสดงความรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเป็นผู้ออกไปสังเกตสิ่งที่ตนอยากรู้ แล้วนำมาร่วมกันอภิปราย สรุปผลการค้นพบ พร้อมทั้งศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากเอกสารวิชาการหรือแหล่งความรู้ที่หาได้ เพื่อตรวจสอบความรู้ที่ได้มา และเพิ่มเติมเป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์ต่อไป **ประการที่สอง** การเรียนรู้ต้องให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง จนค้นพบความรู้และรู้จักสิ่งที่ค้นพบ เรียนรู้วิเคราะห์ต่อจนรู้จริงว่า ลึก ๆ แล้วสิ่งนั้นคืออะไร มีความสำคัญมากน้อยเพียงไร และศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งลงไปจนถึงรู้แจ้ง (ทิตินา แชมมณี, 2554) ดังนั้น การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง; ผู้เขียน) จะทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ มีทักษะในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551)

วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน นักการศึกษาแต่ละท่านอาจกำหนดขั้นตอนแตกต่างกันตามแนวคิดของตน เช่น Kuslan and Stone (1968) กำหนดให้มี 6 ขั้นตอนคือ ขั้นระบุข้อความของปัญหา ขั้นกำหนดสมมติฐาน ขั้นสืบเสาะหาข้อมูลหลักฐานเพื่อทดสอบสมมติฐาน ขั้นประเมินความเที่ยงตรงของสมมติฐาน ขั้นทบทวนสมมติฐาน (ถ้าจำเป็น) และขั้นนำข้อสรุปไปใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกัน ขณะที่ Carin and Sund (1975) กำหนดให้มี 7 ขั้นตอนคือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทำการทดลอง ขั้นสังเกตขณะทดลอง ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตรวจสอบข้อมูล และขั้นสรุปผลการทดลอง เป็นต้น

ผู้ใช่วิธีการทางวิทยาศาสตร์จะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวนั้น นอกจากขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละคน (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) เช่น การทดลอง ซึ่งเป็นขั้นตอนรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ความสำเร็จของการทดลองขึ้นอยู่กับทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การวัดหรือนับ (เมื่อข้อมูลการทดลองเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ) หรือทักษะการสังเกต (เมื่อข้อมูลการทดลองเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ) เป็นต้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางด้านสติปัญญา (ภพ เลหาไพบูลย์, 2541; วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2544) เป็นทักษะการคิด เป็นการทำงานของสมองที่ใช้การคิด ทั้งการคิดพื้นฐานและการคิดที่ซับซ้อน (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2546) อิศระ ทับสีสด (2549) จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) เป็น 4 กลุ่ม โดยใช้ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเกณฑ์ คือ 1) ทักษะกลุ่มรวบรวมข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการวัดหรือนับ ทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการตัวแปร 2) ทักษะกลุ่มการจัดระบบข้อมูล ประกอบด้วยทักษะการจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการจำแนก 3) ทักษะกลุ่มการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล ประกอบด้วยทักษะการคำนวณ ทักษะการตีความและลงข้อสรุป ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการกำหนดสมมติฐาน ทักษะการลงความคิดเห็น และ 4) ทักษะกลุ่มแสดงความสัมพันธ์

ระหว่างปริภูมิ (Space) กับปริภูมิ และปริภูมิกับเวลาซึ่งมีทักษะเดียวตามชื่อกลุ่มทักษะ ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ถ้าผู้สอนพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จะทำให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

เมื่อวิธีการทางวิทยาศาสตร์ถูกนำมาใช้เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พบว่า นักการศึกษาบางท่านเสนอแนวคิดที่จะปรับ เพิ่ม ลด หรือขยายขั้นตอนจากขั้นตอนเดิมที่มีอยู่พร้อมทั้งเรียกชื่อขั้นตอนที่ปรับใหม่ของตนเพื่อสื่อความหมายว่าใช้สำหรับจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น Biological Science Curriculum Society หรือ BSCS (1997) เสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เรียกว่า แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (Inquiry Cycle หรือ 5Es) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) และขั้นประเมินผล (Evaluate) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ สืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนดังกล่าวมาเมื่อนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Carin and Sund (1975) มาบูรณาการจะพบว่า มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ขั้นระบุปัญหาบูรณาการกับขั้นสร้างความสนใจ ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทำการทดลอง ขั้นสังเกตขณะทดลอง บูรณาการกับขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตรวจสอบข้อมูล และขั้นสรุปผลการทดลองบูรณาการกับขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ส่วนขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินผลของการสืบเสาะหาความรู้ นั้น เป็นขั้นตอนที่ขยายจากขั้นตอนที่มีอยู่เดิมของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จากตัวอย่างการบูรณาการดังกล่าวมาสรุปว่า กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ นั้น โดยสาระสำคัญคือสิ่งเดียวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์

จากหลักฐานของผู้เขียนซึ่งประกอบด้วย 1) ผลการวิเคราะห์การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) จากประสบการณ์การทำหน้าที่นิเทศนักศึกษาที่ออกปฏิบัติการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในสถานศึกษา และ 3) จากการสัมภาษณ์เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างอาจารย์นิเทศก์และผู้สอนจากโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู พบว่า นอกเหนือจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยวิธีการให้เด็กท่องจำแล้ว มีบางเหตุผลเชิงตรรกะที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียนซึ่งสัมพันธ์ต่อการทำให้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบ O-NET ของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ยระดับประเทศทุกปี เฉพาะผลการประเมินย้อนหลังระหว่างปี 2559-2557 (สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์, 2559 สทศ, 2559; อ้างถึงใน โรงเรียนนครนาราชบุรีวิเทศศึกษา, 2559 และ สทศ, 2558; อ้างถึงใน ครูบ้านนอก.คอม, 2558) เหตุผลดังกล่าวคือ 1) ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยยึดเฉพาะตามรูปแบบของหนังสือแบบเรียนเสริมหรือเพิ่มเติมจากสำนักพิมพ์ที่ใช้ประกอบบทเรียนเป็นหลัก จึงทำให้ขาดทักษะการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีรูปแบบที่หลากหลายด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน 2) กิจกรรมการเรียนรู้ตามหนังสือแบบเรียนเสริมหรือเพิ่มเติมที่ใช้ประกอบบทเรียนนั้น ส่วนใหญ่เน้นให้ผู้เรียนทำกิจกรรมตามรูปแบบที่ออกแบบให้สำเร็จทำให้ผู้เรียนขาดทักษะการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ด้วยตนเอง 3) แม้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่เมื่อนำใช้สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบที่หลากหลายแล้วพบว่า บางขั้นตอนเป็นอุปสรรคต่อการคิดเชิงระบบของผู้เรียน เช่น ขั้นสังเกต พบว่าเมื่อวิเคราะห์ตามแนวคิด

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองของ Piaget and Vygotsky (อ้างอิงใน พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, ออนไลน์) และตามปรัชญาวิทยาศาสตร์แนวใหม่ (สสวท., 2545) พบว่า ขาดขั้นตอนย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะนำมาสู่การค้นพบประเด็นใหม่ของปัญหาใหม่ที่แตกต่างจากความรู้หรือประสบการณ์เดิม เป็นต้น และยังขาดการแจกแจงให้เห็นว่า แต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แต่ละรูปแบบนั้น ผู้เรียนจะต้องมีหรือใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทักษะใด และ 4) ผู้สอนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมกับรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ คือ มีความเข้าใจว่าระดับปฐมวัยควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยทักษะพื้นฐาน ส่วนระดับประถมและมัธยมศึกษาจึงจัดให้ครบทั้ง 13 ทักษะ (พัชรีย์ ผลโยธิน, 2538 และ Nueman, 1981; อ้างถึงใน ชนกพร ธีระกุล, 2541 และ ขนิษฐา จินนาภักดี, 2542) ซึ่งแท้จริงแล้ว การคิดค้นหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดเชิงระบบต่อเนื่องจากขั้นตอนหนึ่งถึงอีกขั้นตอนหนึ่ง ดังนั้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีของวิธีการทางวิทยาศาสตร์จัดเป็นทักษะเชิงระบบ

จากที่มาและความสำคัญดังกล่าวมา บทความนี้จึงต้องการนำเสนอแนวคิดที่จะพัฒนาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยอ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี หลักการ และวิธีการที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งจะส่งผลต่อการส่งเสริมทักษะการคิดและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน



## วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาโดยการปรับขยาย เพิ่ม ปรับปรุงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิด
2. เพื่อแจกแจงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจะต้องมีในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิด
3. เพื่ออธิบายสาระสำคัญการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิด

## แนวคิด ทฤษฎี หลักการ วิธีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสังเคราะห์จากแนวคิด ทฤษฎี หลักการ วิธีการที่เกี่ยวข้องคือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (Biological Science Curriculum Society, 1997) ทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ของ Piaget & Vygotsky (อ้างอิงใน พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, ออนไลน์) ทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ของ Seymour Papert (1960; อ้างถึงใน เสาวภา วัชรกิตติ, 2537 และ ลักขณา สรวิวัฒน์, 2557) กลุ่มทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) ของ Duffy and Cunningham (1966; อ้างถึงใน

อนุชา โสมาบุตร, ออนไลน์) ทฤษฎีทางปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Intellectual Development) ของ Piaget (1986; อ้างถึงใน Lall and Lall, 1983) และวิธีการวิจัย เนื่องด้วยข้อจำกัดพื้นที่ของบทความแนวคิด ทฤษฎี หลักการ และวิธีการที่เกี่ยวข้องดังกล่าวจะนำเสนออ้างอิงในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนา

## ผลการพัฒนาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิด

เมื่ออ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี หลักการ วิธีการที่เกี่ยวข้องดังกล่าวก่อนหน้านี้ ผลการพัฒนาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นำเสนอขั้นตอนและสาระสำคัญแต่ละขั้นดังนี้

### 1. ขั้นสังเกต

เป็นขั้นตอนแรกของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้สอนกำหนดให้ผู้เรียนทำการสังเกตปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่เพื่อค้นพบประเด็นใหม่ที่แตกต่างจากความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ต่อมาประเด็นดังกล่าวจะถูกพัฒนาเป็นปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบ

ตามแนวคิดทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเองของ Piaget & Vygotsky (อ้างถึงใน พิมพ์นธ์ เดชะคุปต์, ออนไลน์) กระบวนการเรียนรู้แบ่งเป็น 3 ลำดับชั้นย่อย **ขั้นแรก** การดูดซับ (Assimilation) กระบวนการทางปัญญาของสมอง (Cognitive Process) จะรับรู้ข้อมูลของสิ่งเร้าภายนอกซึ่งอาจเป็นเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ใด ๆ ด้วยประสาทสัมผัส หรือการสังเกต **ขั้นที่สอง** โครงสร้างปัญญา (Cognitive Structure หรือ Schema) จะนำความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาสัมพันธ์กับสิ่งเร้าโดยสร้างภาพซ้อนกับสิ่งเร้านั้น **ขั้นที่สาม** การปรับสมดุลโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) สืบเนื่องจากขั้นที่สอง กล่าวคือ ถ้าข้อมูลของสิ่งเร้าภายนอกสามารถสร้างภาพซ้อนกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาจะมีสภาวะสมดุล (Equilibrium) หมายถึง มีการเรียนรู้สิ่งเร้านั้นมาก่อนแล้ว แต่ถ้าข้อมูลของสิ่งเร้าไม่สามารถสร้างภาพซ้อนกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาจะเกิดสภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) ทำให้เกิดปัญหาที่ต้องดำเนินการคิดค้นหาคำตอบเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล ธรรมชาติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เริ่มจากการที่มนุษย์สังเกตเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมแล้วพบว่า มีบางประเด็นที่เป็นข้อสงสัยและไม่สามารถคิดค้นหาคำตอบด้วยการอ้างอิงความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ (Lederman *et al.*, 2002, McComas, 2004) และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากค้นหาคำตอบของปัญหาที่ค้นพบใหม่จากปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม (เครื่อวัลย์ โปธิพันธ์, 2542) จากทฤษฎีการเรียนรู้และธรรมชาติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังกล่าวจึงอ้างถึงพบว่า การค้นพบประเด็นใหม่จากปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างจากความรู้หรือประสบการณ์เดิมมีสาระสำคัญ 3 ประการ คือ **ประการแรก** ทักษะการสังเกตทำให้กระบวนการทางปัญญาของสมองรับรู้ข้อมูลของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการสังเกต **ประการที่สอง** โครงสร้างทางปัญญาจะนำความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาวิเคราะห์และลงข้อสรุปข้อมูลของปรากฏการณ์ที่ทำการสังเกต ถ้าข้อมูลดังกล่าวซ้อนพอดิบกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาจะมีสภาวะสมดุล **ประการที่สาม** ถ้าปรากฏการณ์ที่ทำการสังเกตเป็นปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ ผลการวิเคราะห์และลงข้อสรุปข้อมูลจะทำให้โครงสร้างทางปัญญามีสภาวะไม่สมดุล เกิดประเด็นใหม่ที่แตกต่างจากประสบการณ์หรือความรู้เดิม ดังนั้นจะเห็นว่า อิทธิพลจากประสบการณ์หรือความรู้เดิมตามปรัชญาวิทยาศาสตร์แนวใหม่จะทำให้

ค้นพบประเด็นใหม่ที่แตกต่างจากเดิม และสร้างเป็นความรู้ใหม่ที่เกิดจากการสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคล (สสวท., 2545)

ดังอ้างอิงดังกล่าวย่อหน้าก่อนหน้า จึงปรับเพิ่มการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีขั้นสังเกต ก่อนขึ้นกำหนดปัญหาและปรับขยายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 3 ขั้นตอนย่อยตามลำดับ ดังนี้

**1.1 ขั้นทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิม** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อต้องการให้ผู้เรียน นำความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงกับข้อมูลการสังเกตปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ที่ต้องการให้เกิดการเรียนรู้ (ซึ่งจะกล่าวดังลำดับขั้น 1.2) ผลการเชื่อมโยงจะทำให้ค้นพบประเด็นใหม่ที่แตกต่างจากความรู้หรือประสบการณ์เดิม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินการโดยก่อนการนำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ต่อผู้เรียน ใช้ชุดคำถาม แต่ละข้อคำถามต้องถามเกี่ยวกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลการสังเกตของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่

**1.2 ขั้นสังเกตปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์หรือใหม่** จัดเป็นขั้นสังเกตอย่างแท้จริง เป็นการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อต้องการให้ผู้เรียนทำการสังเกตข้อมูลของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ที่ต้องการ ให้ผู้เรียนเรียนรู้ ภายหลังผู้สอนจะนำข้อมูลการสังเกตดังกล่าวมาสรุปเป็นประเด็นใหม่ที่แตกต่างจากความรู้ หรือประสบการณ์เดิม (ซึ่งจะกล่าวดังลำดับขั้น 1.3) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนี้ดำเนินการโดยผู้สอน นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่กับผู้เรียนแล้วใช้ชุดคำถาม โดยทักษะการสังเกตที่ต้องมี แต่ละข้อคำถามจะนำมาสู่การสร้างข้อมูลการสังเกตปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ของผู้เรียน

**1.3 ขั้นวิเคราะห์ อภิปรายและลงข้อสรุปข้อมูลการสังเกต** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ ผู้เรียนนำข้อมูลการสังเกตของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ดังกล่าวข้อ 1.2 มาวิเคราะห์ อภิปราย และ ลงข้อสรุปเป็น “ประเด็นใหม่ที่แตกต่างจากความรู้หรือประสบการณ์เดิม” การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนี้ ดำเนินการโดยใช้ชุดคำถาม โดยทักษะการตีความและลงข้อสรุปข้อมูลที่ต้องมี แต่ละข้อคำถามจะนำมาสู่ การวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผลการลงข้อสรุปคือประเด็นใหม่ ที่แตกต่างจากความรู้หรือประสบการณ์เดิม

## 2. ขั้นกำหนดปัญหา

เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้สอนนำประเด็นใหม่ที่แตกต่างระหว่าง ความรู้หรือประสบการณ์เดิม กับผลการลงข้อสรุปข้อมูลการสังเกตของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ มากำหนดเป็นปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบ

เมื่อใช้แหล่งและวิธีการรวบรวมข้อมูลจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติเป็นเกณฑ์ ปัญหา ที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบจำแนกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกเรียกว่า “**ปัญหาการทดลอง**” ซึ่งหมายถึง ปัญหาที่มีลักษณะ 1) สามารถกำหนดสมมติฐานเพื่อคาดคะเนสาเหตุของปัญหาหรือความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม (สสวท., 2522) 2) วิธีการรวบรวมข้อมูลเรียกว่า “การทดลอง” และเรียกข้อมูล จากการทดลองว่า “ข้อมูลการทดลอง” ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกิดจากการกำหนดและต้องมีการจัดกระทำของตัวแปร อิสระตามเงื่อนไขของสมมติฐาน พร้อมทั้งต้องควบคุมอิทธิพลของตัวแปรที่ต้องควบคุม (Ary, Jacobs and Razavieh, 1990) ส่วนปัญหาอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า “**ปัญหาการสำรวจ**” ซึ่งหมายถึงปัญหาที่มีลักษณะ

1) บางปัญหาอาจกำหนดสมมติฐานเพื่อคาดคะเนสาเหตุของปัญหาหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม แต่บางปัญหาอาจไม่สามารถกำหนดสมมติฐานเพื่อคาดคะเนความสัมพันธ์ดังกล่าวก่อนหน้า

2) วิธีการรวบรวมข้อมูล “การสำรวจ” และเรียกข้อมูลจากการสำรวจว่า “ข้อมูลการสำรวจ” ซึ่งเป็นข้อมูลที่มุ่งเน้นหาคำตอบ หรือ คำอธิบายข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้น ณ เวลาที่ทำการสำรวจ ดังนั้น ข้อมูลประเภทนี้จึงไม่สามารถกำหนดและมีการจัดกระทำของตัวแปรอิสระ (มานพ จิตต์ภูษา, 2525; เยาวรัตน์ ปริกขาม และคณะ, 2523)

จากอ้างอิงดังกล่าวย่อหน้าก่อนหน้า การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นกำหนดปัญหาจำแนกปัญหาที่ต้องการคิดค้นหาคำตอบเป็น 2 ประเภทคือ ปัญหาการทดลอง และ ปัญหาการสำรวจความสามารถของผู้สอนในการวิเคราะห์เพื่อให้รู้และเข้าใจประเภทของปัญหามีความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นรวบรวมข้อมูลซึ่งจะกล่าวภายหลัง

โดยไม่ต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใด การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นกำหนดปัญหาดำเนินการโดยผู้สอนนำประเด็นใหม่ที่เป็นความแตกต่างระหว่างความรู้หรือประสบการณ์เดิม (ข้อ 1.1 ชั้นสังเกต) กับผลการลงข้อสรุปข้อมูลการสังเกตของปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ (ข้อ 1.3 ชั้นสังเกต) มาสร้างเป็นข้อคำถามของปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบ

### 3. ชั้นกำหนดสมมติฐาน

เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้สอนกำหนดให้ผู้เรียนคาดคะเนคำตอบของปัญหาการทดลอง ต่อมาภายหลังจึงทำการทดลอง ข้อมูลการทดลองจะถูกวิเคราะห์และลงข้อสรุปเพื่อยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนดขึ้น

สสวท. (2556) ให้ความหมายสมมติฐานว่า เป็นการคิดคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยการสังเกตความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่กำหนดขึ้นยังไม่เป็นกฎ หลักการ ทฤษฎีมาก่อน ข้อความของสมมติฐานมักกล่าวบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ข้อมูลการทดลองจะสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนดขึ้น

จากความหมายดังกล่าวอ้างอิงย่อหน้าก่อนหน้า เมื่อวิเคราะห์จะเห็นว่า สมมติฐานประกอบด้วย 2 ส่วน **ส่วนแรก** คือข้อความส่วนที่เป็นคำตอบจากชั้นกำหนดปัญหาของผู้เรียนที่คาดคะเนสาเหตุของปัญหาหรือ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม และ **ส่วนที่สอง** คือข้อความที่ผู้เรียนให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบของปัญหาจากชั้นกำหนดปัญหา การให้เหตุผลดังกล่าวต้องอ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี หลักการ วิธีการ ข้อเท็จจริง หรือประสบการณ์เดิมที่สอดคล้องกับสภาพปัญหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นกำหนดสมมติฐานดำเนินการโดย เมื่อผู้เรียนตอบคำถามชั้นกำหนดปัญหาซึ่งเป็นปัญหาการทดลองแล้วด้วยทักษะการกำหนดสมมติฐานที่ต้องมี ใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนการคาดคะเนคำตอบของปัญหาดังกล่าว

ปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบจำแนกเป็นปัญหาการทดลองและปัญหาการสำรวจดังกล่าวแล้ว ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นกำหนดสมมติฐานอาจต้องหรือไม่ต้องจัด ขึ้นอยู่กับประเภทของปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบ

#### 4. ขั้นรวบรวมข้อมูล

เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการรวบรวมข้อมูลตามประเภทของปัญหาที่ต้องคิดค้นหาคำตอบ ข้อมูลที่ทำการรวบรวมแล้วจะนำมาสู่การวิเคราะห์อภิปราย และลงข้อสรุปอย่างใดอย่างหนึ่ง

ในกระบวนการแก้ปัญหา หลังจากการทำความเข้าใจกับปัญหาแล้ว จะต้องมีการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พร้อมทั้งดำเนินการแก้ปัญหา (George, 2488; อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2545) การวางแผนและดำเนินการรวบรวมข้อมูลจึงจัดเป็นขั้นตอนหนึ่งของการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การรวบรวมข้อมูลตามประเภทของปัญหาจำแนกเป็น 2 ประเภทคือ การรวบรวมข้อมูลการทดลองและการสำรวจ แต่ละประเภทดำเนินการ ดังนี้

**4.1 การรวบรวมข้อมูลการทดลอง** ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เมื่อปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบเป็นปัญหาการทดลอง การรวบรวมข้อมูลการทดลองต้องมีทักษะการทดลองที่บูรณาการกับ 4 ทักษะคือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการตัวแปร ทักษะการวัดและนับ และทักษะการสังเกต ส่วนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นจำแนกเป็น 3 ขั้นตอนคือ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกข้อมูลการทดลอง (สสวท., 2556) ซึ่งแต่ละขั้นตอนกล่าวโดยสาระสำคัญดังนี้

**1. การวางแผนการทดลอง** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จำเป็นต้องมีก่อนปฏิบัติการทดลอง อิศระ ทับสีสด (2549) จำแนกการวางแผนการทดลองเป็น 3 ขั้นตอน

**ขั้นตอนแรก: การออกแบบกรอบแนวคิดการทดลองจากสมมติฐาน** มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกรอบการทดลองโดยการกำหนด 1) ผลการทดลองที่ต้องการตรวจสอบ 2) วิธีการจัดระดับค่าหรือความแตกต่างตัวกระทำของตัวแปรอิสระ (treatment) 3) สิ่งทดลองหรือหน่วยทดลอง (experimental material or experimental unit) 4) ตัวแปรตาม 5) วิธีการจัดกระทำ (treat) ของตัวกระทำของตัวแปรอิสระกับสิ่งทดลอง 6) วิธีการวัดหรือนับ หรือ สังเกตตัวแปรตาม 7) นิยามเชิงปฏิบัติการตัวแปรตาม 8) วิธีการสรุปผลการทดลอง และ 9) ตัวแปรที่ต้องควบคุมและวิธีการควบคุม กรอบแนวคิดการทดลองที่ออกแบบแล้วจะใช้เป็นกรอบสำหรับการออกแบบวัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลองภายหลัง ส่วนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อิศระ ทับสีสด (2549) จำแนกเป็น 5 รูปแบบที่สำคัญคือ **รูปแบบแรก** ออกแบบกรอบแนวคิดการทดลองให้กับผู้เรียน **รูปแบบที่สอง** อภิปรายคำถามร่วมกับผู้เรียนเพื่อออกแบบกรอบแนวคิดการทดลอง **รูปแบบที่สาม** ผู้เรียนออกแบบกรอบแนวคิดการทดลองด้วยตนเอง **รูปแบบที่สี่** อภิปรายร่วมกับผู้เรียนเพื่อออกแบบกรอบแนวคิดการทดลองจากวัสดุอุปกรณ์การทดลองที่ออกแบบให้ และ **รูปแบบที่ห้า** ผู้เรียนออกแบบกรอบแนวคิดการทดลองด้วยตนเองจากวัสดุอุปกรณ์การทดลองที่ออกแบบให้

กรอบแนวคิดการทดลองที่ออกแบบแล้ว จะใช้เป็นกรอบให้ผู้เรียนออกแบบวัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง แต่ถ้าผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขึ้นวางแผนการทดลองโดยออกแบบวัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลองให้กับผู้เรียน จะยกเว้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนี้

**ขั้นตอนที่สอง: การออกแบบวัสดุอุปกรณ์การทดลองจากกรอบแนวคิดการทดลอง** มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) กำหนดขอบเขตระดับค่าหรือความแตกต่างของตัวกระทำของตัวแปรอิสระ 2) เป็นเครื่องมือ

ควบคุมคุณสมบัติเชิงปริมาณตัวกระทำของตัวแปรอิสระขณะปฏิบัติการทดลอง (ถ้ามี) 3) เป็นสิ่งทดลอง 4) เป็นเครื่องมือกระตุ้นการจัดกระทำ (ถ้ามี) ระหว่างตัวกระทำของตัวแปรอิสระ กับ สิ่งทดลอง 5) เป็นเครื่องมือวัดหรือสังเกตตัวแปรตาม 6) ควบคุมตัวแปรที่ต้องควบคุม 7) เป็นเครื่องมือควบคุมตัวคุณสมบัติเชิงปริมาณของแปรที่ต้องควบคุมขณะปฏิบัติการทดลอง และ 8) เป็นวัสดุอุปกรณ์ช่วยการทดลอง วัสดุอุปกรณ์การทดลองแต่ละชนิดเมื่อออกแบบแล้วต้องระบุชนิด จำนวนชนิด คุณสมบัติที่ต้องการทั้งเชิงคุณลักษณะและหรือเชิงปริมาณ พร้อมทั้งจัดทำรายการ โดยแต่ละรายการต้องระบุจำนวนนับที่ต้องการ สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น อิสระ ทับสีสด (2549) จำแนกเป็น 3 รูปแบบที่สำคัญคือ **รูปแบบแรก** ออกแบบวัสดุอุปกรณ์จากรอบแนวคิดการทดลองให้กับผู้เรียน **รูปแบบที่สอง** อภิปรายคำถามร่วมกับผู้เรียนเพื่อออกแบบวัสดุอุปกรณ์จากรอบแนวคิดการทดลอง และ **รูปแบบที่สาม** ผู้เรียนออกแบบวัสดุอุปกรณ์จากรอบแนวคิดการทดลองด้วยตนเอง

**ขั้นตอนที่สาม: การออกแบบวิธีการทดลองจากรอบแนวคิดและวัสดุอุปกรณ์การทดลอง** มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนบริหารวัสดุอุปกรณ์การทดลองตามกรอบแนวคิดการทดลองโดยออกแบบ 1) วิธีการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องติดตั้งก่อนเริ่มลงมือปฏิบัติการทดลอง (setting up) 2) วิธีการควบคุมคุณสมบัติเชิงปริมาณขณะปฏิบัติการของตัวกระทำของตัวแปรอิสระ (ถ้ามี) 3) วิธีการจัดกระทำของตัวกระทำของตัวแปรอิสระกับ สิ่งทดลอง และถ้าการออกแบบดังกล่าวต้องควบคุมคุณสมบัติเชิงปริมาณขณะปฏิบัติการทดลองของตัวแปรที่ต้องควบคุม ต้องออกแบบวิธีการดังกล่าวควบคุมกัน 4) วิธีการวัดหรือนับหรือสังเกตคุณสมบัติของแต่ละตัวแปรตาม และถ้าต้องการควบคุมคุณสมบัติเชิงปริมาณขณะปฏิบัติการทดลองของตัวแปรที่ต้องควบคุมต้องออกแบบวิธีการดังกล่าวควบคุมกัน 5) วิธีการบันทึกผลการทดลอง 6) วิธีการทดลองซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรตาม เมื่อคุณสมบัติดังกล่าวต้องแสดงด้วยค่าเฉลี่ยหรือ เพื่อศึกษาผลความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามอื่นตามขอบเขตตัวแปรที่กำหนด และ 7) จัดลำดับขั้นปฏิบัติการทดลอง สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น อิสระ ทับสีสด (2549) จำแนกเป็น 3 รูปแบบที่สำคัญคือ **รูปแบบแรก** ออกแบบวิธีการทดลองให้กับผู้เรียน **รูปแบบที่สอง** อภิปรายคำถามร่วมกับผู้เรียนเพื่อออกแบบวิธีการทดลองจากรอบแนวคิดและวัสดุอุปกรณ์การทดลอง และ **รูปแบบที่สาม** ผู้เรียนออกแบบวิธีการทดลองจากรอบแนวคิดและวัสดุอุปกรณ์การทดลองด้วยตนเอง

**2. การปฏิบัติการทดลอง** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการทดลองที่ออกแบบสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น อิสระ ทับสีสด (2549) จำแนกเป็น 2 รูปแบบคือ การสาธิต และการให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง

**3. การบันทึกข้อมูลการทดลอง** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนบันทึกข้อมูลด้วยวิธีการที่เหมาะสม ข้อมูลการทดลองที่บันทึกจัดเป็นข้อมูลดิบซึ่งอาจเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณลักษณะ (เชิงคุณภาพ) หรือทั้งสองประเภทร่วมกัน

**4.2 การรวบรวมข้อมูลการสำรวจ** ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เมื่อปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบเป็นปัญหาการสำรวจ การรวบรวมข้อมูลการสำรวจต้องใช้ทักษะการสังเกต หรือทักษะการวัดและนับ หรือทั้ง 2 ทักษะร่วมกัน ข้อมูลการสำรวจจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติมี 2 ประเภทคือ ข้อมูลการสังเกต (ข้อมูลเชิงคุณภาพ) และข้อมูลการวัดหรือนับ (ข้อมูลเชิงปริมาณ) ส่วนการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้ชั้นอิสระ ทับสีสด (2549) จำแนกเป็น 3 ขั้นตอนคือ การวางแผนการสำรวจ การดำเนินการสำรวจ และการบันทึกข้อมูลการสำรวจ แต่ละขั้นตอนดังกล่าว กล่าวโดยสังเขปดังนี้

**1. การวางแผนการสำรวจ** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จำเป็นต้องจัดก่อนลงมือดำเนินการสำรวจ จำแนกเป็น 2 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนกล่าวโดยสังเขป ดังนี้

**ขั้นตอนแรก: การออกแบบกรอบแนวคิดการสำรวจ** มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกรอบดำเนินการสำรวจด้วยการกำหนด 1) “ทำอะไร” หมายถึง การระบุให้เห็นเป้าหมายของการสำรวจคืออะไร ซึ่งจะต้องมีความสอดคล้องกับปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบ 2) “ทำอย่างไร” หมายถึง การออกแบบวิธีดำเนินการสำรวจซึ่งจำแนกเป็น 2 วิธีตามประเภทข้อมูลการสำรวจดังกล่าวแล้ว และ 3) “ที่ไหน” หมายถึง การระบุแหล่งข้อมูลที่ผู้เรียนต้องการเข้าถึง สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำแนกเป็น 3 รูปแบบที่สำคัญคือ **รูปแบบแรก** ออกแบบกรอบแนวคิดการสำรวจให้กับผู้เรียน **รูปแบบที่สอง** ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายคำถามร่วมกันเพื่อออกแบบกรอบแนวคิดการสำรวจ และ**รูปแบบที่สาม** ผู้เรียนออกแบบกรอบแนวคิดการสำรวจด้วยตนเอง (อิสระ ทับสีสด, 2549)

กรอบแนวคิดการสำรวจที่ออกแบบแล้ว จะใช้เป็นกรอบให้ผู้เรียนออกแบบวัสดุอุปกรณ์และวิธีการสำรวจ แต่ถ้าผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขึ้นวางแผนการสำรวจโดยออกแบบวัสดุอุปกรณ์และวิธีการสำรวจให้กับผู้เรียน จะยกเว้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนี้

**ขั้นตอนที่สอง: การออกแบบวิธีการสำรวจ** มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบวิธีการสำรวจตามกรอบแนวคิดที่มี ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้สอนต้องประเมินว่า ข้อมูลที่ต้องการให้ผู้เรียนทำการสำรวจเป็นข้อมูลการสังเกต หรือข้อมูลการวัดหรือการนับ แล้วจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังนี้ ถ้าเป็นข้อมูลการสังเกต การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำแนกเป็น 5 รูปแบบคือ **รูปแบบแรก** สังเกตโดยตรงโดยไม่ต้องออกแบบวิธีการและวัสดุอุปกรณ์การสังเกต **รูปแบบที่สอง** ออกแบบวิธีการและวัสดุอุปกรณ์การสังเกตให้กับผู้เรียน **รูปแบบที่สาม** อภิปรายร่วมกับผู้เรียนเพื่อออกวิธีการสังเกตจากกรอบแนวคิดการสำรวจและวัสดุอุปกรณ์ที่ออกแบบให้ **รูปแบบที่สี่** ผู้เรียนออกแบบวิธีการสังเกตด้วยตนเองจากกรอบแนวคิดการสำรวจและวัสดุอุปกรณ์การสังเกตที่ออกแบบให้ และ **รูปแบบที่ห้า** ผู้เรียนออกวัสดุอุปกรณ์และวิธีการสังเกตจากกรอบแนวคิดการสำรวจด้วยตนเอง (อิสระ ทับสีสด, 2549) แต่ถ้าเป็นข้อมูลการวัดหรือนับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำแนกเป็น 4 รูปแบบคือ **รูปแบบแรก** ออกแบบวิธีการและเครื่องมือวัดหรือนับให้กับผู้เรียน **รูปแบบที่สอง** อภิปรายคำถามร่วมกับผู้เรียนเพื่อออกแบบวิธีการวัดหรือนับจากกรอบแนวคิดการสำรวจและเครื่องมือที่ออกแบบให้ **รูปแบบที่สาม** ผู้เรียนออกแบบวิธีการวัดหรือนับจากกรอบแนวคิดและเครื่องมือที่ออกแบบให้ และ **รูปแบบที่สี่** ผู้เรียนออกแบบวิธีการและเครื่องมือวัดจากกรอบแนวคิดการสำรวจด้วยตนเอง (อิสระ ทับสีสด, 2549)

**2. การดำเนินการสำรวจ** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนทำการสำรวจตามแผนการสำรวจที่วางแผน

**3. การบันทึกข้อมูลการสำรวจ** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนบันทึกข้อมูลการสำรวจด้วยวิธีการที่เหมาะสม ข้อมูลการสำรวจที่บันทึกจัดเป็นข้อมูลดิบซึ่งอาจเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ หรือทั้งสองประเภทร่วมกัน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นรวบรวมข้อมูล เป็นแนวคิดที่จะพัฒนาให้ผู้สอนเห็นว่า ถ้าเป็นข้อมูล การทดลองหรือข้อมูลการสำรวจอย่างใดอย่างหนึ่ง จะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างไร

## 5. ขั้นตอนการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลการทดลอง หรือข้อมูล การสำรวจอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งเป็นข้อมูลดิบมาจัดกระทำและสื่อความหมายด้วยวิธีการและรูปแบบที่เหมาะสม ทั้งนี้ เพื่อหาความหมายหรือสารสนเทศของข้อมูล (Information) โดยการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล

การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลการสังเกต การวัดหรือนับ หรือ การทดลองซึ่งเป็นข้อมูลดิบมาจัดกระทำเพื่อหาความหมายด้วยวิธีการที่เหมาะสม เช่น จำแนก แยกแยะความถี่ คำนวณหาค่าใหม่ เรียงลำดับ เป็นต้น พร้อมทั้งนำมาสื่อความหมายด้วยรูปแบบที่เหมาะสม เช่น กราฟ ตาราง แผนภูมิประเภทต่าง ๆ เป็นต้น (สสวท., 2556)

โดยใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำแนกเป็น 3 รูปแบบ ที่สำคัญคือ **รูปแบบแรก** ออกแบบวิธีการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลให้กับผู้เรียน **รูปแบบที่สอง** อภิปราย คำถามร่วมกับผู้เรียนเพื่อออกแบบวิธีการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และ **รูปแบบที่สาม** ผู้เรียนออกแบบวิธีการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลด้วยตนเอง (อิสระ ทับสีสด, 2549)

การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจัดเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ทำเป็นประจำและมีความสำคัญต่อธรรมชาติ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังกล่าวก่อนหน้า แต่ทั้งนี้โดยขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และของกิจกรรม การเรียนรู้วิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนนี้จะจัดให้เป็นหนึ่งของการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล จึงทำให้ลดความสำคัญลงทั้งที่ทำเป็นประจำดังกล่าว่าอ้างอิง ด้วยเหตุดังกล่าว การจัดกระทำและสื่อความหมายจึงพัฒนาให้เป็นขั้นตอนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่แยกจากการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล

## 6. ขั้นวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล

เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลการสังเกต การวัดและนับ หรือข้อมูลการทดลองที่จัดกระทำและสื่อความหมายแล้วมาวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปเป็นสารสนเทศ ตามความสัมพันธ์ที่พบ (สสวท., 2556) พร้อมทั้งตีความข้อมูลซึ่งตามแนวคิดของเกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2549) การตีความ หมายถึง การขยายความสัมพันธ์ของข้อมูลที่พบให้เป็นคำตอบของปัญหาโดยอ้างอิง สารสนเทศ ซึ่งคำตอบดังกล่าวคือ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างใดอย่างหนึ่ง

โดยการนำทักษะการตีความและลงข้อสรุปข้อมูล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำแนกเป็น 2 รูปแบบ **รูปแบบแรก** อภิปรายคำถามร่วมกับผู้เรียนเพื่อวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล **รูปแบบที่สอง** ผู้เรียนวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูลด้วยตนเอง (อิสระ ทับสีสด, 2549)

การวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูลจัดเป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ปรากฏอยู่แล้วสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รูปแบบที่หลากหลาย เช่น ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุปของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (BSCS, 1997) เป็นต้น

## 7. ขั้นนำเสนอข้อค้นพบ

เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนนำเสนอข้อค้นพบด้วยช่องทางการสื่อสารที่เหมาะสม โดยหลักตรรกะ เป็นธรรมชาติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ว่า ภายหลังจากวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ใหม่ความรู้ดังกล่าวจะต้องมีการเผยแพร่โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง จากหลักตรรกะดังกล่าว ภายหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้ว ผู้เรียนต้องนำเสนอข้อค้นพบของตนเองด้วยช่องทางการสื่อสารอย่างใดอย่างหนึ่ง

## 8. ขั้นสร้างปัญญา

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) มีแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนจะต้องสร้างความหมายให้กับ “สิ่งที่สนใจนั้นด้วยตนเองและอยู่ในบริบทที่แท้จริงของผู้เรียนเอง” ผู้เรียนควรมีโอกาสนำความรู้ที่ “สร้างสรรค์ขึ้นมาสร้างสรรค์ชิ้นงาน” การสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึงการสร้างความรู้ในตนเองขึ้นมานั่นเอง (Seymour, 1980; อ้างถึงใน ลักขณา สรวิวัฒน์, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา ขแมมณี (2554) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ต้องให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง จนค้นพบความรู้และรู้จักสิ่งที่ค้นพบ เรียนรู้วิเคราะห์ต่อจนรู้จริงว่า ลึก ๆ แล้วสิ่งนั้นคืออะไร มีความสำคัญมากน้อยเพียงไร และศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งลงไปจนถึงรู้แจ้ง การรู้แจ้งดังกล่าวคือ ปัญญา หรือ wisdom (ผู้เขียน)

อ้างอิงทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ขั้นสร้างปัญญาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อค้นพบมาขยายเป็นความรู้เพิ่มเติมด้วยวิธีการใดวิธีหนึ่ง เช่น วิเคราะห์ อภิปราย เปรียบเทียบความรู้จากข้อค้นพบกับความรู้ที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียน ตำราเรียน หรือข้อค้นพบของผู้อื่นที่มีอยู่ก่อนแล้ว การต่อยอดความรู้ใหม่จากข้อค้นพบ คิดค้นวิธีการหาคำตอบใหม่ที่แตกต่างจากวิธีการเดิมนำความรู้จากข้อค้นพบมาใช้ประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น สร้างสิ่งประดิษฐ์โดยใช้หลักการของ STEM หรือ นวัตกรรมใหม่ เป็นต้น



การนำเสนอ “การพัฒนาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิด” มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโดยการปรับขยาย เพิ่ม ปรับปรุงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิด 2) แจกแจงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องมีในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิด และ 3) อธิบายสาระสำคัญการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิด

โดยอ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี หลักการ วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการพัฒนาจำแนกขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเป็น 8 ขั้นตอนคือ ขั้นสังเกต ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นกำหนดสมมติฐาน (ถ้ามี) ขั้นรวบรวมข้อมูล ขั้นจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

ขั้นวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล ชี้นำเสนอข้อค้นพบ และ ขั้นสร้างปัญญา สาระสำคัญของการพัฒนา เป็นดังนี้

**ขั้นสังเกต** จำแนกเป็น 3 ขั้นตอนย่อยคือ 1) ขั้นทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิม 2) ขั้นสังเกตปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ และ 3) ขั้นวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูลการสังเกต **ขั้นกำหนดปัญหา** จำแนกปัญหาเป็น 2 ประเภทคือ ปัญหาการทดลอง และ ปัญหาการสำรวจ **ขั้นกำหนดสมมติฐาน** ปรับปรุงเป็นอาจต้องมี หรือ ไม่มี ขึ้นอยู่กับประเภทของปัญหาที่ผู้เรียนต้องคิดค้นหาคำตอบ **ขั้นรวบรวมข้อมูล** จำแนกเป็นการรวบรวมข้อมูลการทดลองและข้อมูลการสำรวจ **ขั้นจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล** พัฒนาโดยแยกการจัดกิจกรรมเรียนรู้จากจากขั้นการวิเคราะห์อภิปรายและลงข้อสรุปข้อมูล **ขั้นวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล** เป็นขั้นที่พบปรากฏเสมอในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชี้นำเสนอข้อค้นพบ** และ **ขั้นสร้างปัญญา** เป็นขั้นตอนที่พัฒนาเพิ่มเติมแตกต่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์บางรูปแบบที่ไม่ปรากฏขั้นตอนดังกล่าว



## การอภิปราย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบ เช่น การสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (Biological Science Curriculum Society, 1977) การสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน (Eisenkraft, 2003; อ้างถึงใน ประสาท เนืองเฉลิม, 2550) การใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) การใช้สมองเป็นฐาน (BBL) การใช้วิจัยเป็นฐาน (RBL) เป็นต้น อ้างอิงหลักตรรกะ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบดังกล่าวข้างต้น แท้จริงคือสิ่งเดียวกันเพราะต่างอ้างอิงหลักการวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ถ้าผู้สอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบที่อ้างอิงหลักการวิธีการทางวิทยาศาสตร์ย่อมทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะในการค้นหาคำถาม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่สามารถตรวจสอบได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) ทั้งนี้เพราะแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางด้านสติปัญญา (Intellectual skills) หรือเป็นทักษะการคิด (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2544) เป็นการทำงานของสมองที่ใช้การคิดทั้งการคิดพื้นฐานและการคิดที่ซับซ้อน (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2546) แต่เมื่อประเมินผลทักษะการคิดของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบ O-NET ของสถาบันการทดสอบแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทศ. เป็นเกณฑ์ เมื่อย้อนหลังศึกษาผลการประเมิน 3 ปี พบว่า คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกปี กล่าวคือ ปีการศึกษา 2559 ชั้น ป.6 มี 42.59 คะแนน ชั้น ม.3 มี 37.63 คะแนน (สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์, 2559) สำหรับชั้น ม.6 มี 31.62 คะแนน (สทศ. 2560) ปีการศึกษา 2558 ชั้น ป.6 มี 42.59 คะแนน ชั้น ม.3 มี 37.63 คะแนน ชั้น ม.6 มี 33.40 คะแนน (สทศ., 2559) อ้างถึงใน โรงเรียนดรุณราชบุรีวิเทศศึกษา, 2559) ปีการศึกษา 2557 ชั้น ป.6 มี 42.13 คะแนนชั้น ม.3 มี 38.62 คะแนน ชั้น ม.6 มี 32.54 คะแนน

(สทศ., 2558; อ้างถึงใน ครุบ้านนอก. คอม, 2558) จากผลการประเมินดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้สอนที่เป็นอยู่ขัดกับหลักความจริงที่ว่า “การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่อ้างอิงหลักการของวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะทำให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน”

จากการวิเคราะห์การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประสพการณ์การทำหน้าที่นิเทศนักศึกษาที่ออกปฏิบัติการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา และการสนทนาเพื่อแลกเปลี่ยนประสพการณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างอาจารย์นิเทศและผู้สอนจากโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูพบว่า นอกเหนือจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการให้เด็กท่องจำแล้ว สาเหตุสำคัญที่คาดว่าจะสัมพันธ์ต่อการพัฒนาการคิดของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเมื่อใช้ค่าคะแนนค่าเฉลี่ยระดับประเทศของแบบทดสอบ O-NET เป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยยึดเฉพาะตามรูปแบบของหนังสือแบบเรียนเสริมหรือเพิ่มเติมจากสำนักพิมพ์ซึ่งผลกระทบ 2 ประการ **ประการแรก** ทำให้ขาดการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องมีในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การเข้าใจความสัมพันธ์ดังกล่าวยังจะทำให้ผู้สอนไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล **ประการหลัง** ทำให้ขาดทักษะการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายด้วยรูปแบบ ซึ่งทั้งสองสาเหตุมีล้วนผลอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน

2. กิจกรรมการเรียนรู้ตามหนังสือแบบเรียนเสริมหรือเพิ่มเติมที่ใช้ประกอบบทเรียนนั้น ส่วนใหญ่เน้นให้ผู้เรียนทำตามรูปแบบที่ออกแบบให้สำเร็จแล้ว ผลที่ตามมาคือ ผู้เรียนขาดการทักษะการคิดในการดำเนินการหาวิธีการคิดค้นหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง เช่น ขาดทักษะออกแบบวิธีการทดลอง หรือออกแบบวัสดุอุปกรณ์การทดลอง เป็นต้น

3. ผู้สอนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กล่าวคือ เมื่อใช้เกณฑ์สมาคมการศึกษาขั้นสูงของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science, AAAS) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จำแนกเป็น 2 กลุ่มคือ **กลุ่มทักษะขั้นพื้นฐาน** ประกอบด้วยทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนก ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับปริมาณและปริมาณกับเวลา และทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล **กลุ่มทักษะขั้นสูงหรือขั้นบูรณาการ** ประกอบด้วย ทักษะการกำหนดสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความและลงข้อสรุปข้อมูล (Abruscato, 2000) เมื่อวิเคราะห์แต่ละทักษะโดยใช้จำนวนพฤติกรรมที่แสดงการเกิดทักษะเป็นเกณฑ์พบว่า กลุ่มทักษะขั้นพื้นฐาน หมายถึง กลุ่มทักษะที่แสดงพฤติกรรมของการเกิดทักษะมีพฤติกรรมเดียว เช่น ทักษะการสังเกต ใช้เฉพาะพฤติกรรมการสังเกตเพื่อเรียนรู้สิ่งที่ทำการสังเกต ส่วนกลุ่มทักษะขั้นสูง หมายถึง กลุ่มทักษะที่แสดงพฤติกรรมการเกิดทักษะมากกว่าหนึ่งพฤติกรรมร่วมกัน เช่น ทักษะการกำหนดสมมติฐาน ใช้พฤติกรรมการสังเกตร่วมกับพฤติกรรมแสดงถึงความรู้หรือประสพการณ์เดิมเพื่อใช้อ้างอิงสนับสนุนข้อความของสมมติฐาน เป็นต้น การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่มีลำดับขั้นตอนตามหลักการของวิธีการ

ทางวิทยาศาสตร์ และแต่ละชั้นตอนมีความสัมพันธ์กันและกันอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ในการคิดค้นหาคำตอบจากปัญหาหนึ่ง ๆ จึงต้องใช้ทั้งทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นสูงร่วมกันตามความเหมาะสมแต่ละชั้นตอน แต่จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีข้อค้นพบคือ มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือการพัฒนาเป็นแบบแยกส่วนระหว่างทักษะขั้นพื้นฐานกับทักษะขั้นสูง เช่น ระดับปฐมวัยควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยทักษะพื้นฐาน ส่วนระดับประถมและมัธยมศึกษาจึงจัดให้ครบทั้ง 13 ทักษะ (พัชรียาโยธิน, 2538; Nueman, 1981; อ้างถึงใน ชนกพร ธีระกุล, 2541; ขนิษฐา จินนาภักดี, 2542) หรือ ตัวอย่างงานวิจัยเรื่อง ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามควบคู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (อัญชลี เหล่ารอด, 2554) และงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (จรินทร์ จันทร์เพ็ง และคณะ, 2555) ซึ่งงานวิจัยทั้ง 2 เรื่องเป็นตัวอย่างชี้ให้เห็นการพัฒนาแบบแยกส่วนระหว่างทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นสูง (ขั้นบูรณาการ) การพัฒนาลักษณะดังกล่าวมาแม้จะทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ขาดทักษะการคิดเชิงระบบในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ขั้นตอนแรกถึงขั้นตอนสุดท้าย โดยเฉพาะนับแต่ขั้นสังเกตถึงขั้นการวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปข้อมูล ซึ่งแต่ละขั้นตอนดังกล่าววกเวียนขึ้นกำหนดปัญหาผู้เรียนต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรม

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวข้าม “สาระวิชา” ไปสู่การเรียนรู้ “ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21” (21<sup>st</sup> Century Skills) นั่นคือผู้สอนต้องให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง (วิจารณ์ พานิช, 2555) ทักษะด้านการคิดจึงมีบทบาทที่สำคัญยิ่ง; ผู้เขียน) ประเด็นที่เป็นปัญหาการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียนคือ ผู้สอนยังขาดความรู้ความเข้าใจในความหมายและกระบวนการหรือขั้นตอนการดำเนินการของทักษะซึ่งเป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการคิด ทักษะทางสังคม (ทีศนา แคมมณี, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทยที่เห็นว่า ผู้สอนมีความตระหนัก มีแนวคิดที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้กับการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน แต่การดำเนินการดังกล่าวของผู้สอนยังขาดความสมบูรณ์ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิด ซึ่งถือเป็นปัญหาสำคัญในส่วนของผู้สอนที่จะก้าวเข้าสู่การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย, 2558) บทความที่ผู้เขียนนำเสนอจึงต้องการแสดงแนวคิดเชิงสมมติฐานว่า เมื่ออ้างอิงแนวคิดทฤษฎี หลักการ วิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวในบทความ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 8 ขั้นตอนนั้นมีผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียนจากการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์



## ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เป็นการเน้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากปรากฏการณ์ธรรมชาติในสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ตัวผู้เรียน เมื่อวิเคราะห์ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพบว่า ตัวชี้วัดในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น เน้นการเรียนรู้ปรากฏการณ์ธรรมชาติในสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ตัวผู้เรียน ซึ่งแตกต่างจากชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนรู้ปรากฏการณ์ธรรมชาติในสิ่งแวดล้อมที่ไกลตัวออกไปจากตัวผู้เรียน ดังนั้น ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นจึงเหมาะสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นมากกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เนื่องจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมุ่งส่งเสริมพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้งของคาบ 1 เรียน มีกำหนดว่าจะต้องจัดให้ครบทุกขั้นตอน แต่อาจจัดมากกว่า 1 คาบ เช่น คาบแรกอาจจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อวางแผนการทดลอง ออกแบบวิธีการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล คาบต่อไปจึงจัดให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองตามแผนการทดลองพร้อมทั้งจัดกระทำและสื่อความหมายตามวิธีการและรูปแบบที่ออกแบบ และอีกทั้งทุกขั้นตอนไม่จำเป็นต้องจัดให้ครบทั้งหมดในชั้นเรียน โดยเฉพาะชั้นสร้างปัญหาหรือขยายความรู้
3. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นแนวคิดเชิงสมมติฐานที่อ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี หลักการ วิธีการเรียนรู้ต่าง ๆ ผู้สนใจอาจจะทำการวิจัยเพื่อทดสอบสมมติฐาน
4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำเสนอข้อค้นพบและชั้นสร้างปัญหา อาจจัดกิจกรรมนอกตารางเรียน และผู้สอนอาจเลือกจัดกิจกรรมขั้นใดขั้นหนึ่งก่อนขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้สอน
5. บางขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น อาจสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบทั้งนี้เพื่อส่งเสริมทักษะการคิด ผู้สอนจะเลือกรูปใดต้องคำนึงถึงวุฒิภาวะของผู้เรียน ซึ่ง Piaget (1986-1987; อ้างถึงใน Lall and Lall, 1983) ใช้ช่วงอายุเป็นเกณฑ์กำหนดระดับวุฒิภาวะหรือทางสติปัญญาของผู้เรียน



## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2549). การคิดเชิงวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ชัคเชส มีเดีย
- ชนิษฐา จินาภักดิ์. (2542). วิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย. บุรีรัมย์: สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์.
- ครูบ้านนอก.คอม. (2558). ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ป.6 ม.3 และ ม.6 ระหว่างปีการศึกษา 2551-2557. [ออนไลน์]. แหล่งสืบค้น. <http://www.kroobannok.com/article-76459.htm> สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2559.

- จรินทร์ จันทร์เพ็ง และคณะ. (2555). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับ  
บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ชนกพร อีระกุล. (2541). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมศิลปะ  
สร้างสรรค์แบบเน้นกระบวนการ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. การศึกษาปฐมวัย. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุชิน เพ็ชรรักษ์. (2548). การจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในประเทศไทย. รายงาน  
การวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ทศนา แคมมณี. (2554). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.  
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- \_\_\_\_\_. (2557). ปลุกโลกการสอนให้ชีวิตสู่ห้องเรียนแห่งศตวรรษใหม่: อภิวินัยการเรียนรู้ทักษะ  
แห่งศตวรรษที่ 21. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ “อภิวินัยการเรียนรู้...สู่จุดเปลี่ยนประเทศไทย”.  
กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.).
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2546). การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.  
พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป เมเนจเม้นท์.
- \_\_\_\_\_. (2555). ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. เพาเวอร์พอยต์  
ประกอบการบรรยาย. ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย. [ออนไลน์]. แหล่งสืบค้น. <https://www.slideshare.net/nampeungkero/ss-15018801>. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2560.
- มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย. (2556). การจัดทำยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เกิด  
ความรับผิดชอบ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- มานพ จิตต์ภูษา. (2525). การวิจัยเชิงสำรวจเบื้องต้น. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เยาวรัตน์ ปรีกขาม และคณะ. (2523). วิจัยสำรวจ. กรุงเทพฯ: พิทักษ์.
- ลักขณา สิริวัฒน์. (2557). จิตวิทยาสำหรับครู. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮาส์.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:  
สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ฉบับอนาคต  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระ  
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551. กรุงเทพฯ:  
โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์. (2559). ผลการสอบ “โอเน็ต” ป.6 - ม.3 คะแนนสูงขึ้นแต่ไม่ผ่าน. [ออนไลน์]. แหล่งสืบค้น.  
<http://www.admissionpremium.com/news/671>. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2559.

- สิริวรรณ ไจกระเสน และคณะ. (2554). **การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกมวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านหนองบัว จังหวัดลำพูน**. วิทยานิพนธ์. หลักสูตรมหาบัณฑิต. นนทบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2559). **ผลการทดสอบ O-NET ปีการศึกษา 2558**. [ออนไลน์]. แหล่งสืบค้น. <http://www.darunawitaed.ac.th/index.php/news-activities/drws-news/246-o-net-2558>. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2559.
- \_\_\_\_\_. (2560). **สทศ. ประกาศผลการสอบโอเน็ต ม.6 ปี'59 เผยไทย-อังกฤษคะแนนพุ่ง กทม. แชมป์คะแนนเฉลี่ย**. [ออนไลน์]. แหล่งสืบค้น. <http://www.niets.or.th/th/content/view/4393>. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2559.
- เสาวภา วัชรกิตติ. (2537). **จิตวิทยาทั่วไป**. ภาควิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุชา โสมาบุตร. (2556). **ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist)**. [ออนไลน์]. แหล่งสืบค้น. wanwanut. Myreadyweb.com. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2560.
- อัญชลี เหล่ารอด. (2554). **ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามควบคู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. วิทยานิพนธ์. หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2544). **การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**. วารสารครุศาสตร์ คณะครุศาสตร์สถาบัน: ราชภัฏนครปฐม. 3(4).
- อิสระ ทับสีสด. (2549). **การออกแบบกิจกรรมเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 1 - 3 ที่สังกัดโรงเรียนในจังหวัดอุดรดิตถ์ แพร่ และน่าน**. รายงานการวิจัย. อุดรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- Abruscato. (2000). **Teaching Children Science**. Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Ary, D, Jacob, L.C., and Razavieh, A. (1990). **Introduction to Research in Education**. 4<sup>th</sup> ed. Orlando: Harcourt Brace College.
- Biological Sciences Curriculum Study. (1998). **Biology: An Ecological Approach**. 8<sup>th</sup> ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Carin, A. A. and Sund, R. E. (1975). **Teaching Modern Science**. 2<sup>nd</sup> ed. Columbus, Ohio: Merrill.
- Eisenkraft, A. (2003). **Expanding the 5E Model: A Proposed 7E Model Emphasizes "Transfer of Learning" and the Importance of Eliciting Prior Understanding**. The Science Teacher, 70(6).
- Hurd, Paul De Hart. (1971). **New Dictions in Teaching Secondary School Science**. Chicago: Rand Mc Nally & Company, Kupchella, C.E. and M.C. Hyland.

- Kuslan, Louis I, and Stone, A. Harie. (1968). **Teaching Children Science: and Inquiry Approach**. California: Edward.
- Lall, G. R. and Lall, B. M. (1983). **Way of Children Learn**. Illinois: Charles C. Thomas.
- Lederman, N. G., Abd – El – Khalick, F., Bell, R. L. and Schwartz, R. S. (2002). **Views of Nature of Science Questionnaire: Toward and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science**. *Journal of Science Teacher Education*, 39(6).
- McComas, W. (2004). **"Keys to Teaching the Nature of Science."** *The Science Teacher*, 71(9).