



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครู
วิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

โดย พัตตวัน นาใจแก้วและคณะ

กรกฎาคม 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ใน
สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. พัตตวัน นาใจแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
2. วรัญญา จีระวิพลวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นอย่างยิ่งที่ให้การสนับสนุนเงินทุนการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการได้รับการร่วมมือและให้คำปรึกษาจาก รศ.ดร. วรรณญา จีระวิพูลวรรณ อาจารย์ประจำบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ขอขอบพระคุณ ดร.กาญจนา พงษ์พิเชษฐ์ ศึกษานิเทศก์กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนประสานงานด้านการพัฒนาครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระหว่างเขตพื้นที่การศึกษากับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ Dr. Dennis Lamb อาจารย์ที่ Department of Education, Southwest Minnesota State University, USA และ Prof. Dr. Jeffrey Nash อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการการเขียนบทความวิจัยภาษาอังกฤษเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ

ขอขอบคุณคุณครูกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดามารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และขอน้อมบูชาท่านบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วยความรัก และเมตตาทำให้การศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

พัตดาวัน นาใจแก้ว

กรกฎาคม 2559

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5580191

ชื่อโครงการ: การพัฒนาความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ชื่อนักวิจัย: พัดดาวน นาใจแก้ว.

อีเมลล์: tawannar@hotmail.com; tawannar@gmail.com

ระยะเวลาโครงการ: 3 ปี

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 แบ่งระยะการวิจัยเป็น 3 ระยะคือ ระยะที่ 1 ปี 2556 ดำเนินการสำรวจความต้องการในการพัฒนาความรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ของครูโดย 4 เนื้อหาแรกที่ครูต้องการพัฒนาประกอบด้วย แรงและการเคลื่อนที่, วงจรไฟฟ้า, ไฟฟ้าแม่เหล็ก, และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ระยะที่ 2 ปี 2557 ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 4 เรื่องพร้อมแบบวัดมโนคติในแต่ละเรื่องและดำเนินการอบรมเป็นเวลา 4 วันกับครูจำนวน 30 คนที่อาสาเข้าร่วมโครงการ ระยะที่ 3 ปี 2557-2558 ผู้วิจัยได้ติดตามผลการจัดการเรียนการสอนของครูจำนวน 3 คน โดยใช้เครื่องมือ Core (Content Representation) และ วิเคราะห์แผนการเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์ความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอนของครูผู้สอน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเข้าร่วมการอบรมครูวิทยาศาสตร์ ยังมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 เรื่องที่จำกัดและมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่สอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบในระดับผู้เรียนอย่างไรก็ตามหลังจากที่ครูได้รับการอบรมพบว่าครูมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 เรื่องเพิ่มขึ้น และจากผลการติดตามการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนของครู 3 คนพบว่าครู 2 คนเลือกใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น อีก 1 คนใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมแบบดั้งเดิม ความรู้เกี่ยวกับตัวผู้เรียน โดยครูทั้ง 3 คนจะยึดเนื้อหาหลักจากสาระการเรียนรู้แกนกลางจากหลักสูตรกำหนด และเน้นการจัดกิจกรรมตามคู่มือวิทยาศาสตร์ของ สสวท. แสดงให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คนให้ความสำคัญกับการเตรียมเนื้อหาที่สอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตรและตัวชี้วัด อย่างไรก็ตามครูทั้ง 3 คนยังไม่ค่อยสังเกตหรือมีข้อมูลเกี่ยวกับความรู้เดิมหรือในประเด็นที่เป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่จะเรียนของผู้เรียนในเชิงลึก

คำหลัก: การพัฒนาวิชาชีพครู, ความรู้เนื้อหา, ความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน

Abstract

Project Code: MRG5580191
Project Title: Development of Pedagogical Content Knowledge for In-Service Science Teachers under the Office of the Basic Education Commission.
Investigator: Pattawan Narjaikaew
E-mail Address: tawannar@hotmail.com; tawannar@gmail.com
Project Period: 3 year

Abstract

This study aimed to explore and develop the pedagogical content knowledge (PCK) for in-service science teachers under the Office of the Basic Education Commission. The study is divided into four phases over three years. Firstly, we surveyed what science content area in the national science curriculum standards of Thailand teachers want to know how to teach. There were 4 conceptions including force and motion, simple circuit, magnetism, and astronomy phenomena and these 4 conceptions were investigated using the science conceptual understanding tests. Taking into account of the first phase findings and research-based evidences in the literature, the PCK-based professional development programs covering 4 sciences content areas are developed as a teacher training program, teacher needs in 2013. Thirty volunteer elementary school teachers in Udon Thani Province participated in a 4 day teacher-training program during 2014. Finally, the teachers follow up phase is used to determine teaching practices. The Core (Content Representation) and science lesson plans of 3 volunteer teachers were analyzed to determine their pedagogical content knowledge.

The findings indicated that the in-service elementary school science teachers had difficulty with conceptual understandings about these 4 conceptions and many of their misconceptions were similar to research found in students. It was notable that teachers' performance on the conceptual understanding tests was substantially better after training. 5E learning cycle was being used by 2 teachers, and the other one used a traditional teaching model. The main factors that influence their teaching included limitation of knowledge about students' thinking and students' understanding or confusion around the idea which influences their teaching of specific content.

Keywords: Teacher Professional Development, Content knowledge, Pedagogical content knowledge.

Executive Summary

การพัฒนาความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัด สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สังคมไทยในปัจจุบันเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง เพราะอิทธิพลของความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการเปิดโลกเสรีทางการค้าตามกลไกตลาด เพื่อให้สังคมไทยก้าวหน้าทันโลก สังคมไทยต้องปรับเปลี่ยนแนวคิดในการปฏิรูปการศึกษา ที่สามารถพัฒนาคนได้ทันกับความเปลี่ยนแปลงของสังคมและประเทศชาติ หัวใจการปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ปลุกฝังให้นักเรียนรู้จักคิด แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีนิสัยรักการเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ และนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ การที่ประชาชนมีพื้นฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and Technological Literacy) อย่างเพียงพอ ถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศให้ยั่งยืนอย่างสมดุลด้วยคุณภาพของสังคมไทย โดยต้องเชื่อมโยงระหว่างภูมิปัญญาท้องถิ่นกับความรู้สากล

สถานภาพด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศไทยปัจจุบันพบว่า มีปัญหาอยู่หลายประเด็น ได้แก่หลักสูตร การจัดการเรียนการสอน ครู สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเปรียบเทียบแนวการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยและประเทศต่าง ๆ ส่วนใหญ่พบว่าการดำเนินการต่าง ๆ เช่น การส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษ การจัดทำใบอนุญาตประกอบวิชาชีพครู อยู่ในช่วงเริ่มต้น ยังไม่มีการดำเนินงานที่แพร่หลายไปในวงกว้างขวาง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2558) หลักสูตรยังมีปัญหาในเรื่องการขาดความเชื่อมโยงระหว่างระดับการศึกษาและชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่ยังเน้นวิธีการอธิบาย ครูมีปัญหทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ สื่อการเรียนรู้ขาดคุณภาพโดยเฉพาะแหล่งการเรียนรู้นอกโรงเรียนมีค่อนข้างจำกัด การวัดและประเมินผลส่วนใหญ่เน้นที่ความรู้ความจำส่วนการประเมินตามสภาพจริงที่มีการสังเกต ทดลองนั้นอยู่ในวงจำกัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบผลการเรียนรู้รวบยอดระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test; O-NET) ของนักเรียนทั้ง 3 ระดับการศึกษา (ป.6, ม.3, ม.6) ในรอบ 7 ปีที่ผ่านมา (2551-2557) มาในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 50 คะแนนจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [สทศ.], 2558) เป็นที่น่าสังเกตว่านักเรียนจากกลุ่มโรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลมีระดับคะแนนสูงสุด นักเรียนจากภาคอีสานจะเป็นกลุ่มที่ได้

คะแนนต่ำซึ่งสอดคล้องกับการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับนานาชาติ ในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA (Program for International Students Assessment) จัดประเมินทุก ๆ 3 ปี โดยเน้นการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) ของนักเรียนที่จะจบการศึกษาภาคบังคับ (นักเรียนวัย 15 ปี) จะสามารถเป็นประชาชนที่รับรู้ ประเด็นปัญหา รับสารระ ข้อมูล ข่าวสาร และสามารถตอบสนองอย่างไร จากผลการประเมินตั้งแต่ ปีพ.ศ. 2543 ถึงครั้งล่าสุดในปี พ.ศ. 2555 (PISA 2000 - 2012) โดยผลการประเมินเป็นสองแบบ หลัก คือ ในรูปคะแนนเฉลี่ยเทียบกับค่าเฉลี่ย OECD ซึ่งเป็นคะแนนมาตรฐาน และรายงานในรูป ของระดับความสามารถ (การรู้เรื่อง) 6 ระดับ จากระดับ 1 (ต่ำสุด) จนถึงระดับ 6 (สูงสุด) และ กำหนดให้ระดับ 2 เป็นระดับพื้นฐาน ที่นักเรียนเริ่มแสดงว่ารู้และพอจะใช้ประโยชน์จากความรู้ได้ ในชีวิตจริงในอนาคต จำนวน ซึ่งร้อยละของนักเรียนที่อยู่ต่ำกว่าระดับ 2 เป็นตัวชี้บ่งที่สำคัญว่า คุณภาพของทุนมนุษย์ใน ตลาดแรงงานในอนาคตจะมีลักษณะอย่างไร และจะขึ้นยถึง ความสามารถในการแข่งขัน ของชาติในประชาคมโลก แม้ผลการประเมิน PISA 2012 จะสูงกว่า ที่ผ่านมาผลการประเมินของนักเรียนไทยยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) นักเรียนกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยและ กับกลุ่มโรงเรียนสาธิตเป็นกลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD กลุ่มโรงเรียนส่วนใหญ่ มีผลการประเมินเปลี่ยนแปลงน้อยมาก นักเรียนจากภาคอีสานเป็นกลุ่มที่ได้คะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำ โดยเฉพาะนักเรียนในกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.1) มี คะแนนต่ำกว่าระดับพื้นฐานมากที่สุด (โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท., 2558 ออนไลน์) และ โครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) จัดประเมินทุก ๆ 4 ปีที่เน้นให้ความสำคัญชัดเจนกับการเรียนการสอนตามหลักสูตรปัจจุบันในโรงเรียน ครั้งล่าสุด (พ.ศ. 2550) พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 471 คะแนนจากคะแนนเต็ม 1000 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในมาตรฐานขั้นต่ำที่ TIMSS กำหนดมาตรฐานไว้ที่คะแนน 500 คะแนน สอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ (National Test : NT หรือเอ็น ที) นักเรียนโดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2544-2552 มีคะแนนต่ำกว่าคะแนนมาตรฐาน แต่แนวโน้มในปี 2553 คะแนนเพิ่มขึ้นกว่าทุก ๆ ปีที่ผ่านมา

เป็นที่ตระหนักกันดีว่ากระบวนการจัดการเรียนการสอนของครู เป็นหัวใจสำคัญในการ พัฒนาคุณภาพของผู้เรียน ปัญหาการพัฒนาครูในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้น พื้นฐานในประเทศไทยมีหลายสาเหตุ เช่น การขาดแคลนครูในสาขาวิชาเฉพาะและมักใช้วิธีให้ครู ไม่ตรงวุฒิไปสอนแทน ปัญหาจำนวนครูต่อนักเรียนเนื่องจากชั้นเรียนใหญ่เกินไปแต่ครูมีจำนวน น้อย ทำให้ครูดูแลนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง ปัญหารับผิดชอบภาระการสอนต่อสัปดาห์มาก ปัญหาการ จ้างครูอาจารย์ที่ไม่มีคุณภาพมากเท่าที่ควรโดยไม่ได้คัดเลือกอย่างพิถีพิถันในเรื่องความเก่ง นิสัย ใจคอ คุณธรรม ความสามารถในการสอน ปัญหาการขาดแคลนครูที่มีความสามารถในการสอน เฉพาะกลุ่มสาระที่สำคัญ เช่น ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย โดยเฉพาะ อย่างยิ่งในชนบทซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก มีครูที่สอนไม่ตรงวุฒิมาก ปัญหาการไม่มีระบบการ

บริการจัดการและการนิเทศติดตามผลที่จะช่วยให้ครูพัฒนาได้เพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้มีผลทำให้ครูสอนได้อย่างไม่เกิดประสิทธิภาพ

ปัญหาหนึ่งที่พบโดยทั่วไปสำหรับครูผู้สอนที่มีความรู้ในเนื้อหา (Content knowledge) ที่สอนเป็นอย่างดีก็คือ ไม่สามารถนำเสนอความรู้ในเนื้อหาที่ตนเองมีอยู่ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวได้ ซึ่งทำให้การเรียนการสอนในเนื้อหาดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และ วรณทิพา รอดแรงคำ; 2548) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้มีการนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ขึ้น ซึ่งความรู้ในเนื้อหาวิชาและศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ประกอบด้วยความรู้ที่ครูผู้สอนสามารถนำความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอน (Subject Matter Knowledge : SMK) ความรู้ศาสตร์การสอน (Pedagogical Knowledge) และความรู้ในบริบทต่าง ๆ (Knowledge about Context) มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นพบด้วยตนเอง ใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนสู่ความรู้ใหม่ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถไปสู่เป้าหมายได้ตามต้องการ การที่จะช่วยผู้เรียนให้เข้าใจในเนื้อหาวิชานั้น ควรมีการจัดกรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาวิชาคือ การกำหนดทิศทางการสอน ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร ความรู้และความเชื่อของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา ความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับการประเมินผล และความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการสอน (Ball : 1989) ความรู้ในเนื้อหา เป็นเงื่อนไขจำเป็นในการจัดการเรียนการสอนของครู (Van Driel et al., 1998) แต่การมีความรู้ในเนื้อหาได้อย่างเดียวยังไม่เพียงพอเพราะการพัฒนาความรู้ในศาสตร์ของการสอนเนื้อหาต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร ความรู้เกี่ยวกับ แนวคิดของผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน และความรู้เกี่ยวกับการวัดผลการเรียนรู้ (Zemba-Saul et al., 2000) แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ที่จะต้องเริ่มจากการตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน การเลือกวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้และการวัดผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา หลักสูตร และผู้เรียน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

จากประสบการณ์การได้ร่วมมือกับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชั้นพื้นฐานอุดรธานีในด้านการพัฒนาวิชาชีพครูประจำการที่สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) พบว่าครูได้รับการอบรมด้านความรู้การจัดการเรียนการสอนบ่อยครั้ง ครูเหล่านั้นได้ให้ข้อมูลย้อนกลับว่าเมื่อกลับไปยังสถานศึกษาพวกเขาไม่สามารถบูรณาการความรู้ด้านศาสตร์การสอนให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ได้โดยเฉพาะเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ และมีความต้องการให้เขตพื้นที่จัดอบรมเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ผ่านวิธีและกลวิธีสอนที่พวกเขาสามารถนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษานั้นๆ ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งด้านเนื้อหาวิชาและวิธีการสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ให้นำเสนอ เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั้งใน

เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดเรียง จัดแปลง และนำเสนอเนื้อหาด้วยกระบวนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีวิธีและกลวิธีการสอน วิธีการวัดและประเมินผลที่เน้นการคิดวิเคราะห์มากกว่าความรู้ความจำ รู้เกี่ยวกับแนวคิดเดิมของผู้เรียนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะความหลากหลายของผู้เรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจต่อวิทยาศาสตร์ที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล อันจะเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ใช้การศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ในโลกยุคโลกาภิวัตน์ งานวิจัยชิ้นนี้ยังสามารถนำไปขยายผลตามสถานศึกษาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเป็นการสนับสนุนและเปิดโอกาสในการสร้างนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาขึ้นด้วย

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ของครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ก่อนและหลังการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK)
2. เพื่อพัฒนาชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานตามบริบทโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งตามระยะการทำวิจัยได้ดังนี้

- 3.1.1 ระยะที่ 1 การสำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 1) แบบสำรวจความรู้รอบยอดของเนื้อหา (เลือกเนื้อหา 4 เรื่องที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมและมีรายงานการวิจัยสนับสนุนว่าเนื้อหาเหล่านั้นผู้เรียนมีความเข้าใจคาดเคลื่อนจำนวนมาก คือ แรงและการเคลื่อนที่ ไฟฟ้าแม่เหล็ก ดาราศาสตร์ สารและสมบัติของสาร) 2) แบบสำรวจความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาตนเอง
- 3.1.2 ระยะที่ 2 การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาวิชาและความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน เครื่องมือที่ใช้สำหรับการจัดอบรมประกอบไปด้วย เอกสารการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวอย่างบทเรียนสาคิตและแผนการจัดการเรียนรู้จากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 4 บทเรียนโดยเลือกเนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมและมีรายงานการวิจัยสนับสนุนว่าเนื้อหา

เหล่านั้นผู้เรียนมีความเข้าใจคาดเคลื่อนจำนวนมาก ได้แก่ แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แม่เหล็กไฟฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์

- 3.1.3 ระยะที่ 3 การติดตามผล เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 1)แบบวิเคราะห์การนำเสนอเนื้อหาในการวางแผนการสอน Core (Content Representation) 2)แผนการสอน 3)แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง 4) ชิ้นงาน/ภาระงานของผู้เรียน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเป็น ดังนี้

- 3.2.1 สํารวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งด้านศาสตร์การสอน ด้านเนื้อหาวิชา ด้านเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน (PCK)
- 3.2.2 พัฒนาแบบสำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน แปลแบบวิเคราะห์การนำเสนอเนื้อหาในการวางแผนการสอน Core (Content Representation)
- 3.2.3 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสำรวจความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนของผู้สอน
- 3.2.4 พัฒนาชุดฝึกอบรมประกอบด้วยเอกสารการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน บทเรียนสํารวจ 4เรื่องพร้อมตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ (ที่บูรณาการศาสตร์การสอนสำหรับเนื้อหาวิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่อง) สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา
- 3.2.5 ประเมินชุดฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหา ศาสตร์การสอน การวัดและประเมินผล เพื่อพัฒนาและปรับปรุง
- 3.2.6 จัดอบรมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนโดยใช้ชุดฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นให้แก่ครูในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1
- 3.2.7 ติดตามผลการนำความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนหลังจากได้รับการจัดอบรมด้วยชุดการจัดอบรมไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน

3.3 ขอบเขตการวิจัย

- 3.3.1 ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้คือครูประจำการที่สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1
- 3.3.2 กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย
- ระยะที่ 1 การสำรวจความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนจำนวน 30 คนขึ้นไปโดยใช้การอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ
 - ระยะที่ 2 การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนโดยใช้ชุดการจัดอบรมจำนวน 30 คนขึ้นไปโดยใช้การอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ

- ระยะที่ 3 การติดตามผลการนำความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอน หลังจากได้รับการจัดอบรมด้วยชุดการจัดอบรมไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนจำนวนหนึ่งจากผู้เข้าอบรมที่อาสาสมัครจะเลือกเป็นกรณีศึกษา เพื่อเก็บข้อมูลในเชิงคุณภาพ

3.3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แม่เหล็กไฟฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (ป.1 – ม.3)

3.3.4 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ชุดกิจกรรมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน

ตัวแปรตาม คือ ความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน

4. ผลการวิจัย

เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่เลือกนำมาพัฒนาชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อาสาสมัครขั้นพื้นฐานตามบริบทโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในครั้งนี้ประกอบด้วยแรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แม่เหล็กไฟฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นที่สอนตรงวุฒิหรือไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมมีมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ มโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า มโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งความรู้เดิมครูส่วนใหญ่เป็นมโนคติที่ไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของต่างประเทศ (Peters, 1984; Eylon & Bagno, 1997; Bagno, Eylon, & Ganiel, 2000; Maloney et al., 2001) เมื่อได้เข้าร่วมกิจกรรมการอบรมครูมีมโนคติเปลี่ยนไป 3 เรื่อง ได้แก่ แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนคติเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเนื้อหาเรื่องแม่ไฟฟ้าสำหรับการจัดการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้นเน้นเฉพาะส่วนที่เป็นปรากฏการณ์จากแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้าที่สังเกตได้ไม่เน้นมโนคติที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว

2. ผลการวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้อาสาสมัครเฉพาะ (CoRE) แผนการจัดการเรียนรู้และวิธีการสัมภาษณ์ ของครูวิทยาศาสตร์ 3 คนที่สมัครใจเข้าร่วมในกระบวนการในระยะติดตามผลพบว่าครูทั้ง 3 คนมีความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนเนื้อหาเฉพาะทั้งในมุมมองที่เหมือนและมุมมองที่ต่างกัน ซึ่งในประเด็นที่มีความ

คล้ายคลึงกันคือแนวคิดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ได้แก่ ครูทั้ง 3 คนจะยึดเนื้อหาหลักจากสาระการเรียนรู้แกนกลางจากหลักสูตรกำหนดสำหรับนักเรียนแต่ละระดับชั้นส่วนรายละเอียดเนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูทั้ง 3 คนยึดตามคู่มือหนังสือเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของ สสวท. และแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ, มีการเตรียมเนื้อหาที่สอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตรและตัวชี้วัด, ครูจะสอนที่ครูทั้ง 3 คนยังไม่ค่อยสังเกตหรือมีข้อมูลเกี่ยวกับความรู้เดิมหรือในประเด็นที่เป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่จะเรียนของผู้เรียนในเชิงลึก ส่วนความแตกต่างของการเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครู 2 คนเลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5Es ส่วนครูอีก 1 คนไม่ได้ระบุรูปแบบหรือเทคนิคการจัดการเรียนรู้แต่จะลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นรายข้อ อย่างไรก็ตามแนวทางในการลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ของครูทั้ง 3 คนจะเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการสืบเสาะหาความรู้

5. ชื่อเรื่องวิจัยที่ตีพิมพ์

1. “Designing Inductive Instructional Activities in a Teacher Training Program to Enhance Conceptual Understandings in Science for Thai Science and Non-Science Teachers” ชื่อวารสารที่ตีพิมพ์ Universal Journal of Educational Research Vol. 4(6), pp. 1366 - 1377 เป็นวารสารระดับนานาชาติที่อยู่ในฐานข้อมูลสากล คือฐานข้อมูล ERIC

2. “Using and Building Scientific Models to Enhance Elementary-School Teachers’ Understanding of Astronomy Phenomena” ชื่อวารสารที่ตีพิมพ์ Pertanika Journal of Social Science and Humanities (JSSH) Vol. 24 (S) Jan. 2016 เป็นวารสารระดับนานาชาติที่อยู่ในฐานข้อมูลสากล คือฐานข้อมูล SCOPUS.

3. “การใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทฤษฎี-สังเกต-อธิบายและการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสดตรงของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา” ชื่อวารสารที่ตีพิมพ์ วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (2557) เป็นวารสารระดับชาติที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI. กลุ่มที่ 1 (ประเมินรอบ 3 รับรองจนถึง ปี พ.ศ. 2562)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
ABSTRACT.....	ค
Executive Summary.....	ง
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญแผนภูมิ.....	ณ
บทที่	1
1 บทนำ.....	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ธรรมชาติวิทยาศาสตร์.....	9
การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....	19
มโนทัศน์วิทยาศาสตร์.....	45
มาตรฐานวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์.....	53
ความรู้ในเนื้อหาวิชาพหุศาสตร์การสอน.....	59

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	63
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	63
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	63
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	66
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
4. ผลการวิจัย.....	69
ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่.....	69
ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย.....	76
ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า.....	82
ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์.....	89
กรณีศึกษา 1.....	95
กรณีศึกษา 2	103
กรณีศึกษา 3.....	110
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	115
คำถามของการวิจัย.....	115
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	115
วิธีดำเนินการวิจัย.....	116
สรุปผลการวิจัย.....	118
การอภิปรายผล.....	118
ข้อเสนอแนะ.....	122

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	123
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ชุดอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	131
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือรวบรวมข้อมูล.....	215
ภาคผนวก ค กระดาษโน้ตวิทยาศาสตร์.....	219
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการเรียนรู้ของครู.....	227
ภาคผนวก จ ภาพการจัดกิจกรรมการอบรม.....	243
ภาคผนวก ฉ ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกรณีศึกษา.....	245
ภาคผนวก ช reprint บทความวิจัย.....	249

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรง วุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมการอบรม.....	71
2	การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่ สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ.....	72
3	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรง วุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม.....	72
4	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรง วุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	73
5	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการ เคลื่อนที่ระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	73
6	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรง วุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมการอบรม.....	78
7	การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่ สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ.....	78
8	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรง วุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม.....	79
9	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรง วุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	79
10	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่าง ง่ายระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมการอบรม.....	84
12	การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ.....	85
13	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม.....	85
14	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	86
15	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	86
16	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมการอบรม.....	91
17	การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ.....	91
18	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม.....	92
19	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	92
20	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมการอบรม.....	93
21	การวิเคราะห์เนื้อหาหน่วยดาราศาสตร์ของครูแพง.....	97
22	ตัวชี้วัด ดาราศาสตร์และอวกาศ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	99
23	การวิเคราะห์เนื้อหาหน่วยแรงและการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของครูเฟื่อน.....	105
24	ตัวชี้วัด แรงและการเคลื่อนที่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5	106
25	ตัวชี้วัด วงจรไฟฟ้า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	112

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม.....	74
2	ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม.....	81
3	ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม.....	87
4	ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม.....	94

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การศึกษาทุกระบบในปัจจุบันมีเป้าหมายสำคัญคือ การเตรียมเยาวชนให้มีความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นประชาชนที่มีคุณภาพและมีศักยภาพในการแข่งขันในเศรษฐกิจโลก และสังคมไทยในปัจจุบันเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง เพราะอิทธิพลของความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการเปิดโลกเสรีทางการค้าตามกลไกตลาด ประเทศไทยจำเป็นต้องได้รับการปฏิรูปในทุกด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง โดยเฉพาะการปฏิรูปการศึกษาถือเป็นปัจจัยผลักดันสำคัญต่อความสำเร็จในการปฏิรูปทุกด้าน เพื่อให้สังคมไทยก้าวหน้าโลก สังคมไทยต้องปรับเปลี่ยนแนวคิดในการปฏิรูปการศึกษา ที่สามารถพัฒนาคนได้ทันกับความเปลี่ยนแปลงของสังคมและประเทศชาติ หัวใจการปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ปลูกฝังให้นักเรียนรู้จักคิด แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีนิสัยรักการเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ และนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ การที่ประชาชนมีพื้นฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and Technological Literacy) อย่างเพียงพอ ถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศให้ยั่งยืนอย่างสมดุลด้วยคุณภาพของสังคมไทย โดยต้องเชื่อมโยงระหว่างภูมิปัญญาท้องถิ่นกับความรู้สากล

สถานภาพด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศไทยปัจจุบันพบว่ามีความอยู่หลายประเด็น ได้แก่หลักสูตร การจัดการเรียนการสอน ครู สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเปรียบเทียบแนวการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยและประเทศต่าง ๆ ส่วนใหญ่พบว่าการดำเนินการต่าง ๆ เช่น การส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษ การจัดทำใบอนุญาตประกอบวิชาชีพครู อยู่ในช่วงเริ่มต้น ยังไม่มีการดำเนินงานที่แพร่หลายไปในวงกว้างขวาง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2558) หลักสูตรยังมีปัญหาในเรื่องการขาดความเชื่อมโยงระหว่างระดับการศึกษาและชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่ยังเน้นวิธีการอธิบาย ครูมีปัญหาดังในเชิงปริมาณและคุณภาพ สื่อการเรียนรู้ขาดคุณภาพโดยเฉพาะแหล่งการเรียนรู้นอกโรงเรียนมีค่อนข้างจำกัด การวัดและประเมินผลส่วนใหญ่เน้นที่ความรู้ความจำส่วนการ

ประเมินตามสภาพจริงที่มีการสังเกต ทดลองนั้นอยู่ในวงจำกัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบผลการเรียนรู้รายย่อยระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test; O-NET) ของนักเรียนทั้ง 3 ระดับการศึกษา (ป.6, ม.3, ม.6) ในรอบ 7 ปีที่ผ่านมา (2551-2557) มาในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 50 คะแนนจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [สทศ.], 2558) เป็นที่น่าสังเกตว่านักเรียนจากกลุ่มโรงเรียนในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลมีระดับคะแนนสูงสุด นักเรียนจากภาคอีสานจะเป็นกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำซึ่งสอดคล้องกับการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับนานาชาติในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA (Program for International Students Assessment) จัดประเมินทุก ๆ 3 ปีโดยเน้นการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) ของนักเรียนที่จะจบการศึกษามัธยมศึกษา (นักเรียนวัย 15 ปี) จะสามารถเป็นประชาชนที่รับรู้ประเด็นปัญหา รับสารระ ข้อมูล ข่าวสาร และสามารถตอบสนองอย่างไร จากผลการประเมินตั้งแต่ปีพ.ศ. 2543 ถึงครั้งล่าสุดในปี พ.ศ. 2555 (PISA 2000 - 2012) โดยผลการประเมินเป็นสองแบบหลัก คือ ในรูปคะแนนเฉลี่ยเทียบกับค่าเฉลี่ย OECD ซึ่งเป็นคะแนนมาตรฐาน และรายงานในรูปของระดับความสามารถ (การรู้เรื่อง) 6 ระดับ จากระดับ 1 (ต่ำสุด) จนถึงระดับ 6 (สูงสุด) และกำหนดให้ระดับ 2 เป็นระดับพื้นฐาน ที่นักเรียนเริ่มแสดงว่ารู้และพอจะใช้ประโยชน์จากความรู้ได้ในชีวิตจริงในอนาคต จำนวน ซึ่งร้อยละของนักเรียนที่อยู่ต่ำกว่าระดับ 2 เป็นตัวชี้บ่งที่สำคัญว่าคุณภาพของทุนมนุษย์ใน ตลาดแรงงานในอนาคตจะมีลักษณะอย่างไร และจะขึ้นถึงความสามารถในการแข่งขัน ของชาติในประชาคมโลก แม้ผลการประเมิน PISA 2012 จะสูงกว่าที่ผ่านมาผลการประเมินของนักเรียนไทยยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) นักเรียนกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยและกับกลุ่มโรงเรียนสาธิตเป็นกลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD กลุ่มโรงเรียนส่วนใหญ่มีผลการประเมินเปลี่ยนแปลงน้อยมาก นักเรียนจากภาคอีสานเป็นกลุ่มที่ได้คะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำโดยเฉพาะนักเรียนในกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.1) มีคะแนนต่ำกว่าระดับพื้นฐานมากที่สุด (โครงการ PISA ประเทศไทย สทศ., 2558 ออนไลน์) และโครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) จัดประเมินทุก ๆ 4 ปีที่เน้นให้ความสำคัญชัดเจนกับการเรียนการสอนตามหลักสูตรปัจจุบันในโรงเรียน ครั้งล่าสุด (พ.ศ. 2550) พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 471 คะแนนจากคะแนนเต็ม 1000 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในมาตรฐานขั้นต่ำที่ TIMSS กำหนดมาตรฐานไว้ที่คะแนน 500 คะแนน สอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ (National Test : NT หรือเอ็นที) นักเรียนโดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2544-2552 มีคะแนนต่ำกว่าคะแนนมาตรฐาน แต่แนวโน้มในปี 2553 คะแนนเพิ่มขึ้นกว่าทุก ๆ ปีที่ผ่านมา

หากพิจารณาจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545) ในมาตราที่ 52-57 จะเห็นได้ว่า “ครู คณาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา” เป็นกลุ่มบุคคลที่ได้รับความสำคัญที่จะเป็นปัจจัยผลักดันสำคัญปัจจัยหนึ่งที่จะส่งผลต่อความสำเร็จในการปฏิรูปการศึกษา เป็นที่ตระหนักกันดีว่ากระบวนการจัดการเรียนการสอนของครู เป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียน การที่ครูจะจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและเกิดสัมฤทธิ์ผลต่อผู้เรียนนั้นครูจำเป็นต้องมีการปรับตัวและมีการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ครูจะต้องมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เป็นอยู่ในชั้นเรียน หากครูไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสมก็จะส่งผลให้เกิดกระบวนการจัดการเรียนการสอนไม่สอดคล้องกับการเรียนรู้ของผู้เรียนและบังเกิดผลเสียต่อผู้เรียนในที่สุด การพัฒนาครูให้เป็นไปอย่างสอดคล้องกับสภาพการเปลี่ยนแปลงจะต้องส่งเสริมให้ครูสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมให้เกิดขึ้นใหม่มากกว่าการเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิมที่เป็นอยู่ มีความเป็นผู้นำทางวิชาการ ตื่นตัวสร้างสรรค์และเข้าใจในทฤษฎีและปรัชญาพื้นฐานของหลักสูตรและวิธีการสอนแต่ละประเภทตลอดทั้งครูควรมีความรู้ความสามารถในการเสนอเนื้อหามากขึ้น เพื่อที่จะนำไปสู่การปฏิบัติให้มีศักยภาพที่สามารถทำการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัญหาการพัฒนาครูในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยมีหลายสาเหตุ เช่น การขาดแคลนครูในสาขาวิชาเฉพาะและมักใช้วิธีให้ครูไม่ตรงวุฒิไปสอนแทน ปัญหาจำนวนครูต่อนักเรียนเนื่องจากชั้นเรียนใหญ่เกินไปแต่ครูมีจำนวนน้อย ทำให้ครูดูแลนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง ปัญหารับผิดชอบภาระการสอนต่อสัปดาห์มาก ปัญหาการจ้างครูอาจารย์ที่ไม่มีคุณภาพมากเท่าที่ควรโดยไม่ได้คัดเลือกอย่างพิถีพิถันในเรื่องความเก่ง นิสัยใจคอ คุณธรรม ความสามารถในการสอน ปัญหาการขาดแคลนครูที่มีความสามารถในการสอนเฉพาะกลุ่มสาระที่สำคัญ เช่น ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชนบทซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก มีครูที่สอนไม่ตรงวุฒิมาก ปัญหาการไม่มีระบบการบริหารจัดการและการนิเทศติดตามผลที่จะช่วยให้ครูพัฒนาได้เพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้มีผลทำให้ครูสอนได้อย่างไม่เกิดประสิทธิภาพ

ปัญหาหนึ่งที่พบโดยทั่วไปสำหรับครูผู้สอนที่มีความรู้ในเนื้อหา (Content knowledge) ที่สอนเป็นอย่างดีก็คือ ไม่สามารถนำเสนอความรู้ในเนื้อหาที่ตนเองมีอยู่ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวได้ ซึ่งทำให้การเรียนการสอนในเนื้อหาดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และ วรณทิพา รอดแรงคำ; 2548) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้มีการนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน

(Pedagogical Content Knowledge; PCK) ขึ้น ซึ่งความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนเกิดจากการบูรณาการระหว่างความรู้ที่เป็นพื้นฐานเพื่อใช้ประกอบการสอนสองอย่าง คือ ความรู้ในเนื้อหาและความรู้เกี่ยวกับศาสตร์การสอน ซึ่งมีความสำคัญและควรพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวครูผู้สอน

ทุกคนทั้งครูก่อนประจำการและครูประจำการเพราะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถนำเสนอเนื้อหาที่
ต้องการสอนด้วยวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่างๆ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา
หลักสูตรและพื้นฐานของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวได้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
สูงขึ้น

ความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอน คือ ครูผู้สอนรู้ว่าควรใช้วิธีนำเสนอเนื้อหา
อย่างไร เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหานั้นและความรู้เกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียน และรู้ว่าผู้เรียนมี
แนวคิดที่มีอยู่แล้วก่อนเรียนที่สัมพันธ์กับเนื้อหาที่เรียนอย่างไร และอะไรบ้างที่อาจเป็นอุปสรรคใน
การเรียนรู้เนื้อหาดังกล่าวของผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาความรู้ใน
เนื้อหาผนวกวิชาการสอนเพราะการใช้ความรู้เพียงองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งนั้นไม่เพียงพอ
ต่อการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาหนึ่งๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาดังกล่าวได้ โดยแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการ
เรียนรู้นิเวศศาสตร์ที่จะต้องเริ่มจากการตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน การเลือกวิธีสอนและกิจกรรมการ
เรียนรู้และการวัดผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา หลักสูตร และผู้เรียน อันจะเป็น
ประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

การสอนเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อน ไม่มีรูปแบบของการนำเสนอใดที่ทรงพลังที่สุดเพียง
รูปแบบเดียวแล้วทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ไม่อาจจะกำหนดจำนวนวิธีการสอนหรือขั้นตอนการ
สอนที่เป็นมาตรฐานแน่นอนที่ผู้สอนทุกคนจะต้องทำตาม (Loughran, Berry & Mulhall, 2006)
ดังนั้นการส่งเสริมให้ครูมุ่งเน้นส่งเสริมการเรียนรู้และปรับปรุงคุณภาพการสอนของตนเองและเน้น
การเรียนรู้เนื้อหาใหม่ๆ ความรู้ใหม่ๆ และวิธีการใหม่ๆ จากห้องเรียนของตนเอง จากเพื่อนครู จาก
นักพัฒนาบุคลากรในโรงเรียน และจากผู้บริหารภายในโรงเรียนของตนเอง ผลการวิจัยพบว่าครูที่มี
การวางแผนและมีการพูดคุยปรึกษาระหว่างกัน มีครูที่มีการสังเกตการสอนกับเพื่อนครูคนอื่น
และมีข้อมูลย้อนกลับซึ่งกันและกัน หากกล่าวในอีกนัยหนึ่งก็คือ พวกเขามีความเป็นชุมชนวิชาชีพที่
เข้มแข็ง ซึ่งลักษณะเช่นนั้นได้ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนของนักเรียนในระดับสูงด้วย
(Viadero, 1999 อ้างใน Sergiovanni, 2001)

จากประสบการณ์การได้ร่วมมือกับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขั้นพื้นฐานอุดรธานีในด้าน
การพัฒนาวิชาชีพครูประจำการที่สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) พบว่า
ครูได้รับการอบรมด้านความรู้การจัดการเรียนการสอนบ่อยครั้ง ครูเหล่านั้นได้ให้ข้อมูลย้อนกลับว่า
เมื่อกลับไปยังสถานศึกษาพวกเขาไม่สามารถบูรณาการความรู้ด้านศาสตร์การสอนให้เหมาะสมกับ
ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ได้โดยเฉพาะเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ และมีความต้องการให้เขต
พื้นที่จัดอบรมเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์แต่ละสาระ ผ่านวิธีและกลวิธีสอนที่พวกเขาสามารถ
นำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษานั้นๆ ทำให้ผู้วิจัยได้
แนวคิดในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งด้านเนื้อหาวิชา

และวิธีการสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ให้น่าสนใจ เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจของ ครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั้งในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ และการจัดเรียง จัดแปลง และนำเสนอเนื้อหาด้วยกระบวนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีวิธีและ กลวิธีการสอน วิธีการวัดและประเมินผลที่เน้นการคิดวิเคราะห์มากกว่าความรู้ความจำ รู้เกี่ยวกับ แนวคิดเดิมของผู้เรียนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะ ความหลากหลายของผู้เรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) เพื่อให้ผู้เรียนมี ความรู้ความเข้าใจต่อวิทยาศาสตร์ที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นและนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล อันจะ เสริมสร้างให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็น ความสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ใช้การศึกษาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหา ความรู้ในโลกยุคโลกาภิวัตน์ งานวิจัยชิ้นนี้ยังสามารถนำไปขยายผลตามสถานศึกษาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเป็นการสนับสนุนและเปิดโอกาสในการสร้างนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาขึ้นด้วย

คำถามการวิจัย

1. ชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานตามบริบท โรงเรียนเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ มีลักษณะอย่างไร
2. ครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาก่อนและหลังการเข้าร่วมการจัดการอบรม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีมโนคติวิทยาศาสตร์อย่างไร
3. ครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาหลังเข้าร่วมการจัดการอบรมการจัดกิจกรรม การการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอน อย่างไร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ตามบริบทโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ สังกัด สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
2. เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ของครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษา ขั้นพื้นฐาน ก่อนและหลังการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอน

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ประชากร

1.1 ประชากร ได้แก่ ครูผู้สอนในโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 จำนวน 46 โรงเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาโดยการอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 มโนคติวิทยาศาสตร์

2.2.2 ความรู้เนื้อหาบูรณาการการศาสตร์การสอน

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาในการฝึกอบรม 4 วัน วันละ 6 ชั่วโมง รวมเวลา 24 ชั่วโมง การศึกษา 255 - 2557 และติดตามการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับครู 3 คน คนละอย่างน้อย 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ปีการศึกษา 2558

4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาเป็นเนื้อหาในการฝึกอบรมกับครูผู้สอนการวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แม่เหล็กไฟฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการพัฒนาครูผู้สอนให้มีความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์และความรู้ศาสตร์การสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียนและสอดคล้องกับเนื้อหาของหลักสูตร ครอบคลุมเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 โดยดำเนินการฝึกอบรมครูเป็นเวลา 4 วัน วันละ 6 ชั่วโมง รวมเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 4 เรื่อง คือ แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้า แม่เหล็กไฟฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์โดยทุกเนื้อหาให้มีการบูรณาการกับสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ากับวิธีการสอนและกลวิธีการสอนที่เหมาะสมต่อเนื้อหาเฉพาะ ดังนี้

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยการสอนการคิดแบบอุปนัยร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

1.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เสริมด้วยเทคนิค POE และเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

1.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เสริมด้วยการเรียนรู้ร่วมมือแบบร่วมกันคิด เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า

1.4 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับกลวิธี KWL เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์

2. มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้า แม่เหล็กไฟฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ วัดได้จากแบบวัดแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Science Concept Inventory) ที่ผู้วิจัยพัฒนามาจากรายงานการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เป็นแบบตัวเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก 4 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แม่เหล็กไฟฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์

3. ความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอน หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่สำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ วัดโดยแบบวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ของครูผู้สอนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทั้งจุดแข็ง จุดอ่อน ปัญหาและอุปสรรค และแนวทางในการแก้ไข
2. แนวทางสำหรับการออกแบบการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียนและธรรมชาติของการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะส่งผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับ
3. แนวทางการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อคณะศึกษาศาสตร์/ครุศาสตร์ที่เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการผลิตบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ ตลอดจนหน่วยงานที่ทำหน้าที่ส่งเสริมการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ให้เป็นผู้มีความรู้ความสามารถในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แก่ผู้เรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานตามบริบทโรงเรียนต่อความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ของครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารจากหนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งนำเสนอเป็นแนวทางในการวิจัยดังนี้

1. ธรรมชาติวิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
3. การพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์
4. มโนทัศน์วิทยาศาสตร์
5. ความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. ปรัชญาวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์กำเนิดมาตั้งแต่สมัยใดนั้นเป็นการยากที่จะหาหลักฐานมากำหนด สันนิษฐานว่ามีมาเป็นระยะเวลายาวนานก่อนที่จะมีการบันทึกประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ มนุษย์ในยุคเริ่มต้นจะคิดหาคำตอบในข้อสงสัยโดยการหาเหตุผลมาอธิบายสิ่งที่ทำให้เกิด ปรากฏการณ์ต่าง ๆ นานา บ้างก็ว่าเป็นอำนาจของภูตผีปิศาจซึ่งอยู่ในรูปของวิญญาณ บ้างก็ว่า เป็นอิทธิพลของพระเจ้า เป็นต้นจึงเกิดพิธีบวงสรวงสวดอ้อนวอนวิญญาณซึ่งอาจถ่ายทอด กันมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งบางครั้งการบันดาลก็เกิดผลทำให้ฝนตก ผู้คนหายจากอาการเจ็บป่วย แต่บางครั้งก็ไม่ได้ผล ทำให้สิ่งศักดิ์สิทธิ์จึงเป็นเช่นนั้น ทำให้การบันดาลจึงไม่เสมอต้นเสมอ ปลาย นี่คือจุดอ่อนของอำนาจลึกลับคือความไม่แน่นอนของการบันดาล เป็นไปได้ไหมที่อาการ เจ็บป่วยหรือผลผลิตของการเพาะปลูกจะขึ้นอยู่กับสิ่งอื่นที่มนุษย์สามารถรู้และควบคุมได้ และ สามารถที่จะนำไปพยากรณ์ผลที่เกิดตามมาได้ เมื่อมาถึงจุดนี้ ความเชื่อเรื่องอำนาจลึกลับก็ลด ความสำคัญลง ความคิดแบบวิทยาศาสตร์ก็เกิดขึ้นแทน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแนวคิดครั้งสำคัญ จากความเชื่อในเรื่องอำนาจลึกลับมาเป็นแนวคิดแบบวิทยาศาสตร์คือ การพยากรณ์การเกิด สุริยุปราคาของธาลีส ในเดือน พฤษภาคม ก่อนค.ศ. 585 ปีโดยเขาประกาศว่า การเคลื่อนที่

ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงดาวนั้นเป็นไปตามกฎเกณฑ์ การเกิดสุริยุปราคา ก็เป็นการเคลื่อนที่อย่างแน่นอนของดวงดาวบนท้องฟ้า ไม่ใช่การโกรธกริ้วของสุริยเทพ (จางง ทง ประเสริฐ, 2514 อ้างถึงใน สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531: 77) นับว่าธาเลสเป็นผู้ที่สร้างปรัชญาวิทยาศาสตร์ขึ้นมา

วิทยาศาสตร์ถือกำเนิดจากความต้องการความรู้ใหม่เพิ่มเติมจากความรู้เดิม โดยมีหลักการว่า สิ่งที่มีอยู่ เป็นสิ่งที่มนุษย์สามารถรู้ เข้าใจและอธิบายได้ แต่เดิมวิทยาศาสตร์แฝงตัวอยู่ในปรัชญา และค่อยๆ แยกตัวออกมาโดยกำหนดบริบทของตนในการแสวงหาความรู้ โดยใช้ประสบการณ์ทางประสาทสัมผัสเป็นพื้นฐานในการแสวงหาความจริง ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาปรากฏการณ์และข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลในการทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในรูปแบบของการตั้งสมมติฐาน เพื่อทดสอบหรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น โดยมีพื้นฐานบนข้อเท็จจริงที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอคติหรือความรู้สึกส่วนตัว ของแต่ละคน ในแง่นี้เราจึงบอกได้ว่าความรู้ที่ได้จากวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ที่เป็นสากล

มนุษย์นอกจากต้องการอาหารเพื่อมาใช้อำรงร่างกาย แล้วมนุษย์ยังมีสติปัญญาที่ต้องการรู้ความจริงเพื่อตอบคำถาม อะไร ทำไม เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ มนุษย์เริ่มแรกใช้วิธีการทางปรัชญาในการหาคำตอบสิ่งที่สงสัย ปรัชญามีความรู้ทุกอย่างเป็นอาณาเขต วิทยาการทุกสาขาในปัจจุบันนี้เป็นความรู้ในปรัชญามาก่อน ต่อภายหลังได้มีการพัฒนาศาสตร์แต่ละสาขา และมีการแยกตนเองเป็นสาขาวิชาเฉพาะ ปรัชญาจึงเปรียบเสมือนมารดาของศาสตร์ (King of science) แต่ในปัจจุบันนั้นปรัชญา ศาสนา วิทยาศาสตร์ ล้วนเป็นศาสตร์ที่มีการศึกษาหาคำตอบของสิ่งที่มนุษย์อยากรู้ในแนวทางเฉพาะที่แตกต่างกัน ดังนั้นนักศึกษาจำเป็นต้องรู้ว่าคำถาม (ที่ต้องการหาคำตอบ) ที่เป็นปรัชญา แตกต่างจากคำถามทั่วไปอย่างไร ลองพิจารณาคำถามดังต่อไปนี้

- (1) ในโลกใบนี้มีคนจำนวนเท่าใด?
- (2) ฝนตกเกิดขึ้นได้อย่างไร?
- (3) อะไรคือความดี ความงาม?
- (4) อะไรคือสิ่งจริงแท้ และสิ่งจริงแท้สูงสุดเป็นอย่างไร?
- (5) กายกับจิตเป็นสิ่งเดียวกันหรือคนละสิ่ง?
- (6) ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นเมื่อโล่เสียงแล้วเกิดจากปฐมเหตุอะไร?

ถ้านักศึกษาพิจารณาถึงวิธีการรวบรวมข้อมูลในการตอบคำถามเหล่านี้จะพบว่า ในการตอบคำถามข้อที่ (1) เราสามารถรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเชิงสถิติแล้วสามารถตอบคำถามนี้ได้ทันทีและจะได้คำตอบเดียว ส่วนคำถามที่ (2) นั้น ในปัจจุบันได้มีการนำเสนอกระบวนการที่ทำให้เกิดฝนและมีวิธีการสร้างฝนเทียม ดังนั้นคำตอบในข้อนี้ก็เป็นคำตอบที่เป็นสากล ส่วนในการตอบคำถามข้อที่ (3) – (6) นั้น จะเห็นได้ว่าคำตอบอาจมีความหลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นฐานของผู้คนที่ตอบคำถามเหล่านี้ ซึ่งแต่ละคนจะอ้างเหตุผลในการตอบคำถาม

เหล่านี้แตกต่างกันไป ซึ่งเป็นการยากที่จะตัดสินว่าคำตอบใดถูกต้องที่สุด ซึ่งความรู้ที่เกิดขึ้นจากคำถามในลักษณะนี้คือ **ปรัชญา**

ปรัชญาวิทยาศาสตร์ (The philosophy of Science) ในช่วงเริ่มต้นของการที่มนุษย์รู้จักค้นหาความรู้นั้น ปรัชญาได้ครอบคลุมวิทยาการทุกสาขาทุกแขนง ต่อมาเมื่อวิทยาการต่างๆ ได้พัฒนา ศาสตร์ต่าง ๆ จึงแยกเป็นอิสระตามลักษณะเฉพาะ เบอ์ทรันด์ รัสเซลล์ นักปรัชญาชาวอังกฤษ ลงความเห็นไว้ว่า “ปรัชญา จะอยู่กึ่งกลางระหว่างความรู้ที่แท้จริงซึ่งไม่สามารถหาความรู้ได้อย่างแน่นอน (เทววิทยา) และเหมือนวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักเหตุผล ซึ่งชาวกรีกโบราณมีคุณลักษณะที่ช่างเป็นคนอยากรู้อยากเห็น มีกระบวนการถกเถียงกันเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ ด้วยเหตุด้วยผล ทำให้ชาวกรีกมีลักษณะที่สำคัญสำคัญที่เป็นพื้นฐานในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ **ฮิปโปเครติส (Hippocrates 460-377 B.C.)** ซึ่งเป็นชาวกรีกที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งวิชาแพทย์ และเป็นบุคคลแรกที่แยกวิทยาศาสตร์ออกจากปรัชญา เขากล่าวถึงอาการไม่สบายในรูปแบบที่เกิดจากความสัมพันธ์ของขององค์ประกอบต่าง ๆ ในร่างกาย เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งทำงานมากเกินไปหรือขาดแคลนก็จะเกิดโรคขึ้น ไม่ใช่จะเกิดสิ่งเหนือธรรมชาติ ผลงานของฮิปโปเครติส นับว่ามีความสำคัญต่อวิชาวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เพราะวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่แน่นอนไม่ใช่เป็นการคิดหาเหตุผลล้วน ๆ แต่อย่างเดียวนั้น ต้องมีหลักฐานอย่างเพียงพอสนับสนุนความคิดนั้นด้วย

วิทยาศาสตร์และปรัชญาต่างมีธรรมชาติของตน **วิทยาศาสตร์ไม่ใช่ปรัชญา** เพราะเราจะจงศึกษาความจริงเพื่อนำไปใช้สู่ประโยชน์ในการดำเนินชีวิต นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้มุ่งความสนใจไปที่คำถามที่เป็นปัญหาของปรัชญา(ความจริงคืออะไร? รู้ได้อย่างไร? ฯลฯ) โดยตรง วิทยาศาสตร์สนใจทำการศึกษาค้นคว้าทดลองตามหลักการของตน เพื่อตอบปัญหาในสิ่งที่วิทยาศาสตร์สนใจ ถึงแม้ว่าปัจจุบันวิทยาศาสตร์ยังสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็มีเปอร์เซ็นต์ของความเป็นไปได้สูงกว่าความรู้จากศาสตร์อื่น เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ผ่านกระบวนการทดสอบทุกขั้นตอนมาแล้วเป็นอย่างดี ดังนั้นจึงเป็นความรู้ที่มีคนเชื่อถือและไว้วางใจมากที่สุดในเวลานี้ แม้แต่ นักปรัชญาเองก็ยอมรับว่าคำตอบทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกมีเหตุผลและประจักษ์พยานชัดแจ้งกว่าทฤษฎีทางปรัชญา และยุดิบบทบาทของคนในการเป็นผู้ “แสวงหาความรู้” เกี่ยวกับโลกและหันมาสนใจปัญหาเกี่ยวกับชีวิตที่ยังไม่มีศาสตร์ใดให้คำตอบที่แน่นอนและชัดเจนได้ นอกจากนั้นนักปรัชญายังสนใจที่จะวิเคราะห์และวิพากษ์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อให้มีความชัดเจนทางเหตุผลมากขึ้น และเพื่อบูรณาการความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ให้เป็นเอกภาพเดียวกัน

ปรัชญาเริ่มต้นจากความสงสัย เช่น โลกและจักรวาลมาจากไหน ปรากฏการณ์ทั้งหลายที่เกิดขึ้นมาจากอะไร เมื่อมีความสงสัยก็ย่อมมีการพยายามหาคำตอบ ซึ่งคำตอบในสมัยแรก ๆ อาศัยเพียงความคิดและการใคร่ครวญหาเหตุผลแต่เพียงอย่างเดียว ใช้เพียงเหตุผลเชิงตรรกวิทยาในการพิสูจน์ความสมเหตุสมผล ส่วนการพิสูจน์ด้วยการทดลองยังไม่เกิดขึ้น ความรู้ในลักษณะนี้เรียกว่า **ปรัชญา** วิชาปรัชญา เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการค้นหาความจริง

ของความรู้ทั้งหมดและเป็นการใช้ความพยายามที่จะรวบรวมเอารากเหง้าหรือพื้นฐานความรู้เหล่านั้นมารวมกันไว้ (Cohen, 1964) ส่วนปรัชญาทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นการศึกษาที่ต้องการจะรู้ว่าเราจะเรียนรู้ได้อย่างไรว่าเรารู้เรื่องอะไรบ้างในปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์จะพยายามตรวจสอบถึงกระบวนการและคุณค่าต่าง ๆ ที่จะเป็นแนวทางให้ได้มาซึ่งความรู้ที่เร้นลับในธรรมชาติ ฉะนั้นพื้นฐานหรือรากเหง้าของปรัชญาวิทยาศาสตร์จึงแตกต่างไปจากปรัชญาของสาขาวิชาอื่น (Sund & Trowbridge, 1973 อ้างถึงใน มังกร ทองสุคดี, 2535) ถ้าเมื่อใดที่มีวิธีการเฉพาะที่สามารถที่จะเสาะแสวงหาความรู้ในศาสตร์เฉพาะได้อย่างแน่นอน และมีวิธีการตรวจสอบความถูกต้องให้เป็นที่ยอมรับ ศาสตร์นั้นจะแยกตัวออกมาจากปรัชญา ดังเช่น อิปโป-เครติส ได้พิสูจน์ว่าโรคภัยไข้เจ็บในผู้ป่วยไม่ได้เกิดจากอำนาจของผีสิงอะไร แต่เกิดจากเชื้อโรคต่าง ๆ นั่นคือลักษณะของวิทยาศาสตร์ซึ่งไม่ใช่ปรัชญา เมื่อความรู้นั้นกลายเป็นสิ่งที่มีความแน่นอนสิ่งนั้นก็หมดสภาพความเป็นปรัชญา และกลายเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งแยกออกมาทันที

วิทยาศาสตร์คืออะไร วิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับอะไร มีขอบเขตเพียงใด นักวิทยาศาสตร์มีวิธีการศึกษาค้นหาความจริงอย่างไร คำถามเหล่านี้เกี่ยวข้องกับ การมองวิทยาศาสตร์แบบปรัชญา คือไม่ได้แยกศึกษาว่าองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นส่วน ๆ แต่จะมองวิทยาศาสตร์ในแง่ของการศึกษาและการยึดถือปฏิบัติ ทำให้วิธีการทางวิทยาศาสตร์จึงดีที่สุด คำถามนี้วิทยาศาสตร์ตอบไม่ได้ เพราะคำตอบและคำอธิบายเช่นนี้อยู่นอกเหนือผัสสะ มีทางเดียวที่จะอธิบายได้คือ วิธีการปรัชญา ปรัชญาอธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร ศึกษาอะไร ด้วยวิธีการอย่างไร มีธรรมชาติอย่างไร ปรัชญาที่อธิบายคำถามเหล่านี้ เรียกว่า ปรัชญาวิทยาศาสตร์

2. ธรรมชาติวิทยาศาสตร์

จากเนื้อหาที่ผ่านมาเป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างปรัชญาและวิทยาศาสตร์ ความเหมือนและความแตกต่างระหว่างปรัชญาและวิทยาศาสตร์ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงมุมมองของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นมุมมองเชิงปรัชญาเกี่ยวกับคำถามที่ว่าวิทยาศาสตร์มีธรรมชาติเป็นอย่างไร องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะอย่างไร เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการอธิบายให้เห็นถึงปรัชญาและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งถ้าครุวิทยาศาสตร์เข้าใจดีแล้ว จะส่งเสริมให้การสอนวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นความรู้ที่เกิดจากสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น การทำความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร พัฒนาขึ้นมาได้อย่างไร เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนจะได้เข้าใจว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ ซึ่งในสมัยที่ศาสตร์ต่างๆ ยังไม่เกิดขึ้น วิทยาศาสตร์ก็เป็นส่วนหนึ่งของปรัชญา กล่าวคือมนุษย์ใช้กระบวนการในการค้นคว้าหาองค์ความรู้ ต่างๆ โดยมีพื้นฐานมาจากความคิดและความเชื่อทาง

ปรัชญา ที่สืบทอดต่อกันมาและค่อย ๆ เปลี่ยนลักษณะความคิด ความเชื่อ ที่ลึกลับซับซ้อน เต็มไปด้วยความไม่แน่นอนทั้งหลาย มาเป็นระบบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กาลิเลโอเป็นคนแรกที่แยกวิทยาศาสตร์ออกจากปรัชญาโดยกำหนดให้การทดลองเป็นส่วนสำคัญของการแสวงหาความรู้ แต่ไม่ได้หมายความว่าความรู้วิทยาศาสตร์ทุกอย่างต้องได้มาด้วยวิธีการทดลอง ซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะบางประการที่ไม่เหมือนศาสตร์อื่น ๆ โชวอลเตอร์ และคณะ (Showalter and others อ้างถึงใน สุเทพ อุสาหะ 2527 :15-16) ได้กล่าวถึงลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เป็นความจริงชั่วคราว ไม่มีความเป็นอมตะในวิทยาศาสตร์
2. เป็นสาธารณะ ทุกคนสามารถสังเกตหรือทดสอบได้
3. ทำให้เกิดขึ้นใหม่ได้ ภายในภาวะคล้ายกัน แม้ว่าเวลาและสถานที่จะเปลี่ยนไป
4. เป็นเรื่องของโอกาสที่จะเป็นไปได้
5. เป็นผลของความพยายามของมนุษย์ที่จะทำความเข้าใจหรือหาแบบแผนของธรรมชาติ
6. ความรู้วิทยาศาสตร์ในอดีตเป็นพื้นฐานในการพบความรู้ใหม่ ๆ ในปัจจุบัน และความรู้ในปัจจุบันจะเป็นพื้นฐานในการค้นพบสิ่งใหม่ ในอนาคต
7. มีลักษณะเฉพาะตัวคือได้จากการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
8. มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันคือ ความรู้วิทยาศาสตร์จะช่วยเสริมโน้ตศน์อื่น ๆ
9. วิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ย่อมมีระบบ ปราศจากอคติ ปราศจากผลตอบแทน

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้หลายความหมาย เช่น McComas (2000) เสนอว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การผสมผสานการศึกษาทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายด้าน เช่น ด้านประวัติการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร นักวิทยาศาสตร์มีกระบวนการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไร และสังคมมีปฏิกริยาอย่างไรต่อวิทยาศาสตร์ ในที่นี้จะสรุป แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามการจัดของ American Association for the Advancement of Science (National Research Council, 1990) คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The scientific world view) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (The scientific enterprise) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

2.1 มุมมองทางวิทยาศาสตร์

มนุษย์ได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยข้อเท็จจริง (Fact) และความคิด (Idea) แนวความคิดหลัก (Concept) หลักการ กฎ และทฤษฎี ที่เกี่ยวกับโลก

ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ที่ผ่านการสังเกต การคิด การสำรวจ การทดลอง และการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยบุคคล และองค์กร นักวิทยาศาสตร์ แบ่งปันองค์ความรู้ที่ค้นพบความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับงานที่ได้ศึกษา ค้นคว้าแก่งคมของนักวิทยาศาสตร์และประชาชนทั่วไป มุมมองทางวิทยาศาสตร์ต่อธรรมชาติมีดังนี้

2.1.1 เราสามารถทำความเข้าใจธรรมชาติได้ ธรรมชาติมีกฎเกณฑ์ มีความสม่ำเสมอ นักวิทยาศาสตร์ถือว่าสิ่งต่างๆ และเหตุการณ์ใน เอกภพ (Universe) ปรากฏขึ้นในรูปแบบ (Pattern) ที่แน่นอนและสามารถทำความเข้าใจโดยผ่านการศึกษามีระบบและรอบคอบ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เมื่อใช้ปัญญาและเครื่องมือช่วยขยายความสามารถการรับรู้ จะทำให้คนสามารถค้นพบรูปแบบธรรมชาติทั้งหมด เช่น การวินิจฉัยโรคจากอาการผู้ป่วยที่มีอาการเฉพาะที่แตกต่างกันของแต่ละโรค การเกิดฝน เป็นต้น

2.1.2 ความคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสร้างความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ขึ้นอยู่กับการสังเกตปรากฏการณ์อย่างรอบคอบ แล้วสร้างแนวคิด ทฤษฎีที่อธิบายสิ่งที่สังเกตเหล่านั้นให้มีความหมาย ดังนั้นความรู้จะเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่อมีข้อมูลใหม่ๆ จากการสังเกตมาสนับสนุน ในทางวิทยาศาสตร์มีการตรวจสอบ ปรับปรุง และการยกเลิกทฤษฎีอยู่อย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะเป็นทฤษฎีเก่า นักวิทยาศาสตร์ถือว่า แม้จะไม่มีทางใดที่จะยืนยันหาคำความจริงที่แท้จริง (Absolute Truth) ก็ตาม ถ้ามีการประมาณค่าที่แม่นยำเพิ่มขึ้นก็สามารถยอมรับสิ่งที่ดำรงอยู่ในโลกได้ เช่น ทฤษฎีอะตอม เป็นต้น

2.1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนเป็นช่วงเวลา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ก็มีความคงทน อย่างไรก็ตามธรรมชาตินั้นอาจไม่มีความไม่แน่นอนส่วนหนึ่ง ดังนั้นการอธิบายธรรมชาติเหล่านั้นย่อมมีการปรับปรุงความคิดนั้นให้ถูกต้อง เช่น ทฤษฎีที่อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของแรงโน้มถ่วงของไอน์สไตน์และของนิวตัน ซึ่งคนส่วนมากรู้ว่านิวตันเป็นผู้ศึกษาความโน้มถ่วงและสร้างสมการที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของ ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้กฎความโน้มถ่วงของนิวตันในการส่งดาวเทียมไปโคจรรอบโลก ส่งยานอวกาศไปสำรวจดาวเคราะห์ต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตามปัญหาหนึ่งที่กฎความโน้มถ่วงของนิวตันไม่สามารถอธิบายได้นั้นคือ การโคจรที่ส่ายของดาวพุธรอบดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของวงการฟิสิกส์มานานนับร้อยปีจนกระทั่งไอน์สไตน์สร้างทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปขึ้นที่อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของแรงโน้มถ่วงในมุมมองแรงโน้มถ่วงคือความโค้งของที่ว่าง-เวลา ปัญหาการส่ายของดาวพุธก็ได้รับการคลี่คลาย

2.1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบกับทุกคำถามได้ ในการอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น มีปรากฏการณ์มากมายที่ไม่ได้รับการยอมรับแม้วิทยาศาสตร์จะพยายามพิสูจน์ให้เห็นด้วยหลักการของเหตุและผล เช่น ความเชื่อที่เกี่ยวกับพลังหรืออำนาจลึกลับเหนือธรรมชาติ ความเชื่อในปาฏิหาริย์ การทำนายโชคชะตา โหราศาสตร์ เรื่องผีสิง ความดีความชั่ว เป็นต้น

ซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นจะอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ในการนำมาตั้งเป็นสมมติฐานและทฤษฎี โดยการใช้ตรรกะ

2.1.5 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานหรือประจักษ์พยาน วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสร้างความรู้ผ่านกระบวนการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลที่แม่นยำ และหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการวัดเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ เพื่อให้ความน่าเชื่อถือของหลักฐาน ดังนั้นการค้นพบข้อมูลต่าง ๆ ของนักวิทยาศาสตร์คนใดคนหนึ่งก็สามารถตรวจสอบโดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มอื่นได้

2.1.6 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานของตรรกะและจินตนาการ การใช้ตรรกะและการตรวจสอบหลักฐานอย่างใกล้ชิดมีความจำเป็นในการสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามสิ่งเหล่านั้นไม่เพียงพอเสมอไปสำหรับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ในการอธิบายธรรมชาติเพื่อหาความจริงที่แท้จริง (Absolute Truth) นั้น ข้อมูลบางอย่างที่นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งทิ้งขว้างไป อาจนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ของนักวิทยาศาสตร์คนอื่น การตั้งสมมติฐานหรือทฤษฎีเพื่อจินตนาการว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในโลกทำงานอย่างไร ความรู้และความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่จำเป็น เช่น จากทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์นำไปสู่แนวคิดการเดินทางข้ามเวลา การเดินทางโดยการเคลื่อนที่ที่เร็วกว่าแสง การสร้างรูหนอนหรือ สะพานไอน์สไตน์-โรเซน (Einstein-Rosen bridge) เป็นต้น

2.1.7 วิทยาศาสตร์มุ่งอธิบายและทำนาย วิทยาศาสตร์เป็นองค์ความรู้ที่ไม่เพียงแต่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้จากการสังเกตเท่านั้น แต่มีพลังของการทำนายด้วย (Predictive Power) ทั้งทำนายเหตุการณ์ในอนาคตและอดีต โดยเฉพาะกระบวนการที่เกิดขึ้นที่ใช้เวลายาวนาน เช่น การเกิดภูเขา หรือ วัฏจักรดาวฤกษ์ เป็นต้น

2.1.8 วิทยาศาสตร์พยายามระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง การสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์อาศัยประจักษ์พยานที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามการได้มาซึ่งประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์อาจมีความลำเอียงในด้านการแปลความหมายข้อมูล ในการบันทึกหรือการนำเสนอข้อมูล ที่มาจากผู้ดำเนินการที่มีเชื้อชาติ เพศ อายุ หรือความเชื่อที่ต่างกัน การป้องกันความลำเอียงอาจทำได้โดยต้องมีผู้สำรวจตรวจสอบที่แตกต่างกันหลายคน หรือการทำงานเป็นทีม

2.1.9 วิทยาศาสตร์ไม่มีอำนาจ แม้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีความน่าเชื่อถือและคงทนและนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย อย่างไรก็ตามแม้นักวิทยาศาสตร์ที่สร้างองค์ความรู้หรือทฤษฎีที่มีชื่อเสียงเพียงใด ทฤษฎีเหล่านั้นก็สามารถถูกท้าทายด้วยนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ได้ เพราะข้อมูลที่นำมาสร้างทฤษฎีเหล่านั้นอาจยังมีข้อจำกัดในการอธิบายธรรมชาติ ดังนั้นจะไม่มีนักวิทยาศาสตร์คนใดที่ถูกเชิดชูให้มีอำนาจในการตัดสินนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ซึ่งความคิดใหม่ที่แตกต่างจากความคิดหลักอาจนำมาสู่การวิพากษ์วิจารณ์ที่รุนแรง และนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการสำรวจตรวจสอบความคิดนี้อาจประสบความยากลำบากที่จะได้รับการสนับสนุน ความท้าทายที่จะทำให้เกิดความคิดใหม่เป็นวิธีการหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ในการสร้าง

องค์ความรู้ เช่น ไอน์สไตน์เชื่อว่าทุกสิ่งทุกอย่างมีคุณสมบัติต่างๆ อยู่พร้อมกันที่นักฟิสิกส์จะลงมือศึกษา แต่ในทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม นักฟิสิกส์ไม่สามารถจะบอกได้ว่าสิ่งนั้นมีหรือไม่มีหรือมีค่ามากน้อยเพียงใด จนกว่าเขาจะได้ทดลองวัด ไอน์สไตน์และนักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่คนอื่นๆ เช่น Antoon Lorentz และ Max Planck ต่างก็ไม่ยอมรับทฤษฎีควอนตัมเป็นวิทยาการที่สมบูรณ์ แต่วิชากลศาสตร์ควอนตัมประสบความสำเร็จสูงทุกครั้งที่ใช้อธิบายและทำนายคุณสมบัติของอะตอม

2.2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การสืบเสาะหาความรู้ เป็นคำที่รู้จักและใช้กันมานาน การสืบเสาะหาความรู้เป็นความสามารถและทักษะที่ซับซ้อนที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาโลกธรรมชาติและเสนอคำอธิบายเกี่ยวกับคำถามและปรากฏการณ์ต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลหรือประจักษ์พยานต่างๆ ที่รวบรวมได้ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะประสบความสำเร็จได้ ผู้ศึกษาจะต้องได้รับการพัฒนาทักษะสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ที่สำคัญและจำเป็นในการสำรวจตรวจสอบโลกธรรมชาติ มีดังนี้

1. การสังเกต การใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ ดู ฟัง สัมผัส ชิม และดม ในการเรียนรู้สมบัติของสิ่งต่างๆ และมีการใช้เครื่องมือพื้นฐานในการขยายขอบเขตของประสาทสัมผัส ได้แก่ แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ เครื่องวัดไฟฟ้า ฯลฯ
2. การเปรียบเทียบ การพิจารณาความเหมือน ความแตกต่างของวัตถุ หรือเหตุการณ์ต่างๆ
3. การจัดจำแนก การจัดกลุ่ม การจัดกลุ่ม จัดลำดับเหตุการณ์ โดยใช้ลักษณะที่เหมือนกันจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อถ่ายทอดความเข้าใจ
4. การวัด การรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ ที่เป็นมาตรฐานให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำเที่ยงตรง
5. การวางแผนออกแบบการสำรวจตรวจสอบ วิธีการหลากหลายที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ เพื่อรวบรวมข้อมูลมาตอบคำถามหรือข้อสงสัย รวมถึงการกำหนดรายการที่จะบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ
6. การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล การจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ แสดงเป็นความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปของกราฟ แผนภูมิ การจัดลำดับ เพื่อนำไปสู่การแปลความหมายข้อมูล
7. การใช้ตัวเลขจำนวน การแสดงข้อมูลเชิงปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน รวมถึงการประมาณค่าอย่างมีเหตุผล
8. การทำนาย – คาดคะเน การคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลประจักษ์พยานในปัจจุบันและประสบการณ์

9. การลงความเห็น การลงข้อสรุปที่มีเหตุผลบนพื้นฐานของการสังเกต การสำรวจ ตรวจสอบ

10. การลงข้อสรุป การสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ โดยพิจารณาข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์และแปลความหมายแล้ว ข้อสรุปเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการสำรวจ ตรวจสอบ ซึ่งอาจสรุปเป็นแนวความคิดหลัก กฎ ทฤษฎี

11. การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา สถานที่หรือมิติ การสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสถานที่หรือ มิติที่แตกต่างกัน

12. การตั้งสมมติฐาน การเสนอคำอธิบาย ถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่สามารถตรวจสอบได้ ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบ

13. การระบุและควบคุมตัวแปร การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง หรือ ที่ส่งผลกระทบต่อผลที่เกิดขึ้นซึ่งสอดคล้องกับคำถาม สถานการณ์ที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ การกำหนดตัวแปรต้องมีความรัดกุมเพื่อให้การออกแบบการทดลองมีความยุติธรรม

14. การทดลอง การลงมือปฏิบัติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่กำหนดไว้ จะได้รวบรวมข้อมูลอย่างละเอียด ถี่ถ้วน เที่ยงตรงและครบถ้วน

15. การสร้าง / ใช้แบบจำลอง การแสดงความคิด หรือรูปแบบ โครงสร้าง กระบวนการให้เห็นเป็นรูปธรรม

16. การสื่อสาร การกล่าวถึงข้อมูล ข้อค้นพบ แนวความคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรง และชัดเจนด้วยการเขียน การพูด การจัดแสดงประกอบข้อมูล

ทักษะการสืบเสาะหาความรู้เป็นทั้งทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) คือการใช้กระบวนการคิด และทักษะทางปฏิบัติ (Manual Skills) ที่เคลื่อนไหว หยิบ จับสัมผัส ทักษะทั้ง 2 กลุ่มมีความสำคัญมากในการเรียนรู้ การสืบเสาะหาความรู้ ไม่เฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เท่านั้น แต่รวมถึงศาสตร์อื่นๆ ด้วย และยังใช้ในการดำเนินชีวิต การประกอบอาชีพ ในอนาคตด้วย นอกจากทักษะการสืบเสาะหาความรู้ สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการสืบเสาะหาความรู้คือต้องคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งประกอบด้วย

1. การถามคำถามวิทยาศาสตร์ การถามคำถามวิทยาศาสตร์นำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วมาสร้างคำอธิบาย ปรากฏการณ์หรือสิ่งต่างๆ เช่น ทำไมวัตถุทุกชนิดจึงตกลงสู่พื้น แสง น้ำและอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พืชเติบโตได้อย่างไร เป็นต้น ความรู้เกิดจากการตั้งคำถามแล้วลงมือดำเนินการ เพื่อตอบคำถามนั้น

2. ประจักษ์พยานที่สอดคล้องกับคำถาม ความรู้ วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ได้จาก ประจักษ์พยาน การหาคำอธิบายสิ่งต่างๆต้องอาศัยข้อมูลที่แม่นยำจากการสังเกต การวัด การใช้เครื่องมือต่างๆ ที่ได้มาตรฐาน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาลงความเห็น (Infer) เกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้น

จากปัจจัยต่างๆ การรวบรวมข้อมูลจากประจักษ์พยานต้องทำซ้ำหลายครั้ง เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์

3. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยาน การอธิบายเพื่อตอบคำถามที่สงสัยจะอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์เหตุและผลคือประจักษ์พยานที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ ด้วยการใช้ความคิดวิจารณ์ญาณในการสร้างคำอธิบายที่อาจจะสนับสนุนหรือโต้แย้งอย่างมีเหตุผล การอธิบายจากประจักษ์พยานที่รวบรวมได้ เป็นการสร้างแนวความคิดใหม่จากความเข้าใจที่มีอยู่แล้ว และเป็นการสร้างความรู้ใหม่ด้วย

4. เชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้อื่น ๆ การประเมินคำอธิบายสิ่งต่าง ๆ ควรมีการตรวจสอบว่าคำอธิบายนั้นได้รับการสนับสนุนอย่างจริงจังจากประจักษ์พยานหรือไม่ การอธิบายนั้นตอบคำถามหรือไม่ มีอะไรที่แสดงถึงความไม่เที่ยงตรง ไม่แม่นยำ ในการเชื่อมโยงประจักษ์พยานมาสู่คำอธิบาย หรือยังมีคำอธิบายอื่นที่เป็นเหตุผลมากกว่าหรือไม่ เพื่อให้คำอธิบายนั้นเชื่อถือได้

5. สื่อสารนำเสนอคำอธิบายของตนเอง การเสนอคำอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจจะต้องมีความชัดเจนตั้งแต่คำถาม วิธีการที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบ ประจักษ์พยานที่รวบรวมได้จากข้อมูล คำอธิบายที่มีการทบทวน ตรวจสอบกับคำอธิบายอื่นๆ ควรเปิดโอกาสให้มีการซักถาม ตรวจสอบประจักษ์พยาน วิพากษ์วิจารณ์ สนับสนุน หรือโต้แย้งอย่างมีเหตุผล

2.3 กิจการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นกิจการอย่างหนึ่งที่มีมิติแห่งความเป็นบุคคล สังคม และสถาบันกิจการทางวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะหลักอย่างหนึ่งของโลกปัจจุบัน

2.3.1 วิทยาศาสตร์เป็นกิจการทางสังคมที่ซับซ้อน งานทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้บุคคลจำนวนมากในการทำงานที่แตกต่างกันและมีความร่วมมือกันในระดับนานาชาติ ทั้งชายและหญิงจากกลุ่มชน หลากหลายวัฒนธรรม มีส่วนร่วมในวิทยาศาสตร์และการใช้ประโยชน์บุคคลเหล่านี้ประกอบด้วยนักวิทยาศาสตร์ และกลุ่มคนอาชีพต่าง ๆ เช่น แพทย์ วิศวกร นักเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์ดำเนินไปในองค์กรที่แตกต่างกันมากมาย เช่น ในมหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ภาครัฐกิจและอุตสาหกรรม หน่วยงานของรัฐ องค์กรวิจัยอิสระ สมาคมวิทยาศาสตร์นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานในแต่ละที่อาจทำงานตามลำพัง เป็นกลุ่ม หรือสมาชิกของทีมวิจัยขนาดใหญ่ และการพัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศช่วยเพิ่มความเร็วของการรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ ทำให้การวิเคราะห์แบบใหม่นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงปฏิบัติและย่นเวลาระหว่างการค้นพบและการนำไปใช้ประโยชน์

2.3.2 วิทยาศาสตร์ถูกจัดระบบเป็นสาขาวิชาต่าง ๆ และดำเนินการศึกษาโดยสถาบันที่หลากหลาย วิทยาศาสตร์มีสาขาทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจุดมุ่งหมายและปรัชญา ทุกสาขาของวิทยาศาสตร์มีความเท่าเทียมกัน คือต่างช่วยเติมความอยากรู้ทางวิทยาศาสตร์ ข้อดีของการแบ่งวิทยาศาสตร์เป็นสาขาต่างๆ คือ การก่อให้เกิด

โครงสร้างของแนวความคิดหลักสำหรับจัดระบบของงานวิจัยและสิ่งที่พบ ข้อเสียก็คือการแบ่งเป็นสาขาไม่สอดคล้องกับธรรมชาติของโลก และทำให้การสื่อสารมีความยากลำบากและมีการสังกัดอยู่หลายหน่วยงานซึ่งหลัก ๆ จะเป็นในมหาวิทยาลัย หน่วยงานสนับสนุนงบประมาณ ทำวิจัยมีอิทธิพลต่อทิศทางวิทยาศาสตร์โดยการตัดสินใจว่าจะสนับสนุนงานวิจัยด้านใด มีหน่วยงานของรัฐที่จะควบคุมผลงานวิจัยเกี่ยวกับอันตรายที่จะเกิดขึ้น และการกระทำด้านคุณธรรมของมนุษย์และสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

2.3.3 หลักการทางจริยธรรมทั่วไปที่ต้องยอมรับในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ส่วนมากทำงานด้วยบรรทัดฐานทางจริยธรรม ซึ่งได้แก่การบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ เปิดเผยและการทำซ้ำ เสนอผลงานให้เพื่อนนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน วิพากษ์วิจารณ์ ช่วยทำให้นักวิทยาศาสตร์ส่วนมากมีจริยธรรมในวิชาชีพ จริยธรรมวิทยาศาสตร์อีกด้านหนึ่งคือ การกระทำต่อกลุ่มตัวอย่างที่มีชีวิต ซึ่งจริยธรรมวิทยาศาสตร์สมัยใหม่จะต้องคำนึงถึงสุขภาพและการมีชีวิตที่ดีของสัตว์ตัวอย่าง สำหรับการวิจัยที่ใช้ตัวอย่างเป็นมนุษย์จะต้องได้รับการยินยอม และจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ยังเกี่ยวข้องกับผลกระทบทางวิทยาศาสตร์ระยะยาวด้วย

2.3.4 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนทั่วไป นักวิทยาศาสตร์สามารถนำข้อมูลข่าวสาร ความลึกซึ้งชัดเจนในองค์ความรู้ และทักษะในการวิเคราะห์ไปใช้กับเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสาธารณชน ความรู้วิทยาศาสตร์มักถูกนำไปใช้ในการทำความเข้าใจสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ เช่น วิกฤติทางธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์มักจะช่วยทดสอบว่าอะไรที่เป็นไปไม่ได้ ในฐานะของผู้ให้คำปรึกษา นักวิทยาศาสตร์จะถูกคาดหวังให้ระมัดระวังอย่างมากในการแยกแยะระหว่างข้อเท็จจริงจากการแปลความหมาย และระหว่างสิ่งที่พบในการวิจัยจากสิ่งที่คาดฝันและความคิดเห็นนั้นคือ พวกเขาจะถูกคาดหวังในการใช้หลักการทางการสืบเสาะหาความรู้อย่างเต็มรูปแบบ

วิทยาศาสตร์ในสมัยปัจจุบันได้เข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของมนุษย์บนโลกนี้ทุกภาคส่วน วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการตรวจสอบทฤษฎีหรือสมมุติฐานใด ๆ ได้พัฒนาก้าวหน้าไปมาก เกิดความคิดการวิจัยและการค้นพบทางวิทยาศาสตร์แบบผสมผสานกันของวิทยาศาสตร์หลายสาขา เพื่ออธิบายถึงปรากฏการณ์ และการนำความรู้มาใช้ประโยชน์ ในการดำรงชีวิตและเพื่อชีวิตที่ดีกว่าในการทำงาน การแก้ปัญหา การผลิต การจัดการ เป็นต้น

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบันและในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็น 1 ใน 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ที่มุ่งหวัง

ให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์ได้มีการกำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละมาตรฐานการเรียนรู้จะมีการกำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางเป็น ที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละระดับชั้นที่เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์

การสอนที่ดีไม่ได้ขึ้นกับการที่ผู้สอนมีความรู้เนื้อหาที่ดีเสมอไป การสอนที่ดีคือการที่ผู้สอนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งด้านความสนใจ ความถนัด ความพร้อมในการเรียนรู้ ระดับสติปัญญา ผู้สอนจึงควรทบทวนทำความเข้าใจการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นการเป็นผู้สอนที่ดีผู้สอนต้องมีความพร้อมในหลาย ๆ ด้าน นอกเหนือจากความพร้อมในด้านเนื้อหาที่จะสอน ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผู้สอนควรเปลี่ยนจากการยัดวิชาเป็นตัวยัด มาเป็นยัดผู้เรียนเป็นที่ตั้งหรือผู้เรียนเป็นสำคัญ แล้วหาวิธีสอนที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มที่ เพื่อพัฒนาผู้เรียนแต่ละคนนั้นให้บรรลุถึงศักยภาพสูงสุดที่มีอยู่ ซึ่งความรู้ด้านหนึ่งที่สำคัญสำหรับผู้สอนเพื่อให้รู้จักการเรียนรู้ของผู้เรียนคือความรู้ทางจิตวิทยาการเรียนรู้ จะทำให้ผู้สอนเกิดความเข้าใจต่อผู้เรียน และสามารถจัดประสบการณ์ให้มีความเหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนแต่ละวัย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามหลักสูตรคาดหวัง

1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบดั้งเดิม

โดยเฉพาะทฤษฎีเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองของThorndike (Edward L. Thorndike) ที่กำหนดทฤษฎีการเรียนรู้แบบต่อเนื่องไว้ 3 ประการ คือ 1) กฎแห่งผล (Law of Effect) กล่าวถึงการเรียนรู้ที่ดีผู้เรียนจะต้องได้รับผลของการกระทำนั้น เช่น เมื่อผู้เรียนทำการบ้านและได้รับผลการตรวจจากครูว่านักเรียนทำถูกต้อง ในครั้งต่อไปนักเรียนอยากจะทำบ้านอีก แต่ถ้านักเรียนทำการบ้านไม่ถูกต้องเขาจะไม่อยากทำการบ้านของครูคนนั้น อีก 2) กฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) กล่าวถึงการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีความพร้อมทุกองค์ประกอบทั้งด้านความพร้อมที่จะเรียนของผู้เรียน ความพร้อมของผู้สอนในเนื้อหา และการจัดกิจกรรม และความพร้อมด้านบรรยากาศ สถานที่เรียน และ3) กฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) กล่าวถึงการเรียนรู้ที่คงทนถาวรนั้นเกิดจากการที่ผู้เรียนได้ทบทวนสิ่งที่เรียนซ้ำแล้วซ้ำอีก ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะ ความชำนาญในสิ่งนั้น จากหลักการของทฤษฎีการเรียนรู้แบบต่อเนื่องของThorndikeนั้นจะทำให้ผู้สอนรู้ว่าถ้าต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพที่เอื้อต่อการเรียนรู้อย่างไร ซึ่งผู้สอนจะต้องมีการเตรียมตัวให้พร้อมก่อนที่จะสอน มีการมอบหมายให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาหรือฝึกทักษะและให้รางวัลเมื่อนักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาและอยากแก้ปัญหาอีกในอนาคต

ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิกของพาฟลอฟ (Ivan P. Pavlov) หลักการสำคัญของทฤษฎีคือโดยทั่วไปแล้วบุคคลจะตอบสนองหลากหลายต่อสิ่งเร้าต่างชนิดกัน แต่การตอบสนองแบบเดียวกันต่อสิ่งเร้าต่างชนิดกันสามารถเกิดขึ้นได้ถ้ามีการวางเงื่อนไขที่เหมาะสม เช่น สุนัขเมื่อได้อาหารน้ำลายจะไหล แต่เมื่อได้ยินเสียงกระดิ่งน้ำลายจะไม่ไหล ดังนั้นถ้าต้องการให้สุนัขตอบสนองอย่างเดียวกันคือน้ำลายไหลเมื่อได้รับอาหารหรือได้ยินเสียงกระดิ่งจะต้องมีการวางเงื่อนไขระหว่างสิ่งเร้าที่เงื่อนไขนั้นคือกระดิ่งกับสิ่งเร้าทั่วไปคืออาหารให้สัมพันธ์กัน เมื่อกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไขในครั้งต่อไปแล้วสุนัขจะน้ำลายไหล การนำทฤษฎีการวางเงื่อนไขของพาฟลอฟไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นผู้สอนจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในสิ่งที่ผู้สอนต้องการ เช่น สร้างบรรยากาศที่ดีในการจัดการเรียนการสอน จัดการเรียนการสอนให้มีความสนุกสนานไม่น่าเบื่อ จัดหาสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบการกระทำของสกินเนอร์ (Burrhus F. Skinner) หลักการสำคัญคือ การเรียนรู้จะเกิดจากการที่บุคคลได้กระทำอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วการกระทำนั้นได้รับการเสริมแรง เช่น นักเรียนตอบคำถามแล้วได้รับคำชมจากครูว่าเป็นการแสดงออกที่เหมาะสม จะทำให้นักเรียนผู้นั้นอยากตอบคำถามอื่น ๆ อีก ซึ่งครูจะต้องรู้จักยกย่องกับพฤติกรรมอันพึงประสงค์ที่นักเรียนแสดงออก และไม่ยกย่องกับพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์

1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ร่วมสมัย: ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยา และการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อความหมายและการควบคุมกระบวนการการสื่อความหมายในตัวบุคคล ทฤษฎีนี้เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างความรู้นั้นมากกว่าการรับรู้ การเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้น ประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง แนวคิดนี้มีรากฐานจาก 2 แนวคิดของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา 2 คนคือ เพียเจต์ (Jean Piaget; 1952 อ้างถึงใน Wadsworth, 2004) และ ไวโกตสกี (Lev Vygotsky)

1. แนวคิดของเพียเจต์ (Cognitive Constructivism) มีหลักการสำคัญคือ มนุษย์เป็นผู้สร้างความรู้ การแปลความหมายของความรู้ใหม่จะขึ้นกับความรู้เดิมของบุคคลนั้นที่มีมา การปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจะทำให้เรามีการปรับตัว (Adaptation) ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ถ้าโครงสร้างทางสมอง (Schema) จะสามารถปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมไม่ได้ก็จะเกิดภาวะสมดุล (Equilibrium) เกิดการเรียนรู้สิ่งดังกล่าวได้ แต่ถ้าโครงสร้างทางสมองไม่สามารถปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมไม่ได้ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) จะทำให้ไม่สามารถเกิดการเรียนรู้ในสิ่งเหล่านั้นได้ (พินท์ ทองชุมชุม, 2547: 87) ซึ่งโครงสร้างทางปัญญาของคนเราเมื่อเวลาผ่านไปและได้รับข้อมูลจากประสบการณ์ต่าง ๆ รอบตัวจะทำให้มีโครงสร้างทางปัญญาที่ขยายและซับซ้อนขึ้น ในการปรับตัวเพื่อให้เข้าสู่ภาวะสมดุลและนำไปสู่การเรียนรู้มีวิธีการ 2 วิธี คือ

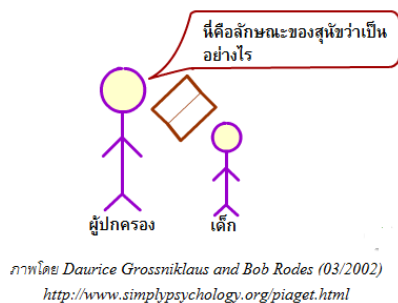
1) การดูดซับประสบการณ์ใหม่เข้าไป (Assimilation)

2) การปรับขยายกรอบโครงสร้างความรู้เดิมเพื่อให้สอดคล้องและรับความคิดใหม่เข้าไป (Accommodation)

สถานการณ์ข้างล่างแสดงการพัฒนาโครงสร้างทางปัญญา (Schema) เกี่ยวกับสุนัข ด้วยกระบวนการดูดซึม จากนั้นใช้กระบวนการปรับโครงสร้างในการเรียนรู้เกี่ยวกับแมวโดยอาศัยความรู้เดิมจากสุนัขในการสร้างโครงสร้างทางปัญญาเกี่ยวกับแมว (ภาพจาก Animation created by Daurice Grossniklaus and Bob Rodes, 2002

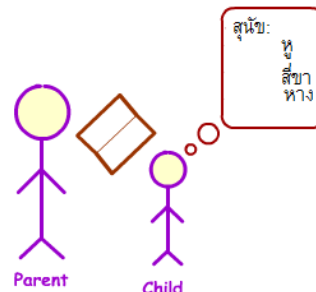
<http://www.simplypsychology.org/piaget.html>)

สกีมาแรก เด็กเริ่มพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับ สุนัขจากรูปภาพในหนังสือ



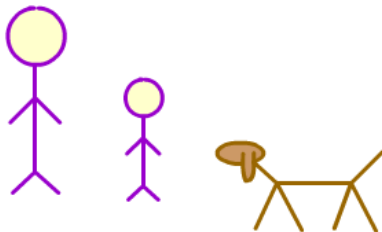
(1)

กระบวนการสร้าง สกีมา เด็กเริ่มสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสุนัข โดยการดูดซึมข้อมูล เข้าไปเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล



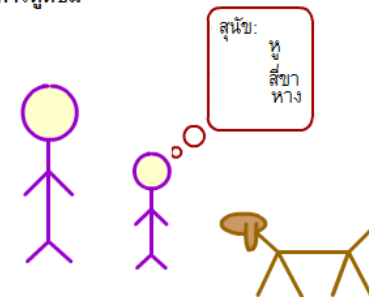
(2)

กระบวนการดูดซึม เด็กขยายความเข้าใจว่า สุนัขคืออะไรโดยการสังเกต สุนัข



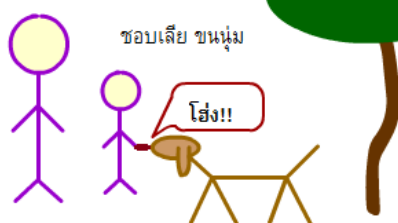
(3)

กระบวนการดูดซึม



(4)

เด็กอยู่ในภาวะไม่สมดุล เนื่องจากสิ่งที่ เด็กรับรู้เกี่ยวกับมาก่อนหน้าไม่มี "เห่า" "ขนนุ่ม" "เลีย"



(5)

กระบวนการดูดซึม



(6)

การดูซึม ขณะที่เด็กอยู่ในภาวะไม่สมดุล เขาจะสร้างความหมายด้วยการนำข้อมูลใหม่เข้าไปในสกีมาเดิม เด็กควรได้รับการสนับสนุนจากผู้ปกครองว่าข้อมูลที่เขาส่งขึ้นนั้นถูก



(7)

เกิดการดูซึมขึ้น

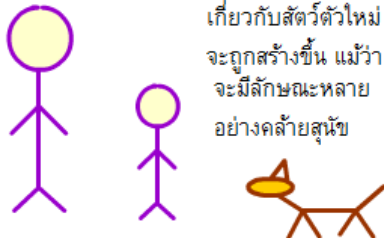
กลับเข้าสู่ภาวะสมดุล

สกี: 4 ขา หู หาง เฝ้า ขนนุ่ม เลีย



(8)

การปรับโครงสร้าง
เมื่อเด็กเห็นแมวในส่วน สกีมาใหม่ที่เกี่ยวกับสัตว์ตัวใหม่จะถูกสร้างขึ้น แม้ว่าจะมีลักษณะหลายอย่างคล้ายสกี



(9)

กระบวนการปรับโครงสร้าง

สกี: 4 ขา หู หาง เฝ้า ขนนุ่ม เลีย



(10)

กระบวนการปรับโครงสร้าง

สกี: 4 ขา หู หาง เฝ้า ✗ ขนนุ่ม ✓ เลีย ✓



(11)

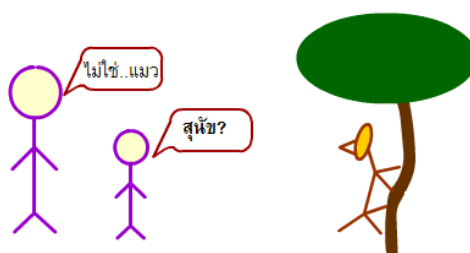
กระบวนการปรับโครงสร้าง

สกี: 4 ขา หู หาง เฝ้า ✗ ขนนุ่ม ✓ เลีย ✓



(12)

กระบวนการปรับโครงสร้าง เด็กอยู่ในภาวะไม่สมดุล ผู้ปกครองต้องให้ข้อมูลย้อนกลับว่าเป็นแมว



(13)

เกิดการปรับโครงสร้าง

สกี: 4 ขา หู หาง เฝ้า ✗ ขนนุ่ม ✓ เลีย ✓

แมว: 4 ขา หู หาง เหมียว ขนนุ่ม เลีย ปีนป่าย



(14)

สกีมาเกี่ยวกับแมวถูกสร้างขึ้น

2. แนวคิดของไวโกตสกี (Social Constructivism) หลักการที่สำคัญที่ว่าปฏิสัมพันธ์ทางสังคม มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา ซึ่งต่างจากแนวคิดเพียเจต์ที่มองการเรียนรู้เกิดข้างในไปข้างนอก ในขณะที่ไวโกตสกี มองการเรียนรู้เกิดจากข้างนอกเข้ามาข้างใน ซึ่งไวโกตสกีอธิบายการเรียนรู้ของผู้เรียนเกี่ยวข้องกับ บริเวณความใกล้เคียงพัฒนาการทางปัญญา (The Zone of proximal development) ซึ่งอธิบายขอบเขตที่เด็กสามารถทำได้ด้วยตนเองด้วยการนำเอาความรู้ที่มีอยู่ในบริบทของสังคมนั้น ๆ โดยอาศัยความคิดและภาษามีความสัมพันธ์กัน และขอบเขตที่เด็กสามารถทำได้ซับซ้อนขึ้นถ้าได้รับการแนะนำ จากผู้ชำนาญการ เรียกเทคนิค Scaffolding เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ง่ายขึ้น

2. แนวกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

แน่นอนว่าการที่ครูผู้สอนมีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่สำคัญมาก เพราะถ้าครูผู้สอนไม่มีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาวิชาอย่างถูกต้อง ย่อมไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนได้ ไม่ว่าจะเป็นการอธิบาย การลำดับเนื้อหา การใช้คำถาม การเลือกหรือพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ที่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งได้ ยิ่งกว่านั้นผู้สอนอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง (Misconception) หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (Alternative conception) แต่ถ้าผู้สอนมีความรู้เนื้อหาอย่างดีแล้วแต่ไม่มีความรู้หรือคำนึงถึงแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนว่ามีการเรียนรู้อย่างไร (how people learn) และเหมาะจะว่าผู้เรียนต้องเข้าใจสัจจนยังเข้าใจเลย โดยไม่คำนึงถึงความสนใจของผู้เรียน ไม่คำนึงศักยภาพภาพทางสมองของผู้เรียนว่ามีความแตกต่างกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งแตกต่างจากตัวครูผู้สอนอย่างไร ผู้เรียนที่เป็นผลผลิตจากครูผู้สอนแบบนี้ อาจไม่เกิดการเรียนรู้อะไรเลยจากการจัดกิจกรรมของครูผู้สอนที่ไม่คำนึงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้น ครูผู้สอนที่มีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเอกและวิชาครูย่อมสามารถจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับทั้งธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเอกและธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียน

องค์ความรู้วิทยาศาสตร์มีวิวัฒนาการความเป็นมายาวนานเช่นเดียวกับศาสตร์อื่น ๆ เพราะมนุษย์เองเป็นคนสร้างองค์ความรู้ต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งธรรมชาติของมนุษย์มีความสนใจในสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว ซึ่งความรู้เหล่านี้ช่วยให้มนุษย์มีความรู้ ความเข้าใจ สามารถที่จะอธิบายควบคุมหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ การเสาะแสวงหาความรู้ของมนุษย์มีใช้กระบวนการที่เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ แต่เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยสติปัญญา และการฝึกฝนต่าง ๆ ซึ่งมีวิธีการเสาะแสวงหาความรู้ของมนุษย์แตกต่างกันไปตามยุคสมัย ดังนั้นองค์ความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ อาจมีความเฉพาะต่อเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่มีขอบเขตของศาสตร์นั้น ๆ

องค์ความรู้วิทยาศาสตร์เองก็มีกระบวนการในการเสาะแสวงหาความรู้ที่อาศัยวิธีการที่อาจแตกต่างกันไปบ้าง แต่ทุกวิธีการล้วนมีระเบียบแบบแผนอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผล ซึ่งใน

ปัจจุบันนี้องค์ความรู้ใหม่ ๆ จำนวนมากเกิดขึ้น ดังนั้นถ้าครูผู้สอนไม่เข้าใจในธรรมชาติของเนื้อหาที่จะสอน อาจนำมาซึ่งวิธีการถ่ายทอดหรือเนื้อหาใส่หัวผู้เรียน ดังนั้นการที่ครูผู้สอนมีความรู้และเข้าใจถึงธรรมชาติของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่กำหนดไว้ในหลักสูตรนั้น จะช่วยให้ครูผู้สอนเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการสร้างองค์ความรู้ของเนื้อหานั้นๆ ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ นั้นถูกสร้างขึ้นจากการรวบรวมข้อมูลของเหล่านักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายที่มีความรู้ความสามารถในระดับสูงแต่อย่างไรก็ตามเขาเหล่านั้นต่างต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาอันยาวนานกว่าจะได้ข้อมูลที่นำมาถนอมและสร้างเป็นองค์ความรู้เพื่อถ่ายทอดให้คนอื่นเข้าใจ ดังนั้น ท่านลองมองย้อนกลับไปถึงผู้เรียนตัวน้อย ๆ ในห้องของท่านว่าผู้เรียนเหล่านั้นมีความสนใจอะไร มีศักยภาพที่แตกต่างกันในเรื่องต่าง ๆ มากน้อยแค่ไหน ท่านควรคำนึงถึงเสมอว่าท่านควรจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ว่าถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการใด ไม่ใช่เป็นการที่เราจะสามารถเทองค์ความรู้ใส่หัวผู้เรียนเพื่อให้เขาได้รับข้อมูลทั้งหมดที่เราเทใส่ ซึ่งจากรายงานการวิจัยพบว่าระยะเวลาที่ความสนใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ใดกิจกรรมการเรียนรู้หนึ่งของผู้เรียนกับขึ้นช่วงอายุโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสนใจของเด็ก 2-3 ขวบจะอยู่ในช่วงระยะเวลาประมาณ 3 - 5 นาที , ช่วงอนุบาล (ประมาณ 4-5 ขวบ) อยู่ประมาณ 5-10 นาที, อายุ 6-8 ขวบ อยู่ประมาณ 15 -20 นาที, 9-12ปีความสนใจจะอยู่ระหว่าง 22 – 35 นาที (Khan, 2012 ออนไลน์) บางงานก็กล่าวว่าความสนใจของเด็กเล็กอยู่ระหว่าง อายุ ± 2 นาที ซึ่งนักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาและสนใจในสิ่งที่ครูนำเสนอได้มากที่สุด ในช่วง 5 นาทีแรก ที่ข้อมูลถูกนำเสนอที่ข้อมูลถูกนำเสนอ จากนั้นจะลดลงแบบเรื่อย ๆ จนถึงขีดต่ำสุดในช่วง 15-20 นาที หลัง 20 นาทีของการเรียนการสอนจะอย่างไรให้นักเรียนสามารถมีความสนใจและเรียนรู้ได้อย่างมีชีวิตชีวา (Midderndorf & Kalish, 1996) และนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยจะมีความสามารถในการสนใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบเดียวอยู่ประมาณ 50 – 75 นาที ดังนั้นการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนควรมีความหลากหลาย ไม่ใช่ทั้งชั่วโมงเน้นการบรรยายอย่างเดียว

1. ความหมายของวิธีสอน

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) กล่าวว่า วิธีสอน หมายถึง วิธีดำเนินการในการสอนในชั้นเรียนอย่างมีระเบียบแบบแผนเพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ เป็นกิจกรรมที่ครูและนักเรียนต้องทำในชั้นเรียน เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่วางไว้ ตัวอย่างวิธีการสอนเช่น วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ วิธีสอนแบบสาธิต เป็นต้น

วิธีสอน หมายถึง กระบวนการที่ทำให้วัตถุประสงค์หรือความมุ่งหมายของการศึกษาปรากฏผลขึ้นได้ ฉะนั้นวิธีการสอนจึงเปรียบเสมือนสะพานที่เชื่อมโยงวัตถุประสงค์กับผลให้ต่อเนื่องกัน (สุโขทัยธรรมาราช, 2532)

วิธีสอน คือ ขั้นตอนที่ผู้สอนดำเนินการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบและขั้นตอนสำคัญอันเป็นลักษณะเด่นหรือลักษณะเฉพาะที่ขาดไม่ได้ของวิธีนั้นๆ (ทศนา แคมมณี, 2550)

สรุป วิธีการสอน หมายถึง วิธีดำเนินการสอนที่มีขั้นตอนที่ผู้สอนดำเนินการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์

2. วิธีการสอนวิทยาศาสตร์

การสอนเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อน ไม่มีรูปแบบของการนำเสนอใดที่ทรงพลังที่สุดเพียงรูปแบบเดียวแล้วทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ไม่อาจจะกำหนดจำนวนวิธีการสอนหรือขั้นตอนการสอนที่เป็นมาตรฐานแน่นอนที่ผู้สอนทุกคนจะต้องทำตาม (Loughran, Berry & Mulhall, 2006) อย่างไรก็ตามการสอนวิทยาศาสตร์ควรคำนึงถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประวัติศาสตร์และวิธีการสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ในเนื้อหานั้น ๆ ซึ่งการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าหรือการอ้างเหตุผลโดยปราศจากการรวบรวมข้อมูลที่ผ่านประสาทสัมผัส ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจ การทดลอง ดังนั้นไม่ว่าจะใช้วิธีการสอนที่มีขั้นตอนแตกต่างกัน แต่สิ่งสำคัญคือกิจกรรมการเรียนรู้ในวิธีการสอนนั้น ๆ ผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่เป็นการให้ผู้เรียนได้รวบรวมข้อมูล และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมมาแล้วสังเคราะห์ข้อมูลเป็น มโนคติ หลักการ กฎ และทฤษฎี ด้วยตัวของนักเรียนเอง ในเอกสารประกอบการสอนฉบับนี้ ขอยกตัวอย่างวิธีการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

2.1 วิธีการสอนแบบอุปนัย

วิธีการอุปนัยหรืออุปมาน (Inductive Method) พัฒนาขึ้นในโดยฟรานซิส เบคอน เขาได้วิพากษ์วิจารณ์วิธีการหาเหตุผลแบบวิธีอนุมานของอริสโตเติลซึ่งเป็นกระบวนการคิดค้นจากเรื่องทั่ว ๆ ไปสู่เรื่องเฉพาะเจาะจง หรือคิดจากส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อยจากสิ่งที่รู้ไปสู่สิ่งที่ไม่รู้ ว่ามีข้อบกพร่องดังกล่าวแล้ว จึงเป็นเหตุให้เบคอนได้เสนอวิธีการหาความรู้ความจริงขึ้น ซึ่งเรียกว่า วิธีอุปมาน (Inductive reasoning) เป็นวิธีที่อาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลย่อยก่อนแล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล (เหตุย่อย) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูลเหล่านั้นเพื่อที่จะนำมาสรุปเป็นเหตุหรือผลหรือตั้งเป็นทฤษฎี (เหตุใหญ่) วิธีการสอนแบบอุปนัยมีแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานมาจากหลายทฤษฎี โดยเฉพาะ ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการสอนที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด เป็นกระบวนการที่ผู้สอนสอนจากรายละเอียดปลีกย่อยหรือจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ หรือกฎเกณฑ์ หลักการ ข้อเท็จจริงหรือข้อสรุป โดยการนำเอาตัวอย่าง ข้อมูล เหตุการณ์ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ ที่มีหลักการแฝงอยู่มาให้ผู้เรียนศึกษา สังเกต ทดลอง เปรียบเทียบหรือวิเคราะห์จนสามารถสรุปหลักเกณฑ์ได้ด้วย

ตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ของผู้เรียน

ขั้นตอนการสอนแบบอุปนัย

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวิธีการนี้มีนักการศึกษาหลายคนเสนอไว้ใน เฮนน์มิลเลอร์ (Heinmiller, 1925) ได้กล่าวถึงการดำเนินการสอนขั้นต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นทบทวนความรู้เดิมหรือบทเรียนที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับความรู้ใหม่ก่อนจะเข้าสู่การแนะนำบทเรียนใหม่ นอกจากนี้ควรมีการจูงใจ (Motivation) เป็นขั้นกำหนดจุดหมาย (Goal) ที่จะบรรลุพร้อมทั้งกำหนดแนวทางในการทำกิจกรรม ซึ่งอาจจะเป็นในรูปของปัญหาเพื่อที่จะนำไปสู่จุดมุ่งหมายนั้น
2. ขั้นนำเสนอ (Presentation) เป็นการนำเสนอกรณีตัวอย่างเฉพาะในชั้นเรียนอย่างเพียงพอ อาจจะมากกว่า 2-3 ตัวอย่าง ที่ต้องการสอนแก่ผู้เรียนเพื่อที่จะนำไปสู่หาข้อสรุปได้
3. ขั้นเปรียบเทียบและรวบรวมโน้ต (Comparison and Abstraction) เป็นขั้นหาองค์ประกอบร่วมจากตัวอย่าง ปัจจัยสำคัญของขั้นนี้คือการลงความคิดเห็นแต่ละกรณีตัวอย่างเพื่อเตรียมให้ผู้เรียนสรุปกฎเกณฑ์ลักษณะทั่วไป ในขั้นนี้ผู้สอนไม่ควรเร่งเร้าเด็กเกินไป เพราะผู้เรียนยังไม่มีความคิดกว้างขวางเหมือนผู้สอน
4. ขั้นสรุปกฎเกณฑ์และลักษณะทั่วไป (Generalization) เป็นขั้นสรุปองค์ประกอบร่วมของกรณีตัวอย่างต่าง ๆ ที่มีลักษณะทั่วไปร่วมกันจากที่ผู้เรียนได้สังเกตแล้วสรุปเป็นกฎเกณฑ์ นิยาม หลักการ หรือสูตร เป็นต้น
5. ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) เป็นขั้นทดสอบผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจกฎหรือข้อสรุปที่นำมาแล้วว่าสามารถที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาหรือแบบฝึกหัดอื่น ๆ ได้หรือไม่

ถ้าพิจารณาจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ เฮนน์มิลเลอร์ ได้พัฒนาขึ้นนั้นจะพบว่าเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากการรวบรวมข้อมูลจากเหตุการณ์ตัวอย่าง ตัวอย่าง ณ ที่นี้คือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องได้ข้อมูลที่สำคัญจากปรากฏการณ์เหล่านั้น ซึ่งปรากฏการณ์ ณ ที่นี้ไม่ใช่ โจทย์ปัญหา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้มาจนสามารถสรุปเป็นแนวคิด หลักการต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง เช่น ก่อนที่ครูจะสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันเป็น $\Sigma F = 0$ ผู้สอนจะต้องคำนึงว่า การสรุปด้วยสูตรนี้เป็นตัวแทนข้อมูลหรือเนื้อหาที่ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลจากปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ ซึ่งกว่าจะสามารถสรุปเป็นสัญลักษณ์ให้กะทัดรัด ไม่เปลืองเหมือนการเขียนข้อความเชิงพรรณนานั้น มันมีความหมายเฉพาะมาก ไม่ใช่ให้ผู้เรียนต้องมาท่องจำสูตรเหล่านี้ เพราะจะทำให้เขาไม่เข้าใจเนื้อหาว่าวิทยาศาสตร์ที่ซ่อนตัวอยู่ภายใต้สัญลักษณ์เหล่านี้คืออะไร ดังนั้น ผู้สอนต้องให้ผู้เรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่เป็นการเคลื่อนที่ 2-3 ปรากฏการณ์แล้วให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาจัดกระทำ วิเคราะห์หาองค์ประกอบร่วมของข้อมูลที่ได้รวบรวมมาจากปรากฏการณ์ตัวอย่าง วิเคราะห์ความว่าข้อมูลเหล่านั้นมีความสัมพันธ์

กันอย่างไร มีอะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผลที่เกิดตามมา แล้วเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเข้าสู่สัญลักษณ์เพื่อให้ได้ข้อความที่กะทัดรัดขึ้น

เอ็กเกน โคซาคและฮาร์เดอร์ (Eggen, Kauchak and Harder, 1979: 116-124) ได้เสนอขั้นตอนของวิธีการสอนแบบอุปนัยไว้ ดังนี้

1. ขั้นวางแผน ขั้นนี้เป็นขั้นตอนของการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียน หรือกำหนดแนวทางในการเรียน ตลอดจนถึงการเตรียมกรณีตัวอย่าง วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการเรียนการสอน

2. ขั้นดำเนินการสอน ในขั้นนี้การจัดกิจกรรมการสอนได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้

2.1 ขั้นเสนอตัวอย่าง ผู้สอนเสนอตัวอย่างที่หนึ่งให้ผู้เรียนดูพร้อมกับตั้งคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะและสมบัติของตัวอย่างจากนั้นผู้สอนจะแสดงตัวอย่างเพิ่มเติมพร้อมกับตั้งคำถามให้ผู้เรียนได้สังเกตลักษณะและสมบัติของตัวอย่าง แล้วเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านมาว่ามีสิ่งใดมีลักษณะร่วมกันบ้างและผู้สอนอาจนำเสนอตัวอย่างเพิ่มเติมตามความเหมาะสมต่อไปเพื่อให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านมา จนผู้เรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ได้

2.2 ขั้นสรุป ในขั้นนี้ผู้เรียนจะนำเอาลักษณะร่วมของแต่ละตัวอย่างมาสรุปเป็นแนวคิด มโนทัศน์ ด้วยตัวของผู้เรียนเอง

2.3 ขั้นเสริมตัวอย่าง ในขั้นนี้เป็นการฝึกให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการสร้างมโนทัศน์ ผู้สอนอาจแสดงตัวอย่างอีก 2-3 ตัวอย่าง เพื่อฝึกหัด จัดกลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งให้เหตุผลในการจัดไว้ด้วย

3. ขั้นประเมินผล ในขั้นนี้ผู้สอนอาจจะให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบที่เตรียมไว้เพื่อประเมินว่าผู้เรียนได้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

รวินทรธ ทุมชัย (2534: 93-94) กล่าวถึงขั้นตอนในการสอนแบบอุปนัยไว้ดังนี้

1. ขั้นเตรียม ผู้สอนทบทวนหลักบทเรียนพื้นฐาน
2. ขั้นเสนอ ผู้สอนยกตัวอย่างหลาย ๆ แบบให้ผู้เรียนดูตามความเหมาะสม
3. ขั้นเปรียบเทียบ ในขั้นนี้ให้ผู้เรียนสังเกตตัวอย่าง พิจารณาตัวอย่าง
4. กำหนดนัยทั่วไป ให้ผู้เรียนสามารถสรุปกฎ สูตร นิยามได้
5. ขั้นนำไปใช้ ให้ผู้เรียนนำกฎ สูตร นิยาม ไปใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์ แบบฝึกหัด หรือในชีวิตจริงได้

สุพิน บุญชูวงศ์ (2538: 67) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสอนแบบอุปนัยสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นเตรียมเป็นการทบทวนความรู้เดิม กำหนดจุดมุ่งหมายการเรียนการสอน
2. ขั้นสอนหรือขั้นนำเสนอ เป็นการเสนอตัวอย่างหรือกรณีต่าง ๆ อย่างเพียงพอ ให้ผู้เรียนพิจารณาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบ สรุปกฎเกณฑ์ได้

3. ขั้นเปรียบเทียบรวบรวมโน้ต เป็นขั้นหองค์ประกอบรวมคือให้ผู้เรียนพิจารณาความคล้ายคลึงขององค์ประกอบในตัวอย่างเพื่อเตรียมสรุปกฎเกณฑ์

4. ขั้นสรุป เป็นขั้นที่มีการนำคุณลักษณะร่วมต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกตต่าง ๆ จากตัวอย่างมาสรุปเป็นกฎเกณฑ์ หลักการ

5. ขั้นประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่ทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับกฎเกณฑ์หรือข้อสรุปที่ได้ทำมาแล้วว่าสามารถที่จะนำไปใช้เพื่อการแก้ปัญหาหรือการฝึกอื่น ๆ

อรรถพล คำภู (2543: 15) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสอนของวิธีสอนแบบอุปนัยไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ เป็นการใช้ทักษะเตรียมตัวผู้เรียนให้พร้อมโดยทบทวนความรู้เดิมในบทเรียน และ บอกจุดประสงค์ที่ชัดเจน

2. ขั้นแสดง คือการยกตัวอย่าง และ แสดงวิธีทำให้แก่ผู้เรียนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง เพื่อให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบ

3. ขั้นเปรียบเทียบและค้นหา เป็นการให้ผู้เรียนพิจารณาเปรียบเทียบองค์ประกอบของตัวอย่าง เพื่อเตรียมสรุปกฎเกณฑ์แต่ผู้สอนผู้สอนไม่ควรเร่งรัดผู้เรียนมากเกินไป เพราะผู้เรียนยังขาดประสบการณ์ไม่เหมือนผู้สอนผู้สอน

4. ขั้นสรุปกฎเกณฑ์ เป็นการนำเสนอข้อสังเกตต่าง ๆ จากตัวอย่างมาสรุปด้วยหลักการของผู้เรียนเอง

5. ขั้นประยุกต์ใช้ เป็นขั้นตอนทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนเพื่อผู้เรียนนำไปใช้แก้ปัญหา หรือแบบฝึกหัดอื่น ๆ ได้

กรมวิชาการ (2544: 74) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการสอนแบบอุปนัยไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียม ทบทวนความรู้เดิม จูงใจ เป็นขั้นสร้างความสนใจ และอธิบายความมุ่งหมายให้ผู้เรียนเข้าใจ

2. เป็นการเสนอกรณีหรือตัวอย่างที่ต้องการสอนแก่ผู้เรียนจะต้องหลายกรณีให้มากพอที่จะสังเกตและสรุปได้จากตัวอย่าง

3. ขั้นวิเคราะห์ จากการสังเกตตัวอย่างผู้เรียนก็จะสามารถเปรียบเทียบแยกแยะข้อแตกต่าง และ มองเห็นความสัมพันธ์ของรายละเอียดที่เหมือนกัน จนสามารถนำไปสู่ข้อสรุป

4. ขั้นสรุป เป็นการสรุปส่วนสำคัญจากตัวอย่างต่าง ๆ เป็นนิยามกฎเกณฑ์หรือสูตรด้วยตัวผู้เรียน

5. ขั้นนำไปใช้เป็นขั้นทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนให้เกิดการพัฒนา นำหลักการไปใช้แก้ปัญหา ทำแบบฝึกหัดจากแนวคิดต่าง ๆ

ทิศนา แคมมณี (2547: 340) กล่าวถึงขั้นตอนสำคัญ (ที่ขาดไม่ได้) ของการสอนแบบอุปนัย ไว้ดังนี้

1. ผู้สอน และ/หรือ ผู้เรียน ยกตัวอย่าง/ข้อมูล/สถานการณ์/เหตุการณ์/ปรากฏการณ์/ความคิด ที่เป็นลักษณะย่อยของสิ่งที่จะเรียนรู้

2. ผู้เรียนศึกษา และ วิเคราะห์หาหลักการที่แฝงอยู่ในตัวอย่างนั้น
3. ผู้เรียนสรุปหลักการ/แนวคิด ที่ได้จากตัวอย่างนั้น
4. ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ (2547: 16-17) ได้สรุปขั้นตอนสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัย ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ เป็นการเตรียมตัวผู้เรียนก่อนจะเรียนรู้บทเรียนใหม่ด้วยการทบทวนความรู้เดิมหรือปูพื้นฐานความรู้
2. ขั้นเสนอตัวอย่าง เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเสนอตัวอย่างข้อมูล สถานการณ์ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์หรือแนวคิดให้ผู้เรียนได้สังเกตลักษณะและคุณสมบัติของตัวอย่างเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบสรุปเป็นหลักการ แนวคิด หรือกฎเกณฑ์
3. ขั้นเปรียบเทียบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนทำการสังเกต ค้นหา วิเคราะห์ รวบรวม เปรียบเทียบ ความคล้ายคลึงกันของลักษณะร่วมในตัวอย่างต่าง ๆ ทำการแยกแยะข้อแตกต่าง ข้อเหมือน ระบุความสัมพันธ์ในรายละเอียดที่เหมือนกัน ต่างกันได้ ในขั้นนี้ ผู้สอนอาจให้ข้อมูลเพิ่มเติมหรือใช้วิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดค้นต่อไปโดยการตั้งคำถามให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิดวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อยเพื่อจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน
4. ขั้นสรุปกฎเกณฑ์ เป็นการให้ผู้เรียนนำลักษณะร่วมจากตัวอย่างมาสรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์ หรือนิยามด้วยตัวผู้เรียนเอง
5. ขั้นนำไปใช้ ในขั้นทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนโดยให้ผู้สอนเตรียมตัวอย่างข้อมูล สถานการณ์ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ หรือความคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลายมาให้ผู้เรียนใช้ในการฝึกทำแบบฝึกหัด หรือผู้สอนอาจให้โอกาสผู้เรียนช่วยกันยกตัวอย่างจากประสบการณ์ของผู้เรียนเองเปรียบเทียบก็ได้ เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นการประเมินว่าผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่นั่นเอง

2.2 วิธีการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์

จากที่กล่าวมาแล้วว่าทฤษฎีกับวิธีสอนมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทฤษฎี ต่าง ๆ ที่ยังไม่ได้เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน ส่วนวิธีสอนนั้นมีลักษณะที่เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ชัดเจน และจากแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้หรือคอนสตรัคติวิสต์ได้มีนักศึกษานำไปพัฒนาเป็นขั้นตอนการเรียนการสอนหลายคน จึงเรียกเป็นวิธีการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเชิญชวน ได้แก่

1. สังเกตสิ่งรอบตัวด้วยความอยากรู้อยากเห็น
2. ถามคำถาม
3. พิจารณาคำตอบที่เป็นไปได้ของคำถามที่ตั้งขึ้น
4. จัดบันทึกปรากฏการณ์ที่ไม่คาดคิดมาก่อนว่าจะเกิดขึ้นได้ แต่เกิดขึ้น
5. บ่งชี้สถานการณ์ที่การรับรู้ของผู้เรียนแตกต่างกัน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ ได้แก่

1. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม
2. ระดมพลังสมองเกี่ยวกับทางเลือกที่เป็นไปได้
3. มองกาสารสนเทศ
4. ทำการทดลอง
5. สังเกตปรากฏการณ์ที่เฉพาะเจาะจง
6. ออกแบบ
7. รวบรวมข้อมูลและจัดกระทำข้อมูล
8. ใช้อยุทธวิธีการแก้ปัญหา
9. เลือกทรัพยากรที่เหมาะสม
10. อภิปรายการแก้ปัญหาร่วมกับผู้เรียนคนอื่น ๆ
11. ออกแบบและดำเนินการทดลอง
12. ประเมินทางเลือกที่หลากหลาย
13. มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นที่ไม่ตรงกัน
14. บ่งชี้การเสี่ยงและผลที่ตามมา
15. บอกขอบเขตของการสืบเสาะหาความรู้
16. วิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นที่ 3 นำเสนอคำอธิบายและคำตอบของปัญหา ได้แก่

1. สื่อความหมายข้อมูลและความคิดเห็น
2. สร้างและอธิบายรูปแบบ
3. ทบทวนและวิจารณ์คำตอบของปัญหา
4. ให้เพื่อนประเมินผลการเสนอคำตอบ
5. รวบรวมคำตอบที่เหมาะสม
6. ชี้ให้เห็นคำตอบที่เหมาะสม
7. บูรณาการคำตอบที่ได้กับความรู้และประสบการณ์เดิมที่มี

ขั้นที่ 4 ชื่อนำไปปฏิบัติ ได้แก่

1. การตัดสินใจ
2. นำความรู้และทักษะไปใช้
3. ถ่ายโยงความรู้และทักษะ
4. แลกเปลี่ยนสารสนเทศและความคิดเห็น
5. ถามคำถามใหม่
6. พัฒนาผลที่ได้จากการเรียนรู้และส่งเสริมความคิดเห็น
7. ใช้รูปแบบและความคิดเพื่อให้เกิดการอภิปรายและการยอมรับจากเพื่อน ๆ

ไตรเวอร์และเบลล์ (Driver and Bell, 1986 อ้างถึงใน พิมพ์ เดชะคุปต์ และเพียร ยินดีสุข, 2550: 28-29) ได้เสนอแนะกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ในส่วนของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนสร้างความรู้ตามแนวคิด Driver and Bell ได้กำหนดขั้นตอนไว้ ดังนี้

2.1 ขั้นนำ (Orientation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้รับรู้ถึงจุดมุ่งหมาย และมีแรงจูงใจในการเรียนบทเรียน

2.2. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicitation of the Prior Knowledge) เป็นขั้นที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน วิธีการให้ผู้เรียนแสดงออกอาจทำได้โดยการอภิปรายกลุ่ม การให้ผู้เรียนออกแบบโปสเตอร์ หรือการให้ผู้เรียนเขียนเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจที่เขามีอยู่ ผู้เรียนอาจเสนอความรู้เดิมด้วยเทคนิคผังกราฟฟิก (Graphic organizers) ขั้นนี้ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) หรือเกิดภาวะไม่สมดุล (Unequilibrium)

2.3 ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด (Turning Restructuring of Ideas) นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญหรือเป็นหัวใจสำคัญตามแนว Constructivism ขั้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.3.1 ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันและกัน (Clarification and Exchange of Ideas) ผู้เรียนจะเข้าใจได้ดีขึ้น เมื่อได้พิจารณาความแตกต่างและความขัดแย้งระหว่างความคิดของตนเองกับของคนอื่น ผู้สอนจะมีหน้าที่อำนวยความสะดวก เช่น กำหนด ประเด็น และกระตุ้นให้คิด

2.3.2 การสร้างความคิดใหม่ (Construction of New Ideas) จากการอภิปรายและการสาธิต ผู้เรียนจะเห็นแนวทางและวิธีการที่หลากหลายในการตีความปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์แล้วกำหนดความคิดใหม่ หรือความรู้ใหม่

2.3.3 ประเมินความคิดใหม่ (Evaluation of the New Ideas) โดยการทดลองหรือการคิดอย่างลึกซึ้ง ผู้เรียนควรหาแนวทางที่ดีที่สุดในการทดสอบความคิดหรือความรู้ ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนอาจจะรู้สึกไม่พึงพอใจความคิดความเข้าใจที่เคยมีอยู่ เนื่องจากหลักฐานการทดลองสนับสนุนแนวคิดใหม่มากกว่า

2.4 ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of Ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีโอกาสนำแนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในสถานการณ์ต่างๆ ทั้งที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย เป็นเหตุการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมาย ไม่ใช่เพียง “เรียนหนังสือ” แต่เป็นการ “เรียนรู้”

2.5 ขั้นทบทวน (Review) ผู้เรียนจะได้ทบทวนว่า ความคิด ความเข้าใจของเขาได้เปลี่ยนไป เป็นการทบทวนความคิดเมื่อตอนเริ่มต้นบทเรียน กับความคิดเมื่อสิ้นสุดบทเรียน ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างด้วยตนเองนั้น จะทำให้เกิดโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) ปรากฏในช่วงความจำระยะยาว (Long-Term Memory) ผู้เรียนสามารถจำได้อย่างถาวร และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้ เพราะโครงสร้างทางปัญญาคือกรอบของความหมาย หรือแบบแผนที่บุคคลสร้างขึ้น ใช้เป็นเครื่องมือในการตีความหมายให้เหตุผลแก้ปัญหา ตลอดจนใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่

ซึ่งสอดคล้องกับ สำนักงานเลขาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ (2550) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ มีดังนี้

1. ขั้นแนะนำ (Orientation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนรับรู้ถึงจุดมุ่งหมายของบทเรียนและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้

2. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicitation of the Prior knowledge) เป็นขั้นที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ในเรื่องที่กำลังจะเรียน

3. ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด (Turning restructuring of ideas) เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นย่อย 3 ขั้น คือ

3.1 ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน (Clarification and exchange of ideas) เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ทักษะการคิดเพื่อให้เกิดองค์ความรู้

3.2 การสร้างความคิดใหม่ (Constructivism of the new ideas) จากการอธิบายร่วมกันและสาธิต ทำให้ผู้เรียนสามารถกำหนดแนวความคิดใหม่หรือความรู้ใหม่ขึ้น

3.3 ประเมินความคิดใหม่ (Evaluation of the new ideas) โดยการทดลองหรือการคิดอย่างลึกซึ้ง

4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of ideas) เป็นขั้นที่ผู้เรียนมีโอกาสนำแนวความคิดหรือความรู้ความเข้าใจมาพัฒนา ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

5. ขั้นทบทวน (Review) เป็นขั้นตอนสุดท้าย ผู้เรียนจะได้ทบทวนความคิดความเข้าใจ โดยการเปรียบเทียบความคิด ระหว่างความคิดเดิมและความคิดใหม่

ดังนั้นถ้าครูผู้สอนมีความสนใจและต้องการจัดการเรียนการสอนตามหลักการของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ นั้นสามารถนำขั้นตอนการสอนที่กล่าวมาไปใช้ได้ ซึ่งในขั้นที่ 3 นั้น ผู้เรียนจะต้องได้รวบรวมข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นองค์ความรู้ ไม่ว่าจะเป็น ข้อเท็จจริง มโนคติ หลักการ กฎ และทฤษฎี ที่เป็นตัวแทนของเนื้อหาที่เรียน

2.3 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E

การจัดการเรียนรู้ตามวิธีการสอนนี้ได้รับความนิยมค่อนข้างมากในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ดังจะเห็นได้จากรายงานการวิจัยต่าง ๆ ซึ่งวิธีการสอนนี้พัฒนาภายใต้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้และแนวคิดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยมีกลุ่มนักการศึกษาได้นำวิธีการนี้มาใช้ และมีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอน ในการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นอีกมากมาย เช่น Karplus และคณะ ได้เสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบ 3 ขั้นตอน โคเฮน, สเตลและโฮแรค ได้เสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบ 4 ขั้นตอน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบายบี (Trowbridge and bybee, 1996: 215-217) ได้เสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอน

ในเอกสารนี้เสนอ 5 ขั้นตอนการสอนตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547) ได้เสนอไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่นำเสนออาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นนั้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสังเกต ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผล ที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐาน

ที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ชั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ

ต่อมาในปี ค.ศ. 2003 **Eisenkraft** ได้เสนอรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จาก 5 ขั้นตอน เป็น 7 ขั้นตอน โดยมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้เด็กได้มีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง การสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้ และความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นของการเรียนรู้ตามแนวคิด Eisenkraft มีเนื้อหาสาระ ดังนี้

1. **ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)** ครูจะต้องทำหน้าที่การตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคม ท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในการชีวิตประจำวัน และเด็กสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่า เด็กแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้นักเรียน และครูยังสามารถวางแผน การจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)** ขั้นนี้เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด โดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็น

หรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบ อาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปภาพ ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน เพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สันนิษฐาน สมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้ และช่วยนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) ช่วงนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่างๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายแนวกรอบความคิดของตนเอง และต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปราย และแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่า นักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extention Phase) ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

รูปแบบการจัดการสอนตามแนวคิดของ Eisenkraft เป็นรูปแบบที่ครูสามารถนำไปปรับประยุกต์ให้เหมาะสมตามธรรมชาติวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ อันจะทำให้ให้นักเรียนเข้าถึงความรู้ความจริง

ได้ด้วยตัวเอง และนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ด้วยความสุข การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้น ควรระลึกอยู่เสมอว่าครูเป็นเพียงผู้ทำหน้าที่คอยช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อและแบ่งปันประสบการณ์ จัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้คิดตั้งคำถามลงมือตรวจสอบ นอกจากนี้ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถพื้นฐานของ ความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างระหว่างบุคคล อันจะทำให้การจัดการเรียนรู้บรรลุสู่ จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ในขั้นการสำรวจเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียน ต้องได้รวบรวมข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการสำรวจ การค้นคว้า หรือการทดลอง แล้วนำข้อมูลมาสร้าง เป็นองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ชนิดต่าง ๆ ต่อไป

2.4 วิธีการสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย

การสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe- Explain; POE) เป็น การสอนตามแนวทฤษฎี constructivism ที่ในช่วงแรกมีการพัฒนาเป็น 3 ขั้นตอนของการจัด กิจกรรมการเรียนการสอน คือ

1. ขั้นทำนาย (Predict) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือ ทำนายผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยที่นักเรียนต้องใช้เหตุผลเกี่ยวกับการทำนายของ นักเรียนด้วย

2. ขั้นสังเกต (Observe) นักเรียนต้องลงมือทำการทดลอง หรือพิสูจน์หาคำตอบ เกี่ยวกับสิ่งที่ทำการทำนายไว้ โดยการทดลอง หรือพิสูจน์ นักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง หรือวางแผนทางการพิสูจน์ตามความต้องการของนักเรียนเอง

3. ขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องลงมือทำการทดลอง หรือพิสูจน์สิ่งที่นักเรียนได้ทำนายว่าเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนมักเกิดความขัดแย้งกับสิ่งที่นักเรียนได้ ทำนายไว้ ทำให้นักเรียนต้องพยายามอธิบายถึงสาเหตุของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ถ้าไม่สามารถหา คำตอบได้นักเรียนจะต้องแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนกลุ่มอื่น แล้วค้นคว้าหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้จนมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาขั้นตอนการสอนตามวิธีการต่าง ๆ จะพบว่า มี กระบวนการที่ต้องเน้นกิจกรรมที่สามารถวัดและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนในขั้นตอนการ สอนด้วย ดังนั้นในปีค.ศ. 2010 John Haysom และ Michael Bowen (Haysom & Bowen , 2010) ได้เสนอลำดับการจัดการเรียนการสอนด้วย POE เป็น 8 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 การแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (orientation and motivation) มักเริ่มต้นด้วย ประสบการณ์ของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับ การทดลองที่เราากำลังจะได้ทำต่อไป ขั้นตอนนี้จะช่วย ให้ ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจหรือประสบการณ์เดิมที่ เกี่ยวข้องกับแนวคิดของการทดลอง

ขั้นที่ 2 แนะนำการทดลอง (Introducing the experiment) แนะนำการทดลองที่จะทำ โดยยังไม่ต้องลงมือทำ พยายามเชื่อมโยงการทดลอง (หรือการสาธิต) กับความรู้ที่ได้เกริ่นแล้ว เกิดให้เกิดความหมายที่สมบูรณ์

ขั้นที่ 3 การทำนาย (Prediction: the elicitation of students' ideas) ผู้เรียนแลกเปลี่ยนหรือนำเสนอแนวคิดของตนเองก่อนเริ่มการทดลองลงในใบบันทึก (worksheet) โดยทำนายว่าผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไรในขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อทั้งผู้สอนและผู้เรียน โดยผู้เรียนจะได้รวบรวมความคิดและเกิดความตระหนักในการคิด

ขั้นที่ 4 อภิปรายผลการทำนาย (discussing their prediction) ผู้เรียนแลกเปลี่ยนผลการทำนายเพื่อทำการอภิปรายทั้งห้อง ซึ่งผู้สอนควรสุ่มหรือเลือกตัวอย่างคำทำนายของผู้เรียนมานำเสนอเพื่อนำสู่การอภิปรายถึงแนวคิด(เดิม) ของผู้เรียน

ขั้นที่ 5 สังเกตการณ์ (observation) ขั้นนี้ให้ผู้สอนจัดกิจกรรมที่เป็นการทดลอง/การสาธิต/การสำรวจ/ อาจเป็นเป็นการสาธิต หรือเป็นการทดลองให้ผู้เรียนลงมือเองได้ แต่หากเป็นการสาธิตก็ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วม จากนั้นให้ผู้เรียนเขียนบันทึกการสังเกต

ขั้นที่ 6 อธิบาย (Explanation) ผู้เรียนปรับแต่งแนวคิดของตนเองผ่านการพูดคุยและเขียนและมักพบบ่อยๆว่าผู้เรียนจะสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนๆ เกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้ก่อนที่จะลงมือเขียนอธิบาย เมื่อผู้เรียนเขียนอธิบายเสร็จแล้ว ควรทำการอภิปรายทั้งห้องอีกครั้งหนึ่ง

ขั้นที่ 7 เสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Providing the scientific explanation) ผู้สอนแนะนำการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเชื่อมโยงข้อมูลจากสิ่งที่ได้ค้นพบกับสิ่งที่ผู้เรียนได้อธิบายโดยนำเข้าสู่สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบและนำมาสร้างเป็นองค์ความรู้ที่นำเสนอเป็นคำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์และ/หรือมีการนำเสนอเป็นตัวแทนความคิดเป็นความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 8 ติดตามผล (Follow-up) เป็นการประเมินผลว่าผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ได้หรือไม่ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน

ในขั้นการสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องได้รวบรวมข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการสำรวจ การค้นคว้า หรือการทดลอง แล้วนำข้อมูลมาสร้างเป็นองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ชนิดต่าง ๆ ต่อไป

2.5 กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ (The Learning Cycle Approach) เป็นโมเดลการสอน ซึ่งแบ่งกิจกรรมการสอนออกเป็นระยะ ช่วงแรกเริ่ม วงจรการเรียนรู้มี 3 ระยะคือ การสำรวจ การประดิษฐ์ และการค้นพบภายหลังมีผู้นำได้พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวการสร้างความรู้และได้ขยายวัฏจักรการเรียนรู้เป็น 5 ขั้นคือ การสร้างการมีส่วนร่วม การสำรวจ การอภิปราย การขยายและการสร้างความกระจ่างและการประเมิน ซึ่งเรียกชื่อใหม่เป็น วัฏจักรการเรียนรู้ 5E และมีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนในการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นเป็นเป็น วัฏจักรการเรียนรู้ 7E ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นวัฏจักรการเรียนรู้ 5E และ 7E และการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มีขั้นตอน 5 ขั้นดังนี้ (Trowbridge & Bybee, 1996)

ขั้นที่ 1 ขั้นการมีส่วนร่วม ระยะนี้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยการเสนอ ปัญหา สถานการณ์ หรือเหตุการณ์ที่เชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมในอดีตและกิจกรรมที่จะทำต่อไปการมอบหมายภาระเพื่อเรียนรู้โน้ตส์ กระบวนการปฏิบัติงาน เป็นการเสนอความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ การนำเสนอสิ่งที่น่าสนใจและความหมายต่อนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นการสำรวจ นักเรียนสำรวจแนวคิดและประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม เพื่อสร้างสะพานการมีส่วนร่วม (Hands-On) เป้าหมายคือการแนะนำโน้ตส์ กระบวนการ หรือทักษะนักเรียนจะมีเวลาในการสำรวจวัตถุ เหตุการณ์หรือสถานการณ์ ซึ่งนักเรียนจะนำไปสร้างความสัมพันธ์ รูปแบบการสังเกต การจำแนกตัวแปร และคำตอบ บทบาทของครูผู้สอนคือการเป็นผู้อำนวยความสะดวก ผู้แนะนำ และให้เวลานักเรียนในการสำรวจ

ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบาย หมายถึง การกระทำ หรือกระบวนการที่นำเสนอประสบการณ์รูปธรรม เพื่อการสื่อสารด้วยภาษาที่แสดงเหตุผล มีหลักฐาน และง่ายต่อความเข้าใจและชัดเจนรูปแบบทางการสื่อสารอาจจะเป็นคำพูด การเขียน การสร้างโมเดล เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นการสร้างความรู้ความกระจ่าง เมื่อนักเรียนอธิบายการเรียนรู้ของตนเอง นักเรียนอาจจะมโนทัศน์ที่ผิด หรือเข้าใจมโนทัศน์เฉพาะในกระเด็นการสำรวจเท่านั้น การสร้างความกระจ่าง คือการมีส่วนร่วมหรือในการอภิปราย

ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมินผล นักเรียนจะได้รับการสะท้อนกลับ ในเรื่องราวสำรวจของตนเอง การประเมินอย่างไม่เป็นทางการเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของการสอน ส่วนการประเมินแบบทางการทำได้ในระยะเวลาการสร้างความรู้ความกระจ่าง

ต่อมาในปี ค.ศ. 2003 Eisenkraft ได้เสนอรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จาก 5 ขั้นตอน เป็น 7 ขั้นตอน โดยมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้เด็กได้มีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง การสอนตามแบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการสอนที่เน้นการถ้อยแถลงการเรียนรู้ และความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูจะละเลยไม่ได้ และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน ก่อนที่จะ

เรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวคิด Eisenkraft มีเนื้อหาสาระ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ครูจะต้องทำหน้าที่การตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และเด็กสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่า เด็กแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้นักเรียน และครูยังสามารถวางแผน การจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) ขั้นนี้เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด โดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบ อาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สํารวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน เพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุน สมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้ และช่วยนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) ช่วงนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่างๆ ได้มากก็แสดงว่ามี

ข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายแนวกรอบความคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่า นักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

ขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extention Phase) ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

รูปแบบการจัดการสอนตามแนวคิดของ Eisenkraft เป็นรูปแบบที่ครูสามารถนำไปปรับประยุกต์ให้เหมาะสมตามธรรมชาติวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ อันจะทำให้ให้นักเรียนเข้าถึงความรู้ความจริงได้ด้วยตัวเอง และนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้น ควรระลึกอยู่เสมอว่าครูเป็นเพียงผู้ทำหน้าที่คอยช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อและแบ่งปันประสบการณ์ จัดสถานการณ์ไว้ให้นักเรียนได้คิดตั้งคำถามลงมือตรวจสอบ นอกจากนี้ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถพื้นฐานของ ความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างระหว่างบุคคล อันจะทำให้การจัดการเรียนรู้บรรลุสู่จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.6 กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบร่วมมือ

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีรูปแบบในการจัดการเรียนการสอนหลายรูปแบบ จุดมุ่งหมายโดยทั่วไปของการเรียนแบบร่วมมือคือที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านสังคมและสติปัญญา (Joyce and Wiel, 1986) มีหลักที่ผู้สอนคำนึงอยู่ 3 ประการ คือ รางวัลหรือเป้าหมายของกลุ่ม ความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มและโอกาสในการช่วยให้กลุ่มประสบผลสำเร็จเท่าเทียมกัน ซึ่งท้ายที่สุดกลุ่มจะได้รับรางวัลหรือได้รับการยกย่องเมื่อกลุ่มแสดงความสามารถสูงกว่ามาตรฐานที่วางไว้ รูปแบบการเรียนแบบร่วมมือที่เป็นที่นิยมแพร่หลายและจะนำเสนอในเอกสารฉบับนี้มีดังนี้

2.6.1 กระบวนการเรียนการสอนแบบร่วมมือแบบ STAD

กระบวนการเรียนการสอนแบบร่วมมือแบบ STAD (Student Team-Achievement Division) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถดัดแปลงใช้ได้เกือบทุกวิชาและทุกระดับชั้นเพื่อเป็นการพัฒนาสัมฤทธิ์ผลของการเรียนและทักษะทางสังคมเป็นสำคัญ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งกำหนดให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 คน ซึ่งประกอบด้วย นักเรียนที่เรียนเก่ง 1 คน นักเรียนที่เรียนปานกลาง 2-3 คน และนักเรียนที่เรียนอ่อน 1 คน ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ชี้นำเสนอเนื้อหา โดยการทบทวนพื้นฐานความรู้เดิม จากนั้นครูสอนเนื้อหาใหม่กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ทั้งชั้น
2. ฝึกปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม โดยนักเรียนในกลุ่ม 4-5 คน ร่วมกันศึกษากลุ่มย่อย นักเรียนเก่งจะอธิบายให้นักเรียนอ่อนฟังและช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำกิจกรรม
3. ขั้นทดสอบย่อย นักเรียนแต่ละคนจะทำแบบทดสอบด้วยตนเอง ไม่มีการช่วยเหลือกัน
4. คัดคะแนนความก้าวหน้าแต่ละคน และของกลุ่มย่อย ครูตรวจผลการสอบของนักเรียน โดยคะแนนที่นักเรียนทำได้ในการทดสอบจะถือเป็นคะแนนรายบุคคล แล้วนำคะแนนรายบุคคลไปแปลงเป็นคะแนนกลุ่ม
5. ชมเชย ยกย่อง บุคคลหรือกลุ่มที่มีคะแนนยอดเยี่ยม นักเรียนคนใดทำคะแนนได้ดีกว่าครั้งก่อน จะได้รับคำชมเชยเป็นรายบุคคล และกลุ่มใดทำคะแนนได้ดีกว่าครั้งก่อนจะได้รับคำชมเชยทั้งกลุ่ม

2.6.2 กระบวนการเรียนการสอนแบบร่วมมือแบบ TGT

กระบวนการเรียนการสอนแบบร่วมมือแบบ TGT (Team-Games-Tournament) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายกับ STAD แต่เป็นการมุ่งเน้นในการเรียนเพิ่มขึ้น โดยการใช้การแข่งขันเกมแทนการทดสอบย่อยแตกต่างกันที่ TGT ไม่มีการทดสอบแต่จะใช้วิธีการเล่นเกมการแข่งขันตอบปัญหาแทนซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบ TGT ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การนำเสนอบทเรียนต่อทั้งชั้น (Class Presentation) โดยครูจะทำการสอนเนื้อหาของบทเรียนแก่นักเรียนพร้อมกันทั้งชั้น ซึ่งครูอาจจะใช้เทคนิควิธีการสอนรูปแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหาของบทเรียน และการตัดสินใจของครูเป็นสำคัญที่จะเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสม การนำเสนอบทเรียนครูต้องใช้สื่อประกอบอย่างเพียงพอด้วย ในขั้นนี้ครูควรกระตุ้นหรือชี้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญโดยการแจ้งจุดประสงค์และประโยชน์ของบทเรียนนั้น นำเสนอบทเรียนหรือขั้นเสนอเนื้อหาเพื่อพัฒนาความคิด และ หลักการนี้ครูจะต้องให้ตัวอย่างที่น่าสนใจ ชัดเจนและสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน

2. การเรียนกลุ่มย่อย (Team Study) กลุ่มจะประกอบด้วยสมาชิกประมาณ 4-6 คน ซึ่งมีความสามารถแตกต่างกัน ทางการเรียนรู้ เพศ หน้าที่ที่สำคัญของกลุ่มคือ การเตรียม

สมาชิกของกลุ่มให้มีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่เรียน หลังจากทีครูนำเสนอเนื้อหาต่อนักเรียน ทั้งชั้น การเรียน กลุ่มย่อยคือสมาชิกในกลุ่มส่งเสริมและสนับสนุนซึ่งกันและกัน

3. การเล่นเกมแข่งขันทางวิชาการ (Game Tournament) เป็นการแข่งขันตอบคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาของบทเรียน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบ ความรู้ความเข้าใจบทเรียน เกมประกอบด้วยผู้เล่น 3-5 คน ซึ่งแต่ละคนจะเป็นตัวแทนของกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่ม การกำหนดนักเรียนเข้ากลุ่มเล่นเกมจัดให้นักเรียนที่มีความสามารถเท่าเทียมกันแข่งขันกัน โดยนักเรียนทุกคนเข้าโต๊ะเกมซึ่งนักเรียนเก่งของแต่ละกลุ่มแข่งขัน นักเรียนปานกลางแข่งขันกัน และนักเรียนอ่อนแข่งขันกัน ในโต๊ะเกมที่จัดไว้เพื่อให้ผู้ที่มีความสามารถใกล้เคียงกันแข่งขันกัน

4. การยกย่องทีมที่ประสบผลสำเร็จ (Team Recognition) โดยสมาชิกทุกคนนำบัตรสะสมจากการแข่งขันมาแปลงเป็นคะแนน และคิดคะแนนเฉลี่ยของทีม ถ้าคะแนนเฉลี่ยถึงเกณฑ์ที่กำหนด จะได้รับรางวัล หรือได้รับการยกย่องว่าเป็นทีมที่ประสบผลสำเร็จ

2.6.3 กระบวนการเรียนการสอนแบบร่วมมือแบบ JIGSAW

จิ๊กซอว์ (Jigsaw) เป็นกลยุทธ์ในการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมที่จัดให้นักเรียนแต่ละคนเป็นผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องที่แตกต่างกัน และให้แต่ละคนไปศึกษาค้นคว้าเรื่องนั้นจนเข้าใจดีแล้ว มาสอนหรือถ่ายทอดให้สมาชิกในกลุ่ม (ซึ่งจะเรียกว่ากลุ่มบ้าน) ที่ไม่ได้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น เป็นการแลกเปลี่ยนกัน กลยุทธ์นี้นักเรียนจะเรียนรู้การทำงานและแก้ปัญหาร่วมกัน มีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง ข้อดีคือส่งเสริมให้นักเรียนยกระดับความสามารถ มีส่วนร่วมรับผิดชอบในเนื้อหาที่จะต้องเรียนรู้ (จริยา สุจารีกุล, 2550: 51-52) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำเนื้อหาที่จะเรียนรู้มาแบ่งเป็นส่วนๆ ตามจำนวนนักเรียนแต่ละกลุ่ม เช่นถ้ามีสมาชิกจำนวน 3 คนจะต้องแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน แบ่งให้แต่ละคนรับผิดชอบ 1 ส่วน โดยจะต้องไปศึกษาหาความรู้ให้เป็นผู้เชี่ยวชาญในส่วนนั้น และทุกกลุ่มจะทำแบบเดียวกัน

2. เมื่อสมาชิกแต่ละคนในแต่ละกลุ่มได้หัวข้อศึกษาเฉพาะแล้ว ให้ทุกกลุ่มที่เชี่ยวชาญในหัวข้อเดียวกันมาจับคู่หรือจับกลุ่มกัน (กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ) เพื่อร่วมกันศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องที่รับผิดชอบมา โดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะได้รับใบปฏิบัติการและเอกสารเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งอื่น ๆ ได้ด้วย นักเรียนต้องกรอกข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าลงในใบงานผู้เชี่ยวชาญพร้อมสรุป และเตรียมกลับเข้าสู่กลุ่มเรียนรู้เดิมของตนเอง โดยปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 3

3. ผู้เชี่ยวชาญแยกย้ายกลับเข้าสู่กลุ่มของตนเอง และรายงานในหัวข้อที่แต่ละคนได้ศึกษา โดยอาจรายงานแบบไม่เป็นทางการหรือสอนเกี่ยวกับเนื้อหาสาระความรู้ที่ค้นคว้ามาทั้งหมด (ถือว่าเป็นการสอนโดยตรง) หรืออาจให้ปัญหาแก่เพื่อน กลุ่มจะต้องร่วมกันแก้ปัญหา (กรณีนี้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มจะถูกเรียกให้มาช่วยแก้ปัญหา)

4. นักเรียนทุกคนทำข้อสอบเพื่อทดสอบสิ่งที่เรียนรู้ โดยอาจเป็นแบบข้อเขียนหรือข้อสอบวัดพฤติกรรมหรือนำความรู้ที่ได้ไปใช้

5. เป็นการประกาศเกียรติคุณและให้รางวัล ด้วยการมอบประกาศนียบัตรแก่กลุ่มที่มีผลงานดี

2.7 รูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์

รูปแบบการสอนเพื่อการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ (The Conceptual Change Model, CCM) ที่พัฒนาขึ้นโดยสตีเฟน (Joseph I. Stepan, 1998 อ้างถึงใน Davis, 2001) เป็นเป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนค้นพบแนวความรู้เดิมของตนเองและเพื่อนกระบวนการที่ทำทลายแนวคิดเดิมที่ผู้เรียนมีมาเพื่อทำให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นแนวคิดที่สามารถนำไปแก้ปัญหาได้อย่างมีเหตุผลซึ่งมีกิจกรรมดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Commit to an outcome) ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนระบุสิ่งที่รู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนรับรู้และตระหนักในความรู้เดิมของตนเองจากการใช้คำถามเพื่อให้นำความรู้เดิมนั้นไปแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนแนวคิดเบื้องต้น (Expose beliefs) ผู้เรียนแลกเปลี่ยนแนวคิด (คำตอบ) กับเพื่อนในกลุ่ม โดยที่ผู้เรียนแต่ละคนเขียนแนวคำตอบอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ผ่านการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อน และให้ระบุความเชื่อมั่นในแนวคำตอบครั้งใหม่ จากนั้นผู้สอนอาจให้ผู้เรียนแต่ละคนในห้องเสนอแก่นักเรียนทั้งชั้นเกี่ยวกับแนวคำตอบของนักเรียนทั้งชั้น

ขั้นที่ 3 ขั้นท้าทายแนวคิด (Confront beliefs) ผู้เรียนตรวจสอบแนวคิดที่ตนเองนำมาทำนายคำตอบด้วยกิจกรรมสำรวจตรวจสอบซึ่งอาจเป็นการทดลองหรือการสำรวจเพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับนำมาพิสูจน์แนวคิดเดิม

ขั้นที่ 4 ขั้นปรับแนวคิด (Accommodate the concept) ผู้เรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดเดิมสู่แนวคิดใหม่จากการที่นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมามาสร้างเป็นมโนทัศน์ ด้วยการอภิปรายร่วมกัน

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแนวคิด (Extend the concept) ครูใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 6 สร้างและประเมินคำถามใหม่ (Go beyond) ผู้สอนนำเสนอแนวคิดที่คาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนตั้งคำถามที่นำไปสู่การค้นพบความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และให้นำเสนอวิธีการหาคำตอบหรือแนวคำตอบ พร้อมให้ระบุระดับความมั่นใจในแนวทางวิธีการหาคำตอบหรือแนวคำตอบ

2.8 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี KWL

การสอนแบบ เค ดับเบิลยู แอล ที่โอเกิล ได้คิดค้นขึ้นเมื่อ ค.ศ.1986 โดยการสอนแบบเค ดับเบิลยู แอล (KWL)เป็นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำวิชาความรู้เดิมของตนที่มีอยู่ไปช่วยตีความในเนื้อหาเรื่องที่เรียน เช่น มีการคาดคะเนเหตุการณ์ในเรื่องที่เรียน การ

ตรวจสอบความถูกต้องของ การคาดคะเนและการตั้งคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน วิธีการสอนนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้ (Hassard, J. (1999). จริยา สุจารีกุล, ผู้แปล)

ขั้น K(Know) เป็นขั้นที่มีการประเมินว่าเรารู้หรือเคยได้ยินอะไรมาก่อนโดยนักเรียนจะต้องปฏิบัติ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 จะต้องระดมความคิดว่าได้เรียนรู้หรือเคยได้ยินอะไรมาบ้างแล้วเกี่ยวกับหัวข้อที่จะศึกษานั้น และนักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มย่อยโดยใช้ใบบันทึกข้อมูลในกลยุทธ์การสอนแบบ K-W-L และเริ่มบันทึกความคิด ต้องระบุจุดเน้นของความคิด ขั้นตอนที่ 2 จัดระบบข้อมูลที่นักเรียนได้ค้นคว้ามาได้

ขั้น W(Want) เป็นขั้นที่มีการชี้แจงว่าเราต้องการจะเรียนรู้อะไร เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้นักเรียนคาดคะเนว่าจะต้องอ่านอะไรเพิ่มเติม และช่วยให้นักเรียนเน้นไปยังสิ่งที่ต้องการจะรู้จากการอ่าน ครูน่านักเรียนในกลุ่มให้เขียนคำถามหลายๆคำถามที่ตนสนใจอยากรู้คำตอบมากที่สุดลงในใบบันทึกข้อมูล โดยอาศัยการอภิปรายและระดมความคิดก่อนหน้านั้น

ขั้น L(Learn) เป็นขั้นที่มีการทบทวนและอภิปรายว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรไปบ้าง จากการอ่านตำรา ให้นักเรียนเน้นไปที่การทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วจากการอ่าน ด้วยการทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนควรระดมความคิดที่ได้จากการอ่าน โดยนักเรียนจะลองตอบคำถามด้วยตัวเองก่อนก็ได้

มโนมติวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของมโนมติ

มโนมติ ตรงกับคำในภาษาอังกฤษคำว่า Concept ซึ่งมีผู้ให้คำแปลเป็นคำศัพท์ภาษาไทยไว้แตกต่างกันหลายคำ เช่น มโนทัศน์ มโนภาพ มโนมติ ความคิดรวบยอด สังกับ และแนวความคิด การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “มโนมติ” ซึ่งมีนักวิชาการให้ความหมายไว้ดังนี้

สุวัณท์ นิยมคำ (2517) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า มโนมติของสิ่งใดก็คือความคิดหลักที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจิตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น

ภพ เลหาไพบุรย์ (2540) ให้ความหมายของมโนมติว่า เป็นความรู้ความเข้าใจของแต่และบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยนำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม

แอนเดอร์สันและฟอสต์ (Anderson & Faust, 1973: 342 อ้างถึงใน สุวัณท์ นิยมคำ, 2531: 117) กล่าวว่า มโนมติเป็นเซตของวัตถุหรือเหตุการณ์ซึ่งมีคุณลักษณะบางอย่างร่วมกันที่สามารถใช้คุณสมบัติร่วมกันเหล่านั้นเป็นเกณฑ์ในการแยกมันออกจากเซตอื่นได้

ทพวงมหาวิทยาลัย (2525 : 28-30) ได้ให้ความหมายของมโนมติว่าเป็นความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่อง

นั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน มโนทัศน์หนึ่ง ๆ อาจเกิดมาจากการนำเอามโนทัศน์หลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากล เป็นมโนทัศน์ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ บทเรียนและมีความรู้ในระดับสูงชัดเจนยิ่งขึ้น

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525: 140) กล่าวว่า มโนคติ หมายถึง ความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ละคนอาจจะมีมโนทัศน์ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ

ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) ได้ให้ความหมายของมโนคติไว้ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเพื่อให้คำจำกัดความของเรื่องนั้นหรือสิ่งนั้น

Romey (1968 อ้างถึงในไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์, 2550) ได้ให้ความหมายของมโนคติไว้ว่า มโนคติเป็นข้อสรุปสำคัญของกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของปัจจัยต่าง ๆ จากกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงจำนวนมากกว่า

สรุปได้ว่า มโนคติ หมายถึง ความรู้ ความคิด หรือความเข้าใจของบุคคลที่จะตีความ และสรุปความเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเกตหรือ การที่บุคคลนั้นได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้น

2. ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่านที่ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

สุวัฒน์ นิยมคำ (2517 : 77) ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคิดหลักที่บุคคลมีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตนาภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น

มังกร ทองสุขดี (2523 : 2) ให้ความหมายว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ระบบสังเคราะห์ (Synthesis) หรือความสัมพันธ์ตามเหตุผล (Logical Relationship) หรือความคิดสำคัญ (Big Idea) ซึ่งรวมข้อเท็จจริง (Fact) และหลักเกณฑ์ (Principle) ของแต่ละบุคคลที่เข้าใจความสัมพันธ์ในวัตถุ (Objects) หรือสัญลักษณ์ (Symbol) หรือสถานการณ์ (Situation) มากน้อยเพียงใด โดยนัยนี้มโนคติจึงเป็นสิ่งปรุงแต่งขึ้นมาโดยอาศัยเหตุผลและทำให้ข้อเท็จจริงมี

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525: 247) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความรู้ ความเข้าใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่บุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่มีความเข้าใจดังกล่าวแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

ทวีป บรรจงเปลี่ยน (2540) มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริงและหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและดีที่สุดและช่วยให้เกิดประโยชน์ในการคิดขั้นต่อไป นอกจากนี้มโนคติทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียนและความรู้ในระดับสูงได้อย่างแจ่มชัด

สุภาสินี สุภีระ (2541) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ ผลของการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ และสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผลเป็นข้อสรุปและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

สรุปได้ว่ามโนคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความคิด ความรู้ ความเข้าใจ ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากข้อเท็จจริง หลักการ และผลของการศึกษาทดลองในทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผล มาเป็นข้อสรุปแล้วสามารถนำมาอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

มโนคติทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เกิดจากความคิดโดยสรุปของบุคคลที่มีต่อวัตถุหรือปรากฏการณ์ เป็นผลจากการพิจารณาจัดระบบข้อเท็จจริงและการสังเกตสิ่งที่เกี่ยวข้องจนทำให้เกิดความเข้าใจหรือความคิดโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งนั้น มโนคติจึงไม่ใช่ข้อเท็จจริงและไม่ใช่ทฤษฎี มโนคติ แต่ละมโนคติ จะมีลักษณะเฉพาะไม่เหมือนกัน อีกทั้งอาจจะแบ่งประเภทของมโนทัศน์ออกตามลักษณะเฉพาะนั้น ๆ ได้ ดังแนวคิดต่อไปนี้

บรูเนอร์ กูดนาว และ ออสติน (Bruner, Goodnow, & Austin, 1956 อ้างถึงใน บัญญัติ ชำนาญกิจ, 2542: 20) กล่าวถึงมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์มีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ชื่อ (Name) จะบอกเกี่ยวกับการเรียกชื่อสิ่งต่าง ๆ ที่ทำให้เข้าใจได้ตรงกันหรือจำได้ว่าเคยรู้จักมาแล้ว เช่น แก้วน้ำ ไฟฟ้า แมลงวัน เมฆ รุ้งกินน้ำ เป็นต้น

2. คำนิยาม (Definition) จะช่วยบอกความสัมพันธ์ของลักษณะที่จำเป็นที่รวมกันเป็นมโนทัศน์นั้น ๆ เช่น “สสารเป็นสิ่งที่มึนน้ำหนัก และต้องการที่อยู่” “เส้นเลือดเป็นโครงสร้างที่นำเลือดออกจากหัวใจหรือเข้าสู่หัวใจ”

1. คุณลักษณะ (Attribute) จะบอกลักษณะที่แตกต่างกันของสิ่งของหรือเหตุการณ์ เช่น ของแข็งและของเหลว คนและสัตว์

2. คุณค่า (Values) จะบอกความเปลี่ยนแปลงลักษณะที่เป็นคุณค่าทางปริมาณและคุณภาพ

3. ตัวอย่าง (Examples) ใช้เพื่อประกอบความเข้าใจทั้งตัวอย่างที่ใช้และไม่ใช้มนทัศน์นั้น ๆ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ได้แก่ คน สุนัข แมว เป็นต้น

มโนคติของแต่ละบุคคลที่มีต่อเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้นๆ มโนคติเกิดจากการนำข้อเท็จจริงมาศึกษาหรือเปรียบเทียบความแตกต่าง สรุปรวมลักษณะที่สำคัญ มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งนั้นๆ สร้างเป็นความคิดหลักในรูปที่แสดงถึงความคิด ความเข้าใจ ทำให้นำไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์เหตุการณ์ วัตถุ และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแต่ละคนอาจมีมโนคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ ความรู้เดิม วัฒนธรรม และ เหตุผลของบุคคลนั้นๆ โดยที่ ปรีชา วงศ์ชูศิริ (ม.ป.ป.: 140 - 143) แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ บอกคุณสมบัติรวม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น ตัวอย่าง เช่น

- สสารคือสิ่งที่มีมวลและต้องการที่อยู่
- แมลงคือสัตว์ที่มี 6 ขา และลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน
- ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก

เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย

- สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลัง
- ดาวฤกษ์เป็นดาวที่มีแสงระยิบระยับและมีแสงสว่างในตัวเอง
- สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง มีเลือดอุ่น เลี้ยงลูกด้วยนม มีหัวใจสี่ห้อง มีฟันผัดในขากรรไกร

2. มโนทัศน์ทางทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่างของสิ่งที่เรามองไม่เห็นแต่เรารู้ว่ามีอยู่จริง หรือเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมด แต่ปรากฏหลักฐานเป็นเหตุผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง ตัวอย่าง เช่น

- อะตอมคือหน่วยที่เล็กที่สุดของสสาร
- อะตอมประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน
- แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน
- โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์

3. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล สามารถนำไปใช้ทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ ตัวอย่าง เช่น

- แร่งคืออำนาจที่ผลักหรือดึงให้วัตถุเคลื่อนที่

- ความเร็วคืออัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลา
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความต้านทาน
- อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น
- ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

3. มโนคติทางเลือก

3.1 ความหมายของมโนคติทางเลือกหรือมโนคติที่คลาดเคลื่อน

ความเข้าใจมโนคติทางเลือกของผู้เรียนเป็นส่วนสำคัญในงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีนักวิจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าและให้ความสำคัญเกี่ยวกับความเข้าใจมโนคติทางเลือกของผู้เรียนอย่างแพร่หลาย มโนคติที่คลาดเคลื่อนตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Misconception” นอกจากนี้ในภาษาอังกฤษยังใช้คำอื่นๆ ที่มีความหมายเช่นเดียวกันกับคำว่า Alternative conception หรือมโนคติทางเลือก Conceptual error, Pre-knowledge เป็นต้น โดยที่นักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่า “มโนคติที่คลาดเคลื่อนและมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์” ไว้หลายท่าน ดังนี้

กาเบล และ บันซ์ (Gabel & Bunce, 1994) กล่าวว่า มโนคติคลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดของผู้เรียนที่ต่างจากความหมายที่เป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ

ฮอลลอน และ เฮสเทนส์ (Halloun & Hestenes, 1985) กล่าวว่า มโนคติทางเลือก หมายถึง ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ส่วนตัวของแต่ละคน ซึ่งเป็นคนละทางกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

วันเดอร์ซี (Wondersee, 1986) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง มโนคติที่เกิดจากการให้ความหมายโดยที่ไม่ได้รับการยอมรับซึ่งบางครั้งความหมายนั้นไม่ถึงกับผิด

พีเทอร์สัน และ ทรีกัสท์ (Peterson & Treagust, 1989) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง มโนคติที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับและความมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์อันมีสาเหตุมาจากการสอน

สุวิมล เขียวแก้ว (2540) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด ความเชื่อในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นและอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นตามความรู้สึกของเขาเอง โดยคำอธิบายนั้นแตกต่างจากแนวความคิดที่นักวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้

สรุปได้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด ความเข้าใจภายในของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจากความเชื่อ ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ของบุคคลและความรู้ที่สร้างขึ้นนั้นมีการแปลความหมายที่แตกต่างหรือแตกต่างไปจากทิศทางของแนวความคิดที่เป็นที่ยอมรับกันจากผู้เชี่ยวชาญ

3.2 ลักษณะของมโนคติที่คลาดเคลื่อน

ฟิชเชอร์ (Fisher, 1985) ได้กล่าวถึงลักษณะของความเข้าใจมโนคติทางเลือกไว้ดังนี้

1. เป็นมโนคติที่แตกต่าง แปรเปลี่ยน (Variance) ไปจากมโนคติของผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ
2. ความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนเพียงมโนคติเดียว สามารถที่จะขยายกว้างออกไปได้เมื่อมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างของแต่ละบุคคล
3. ความเข้าใจมโนคติทั้งหลายมีความต้านทานสูงต่อการเปลี่ยนแปลงหรือการแก้ไข
4. ความเข้าใจมโนคติทางเลือกนั้น บางครั้งก่อให้เกิดแบบแผนต่าง ๆ ทางความเชื่อที่คลาดเคลื่อน โดยประกอบกันเป็นกลุ่มของข้อความที่เชื่อมโยงในเชิงตรรกะ (Logically) และถูกนำไปใช้โดยผู้เรียนในวิถีทางต่าง ๆ
5. ความเข้าใจมโนคติทางเลือกบางเรื่องเป็นการถ่ายทอดกันมาตั้งแต่อดีตจากผู้ที่เป็นผู้นำทางความรู้ในสาขาวิชานั้น ๆ แล้วถ่ายทอดมาสู่ผู้อื่น

3.3 แนวทางในการแก้ไขมโนคติที่คลาดเคลื่อน

แกเนียล และ ไอดาร์ (Ganiel and Idar , 1985 อ้างถึงใน สุวิมล เขียวแก้ว , 2540) ได้เสนอแนะแนวทางที่เป็นไปได้ในการขจัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

- 1) ผู้สอนต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอนเป็นอย่างดี
- 2) ผู้สอนต้องมีความเข้าใจในเรื่องแนวความคิดของผู้เรียนที่น่าติดตัวมาใช้ในชั้นเรียนและสามารถในการค้นหาแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนได้
- 3) ผู้สอนต้องใช้ความพยายามโดยใช้วิธีการที่มีประสิทธิภาพในการชี้ให้ผู้เรียนเห็นความคลาดเคลื่อนของแนวความคิดที่มีอยู่แล้วผู้สอนจึงพยายามจัดการให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่ถูกต้องซึ่งอาจทำได้โดย ผู้สอนพยายามใช้คำถามเพื่อสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

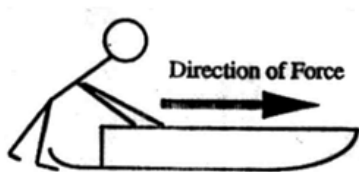
3. 4 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์

จากรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเปิดเผยว่า ผู้เรียนที่เข้ามาเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์นั้นยังยึดถือความรู้เดิมที่มีติดตัวเข้ามาและยังพบว่าแนวความเชื่อเหล่านั้นยังไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะมีการเรียนการสอนผ่านไปแล้ว ซึ่งความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องนี้จำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไข ตัวอย่างของความเชื่อเหล่านั้น เช่น มีบางคน ที่คิดว่า เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่จะต้องมีความเร่งกระทำต่อวัตถุนั้น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการทำการศึกษาวิจัยให้เข้าถึงจุดที่ผู้เรียนนั้นยังมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง โดยเน้นไปที่เรื่องกลศาสตร์ นิวตัน (Newtonian Mechanics) เนื่องจากเป็นเรื่องที่จำเป็นที่จะต้องเรียนรู้ให้เข้าใจก่อนเรื่องอื่นๆ (Shaffer and McDermott, 1980) นอกจากนี้ความรู้เดิมของผู้เรียนส่วนใหญ่เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวนั้นแตกต่างจากความรู้ที่อธิบายโดยนักวิทยาศาสตร์ (Bagno, Eylon, & Ganiel, 2000; Duit & Treagust, 1995; McDermott, 1991; Pfundt & Duit, 1991; Sokoloff & Thornton, 1997) จึงได้มีการพัฒนาแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นเพื่อที่จะประเมิน

มโนมติวิทยาศาสตร์ในเรื่องต่าง ๆ เช่น Circuits (CCI), Electromagnetics (EMCI), Waves (WCI), Heat Transfer (HTCI), Chemistry (ChCI), Conceptual Inventory of Natural Selection (CINS), Genetics Concept Assessment (GCA), Biology Concept Inventory (BCI), Diffusion and Osmosis Diagnostic Test (DODT)

ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอตัวอย่างแบบวัดมโนมติทางฟิสิกส์ ซึ่งในช่วงแรก มโนมติมโนมติเรื่องแรงจะได้รับความสนใจในการประเมินจากนักฟิสิกส์ศึกษาค่อนข้างมาก ในปี 1985 Henstanes และ Holloun แห่ง Arizona State University ได้พัฒนาเครื่องมือที่เรียกว่า Mechanics Diagnostic Test (MDT) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเชื่อของผู้เรียนในเรื่อง แรงนิวตันเนียน (Newtonian Force) และในปี 1992 ได้มีการปรับปรุงเครื่องมือที่เรียกว่า Force Concept Inventory (FCI) แทน MDT และ FCI ได้รับการพัฒนาไปเป็น Force Motion Concept Evaluation (FMCE)

ตัวอย่างคำถามของแบบวัด FMCE สำหรับวัดมโนมติเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Sokoloff & Thornton, 1997)



- A. แรงมีทิศไปทางขวาและขนาดกำลังเพิ่มขึ้น
- B. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดคงตัว
- C. แรงมีทิศไปทางขวาและขนาดกำลังลดลง
- D. ไม่จำเป็นต้องมีแรงกระทำ
- E. แรงมีทิศไปทางซ้ายและขนาดกำลังลดลง
- F. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดคงตัว
- G. แรงมีทิศไปทางซ้ายและขนาดกำลังเพิ่มขึ้น

_____ 1. แรงใดจึงจะทำให้เลื่อนเคลื่อนที่ไปทางขวาและมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

_____ 2. แรงใดจึงจะทำให้เลื่อนเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว
สร้างแบบทดสอบมาตรฐาน เพื่อประเมินความเข้าใจในเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก

ตัวอย่างคำถามของแบบวัด HTCE สำหรับวัดมโนมติเรื่องความร้อนและอุณหภูมิ (Tanahoung, Chitaree, Soankwan, 2008)



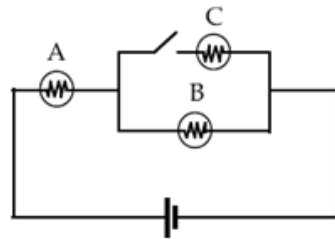
- ก) ถ้วย A มีการถ่ายเทพลังงานความร้อนมากกว่า
- ข) ถ้วย B มีการถ่ายเทพลังงานความร้อนมากกว่า
- ค) ถ้วยทั้งสองไม่มีการถ่ายเทพลังงานความร้อนเท่ากัน
- ง) ข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการตอบคำถาม

ถ้วย A บรรจุน้ำ 100 กรัม และถ้วย B บรรจุน้ำปริมาณเป็นสองเท่าของถ้วย A น้ำใน

ถ้วยทั้งสองใบ มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่อุณหภูมิห้อง ถ้วย A ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิเป็น 75 องศาเซลเซียส และถ้วย B ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส ถ้วยใบใดจะมีความร้อนถ่ายเทเข้ามามากกว่ากัน?

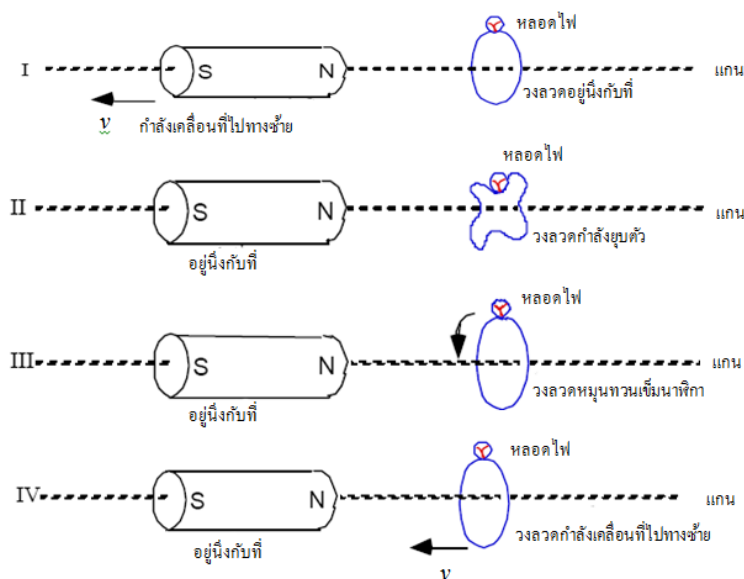
ตัวอย่างคำถามของแบบวัด DIRECT สำหรับวัดมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย (Fuengfung, Narjaikaew & Arayathanitkul, 2009)

ความสว่างของหลอดไฟฟ้า A และ B จะเป็นอย่างไร เมื่อสับสวิตช์ลง



- A. A สว่างเท่าเดิม แต่ B สว่างลดลง
- B. A สว่างเพิ่มขึ้น แต่ B สว่างลดลง
- C. A และ B สว่างเพิ่มขึ้น
- D. A และ B สว่างลดลง
- E. A และ B สว่างเท่าเดิม

แบบทดสอบส่วนใหญ่เป็นแบบเลือกตอบ โดยการนำเอาความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของผู้เรียนที่ต้องการแก้ไขมาสร้างเป็นตัวเลือก ซึ่งแบบทดสอบที่นำมาใช้วัดมโนคติเรื่องแม่เหล็ก คือแบบทดสอบมาตรฐานเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก (Conceptual Survey of Electricity and Magnetism [CSEM]) ที่พัฒนาโดย David P. Maloney, Thomas L. O'Kuma, Curtis J. Hieggelke, และ Alan Van Heuvelen (2001) เป็นแบบตัวเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก แบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ใช้สำรวจแนวคิดเรื่องไฟฟ้า (Conceptual Survey of Electricity: CSE) มีคำถาม 20 ข้อ และส่วนที่สองเป็นการสำรวจแนวคิดทางแม่เหล็ก (Conceptual Survey of Magnetism: CME) ซึ่งมีคำถาม 12 ข้อ ในการวิจัยครั้งนี้เฉพาะส่วนที่วัดแนวคิดทางแม่เหล็ก แสดงตัวอย่างคำถามของแบบวัด CSEM สำหรับวัดมโนคติเรื่องแม่เหล็ก (Maloney et al., 2001)



รูปใดบ้างที่หลอดไฟสว่าง

- ก) I, III, IV
- ข) I, IV
- ค) I, II, IV
- ง) IV
- จ) ไม่มีข้อใดถูก

มาตรฐานวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

จากรายงานเกี่ยวกับครูของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (Unesco, 1996) ระบุว่า ความเป็นครูในสังคมไทยปัจจุบันกำลังเผชิญกับปัญหาอุปตัน แต่ปัญหาใดก็ไม่เท่ากับวิกฤตศรัทธาในวิชาชีพครู ประกอบกับการปฏิรูปการศึกษาเป็นกระแสใหม่ทั่วโลก เพราะในยุคที่โลกกำลังก้าวหน้าเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 สภาพของโลกนี้เปลี่ยนไปเป็นโลกแห่งข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยี เป็นสังคมโลกที่สลับซับซ้อนเชื่อมโยงและเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สังคมโลกเปลี่ยนแปลงเป็นสังคมความรู้ (Knowledge Society) หรือสังคมแห่งการเรียนรู้ (Learning Society)

ครูบุคลากรทางการศึกษาและองค์กรทางการศึกษา จึงต้องปรับตัวให้เป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ (Learning Organization) จะต้องมุ่งไปเพื่อการศึกษาของปวงชน (Education for All) และขณะเดียวกันทุกภาคส่วนของสังคมต้องทุ่มเทให้การกับการศึกษา (All for Education) การศึกษาเป็นกระบวนการเรียนรู้ชีวิตและการกลมเกลียวของมนุษย์ โดยมนุษย์และเพื่อนมนุษย์ มนุษย์จึงเป็นส่วนสำคัญที่สุด เป็นศูนย์กลางของกระบวนการเรียนรู้ทั้งปวง ประกอบกับนาหาทัศนะมีความเห็นสอดคล้องกันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า เศรษฐกิจและสังคมจะดีเพียงใด แข่งขันในตลาดโลกได้ดีเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพของประชาชน คุณภาพแรงงานและคุณภาพของผู้นำ

ในวงการต่าง ๆ และยังยอมรับกันอย่างแท้จริงว่าคุณภาพคนขึ้นอยู่กับ คุณภาพการศึกษา และ คุณภาพการศึกษาขึ้นอยู่กับคุณภาพครูเป็นหลัก

1. คุณลักษณะครูรุ่นใหม่ที่สำคัญและเป็นจุดเด่นในศตวรรษที่ 21

คุณลักษณะครูรุ่นใหม่ที่สำคัญและเป็นจุดเด่นในศตวรรษที่ 21 ควรมีคุณลักษณะ ดังนี้

1.1 มีความสนใจเสาะแสวงหาความรู้ กระตือรือร้นที่อยากเรียนรู้และเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้

1.2 มีความรอบรู้ด้านปรัชญาการศึกษา นโยบายทางการศึกษา กฎหมาย การศึกษา มาตรฐานวิชาชีพครู มาตรฐานการศึกษา จิตวิทยาการศึกษาและหลักสูตรการสอนทั่วไป

1.3 มีความรอบรู้ความสามารถที่ทันสมัย ทันเหตุการณ์และทันต่อการเปลี่ยนแปลง โดยสามารถเชื่อมโยงสภาพท้องถิ่นเข้ากับมาตรฐานสากลในลักษณะสหวิทยาการ

1.4 มีความรู้ความสามารถในวิธีการแสวงหาความรู้

1.5 รู้จักและเข้าใจพัฒนาการของผู้เรียน

1.6 มีความรู้และทักษะในวิชาชีพที่สอนอย่างลุ่มลึก ชัดเจน สามารถสอนแล้ว ผู้เรียนเข้าใจมีความสามารถเรียนรู้ได้และสนุกกับการ เรียนรู้ สอนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างเต็ม ความสามารถ เต็มเวลา และเต็มหลักสูตร

1.7 มีความสามารถในการสร้างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่กระตุ้น ความสนใจใฝ่รู้และมีความสุข สนุกในการเรียนการสอนมีความสามารถในการสังเกตและรู้จัก แก้ไขพฤติกรรม การเสริมแรงและการลงโทษที่เหมาะสม

1.8 มีทักษะในการสอนอย่างเชี่ยวชาญและสร้างสรรค์การเรียนรู้จนสามารถพัฒนา ผู้เรียนได้เต็มศักยภาพตามความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยปลูกเร้าให้ผู้เรียนแสดง ความสามารถอย่างเต็มที่ เน้นการจัดกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อสนองผู้เรียนเป็นสำคัญ

1.9 มีความรู้และความเข้าใจในเป้าหมายและวิธีการของหลักสูตรและการสอน

1.10 มีความสามารถในการออกแบบ วางแผนการสอนการบริหารจัดการชั้นเรียน วิจัยและพัฒนาการสอน มีความเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงทางวิชาการที่มีประสิทธิภาพและมี ความสามารถวัดผลประเมินผลพัฒนาการของการเรียนรู้ได้หลายวิธีได้อย่างเหมาะสม สม่าเสมอ

1.11 มีความรัก ศรัทธาที่จะเป็นครู มีความเมตตากรุณาและเป็นกัลยาณมิตรของ ศิษย์

1.12 มีจริยธรรม มีกิริยามารยาทสุภาพเรียบร้อย วางตนอยู่ในศีลธรรมอันดีเปี่ยม ด้วยคุณธรรมฝึกหัดปฏิบัติตนยึดมั่นในจรรยาบรรณวิชาชีพครูโดยชี้แนะทางถูกต้องแก้ไขสิ่งผิด และยึดมั่นตามหลักศาสนา

1.13 มีบุคลิกภาพดีเป็นแบบอย่างที่ดีสำหรับเด็กและสาธาณชน ในด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และการดำรงชีวิต

1.14 มีความรับผิดชอบในหน้าที่มุ่งมั่นในการทำงานทำงานเป็นระบบและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

1.15 มีความสามารถในการปลูกฝังวินัย คุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่ดี และถูกต้องต่อผู้เรียน

1.16 ความสามารถในการจัดระเบียบเนื้อหาสาระการเรียนรู้ และจัดกิจกรรมกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ให้สอดคล้องกับพัฒนาการผู้เรียนและมีความสามารถพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นได้ตรงความต้องการของท้องถิ่น

2. หลักสูตรผลิตครูรุ่นใหม่ควรมีลักษณะอย่างไร

คุณลักษณะทั่วไปของนักศึกษาครูในศตวรรษ 21 ในระดับอุดมศึกษาสาขาครูศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ ซึ่งอยู่ในวัยกำลังจะเป็นผู้ใหญ่ในระดับปริญญาตรีเป็นผู้ที่มีความกระตือรือร้นและมีอุดมการณ์ สนใจในสิ่งที่อยากรู้ ต้องการการยอมรับของเพื่อน อาจารย์ และสังคม ต้องการที่จะสามารถนำตนเองได้ เป็นบุคคลที่มุ่งสร้างประสบการณ์และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning) ส่วนมากจะสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชีวิตและสิ่งแวดล้อม การจัดการเรียนการสอนควรมุ่งจัดให้สอดคล้องกับความต้องการของนักศึกษาสาขาศึกษาศาสตร์และให้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์และบริบทของผู้เรียนจะสามารถช่วยให้เรียนรู้ได้ดี (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2542; สุวัฒน์ วัฒนวงศ์, 2538)

ปฏิญญาสากลว่าด้วยการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาศตวรรษที่ 21 ณ กรุงปารีส (5-9 ต.ค. 2541 อ้างถึงใน สุธาสนี ศรีวิชัย, ม.ป.ป.) ได้บัญญัติไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเห็นผลผลิตคุณภาพของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาจะต้องมุ่งพัฒนาด้านสำคัญและให้บรรลุคุณลักษณะของผู้เรียนดังนี้

1. จะต้องมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความคิดและการตัดสินใจด้วยตนเอง

2. จะมุ่งแสวงหาความรู้ด้วยการศึกษาด้วยตนเอง การศึกษาที่ต่อเนื่องและการศึกษาเพื่อการดำรงชีวิตและเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ (Learning Person) มีทักษะชีวิตที่เข้มแข็งและมีประสิทธิภาพ

3. มีความรู้สึกลึกซึ้ง ประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมีทักษะกระบวนการแก้ไขปัญหา

4. การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมผ่านเครือข่ายได้อย่างชำนาญและมีทักษะการสื่อสารสารสนเทศด้านภาษาและเครือข่าย

5. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Learning Society)

3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมาตรฐานวิชาชีพครู

นับตั้งแต่ พ.ศ. 2540 ความเปลี่ยนแปลงในวงวิชาชีพครูไทยเกิดขึ้นเป็นระยะ เริ่มจากการพัฒนาวิชาชีพครูที่ได้บัญญัติเป็นแนวนโยบายพื้นฐานแห่งรัฐในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2540 และในปี พ.ศ. 2542 รัฐสภาได้ตราพระราชบัญญัติที่เปลี่ยน

แนวความคิดและวิธีการปฏิบัติระหว่างผู้ให้การศึกษากับผู้เรียนที่ชัดเจน โดยกำหนดให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางแห่งการเรียนรู้ เป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน และการจัดการศึกษา บทบัญญัติต่าง ๆ เหล่านี้จะส่งผลต่อพฤติกรรมทางการศึกษาให้วันเวลาข้างหน้าอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นครูในยุคศตวรรษที่ 21 นี้ต้องมีการพัฒนาตนเองเป็นอย่างดี

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 ในหมวด 7 มาตรา 53 กำหนดให้ ครู อาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา ให้มีองค์รววิชาชีพครู และผู้บริหารการศึกษามีฐานะเป็นองค์กรอิสระภายใต้การบริหารงานของสภาวิชาชีพในกำกับของกระทรวง มีอำนาจหน้าที่กำหนดมาตรฐานวิชาชีพครู ออกและเพิกถอนใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกำกับดูแลการปฏิบัติตามมาตรฐานและจรรยาบรรณของวิชาชีพพร้อมทั้งการพัฒนาวิชาชีพครูและผู้บริหารการศึกษา ให้ครู ผู้บริหารสถานศึกษา ผู้บริหารการศึกษา และบุคลากรทางการศึกษาอื่นทั้งของรัฐและเอกชน ต้องมีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพตามที่กฎหมายกำหนด และจัดให้มีองค์รววิชาชีพครู ผู้บริหารการศึกษา และบุคลากรทางการศึกษาอื่น คุณสมบัติ หลักเกณฑ์ และวิธีในการออกและเพิกถอนใบอนุญาตประกอบวิชาชีพให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

ครูสภาจึงได้พัฒนาเกณฑ์มาตรฐานความรู้และประสบการณ์วิชาชีพครู พ.ศ. 2554 (ร่าง) ผู้ที่ประกอบวิชาชีพครู ต้องมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่าปริญญาตรีทางการศึกษาหรือเทียบเท่าหรือคุณสมบัติอื่นที่คุรุสภารับรองโดยมีมาตรฐานความรู้วิชาชีพครู ประกอบด้วยบูรณาการของความรู้ไม่น้อยกว่าหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไป

- 1.1 วิฤติของการพัฒนา
- 1.2 ทางรอดของวิฤติในการพัฒนา
- 1.3 กลยุทธ์การเสริมสร้างการพัฒนาที่ยั่งยืน

2. ความรู้วิชาชีพครู

- 2.1 หลักการและปรัชญาการศึกษา
- 2.2 คุณลักษณะวิชาชีพครูและการเป็นครูมืออาชีพ
- 2.3 จิตวิทยาสำหรับครู
- 2.4 การออกแบบและการพัฒนาหลักสูตร
- 2.5 การจัดการเรียนรู้และการวัดประเมินผล
- 2.6 การจัดแหล่งการเรียนรู้และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้
- 2.7 นวัตกรรม เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทางการศึกษา
- 2.8 การวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้
- 2.9 การบริหารและการประกันคุณภาพการศึกษา

3. ความรู้เชิงบูรณาการวิชาชีพครูกับวิชาเอก

- 3.1 การบูรณาการเรื่องจิตวิทยาสำหรับครูกับวิชาเอก

3.2 การบูรณาการเรื่องการพัฒนาหลักสูตรกับวิชาเอก

3.3 การบูรณาการเรื่องการจัดการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้กับวิชาเอก

3.4 การบูรณาการเรื่องการจัดการชั้นเรียนและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้กับ

วิชาเอก

3.5 การบูรณาการเรื่องการวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรกับวิชาเอก

4. ความรู้วิชาเอก เช่น วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป วิชาเอกฟิสิกส์ วิชาเอกเคมี วิชาเอกชีววิทยา

4. มาตรฐานความรู้วิชาเอกสำหรับครูวิทยาศาสตร์

จากประกาศคณะกรรมการคุรุสภา (ร่าง) ว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานวิชาชีพ พ.ศ. 2554 กำหนดมาตรฐานความรู้สำหรับครูวิทยาศาสตร์มี: (1) ความรู้ทั่วไป (2) ความรู้วิชาชีพครู (3) ความรู้เชิงบูรณาการวิชาชีพครูกับวิชาเอก และ (4) ความรู้วิชาเอก

ในเอกสารฉบับนี้จะนำเสนอเฉพาะมาตรฐานความรู้วิชาเอกวิทยาศาสตร์ (ด้านที่ 4) ที่จะอนุญาตไปประกอบวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ 4 วิชาเอก ดังนี้

1. วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ประกอบด้วยบูรณาการของสาระความรู้ไม่น้อยกว่า สาระดังต่อไปนี้

(ก) วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน

(1) คณิตศาสตร์

(2) ฟิสิกส์

(3) เคมี

(4) ชีววิทยา

(ข) วิทยาศาสตร์ทั่วไป

(1) วิทยาศาสตร์โลก

(2) วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

(3) ดาราศาสตร์

(4) ไฟฟ้าและพลังงาน

2. วิชาเอกฟิสิกส์ ประกอบด้วยบูรณาการของสาระความรู้ไม่น้อยกว่า สาระดังต่อไปนี้

(ก) วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน

(1) คณิตศาสตร์

(2) ฟิสิกส์

(3) เคมี

(4) ชีววิทยา

(ข) ความรู้เฉพาะสาขาฟิสิกส์

(1) คณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับฟิสิกส์

- (2) กลศาสตร์
 - (3) อุณหพลศาสตร์
 - (4) คลื่น
 - (5) พลังงาน
 - (6) ไฟฟ้า แม่เหล็ก อิเล็กทรอนิกส์
 - (7) ฟิสิกส์ยุคใหม่
3. วิชาเอกเคมี ประกอบด้วยบูรณาการของสาระความรู้ไม่น้อยกว่าสารดังต่อไปนี้
- (ก) วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน
 - (1) คณิตศาสตร์
 - (2) ฟิสิกส์
 - (3) เคมี
 - (4) ชีววิทยา
 - (ข) ความรู้เฉพาะสาขาเคมี
 - (1) เคมีอินทรีย์
 - (2) เคมีอนินทรีย์
 - (3) เคมีวิเคราะห์
4. วิชาเอกชีววิทยา ประกอบด้วยบูรณาการของสาระความรู้ไม่น้อยกว่าสารดังต่อไปนี้
- (ก) วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน
 - (1) คณิตศาสตร์
 - (2) ฟิสิกส์
 - (3) เคมี
 - (4) ชีววิทยา
 - (ข) ความรู้เฉพาะสาขาชีววิทยา
 - (1) พืชศาสตร์
 - (2) พันธุศาสตร์
 - (3) จุลชีววิทยา
 - (4) สัตววิทยา
 - (5) นิเวศวิทยา

ความรู้ในเนื้อหาวิชาพหุศาสตร์การสอน

1. แนวคิด ทฤษฎี

การสอนเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อน ไม่มีรูปแบบของการนำเสนอใดที่ทรงพลังที่สุดเพียงรูปแบบเดียวแล้วทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ไม่อาจจะกำหนดจำนวนวิธีการสอนหรือขั้นตอนการสอนที่เป็นมาตรฐานแน่นอนที่ผู้สอนทุกคนจะต้องทำตาม (Loughran, Berry & Mulhall, 2006) ดังนั้นการส่งเสริมให้ครูมุ่งเน้นส่งเสริมการเรียนรู้และปรับปรุงคุณภาพการสอนของตนเองและเน้นการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ๆ ความรู้ใหม่ ๆ และวิธีการใหม่ ๆ จากห้องเรียนของตนเอง จากเพื่อนครู จากนักพัฒนาบุคลากรในโรงเรียน และจากผู้บริหารภายในโรงเรียนของตนเอง ผลการวิจัยพบว่าครูที่มีการวางแผนและมีการพูดคุยปรึกษาหารือระหว่างกัน มีครูที่มีการสังเกตการสอนกับเพื่อนครูคนอื่น และมีข้อมูลย้อนกลับซึ่งกันและกัน หากกล่าวในอีกนัยหนึ่งก็คือ พวกเขามีความเป็นชุมชนวิชาชีพที่ เข้มแข็ง ซึ่งลักษณะเช่นนั้นได้ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนของนักเรียนในระดับสูงด้วย (Viadero, 1999 อ้างใน Sergiovanni, 2001)

ครูเป็นบุคคลสำคัญในการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนการที่ครูจะจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ครูจะต้องมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เป็นอยู่ในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้พัฒนากระบวนการคิดความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา และการคิดค้นสร้างสรรค์องค์ความรู้ จัดสาระให้เหมาะสมกับผู้เรียน สอดคล้องกับท้องถิ่น เพื่อส่งเสริมการฝึกกระบวนการคิด การจัดการให้คิดเป็นทำเป็นสอดคล้องกับทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ (Constructivism) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตัวผู้เรียนเองในการต่อสู้กับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมเป็นการสร้างตัวแทนใหม่ และสร้างโมเดลของความจริง โดยคนเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือทางวัฒนธรรม โดยผ่านกิจกรรมทางสังคมผ่านการร่วมมือ แลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย ซึ่งการจัดการเรียนรู้จะต้องยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Fosnot, 1996)

การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เป็นการสร้างและยอมรับความคิดใหม่ ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างของความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วใหม่ แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบนี้เรียกว่า การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึมซึ่งตระหนักว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความคิดมากกว่าดูดซึมความคิดใหม่ ๆ และนักเรียนเป็นผู้สร้างความหมายจากประสบการณ์ด้วยตนเอง (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540) การสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมถือว่านักเรียนจะนำเอาประสบการณ์ไม่ว่าจะเป็นความรู้ความรู้สึกและทักษะที่ตัวเองมีอยู่เข้าไปในห้องเรียนด้วย และประสบการณ์เหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อแนวคิดของนักเรียนในการเรียนรู้ต่อไปชัลส์ (Schulte, 1996) ทฤษฎีนี้ว่าความรู้มีอยู่แล้วในตัวนักเรียน และความรู้นี้จะพัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน กับครูและกับสภาพแวดล้อม นักเรียนจะเป็นคนสร้างความรู้ หรือ

สร้างความหมายโดยทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อให้ตัวเองเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งคำอธิบายเหล่านี้อาจแตกต่างจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อันเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน การจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีนี้เชื่อว่าความรู้ไม่สามารถส่งผ่านจากครูไปยังนักเรียน หรือจากหนังสือไปยังตัวนักเรียนได้อย่างง่าย ๆ แต่ นักเรียนควรจะเป็นคนสร้างคำอธิบายหรือสร้างความคิดขึ้นมาด้วยตัวนักเรียนเอง ตามแนวคิดของคอนสตรัคติวิซึมเชื่อว่า การสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและครูเป็นเพียงผู้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคนเป็นผู้พัฒนาเทคนิคการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ของนักเรียนกับเพื่อนและครู จะทำให้นักเรียนมีความคิดที่ชัดเจนและได้มีโอกาสพิจารณาแนวความคิดของเพื่อนด้วยการเรียนแบบร่วมมือที่สามชิกกลุ่มมีความหลากหลายจะทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของกันและกัน ได้สะท้อนความคิดเห็นกับเพื่อนและให้เหตุผลแบแนวคิดเห็นของกันและกัน นักเรียนไม่จำเป็นต้องคิดเหมือนกัน แต่นักเรียนกำลังเรียนรู้แนวคิดในวิถีทางที่มีความหมายกับตัวเองการเรียนรู้ทางทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม นักเรียนจะได้ประสบการณ์ในการตั้งคำถาม การทำนาย การจัดกระทำกับวัสดุอุปกรณ์ การนำเสนอปัญหา การแสวงหาคำตอบ การสร้างจินตนาการ การสืบเสาะหาความรู้และการคิดประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ นักเรียนอาจเรียนด้วยวิธีสอนที่เรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยกระบวนการสำรวจ การนำเสนอโนมติเหล่านี้ นักเรียนควรเรียนรู้โดยใช้ประสาทสัมผัสและลงมือปฏิบัติจับต้องวัตถุมากกว่าเพียงแค่ฟังครูพูดหรือบรรยายหรืออ่านจากหนังสือเรียน ซึ่งหนังสือเรียนเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนครูไม่ยึดถือหนังสือเพียงอย่างเดียวในการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายถึงแม้การอ่านจะเป็นกระบวนการที่นักเรียนมีส่วนร่วมแต่นักเรียนก็ต้องสร้างความหมายจากเรื่องที่อ่าน

2. ความรู้เฉพาะเนื้อหาวิชาเอกเพียงพอต่อการเป็นครูวิทยาศาสตร์หรือไม่

Shulman (1986) ได้จำแนกความรู้ที่เป็นพื้นฐานของครูเพื่อใช้ประกอบการสอนออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ (1) ความรู้ในเนื้อหา (2) ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน (3) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร (4) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (ศาสตร์ของการสอนเนื้อหา) (5) ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียน (6) ความรู้เกี่ยวกับบริบทการเรียนรู้ และ (7) ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการศึกษา

3. ความรู้ในเนื้อหาวิชาผนวกศาสตร์การสอน

ในบรรดาความรู้ทั้งเจ็ดประเภทตามที่ Shulman กล่าวมานั้น ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (ในที่นี้จะเรียกว่า ความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการความรู้ศาสตร์การสอน) เป็นความรู้ที่สำคัญซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ ความรู้เกี่ยวกับวิธีนำเสนอเนื้อหาที่ผู้สอนควรรู้ว่าควรใช้วิธีนำเสนอเนื้อหาอย่างไร เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหานั้นและความรู้เกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนควรรู้ว่าผู้เรียนมีแนวคิดก่อนเรียน (ความรู้เดิม) ในเนื้อหา

ที่เรียนอย่างไร และอะไรบ้างที่อาจเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้เนื้อหาดังกล่าวของผู้เรียน (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และ วรณทิพา รอดแรง-คำ; 2548)

ความรู้ในเนื้อหาวิชาผนวกความรู้ศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) คือ ครูผู้สอนรู้ว่าควรใช้วิธีนำเสนอเนื้อหาอย่างไร เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหานั้นและความรู้เกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียน และรู้ว่าผู้เรียนมีแนวคิดที่มีอยู่แล้วก่อนเรียนที่สัมพันธ์กับเนื้อหาที่เรียนอย่างไร และอะไรบ้างที่อาจเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้เนื้อหาดังกล่าวของผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิชาการศึกษา เพราะการใช้ความรู้เพียงองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งนั้นไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาหนึ่งๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาดังกล่าวได้ โดยแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ที่จะต้องเริ่มจากการตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน การเลือกวิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา หลักสูตร และผู้เรียน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

นอกเหนือไปจากความรู้ในเนื้อหา (Content knowledge) พฤติกรรม แรงจูงใจในการสอน สภาพห้องเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ความพร้อมของสื่ออุปกรณ์ประกอบวิธีสอนของครู สิ่งที่ครูผู้สอนควรตระหนักในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้แก่ ความรู้ในเนื้อหาวิชา และศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ประกอบด้วยความรู้ที่ครูผู้สอนสามารถนำความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอน (Subject Matter Knowledge : SMK) ความรู้ศาสตร์การสอน (Pedagogical Knowledge) และความรู้ในบริบทต่าง ๆ (Knowledge about Context) มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบด้วยตนเอง ใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนสู่องค์ความรู้ใหม่ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถไปสู่เป้าหมายได้ตามต้องการ การที่จะช่วยนักเรียนให้เข้าใจในเนื้อหาวิชานั้น ควรมีการจัดกรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาวิชาคือ การกำหนดทิศทางการสอน ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร ความรู้และ ความเชื่อของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา ความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับการประเมินผล และความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการสอน ความรู้ในเนื้อหา เป็นเงื่อนไขจำเป็นในการจัดการเรียนการสอนของครู (Van Driel et al., 1998) แต่การมีความรู้ในเนื้อหาดีอย่างเดียวยังไม่เพียงพอเพราะการพัฒนาความรู้ในศาสตร์ของการสอนเนื้อหาต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร ความรู้เกี่ยวกับ แนวคิดของผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน และความรู้เกี่ยวกับการวัดผลการเรียนรู้ (Zemba-Saul et al., 2000)

Borkow และ Putnam (1995 อ้างถึงใน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป.) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ที่จำเป็นสำหรับครูในการนำมาจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้นั้นประกอบด้วย (1) ความรู้ในเนื้อหาวิชา (Subject Matter Knowledge: SMK) การสอนที่มีคุณภาพขึ้นอยู่กับการพัฒนาแนวคิดและความเข้าใจของครูที่มีต่อเนื้อหาวิชา ซึ่งรวมทั้งการรู้ข้อเท็จจริง แนวคิดและกระบวนการของแต่ละศาสตร์ (2) ความรู้

วิชาครูทั่วไป (Pedagogical Knowledge) ความรู้ทั่วไปในวิชาครูและการสอนตลอดจนความรู้ความเข้าใจของครูในการสร้างสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ การจัดการในชั้นเรียนความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับผู้เรียนและการเรียนรู้ (3) ความรู้ในบริบทต่าง ๆ (Knowledge about Context)

มีนักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์ของการสอน เช่น ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน, ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร ความรู้เกี่ยวกับการวัดผล (Tamir, 1988) Grossman (1989) เสนอว่า ความรู้ที่จำเป็นสำหรับ PCK ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน, ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร และจุดมุ่งหมายการสอน Marks (1990) เสนอว่า ความรู้ที่จำเป็นสำหรับ PCK ประกอบด้วย ความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดผู้เรียน และความรู้เกี่ยวกับสื่อการเรียนรู้ Cochran และคณะ(1993) เสนอว่า ความรู้ที่จำเป็นสำหรับ PCK ประกอบด้วย ความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดผู้เรียนและความรู้เกี่ยวกับบริบทการเรียนรู้ Fernandez-Balboa และ Stiehl (1995)) เสนอว่า ความรู้ที่จำเป็นสำหรับ PCK ประกอบด้วย ความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนความรู้เกี่ยวกับแนวคิดผู้เรียน จุดมุ่งหมายการสอนและความรู้เกี่ยวกับบริบทการเรียนรู้ Geddis และ Wood (1997)) เสนอว่า ความรู้ที่จำเป็นสำหรับ PCK ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน, ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร และความรู้เกี่ยวกับสื่อการเรียนรู้ Magnusson และคณะ (1999) เสนอว่า ความรู้ที่จำเป็นสำหรับ PCK ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน, ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร จุดมุ่งหมายการสอนและความรู้เกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานตามบริบทโรงเรียนต่อความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ของครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เป็นการวิจัยที่นำเสนอข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 ปีการศึกษา 2556-2558 จำนวน 46 โรงเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คือ ครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 จำนวน 30 คน ครูที่สอนตรงวุฒิ จำนวน 18 คน สอนไม่ตรงวุฒิจำนวน 12 คน ซึ่งได้มาโดยการอาสาสมัครเข้าร่วมกิจกรรม พ.ศ. 2556-2558 กลุ่มเป้าหมายจำนวน 3 คนโดยการอาสาสมัครสำหรับการติดตามผลหลังจากการเข้าร่วมกิจกรรม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ลักษณะของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจำแนกตามลักษณะของการใช้ (ภาคผนวก ก.) ดังนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตัวอย่าง 4 เรื่อง ที่ใช้ในการจัดอบรม จำนวน 4 วัน รวมเป็นเวลาทั้งหมด 24 ชั่วโมง ดังนี้

1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จัดการเรียนรู้ด้วยการสอนการคิดแบบอุปนัยร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม จำนวน 6 ชั่วโมง

1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เสริมด้วยเทคนิค POE และเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 6 ชั่วโมง

1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เสริมด้วยการเรียนรู้ร่วมมือแบบร่วมกันคิด จำนวน 6 ชั่วโมง

1.1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับกลวิธี KWL จำนวน 6 ชั่วโมง

1.2 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ 4 เรื่อง แบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก เรื่องละ 15 ข้อ (ภาคผนวก ข.) ดังนี้

1.2.1 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ปรับปรุงจาก Force Concept Inventory (FCI) พัฒนาขึ้นโดย Hestenes, Wells and Swackhamer (1992)

1.2.2 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ปรับปรุงจาก the Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concepts Test (DIRECT) ที่พัฒนาขึ้นโดย Engelhardt and Beichner (2004)

1.2.3 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า ปรับปรุงจาก Conceptual Survey of Electricity and Magnetism [CSEM] ที่พัฒนาโดย David P. Maloney, Thomas L. O'Kuma, Curtis J. Hieggelke, และ Alan Van Heuvelen (2001)

1.2.4 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการศึกษาความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดาราศาสตร์จากผลงานวิจัย

1.3 แบบวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (Content Representation; CoRE) ซึ่งประกอบด้วยคำถามสำคัญ 8 คำถามประกอบด้วย 1. แนวคิดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ 2. ทำไมแนวคิดเหล่านี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ 3. แนวคิดอื่นในประเด็นนี้ที่ผู้สอนรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้ 4. ความยาก/ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอน 5. แนวคิดของผู้เรียนในเนื้อหาที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา 6. ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา 7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (เน้นการให้เหตุผลสำหรับการสร้างความ

สนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สืบเสาะแนวคิดนี้) 8. วิธีการเฉพาะเพื่อสำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิด ซึ่งพัฒนาโดย Loughran, Berry และ Mulhall (2006)

1.4 แบบวิเคราะห์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะซึ่งยึดตามองค์ประกอบ การเขียนแผนการสอนโดยทั่วไปแต่จะเน้นที่กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะแต่ละเนื้อหาโดยวิเคราะห์การลำดับการนำเสนอเนื้อหา การใช้คำถามลักษณะคำถามจุดมุ่งหมาย การใช้คำถาม การใช้สื่อ ที่เหมาะสมกับผู้เรียนหรือปัญหาและอุปสรรคสำหรับผู้เรียนในการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะนั้น

1.5 แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นข้อคำถามตาม CoRE และคำถามจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ของคุณครู

2. วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตัวอย่างสำหรับการจัดการอบรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 ศึกษาทฤษฎี หลักการ และแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.1.2 ศึกษาและวิเคราะห์สาระและจุดมุ่งหมายประจำบทเรียน ทั้ง 4 เรื่องจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.1.3 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนตามวิธีการสอนแบบต่าง ๆ

2.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน เพื่อหาข้อปรับปรุงแก้ไข

2.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ใช้อีกกับกลุ่มตัวอย่าง

2.2 การสร้างแบบมโนคติวิทยาศาสตร์

2.2.1 แบบวัดมโนคติเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แม่เหล็กไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายทำการแปลโดยกลุ่มวิจัยฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดล จากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย โดยดำเนินการ ดังนี้

2.2.1.1 เพื่อหลีกเลี่ยงการแปลความหมายที่ไม่ถูกต้องของผู้ทำแบบวัด แบบวัดมโนคติทั้งฉบับภาษาอังกฤษและฉบับภาษาไทยได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลจำนวน 6 ท่านที่มีประสบการณ์ทางการสอนมากกว่า 10 ปี ตรวจสอบทั้งความตรงของภาษาและบริบทต่าง ๆ ว่าสอดคล้องกับผู้เรียนในประเทศไทยหรือไม่

2.2.1.2 นำแบบทดสอบทั้งฉบับภาษาอังกฤษและฉบับภาษาไทยไปทดสอบกับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

จำนวน 8 คน โดยให้ฉบับที่เป็นภาษาไทยก่อน จากนั้น 2 สัปดาห์ให้นักศึกษาชุดเดิมทำแบบทดสอบฉบับภาษาอังกฤษ แล้วนำผลการทดสอบแต่ละคนมาเปรียบเทียบคำตอบเป็นรายข้อ เมื่อพบว่าคำตอบข้อใดผู้ตอบเลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบแตกต่างกันจะดำเนินการสัมภาษณ์เพื่อนำผลจากการสัมภาษณ์มาปรับปรุงและแก้ไขแบบทดสอบ

2.2.2 แบบวัดมโนคติเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.2.2.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีสร้าง เทคนิคการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ

2.2.2.2 วิเคราะห์เนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและจากผลการวิจัยวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อน

2.2.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ มี 5 ตัวเลือก

2.2.2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัย ภาควิชาฟิสิกส์ 2 ท่าน และครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหา
- ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหา
- ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหา

2.2.2.5 ปรับปรุงแบบวัดมโนคติตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.2.2.6 นำแบบวัดมโนคติไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ดำเนินการวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ก่อนจัดกิจกรรมการอบรม เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แม่เหล็กไฟฟ้า ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

2. ดำเนินการจัดอบรม 2 เรื่อง 2 วัน ในช่วงเดือนสิงหาคม ปีการศึกษา 2556 และอีก 2 เรื่อง 2 วัน ปีการศึกษา 2557

3. เมื่อดำเนินการจัดอบรมเรียบร้อยแล้ว ดำเนินการดังนี้

3.1 ทำการวัดมโนคติวิद्याศาสตร์หลังการอบรมกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบวัดมโนคติฉบับเดิม

3.2 วิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (Content Representation; CoRE) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ และสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ของผู้เรียนจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ปีการศึกษา 2557-2558

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. นำผลการวัดมโนคติ ก่อนและหลังการจัดอบรมมาหาค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$), เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ร้อยละ (%) นำเสนอด้วยการพรรณนามโนคติวิद्याศาสตร์ทั้ง 4 เรื่อง

2. เปรียบเทียบมโนคติ วิद्याศาสตร์ทั้ง 4 เรื่อง ก่อนและหลังการจัดอบรม โดยพิจารณาคะแนนจากการทำแบบวัดมโนคติวิद्याศาสตร์เป็นค่าเฉลี่ย แล้วนำไปทดสอบที่แบบอิสระเพื่อพิจารณาว่ามีความเข้าใจเนื้อหาวิชาแตกต่างกันระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิद्याศาสตร์และวิชาเอกอื่นๆหรือไม่ และนับความถี่ของครูที่มีความเข้าใจเนื้อหาในระดับ “ผ่าน” เมื่อครูมีคะแนนมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และ “ไม่ผ่าน” เมื่อครูมีคะแนนต่ำกว่าและเท่ากับร้อยละ 50

3. นำผลการวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (Content Representation; CoRE) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ และสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้ มานำเสนอด้วยการพรรณนา

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$)

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

1.3 ค่าร้อยละ (Percentage)

1.4 ค่าความถี่ (Frequency)

คำนวณค่าโดยโปรแกรม SPSS for Windows

2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

เปรียบเทียบบิโนมิตี วิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการอบรมโดยใช้
สถิติทดสอบที และไควสแคว และสถิติ McNemar

บทที่ 4

ผลการศึกษาความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และความรู้เนื้อหา บูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์

ในบทนี้จะนำเสนอผลการศึกษาความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และและความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยประเด็น ครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาก่อนและหลังการเข้าร่วมการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างไรนำเสนอผลการศึกษาความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยในประเด็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาหลังเข้าร่วมการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความรู้ศาสตร์การสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างไร โดยการพรรณนาข้อมูลรายกรณี ซึ่งนำเสนอผลการศึกษาดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่
2. ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
3. ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า
4. ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์
5. ความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูกรณีศึกษา 1
6. ความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูกรณีศึกษา 2
7. ความรู้เนื้อหาวิชาบูรณาการศาสตร์การสอนของครูกรณีศึกษา 3

ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ของครูวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการอบรม

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมาตรวจสอบ ประมวลผลและทำการวิเคราะห์ด้วยการหาค่าเฉลี่ย การทดสอบที่การแจกแจงความถี่ สถิติไค์สแคว และสถิติ McNemar test วิเคราะห์ร้อยละ การนำเสนอผลการ

ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสอนการคิดแบบอุปนัยร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม ในครั้งนี้จะนำเสนอข้อมูล ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูทั้งสองกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่แตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนรวมจากการตอบคำถาม 15 ข้อของครูแต่ละคนก่อนเข้าร่วมกิจกรรม โดยมีการพิจารณาคะแนนเป็นค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบทีแบบอิสระ และการนับความถี่ของจำนวนครูที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไปแสดงว่าอยู่ในระดับผ่านและครูที่ได้คะแนนรวมต่ำกว่า 8 อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวนครูที่สอนตรงวุฒิมี 18 คนและครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ 12 คน ด้วยการทดสอบไคว์สแคว ผลมีดังนี้

1.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่แตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{x}$	S.D.	t	p
แรงและการเคลื่อนที่	เอกวิทยาศาสตร์	5.33	2.11	2.71	0.11
	เอกอื่น ๆ	3.41	1.50		

$p > 0.01$

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบจากครูผู้ร่วมโครงการทั้ง 30 คนพบว่าครูที่สอนตรงวุฒิมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ เมื่อเมื่อทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

1.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบไคว์สแคว ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ

วุฒิการศึกษา	จำนวน		รวม	χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน			
วิทยาศาสตร์	17	1	18	0.690	0.406
เอกอื่น ๆ	12	0	12		
รวม	29	1	30		

จากตารางที่ 2 พบว่าครูที่สอนตรงวุฒิสอบไม่ผ่าน 17 คนและผ่าน 1 คน ครูที่สอนไม่ตรงวุฒิสอบ ไม่ผ่าน 12 คน จากการทดสอบไค์สแควเมื่อพิจารณาค่า Sig เท่ากับ 0.406 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.01$) สรุปได้ว่า ก่อนเข้าร่วมการอบรมสัดส่วนของครูที่สอบผ่าน (หรือไม่ผ่าน) เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิไม่แตกต่างจากครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ

2. หลังการเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่และความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

เพื่อพิจารณาว่าครูที่เข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้มีความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปหรือไม่ผลที่ได้เป็นดังนี้

2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่แตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{x}$	S.D.	t	p
แรงและการเคลื่อนที่	เอกวิทยาศาสตร์	8.50	2.38	20.98	0.34
	เอกอื่น ๆ	7.75	1.42		

จากตารางที่ 3 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระเพื่อเปรียบเทียบว่าครูมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่หลังเข้ารับการอบรมเพิ่มขึ้นหรือไม่ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา		$\bar{x}$	S.D.	t	p
แรงและการเคลื่อนที่	เอกวิทยาศาสตร์	ก่อน	5.33	2.11	4.74	0.00
		หลัง	8.50	2.38		
	เอกอื่น ๆ	ก่อน	3.42	1.50	8.99	0.00
		หลัง	7.75	1.42		

จากตารางที่ 4 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

2.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้าร่วมการอบรม ด้วยสถิติ McNemar ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5 ต้องการทดสอบว่าก่อนและหลังการจัดอบรมครูมีการเปลี่ยนแปลงความรู้หรือไม่อย่างไร

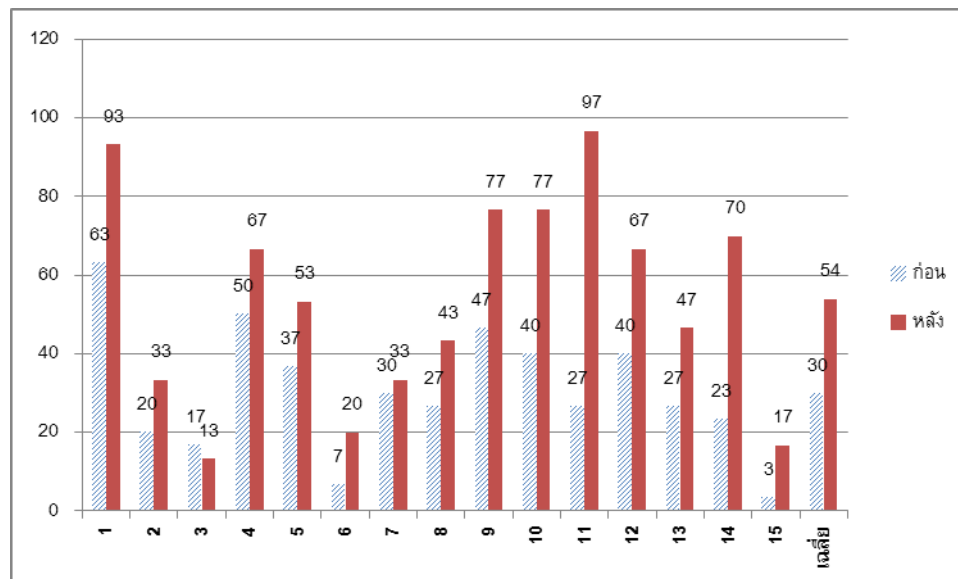
ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมการอบรม

		หลังอบรม		รวม	Sig.
		ไม่ผ่าน	ผ่าน		
ก่อน	ผ่าน	0	1	1	0.00
อบรม	ไม่ผ่าน	12	17	29	
รวม		12	18	30	

จากตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีดังนี้ มีผู้เข้ารับการอบรม 1 คนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ผ่านทั้งก่อนและหลังการอบรม มีผู้เข้ารับการอบรม 17 คนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่านก่อนการอบรมแต่หลังการอบรมผ่าน มีผู้เข้ารับการอบรม 12 คนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งก่อนและหลังการอบรม และไม่มีใคร (0 คน) ที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ก่อนอบรมแล้วหลังการอบรมไม่ผ่านเกณฑ์ จากการทดสอบ McNemar เมื่อพิจารณาค่า Sig. เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.01$) หรือสรุปได้ว่าระดับนัยสำคัญ 0.01 ครูมีความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรมมีการเปลี่ยนแปลง

3. ความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

พิจารณาความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของครูวิทยาศาสตร์จากการตอบแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อของครูโดยการนับจำนวนครูที่ตอบถูกในแต่ละข้อและนำเสนอเป็นร้อยละ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม แสดงดังรูปภาพที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของครูโดยภาพรวมเป็น ดังนี้



ภาพที่ 1 ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม

คำถามข้อ 1 เกี่ยวกับเวลาการตกของลูกบอลที่สูงจากพื้นเท่ากัน โดยที่ลูกบอลมีขนาดเท่ากันแต่น้ำหนักต่างกันโดยลูกหนึ่งมีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของอีกลูก ข้อสังเกตคือก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 โดยเฉพาะหลังการเข้าร่วมการอบรมครูตอบคำถามข้อนี้ได้สูงมาก (ร้อยละ 93) เนื่องจากมีการแสดงปรากฏการณ์การตกให้ครูเห็นอย่างชัดเจนพร้อมการอภิปรายผลที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามก่อนเข้าร่วมการอบรมครูร้อยละ 46 มีความรู้ความเข้าใจว่าลูกบอลที่เบาว่าจะตกถึงพื้นช้ากว่าลูกที่หนักกว่าซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนและสอดคล้องกับความรู้ความเข้าใจที่พบในนักเรียน นักศึกษา (Halloun & Hestenes, 1985)

คำถามข้อ 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตัน แรงกระทำที่เกิดจากการชนกันระหว่างรถ 2 คันที่มีขนาดต่างกันและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างกัน ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมครูตอบคำถามถูกต้องค่อนข้างน้อย เมื่อพิจารณาคำตอบพบว่าก่อนอบรมครูมากกว่าร้อยละ 50 เชื่อว่ารถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ด้วยขนาดที่มากกว่าแรงที่รถยนต์กระทำต่อรถบรรทุกและหลังการอบรมครูอีกจำนวนหนึ่งซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและสอดคล้องกับรายงานวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาที่พบว่าผู้เรียนเชื่อว่าวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะออกแรงกระทำมากกว่าต่อวัตถุขนาดเล็กกว่าเสมอ (Clement, 1982; Hestenes, et al., 1992) และสอดคล้องกับการศึกษาของ บราวน์ (Brown, 1989) ที่ศึกษาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันซึ่งผู้เรียนเชื่อว่าวัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่าจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ช้ากว่า ซึ่งความเข้าใจหลังการอบรมเพิ่มขึ้นไม่มากนักอาจเนื่องจากกิจกรรมที่ใช้แสดงปรากฏการณ์ข้อนี้ไม่มีเครื่องมือที่แสดงแรงกระทำเมื่อวัตถุ 2 ชิ้นชนกันแต่เน้นการอธิบายและอภิปรายปรากฏการณ์ด้วยรูปภาพ

คำถามข้อ 9 เกี่ยวกับลูกบอลเหล็กผูกติดกับเชือกและแกว่งเป็นวงกลมในแนวระนาบ ถ้าเชือกขาดทันทีที่ลูกบอลจะเคลื่อนที่อย่างไร ซึ่งข้อนี้เป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลม ก่อนเข้าร่วมการอบรมครูจำนวนหนึ่งเชื่อว่า (ร้อยละ 33) ลูกบอลจะเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งตามแนวเดิมซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Halloun & Hestenes (1985) แต่หลังการอบรมครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องได้เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 77) เนื่องจากครูได้สังเกตปรากฏการณ์โดยตรงและร่วมกันอภิปรายถึงผลที่เกิดขึ้นซึ่งนำกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และ 2 ของนิวตันมาอธิบายเนื่องจากการที่ลูกบอลเปลี่ยนทิศทางนั้นจะต้องมีแรงกระทำเสมอแต่ในกรณีนี้ไม่มีแรงกระทำในระนาบดังกล่าว

คำถามข้อ 10 12 และ 15 เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรง อัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุก่อนการเข้าร่วมกิจกรรมครูตอบคำถามเหล่านี้ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาคำตอบของครูพบว่าครูส่วนใหญ่เชื่อว่าวัตถุเคลื่อนที่ได้ต้องมีแรงกระทำเสมอ ถ้าไม่มีแรงวัตถุจะไม่เคลื่อนที่ และวัตถุจะเคลื่อนที่ในทิศที่แรงนั้นมากระทำเสมอซึ่งเป็นความเข้าใจที่

คลาดเคลื่อนสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ฮัลเลินและเฮสเทนส์ (Halloun & Hestenes, 1985) และ เฮสเทนส์กับคณะ (Hestenes, et al., 1992) ที่พบว่าผู้เรียนจะคิดว่าการเคลื่อนที่เป็นผลมาจากแรงเสมอ หลังการอบรมครูมีความรู้ความเข้าใจข้อ 10 และ 12 ถูกต้องเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากอาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมครูได้ร่วมกันวิเคราะห์เหตุการณ์ตัวอย่างที่หลากหลายเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง อัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยการขยายแนวคิดจากกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ของนิวตัน ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรง อัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการตอบคำถามในข้อ 15 พบว่าครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องค่อนข้างน้อยทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งครูส่วนใหญ่เชื่อว่าเมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุตลอดเวลาจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

คำถามข้อ 11 และ 14 เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ของลูกกระสุนที่ยิงจากหน้าผาและที่ถูกปล่อยจากจรวด ซึ่งก่อนเข้าร่วมกิจกรรมครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องประเด็นนี้ค่อนข้างน้อย (ประมาณร้อยละ 25) ความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับประเด็นนี้คือครูเชื่อว่าแรงจากปืนใหญ่ทำให้กระสุนเคลื่อนที่ตรงไปในอากาศในแนวระดับก่อนจากนั้นค่อยได้รับแรงโน้มถ่วงดึงให้วัตถุตกสู่พื้นซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ วัตต์และซิลเบิร์ตสทัจน์ (Watts & Zylbersztajn, 1981) ซึ่งนักเรียนนักศึกษาที่มีความรู้ความเข้าใจเช่นนี้ แต่เมื่อผ่านกิจกรรมการอบรมพบว่าครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องประเด็นนี้เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก (ประมาณร้อยละ 80) ส่วนคำถามข้อ 13 เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเหรียญที่ถูกโยนขึ้นในแนวดิ่งขึ้นไปในอากาศ ครูมีแนวคิดเดิมคือหลังจากเหรียญหลุดออกไปจากมือขณะที่เคลื่อนที่ขึ้นนั้นมีแรงส่งจากมือมากกว่าแรงดึงดูดสู่พื้นทำให้เหรียญเคลื่อนที่ขึ้นไปได้ระดับหนึ่งสอดคล้องกับนักเรียน นักศึกษา ที่ได้จากการวิจัยของ เคลเมนต์ (Clement, 1982) แกมเบิล (Gamble, 1989), เชลลีย์และมาร์จัน (Shelley & Marjon, 2000) หลังจากเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมครูมีความเข้าใจประเด็นนี้เพิ่มขึ้น

ซึ่งการที่ครูที่สอนตรงวุฒิหรือไม่ตรงวุฒิมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกันและมีความรู้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนโดยทั่วไปเหมือนกันนั้นอาจเนื่องมาจากครูได้รับการสอนด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหาโดยเฉพาะการท่องจำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและแก้โจทย์ปัญหาด้วยการแทนค่าตัวเลขในสมการโดยไม่ค่อยได้มีโอกาสในการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือการจัดการเรียนการสอนอาจขาดการให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในลักษณะต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดกิจกรรมตามวิธีการสอนแบบอุปนัย เป็นการนำเสนอข้อมูลผ่านขั้นตอนอุปนัยจากกรณีตัวอย่างหลาย ๆ กรณี นำไปสู่การสรุปความหมายที่เป็นกฎ หลักการหรือสูตร เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นพบกฎสำคัญหรือความจริงด้วยตนเองผ่านการสังเกตอย่างรอบคอบจากตัวอย่างที่เฉพาะเจาะจงด้วยจำนวนที่เพียงพอซึ่งจะสนับสนุนลักษณะทั่วไปทำให้ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนการคิดเชิงเหตุผลอย่างมีระบบ ได้เรียนรู้ขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวกับจิตวิทยาย่างแท้จริง (Lardizabal et al., 1970)

นอกจากนี้การที่ผู้เรียนมีโอกาสและมีส่วนร่วมในการค้นพบองค์ความรู้ด้วยกัน มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน เรียนรู้ จากกัน แลกเปลี่ยนข้อมูลความคิด และประสบการณ์แก่กันและกัน โดยอาศัยความคิดและภาษามีความสัมพันธ์กัน และขอบเขตที่เด็กสามารถทำได้ซับซ้อนขึ้นถ้าได้รับการแนะนำ จากผู้ชำนาญการ ตามแนวคิดของไวทือตสกี (Social Constructivism)

ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ของครูวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการอบรม

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมาตรวจสอบ ประมวลผลและทำการวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา สถิติไค์สแคว และสถิติ McNemar test การนำเสนอผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยกลวิธีการสอนแบบ ทำนาย – สังเกต – อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของครูวิทยาศาสตร์ที่สอนระดับประถมศึกษา ในครั้งนี้จะนำเสนอข้อมูล ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูทั้งสองกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนรวมจากการตอบคำถาม 15 ข้อของครูแต่ละคนก่อนเข้าร่วมกิจกรรม โดยมีการพิจารณาคะแนนเป็นค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบทีแบบอิสระ และการนับความถี่ของจำนวนครูที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไปแสดงว่าอยู่ในระดับผ่านและครูที่ได้คะแนนรวมต่ำกว่า 8 อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวนครูที่สอนตรงวุฒิมี 18 คนและครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ 12 คน ด้วยการทดสอบไค์สแคว ผลมีดังนี้

1.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{X}$	S.D.	t	p
วงจรไฟฟ้า	เอกวิทยาศาสตร์	4.56	1.58	1.36	0.19
อย่างง่าย	เอกอื่น ๆ	5.50	2.24		

$p > 0.01$

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบจากครูผู้ร่วมโครงการทั้ง 30 คนพบว่าครูที่สอนตรงวุฒิมียะคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ เมื่อเมื่อทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

1.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความแตกต่างกันหรือไม่ด้วยการทดสอบไคส์แควร์ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ

วุฒิการศึกษา	จำนวน		รวม	χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน			
วิทยาศาสตร์	17	1	18	0.089	0.76
เอกอื่น ๆ	11	1	12		
รวม	28	2	30		

จากตารางที่ 7 พบว่าครูที่สอนตรงวุฒิสอบไม่ผ่าน 17 คนและผ่าน 1 คน ครูที่สอนไม่ตรงวุฒิสอบ ไม่ผ่าน 12 คน จากการทดสอบไคส์แควร์เมื่อพิจารณาค่า Sig เท่ากับ 0.076 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.01$) สรุปได้ว่า ก่อนเข้าร่วมการอบรมสัดส่วนของครูที่สอบผ่าน (หรือไม่ผ่าน) เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิไม่แตกต่างจากครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ

2. หลังการเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่และความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

เพื่อพิจารณาว่าครูที่เข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้มีความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายเปลี่ยนไปหรือไม่ผลที่ได้เป็นดังนี้

2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{X}$	S.D.	t	p
วงจรไฟฟ้า	เอกวิทยาศาสตร์	7.22	1.66	0.15	0.88
อย่างง่าย	เอกอื่น ๆ	7.33	2.27		

จากตารางที่ 8 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบที่แบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบที่แบบไม่อิสระเพื่อเปรียบเทียบว่าครูมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายหลังเข้ารับการอบรมเพิ่มขึ้นหรือไม่ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา		$\bar{X}$	S.D.	t	p
วงจรไฟฟ้า	เอกวิทยาศาสตร์	ก่อน	4.56	1.58	6.47	0.00
		หลัง	7.22	1.66		
อย่างง่าย	เอกอื่น ๆ	ก่อน	5.50	2.24	2.73	0.02
		หลัง	7.33	2.27		

จากตารางที่ 9 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าครูที่สอนตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 อย่างไรก็ตามครูที่สอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมมีความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไม่แตกต่างจากก่อนเรียน

2.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้าร่วมการอบรม ด้วยสถิติ McNemar ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 10 ต้องการทดสอบว่าก่อนและหลังการจัดอบรมครูมีการเปลี่ยนแปลงความรู้หรือไม่อย่างไร

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมการอบรม

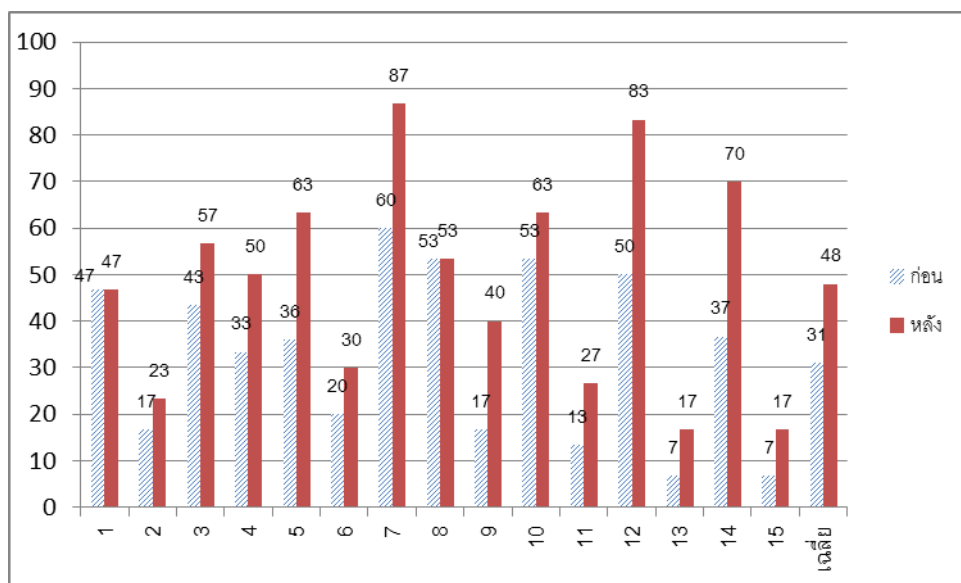
		หลังอบรม		รวม	Sig.
		ไม่ผ่าน	ผ่าน		
ก่อน อบรม	ผ่าน	10	2	12	0.00
	ไม่ผ่าน	18	0	18	
รวม		28	2	30	

จากตารางที่ 10 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีดังนี้มีผู้เข้ารับการอบรม 2 คนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ผ่านทั้งก่อนและหลังการอบรม และไม่มีใคร (0 คน) มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่านก่อนการอบรมแต่หลังการอบรมผ่าน มีผู้เข้ารับการอบรม 18 คนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งก่อนและหลังการอบรม และมีผู้เข้ารับการอบรม 10 คนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ก่อนอบรมแล้วหลังการอบรมไม่ผ่านเกณฑ์ จากการทดสอบ McNemar เมื่อพิจารณาค่า Sig. เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.01$) หรือสรุปได้ว่าระดับนัยสำคัญ 0.01 ครูมีความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรมมีการเปลี่ยนแปลง

3. ความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อของครูโดยการนับจำนวนครูที่ตอบถูกในแต่ละข้อและนำเสนอเป็นร้อยละ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังการเข้าร่วม

กิจกรรม แสดงดังรูปภาพที่ 2 ความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของครูโดยภาพรวมเป็นดังนี้



ภาพที่ 2 ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ต้องเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม

คำถามข้อ 2, 7, 11 เกี่ยวกับการแปลความหมายจากแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ขนาน ผสมผสาน ข้อสังเกตคือก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 แต่ครูตอบคำถามข้อ 2 และข้อ 11 ถูกต้องค่อนข้างน้อย เมื่อพิจารณาพบว่าจำนวนหลอดไฟในวงจรแตกต่างกัน กล่าวคือจำนวนหลอดไฟข้อ 7 มี 2 หลอดและเป็นการต่อแบบอนุกรมและขนานที่พบบ่อยในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ แต่จำนวนหลอดไฟในข้อ 2 และข้อ 11 นั้นมีจำนวนมากกว่า 2 หลอดอาจทำให้ครูเหล่านั้นแปลความหมายแผนภาพวงจรไม่ถูกต้องและแผนภาพเหล่านี้ไม่พบบ่อยในหนังสือเรียน

คำถามข้อ 1, 6, 8, 10, 12, 13 เกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ 2 หลอดต่อในวงจรอนุกรมและวงจรขนานและต่อกับแบตเตอรี่ 1 และ 2 ตัว ครูตอบคำถามข้อ 8 และ 10 ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 ทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม เมื่อพิจารณาตัวเลือกที่ครูนิยมซึ่งมีครูจำนวนหนึ่งเข้าใจว่าจำนวนแบตเตอรี่ที่มากกว่าทำให้หลอดไฟสว่างกว่าโดยไม่คำนึงถึงลักษณะการต่อกันของแบตเตอรี่ซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมครูยังมีความรู้

ความเข้าใจที่ถูกต้องประเด็นนี้เพิ่มขึ้นไม่มากนักแม้จะได้สังเกตความสว่างของหลอดไฟจากกิจกรรมซึ่งผลสอดคล้องกับการตอบคำถามข้อ 1, 6, 12 และ 13 นอกจากนี้ครูจำนวนมากยังมีความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าความสว่างของหลอดไฟขึ้นกับลำดับของหลอดไฟในวงจรโดยครูเข้าใจว่าหลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งจะได้รับพลังงานก่อนและพลังงานที่เหลือไปยังอีกหลอดจะลดลงเพราะหลอดแรกจะใช้พลังงานไปหมดก่อน (use up) แต่หลังการร่วมกิจกรรมความรู้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเหล่านี้ลดลง

คำถามข้อ 3, 4, 5, 9 เกี่ยวกับสมบัติของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (แบตเตอรี่) ซึ่งก่อนเข้ารับการอบรมครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องค่อนข้างน้อยโดยครูมีความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าแบตเตอรี่เป็นแหล่งที่จ่ายกระแสไฟที่คงแต่ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่เปลี่ยนไปตามลักษณะการต่อ หลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นเนื่องจากในกิจกรรมครูได้วัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ หลอดไฟที่ต่อในลักษณะต่างกันแล้วพบว่ากระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่เปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนรูปแบบการต่อของหลอดไฟแต่ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่คงที่เสมอไม่ขึ้นกับการต่อของหลอดไฟ

คำถามข้อ 14, 15 เกี่ยวกับความสว่างของหลอดไฟเมื่อมีการถอดหรือเพิ่มหลอดไฟในวงจร ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้า ครูตอบคำถามข้อ 14 ถูกต้องมากกว่าข้อ 15 ทั้งก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม เนื่องจากข้อ 14 มีหลอดไฟ 2 หลอดต่ออนุกรมกันเมื่อเพิ่มหลอดไฟอีกหนึ่งความสว่างของ 3 หลอดเท่ากันแต่สว่างลดลงกว่าเดิม แต่ครูจำนวนหนึ่งยังคงคิดว่าความสว่างของ 3 หลอดไม่เท่ากันขึ้นกับลำดับของหลอดไฟในวงจรซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนคือหลอดหนึ่งจะใช้พลังงานไปก่อนหลอดส่วนที่เหลือจะได้รับพลังงานลดลง แต่หลังจากเข้าร่วมกิจกรรมครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาการตอบคำถามข้อ 15 นั้นกลับพบว่าครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องค่อนข้างน้อยทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมซึ่งเป็นการเพิ่มหลอดไฟอีกหนึ่งหลอดเข้าไปในวงจรโดยการต่อคร่อมกับหลอดไฟหลอดหนึ่งที่ต่ออนุกรมกับหลอดไฟอีกหนึ่งหลอดหนึ่ง แล้วให้เปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ 2 หลอดเปรียบเทียบก่อนและหลังจากเพิ่มหลอดไฟอีกหนึ่งหลอดเข้าไป ครูมีความรู้ความเข้าใจว่าการเพิ่มหลอดไฟเข้าไปจะไม่มีผลต่อหลอดไฟที่มันไปเชื่อมต่อทางเดียวแต่จะมีผลต่อหลอดที่มันไปเชื่อมต่อทั้งสองทาง (คร่อม) ซึ่งครูพิจารณาที่จุดเชื่อมต่อเท่านั้นแต่ไม่ได้พิจารณาภาพรวมทั้งวงจร

ครูที่สอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาไม่ว่าจะสอนตรงวุฒิหรือไม่ตรงวุฒิมีความรู้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายโดยทั่วไปคือหลอดไฟที่ต่อเรียงกันในวงจร หลอดใดหลอดหนึ่งจะได้รับและใช้กระแสไฟไปหมดก่อน (use up) หลอดไฟนั้นจึงสว่างกว่าหลอดไฟที่เหลือที่ได้รับในปริมาณที่เหลือนจากหลอดแรก ทำให้มีความสว่างน้อยลง; แบตเตอรี่เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าคงที่ แต่ให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ไม่คงที่; การนำอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งเข้าหรือออกไปจากวงจรจะไม่มีผลกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรทั้งหมดจะมีผลเฉพาะต่อตัวใดตัวหนึ่ง

เท่านั้น ซึ่งผลการศึกษาทั้งสองสอดคล้องกับผลการศึกษาความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้าของนักศึกษาวิทยาศาสตร์ของ แชฟเฟอร์ และ แมคเดอมอทท์ (Shaffer & McDermott 1992) และผลการศึกษาความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้าของครูวิทยาศาสตร์ ของ ชิปสโตน (Shipstone, 1988)

ซึ่งการที่ครูที่สอนตรงวุฒิหรือไม่ตรงวุฒิมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายไม่แตกต่างกันและมีความรู้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนโดยทั่วไปเหมือนกันนั้นอาจเนื่องมาจากครูได้รับการสอนด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหาโดยเฉพาะการท่องจำหลักการการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ขนาน ท่อจังก์ชันของโอห์มและนำไปแก้โจทย์ ซึ่งการบอกไม่ใช้การสอนและการฟัง อย่างเดียวนั้นไม่ใช้การเรียนรู้ (Loughran, Berry & Mulhall, 2006) เมื่อครูได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยกลวิธีการสอนแบบ ทำนาย – สังเกต – อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย เรื่องวงจรกระแสไฟฟ้าแล้วพบว่าครูมีความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญอาจเนื่องมาจากครูได้สร้างองค์ความรู้ ด้วยตนเองจากการรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้ อีกทั้งครูยังได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่การทำนายที่สะท้อนความรู้เดิมของตนเอง แล้วพิสูจน์ด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งผลที่ออกมาต่างหรือเหมือนกับที่คาดการณ์ไว้นั้นจะต้องอธิบายอย่างสมเหตุสมผลและอยู่บนข้อมูลที่รวบรวมไว้ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2553) และหลังจากที่ผู้เรียนค้นพบหลักการทั่วไปแล้ว การนำการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยมาเสริมมีความสำคัญต่อการชี้แนะและช่วยผู้เรียนทำความเข้าใจความรู้ความเข้าใจที่ซับซ้อน เข้าใจยาก ไม่คุ้นเคยให้เป็นรูปธรรม เข้าใจง่ายขึ้น (Duit, 1991) ซึ่งเป็นแนวทางที่ดีให้เกิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Aubusson & Fogwill, 2006)

ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า ของครูวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการอบรม

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมาตรวจสอบ ประมวลผลและทำการวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา สถิติไคร์สแคว และสถิติ McNemar test การนำเสนอผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เสริมด้วยการเรียนรู้ร่วมมือแบบร่วมกันคิด ในครั้งนี้จะนำเสนอข้อมูล ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ ก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูทั้งสองกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างกันหรือไม่ โดยการนำคะแนนรวมจากการตอบคำถาม 15 ข้อของครูแต่ละคนก่อนเข้าร่วมกิจกรรม โดยมีการพิจารณาคะแนนเป็นค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบทีแบบอิสระ และการนับความถี่ของจำนวนครูที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไปแสดงว่าอยู่ในระดับผ่าน และครูที่ได้คะแนนรวมต่ำกว่า 8 อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวนครูที่สอนตรงวุฒิมี 18 คนและครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ 12 คน ด้วยการทดสอบไคว์สแคว ผลมีดังนี้

1.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{x}$	S.D.	t	p
แม่เหล็กไฟฟ้า	เอกวิทยาศาสตร์	2.83	1.38	0.88	0.39
	เอกอื่น ๆ	2.48	1.08		

$p > 0.01$

จากตารางที่ 11 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบจากครูผู้ร่วมโครงการทั้ง 30 คนพบว่าครูที่สอนไม่ตรงวุฒิมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าครูที่สอนตรงวุฒิ เมื่อเมื่อทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

1.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบไคว์สแคว์ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ

วุฒิการศึกษา	จำนวน		รวม	χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน			
วิทยาศาสตร์	18	0	18		
เอกอื่น ๆ	12	0	12		
รวม	30	0	30		

จากตารางที่ 12 พบว่าทั้งครูที่สอนตรงวุฒิสอบและไม่ตรงวุฒิมียะคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์

2. หลังการเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่และความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

เพื่อพิจารณาว่าครูที่เข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้มีความรู้ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายเปลี่ยนไปหรือไม่ผลที่ได้เป็นดังนี้

2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิกศศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างกันหรือไม่ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{X}$	S.D.	t	p
แม่เหล็กไฟฟ้า	เอกวิทยาศาสตร์	5.22	2.79	0.03	0.98
	เอกอื่น ๆ	5.25	1.81		

จากตารางที่ 13 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระเพื่อเปรียบเทียบว่าครูมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าหลังเข้ารับการอบรมเพิ่มขึ้นหรือไม่ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนและหลังเข้ารับการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา		$\bar{x}$	S.D.	t	p
แม่เหล็กไฟฟ้า	เอก	ก่อน	2.83	1.38	4.5	0.00
	วิทยาศาสตร์	หลัง	5.22	2.79		
	เอกอื่น ๆ	ก่อน	2.42	1.08	4.02	0.00
		หลัง	5.25	1.81		

จากตารางที่ 14 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าทั้งครูที่สอนตรงวุฒิและไม่ตรงวุฒิหลังเข้ารับการอบรมมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

2.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้ารับการอบรม ด้วยสถิติ McNemar ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 15 ต้องการทดสอบว่าก่อนและหลังการจัดอบรมครูมีการเปลี่ยนแปลงความรู้หรือไม่อย่างไร

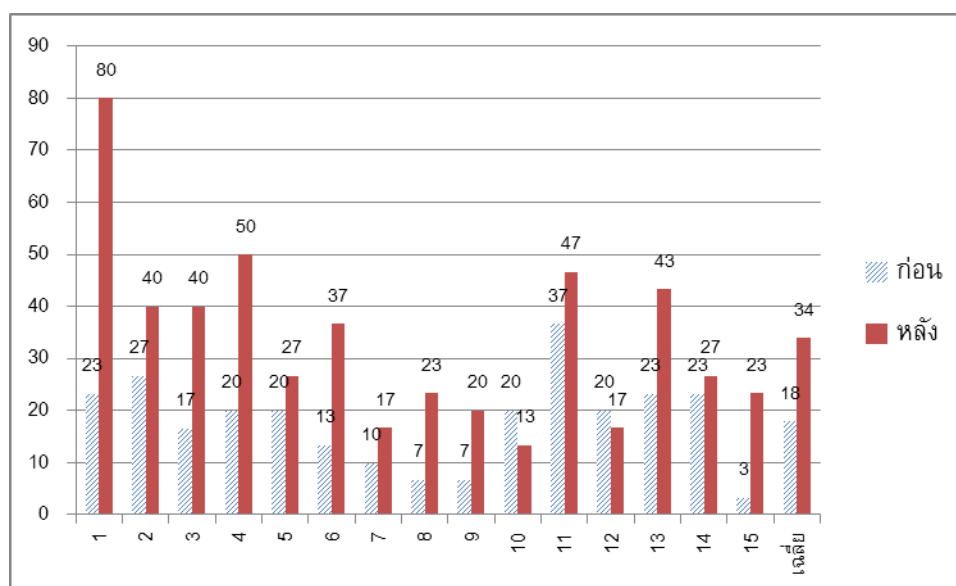
ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้ารับการอบรม

		ก่อนอบรม		รวม	Sig.
		ไม่ผ่าน	ผ่าน		
หลัง อบรม	ผ่าน	2	0	2	>1
	ไม่ผ่าน	28	0	28	
รวม		30	0	30	

จากตารางที่ 15 แสดงว่าไม่มีผู้เข้ารับการอบรม (0คน) ที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ผ่านทั้งก่อนและหลังการอบรม และไม่มีใคร (0 คน) มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่านก่อนการอบรมแต่หลังการอบรมผ่าน มีผู้เข้ารับการอบรม 28 คนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งก่อนและหลังการอบรม และมีผู้เข้ารับการอบรม 2 คนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ก่อนอบรมแล้วหลังการอบรมไม่ผ่านเกณฑ์ จากการทดสอบ McNemar เมื่อพิจารณาค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.01$) หรือสรุปได้ว่าครูมีความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. ความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อของครูโดยการนับจำนวนครูที่ตอบถูกในแต่ละข้อและนำเสนอเป็นร้อยละ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม แสดงดังรูปภาพที่ 3 ความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของครูโดยภาพรวมเป็น ดังนี้



ภาพที่ 3 ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม

จากรูปภาพที่ 5.3 ที่แสดงความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมในครั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่าก่อนเข้าร่วมการ

อบรมครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าค่อนข้างน้อย (โดยเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 20 และพิจารณารายข้อไม่ถึงร้อยละ 30) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

คำถามข้อ 1 เกี่ยวกับการทำงานของเข็มทิศซึ่งก่อนเข้ารับการอบรมครูทั้งหมดรู้ว่าเข็มทิศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้บอกทิศได้แต่ไม่รู้หลักการทำงานของเข็มทิศในสนามแม่เหล็กโลก และทำอันตรกิริยากับเฉพาะสนามแม่เหล็กโลกเท่านั้น เมื่อผ่านกิจกรรมการอบรมครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเข็มทิศเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (ร้อยละ 80) เนื่องจากครูได้ทำกิจกรรมที่ใช้เข็มทิศในการระบุทิศทางสนามแม่เหล็กโลกและสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก และมีการอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำเข็มทิศ และเชื่อมโยงสู่ความรู้เรื่องแรงกระทำระหว่างแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนและขั้วต่างกันในหลักสูตรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คำถามข้อ 2 3 และ 9 เกี่ยวกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไหลในตัวนำรูปร่างต่าง ๆ ซึ่งครูร้อยละ 50 เลือกตัวเลือกที่แสดงทิศสนามแม่เหล็กตามทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (เส้นลวดตัวนำ) หลังการเข้าร่วมการอบรมครูสามารถระบุทิศทางของสนามแม่เหล็กจากกระแสไหลผ่านลวดตัวนำรูปร่างต่าง ๆ ได้ร้อยละ 40 ยังมีครูประมาณร้อยละ 15 ที่ยังคิดว่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไหลผ่านลวดตัวนำมีทิศทางเดียวกับทิศการไหลของกระแส ซึ่งจากกิจกรรมการอบรมครูได้สังเกตรูปร่างสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำจากลักษณะการเรียงตัวของผงเหล็กและสังเกตทิศทางของสนามแม่เหล็กบริเวณต่าง ๆ จากการเบนของเข็มทิศ จากนั้นวิทยากรและผู้เข้าอบรมได้ร่วมกันอภิปรายทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสด้วยกฎมือขวา

คำถามข้อ 4, 5, 7, 8 และ 10 เกี่ยวกับแรงสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าที่วางในสนามแม่เหล็ก ก่อนเข้ารับการอบรมคำตอบของครูทั้ง 4 ข้อนี้กระจายทั้ง 5 ตัวเลือก ซึ่งเป็นประเด็นที่ไม่น่าแปลกใจเนื่องจากครูอาจเชื่อมโยงความรู้เรื่องแรงไฟฟ้ามาสู่เรื่องแรงแม่เหล็ก ซึ่งครูมีความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงจากสนามแม่เหล็กกระทำต่อประจุเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ มาโลนนี่และคณะ (Maloney et al., 2000) ที่พบว่านักศึกษาควรมีแรงสนามแม่เหล็กกระทำต่อประจุไฟฟ้าตลอดเวลา ซึ่งในกิจกรรมการอบรมครูได้สังเกตวิดีโอการทดลองเกี่ยวกับแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลำอิเล็กตรอนที่เบนเปลี่ยนทิศทางไปเมื่อทำการเปลี่ยนทิศสนามแม่เหล็ก จากนั้นวิทยากรได้ร่วมอภิปรายถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงแม่เหล็กกับประจุไฟฟ้า และอธิบายความหมายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วนำเสนอความสัมพันธ์ที่แทนด้วยสมการ $F = qv \times B$ และ $F = qv \times I$ โดยอธิบายองค์ประกอบต่าง ๆ จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่เท่านั้น ถ้าประจุหยุดนิ่ง (ความเร็วเป็นศูนย์) จะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำต่อประจุ และการหาทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุด้วยกฎมือขวา การตอบคำถามทั้ง 4 ข้อของครูหลังได้รับการอบรมเพิ่มขึ้นในข้อ 4 5 7 และ 8 แต่ครูตอบ

ถูกลดลงในข้อ 10 ซึ่งประจวบเหมาะหนึ่งในสนามแม่เหล็กจะไม่มีแรงกระทำต่อประจุ แต่ครุมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องข้อนี้ร้อยละ 13 เท่านั้น

คำถามข้อ 6 และ 11 เกี่ยวกับหลักการซ้อนทับของสนามแม่เหล็กจากแหล่งต่าง ๆ เมื่อพิจารณาคำตอบของครูก่อนเข้าร่วมการอบรมนั้นกระจายทุกตัวเลือก เมื่อผ่านการอบรมจำนวนครุที่สามารถระบุทิศทางสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งใด ๆ ที่เกิดจากการซ้อนทับกันของสนามแม่เหล็กมากกว่า 1 แหล่ง เพิ่มขึ้นแต่ไม่ถึงร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตอบเกี่ยวกับประเด็นการหาสนามแม่เหล็กจากตัวนำแหล่งเดียว (ข้อ 2 3 และ 9) กล่าวคือครุไม่สามารถระบุทิศทางของสนามแม่เหล็กจากตัวนำตัวเดียวที่มีกระแสไหลได้ดังนั้นเมื่อให้ระบุสนามแม่เหล็กจากแหล่งกำเนิดมากกว่า 1 แหล่งซึ่งมีความซับซ้อนกว่า

คำถามข้อ 12 13 และ 15 เกี่ยวกับกฎของฟาราเดย์ที่เป็นปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าหรือการทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำที่มีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำนั้น ก่อนเข้าร่วมการอบรมคำตอบของครุกระจายทั้ง 5 ตัวเลือกในการจัดกิจกรรมการอบรมนั้นวิทยากรได้เชื่อมโยงประเด็นไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและต่อไปจะเป็นการพิจารณาว่าแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำได้หรือไม่อย่างไร และเชื่อมโยงสู่การค้นพบปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์ และแสดงวิดีโอการสาธิตการเกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงผ่านขดลวดตัวนำ ซึ่งหลังการอบรมครุสามารถระบุเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นเฉพาะข้อ 13 และ 15 แต่จำนวนครุที่ตอบถูกในข้อ 12 ลดลง เมื่อพิจารณาพบว่าครุเลือกเหตุการณ์ที่มีการเคลื่อนที่เข้าออกระหว่างขดลวดกับแม่เหล็กเท่านั้นซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและสอดคล้องกับการศึกษาของ มาโลนีและคณะ (Maloney et al., 2000) แต่ไม่คำนึงถึงกรณีที่ขดลวดยุบตัวหรือกรณีขดลวดบิดทำมุมใด ๆ กับสนามแม่เหล็ก นั้นแสดงให้เห็นว่าครุไม่เข้าใจปรากฏการณ์เหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ยึดเฉพาะกรณีที่มีการเคลื่อนที่เข้าออกเท่านั้น

ข้อ 14 เกี่ยวกับการหาทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดจากปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์ซึ่งตั้งเป็นกฎของเลนส์ที่กล่าวว่า กระแสเหนี่ยวนำที่ไหลในวงลวดจะไหลในทิศที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กต่อต้านกับสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลง การตอบคำถามข้อนี้ของครูก่อนข้างกระจายทั้งก่อนและหลังการเข้าร่วมการอบรม ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและคำอธิบายจากกฎของเลนส์นั้นอาจยากต่อการเข้าใจ ซึ่งในกิจกรรมการอบรมวิทยากรได้นำเสนอกรณีตัวอย่างของปรากฏการณ์เหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมอธิบายขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กผ่านขดลวดโดยพิจารณาว่ากำลังเพิ่มขึ้นหรือลดลง จากนั้นค่อยอธิบายว่าสนามแม่เหล็กที่ต่อต้านไม่ให้สนามแม่เหล็กในขดลวดเพิ่มหรือลดต้องเป็นอย่างไร แล้วใช้กฎมือขวาหาทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำ ซึ่งจากการสังเกตการตอบคำถามตามขั้นตอนการอธิบายประกอบภาพนั้นครุสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง

เมื่อพิจารณาความรู้ความเข้าใจเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าของครูวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมพบว่าครูยังมีความรู้ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องจำนวนมาก เริ่มตั้งแต่ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าคือการเกิดสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำ การระบุทิศของสนามแม่เหล็ก การหาขนาดแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุหรือกระแสไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและการหาทิศของกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำจากปรากฏการณ์เหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งครูได้สะท้อนว่าเนื้อหาเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้สอนในระดับประถมศึกษาไม่นับถึงการหาทิศสนามแม่เหล็กจากกระแสไหลผ่านลวดตัวนำ และจากกิจกรรมการอบรมควรเพิ่มเวลาสำหรับการอบรมเนื้อหานี้ให้มากกว่า 3 ชั่วโมงเนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ยากและไม่ค่อยได้ใช้ในระดับประถมศึกษา

ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ของครูวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการอบรม

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมาตรวจสอบ ประมวลผลและทำการวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา สถิติไค์สแคว และสถิติ McNemar test การนำเสนอผลการใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับกลวิธี KWL ในครั้งนี้จะนำเสนอข้อมูล ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูทั้งสองกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนรวมจากการตอบคำถาม 15 ข้อของครูแต่ละคนก่อนเข้าร่วมกิจกรรม โดยมีการพิจารณาคะแนนเป็นค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบทีแบบอิสระ และการนับความถี่ของจำนวนครูที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไปแสดงว่าอยู่ในระดับผ่านและครูที่ได้คะแนนรวมต่ำกว่า 8 อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวนครูที่สอนตรงวุฒิมี 18 คนและครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ 12 คน ด้วยการทดสอบไค์สแคว ผลมีดังนี้

1.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิ และสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{X}$	S.D.	t	p
วงจรไฟฟ้า	เอกวิทยาศาสตร์	5.50	1.98	0.69	0.49
อย่างง่าย	เอกอื่น ๆ	5.00	1.91		

$p > 0.01$

จากตารางที่ 16 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบจากครูผู้ร่วมโครงการทั้ง 30 คนพบว่าครูที่สอนตรงวุฒิมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ เมื่อเมื่อทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

1.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความแตกต่างกันหรือไม่ด้วยการทดสอบไคส์แควร์ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ

วุฒิการ ศึกษา	จำนวน		รวม	χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน			
ตรงวุฒิ	17	1	18	0.988	0.320
ไม่ตรงวุฒิ	10	2	12		
รวม	27	3	30		

จากตารางที่ 17 พบว่าครูที่สอนตรงวุฒิสอบไม่ผ่าน 17 คนและผ่าน 1 คน ครูที่สอนไม่ตรงวุฒิสอบผ่าน 2 คน ไม่ผ่าน 10 คน จากการทดสอบไคส์แควร์เมื่อพิจารณาค่า Sig เท่ากับ 0.320 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.01$) สรุปได้ว่า ก่อนเข้าร่วมการอบรมสัดส่วนของครูที่สอบผ่าน (หรือไม่ผ่าน) เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิไม่แตกต่างจากครูที่สอนไม่ตรงวุฒิ

2. หลังการเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่และความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

เพื่อพิจารณาว่าครูที่เข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้มีความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์เปลี่ยนไปหรือไม่ผลที่ได้เป็นดังนี้

2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างครูที่มีวุฒิการศึกษาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้าร่วมอบรมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์	เอกวิทยาศาสตร์	8.50	2.26	1.39	0.17
	เอกอื่น ๆ	7.50	1.24		

จากตารางที่ 18 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบทีแบบอิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมไม่แตกต่างกัน

และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระเพื่อเปรียบเทียบว่าครูมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์หลังเข้ารับการอบรมเพิ่มขึ้นหรือไม่ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม

เนื้อหา	วุฒิการศึกษา		$\bar{X}$	S.D.	t	p
ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์	เอกวิทยาศาสตร์	ก่อน	5.50	1.98	4.23	0.00
		หลัง	8.50	2.26		
	เอกอื่น ๆ	ก่อน	5.00	1.91	4.28	0.00
		หลัง	7.50	1.24		

จากตารางที่ 19 เมื่อนำคะแนนค่าเฉลี่ยมาทำการทดสอบด้วยการทดสอบที่แบบไม่อิสระที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าทั้งครูที่สอนตรงวุฒิและไม่ตรงวุฒิหลังเข้าร่วมการอบรมมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

2.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนครูที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์ของครูที่มีวุฒิการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์และวิชาเอกอื่นหลังเข้าร่วมการอบรม ด้วยสถิติ McNemar ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 20 ต้องการทดสอบว่าก่อนและหลังการจัดอบรมครูมีการเปลี่ยนแปลงความรู้หรือไม่อย่างไร

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมการอบรม

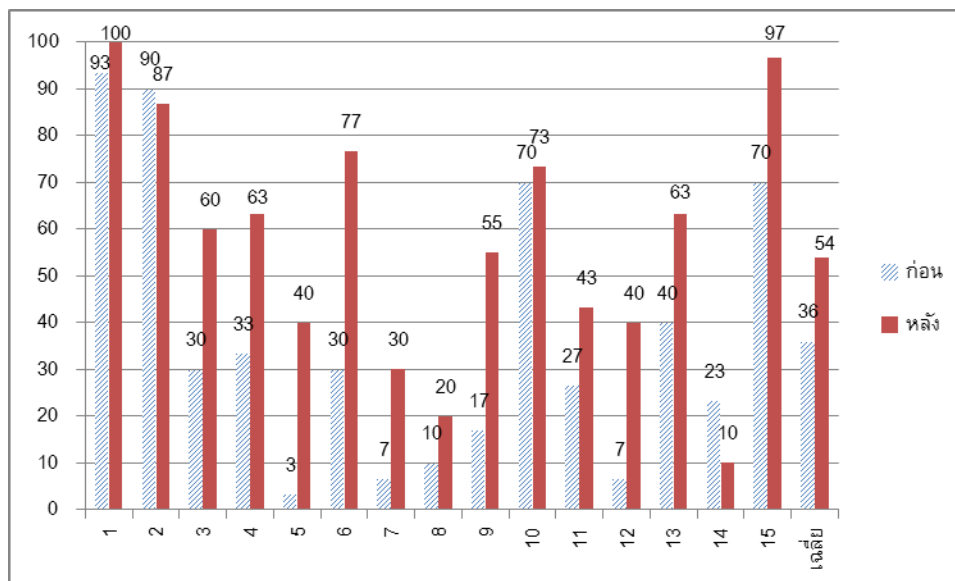
		ก่อนอบรม		รวม	Sig.
		ไม่ผ่าน	ผ่าน		
หลัง อบรม	ผ่าน	17	2	19	0.00
	ไม่ผ่าน	10	1	11	
รวม		27	3	30	

จากตารางที่ 20 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีดังนี้ผู้เข้ารับการอบรม 2 คนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ผ่านทั้งก่อนและหลังการอบรม และมีผู้เข้าอบรม 1 คน มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่านก่อนการอบรมแต่หลังการอบรมผ่าน มีผู้เข้ารับการอบรม 10 คนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งก่อนและหลังการอบรม และมีผู้เข้ารับการอบรม 17 คนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ก่อนอบรมแล้วหลังการอบรมไม่ผ่านเกณฑ์ จากการทดสอบ McNemar เมื่อพิจารณาค่า Sig. เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = 0.01$) หรือสรุปได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ครูมีความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรมมีการเปลี่ยนแปลง

3. ความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อของครูโดยการนับจำนวนครูที่ตอบถูกในแต่ละข้อและนำเสนอเป็นร้อยละ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังการเข้าร่วม

กิจกรรม แสดงดังรูปภาพที่ 4 ความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของครูโดยภาพรวมเป็น ดังนี้



ภาพที่ 4 ร้อยละของครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม

คำถามข้อ 1, 2 และ 3 เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากโลกหมุนรอบตัวเอง ครูตอบคำถาม 2 ข้อแรกได้สูงทั้งก่อนและหลังการอบรม (มากกว่าร้อยละ 80) เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์กลางวันกลางคืนซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน แต่ข้อ 3 ซึ่งเกี่ยวกับการเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก ก่อนเข้าร่วมการอบรมคำตอบของครูค่อนข้างกระจายและหลังได้รับการอบรมครูตอบถูกเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก (ร้อยละ 60) เนื่องจากครูได้สร้างโมเดลทิศการหมุนรอบตัวเองของโลกเพื่ออธิบายการหารปรากฏของดวงอาทิตย์ผ่านขอบฟ้าทางทิศตะวันออกและตกกลับขอบฟ้าทางทิศตะวันตก

คำถามข้อ 4 และ 5 เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ เมื่อพิจารณาจากคำตอบของครูพบว่าก่อนเข้ารับการอบรมครูจำนวนหนึ่ง (ร้อยละ 43) เข้าใจว่าแกนหมุนของโลกทำมุม 66.5 องศากับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์นั้นไม่ถูกต้อง (ซึ่งเป็นเรื่องจริง) อาจเนื่องมาจากครูคุ้นเคยกับตัวเลข 23.5 องศาที่เป็นมุมระหว่างแกนหมุนของโลกกับแกนตั้งฉากกับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ แต่ครูเหล่านี้อาจไม่เข้าใจว่าตัวเลขนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ในลักษณะใด อย่างไรก็ตามหลังการเข้าร่วมอบรมครูมีตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 63) และครูยังมีความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ

ปรากฏการณ์ที่เกิดบนโลกกับดวงจันทร์ (ข้อ 5) โดยครุร้อยละ 73 เข้าใจว่าถ้ายืนอยู่บนดวงจันทร์จะมองเห็นโลกหันเข้าหาดวงจันทร์เพียงด้านเดียว และมีกลางวันกลางคืนสั้นกว่าโลก อย่างไรก็ตามอย่างไรก็ตามหลังเข้าร่วมอบรมครุมีตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องเพิ่มขึ้น

ถามข้อ 6, 7, 8 และ 11 เกี่ยวกับฤดูกาล ก่อนเข้ารับการอบรมครุตอบคำถามแต่ละข้อเกี่ยวกับฤดูกาลกระจายทุกตัวเลือก เป็นที่น่าสังเกตว่าครุมีความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับฤดูกาล เช่น จากการตอบคำถามข้อ 6 พบว่าครุประมาณร้อยละ 30 มีความรู้ความเข้าใจว่าฤดูกาลบนโลกเกิดจากการที่โลกมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงไม่เท่ากันและครุอีกร้อยละ 23 มีความรู้ความเข้าใจว่าฤดูร้อนคือช่วงเวลาที่โลกเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ ฤดูหนาวคือช่วงเวลาที่โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ที่สุด หลังการเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมที่เน้นการแสดงแบบจำลองเพื่ออธิบายการเกิดฤดูกาลในช่วงที่โลกเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ในตำแหน่งต่าง ๆ และแกนโลกที่เอียงทำมุมกับวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้แสงตกกระทบบนพื้นที่ต่าง ๆ แตกต่างกันทำให้เกิดฤดูกาล ครุตอบคำถามเกี่ยวกับการเกิดฤดูกาลถูกต้องเพิ่มขึ้น

คำถามข้อ 9 10 12 และ 13 เกี่ยวกับข้างขึ้น-ข้างแรม ซึ่งจากการพิจารณาคำตอบขอครุ ก่อนเข้าร่วมอบรมพบว่าครุมีความรู้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ข้างขึ้น ข้างแรมได้แก่ข้างขึ้นข้างแรมเกิดจากดวงจันทร์ถูกเงาโลกหรือดวงอาทิตย์บัง ก่อนและหลังการอบรมครุมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นนี้ค่อนข้างดี (มากกว่าร้อยละ 50) อย่างไรก็ตามครุยังมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเวลาการขึ้นตกหรือปรากฏของดวงจันทร์ในวันข้างขึ้นข้างแรมต่ำ (ข้อ 9)

คำถามข้อ 14 และ 15 เกี่ยวกับปรากฏการณ์จันทรุปราคาและสุริยุปราคา ซึ่งทั้งก่อนและหลังการเข้าร่วมอบรมครุมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องค่อนข้างมากอาจเนื่องมาจากเป็นเนื้อหาที่มีแบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์ชัดเจนทั้งในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์และแหล่งข้อมูลอื่นๆ อีกทั้งในกิจกรรมการอบรมครุยังได้ร่วมกันสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการเกิดปรากฏการณ์เหล่านี้ได้

ความรู้ความเข้าใจเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของครุวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการหมุนรอบตัวเองของโลก การที่แกนหมุนของโลกเอียงและโคจรรอบดวงอาทิตย์และการที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีอยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาที่ครุต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนซึ่งครุมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้นหลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมในครั้งนี้

ผลการศึกษาความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนของครุวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนของครุวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยในประเด็นครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาหลังเข้าร่วมการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อาจารย์วิทยาศาสตร์มีความรู้ศาสตร์การสอนเนื้อหา

วิทยาศาสตร์ อย่างไร โดยการพรรณนาข้อมูลรายกรณี จากแบบวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ของครูวิทยาศาสตร์ 3 คน ประกอบด้วย ครูแพง ครูเฟื่อน ครูพิม ซึ่งเป็นชื่อสมมุติ จากนั้นจะนำเสนอ การสรุป จัดทำในลักษณะของการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิเคราะห์แผนการสอน การสังเกตการสอน และการสัมภาษณ์เพื่อช่วยให้ข้อค้นพบจากกรณี สามารถนำไปสู่ความเป็นทั่วไป

กรณีศึกษา: ครูแพง

1. ข้อมูลเบื้องต้น

คุณครูแพง (นามสมมุติ) อายุ 37 ปี เป็นครูและสอนวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้วเป็นเวลา 14 ปี (ปัจจุบัน พ.ศ. 2558) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) ภาระงานสอนเป็นเวลา 18 ชั่วโมง/สัปดาห์ รับผิดชอบสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ป.4 - ม.3 สอนในระดับชั้นมัธยมมาเป็นเวลา 8 ปี เป็นโรงเรียนขยายโอกาส ขนาดกลาง มีจำนวนนักเรียนในปี 2558 จำนวน 248 คน ที่รับผิดชอบสอน ป.4 จำนวน 20 คน ป.5 จำนวน 25 คน ป.6 จำนวน 30 คน ม.1 จำนวน 16 คน ม.2 จำนวน 18 คน ม. 3 จำนวน 18 คน (สัมภาษณ์)

2. ข้อมูลการสอนเนื้อหาด้านดาราศาสตร์

ครูแพงยินดีให้ผู้วิจัยศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาดาราศาสตร์ ซึ่งสอนดาราศาสตร์ มาแล้วเป็นเวลา 6 ปี โดยครูแพงกล่าวว่าก่อนหน้านี้ ใช้สื่อจาก ยูทูบ (You tube) และเน้นการอธิบายตามตำรา หลังจากอบรมแล้ว ใช้วิธีให้นักเรียนทดลองการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น ข้างขึ้น ข้างแรม ตามแบบที่ได้อบรมมา (สัมภาษณ์)

3. การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (ดาราศาสตร์)

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ การวิเคราะห์เนื้อหาจาก CoRE ของครูร่วมกับการวิเคราะห์ ตัวชี้วัดในเนื้อหาที่ครูจะดำเนินการจัดการเรียนการสอนจากตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และแผนการจัดการเรียนรู้

ครูแพง ได้วิเคราะห์เนื้อหาตามกรอบเครื่องมือ CoRE ที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้สำหรับวิเคราะห์ เนื้อหาหน่วยดาราศาสตร์ที่ครูแพงได้นำมาวิเคราะห์ก่อนที่จะวางแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ใน เนื้อหานี้ ซึ่งครูแพงได้นำเสนอผลการวิเคราะห์เนื้อหา ในหน่วยดาราศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 21

4. ความยาก/ ข้อจำกัด ที่จะ เชื่อมโยง แนวคิดนี้สู่การ สอน	เป็นเรื่อง ไกลตัว นักเรียน อาจ จินตนา การไม่ถึง มองภาพ เพียงมิติ เดียว	เป็นเรื่องไกล ตัว นักเรียน อาจ จินตนาการ ไม่ถึง มอง ภาพเพียงมิติ เดียว	เป็นเรื่องไกล ตัว นักเรียน อาจ จินตนาการ ไม่ถึง มอง ภาพเพียงมิติ เดียว	เป็นเรื่องไกล ตัว นักเรียน อาจ จินตนาการ ไม่ถึง มอง ภาพเพียงมิติ เดียว	การทดลอง อาจทำให้ นักเรียน สับสน ระหว่าง ระยะทางจริง ระหว่าง ดวงดาวกับ ระยะทางที่ใช้ ในการทดลอง	การทดลอง อาจทำให้ นักเรียน สับสน ระหว่าง ระยะทางจริง ระหว่าง ดวงดาวกับ ระยะทางที่ ใช้ในการ ทดลอง	อยู่ห่างไกล แหล่งเรียนรู้ที่ เป็นของจริง นักเรียนน่าจะ ได้สัมผัสหอดู ดาว ดาวเทียม หรือยาน อวกาศของ จริง
5. แนวคิดของ ผู้เรียนใน เนื้อหาที่อาจ ส่งผลต่อการ สอนเนื้อหา นี้	ดวง อาทิตย์ เป็นดาว ใหญ่ที่สุดใน เอก ภพ	นักเรียนคิดว่า กาแล็กซีทาง ช้างเผือกเป็น กาแล็กซีเดียว ในเอกภพ	นักเรียนคิดว่า ระบบสุริยะ คือเอกภพ	นักเรียนคิดว่า บางวันดวง จันทร์ขึ้นทาง ทิศตะวันตก	-	นักเรียนคิด ว่าบางวันไม่ มีดวงจันทร์ บนท้องฟ้า	นักเรียนคิดว่า ดาวเทียมกับ ยานอวกาศ เป็นสิ่ง เดียวกัน
6. ปัจจัยอื่นที่ อาจส่งผลต่อ การสอนเนื้อหา นี้	- ภาวะของผู้เรียน เช่น ความพร้อม ความสนใจ พัฒนาการทางสติปัญญา - บริบทอื่นๆ เช่น ผู้สอน สภาพห้องเรียน เวลาเรียน เป็นต้น - การเลือกใช้คำที่ง่ายต่อการเข้าใจน่าจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น						
7. กระบวนการ จัดการเรียนรู้ (เน้นการให้ เหตุผลสำหรับ การสร้างความ สนใจที่จะ กระตุ้นให้ นักเรียนได้ สืบเสาะแนวคิด นี้)	การทดลอง เกี่ยวกับการ เกิดบิกแบงค์ โดยการ ทดลอง การ กำเนิดของเอก ภพ เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจ การกระจายตัว ของกลุ่มดาว และวัตถุ ท้องฟ้าอื่นๆ	การสืบค้น ข้อมูล รูปร่างของ กาแล็กซี ชนิดต่างๆ แล้ว อภิปราย ร่วมกัน	ร้องเพลง ระบบสุริยะ จักรวาล เพื่อให้ นักเรียน สามารถเรียง ดาวเคราะห์ แต่ละดวงใน ระบบสุริยะ ได้ วาดภาพ ระบบสุริยะ	ดูสื่อวิ ดิทัศน์ เกี่ยวกับ ดวง อาทิตย์	POE: ทำ การทดลอง การเกิดทิศ ต่างๆ	ทำการ ทดลอง การเกิด ช้างขึ้น ช้างแรม	ให้นักเรียนทบทวน ศึกษาแหล่งเรียนรู้ ที่เป็น ความก้าวหน้าทาง เทคโนโลยีอวกาศ เช่น ท้องฟ้าจำลอง
8. วิธีการ เฉพาะเพื่อ สำรวจให้แน่ใจ ว่านักเรียน เข้าใจหรือ สับสนเกี่ยวกับ แนวคิด	ให้นักเรียนทำ แบบทดสอบ ปลายเปิด อธิบายการเกิด ของเอกภพ	นักเรียนวาด ภาพกาแล็ก ซีที่นักเรียน สนใจ และ อธิบาย ลักษณะของ กาแล็กซีนั้น	วาดภาพระบบสุริยะ และ เรียงลำดับดวงอาทิตย์และ ดาวบริวารได้ถูกต้อง	ให้นักเรียน ทำแผนที่ โดยให้ระบุ ทิศให้ ถูกต้อง		ทดสอบ นักเรียนดู ภาพและ ตอบ คำถามว่า ภาพใด เป็น ช้างขึ้น ช้างแรม	ให้นักเรียนเขียน เรียงความเรื่อง จะ ทำอะไร ให้ได้ ไปอวกาศ จากนั้นให้นักเรียน แต่ละกลุ่ม ประดิษฐ์พาหนะที่ จะไปสู่อวกาศ

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์ตัวชีวัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลาง การศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2551 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งตัวชีวัด และเนื้อหาที่ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้วิเคราะห์ไว้แสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ตัวชีวัด ดาราศาสตร์และอวกาศ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพการปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	
ตัวชีวัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
๑. สืบค้นและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์ โลก ดวงจันทร์และดาวเคราะห์อื่น ๆ และผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตบนโลก	- ดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์อยู่เป็นระบบได้ภายใต้แรงโน้มถ่วง - แรงโน้มถ่วงระหว่างโลกกับดวงจันทร์ ทำให้ดวงจันทร์โคจรรอบโลก แรงโน้มถ่วงระหว่างดวงอาทิตย์กับบริวาร ทำให้บริวารเคลื่อนรอบดวงอาทิตย์กลายเป็นระบบสุริยะ - แรงโน้มถ่วงที่ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตบนโลก
๒. สืบค้นและอธิบายองค์ประกอบของเอกภพ กาแล็กซี และระบบสุริยะ	- เอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีมากมายนับแสนล้านแห่ง แต่ละกาแล็กซีประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมาก ที่อยู่เป็นระบบด้วยแรงโน้มถ่วง กาแล็กซีทางช้างเผือกมีระบบสุริยะอยู่ที่แขนของกาแล็กซีด้านกลุ่มดาวนายพราน
๓.ระบุตำแหน่งของกลุ่มดาวและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- กลุ่มดาวฤกษ์ประกอบด้วยดาวฤกษ์หลายดวงที่ปรากฏอยู่ในขอบเขตแคบๆ และเรียงเป็นรูปต่างๆกันบนทรงกลมฟ้า โดยดาวฤกษ์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้กันอย่างที่ตาเห็น แต่มีตำแหน่งที่แน่นอนบนทรงกลมฟ้า จึงใช้บอกทิศและเวลาได้
สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม	
ตัวชีวัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
๑. สืบค้นและอธิบายความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอวกาศที่ใช้สำรวจอวกาศ วัตถุท้องฟ้า สภาวะอากาศ ทรัพยากรธรรมชาติ การเกษตร และการสื่อสาร	- มนุษย์ใช้กล้องโทรทรรศน์จรวดดาวเทียม ยานอวกาศ สำรวจอวกาศวัตถุท้องฟ้าสภาวะอากาศทรัพยากรธรรมชาติ การเกษตรและใช้ในการสื่อสาร

จากการวิเคราะห์เนื้อหาด้านดาราศาสตร์ที่ครูแบ่งได้แบ่งและลำดับเนื้อหาเป็นหัวข้อหลักที่สำคัญ 7 หัวข้อที่จะวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามลำดับดังนี้ 1) การกำเนิดของเอกภพ 2) กาแล็กซี 3) ระบบสุริยะ 4) ดวงอาทิตย์ 5) การกำหนด

ทิศทางบนโลก 6) ดวงจันทร์ 7) เทคโนโลยีอวกาศและการสำรวจอวกาศ ซึ่งเมื่อพิจารณาการวิเคราะห์เนื้อหาในการตอบคำถาม 8 ประเด็นใน CoRE พบว่าครูแพงไล่เรียงเนื้อหาจากที่เป็นภาพรวมของระบบรวมหรือภาพใหญ่คือการกำเนิดของเอกภพที่เป็นที่อยู่ของสรรพสิ่งและไล่ลงมาที่กาแล็กซีที่เป็นบริเวณใหญ่ในอวกาศที่ดาวอยู่ร่วมกันหนาแน่น จากนั้นซูมเข้ามาในระบบสุริยะซึ่งเป็นระบบที่มีดาวเคราะห์โคจรรอบดาวฤกษ์ดวงสำคัญคือดวงอาทิตย์ที่มีโลกของเราโคจรรอบ จากนั้นค่อยนำเสนอปรากฏการณ์ที่คนบนโลกสังเกตได้จากการกำหนดทิศบนโลก การเกิดข้างขึ้น-ข้างแรมของดวงจันทร์ การมองเห็นกลุ่มดาวต่าง ๆ บนท้องฟ้าในเวลาค่ำคืนและการนำเทคโนโลยีอวกาศมาขยายขอบเขตของประสาทสัมผัสมนุษย์เพื่อศึกษาท้องฟ้า

เพื่อพิจารณาการวิเคราะห์เนื้อหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยดาราศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของครูแพงจากการตอบคำถาม 8 ข้อตามกรอบของ CoRe นั้นผู้วิจัยเห็นว่ามีความสอดคล้องตามตัวชี้วัดและสาระสำคัญที่กำหนดโดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระ 7 หน่วย ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แม้ลำดับเนื้อหาแตกต่างกันโดยลำดับตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางฯ นำเสนอเนื้อหาจากระบบสุริยะ ปรากฏการณ์ที่คนบนโลกสังเกตได้บนท้องฟ้าจากดวงจันทร์ซึ่งเป็นบริวารของโลก แล้วเป็นเอกภพที่ประกอบด้วยกาแล็กซีที่เป็นชุมชนของดาวและดาวฤกษ์ เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์เนื้อหาเป็นรายข้อ โดยผู้วิจัยได้พิจารณาคู่กับผลจากแผนการจัดการเรียนรู้ของครูแพง พบดังนี้

1) แนวคิดที่สำคัญที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ประเด็นนี้ครูแพงได้ระบุแนวคิดสำคัญของหัวข้อที่ได้กำหนดไว้ 7 หัวข้อโดยนำเสนอโมทัศน์หลักของแต่ละเรื่อง และได้นำเสนอเนื้อหาสาระที่เป็นรายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อ สาระการเรียนรู้ และแหล่งการเรียนรู้ (เว็บไซต์)

2) ทำไมแนวคิดเหล่านี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ ครูแพงได้ตอบประเด็นนี้โดยได้ระบุถึงความสำคัญของเนื้อหาว่ามีความสำคัญต่อผู้เรียนอย่างไรแต่นำเสนอในเชิงที่ให้ผู้เรียนมีความรู้เท่านั้น

3) แนวคิดอื่นในประเด็นนี้ที่ผู้สอนรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้ ครูแพงไม่นำเสนอเนื้อหาอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนครั้งนี้

4) ความยาก/ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอน มุมมองเกี่ยวกับเนื้อหาทุกเนื้อหาที่ครูแพงนำเสนอคือเป็นเป็นเรื่องใกล้ตัวนักเรียนโดยเฉพาะส่วนที่เป็นทฤษฎี ที่ยากต่อการสร้างความเข้าใจ การมองภาพหรือโมเดลที่ใช้อธิบายประกอบ

5) แนวคิดของผู้เรียนในเนื้อหาที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา ครูแพงคิดว่าความยากของเนื้อหาจะส่งผลต่อแนวคิดผู้เรียนโดยเฉพาะทำให้ผู้เรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนและไม่มีความเข้าใจ เช่น นักเรียนคิดว่าดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่ใหญ่ที่สุดในเอกภพ กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีเดียวในเอกภพ ระบบสุริยะคือเอกภพ ดวงจันทร์ขึ้นทางทิศตะวันตก บางวันไม่มีดวงจันทร์

บนท้องฟ้า ดาวเทียมกับยานอวกาศเป็นสิ่งเดียวกัน ซึ่งแนวคิดเหล่านี้ครูแพรงได้จากการตรวจใบงาน ข้อสอบ และจากการตอบคำถามของนักเรียน ดังนั้นจึงถือได้ว่าครูแพรงได้คำนึงถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและความยากของเนื้อหาที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนในเนื้อหาดังกล่าว

6) ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลกระทบต่อการสอนเนื้อหานี้ ครูแพรงได้นำเสนอปัจจัยด้านวุฒิภาวะของผู้เรียน เช่น ความพร้อม ความสนใจ พัฒนาการทางสติปัญญา บริบทอื่นๆ เช่น ผู้สอน สภาพห้องเรียน เวลาเรียน เป็นต้น คำศัพท์ที่ใช้

7) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (เน้นการให้เหตุผลสำหรับการสร้างความสนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สืบเสาะแนวคิดนี้) ครูแพรงได้วางแผนกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 7 เนื้อหาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) เมื่อพิจารณาจากหัวข้อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้พบว่าในขั้นสร้างความสนใจ (engagement) ครูแพรงจะเน้นการใช้คำถามประกอบสื่อ เช่น ภาพ วิดีโอตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การกำเนิดของเอกภพ

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (engagement) (5 นาที)

1. ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเอกภพ จากนั้นครูใช้กิจกรรมกระตุ้นความสนใจของนักเรียนดังนี้ ครูนำภาพตัวอย่างการระเบิดจากในภาพยนตร์หรือในโฆษณาที่แสดงการระเบิด จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียนดังนี้

1.1 วัตถุทั้งหลายที่อยู่ ณ จุดนั้น ๆ จะกระจายอย่างสม่ำเสมอหรือไม่ (ไม่สม่ำเสมอ)

1.2 วัตถุที่กระจายออกจะกระจายออกไปในระยะทางเท่ากันหรือไม่ และมีมวลเท่ากันหรือไม่ อย่างไร (กระจายออกในระยะไม่เท่ากัน และมีมวลไม่เท่ากัน)

1.3 นักเรียนคิดว่าจากภาพการระเบิดนี้เกี่ยวข้องกับเอกภพอย่างไร (คล้ายกับการกำเนิดเอกภพ โดยคล้ายกับทฤษฎีบิกแบง)

1.4 ปัจจุบัน ทฤษฎีพื้นฐานทางดาราศาสตร์ที่สำคัญเกี่ยวกับการกำเนิดเอกภพที่เชื่อถือได้คือ ทฤษฎีใด (ทฤษฎีบิกแบง)

1.5 เอกภพกำเนิดมาได้อย่างไร (เอกภพเกิดจากการระเบิดใหญ่หรือบิกแบง)

2. ให้นักเรียนเขียนคำตอบในกระดาษที่ครูเตรียมให้

จากนั้นครูกล่าวว่า วันนี้เราจะเรียนเกี่ยวกับการกำเนิดเอกภพกัน

ส่วนในขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ครูแพรงพยายามจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลเป็นกลุ่มจากการสำรวจด้วยอุปกรณ์อย่างง่ายบ้างบางเรื่อง (ข้างขึ้น-ข้างแรม, ทิศทางบนโลก) จากวิดีโอ (กำเนิดเอกภพ) แหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ร่วมกับการตอบคำถามในใบงานในแต่ละเรื่องดังการจัดกิจกรรมในขั้นนี้เรื่อง การเกิดข้างขึ้น-ข้างแรม ซึ่งครูแพรงให้นักเรียนทุกคนได้บันทึกข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมในขั้นนี้ พร้อมสะท้อนผลการตรวจ (หลังจากจบบทเรียน) เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลตามเวลาที่กำหนดแล้วครูแพรงจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนอผลที่ได้จากการสืบค้นหน้าชั้นเรียน (ทุกแผน) ซึ่งประเด็นนี้ผู้วิจัยไม่ได้สัมภาษณ์ครูแพรงเพิ่มเติมว่าแต่

ละแผนนั้นนักเรียนใช้เวลาในการนำเสนอผลงานหรือไม่ เนื่องจากวันที่ผู้วิจัยไปสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวนนักเรียนที่มาร่วมเรียนมีเพียงแค่ 3 กลุ่ม (นักเรียนบางส่วนไปทำกิจกรรมตามที่ทางโรงเรียนได้มอบหมาย) ดังนั้นเวลาที่นำเสนอจึงไม่นาน

คำถามก่อนทำกิจกรรม

ปัญหา

1. ปัญหาของการทดลองนี้คืออะไร

ดวงจันทร์ทาง สด

สมมุติฐาน

2. นักเรียนคิดว่าในช่วงเวลา 8.00-10.00 น. นักเรียนจะพบเห็นดวงจันทร์บนท้องฟ้าได้หรือไม่ พบ
ถ้ามีโอกาสที่จะพบได้ นักเรียนคิดว่าจะพบเห็นทางทิศใด ทางทิศตะวันตกและทิศใต้วันออก
และเป็นข้างขึ้นหรือข้างแรม ข้างแรม
3. ในวันที่ดวงจันทร์ขึ้นประมาณ 19.00 น. จัดว่าเป็นวันข้างขึ้นหรือข้างแรม
ข้างแรม
4. นักเรียนคิดว่าเห็นไปไม่ได้หรือไม่ที่ดวงจันทร์จะขึ้นก่อนดวงอาทิตย์จะลับขอบฟ้า
ถ้าเห็นไปไม่ได้ วันนั้นจัดว่าเป็นวันข้างขึ้นหรือข้างแรม ข้างขึ้น

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง ส่วนสว่างของดวงจันทร์ที่สังเกตเห็นเมื่อดวงจันทร์อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ

ตำแหน่งของดวงจันทร์	1	2	3	4	5	6	7	8
ส่วนสว่างที่สังเกตเห็น								

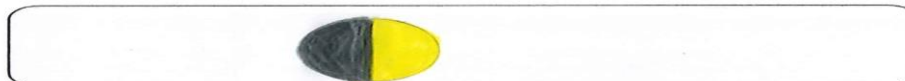
คำถามหลังทำกิจกรรม

แปลความหมายและสรุปผล

1. วันขึ้น 7 - 8 ถ้า ภาพของดวงจันทร์ที่ปรากฏบนท้องฟ้าจะมีลักษณะอย่างไร (แสดงด้วยการวาดภาพ)



2. วันแรม 7-8 ถ้า ภาพของดวงจันทร์ที่ปรากฏบนท้องฟ้าจะมีลักษณะอย่างไร (แสดงด้วยการวาดภาพ)



3. เวลาที่ดวงจันทร์เดินทางจากขอบฟ้าตะวันออก (ขึ้น) ไปถึงขอบฟ้าตะวันตก (ตก) ในแต่ละวันเท่ากันหรือไม่ เกลี่ยวันละกี่ชั่วโมง

ไม่ เกลี่ยวันละ 45 นาที ยกเว้น วันขึ้น 10 ชั่วโมง

4. ในแต่ละวันที่นักเรียนมองเห็นดวงจันทร์ได้ชัดเจน นักเรียนพบว่าในเวลาแต่ละชั่วโมงดวงจันทร์จะเคลื่อนที่ไปเป็นมุมเท่าใด

30 องศา 60 องศา 15

5. ในวันข้างขึ้นดวงจันทร์จะขึ้นทางทิศตะวันออกและตกในทิศตะวันตก โดยเวลาขึ้นของดวงจันทร์อยู่ระหว่างเวลาใด

19.00 น. ขึ้นไป

1. ดวงจันทร์ ข้างแรม เกิด จากดวงจันทร์ อยู่ทางทิศใด?

ตอบ ตะวัน

2. เวลาขึ้นของดวงจันทร์ ตกๆตกๆในทางทิศใด?

ตอบ ตะวัน

3. ดวงจันทร์ 6 ดวงรอบโลก ในทิศทางใด? มีผลอย่างไรต่อโลก?

ตอบ ตะวัน

4. ดวงจันทร์ 6 ดวงรอบโลก ในทิศทางใด? มีผลอย่างไรต่อโลก?

ตอบ ตะวัน

5. ดวงจันทร์ 6 ดวงรอบโลก ในทิศทางใด? มีผลอย่างไรต่อโลก?

ตอบ ตะวัน

6. ดวงจันทร์ 6 ดวงรอบโลก ในทิศทางใด? มีผลอย่างไรต่อโลก?

ตอบ ตะวัน

7. ดวงจันทร์ 6 ดวงรอบโลก ในทิศทางใด? มีผลอย่างไรต่อโลก?

ตอบ ตะวัน

จากนั้นครูแพงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลความรู้ที่ได้ จากนั้นครูแพงใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่ข้อสรุปร่วมกันในชั้น อธิบายและลงข้อสรุป (explanation) ซึ่งครูแพงจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนรู้ว่าข้อมูลที่ได้มาจากชั้นสำรวจมีข้อมูลอะไรบ้าง ข้อมูลนั้นมีลักษณะอย่างไร มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร จนนำเข้าสู่ข้อสรุปถึงมโนทัศน์หลัก หรือหลักการหลักของเนื้อหา ซึ่งจากมุมมองของผู้วิจัยคิดว่าครูแพงใช้คำถามที่เอื้อให้ผู้เรียนได้คิดโดยลำดับของคำถามค่อนข้างส่งเสริมให้ผู้เรียน ส่วนในชั้นขยายความรู้นั้น (elaboration) ครูแพงให้นักเรียนออกแบบสร้างแบบจำลอง (วาดภาพ) หรือทำปฏิทินเวลา หรือจัดทำแผนผังมโนทัศน์ จากเนื้อหาที่ได้ ซึ่งในชั้นนี้ครูแพงไม่ได้นำบริบทใหม่เพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาขยายความเป็นเพียงลักษณะการนำเสนอความคิดรวบยอดที่ได้ในรูปแบบใหม่เท่านั้น และในชั้นประเมินผล จะเป็นกิจกรรมลักษณะเดียวกันคือการสังเกตการทำกิจกรรมต่างๆ การตอบคำถาม

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (explanation) (20 นาที)

1. ให้ผู้แทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
2. ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นจากผลการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถามหลังทำกิจกรรมดังนี้
 - 2.1 วันขึ้น 7 - 8 ค่ำ ภาพของดวงจันทร์ที่ปรากฏบนท้องฟ้าจะมีลักษณะอย่างไร (แสดงด้วยการวาดภาพ)



- 2.2 วันแรม 7 - 8 ค่ำ ภาพของดวงจันทร์ที่ปรากฏบนท้องฟ้าจะมีลักษณะอย่างไร (แสดงด้วยการวาดภาพ)



- 2.3 เวลาที่ดวงจันทร์เดินทางจากขอบฟ้าตะวันออก (ขึ้น) ไปถึงขอบฟ้าตะวันตก (ตก) ในแต่ละวันเท่ากันหรือไม่ เลี้ยววันละกี่ชั่วโมง (เท่ากัน เลี้ยววันละ 12 ชั่วโมง)

- 2.4 ในแต่ละวันที่นักเรียนมองเห็นดวงจันทร์ได้ชัดเจน นักเรียนพบว่าในเวลาแต่ละชั่วโมง ดวงจันทร์จะเคลื่อนที่ไปเป็นมุมเท่าใด (15 องศา)

- 2.5 ในวันข้างขึ้นดวงจันทร์จะขึ้นทางทิศตะวันออกและตกในทิศตะวันตก โดยเวลาขึ้นของดวงจันทร์อยู่ระหว่างเวลาใด (12.00 - 18.00 น.)

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามหลังทำกิจกรรมในใบงานที่ 32

8) วิธีการเฉพาะเพื่อสำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิดนี้ ครูแพงใช้เครื่องมือและเทคนิคที่แตกต่างกันไปในแต่ละแผน ซึ่งประกอบด้วย การให้นักเรียนทำแบบทดสอบ (คำถามปลายเปิด) การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายในห้องเรียน การให้นักเรียนนำเสนอความรู้ความเข้าใจด้วยการให้วาดภาพเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

กรณีศึกษา: ครูเพื่อน

1. ข้อมูลเบื้องต้น

คุณครูเพื่อน (นามสมมุติ) อายุ 36 ปี เป็นครูและสอนวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้วเป็นเวลา 11 ปี (ปัจจุบัน พ.ศ. 2558) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (วท.บ. ฟิสิกส์) และปริญญาโท ศศ.ม. วิจัยทางการศึกษา ภาระงานสอนรับผิดชอบสอน 2 วิชาคือ วิทยาศาสตร์ 8 คาบ/สัปดาห์ 2 ห้อง และคณิตศาสตร์ 8 คาบ/สัปดาห์ รับผิดชอบสอนในระดับประถมศึกษามาตลอด สำหรับเนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ยินดีให้ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์นั้น มีประสบการณ์สอนมาเป็นระยะเวลา 3 ปี

2. ข้อมูลการสอนเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่

ครูเพื่อนยินดีให้ผู้วิจัยศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งสอนมาแล้วปีนี้ (2558) เป็นปีที่ 3 โดยครูพ่วงกล่าวว่าก่อนหน้านี้ ใช้ภาพกับการบรรยาย ปัจจุบันเพิ่มการสอนทดลองที่นักเรียนสามารถหาอุปกรณ์ได้ง่าย (สัมภาษณ์)

3. การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (แรงและการเคลื่อนที่)

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ การวิเคราะห์เนื้อหาจาก CoRE ของครูร่วมกับการวิเคราะห์ตัวชี้วัดในเนื้อหาที่ครูจะดำเนินการจัดการเรียนการสอนจากตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และแผนการจัดการเรียนรู้

ครูเพื่อน ได้วิเคราะห์เนื้อหาตามกรอบเครื่องมือ CoRE ที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้สำหรับวิเคราะห์เนื้อหาหน่วยดาราศาสตร์ที่ครูเพื่อนได้นำมาวิเคราะห์ก่อนที่จะวางแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อในเนื้อหา ซึ่งครูเพื่อนได้นำเสนอผลการวิเคราะห์เนื้อหา ในหน่วยแรงและการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 23 ซึ่งครูเพื่อนได้แบ่งเนื้อหาย่อยในสาระเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ออกเป็น 7 หัวข้อย่อยหลัก ซึ่งประกอบด้วย 1) แรงและชนิดของแรง 2) แรงลัพธ์และการใช้ประโยชน์ 3) มวลและความหนาแน่น 4) ความดันของของเหลว 5) แรงลอยตัว 6) แรงดันอากาศ 7) แรงเสียดทาน ซึ่งการวิเคราะห์เนื้อหาภาพรวมในการจัดการเรียนการสอนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่แสดงดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์เนื้อหาหน่วยแรงและการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของครูเพื่อน

แรงและการเคลื่อนที่	1.แรงและชนิดของแรง	2. แรงลัพธ์และการใช้ประโยชน์	3. มวลและความหนาแน่น	4. ความดันของเหลว	5. แรงลอยตัว	6. แรงดันอากาศ	7.แรงเสียดทาน
1. แนวคิดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้	1. แรงคือสิ่งที่กระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่อาจจะช้าลงหรือเร็วขึ้นหรือเปลี่ยนทิศทาง เครื่องจักร	เมื่อมีแรงมากกว่าหนึ่งแรงกระทำต่อวัตถุวัตถุจะเสมือนถูกกระทำจากแรงหนึ่งแรงซึ่งแรงดังกล่าวคือแรงลัพธ์	1.บอกความหมายของมวลได้ 2.หาค่ามวลของวัตถุได้ 3.บอกความหมายของคำว่าความหนาแน่นได้ 4.ทดลองหาความหนาแน่นของวัตถุได้	1. ทดลองและสรุปได้ว่าของเหลวมีแรงกระทำต่อวัตถุในทุกทิศทาง 2. ทดลองและสรุปได้ว่าความดันของของเหลวและความลึกมีความสัมพันธ์กัน	1. นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับแรงลอยตัวได้ 2. นักเรียนสามารถทดลองแรงลอยตัวของวัตถุในน้ำได้ 3. บอกลักษณะของวัตถุที่ลอยน้ำและจมน้ำได้	1. ทดลองและอธิบายแรงดันของอากาศได้ 2. ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของแรงดันอากาศได้	1. ทดลองและอธิบายแรงเสียดทานได้ 2. บอกประเภทของแรงเสียดทานได้ 3. บอกปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานได้
2. ทำไมแนวคิดเหล่านี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้	1. เป็นพื้นฐานสำหรับเนื้อหาที่ซับซ้อนขึ้นในชั้นมัธยม 2. มีความเข้าใจกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน						
3. แนวคิดอื่นใดในประเด็นนี้ที่ผู้สอนรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้	-	-	1. มวลเป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนสภาพของวัตถุ (ความเฉื่อย)	1. สูตรความสัมพันธ์แรงดันกับความลึก	-	-	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต 3. สมการ $f = \mu N$
4. ความยาก/ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอน	คำศัพท์ที่มีความหมายเฉพาะ						
5. แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนในเนื้อหาที่อาจส่งผลกระทบต่อการสอนเนื้อหา	แรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้	แรงทำใหวัตถุเคลื่อนที่ได้	- มวลและน้ำหนักเป็นสิ่งเดียวกัน	นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็นจากการทดลองกับ		อากาศไม่มีแรงกระทำเพราะเป็นสิ่งที่มองไม่เห็น-แรงดันอากาศกับ	

			ความสัมพันธ์ ของเหลว กับความลึก ได้		ความสัมพันธ์ ของพื้นที่	
6. ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา	-ทักษะการคิดวิเคราะห์ - ทักษะการคำนวณ -ทักษะการคิดวิเคราะห์		ทักษะเกี่ยวกับ space – space -ข้อจำกัดของสถานที่ การทดลอง อุปกรณ์ที่จัดกิจกรรม		-จัดการเรียนการสอนวัสดุอุปกรณ์ที่อาจไม่หลากหลาย	
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (เน้นการให้เหตุผลสำหรับการสร้างความสนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สืบเสาะแนวคิดนี้)	5E รูปภาพ		-5E -การทดลอง -รูปภาพ -การใช้คำถาม -ทดลอง			
8. วิธีการเฉพาะเพื่อสำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิด	การใช้คำถาม - ยกตัวอย่างสถานการณ์ให้นักเรียนตอบ					

เมื่อพิจารณาประเด็นหรือเนื้อหาย่อยหลักที่ครูเพื่อนได้วิเคราะห์เพื่อเป็นลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นมีความสอดคล้องกับลำดับตัวชี้วัดและสาระแกนกลางของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 24 ตัวชี้วัด แรงและการเคลื่อนที่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม	
ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของ แรงสองแรง ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ	แรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยแรงทั้งสองอยู่ในแนวเดียวกันเท่ากับผลรวมของแรงทั้งสองนั้น
2. ทดลองและอธิบายความดันอากาศ	อากาศมีแรงกระทำต่อวัตถุ ความดันอากาศ คือ แรงที่อากาศกระทำตั้งฉากต่อเนื้อหน่วยพื้นที่
3. ทดลองและอธิบายความดันของของเหลว	ของเหลวมีแรงกระทำต่อวัตถุทุกทิศทางความดันของเหลว คือ แรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยความดันของเหลวมีสัมพันธ์กับความลึก
4. ทดลองและอธิบายแรงพยุงของของเหลว การลอยตัว และการจมของวัตถุ	ของเหลวมีแรงพยุงกระทำต่อวัตถุที่ลอยหรือจมในของเหลว การจมหรือการลอยตัวของวัตถุขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุและแรงพยุงของของเหลว

	นั้น
มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	
ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ทดลองและอธิบาย แรงเสียดทานและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	แรงเสียดทานเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทานมีประโยชน์ เช่น ในการเดินต้องอาศัยแรงเสียดทาน

พิจารณาการวิเคราะห์เนื้อหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยดาราศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของครูแพงจากการตอบคำถาม 8 ข้อตามกรอบของ **CoRe** นั้นผู้วิจัยเห็นว่ามีความสอดคล้องตามตัวชี้วัดและสาระสำคัญที่กำหนดโดยหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระ 4 หน่วย แรงและการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์เนื้อหาเป็นรายข้อ โดยผู้วิจัยได้พิจารณาคู่กับผลจากแผนการจัดการเรียนรู้ของครูเพื่อน พบดังนี้

1) แนวคิดที่สำคัญที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ประเด็นนี้ครูเพื่อนได้ระบุแนวคิดสำคัญของหัวข้อที่ได้กำหนดไว้ 7 หัวข้อโดยนำเสนอมนทัศน์หลักของแต่ละเรื่อง ซึ่งเป็นมนทัศน์หลักที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อ สาระสำคัญ และในหัวข้อจุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงดังข้อความบางส่วนจากแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง มวลและความหนาแน่น

สาระสำคัญ :

มวล หมายถึง ปริมาณเนื้อสารของวัตถุ มีหน่วยเป็นกรัม / กิโลกรัม มวลของวัตถุมีค่าคงที่
ความหนาแน่น หมายถึง ปริมาณของมวลสารที่มีอยู่ใน 1 หน่วยปริมาตร มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์
เซนติเมตร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของมวลได้
2. หาค่ามวลของวัตถุได้
3. บอกความหมายของคำว่าความหนาแน่นได้
4. ทดลองหาความหนาแน่นของวัตถุได้

2) ทำไมแนวคิดเหล่านี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ ครูเพื่อนให้เหตุผลเดียวกันทุกเนื้อหา คือ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่เป็นพื้นฐานสำหรับเนื้อหาที่ซับซ้อนขึ้นในชั้นมัธยม และสามารถเข้าใจ เหตุการณ์ในและกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งครูเพื่อนไม่ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ที่สำคัญในแต่ละเรื่องว่าจำเป็นต่อผู้เรียนอย่างไร

3) แนวคิดอื่นในประเด็นนี้ที่ผู้สอนรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้ ครูเพื่อนกล่าวว่าปกติจะสอนเนื้อหาตามเอกสารหรือตำราที่โรงเรียนใช้ เช่น หนังสือ และคู่มือของ สสวท. เนื่องจากเนื้อหา

จำนวนมาก ดังนั้นแค่สอนให้ครอบคลุมก็เป็นไปได้ยากแล้ว ดังนั้นจะพยายามสอนเนื้อหาเท่าที่หนังสือกำหนด ส่วนเนื้อหาที่สูงขึ้นก็จะบอกนักเรียนว่าจะได้ศึกษาในชั้นเรียนที่สูงขึ้นไป ซึ่งครูเพื่อนได้นำเสนอเนื้อหาบางส่วนที่ไม่จำเป็นต้องให้นักเรียนรู้ แต่ครูควรรู้คือ มวลเป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนสภาพของวัตถุ (ความเฉื่อย) สูตรความสัมพันธ์แรงดันกับความลึกสัมพันธ์แรงเสียดทานจลน์ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต เป็นต้น

4) ความยาก/ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอน ครูเพื่อนไม่ได้ให้รายละเอียดของเนื้อหาที่แสดงความยาก แต่ครูเพื่อนเพื่อนนำเสนอเพียงเฉพาะว่าการนำเสนอความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ นั้น ยาก อาจเนื่องมาจากคำศัพท์ที่ใช้นำเสนอเป็นคำที่ใช้กันในความหมายที่เป็นสากล แต่มีหลายความหมายที่แตกต่างจากความหมายที่ใช้กันในชีวิตประจำวัน

5) แนวคิดของผู้เรียนในเนื้อหาที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา ครูเพื่อนไม่ได้นำเสนอเนื้อหาที่คาดว่าผู้เรียนจะมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนทุกหน่วยย่อย เพียงแค่เสนอบางหัวข้อเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นเพราะครูเพื่อนยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับประเด็นแนวคิดของผู้เรียนว่าจะมีผลต่อการเรียนรู้มากเท่าไรนัก

6) ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา ครูเพื่อนได้นำเสนอเป็นเชิงภาพรวมที่แสดงถึงสมรรถนะของผู้เรียน รวมถึง บริบทอื่นๆ เช่น ผู้สอน สภาพห้องเรียน เวลาเรียน เป็นต้น คำศัพท์ที่ใช้

7) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (เน้นการให้เหตุผลสำหรับการสร้างความสนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สืบเสาะแนวคิดนี้) ครูเพื่อนได้วางแผนกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 7 เนื้อหาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es)ร่วมกับการใช้แบบฝึกทักษะ ซึ่งก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูเพื่อนจะดำเนินการเป็นรูปแบบเดิมทุกแผนคือแนะนำแนวทางการเรียนด้วยแบบฝึกทักษะ และทดสอบก่อนเรียน เมื่อพิจารณาจากหัวข้อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้พบว่าในชั้นสร้างความสนใจ (engagement) แล้วพบว่าครูเพื่อนจะนำด้วยการแสดงรูปภาพแล้วใช้คำถามดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แรงและชนิดของแรง

ขั้นสร้างความสนใจ

3. นำภาพจากแบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 ให้นักเรียนร่วมกันสังเกตภาพ โดยใช้คำถาม ดังนี้

ภาพที่ 1



ภาพที่ 2



ภาพที่ 3



1. อะไรบ้างที่เคลื่อนที่เพราะเหตุใด
2. ธรรมชาติที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้แก่อะไรบ้าง
3. ภาพที่แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยแรงธรรมชาติคือ ภาพใด

ส่วนในขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่มตามกระบวนการที่มีคำสั่งในแบบฝึกทักษะ ซึ่งมีการสืบค้นโดยใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างง่ายตามขั้นตอนที่ครูได้ออกแบบไว้ในแบบฝึกทักษะ และจากนั้นนักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบหรือแนวทางการตอบคำถามในแบบฝึกจากชุดฝึกทักษะ จากนั้นครูเพื่อนได้ใช้คำถามเพื่อทบทวนสิ่งที่นักเรียนได้ค้นพบเพื่อนำเข้าสู่ขั้นตอนการอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) ส่วนในขั้นขยายความรู้นั้น (elaboration) ครูจะเสนอภาพเหตุการณ์ใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกับบริบทเนื้อหา นั้น ๆ มาให้นักเรียนนำความรู้ไปอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนขั้นประเมินครูเพื่อนจะให้นักเรียนทุกคนทำการทดสอบหลังเรียนในทุก ๆ แผน

6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้ฝึกปฏิบัติ ตามกิจกรรมเสริมทักษะเรื่องแรงและชนิดของแรง โดยสรุปสาระสำคัญของทักษะการสังเกตและ ทักษะการจัดจำแนก จากที่เรียนมา 2 กิจกรรม ดังนี้

ทักษะการสังเกต หมายถึงการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการสังเกต ได้แก่ ใช้ตาดูรูปร่าง ใช้หูฟังเสียง ใช้กลิ่นชิมรส ใช้จมูกดมกลิ่น และใช้ผิวหนังสัมผัสความร้อนเย็น หรือใช้มือจับต้องความอ่อนแข็ง เป็นต้น การใช้ประสาทสัมผัสเหล่านี้จะใช้ทีละอย่างหรือหลายอย่างพร้อมกัน เพื่อรวบรวมข้อมูลที่ได้โดยไม่เพิ่มความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ซึ่งประโยชน์ของการสังเกต คือ

- ช่วยในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ
- ช่วยให้เป็นคนละเอียดรอบคอบ
- ช่วยฝึกหัดให้เป็นคนรู้จักรวบรวมข่าวสารใหม่ ๆ อยากรู้อยากเห็น สนใจธรรมชาติ

ทักษะการจัดจำแนก เป็นการจัดจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่างๆ โดยพิจารณาจากลักษณะที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือแตกต่างกันของสิ่งของหรือ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ เสน่ห์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทมี 3 อย่าง ได้แก่

- ความเหมือน
- ความแตกต่าง
- ความสัมพันธ์

วิธีการจำแนก

เลือกใช้ลักษณะหรือคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งของวัตถุเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มย่อย โดยทั่วไปมักจะใช้ลักษณะที่สามารถแบ่งให้เป็น 2 กลุ่มก่อน แล้วค่อย ๆ เลือกเกณฑ์อื่น ที่สามารถแบ่งกลุ่มย่อย 2 กลุ่มนั้นออกเป็นกลุ่มย่อยต่อไปอีก

ชั้นขยายความรู้

7. ครูลองให้นักเรียนสังเกตภาพสิ่งรอบข้างว่ามีการกระทำอะไรอีกบ้างที่เป็นแรงที่เกิดจากธรรมชาติ แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากเครื่องจักรที่มนุษย์สร้างขึ้น

ชั้นประเมิน

8. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนในแบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ เล่มที่ 1 จำนวน 10 ข้อ

8) วิธีการเฉพาะเพื่อสำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิดนี้ ครูเพื่อนเน้นเทคนิคการใช้คำถาม การนำเสนอรูปภาพหรือเหตุการณ์เพื่อให้นักเรียนมีความสนใจและสามารถประเมินความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนโดยให้นักเรียนนำความรู้มาอธิบายเหตุการณ์เหล่านั้นได้

กรณีศึกษา: ครูพิม

1. ข้อมูลเบื้องต้น

คุณครูพิม (นามสมมติ) อายุ 55 ปี เป็นครูและสอนวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้วเป็นเวลา 32 ปี (ปัจจุบัน พ.ศ. 2558) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ การศึกษาระดับปริญญาตรี (กศ.บ.ชีววิทยาวิชาโทเคมี) และปริญญาโท (กศ.ม. ชีววิทยา) ภาระงานสอนรับผิดชอบสอนวิทยาศาสตร์ตลอดมาตั้งแต่บรรจุเข้ารับราชการครูรับผิดชอบสอนในระดับประถมศึกษามาตลอด ภาระงานสอนปัจจุบันคือ 16 คาบ/สัปดาห์ ปัจจุบันสอนอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่ (พิเศษ)

2. ข้อมูลการสอนเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้า

ครูพิมยินดีให้ผู้วิจัยศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้า ซึ่งสอนมาแล้วหลายปี ครูเพื่อนกล่าวว่าพยายามจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ทดลองต่อวงจรตามคู่มือ (สสวท.) ทุกกิจกรรม เนื่องจากทางโรงเรียนมีอุปกรณ์พร้อม หรือวัสดุบางอย่างครูพิมจะบอกให้นักเรียนนำมาด้วยจากที่บ้าน ซึ่งในช่วงแรก ๆ ของการจัดการเรียนรู้เรื่องนี้นักเรียนจะใช้อุปกรณ์ไม่เป็น และนักเรียนหญิงส่วนมากจะยังกลัวว่าไฟจะช็อต และนักเรียนจะใช้สายไฟจำนวนมาก โดยครูจะช่วยเหลือด้วยการใช้คำถามกระตุ้นให้คิดและให้กล้า เมื่อพบว่านักเรียนกลุ่มที่มีปัญหาในการต่อวงจร (ต่อไม่ถูก) ครูพิมจะแนะนำช่วยเหลือโดยให้นักเรียนไปทบทวนด้วยโปรแกรมจำลองวงจร PHET ซึ่งนักเรียนจะชอบให้ครูพิมวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ด้วยกัน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมาเลือกเอาเอง การกำหนดเวลาว่ากลุ่มใดจะต่อวงจรให้ทำงานได้ก่อนจะกระตุ้นให้นักเรียนมีความตั้งใจมากขึ้น อย่างไรก็ตามนักเรียนบางปีก็ทำได้ดีแต่บางปีก็ยังมีปัญหาอยู่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบแล้วพบว่านักเรียนจะทำข้อสอบเนื้อหานี้ได้ดีทั้งที่เป็นเรื่องที่นักเรียนอีกจำนวนมากทำได้ไม่ดีนัก อาจเป็นเพราะนักเรียนได้ลงมือต่อวงจรจริง เนื้อหาที่นักเรียนทำข้อสอบได้น้อยส่วนใหญ่เป็นเนื้อหาที่ครูใช้วิธีบรรยาย (สัมภาษณ์)

3. การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (วงจรไฟฟ้า)

ในหัวข้อนี้ครูพิมไม่ได้วิเคราะห์เนื้อหาตามกรอบการวิเคราะห์เนื้อหาจาก CoRE เนื่องจากดำเนินกิจกรรมตามคู่มือของ สสวท. และกิจกรรมตามคู่มือของ อจท. ซึ่งการลำดับเนื้อหาจะเรียงจากง่ายไปยากอยู่แล้ว 1) แหล่งกำเนิดไฟฟ้า 2) อุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้า 3) ตัวนำและฉนวน 4) การต่อวงจรอย่างง่าย 5) แม่เหล็กไฟฟ้า 6) การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน เมื่อพิจารณาหัวข้อย่อยเหล่านี้พร้อมกับพิจารณาความสอดคล้องกับตัวชี้วัด ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 พลังงาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 นั้นมีความสอดคล้องกัน ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ตัวชี้วัด วงจรไฟฟ้า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์	
ตัวชี้วัด	ผู้เรียนรู้อะไร
1. ทดลองและอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า ต่อเชื่อมกันครบวงจร จึงสามารถทำงานได้
2. ทดลองและอธิบายตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า	วัสดุที่กระแสไฟฟ้าผ่านได้เป็นตัวนำไฟฟ้า ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านไม่ได้เป็นฉนวนไฟฟ้า
3. ทดลองและอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม และ นำความรู้ไปใช้	- เซลล์ไฟฟ้าหลายเซลล์ต่อเรียงกันโดยขั้วบวกของเซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของอีกเซลล์หนึ่ง เป็นการต่อแบบอนุกรม ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรเพิ่มขึ้น - การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การต่อเซลล์ไฟฟ้าในไฟฉาย
4. ทดลองและอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรม แบบขนาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การต่อหลอดไฟแบบอนุกรมจะมีกระแสไฟฟ้าปริมาณเดียวกันผ่านหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอด - การต่อหลอดไฟฟ้าแบบขนาน กระแสไฟฟ้าที่จะแยกผ่านหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการต่อหลอดไฟฟ้าหลายดวงในบ้าน
5. ทดลองและอธิบายการเกิดสนาม แม่เหล็ก รอบสายไฟ ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	สายไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กรอบสายไฟ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามจากการสอบถามตามประเด็นของ CoRE และพูดคุยกับครูพิมและพิจารณาผลจากแผนการจัดการเรียนรู้ของครูพิม พบดังนี้

1) แนวคิดที่สำคัญที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ความรู้ด้านเนื้อหาของเรื่องวงจรไฟฟ้านั้น ครูพิมยึดตามเอกสารคู่มือของ สสวท. และแบบฝึกของ อจท. ซึ่งครูพิมเห็นว่าเนื้อหาครอบคลุมตามที่หลักสูตรกำหนดอยู่แล้ว ดังนั้นเนื้อหาสำคัญหรือเนื้อหาหลักที่นักเรียนควรได้รับเชื่อว่าเป็นเอกสารของ สสวท. ได้กำหนดไว้หมดแล้ว ซึ่งสิ่งสำคัญคือเราควรจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการรวบรวมข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาที่ต้องแสดงด้วยปรากฏการณ์นั้น นักเรียนควรได้รับประสบการณ์ตรงนอกจากจะช่วยให้นักเรียนจำได้แล้ว การใช้คำถามของครูจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้นด้วย

2) ทำไมแนวคิดเหล่านี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ ครูพิมกล่าวว่าเนื่องจากนักเรียนจะต้องได้นำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในการสอบแข่งขันและเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอบแข่งขันเนื่องจากโรงเรียนเป็นโรงเรียนที่มีชื่อเสียงดังนั้นการสอนเนื้อหาพื้นฐานที่มีทั้งในข้อสอบต่าง ๆ และยังเป็นเนื้อหาที่นักเรียนต้องนำไปใช้ในระดับสูงขึ้น ซึ่งครูจำเป็นที่ต้องสอนให้ครอบคลุมเนื้อหาที่หลักสูตรกำหนดเป็นอย่างน้อย

3) แนวคิดอื่นในประเด็นที่ผู้สอนรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้ ครูพิมกล่าวว่าส่วนใหญ่แล้วเนื้อหาเรื่องนี้จะใช้เวลาในการจัดกิจกรรมนานในส่วนที่ให้นักเรียนได้ลงมือต่อวงจรจริงดังนั้นเนื้อหาที่นำมาเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่กำหนดในเอกสารคู่มือของ สสวท. นั้นก็มีบ้างแต่ส่วนมากจะสอนให้ครบตามเอกสารกำหนด

4) ความยาก/ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอน ครูพิมไม่ได้กล่าวว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้าโดยตรง แต่ครูพิมกล่าวว่าจากประสบการณ์การสอนเนื้อหานี้มานักเรียนแต่ละรุ่นจะประสบปัญหาคือการแปลไดอะแกรมของวงจรไฟฟ้าจากวงจรที่อยู่ในเอกสารหรือตำราเรียนมาปฏิบัติจริงลำบาก ถ้าเป็นวงจรที่ประกอบด้วยถ่านไฟฉาย 1 ก้อน หลอดไฟ 1 หลอด และสายไฟ 2 เส้น นั้นนักเรียนจะทำได้ แต่เมื่อกำหนดให้วงจรประกอบด้วยหลอดไฟจำนวนมากขึ้นและรูปแบบการต่อมีทั้งแบบอนุกรมและขนาน นักเรียนจะเริ่มประสบปัญหาคือจากการไล่เรียงสายไฟที่ต้องใช้จริงทำให้นักเรียนต้องการสายไฟจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อต้องมีการนำอุปกรณ์วัดปริมาณไฟฟ้าเข้ามาในวงจรด้วยแล้วจะทำไม่ค่อยได้เมื่อมีการกำหนดจำนวนหลอดไฟเพิ่มขึ้น

5) แนวคิดของผู้เรียนในเนื้อหาที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา ครูพิมกล่าวว่าเนื้อหาเรื่องนี้ถ้าไม่ได้ลงมือสังเกตจากปรากฏการณ์จริงจะทำให้ให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาได้เพราะถ้าจะให้สอนด้วยสูตรนั้นนักเรียนก็จะเรียนแบบจำและอาจจะจำได้เพียงบางส่วนเท่านั้นทำให้นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาโดยภาพรวมได้

6) ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา ครูพิมกล่าวว่านักเรียนหญิงจำนวนหนึ่งจะยังคงรู้สึกกลัวว่าการต่อวงจรไฟฟ้าจริง ๆ จากอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้จะเป็นอันตรายดังนั้นเขาเหล่านั้นจะไม่ค่อยกล้าลงมือทำ ซึ่งแน่นอนว่าจะส่งผลต่อความเข้าใจของนักเรียนเองด้วย ส่วนด้านความพอเพียงของวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นโรงเรียนค่อนข้างมีความพร้อม และปัญหาที่สำคัญคือนักเรียนจะยังคงใช้อุปกรณ์บางอย่างไม่เป็น เช่น กรณีรางถ่านที่มีจำนวนช่องสำหรับใส่ถ่าน 4 ก้อน แต่เมื่อครูกำหนดให้ใช้จำนวนถ่าน 2 ก้อนนักเรียนจะทำไม่ได้

7) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (เน้นการให้เหตุผลสำหรับการสร้างความสนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สืบเสาะแนวคิดนี้) ครูพิมจัดกิจกรรมตามคู่มือของ สสวท. และมีการเพิ่มเติมเนื้อหาบางประเด็นในบางเรื่องดังนั้นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้จริง ๆ แล้วก็ไม่ค่อยได้ดำเนินการตามนั้น แต่ยึดตามคู่มือ สสวท. มากกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูพิมได้นำมาให้

ผู้วิจัยก็พบว่าลักษณะของกิจกรรมจะไม่ได้ยึดตามรูปแบบการสอนวิธีใด จะกำหนดขั้นตอนแบบทั่วไป และเมื่อพิจารณาว่ากระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางหรือไม่ และสอดคล้องกับธรรมชาติเนื้อหาวิชาหรือไม่ผู้วิจัยเห็นว่าครูพิมพ์มีการใช้เทคนิคที่หลากหลาย เช่น ใช้คำถาม ให้นักเรียนวาดภาพ วางแผนแก้ปัญหา เขียนแผนภาพสรุปเนื้อหา ออกแบบการสืบค้น เป็นต้น

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสืบค้นและวิธีการแก้ปัญหาในกรณี
ที่หลอดไฟไม่สว่าง
2. ครูให้ความรู้เรื่องการวัดว่า การวัดผู้วัดจะต้องมีทักษะในการเลือกใช้เครื่องมือที่
เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด และให้นักเรียนศึกษาแบบฝึกเสริมทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทักษะการวัด เพิ่มเติมนอกเวลา
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลสืบค้น ควรได้ข้อสรุป ว่าหลอดไฟฟ้า
สว่างเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน เส้นทางที่กระแสไฟฟ้าผ่านได้ครบรอบ ซึ่งเรียกว่า วงจรไฟฟ้า
สิ่งที่บอกให้รู้ว่ามีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในวงจรหรือไม่ คือ ความสว่างของหลอดไฟ แต่ถ้าต้องกา
ทราบว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรมากน้อยเพียงใดต้องใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าอย่างง่าย
(แอมมิเตอร์) ครูสาธิตวิธีการวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้แอมมิเตอร์
4. นักเรียนฝึกวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้แอมมิเตอร์
5. ครูใช้ประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าในขั้นต่อไป ด้วยประเด็น
ต่อไปนี้
 - นักเรียนจะเขียนเส้นทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในวงจรอย่างไร
6. ให้นักเรียนศึกษาแผนภาพสัญลักษณ์ที่ใช้แทนอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบด้วย
ถ่านไฟฉาย สวิตช์ ออกไฟฟ้า มอเตอร์ สายไฟ หลอดไฟ เครื่องวัด
กระแสไฟฟ้าอย่างง่าย หรือแอมมิเตอร์

7. นักเรียนใช้สัญลักษณ์เขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าจากการต่อวงจรไฟฟ้าของนักเรียน
 กลุ่มให้นักเรียนนำเสนอ ครูให้คำชี้แนะและให้รายละเอียดเพิ่มเติมในการเขียนวงจรไฟฟ้าด้วย
 สัญลักษณ์ โดยใช้ตัวอย่างในแผนภาพการเขียนวงจรไฟฟ้าด้วยสัญลักษณ์ ประกอบการอภิปราย

8 ครูขยายขอบเขตความรู้เกี่ยวกับการเขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้า เพื่อให้นักเรียนเข้าใจ
 มากขึ้นโดยใช้ประเด็นต่อไปนี้

- การเขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์จะมีประโยชน์อย่างไร
- ถ้ากำหนดวงจรไฟฟ้าที่เป็นสัญลักษณ์ให้ นักเรียนสามารถนำอุปกรณ์มาต่อเป็น

วงจรไฟฟ้าได้หรือไม่

9. ครูอธิบายเพิ่มเติมกรณีการใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมายว่าจะต้องเขียนให้
 ถูกต้อง และชัดเจน

10. นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้ทั้งหมดเกี่ยวกับเรื่องวงจรไฟฟ้าและสัญลักษณ์
 ทางไฟฟ้าเป็นแผนผังความคิด

11. ครูให้นักเรียนตั้งคำถามที่อยากรู้เพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่การศึกษาในช่วงต่อไป ซึ่ง
 ครูอาจจะใช้คำถามเพื่อชี้แนะประเด็นก่อนก็ได้

12. นักเรียนทำแบบทดสอบประเมินผลหลังเรียน

13. นักเรียนทำแบบฝึกเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทักษะ
 การวัด (ส่งครูนอกเวลาเรียน)

8) วิธีการเฉพาะเพื่อสำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิดนี้ ครูพิมพ์ได้
 เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและใช้คำถามและการสังเกตในการรับรู้ว่าคุณสมบัติบรรลุ
 ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดในแต่ละครั้งหรือไม่ โดยพิจารณาจากผลของการปฏิบัติในการ
 ลงมือปฏิบัติ และผลที่เกิดจากการเขียนตอบคำถามในใบงานที่ครูกำหนดให้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานตามบริบทโรงเรียนต่อความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ของครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เป็นการวิจัยที่นำเสนอข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยโดยสรุปดังนี้

คำถามการวิจัย

1. ชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานตามบริบทโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์มีลักษณะอย่างไร
2. ครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ก่อนและหลังการเข้าร่วมการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างไร
3. ครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา หลังเข้าร่วมการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความรู้ศาสตร์การสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ อย่างไร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานตามบริบทโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอนของครูวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
2. เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ของครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ก่อนและหลังการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์การสอน

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ประชากร

1.1 ประชากร ได้แก่ ครูผู้สอนในโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 จำนวน 46 โรงเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 จำนวน 30 คน ในปีการศึกษา 2556 -2557 ซึ่งได้มาโดยการอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ และติดตามการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับครู 3 คน ในปีการศึกษา 2558

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจำแนกตามลักษณะของการใช้ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตัวอย่าง 4 เรื่อง ที่ใช้ในการจัดอบรม จำนวน 4 วัน รวมเป็นเวลาทั้งหมด 24 ชั่วโมง ดังนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จัดการเรียนรู้ด้วยการสอนการคิดแบบอุปนัยร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม จำนวน 6 ชั่วโมง

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เสริมด้วยเทคนิค POE และเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย จำนวน 6 ชั่วโมง

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เสริมด้วยการเรียนรู้ร่วมมือแบบร่วมกันคิด จำนวน 6 ชั่วโมง

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับกลวิธี KWL จำนวน 6 ชั่วโมง

2. แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ 4 เรื่อง แบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก เรื่องละ 15 ข้อ ดังนี้

2.1 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ปรับปรุงจาก Force Concept Inventory (FCI) พัฒนาขึ้นโดย Hestenes, Wells and Swackhamer (1992)

2.2 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ปรับปรุงจาก the Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concepts Test (DIRECT) ที่พัฒนาขึ้นโดย Engelhardt and Beichner (2004)

2.3 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า ปรับปรุงจาก Conceptual Survey of Electricity and Magnetism [CSEM] ที่พัฒนาโดย David P. Maloney, Thomas L. O’Kuma, Curtis J. Hieggelke, และ Alan Van Heuvelen (2001)

2.4 แบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการศึกษาความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดาราศาสตร์จากผลงานวิจัย

3. แบบวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (Content Representation; CoRE) ซึ่งประกอบด้วยคำถามสำคัญ 8 คำถามประกอบด้วย 1. แนวคิดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ 2. ทำไมแนวคิดเหล่านี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ 3. แนวคิดอื่นในประเด็นนี้ที่ผู้สอนรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้ 4. ความยาก/ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอน 5. แนวคิดของผู้เรียนในเนื้อหาที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา 6. ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหา 7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (เน้นการให้เหตุผลสำหรับการสร้างความสนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สืบเสาะแนวคิดนี้) 8. วิธีการเฉพาะเพื่อสำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิด ซึ่งพัฒนาโดย Loughran, Berry และ Mulhall (2006)

4. แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นข้อคำถามตาม CoRE และคำถามจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ของครู

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ดำเนินการวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ก่อนจัดกิจกรรมการอบรม เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แม่เหล็กไฟฟ้า ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

2. ดำเนินการจัดอบรม 4 วัน ปีการศึกษา 2556 และ 2557

3. เมื่อดำเนินการจัดอบรมเรียบร้อยแล้ว ดำเนินการดังนี้

3.1 ทำการวัดมโนคติวิทยาศาสตร์หลังการอบรมกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบวัดมโนคติฉบับเดิม

3.2 วิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (Content Representation; CoRE) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ และสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. นำผลการวัดมโนคติ ก่อนและหลังการจัดอบรมมาหาค่าเฉลี่ย เลขคณิต ($\bar{X}$), เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ร้อยละ (%) นำเสนอด้วยการพรรณนามโนคติวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 เรื่อง
2. เปรียบเทียบมโนคติ วิทยาศาสตร์ทั้ง 4 เรื่อง ก่อนและหลังการจัดอบรม โดยพิจารณาคะแนนจากการทำแบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์เป็นเกณฑ์ “ผ่าน” เมื่อครูมีคะแนนมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และ “ไม่ผ่าน” เมื่อครูมีคะแนนต่ำกว่าและเท่ากับร้อยละ 50
3. นำผลการวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (Content Representation; CoRE) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ และสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ของผู้เรียนมา นำเสนอด้วยการพรรณนา

สรุปและอภิปราย

ผลการวิจัยสรุปได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นที่สอนตรงวุฒิหรือไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมมีมโนคติวิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ มโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า มโนคติวิทยาศาสตร์เรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

ซึ่งการที่ครูที่สอนตรงวุฒิหรือไม่ตรงวุฒิมีมโนคติวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันและมีมโนคติคลาดเคลื่อนโดยทั่วไปเหมือนกันนั้นอาจเนื่องมาจากครูได้รับการสอนด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหาเหล่านี้โดยเฉพาะการท่องจำกฎ หลักการ และแก้โจทย์ปัญหาด้วยการแทนค่าตัวเลขในสมการโดยไม่ค่อยได้มีโอกาสในการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือการจัดการเรียนการสอนอาจขาดการให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยข้อเท็จจริง (Fact) และความคิด (Idea) แนวความคิดหลัก (Concept) หลักการ กฎ และทฤษฎี ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องมาเป็นเวลาอันยาวนานอย่างต่อเนื่อง ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ที่ผ่านการสังเกต การคิด การสำรวจ การทดลอง และการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยบุคคล และองค์กร นักวิทยาศาสตร์รวบรวมข้อมูลหลายวิธี เช่น สังเกตจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เก็บตัวอย่าง และการทดลองในบางสถานการณ์นักวิทยาศาสตร์สามารถควบคุมเงื่อนไขตามเจตนาอย่างแม่นยำเพื่อให้ได้รับหลักฐาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) ดังนั้นการได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ไม่สอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ครูมี

มโนคติวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเปิดเผยว่า ผู้เรียนที่เข้ามาเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นยังยึดถือความรู้เดิมที่มีติดตัวเข้ามาและแนวความเชื่อเหล่านั้นยังไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะมีการเรียนการสอนผ่านไปแล้ว ซึ่งมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้จำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไข ความรู้เดิมของผู้เรียนส่วนใหญ่เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวนั้นแตกต่างจากความรู้ที่อธิบายโดยนักวิทยาศาสตร์ (Bagno, Eylon, & Ganiel, 2000; Duit & Treagust, 1995; McDermott, 1991; Pfundt & Duit, 1991; Sokoloff & Thornton, 1997) ซึ่งการบอกไม่ใช้การสอนและการฟัง อย่างเดียวนั้นไม่ใช้การเรียนรู้ (Loughran, Berry & Mulhall, 2006)

2. เมื่อได้เข้าร่วมกิจกรรมการอบรมครูมีมโนคติเปลี่ยนไป 3 เรื่อง ได้แก่ แรงและการเคลื่อนที่ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนคติเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างไรก็ตามในงานวิจัยครั้งนี้มีการศึกษาผลการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการอบรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้วิจัยได้ศึกษาความรู้เดิมผู้เรียนจากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่มีการศึกษาความรู้เดิมผู้เรียนที่ส่วนใหญ่เป็นมโนคติที่ไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งผลจากการศึกษาความรู้เดิมผู้เรียนในบริบทของประเทศไทยนั้นพบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นเหล่านี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของต่างประเทศ (Peters, 1984; Eylon & Bagno, 1997; Bagno, Eylon, & Ganiel, 2000; Maloney et al., 2001) การออกแบบกิจกรรมการอบรมในงานวิจัยครั้งนี้มีการวิเคราะห์เนื้อหาที่จะนำมาพัฒนาเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตัวอย่างจากหลักสูตรว่าประกอบด้วยเนื้อหาประกอบด้วยสาระสำคัญอะไรบ้าง มีการวิเคราะห์ความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะสอนจากการศึกษาหรือการวิจัยต่าง ๆ เพราะความรู้เดิมของผู้เรียนส่วนใหญ่เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวนั้นแตกต่างจากความรู้ที่อธิบายโดยนักวิทยาศาสตร์ (Bagno, Eylon, & Ganiel, 2000; Duit & Treagust, 1995; McDermott, 1991; Pfundt & Duit, 1991; Sokoloff & Thornton, 1997) เพื่อให้ครูได้คำนึงถึงความรู้เดิมของผู้เรียนเพราะความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีนั้นยากต่อการเปลี่ยนแปลง เฉพาะการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับการออกแบบเนื้อหาให้เหมาะสมกับผู้เรียนและมีการนำความรู้เดิมผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ถึงจะช่วยให้ผู้เรียนยอมรับในองค์ความรู้ใหม่ (Clement et al, 1989; Hammer 1996, 2000; Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994) จากรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเปิดเผยว่าผู้เรียนที่เข้ามาเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์นั้นยังยึดถือความรู้เดิมที่มีติดตัวเข้ามาและแนวความเชื่อเหล่านั้นยังไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะมีการเรียนการสอนผ่านไปแล้ว ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการทำการศึกษาวิจัยให้เข้าถึงจุดที่ผู้เรียนนั้นยังมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง (Fisher, 1985)

นอกจากวิเคราะห์หลักสูตรและความรู้เดิมของผู้เรียนแล้ว ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์จุดมุ่งหมายการเรียนการสอนและวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีลำดับขั้นตามเอกสารงานวิจัยของ Leach และ Scott (2002) โดยเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายเพื่อให้

สอดคล้องกับธรรมชาติการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเข้าร่วมกิจกรรม โดยเน้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างเป็นองค์ความรู้เป็นความรู้ประเภท ข้อเท็จจริง มโนคติ หลักการ กฎ แนวคิดและทฤษฎี ซึ่งเป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด (กรมวิชาการ, 2546: 4) การจัดกระบวนการเรียนการสอนมุ่งเน้นการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดมีขั้นตอนการเรียนการสอนตามหลักวิชาการ โดยที่มีการเริ่มต้นด้วยการทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้คำถามประกอบภาพ วิดีโอ เป็นขั้นสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ จากนั้นมีการนำเสนอกรณีหรือตัวอย่างข้อมูล สถานการณ์ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด แล้ววางแผนดำเนินการหาคำตอบหรือพิสูจน์คำตอบด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นให้ผู้เรียนทำการสังเกต ค้นคว้า วิเคราะห์ รวบรวมข้อมูลโดยผู้สอนอาจให้ข้อมูลเพิ่มเติม หรือใช้วิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดค้นต่อไปโดยการตั้งคำถาม การสาธิตเพิ่มเติม ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิดวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อย เพื่อจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันโดยเน้นให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่มอย่างทั่วถึง และทำการสรุปส่วนสำคัญจากการรวบรวมข้อมูลเป็นแนวคิดรวบยอด นิยาม กฎเกณฑ์หรือสูตร ด้วยตัวผู้เรียน และมีการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนให้เกิดการพัฒนา นำหลักการไปใช้แก้ปัญหา ทำแบบฝึกหัดจากแนวคิดต่าง ๆ ผู้สอนเสนอตัวอย่างหรือความคิดใหม่ ๆ ที่หลากหลายมาให้ผู้เรียนใช้ในการฝึกความรู้ ข้อสรุปไปใช้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือเป็นการประเมินว่าผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ (ทิตินา แชมมณี, 2547: 340; Lardizabal et al., 1970)

เมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ได้ออกแบบตามหลักวิชาการ ดังกล่าวจึงทำให้ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนการคิดเชิงเหตุผลอย่างมีระบบ ได้เรียนรู้ขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวกับจิตวิทยาอย่างแท้จริงและจดจำได้ยาวนาน (ยุพิน พิพิธกุล, 2527; Lardizabal et al., 1970) ช่วยให้ผู้เรียนได้ทั้งเนื้อหาความรู้และกระบวนการ คิด (ทิตินา แชมมณี, 2547) เป็นวิธีการที่ฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการสังเกต ผู้เรียนถูกฝึกให้คิดอย่างมีตรรกะ และเป็นวิทยาศาสตร์และ หลักวิทยาศาสตร์ สรุปด้วยตนเองอย่างมีเหตุผลอันจะเป็นเครื่องมือสำคัญของการเรียนรู้ซึ่งใช้ได้ดีกับการสอนวิทยาศาสตร์ (ชาญชัย อาจิสมาจาร, 2547; สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ, 2547)

3. ผลการวิเคราะห์การวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (CoRE) แผนการจัดการเรียนรู้และวิธีการสัมภาษณ์ ของครูวิทยาศาสตร์ 3 คนที่สมัครใจเข้าร่วมในกระบวนการในระยะติดตามผลพบว่าครูทั้ง 3 คนมีความรู้เนื้อหาบูรณาการศาสตร์การสอนเนื้อหาเฉพาะทั้งในมุมมองที่เหมือนและมุมมองที่ต่างกัน

ซึ่งในประเด็นที่มีความคล้ายคลึงกันคือแนวคิดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ซึ่งครูทั้ง 3 คน จะยึดเนื้อหาหลักจากสาระการเรียนรู้แกนกลางจากหลักสูตรกำหนดสำหรับนักเรียนแต่ละระดับชั้น ส่วนรายละเอียดเนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูทั้ง 3 คนยึดตามคู่มือหนังสือเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของ สสวท. และแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าครูทั้ง 3 คนให้ความสำคัญกับการเตรียมเนื้อหาที่สอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตรและตัวชี้วัด ส่วนประเด็นทำไมแนวคิดหรือเนื้อหาที่เรียนจึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้นั้นครูทั้ง 3 คนมีมุมมองคล้ายเคียงกันคือเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานในการเรียนในระดับชั้นสูงขึ้นแต่ไม่ได้ระบุว่าเนื้อหาดังกล่าวเป็นอย่างไร ซึ่งเฉพาะครูแพงเท่านั้นที่ให้เหตุผลเชิงเนื้อหาว่าสำคัญอย่างไร ในมุมมองเกี่ยวกับมีแนวคิดอื่นในเนื้อหานั้น ๆ ที่ผู้สอนรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้หรือไม่ ครูทั้ง 3 คนจะเน้นเนื้อหาเฉพาะที่หลักสูตรกำหนด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเนื้อหาที่ผู้สอนรับผิดชอบในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นนั้นไม่ได้แยกสาขาวิชาออกเป็น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยาศาสตร์ แม้แต่ครูที่จบมาในสาขาวิชาเฉพาะเองก็ไม่ได้ระบุว่าเนื้อหาที่ตนเองรู้แต่ไม่ต้องการให้ผู้เรียนรู้ โดยเน้นเพียงสอนหรือจัดกิจกรรมให้ครอบคลุมตามที่หลักสูตรกำหนดก็เพียงพอแล้วเนื่องจากเนื้อหามีจำนวนมาก ซึ่งความรู้ในเนื้อหาที่แตกต่างจากที่หลักสูตรกำหนดนั้นครูไม่ได้ระบุ ส่วนประเด็นความยาก/ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอนนั้นครูทั้ง 3 คนเสนอมุมมองในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือเนื้อหาที่เป็นเชิงทฤษฎีที่นักเรียนต้องใช้จินตนาการและไม่สามารถสังเกตหรือพบเห็นได้โดยตรง และเนื้อหาดังกล่าวเป็นเนื้อหาที่กำหนดเป็นตัวแทนของข้อมูลจำนวนมากซึ่งการนำเสนอเป็นเพียงตัวแทนความคิดที่นักวิทยาศาสตร์พยายามใช้คำอธิบายที่มีความหมายครอบคลุมข้อมูลต่าง ๆ ดังนั้นการนำเสนอด้วยสัญลักษณ์หรือรูปแบบทางคณิตศาสตร์อาจยากสำหรับนักเรียนที่มีพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นเกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียนในเนื้อหาที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหาที่ครูจะสอนที่ครูทั้ง 3 คนยังไม่ค่อยสังเกตหรือมีข้อมูลเกี่ยวกับความรู้เดิมหรือในประเด็นที่เป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่จะเรียนของผู้เรียนในเชิงลึก ส่วนในประเด็นปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อการสอนเนื้อหานี้ของผู้เรียนนั้นครูจะเน้นไปทางด้านวุฒิภาวะของผู้เรียน/พื้นฐานความรู้ของผู้เรียน สภาพห้องเรียน เวลาเรียนกับเนื้อหาที่มีจำนวนมากและวัสดุอุปกรณ์ที่มีจำกัด

ซึ่งจากเหตุผลที่กล่าวมาทำให้ครูทั้ง 3 ท่านเลือกแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเอกสารและตำราที่มีหน่วยงานพัฒนาขึ้นเนื่องจากเชื่อว่าเนื้อหาต่าง ๆ ที่หนังสือเหล่านั้นนำเสนอครอบคลุมตามมาตรฐานหลักสูตรโดยที่ไม่ค่อยได้วางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ตนเองพัฒนาขึ้นหรือปรับปรุงมาจากวิธีการที่น่าสนใจจากหลากหลายแหล่งข้อมูล โดยพิจารณาจากความเหมาะสมกับผู้เรียนและบริบทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงการที่ยังไม่มีความรู้ในนวัตกรรมที่เป็นวิธีสอน เทคนิคการสอนอื่นนอกเหนือจากที่เอกสารหรือคู่มือวิทยาศาสตร์กำหนดไว้ ถ้าต้องการให้ครูสามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับระดับผู้เรียนและธรรมชาติของเนื้อหาวิชาอาจต้องจัดกิจกรรมที่ทำให้ครูมีความรู้ด้านวิธีสอน เทคนิคการสอนที่หลากหลายที่ครูสามารถนำไปปรับ

ใช้กับเนื้อหาวิชาและระดับชั้นของผู้เรียนได้ ส่วนวิธีการเฉพาะที่ครูใช้สำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิดส่วนใหญ่จะเป็นการใช้คำถามโดยการตอบของนักเรียนอาจเป็นการตอบปากเปล่า การเขียนอธิบายด้วยข้อความหรือรูปภาพที่แสดงว่านักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างไร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ผลการ

1. วิธีการนำเสนอกิจกรรมในบางขั้นตอนการสอนในครั้งนี้อาจเนื้อหาผู้วิจัยไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมลงมือปฏิบัติการด้วยอุปกรณ์โดยตรงซึ่งทำให้ผู้เข้ารับการอบรมไม่ได้สังเกตปรากฏการณ์จากวัสดุอุปกรณ์โดยตรงในบางกิจกรรม เช่น แรงและการเคลื่อน ผู้วิจัยจึงนำเสนอข้อมูลของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยการใช้วิดีโอการทดลอง ดังนั้นในการประยุกต์วิธีการสอนไปใช้กับนักเรียนครูควรมีการปรับกิจกรรมตามความเหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและสภาพห้องเรียนและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวย

2. ในการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้มีระยะเวลาที่จำกัด แต่ผู้วิจัยต้องการให้ผู้เข้าร่วมการอบรมมีประสบการณ์การเรียนรู้ในประเด็นวิธีการสอนที่หลากหลายที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และต้องการให้ครูมีความรู้และเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่มีรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (สาขาวิชาฟิสิกส์) พบว่าทั้งนักเรียนและครูจำนวนหนึ่งยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในประเด็นเหล่านั้นจำนวนมาก ซึ่งรายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละประเด็นที่ผู้วิจัยเลือกมามีจำนวนมากแต่เวลาในการจัดอบรมมีจำกัด การนำวิธีการสอนไปปรับใช้กับเนื้อหาควรปรับปริมาณเนื้อหาให้เหมาะสมตามที่หลักสูตร(สถานศึกษา)กำหนด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์ในประเด็นอื่น ๆ ของครู เนื่องจากความรู้ในเนื้อหาส่งผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู ซึ่งเมื่อครูมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนประเด็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนเหล่านั้นก็จะถูกถ่ายทอดต่อไปยังผู้เรียน

2. ควรมีการศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่เหมาะสมกับบริบทเนื้อหาวิชาและระดับผู้เรียน ทั้งประเด็นการตรวจสอบและตระหนักในแนวคิดของผู้เรียนที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดขั้นสูงในการค้นพบหรือสร้างองค์ความรู้ในประเด็น/เนื้อหาต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และ วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2548). แนวทางการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ : การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ ปีที่ 20 ฉบับที่ 2, 31-48.
- จริยา สุจารีกุล. (2550). วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แปลจาก Science as inquiry. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ม.ป.ป.). เอกสารหลักสูตรอบรมแบบ e-Training กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับผู้สอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2557 จาก http://www.krukird.com/TEPE_02106.pdf
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2547). รูปแบบการเรียนรู้การสอนทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพมหานคร: ด้านสุขภาพการพิมพ์.
- ทิตนา แคมมณี. (2550). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ด้านสุขภาพการพิมพ์.
- บัญญัติ ชำนาญกิจ. (2542). กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. นครสวรรค์: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.
- ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ. (2525). เอกสารหน่วยการเรียนรู้การสอนธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์.บุรีรัมย์: วิทยาลัยครูบุรีรัมย์.
- ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2542). ความรู้คู่คุณธรรม : รวมบทความเกี่ยวกับคุณธรรม จริยธรรม และการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์. (2550). การศึกษาการเปลี่ยนมโนคติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องหน้าที่ยีน โดยใช้กรอบการตีความหมายมิตติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พันธ์ ทองชุมนุ. (2547). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

- พิมพ์นธ์เดชะคุปต์และเพียรยีนดีสุข. (2550). ทักษะ 5C เพื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภพ เลหาไพบุรย์. (2540). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.
- มังกร ทองสุตดี. (2535). การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ ฐมชัย. (2534). วิธีสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [สทศ.]. (2558). O-NET. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2558 จาก <http://www.niets.or.th/th/catalog/view/241>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2554). เอกสารการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์: กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558). โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท.สืบค้นเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2558 จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/>
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2558). รายงานผลการศึกษาศถานภาพการผลิตและพัฒนาครูในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: พรินทวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ
- สุพิน บุญชูวงศ์. (2538). หลักการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.
- สุภาสินี สุภธีร. (2545). เอกสารประกอบการบรรยายวิชา 215710. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุวัฒน์ วัฒนวงศ์. (2538). จิตวิทยาการเรียนรู้ผู้ใหญ่. (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2517). การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพมหานคร : วัฒนาพานิช.

- _____. (2531). **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้**. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊กส์เซนเตอร์.
- สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. (2547). **เรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2540). **การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา**. ปัตตานี: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- สุเทพ อูสาหะ. (2527). **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- สุโขทัยธรรมมาธิราช. (2532). เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาการการสอน หน่วยที่ 1-7. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- อรรถพล คำภู (2543). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบอุปนัยวิธีการสอนแบบนิรนัย และวิธีการสอนตามคู่มือครู**. ปรินญาณิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2001). **Science for all Americans Project 2061**. New York: Oxford University Press.
- Bagno, E., Eylon, B.-S., & Ganiel, U. (2000). From fragmented knowledge to a knowledge structure: Linking the domains of mechanics and electromagnetism. **American Journal of Physics**, 68(7), S16-S26.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. **American Journal of Physics**, 50 (1), 66-71.
- Cohen, I.B. (1964). **From Copernicus to Newton: the development of New Physics**. Tran. By Stanislaw Szpikowski Warsaw: Wiedza Powszechna. Polish translation Cohen 1960.
- Cochran, K. F., Deruiter, J. A., & King, R. A., (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. **Journal of Teacher Education**. 44 (4): 263- 272.
- Davis, J. (2001). Conceptual Change. In M. Orey (Ed.). **Emerging perspectives on learning, teaching, and technology**. Retrieved 07 October 2014, from <http://projects.coe.uga.edu/epltt>

- Duit, R., & Treagust, D. F. (1995). Students' conceptions and constructivist teaching approaches. In **Improving science education** (pp. 46-69). Chicago: National Society for the Study of Education: University of Chicago Press.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model : A Proposed 7E Model Emphasizes Transferring Learning and the Importance of Eliciting Prior Understanding. **The Science Teacher**, 70(6), 56-59.
- Eggen, P.C., Donald, P. Kauchak; & R., J. Harder, (1979). **Strategies for teachers Information Processeng Models in the Classroom**. New Jerrey: Englewood Cliffs Prentice-Hall.
- Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (2004). Teachers' understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics**, 72(1), 98-115.
- Fernandez-Balboa, J., & Stiehl, J., (1995). The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. **Teaching and Teaching Education**. 11 (3): 293-306.
- Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. **Journal of Research in Science Teaching**, 22(1), 63-72.
- Fosnot, C. T., (1996). Constructivism: A psychological theory of learning. In C. T. Fosnot (Ed.), **Constructivism: Theory, perspectives, and practice** (pp. 8-33). New York: Teachers College Press.
- Fuengfung, S., Narjaikaew, P. & Arayathanitkul, K. (2007, November). Promoting student perception on simple electric dc circuit using hands-on activity. Paper presented at **ICASE Asian Symposium 2007 Science Education for All: Towards Sustainable Development Regardless of Resource**, Pattaya, Thailand.
- Gabel, D. L. & Bunce, D. M. (1994). Research on problem solving: Chemistry. In D. Gabel (Ed.), **Handbook of Research on Science Teaching and Learning** (pp. 301–316), New York: Macmillan Publishing Company.
- Geddis, A. N., & Wood, E., (1997). Transforming subject matter and managing dilemmas: A case study in teacher education. **Teaching and Teacher Education**. 13 (6): 611- 626.

- Grossman, P. L. 1989. A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary English. **Journal of Teacher Education**. **40** (5): 24-31.
- Hassard, J. (1999). วิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้, (จริยา สุจารีกุล, 2550,ผู้แปล). กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- Khan, S. (2012, October 2). **Why Long Lectures Are Ineffective**. Retrieved on July 1, 2015 from <http://ideas.time.com/2012/10/02/why-lectures-are-ineffective/>
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. **American Journal of Physics**, **53**(11), 1043-1048.
- Haysom, J. & Bowen, M. (2010). **Predict- Observe- Explain Activities Enhancing Scientific Understanding**. America: The National Science Teachers Association.
- Heinmiller, L. E. (1925). **A First Book in Education [E-reader Version]**. New York: Century.
- Hestenes, Wells & Swackhamer (1992). Force Concept Inventory. **The Physics Teacher**, **30**, 141-158
- Joyce B., & Weil, M. (1986). **Models of teaching** (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hal
- Loughran, J., Berry, A., and Mulhall, P., (2006). **Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge**. The Netherland: Sense Publication.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. 1999. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In **J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), Examining pedagogical content knowledge** (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Heuvelen, A. V. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. **American Journal of Physics**, **69**(7), S12-S23.
- McComas, W. F. (2008). The Nature of Science in Popular Books on the Subject: Lessons for Science Education. In **Lee, Y. J. & Tan, A. L. (Eds.) (2008) Science education at the nexus of theory and practice**. Rotterdam: Sense Publishers.

- Middendorf, J., and Kalish, A. (1996). The change-up in lectures. **National Teaching and Learning Forum** 5 (2): 1–5.
- National Research Council (1996). **National science education standards**. Washington, DC: National Academic Press.
- Peterson, R.F. and Treagust, D.F. (1989). 'Grade-12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure. **Journal of chemical education**, 66(6), 459-60.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1991). Bibliography. **Students' alternative frameworks and science education** (3rd Ed.). Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.
- McDermott, L. C. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned—closing the gap. **American Journal of Physics**, 59(4), 301–315
- Schulte, P.L. (1996, November-December). Definition of Constructivism. **Science Scop**, 25-27.
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. **American Journal of Physics**, 60(11), 1003-1013.
- Shulman, L. S. 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, 15(2), 4-14.
- Sergiovanni, T. (2001). **Leadership: What's in it for Schools?** London, Routledge Falmer.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. **Physics Teacher**, 35(6), 340-347.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. **Teaching & Teacher Education**, 4, 99-110.
- Tanahoung, C., Chitaree, R., & Soankwan, C. (2008). Surveying introductory physics students' understanding of heat and temperature. **Thai Journal of Physics**, 3, 165-166.
- Trowbridge L. W., Bybee R. W. (1996). **Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Unesco. (1996). **Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-First Century.** สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2557, จาก http://www.unesco.org/education/pdf/15_62.pdf
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. 1998. Developing science teachers' pedagogical content knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, **35**(6), 673- 695.
- Wandersee, J. H. (1985), Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconceptions? **Journal of Research in Science Teaching** , **23**(7), p.581-597
- Wadsworth, B. J. (2004). **Piaget's theory of cognitive and affective development: Foundations of constructivism.** Longman Publishing.
- Zemba-Saul, C. A., Starr, M. L., & Krajcik, J. S. 1999. Constructing a framework for elementary science teaching using pedagogical content knowledge. In **J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), Examining pedagogical content knowledge.** (pp. 237-256). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

ภาคผนวก ก

ชุดการจัดการอบรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสอนการคิดแบบอุปนัยร่วมกับการเรียนแบบ ร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เวลา 6 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจเข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็ก แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 4.1 ป. 3/1 ทดลองและอธิบายผลของการออกแรงที่กระทำต่อวัตถุ

ว 4.1 ป. 3/2 ทดลองการตกของวัตถุสู่พื้นโลกและอธิบายแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ

ว 4.1 ม. 2/1 ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ

ว 4.1 ม. 3/1 อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

ว 4.1 ม. 3/2 ทดลองและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 4.2 ม.3/3 สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวตรงและแนวโค้ง

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือ ที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ป. 3/2 วางแผนการสังเกต เสนอการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้า คาดการณ์ สิ่งที่จะพบจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ป. 3/3 เลือกอุปกรณ์และวิธีการสำรวจตรวจสอบที่ถูกต้องเหมาะสมให้ได้ผลที่ครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ป. 3/4 บันทึกข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ วิเคราะห์และตรวจสอบผลกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้นำเสนอผลและข้อสรุป

ว 8.1 ป. 3/6 แสดงความคิดเห็นและสำรวจสิ่งที่ได้เรียนรู้

ว 8.1 ม. 1-3/8 บันทึกและอธิบายการสังเกตตรวจสอบและค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

2. สาระสำคัญ

เมื่อมีแรงที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่โดยวัตถุที่หยุดนิ่งจะเคลื่อนที่และวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทางนั้นเป็นการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง แต่เมื่อแรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุที่หยุดนิ่ง วัตถุนั้นจะหยุดนิ่งตลอดไปและถ้าวัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวก็เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวตลอดไป เมื่อมีแรงใดๆที่กระทำต่อวัตถุที่จุดใดจุดหนึ่งจะมีแรงที่กระทำโต้ตอบที่จุดเดียวกันโดยมีขนาดกัน แต่มีทิศทางตรงข้าม การเคลื่อนที่ของวัตถุมีทั้งการเคลื่อนที่ในแนวตรงและการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

1. อธิบายผลที่เกิดกับวัตถุที่ได้รับแรงกระทำในลักษณะต่าง ๆ
2. อธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ แรง ความเร่ง ความเร็ว
4. อธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุ
5. อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวตรงและแนวโค้ง

ด้านกระบวนการ (Process)

1. ทดลองและอภิปรายการตกของวัตถุสู่พื้นโลกและอธิบายแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ /ทักษะการคิด)
2. ทดลอง สังเกต และบันทึกผลสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ได้รับแรงกระทำในลักษณะต่าง ๆ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์/ทักษะปฏิบัติ)
3. อภิปรายความสัมพันธ์ปริมาณทางเกี่ยวกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ (กระบวนการคิด)

4. ทดลองและอภิปรายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์/กระบวนการคิด)
5. นำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยชิ้นงานและวาจา (กระบวนการสื่อสาร)
6. ทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการร่วมกัน (กระบวนการกลุ่ม/สังคม)

ด้านคุณลักษณะ (Attribute)

1. มีความตั้งใจ มีความรับผิดชอบต่อน้ำที่ที่ได้รับมอบหมาย และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในกระบวนการเรียนรู้
2. มีระเบียบวินัยในการทำงาน รักษาความสะอาดห้องเรียนและสถานที่ปฏิบัติกิจกรรม

4. สารการเรียนรู้

4.1 ความเข้าใจการเคลื่อน (Clement, 1982; Hestenes, Well & Swackhamer, 1992; Halloun & Hestenes, 1985)

4.1.1 Alistotelian Physics อริสโตเติลนิยาม “การเคลื่อนที่” เป็นการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเมื่อเทียบกับผู้สังเกต

4.1.1.1 วัตถุเคลื่อนที่ได้เมื่อมีตัวกลาง ดังนั้นวัตถุไม่สามารถเคลื่อนที่ในสุญญากาศได้
 4.1.1.2 วัตถุจะเคลื่อนที่ได้ เมื่อมีแรงกระทำ วัตถุจะหยุดนิ่งเมื่อไม่มีแรงกระทำ
 4.1.1.3 วัตถุหนักประกอบด้วยดินและน้ำ ส่วนวัตถุที่เบาประกอบด้วยอากาศและไฟ
 4.1.1.4 ความเร็วการตก (speed) ของวัตถุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักของวัตถุ และมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการตก หาได้จาก $v = D/T$ เมื่อ D เป็นระยะทางการตก; T เป็นระยะเวลาที่ใช้ในการตก และความเร็วการตกเป็นส่วนกลับกับแรงต้านของตัวกลาง (เช่น อากาศ น้ำ) ซึ่งขึ้นกับขนาดและรูปร่างของวัตถุและความหนาแน่นของตัวกลาง $v = W/R$ เมื่อ W เป็นน้ำหนักของวัตถุ; R เป็นแรงต้านจากตัวกลาง ดังนั้นวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะตกด้วยความเร็วมากกว่า

4.1.1.5 วัตถุเคลื่อนที่เมื่อได้รับแรงภายนอกที่มาจากสิ่งมีชีวิตที่เชื่อมต่อหรือสัมผัสกับวัตถุนั้นตรง ๆ เท่านั้น ส่วนสิ่งไม่มีชีวิต (เช่น อากาศ) นั้นต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่ไม่ได้ออกแรงกระทำต่อวัตถุ

4.1.1.6 วัตถุจะเคลื่อนที่เมื่อแรงที่กระทำมีค่ามากกว่าความเฉื่อยของวัตถุ
 4.1.1.7 ความเร็วการเคลื่อนที่เป็นสัดส่วนกับขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ดังนั้นความเร็วของวัตถุเพิ่มขึ้นหมายถึงขนาดของแรงกระทำต่อวัตถุเพิ่มขึ้น

4.1.1.8 วัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะตกลงมาด้วยความเร็วที่มากกว่า

4.1.1.9 เมื่อวัตถุขนาดใหญ่ชนกันกับวัตถุขนาดเล็กกว่า วัตถุใหญ่กว่าจะออกแรงชนมากกว่าวัตถุขนาดเล็ก

4.1.1.10 วัตถุที่เคลื่อนที่ขณะชนจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่อยู่นิ่ง

4.1.2 Motive Force (Impetus Physics)

4.1.2.1 วัตถุเคลื่อนที่ได้ต้องมีแรงมากระทำ ดังนั้นการที่วัตถุเคลื่อนที่ได้หลังจากที่ถูกขว้างออกไปนั้นเนื่องมาจากมีแรงขับเคลื่อน (motive force) จากตัวมันเองซึ่งจะค่อยๆ ลดลงเนื่องจากแรงต้านจากตัวกลางที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่าน

4.1.2.2 การเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากถูกขว้างออกไปในอากาศมี 3 ช่วง ช่วงแรกวัตถุเคลื่อนที่ออกไปด้วยแรงขับเคลื่อนของมันเองในแนวระดับ ซึ่งเป็นแรงที่ชนะแรงโน้มถ่วง ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงจนแรงขับเคลื่อนนั้นหมดลงเส้นทางการเคลื่อนที่จะเริ่มโค้งลง และช่วงที่ 3 วัตถุจะตกลงสู่พื้นในแนวตั้งตามธรรมชาติซึ่งไม่มีแรงกระทำ

4.1.2.3 เหยี่ยวขณะเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากที่ถูกโยนขึ้น ได้รับแรงกระทำจากมือซึ่งแรงนั้นมีค่ามากกว่าแรงโน้มถ่วง คือแรงมีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่

4.1.2.4 ขณะที่เหยี่ยวเคลื่อนที่ไปถึงจุดสูงสุดก่อนจะตกลงสู่พื้น ไม่มีแรงกระทำต่อเหยี่ยว เพราะไม่มีการเคลื่อนที่

4.1.3 อื่น ๆ

4.1.3.1 ความเร็วทำให้เกิดแรง

4.1.3.2 ลูกบอลจะมีแรงกระทำในขณะที่คนถือมันไว้ ซึ่งถ้าปล่อยมันจะหล่นทันที แต่ลูกบอลที่วางไว้บนโต๊ะนั้นไม่มีแรงใดมากระทำ ซึ่งถ้าปล่อยลูกบอลมันยังคงนิ่งอยู่ที่เดิม

4.1.3.4 ขณะที่ลูกบอลกำลังตกลงสู่พื้น ไม่มีแรงใด ๆ กระทำ เพราะลูกบอลต้องตกลงสู่พื้นดินตามธรรมชาติอยู่แล้ว

4.1.3.5 ขณะถือลูกบอลไว้ มีเฉพาะแรงจากมือเท่านั้นที่กระทำต่อลูกบอล เมื่อปล่อยมือจะไม่มีแรงกระทำต่อลูกบอล เพราะมันตกลงสู่พื้นตามธรรมชาติ

4.1.3.6 วัตถุขนาดใหญ่จะมีแรงต้านอากาศ(ตัวกลาง)น้อยกว่าวัตถุขนาดเล็ก

4.1.3.7 แรงโน้มถ่วงเป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุที่มีน้ำหนักมากให้ตกลงสู่พื้น

4.1.3.8 วัตถุที่อยู่ในแนวเดียวกันที่เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบและพื้นเอียงมีความเร็วเท่ากัน แต่วัตถุที่เคลื่อนที่ไปบนพื้นในตำแหน่งห่างจากปลายด้านหนึ่งของพื้นราบน้อยกว่าจะมีความเร็วมากกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียงแต่อยู่ห่างจากปลายด้านหนึ่งของพื้นมากกว่า

4.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์

4.2.1 เมื่อมีแรงที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ โดยวัตถุที่หยุดนิ่งจะเคลื่อนที่และวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทาง

4.2.2 แรงลัพธ์ของแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุโดยแรงทั้งสองอยู่ในแนวเดียวกันเท่ากับผลรวมของแรงทั้งสองนั้น

4.2.3 การเคลื่อนที่ของวัตถุเกี่ยวข้องกับระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว

4.2.4 แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เมื่อมีแรงหลายแรงในระนาบเดียวกันกระทำต่อวัตถุเดียวกันสามารถหาแรงลัพธ์ได้โดยใช้หลักการรวมเวกเตอร์

4.2.5 เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีค่าเท่ากับศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ คือวัตถุที่หยุดนิ่ง วัตถุนั้นจะหยุดนิ่งตลอดไปและถ้าวัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวตลอดไป

4.2.6 วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

4.2.7 เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ซึ่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์

4.2.8 เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุหนึ่ง วัตถุนั้นจะออกแรงโต้ตอบในทิศตรงกันข้ามกับแรงที่มากระทำ แรงทั้งสองนี้เกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ เราเรียกแรงที่มากระทำต่อวัตถุว่า “แรงกิริยา” และเรียกแรงที่วัตถุโต้ตอบต่อแรงที่มากระทำว่า “แรงปฏิกิริยา” และแรงทั้งสองนี้รวมเรียกว่า “แรงคู่กิริยา - ปฏิกิริยา” แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้ามเสมอ

4.2.9 การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้งซึ่งเกิดจากวัตถุได้รับความเร็วใน 2 แนวพร้อมกัน คือ ความเร็วในแนวราบคงตัวและความเร่งในแนวตั้งคงตัว

4.2.10 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม แรงที่กระทำต่อวัตถุตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่

5. หลักฐานหรือร่องรอยของการเรียนรู้ สำหรับการวัดและประเมินผล

5.1 ความรู้

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2	ตอบคำถามในแต่ละใบกิจกรรมถูกต้องไม่น้อยกว่า 75%	ข้อ 1 - 5
2. เกมคำถามทดสอบหลังเรียน	ตรวจคำตอบจากเกมคำถามทดสอบหลังเรียน	ตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 1 - 5

5.2 กระบวนการ

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2 สังเกตการตอบคำถามหลังการสังเกตปรากฏการณ์ และการอภิปรายผลร่วมกัน	ตอบคำถามในกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2 ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 1 - 4
2. ชิ้นงานสรุปผลการค้นพบ (ภาพ แผนภูมิ..วจา..)	สังเกตรูปแบบการนำเสนอผลงาน การใช้ภาษาสำหรับการสื่อสาร	แสดงผลจากการทำกิจกรรมได้ครบองค์ประกอบ	ข้อ 5-6

5.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ความตั้งใจ ความรับผิดชอบและร่วมมือในการทำกิจกรรม	สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมและตรวจผลงานในใบกิจกรรมที่ 1.1, 1.2	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมและดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนอย่างสมบูรณ์	ข้อ 1
2. ความมีระเบียบวินัย	สังเกตความตรงต่อเวลา และการรักษาความสะอาดของห้องเรียน	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมตามเวลาที่กำหนด/ไม่มีขยะบนโต๊ะและพื้นห้อง	ข้อ 2

6. คำถามสำคัญ

1. ถ้ามีแรงที่มีค่าไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุมีสภาพการเคลื่อนที่อย่างไร
2. ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ จะทำให้วัตถุมีสภาพการเคลื่อนที่อย่างไร
3. การตกอย่างอิสระของวัตถุมีแรงกระทำต่อวัตถุหรือไม่ อย่างไร
4. ถ้าออกแรงกระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีแรงจากวัตถุกระทำย้อนกลับต่อวัตถุที่ออกแรงกระทำหรือไม่ อย่างไร
5. การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์มีลักษณะอย่างไร และมีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่ อย่างไร
6. การเคลื่อนที่แบบวงกลม (ในแนวราบ) มีแรงกระทำต่อวัตถุอย่างไร

7. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสอนการคิดแบบอุปนัยร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นการทบทวนความรู้เดิมที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับความรู้ใหม่ มีการกำหนดจุดหมาย ที่จะบรรลุพร้อมทั้งกำหนดแนวทางในการทำกิจกรรม ซึ่งอาจจะเป็นในรูปของปัญหาเพื่อที่จะนำไปสู่จุดหมายนั้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้

1.2 ผู้สอนชี้แจงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนการสอนการคิดแบบอุปนัยร่วมกับการสอนแบบร่วมมือเทคนิค TGT

- ผู้สอนนำเสนอเนื้อหาที่จะเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันทั้งห้อง
- ผู้เรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน เพิ่มเติมเป็นกลุ่ม โดยจะต้องทำงานร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มให้ทุกคนในกลุ่มเรียนรู้ด้วยกัน

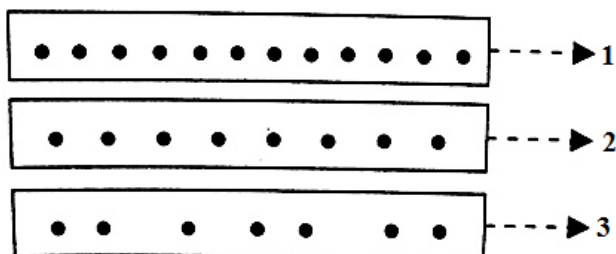
- สมาชิกแต่ละคนจากแต่ละกลุ่มแยกย้ายไปแข่งขันเกมตอบปัญหายังโต๊ะต่าง
- คะแนนจากสมาชิกแต่ละคนนำมารวมกันในกลุ่มและหาค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นคะแนนของแต่ละคนในกลุ่ม

1.3 ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยการอภิปรายซักถามประเด็นดังนี้

- วัตถุเคลื่อนที่ได้อย่างไร
- วัตถุเคลื่อนที่ได้ต้องมีแรงกระทำต่อวัตถุเสมอไปหรือไม่ อย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ

2. ขั้นนำเสนอตัวอย่าง (Presentation) เป็นการนำเสนอกรณีตัวอย่างเฉพาะในชั้นเรียนอย่างเพียงพอ อาจจะหรือมากกว่า 2-3 ตัวอย่าง ที่ต้องการสอนแก่ผู้เรียนเพื่อที่จะนำไปสู่หาข้อสรุปได้

2.1 ผู้สอนนำเสนอหลักการทำงานของเครื่องเคาะสัญญาณเวลาจากนั้นเสนอตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเครื่องเคาะสัญญาณเวลาจากการตีแผ่นกระดาษ 3 แผ่น โดยให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะจุดที่ปรากฏบนแถบกระดาษ ดังนี้



- จากจุดที่ปรากฏบนกระดาษแผ่นที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุชิ้นนี้ อย่างไร (ระยะห่าง/ระยะทางของการเคาะครั้งที่หนึ่งหน่วยเวลา ดังนั้นวัตถุนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่)

- จากจุดที่ปรากฏบนกระดาษแผ่นที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุชิ้นนี้ อย่างไร และถ้าเปรียบเทียบผลที่ได้จากกระดาษแผ่นที่ 1 (ระยะห่าง/ระยะทางของการเคาะครั้งที่หนึ่งหน่วยเวลา ดังนั้นวัตถุนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แต่ระยะห่างต่อหนึ่งหน่วยเวลามากกว่ากระดาษแผ่นที่ 1 ดังนั้นวัตถุชิ้นที่ 2 เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าวัตถุชิ้นที่ 1)

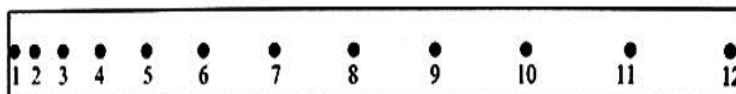
- จากจุดที่ปรากฏบนกระดาษแผ่นที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุชิ้นนี้ อย่างไร (ระยะห่าง/ระยะทางของการเคาะครั้งที่ 2 ครั้งแรก จากนั้นระยะห่างการเคาะเพิ่มขึ้นในช่วง 2 ครั้งหลังและลดลงเท่า 2 ครั้งแรกในครั้งที่ 5 และห่างเพิ่มขึ้นเท่าระยะที่เคาะครั้งที่ 3 และลดลงมาเท่าระยะของการเคาะครั้งที่ 2 วัตถุนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่)

- การดึงกระดาษให้ได้จุดที่แสดงดังในแผ่นที่ 1 2 และ 3 นั้นต้องดึงอย่างไร (ดึงด้วยความเร็วคงที่ ใน 2 แผ่นแรก แต่อัตราเร็วในการดึงแผ่นที่ 2 มากกว่าแผ่นที่ 1 ส่วนการดึงแผ่นที่ 3 ในช่วงแรกดึงในอัตราเร็วเท่ากับแผ่นที่ 2 จากนั้นดึงด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น และลดลงเท่าแผ่นที่ 2 อีกครั้ง และเพิ่มอัตราเร็วขึ้น)

2.2 ผู้สอนนำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมโดยให้ผู้เรียนสังเกตการเคลื่อนที่จากวิดีโอที่ 01 constant velocity ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นที่ไม่ม่แรงเสียดทาน พร้อมให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็น

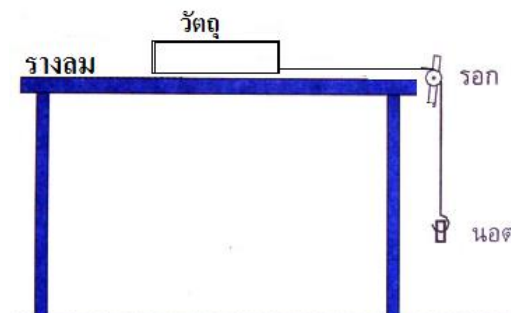
- หลังจากใช้มือผลักวัตถุออกไป วัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างไร (เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่)

2.3 ผู้สอนนำเสนอข้อมูลจุดที่ปรากฏบนแผ่นกระดาษเคาะสัญญาณเพิ่มเติม แล้วให้ผู้เรียนร่วมอภิปรายถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ



- จากผลที่ปรากฏ วัตถุนี้มีสภาพการเคลื่อนที่อย่างไร (วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ)

2.4 ผู้สอนอธิบายลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ในวิดีโอที่จะแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุบนรางที่ไร้แรงเสียดทานโดยวัตถุนั้นเชื่อมต่อกับเชือกผ่านรอกและปลายเชือกด้านหนึ่งมีต่อกับวัตถุ



ห้อยอยู่ในแนวดิ่ง แต่ยังไม่เล่นวิดีโอ ผู้สอนให้ผู้เรียนอภิปรายประเด็นร่วมกันดังนี้

- ถ้าปล่อยให้วัตถุบนรางเคลื่อนที่ด้วยแรงจากวัตถุที่ห้อยอยู่ในแนวดิ่ง เมื่อเวลาผ่านไประยะทางที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ เป็นอย่างไร (เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ)
- ถ้าเพิ่มเพิ่มน้ำหนักของน็อต ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นนี้จะเป็นอย่างไ (เพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ แต่ระยะห่างที่เพิ่มในแต่ละช่วงเวลาจะมากขึ้น)
- การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้มีแรงกระทำต่อวัตถุหรือไม่ (มีแรงกระทำต่อวัตถุตลอดเวลา นั่นคือแรงจากน้ำหนักของน็อต)

2.5 ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาคือให้ผู้เรียน 2 คนถือตาชั่งสปริงคนละชิ้นจากนั้นนำมาเกี่ยวกัน แล้วให้คนหนึ่งออกแรงดึงตาชั่งสปริงเข้าหาตัว แต่ให้อีกคนถือตาชั่งไว้หนึ่ง ๆ แต่ยังไม่สาธิต ค่าที่อ่านได้บนเครื่องชั่งสปริงจะเป็นอย่างไร ผู้เรียนแสดงคำตอบ

2.6 ให้ผู้เรียน 2 คนออกมาแสดงการสาธิต แล้วบันทึกผล (ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงทั้ง 2 ชิ้นเท่ากัน)

3. ขั้นเปรียบเทียบและรวบรวมโน้มนำ (Comparison and Abstraction) เป็นขั้นหาองค์ประกอบร่วมจากตัวอย่าง เพื่อให้ผู้เรียนลงความคิดเห็นแต่ละกรณีตัวอย่างและสรุปกฎเกณฑ์ลักษณะทั่วไป มีกิจกรรมการเรียนการสอนดังนี้

3.1 ผู้สอนตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้ผู้เรียนอภิปรายและสรุปผลที่ได้จากการสังเกตร่วมกัน ดังนี้

- วัตถุที่อยู่บนรางลม หลังจากใช้มือผลักวัตถุออกไป วัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างไร และมีแรงกระทำต่อวัตถุนี้หรือไม่ (เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ ไม่มีแรงกระทำต่อวัตถุในแนวการเคลื่อนที่)

- การทำให้วัตถุเคลื่อนที่บนรางลมที่นำน็อตมาห้อยในแนวดิ่ง มีแรงมากระทำต่อวัตถุนั้นตลอดเวลาหรือไม่ อย่างไร (มีแรงจากน้ำหนักน็อตมากระทำต่อวัตถุ ซึ่งแรงนั้นมีค่าคงที่)

ผู้สอนชี้แนะให้ผู้เรียนทราบว่า การที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นอัตราเร็วเพิ่มขึ้น ลดลง หรือทิศทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทาง เรียกว่า วัตถุมีความเร่งหรือมีแรงกระทำต่อวัตถุคือวัตถุมีสภาพการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปจากเดิม

- ระยะทาง ความเร็วและแรงมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ไม่มีแรงมากระทำ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุอัตราเร็วการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปตลอดเวลา)

3.2 ผู้สอนนำเสนอวิดีโอ(03 constant acceleration) ที่ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว แรง และความเร่ง พร้อมอภิปรายประเด็นดังนี้

- วัตถุเคลื่อนที่ได้แต่ละช่วงเวลาที่พิจารณาได้ระยะทางเท่ากัน กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาจะมีลักษณะอย่างไร (ระยะทางแต่ละช่วงคงที่ เมื่อเวลาผ่านไประยะทางเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชัน เมื่อแกน y แทนระยะทาง แกน x แทนเวลา)

- วัตถุเคลื่อนที่ได้แต่ละช่วงเวลาที่พิจารณาได้ระยะทางเท่ากัน กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วกับเวลาจะมีลักษณะอย่างไร (ระยะทางแต่ละช่วงคงที่ นั่นคืออัตราเร็วคงที่เมื่อเวลาเปลี่ยนไป กราฟความเร็ว-เวลาจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันเป็นศูนย์ เมื่อแกน y แทนอัตราเร็ว แกน x แทนเวลา)

- กรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (ไม่มีแรงเสียดทานอื่น ๆ ทำต่อวัตถุ) มีแรงกระทำหรือไม่และกราฟความสัมพันธ์ แรง/ความเร่ง-เวลา กรณีดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร (ไม่มีแรงกระทำต่อวัตถุ ดังนั้น กราฟความสัมพันธ์ แรง-เวลา เป็นเส้นตรงที่อยู่ในแนวแกน x ที่มีค่าเท่ากับศูนย์)

- กรณีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ (ไม่มีแรงเสียดทานอื่น ๆ ทำต่อวัตถุ) มีแรงกระทำหรือไม่และกราฟความสัมพันธ์ แรง/ความเร่ง-เวลา กรณีดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร (มีแรงกระทำต่อวัตถุ ดังนั้น กราฟความสัมพันธ์ แรง-เวลา เป็นเส้นตรงที่อยู่ในแนวแกน x ที่มีค่าเท่ามากกว่าศูนย์)

3.4 ผู้สอนใช้สถานการณ์เชิงคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจผู้เรียนเพิ่มเติม ดังนี้

- ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยระยะทางเพิ่มขึ้นวินาทีละ 1 เซนติเมตรในช่วง 4 วินาที วัตถุนี้มีความเร็วและอัตราเร่งเป็นอย่างไร?? ..ก).คงที่..ข).เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป..ค).เพิ่มขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ?? (ความเร็วคงที่ ความเร่งเท่ากับศูนย์)

- ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในช่วง 4 วินาที วัตถุนี้มีอัตราเร่งและระยะทางเป็นอย่างไร?? ..ก).คงที่..ข).เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป...ค).เพิ่มขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ?? (ระยะทางเพิ่มขึ้น ความเร่งคงที่)

3.5 ผู้สอนชี้แนะให้ผู้เรียนพิจารณาสาระแกนกลางเกี่ยวกับเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแรง ความเร่ง และความเร็ว ที่ระบุไว้ว่า “การออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่โดยวัตถุที่หยุดนิ่งจะเคลื่อนที่ วัตถุที่เคลื่อนที่ จะเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือเคลื่อนที่ช้าลง หรือหยุดเคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนทิศทาง” ด้วยประเด็นดังนี้

- การที่วัตถุอยู่กับที่ เมื่อเวลาผ่านไปวัตถุก็ยังคงอยู่ที่ตำแหน่งเดิมวัตถุนั้นมีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่หรือไม่ มีแรงกระทำหรือไม่ (ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่มีแรงกระทำ)

- การที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ตลอดเวลา วัตถุนั้นมีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่หรือไม่ (ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่มีแรงกระทำ)

- เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ที่จะต้องมีความเร่งต่อวัตถุนั้นเสมอ..ถูกต้องหรือไม่ (ไม่ถูกต้อง เพราะวัตถุเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วคงตัว ถ้าไม่มีแรงต้านทานจากภายนอก)

- ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ..มีความเร่งหรือไม่.. วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่หรือไม่? (มี)

- เราจะรู้ได้อย่างไรว่าวัตถุนั้นมีความเร่ง (สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสภาพการเคลื่อนที่)

- ถ้ามีแรง 2 แรงขนาดเท่ากันกระทำต่อวัตถุชิ้นเดียวกันในทิศทางตรงข้ามวัตถุนั้นจะมีสภาพการเคลื่อนที่อย่างไร (ไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่)

- กรณีที่เราปล่อยวัตถุให้ตกจากที่สูงลงสู่พื้น เช่นจากตึกสูง วัตถุมีสภาพการเคลื่อนที่อย่างไร มีความเร่งต่อวัตถุหรือความเร่งหรือไม่ เมื่อไม่คิดแรงต้านจากอากาศ(วัตถุตกลงมาด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น ดังนั้นมีความเร่งต่อวัตถุ หรือวัตถุตกลงมาด้วยความเร่ง แรงนั้นคือแรงโน้มถ่วง)

3.6 ผู้สอนเชื่อมโยงผลที่ได้จากการสาธิตที่ได้จากการให้ผู้เรียน 2 คนถือตาชั่งสปริงคนละชิ้นจากนั้นนำมาเกี่ยวกัน แล้วให้คนหนึ่งออกแรงดึงตาชั่งสปริงเข้าหาตัว แต่ให้อีกคนถือตาชั่งไว้หนึ่ง ๆ ค่าที่อ่านได้มีค่าเท่ากัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีแรง 2 แรงมีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้าม เรียกแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา

3.7 ผู้สอนชี้แนะให้ผู้เรียนเห็นว่าการเคลื่อนที่ที่พิจารณาก่อนหน้านี้พิจารณาใน 1 มิติ คือพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุในทิศทางเดียว ต่อไปจะพิจารณาวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ 2 ทิศทางไปพร้อมกัน เช่น การเคลื่อนที่ของลูกฟุตบอลหลังถูกเตะหรือขว้างออกไป การเคลื่อนที่ของรถไถ่ถึง โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- หลังจากที่ถูกบอลถูกเตะหรือขว้างออกไป สภาพการเคลื่อนที่ของลูกบอลเป็นอย่างไร (เส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกบอลเป็นเส้นทางโค้ง นั่นคือมีทิศทางการเคลื่อนที่ 2 ทิศทางคือในแนวตั้งและแนวระดับ)

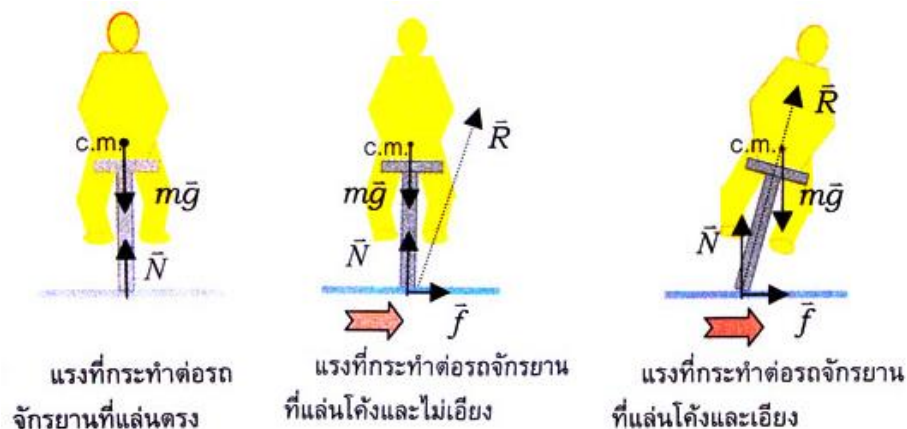
- มีแรงกระทำต่อลูกบอลหรือไม่ อย่างไร (ให้ผู้เรียนชมวิดีโอแสดงการเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ถูกยิงออกไป ที่ระยะห่างที่คงที่ของลูกบอลในช่วงเวลาต่าง ๆ ในแนวระดับ ระยะห่างที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในแนวดิ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในแนวระดับวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ แสดงว่าไม่มีแรงกระทำในแนวระดับ แต่ในแนวดิ่งความเร็วไม่คงที่ แสดงว่ามีแรงกระทำต่อวัตถุในแนวดิ่ง ซึ่งแรงนั้นคือแรงโน้มถ่วง เรียกการเคลื่อนที่ลักษณะนี้ว่า “โปรเจกไทล์”)

- ถ้าเราใช้เชือกผูกวัตถุแล้วแกว่งให้วัตถุหมุนเป็นวงกลม ขณะที่แกว่งถ้าเชือกหลุดมือเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากนั้นจะเป็นอย่างไร (อาจทำการสาธิตโดยผูกเชือกกับดินน้ำมันก้อนเล็ก ๆ ให้ผู้สาธิตนั่งหมุนเชือกรอบศีรษะ และผู้เรียนคนอื่น ๆ สังเกตเมื่อเชือกหลุดดินน้ำมันจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวสัมผัสกับเส้นทางการเคลื่อนที่วงกลม ณ จุดที่เชือกหลุด และให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของคนบนสเกตน้ำแข็งในวิดีโอ เมื่อคนที่อยู่บนสเกตน้ำแข็งปล่อยเชือก เขาจะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่ในแนวเส้นตรงที่สัมผัสกับเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเดิม)

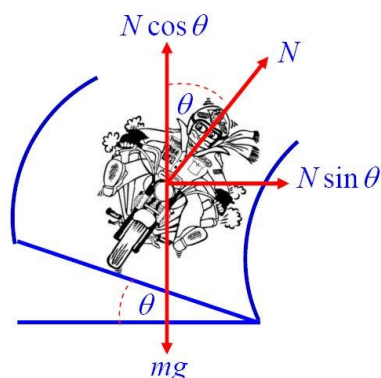
3.8 ผู้สอนนำเสนอวิดีโอ การแข่งขันชกมวยเตอร์ไรซ์ แล้วตั้งคำถามประเด็นต่อไปนี้

- ขณะเข้าโค้ง ลักษณะของผู้ขับขีมอเตอร์ไรซ์เป็นอย่างไร (เอียงตัวและรถทำมุมเข้าหาพื้นถนน)

- ขณะรถมอเตอร์ไรซ์เข้าโค้ง มีแรงอะไรกระทำต่อรถบ้าง (เนื่องจากการเคลื่อนที่แบบโค้งมีแรงเข้าสู่ศูนย์กลางซึ่งเป็นแรงเสียดทานที่พื้นกระทำต่อล้อ แรงจากพื้นถนนกระทำกับล้อ(N) ซึ่งถ้าคนขับนั่งตัวตรง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อล้อจะไม่ผ่านศูนย์กลางของมวล C.M. จะก่อให้เกิดโมเมนต์ ทำให้รถคว่ำขณะเลี้ยวโค้ง ดังนั้นต้องเอียงรถให้จุดศูนย์กลางของมวลผ่านแนวแรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถขณะเลี้ยวเพื่อไม่ให้รถคว่ำขณะเลี้ยวโค้ง



- ทำให้บริเวณโค้งจึงการออกแบบพื้นถนนให้เอียง (เพื่ออาศัยแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อรถเป็นแรงสู่ศูนย์กลางแทนแรงเสียดทาน ทำให้รถสามารถเลี้ยวโค้งได้อย่างปลอดภัย)



4. ขั้นสรุปกฎเกณฑ์และลักษณะทั่วไป (Generalization) ด้วยกระบวนการกลุ่ม เป็นขั้นสรุปองค์ประกอบร่วมของกรณีตัวอย่างต่าง ๆ ที่มีลักษณะทั่วไปร่วมกันจากที่ผู้เรียนได้สังเกตแล้วสรุปเป็นกฎเกณฑ์ นิยาม หลักการ หรือสูตร เป็นต้น มีกิจกรรมการเรียนการสอนดังนี้

4.1 แจกใบกิจกรรมที่ 1.1 เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการสังเกต ปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ต่าง ๆ และสามารถสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้ 3 ข้อ ดังนี้

- กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 กฎของความเฉื่อย (Inertia)

“ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ หรือแรงลัพธ์ที่มากกระทำมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่”

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

- ความเฉื่อยคือความสามารถในการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ หรือรักษาสภาพการหยุดนิ่งไว้ เคลื่อนที่อย่างไรก็พยายามรักษาให้เคลื่อนที่ในสภาพนั้น จะเห็นได้จาก ขณะที่เรานั่งรถที่มีความเร็วค่าหนึ่ง เราพยายามรักษาความเร็วนั้นไว้ เมื่อรถเบรคกะทันหัน เราจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

- "กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน กล่าวว่า "เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากกระทำ และขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ" โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

- กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ซึ่งมีใจความว่า “ทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามกันเสมอ” ตามความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

4.2 แจกใบความรู้ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ พร้อมใบกิจกรรม 1.2 ประกอบ เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ โดยศึกษาร่วมกันเป็นกลุ่ม ก่อนที่จะให้สมาชิกแต่ละคนจากแต่ละกลุ่มไปเล่นเกมตอบปัญหากับสมาชิกจากกลุ่มอื่น

5. ชั้นเล่นเกมแข่งขัน จัดการแข่งขันให้ผู้เรียนจากแต่ละกลุ่มมาเล่นเกมตอบปัญหาที่โต๊ะต่าง ๆ ซึ่งแต่ละโต๊ะจะมีชุดคำถามชุดเดียวกัน ซึ่งจำนวนคำถามควรให้ครอบคลุมเนื้อหาและให้ผู้เรียนแต่ละคนตอบคำถามให้ได้จำนวนข้อเท่ากัน เช่น คนละ 10 ข้อ และผู้สอนต้องอธิบายกฎ กติกาการเล่นให้ชัดเจน ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนมีดังนี้

5.1 ให้ผู้เรียนจากแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนไปยังโต๊ะที่มีคำถามเตรียมไว้ โดยแต่ละโต๊ะไม่ให้มีสมาชิกจากกลุ่มเดียวกัน

5.2 ผู้สอนอธิบายกติกาการเล่นโดยให้ผู้เรียนคนใดคนหนึ่งเป็นผู้อ่านคำถามและเป็นผู้เฉลยคำถามข้อนั้นและให้คะแนนผู้ตอบคนอื่น ๆ ในโต๊ะ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

- คนที่ตอบถูกและตอบคนแรกได้ 3 คะแนน คนที่ตอบถูกคนที่ 2 ได้ 2 คะแนน คนที่ตอบถูกที่เหลือได้ 1 คะแนน ถ้าคนที่ 1 ตอบผิดเขาจะได้ 0 และคนที่ 2 ตอบถูกก็จะได้คะแนนแค่ 2 คะแนน เพราะคนแรกใช้โควตาไปแล้ว ถ้าคนที่ 2 ยังตอบผิดอีก คนที่ตอบถูกคนที่ 3 ยังคงได้คะแนนแค่ 1 คะแนน

- จากนั้นคนที่อ่านข้อแรกจะได้เล่นข้อถัดไปและให้คนที่นั่งอยู่ด้านข้าง (อาจจะหมุนทวนหรือตามเข็มนาฬิกา) สลับหมุนเวียนกันไปเรื่อย ๆ จนทุกคนบนโต๊ะตอบคำถามจนหมดชุดคำถาม

- เมื่อหมดชุดคำถามให้ผู้สอนเดินสำรวจเพื่อตรวจสอบว่าจำนวนคำถามที่ทุกคนตอบคนละกี่ข้อ ถ้าแต่ละโต๊ะผู้เรียนตอบคำถามจำนวนข้อไม่เท่ากันให้ ยึดจำนวนข้อตรงกับคนที่ได้ตอบน้อยที่สุด ส่วนคนที่ตอบเกินให้ตัดคะแนนข้อที่เกินทิ้ง

6. ชั้นยอมรับความสำเร็จของทีม

- สมาชิกที่แข่งขันกันแต่ละโต๊ะสลับกันนับคะแนนและเซ็นลายมือชื่อกำกับ จากนั้นให้ผู้เรียนนำคะแนนกลับไปยังกลุ่มเดิม แล้วดำเนินการหาคะแนนเฉลี่ยแต่ละกลุ่ม

- ผู้สอนชมเชยหรือมอบรางวัลสำหรับกลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด

8. สื่อการเรียนรู้

8.1 วิธีการหรือกิจกรรม ได้แก่ การคิดแบบอุปนัยร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม

8.2 วัสดุ ได้แก่ เอกสารPowerpoint ใบความรู้ ใบกิจกรรม หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ วิดีโอ เชือก ดินน้ำมัน ลูกบอล ตาข่ายสปริง

8.3 อุปกรณ์ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์

9. บันทึกหลังสอน

กิจกรรมการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค		
	พฤติกรรมนักเรียน	สื่อ	ข้อเสนอแนะ
ขั้นเตรียม			
ขั้น นำ เสน อ กร ณี ตัวอย่าง			
ขั้นเปรียบเทียบและ รวบรวมโน้ต			
ขั้นสรุปหลักเกณฑ์ ทั่วไปและกิจกรรมกลุ่ม			
ขั้นเล่นเกมแข่งขัน			
ขั้นยอมรับความสำเร็จ ของทีม			

ใบความรู้: แรงและการเคลื่อนที่

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ว ๔ กำหนดสาระการเรียนรู้แกนกลางไว้ว่า “การออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่โดยวัตถุที่หยุดนิ่งจะเคลื่อนที่ วัตถุที่เคลื่อนที่ จะเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือเคลื่อนที่ช้าลง หรือหยุดเคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนทิศทาง” ซึ่งจากรายงานการวิจัยพบว่าผู้เรียนยังมีความเข้าใจที่คาดเคลื่อนในเรื่องนี้ค่อนข้างมาก ฉะนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ผู้สอนควรนำความเข้าใจที่คาดเคลื่อนเหล่านั้นมาออกแบบการจัดการเรียนรู้ด้วย

1. สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 สภาพการเคลื่อนที่คงเดิม หมายถึง อาการที่วัตถุอยู่นิ่งหรือมีความเร็วคงที่ เช่น นักเรียนคนหนึ่งยืนอยู่หนึ่ง ๆ บนพื้น เป็นต้น

1.2 สภาพการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลง หมายถึงอาการที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เช่น นักเรียนคนหนึ่งกำลังออกวิ่ง รถยนต์กำลังเบรกกะทันหัน เป็นต้น

สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. แรง หมายถึง สิ่งที่สามารถทำให้วัตถุที่อยู่นิ่งเคลื่อนที่หรือทำให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือช้าลง หรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุได้

ในชีวิตประจำวัน ทุกคนออกแรงกระทำต่อวัตถุต่าง ๆ กัน เช่น ดันประตู หัวกระเป๋ายกหนังสือ เข็นรถ เป็นต้น การออกแรงดังกล่าวจะบอกขนาดของแรงว่ามากหรือน้อย มักใช้ความรู้สึกเข้าช่วย เช่น รู้สึกว่ายกหนังสือออกแรงน้อยกว่าเข็นรถ การบอกขนาดของแรงดังกล่าวจะได้ข้อมูลไม่เที่ยงตรง ส่วนการบอกขนาดของแรงในทางฟิสิกส์นั้นจะบอกจากผลของแรง ได้แก่ มวลวัตถุ และการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพราะแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้(โดยกำหนดให้ขนาดของแรง 1 นิวตันคือ ขนาดแรงที่ทำให้มวล 1 กิโลกรัมเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงด้วยความเร่ง 1 เมตร/วินาที²)



จากรูป ถ้าวัตถุมีมวลขนาด 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปตามแนวแรงด้วยความเร่ง 1 เมตร/วินาที² แรง F ที่ดึงวัตถุนั้นจะมีขนาดเท่ากับ 1 นิวตัน แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงตามระบบ SI คือนิวตัน(N) และแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้

2. มวล

มวล คือปริมาณของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยวัดเป็นกิโลกรัม(kg) (วัตถุที่อยู่นิ่ง จะต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ในทำนองเดียวกัน วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อยู่แล้ว ก็ต้านความพยายามที่จะทำให้วัตถุนั้นหยุดนิ่ง วัตถุมวลมากจะต้านได้มาก วัตถุมวลน้อยจะต้านได้น้อย)

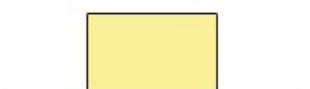
เซอร์ไอแซกนิวตัน (Sir Isaac Newton) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ศึกษาธรรมชาติของแรงที่มีผลต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ และได้ตั้งกฎการเคลื่อนที่ 3 ข้อ เพื่ออธิบายถึงสภาพการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังต่อไปนี้

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

นิวตันได้เสนอกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุไว้ว่า ถ้ามีวัตถุวางนิ่งอยู่บนพื้นราบแล้วไม่มีแรงภายนอกอื่นมากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะยังคงหยุดนิ่งเช่นนั้นต่อไป หรือถ้าให้แรงสองแรงมากระทำต่อวัตถุโดยแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งเป็นผลให้แรงลัพธ์เป็นศูนย์ จะพบว่าวัตถุจะยังคงสภาพหยุดนิ่งเช่นเดิมจึงสามารถสรุปได้ว่า “ **ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ หรือแรงลัพธ์ที่มากระทำมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่**” เช่น ถ้าวัตถุหยุดนิ่งก็จะหยุดนิ่งต่อไป ถ้ากำลังเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงตัว ($a = 0$) โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ

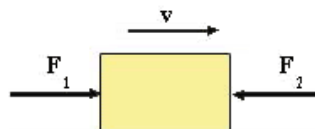
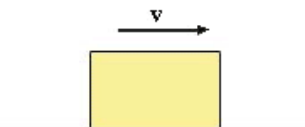
$$\Sigma \vec{F} = 0$$

วัตถุหยุดนิ่ง



$F_1 = F_2$ วัตถุยังคงหยุดนิ่งอยู่เช่นเดิม

วัตถุมีความเร็วคงตัว v



$F_1 = F_2$ วัตถุยังคงมีความเร็วคงตัว v ต่อไป

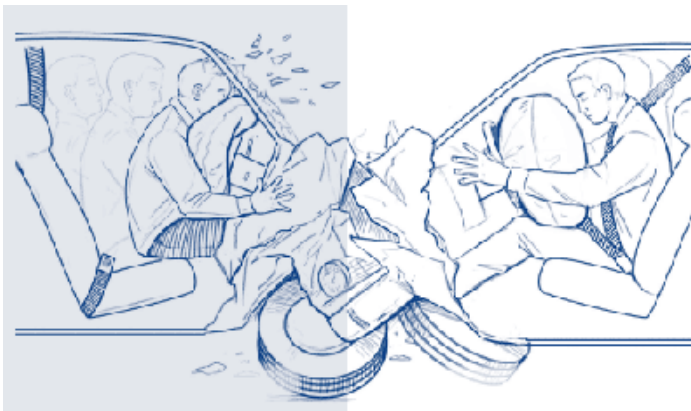
กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันนี้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “**กฎความเฉื่อย**” (**Inertia Law**) หมายความว่า วัตถุจะพยายามรักษาสภาพเดิมของมันเอาไว้ เช่น หยุดนิ่งก็จะพยายาม

รักษาการนิ่งเอาไว้ ถ้าเดิมเคลื่อนที่อยู่ด้วยความเร็วคงตัวเท่าใดก็จะพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวนั้นไว้ แต่การที่วัตถุจะรักษาสภาพเดิมของมันไว้ได้ดีมากน้อยเพียงใด ก็ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุนั้น โดยวัตถุที่มีมวลมากจะรักษาสภาพการหยุดนิ่ง และการเคลื่อนที่ได้มากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย นั่นคือ ถ้าวัตถุที่มีมวลมากกำลังเคลื่อนที่จะทำให้หยุดได้ยากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย

วัตถุทุกชนิดที่มีมวลจะมีความเฉื่อย ยิ่งมีมวลมากยิ่งมีความเฉื่อยมาก ความเฉื่อยคือความสามารถในการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ หรือรักษาสภาพการหยุดนิ่งไว้ อย่างเช่นคนนอนอยู่บนเตียงตะปู โดยมีก้อนอิฐอยู่ข้างบน เมื่อเอาก้อนมาตีอิฐให้แตกคนยังไม่เป็นไรเนื่องจาก แรงที่ให้ไม่ได้เป็นแรงที่ทำกับแผ่นกระดาน(เตียง)ติดตะปูแต่เป็นแรงที่เกิดกับก้อนอิฐ ดังนั้น แผ่นกระดานติดตะปูจึงรักษาสภาพการหยุดนิ่งได้ เนื่องจากวัตถุมีมวลจึงมีความเฉื่อย ถ้าวัตถุอยู่นิ่งก็จะอยู่นิ่งต่อไปเรื่อย ๆ (ถ้าไม่ได้รับแรงกระทำจากภายนอก) และถ้ามัน



เคลื่อนที่อยู่มันก็จะยังเคลื่อนที่ต่อไปเรื่อย ๆ อีกเนื่องจากมีความ



เฉื่อย แต่ในชีวิตประจำวันเราเราไม่

เห็นวัตถุที่เราผลักเคลื่อนที่ต่อไปเรื่อย ๆ ไม่สิ้นสุดเนื่องจากยังมีแรงจากภายนอกคือแรงเสียดทานต้านการเคลื่อนที่เอาไว้ โลกเคลื่อนที่ตลอดเวลารอบดวงอาทิตย์ แต่ทำไมเราจึงไม่รู้สึว่ามันเคลื่อนที่เนื่องจากวัตถุต่างๆรอบตัวมีความเฉื่อยไปด้วยกันเป็นระบบเดียวกัน สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่บนโลกต่างเคลื่อนที่ไปพร้อมโลกด้วยความเฉื่อย เช่น รถยนต์ที่เรานั่ง แม้ว่ารถยนต์จะเคลื่อนที่แต่เราก็สามารถโยนเหรียญขึ้นแล้วเหรียญก็ตกลงบนมือที่เดิม เพราะทั้งรถ ตัวเรา เหรียญและอากาศในรถต่างเคลื่อนที่ไปพร้อม กันเป็นระบบความเฉื่อยหรือขณะที่เราขับรถไปด้วยความเร็วสูง เมื่อเราต้องเหยียบเบรกกะทันหันให้รถหยุด หรือมีรถจากด้านหน้ามาชนกับรถเรา ถ้าเราไม่คาดเข็มขัดนิรภัยตัวเราอาจจะทะลุออกไปทางกระจกด้านหน้าได้ เนื่องจากเรามีความเฉื่อยที่พยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิม (นั่นคือไปข้างหน้า) ไว้นั่นเอง ฉะนั้นทางบริษัทผู้ผลิตจึงมีถุงลมนิรภัยไว้เพื่อลดการกระแทก(อย่างรุนแรง)ระหว่างคนขับกับส่วนของตัวรถ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน



จากรูปจะเห็นว่าแรงรวมทางด้านขวามือมีค่ามากกว่าแรงรวมทางด้านซ้ายมือจึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทางขวามือด้วยความเร่งค่าหนึ่ง โดยความเร่งนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ

จากการศึกษาพบว่าวัตถุเมื่อถูกแรงภายนอกที่มีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ และแรงภายนอกนั้นมีค่ามากพอ จะทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่จากเดิม เช่น ถ้าเดิมวัตถุหยุดนิ่งเมื่อถูกแรงภายนอกกระทำจะส่งผลให้วัตถุเคลื่อนที่หรือเดิมถ้าวัตถุเคลื่อนที่อยู่แล้วเมื่อถูกแรงภายนอกกระทำก็จะส่งผลให้วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น หรือช้าลง หรือหยุดนิ่งก็ได้ ซึ่งการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่เดิมของวัตถุจะมากหรือน้อยจึงขึ้นกับปริมาณของแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ

นิวตันได้ให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุไว้ว่า “**ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่**” นั่นคือ ความเร็วของวัตถุอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงหรืออาจเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ เรียกว่า “**วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง**”

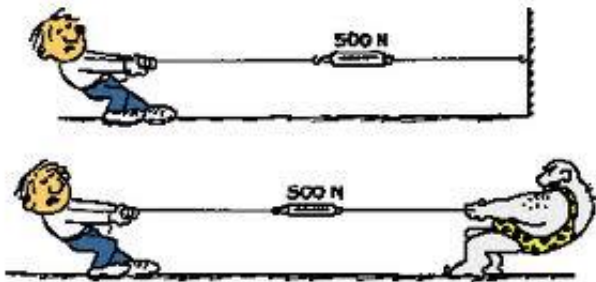
จากความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง สามารถสรุปเป็น “กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน” ได้ว่า “**เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากกระทำ และขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ**” โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

เมื่อ $\Sigma \vec{F}$ แทน แรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
 m แทน มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)
 $\vec{a}$ แทน ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที² (m/s²)

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และ 2 ของนิวตันเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ นอกจากนี้นิวตันยังพบว่าในขณะที่มีแรงกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะออกแรงโต้ตอบต่อแรงที่มากระทำนั้นโดยทันทีทันใด เช่น ถ้าเรายืนบนสเก็ตบอร์ดหันหน้าเข้าหาผนังแล้วออกแรงผลักผนัง เราจะเคลื่อนที่ออกจากฝาผนัง การที่เราสามารถเคลื่อนที่ได้แสดงว่าจะต้องมีแรงจากฝาผนังกระทำต่อเรา ถ้าเราผลักฝาผนังด้วยขนาดแรงมากขึ้น แรงที่ฝาผนังกระทำกับเราก็มากขึ้นตามไปด้วย โดยเราจะเคลื่อนที่ออกห่างจากผนังเร็วขึ้น หรือเมื่อเราออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริง เราจะมีความรู้สึกว่าเครื่องชั่งสปริงก็ดึงมือเรา

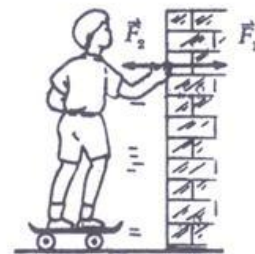


ด้วย และถ้าเราดึงเครื่องชั่งสปริงด้วยแรงมากเท่าใด เครื่องชั่งสปริงก็จะดึงเรากลับด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากับแรงที่เราดึงแต่มีทิศตรงกันข้าม

จาก

ตัวอย่างและ

ลักษณะการเกิดแรงกระทำระหว่างวัตถุที่กล่าวไว้ด้านบน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุหนึ่ง วัตถุนั้นจะออกแรงโต้ตอบในทิศตรงกันข้ามกับแรงที่มากระทำ แรงทั้งสองนี้เกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ เราเรียกแรงที่มากระทำต่อวัตถุว่า “แรงกิริยา”(Action Force) และเรียกแรงที่วัตถุโต้ตอบต่อแรงที่มากระทำว่า “แรงปฏิกิริยา”



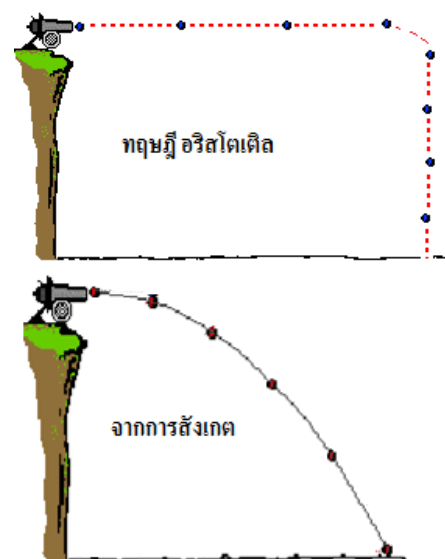
(Reaction Force) และแรงทั้งสองนี้รวมเรียกว่า “แรงคู่กิริยา - ปฏิกิริยา” (Action– Reaction Pair) แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้ามเสมอ นิวตันได้สรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาไว้เป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ซึ่งมีใจความว่า “ทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามกันเสมอ” ตามความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

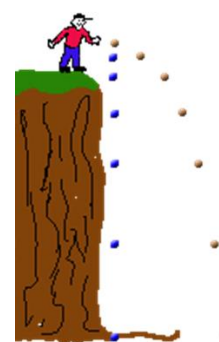
เมื่อ $\vec{F}_{12}$ แทน แรงที่กระทำต่อวัตถุก้อนที่ 1 โดยวัตถุก้อนที่ 2

$\vec{F}_{21}$ แทน แรงที่กระทำต่อวัตถุก้อนที่ 2 โดยวัตถุก้อนที่ 1 เป็นแรงปฏิกิริยาของ $\vec{F}_{12}$

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือการเคลื่อนที่ในแนวโค้งพาราโบลา ซึ่งเกิดจากวัตถุได้รับความเร็วใน 2 แนวพร้อมกัน คือ ความเร็วในแนวราบและความเร็วในแนวตั้ง ตัวอย่างของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ได้แก่ ดอกไม้ไฟ น้ำพุ การเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ถูกเตะขึ้นจากพื้น การเคลื่อนที่ของนักกระโดดไกล ในสมัยกรีกโบราณเชื่อกันตามทฤษฎีของอริสโตเติลที่ว่าถ้ายิงวัตถุจากปืนใหญ่ (ดังรูป) วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวที่ยิง และวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ให้จนกระทั่งความเร็วนั้นค่อย ๆ ลดลง จนเป็นศูนย์ แล้ววัตถุจะตกลงมาอย่างรวดเร็วที่ตำแหน่งนั้น ต่อมาจากการสังเกตอย่างละเอียดของ **Niccolo Tartaglia** พบว่าการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นั้น แนวการเคลื่อนที่เป็นรูปโค้ง ในขณะที่ไม่มีใครสามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะอะไร ต่อมากาลิเลโอได้อธิบายว่า การเคลื่อนที่แบบ



โพรเจกไทล์ เป็นการเคลื่อนที่ที่ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ในสองแนวไม่ซ้ำกัน โดยในแนวตั้งจะมีแรงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงที่และในเวลาเดียวกับที่วัตถุถูกยิงลง โพรเจกไทล์ก็ยังคงเคลื่อนที่ตรงในแนวราบด้วย (หลักความเฉื่อยของกาลิเลโอ **Galileo's principal Inertia**) เขาแสดงให้เห็นว่า โพรเจกไทล์นั้นได้ จะประกอบด้วย การเคลื่อนที่ 2 แนว พร้อม ๆ กัน โดยในแต่ละแนวนั้นจะเคลื่อนที่อย่างอิสระไม่เกี่ยวข้องกันและยังพบว่าเส้นทางการเคลื่อนที่ของ



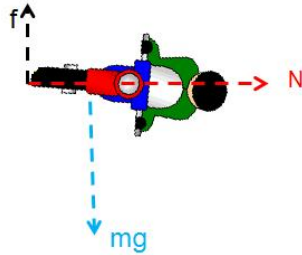
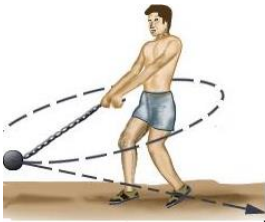
โพรเจกไทล์จะเป็นรูปเรขาคณิต ที่เรียกว่า **"พาราโบลา"** พิจารณาการเคลื่อนที่ 2 มิติในแนวตั้ง และในแนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในกรณีที่เราไม่คิดแรงต้านทานของอากาศ วัตถุทุกชนิดที่อยู่บนโลกนี้ถ้าปล่อยจากที่สูงระดับเดียวกัน วัตถุจะตกถึงพื้นในเวลาเท่ากัน โดยไม่ขึ้นอยู่กับการขึ้นหรือน้ำหนักของวัตถุ (ดังรูป)

พิจารณาวัตถุ 2 ก้อนที่ตกจากที่ระดับเดียวกัน โดยก้อนแรกปล่อยให้เคลื่อนที่ลงในแนวตั้งอิสระ ก้อนที่สอง เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จะเห็นว่าวัตถุทั้งสองจะตกถึงพื้นดินพร้อมกัน (ดังรูป) พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ 3 แนวพร้อมกัน คือ การเคลื่อนที่ในแนวตั้งอิสระ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่ในแนวราบ จะเห็นว่าวัตถุจะตกถึงพื้นพร้อมกัน นั่นคือเวลาที่ใช้จะเท่ากันทุกแนว

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ คือเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวตั้งพร้อมกัน ในแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ซึ่งสมำเสมอใน

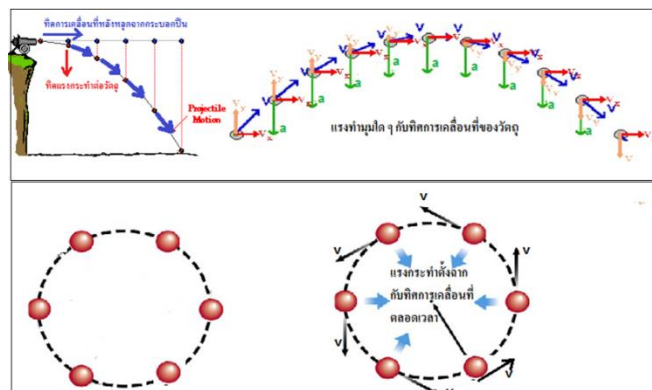
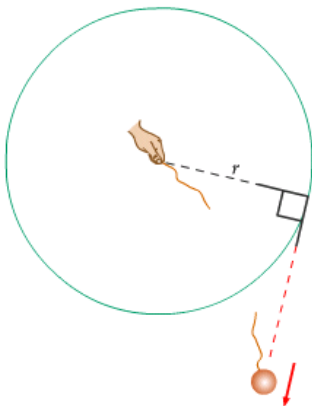
บริเวณใกล้ผิวโลก) ในขณะที่การเคลื่อนที่ในแนวราบไม่มีความเร่งเพราะไม่มีแรงกระทำในแนวระดับ ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง เส้นทางการเคลื่อนที่ของโปรเจกไทล์จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบพาราโบลา

การเคลื่อนที่แบบวงกลม



วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง แสดงว่ามีแรงกระทำในทิศแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ไม่ว่าจะมีทิศทางเดียวกัน หรือตรงกันข้ามผลจะทำให้การเคลื่อนที่นั้นเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือช้าลง โดยแนวการเคลื่อนที่จะอยู่ในแนวเดิม (เส้นตรง) วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งแบบ

โปรเจกไทล์ เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นในแนวทำมุมใดๆ กับการเคลื่อนที่ตลอดเวลา แต่ถ้าวัตถุใดมีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นในทิศทำมุม 90 องศาทิศทางการเคลื่อนที่ตลอดเวลาผลจะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งแบบวงกลม เช่น การขับรถจักรยานยนต์ไต่ถังเป็นวงกลม จะมีแรงกระทำต่อคนและรถ 3 แรง คือ 1) แรงเสียดทานระหว่างล้อรถกับผนังภาชนะ 2) แรงเนื่องจากน้ำหนักของรถและคนขับ 3) แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่ผนังภาชนะกระทำต่อจักรยานยนต์ หรือแรงจากผนังกระทำต่อรถจักรยานยนต์ตลอดเวลาในทิศตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางจึงเรียกแรงนี้ว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ดังรูป กรณีวัตถุที่ถูกแกว่งเป็นวงกลม และ รถจักรยานยนต์ไต่ถังจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน วัตถุจะเปลี่ยนไปจากสภาพเดิม เมื่อมีแรงที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำ แสดงว่าแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นแนวโค้งแบบวงกลมจะต้องเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ผูกวัตถุด้วยเชือกและแกว่งให้เป็นวงกลมด้วยความเร็วสม่ำเสมอ แรงตึงของเส้นเชือกจะดึงวัตถุไม่ให้หลุดออกไป วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมแนวราบจะเกิดความเร่ง 2 แนว คือ ความเร่งแนวเส้นสัมผัสและความเร่งในแนวรัศมี หรือความเร่งสู่ศูนย์กลาง



ใบกิจกรรมการเรียนรู้ 1.1: แรงและการเคลื่อนที่

คำชี้แจง ให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้น เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

1. จงอธิบายความหมายการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่

.....

.....

.....

- วัตถุอยู่บนพื้นราบที่ไร้แรงเสียดทาน จากนั้นถูกผลักด้วยแรงขนาดหนึ่ง จงอธิบายสภาพของวัตถุหลังจากมีแรงผลักมากกระทำ

.....

.....

.....

- วัตถุอยู่นิ่ง จากนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

- วัตถุ A เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที ไปบนพื้นราบไร้แรงเสียดทาน ตลอดระยะทางตรง 50 เมตร มีแรงกระทำต่อวัตถุ A หรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

2. จากข้อ 4 ถ้าวัตถุ A เคลื่อนที่ต่อไปบนพื้นราบ (ไร้แรงเสียดทาน) ด้วยความเร็วคงตัวไปตามเส้นทางโค้ง มีแรงกระทำต่อวัตถุ A หรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

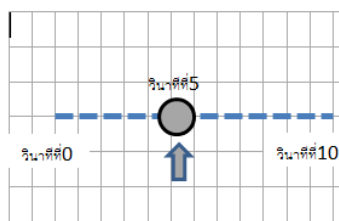
.....

วัตถุ B เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ (ไร้แรงเสียดทาน) เป็นเส้นทางตรงด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ มีแรงกระทำต่อวัตถุ B หรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....



จากรูปด้านซ้ายมือวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ (วินาทีที่ 0) ด้วยความเร็วคงตัวไปทางด้านขวาเมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาทีวัตถุนั้นได้รับแรงกระทำจากด้านล่าง (ดังภาพ) จงเขียนเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากวินาทีที่ 5

.....

.....

.....

ขณะเหรียญหรือบอลเคลื่อนที่ขึ้น หลังจากเหรียญหรือลูกบอลถูกโยนขึ้นไปในแนวดิ่ง มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

3. ขณะเหรียญหรือบอลตกลงสู่พื้น มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

5. หนังสือที่วางนิ่งอยู่บนโต๊ะสูงจากพื้น มีแรงกระทำหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ 1.1: แรงและการเคลื่อนที่

คำชี้แจง ให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้น เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

1. จงอธิบายความหมายการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่

.....

.....

.....

2. วัตถุอยู่บนพื้นราบที่ไร้แรงเสียดทาน จากนั้นถูกผลักด้วยแรงขนาดหนึ่ง จงอธิบายสภาพของวัตถุหลังจากมีแรงผลักมากกระทำ

.....

.....

.....

3. วัตถุหนึ่ง จากนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

4. วัตถุ A เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที ไปบนพื้นราบไร้แรงเสียดทาน ตลอดระยะทางตรง 50 เมตร มีแรงกระทำต่อวัตถุ A หรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

5. จากข้อ 4 ถ้าวัตถุ A เคลื่อนที่ต่อไปบนพื้นราบ (ไร้แรงเสียดทาน) ด้วยความเร็วคงตัวไปตามเส้นทางโค้ง มีแรงกระทำต่อวัตถุ A หรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

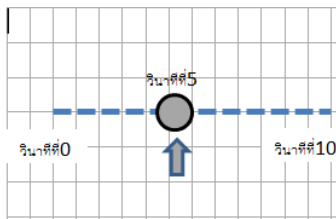
.....

6. วัตถุ B เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ (ไร้แรงเสียดทาน) เป็นเส้นทางตรงด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ มีแรงกระทำต่อวัตถุ B หรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....



7. จากรูปด้านซ้ายมือวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ (วินาทีที่ 0) ด้วยความเร็วคงตัวไปทางด้านขวาเมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาทีวัตถุนั้นได้รับแรงกระทำจากด้านล่าง (ดังภาพ) จงเขียนเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากวินาทีที่ 5

.....

.....

8. ขณะเหรียญหรือบอลเคลื่อนที่ขึ้น หลังจากเหรียญหรือลูกบอลถูกโยนขึ้นไปในแนวดิ่ง มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

9. ขณะเหรียญหรือบอลตกลงสู่พื้น มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่อย่างไร

.....

.....

10. หนังสือที่วางนิ่งอยู่บนโต๊ะสูงจากพื้น มีแรงกระทำหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เสริมด้วยเทคนิค POE และ เปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เวลา 6 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 ป. 6/1 ทดลองและอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ว 5.1 ป. 6/3 ทดลองและอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 5.1 ป. 6/4 ทดลองและอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรมแบบขนาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 5.1 ม. 3/2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และ ตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือ ที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ป. 6/2 วางแผนการสังเกต เสนอการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้า คาดการณ์ สิ่งที่จะพบจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ป. 6/3 เลือกอุปกรณ์และวิธีการสำรวจตรวจสอบที่ถูกต้องเหมาะสมให้ได้ผลที่ครอบคลุม และเชื่อถือได้

ว 8.1 ป. 6/4 บันทึกข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ วิเคราะห์และตรวจสอบผลกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้นำเสนอผลและข้อสรุป

ว 8.1 ป. 6/5 สร้างคำถามใหม่เพื่อการสำรวจตรวจสอบต่อไป

ว 8.1 ป. 6/7 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบตามความเป็นจริงมีเหตุผลและมีประจักษ์พยานอ้างอิง

ว 8.1 ม. 1-3/8 บันทึกและอธิบายการสังเกตตรวจสอบและค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

2. สำคัญ

วงจรไฟฟ้าเป็นเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ครบ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้ามี 2 แบบคือ แบบอนุกรมเป็นการนำเอาอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้ามาต่อเรียงกันและการต่อวงจรแบบขนานเป็นการนำเอาขั้วของเซลล์ไฟฟ้าแต่ละเซลล์ที่เหมือนกันหรือนำปลายข้างเดียวกันของแต่ละอุปกรณ์มารวมกันก่อน ไปเชื่อมต่อในวงจรเพื่อการใช้งาน โดยความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

6. บอกความหมายและองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
7. ระบุปริมาณทางไฟฟ้าที่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า
8. อธิบายความสัมพันธ์ปริมาณทางไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม
9. อธิบายผลจากการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน
10. อธิบายผลจากการต่อวงจรแบบผสมผสาน

ด้านกระบวนการ (Process)

7. คาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์)
8. ทดลอง สังเกต และบันทึกผลการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมแบบขนาน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์/ทักษะปฏิบัติ)
9. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณทางไฟฟ้าจากผลการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอนุกรมแบบขนาน (กระบวนการคิด)
10. นำความรู้จากผลการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอนุกรมแบบขนานไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสมผสาน (กระบวนการคิด)
11. นำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยชิ้นงานและวาจา (กระบวนการสื่อสาร)

12. ทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการร่วมกัน (กระบวนการกลุ่ม/สังคม)

ด้านคุณลักษณะ (Attribute)

3. บันทึกข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรมด้วยความซื่อสัตย์
4. มีความตั้งใจ มีความรับผิดชอบต่อนหน้าที่ได้รับมอบหมาย และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในกระบวนการเรียนรู้
5. มีระเบียบวินัยในการทำงาน รักษาความสะอาดห้องเรียนและสถานที่ปฏิบัติกิจกรรม

4. สารการเรียนรู้

4.1 ความเข้าใจที่สับสนและคาดเคลื่อน (Shaffer & McDermott, 1992)

4.1.1 อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ ที่ต่อเรียงกันในวงจร หลอดใดหลอดหนึ่งจะได้รับและใช้กระแสไฟฟ้าไปหมดก่อน (use up) หลอดไฟนั้นจึงสว่างกว่าหลอดไฟที่เหลือที่ได้รับในปริมาณที่เหลือนจากหลอดแรก ทำให้มีความสว่างน้อยลง

4.1.2 ลำดับของอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรและทิศทางของกระแสมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟที่ต่อเรียง/อนุกรม หลอดใดหลอดหนึ่งจะสว่างมากกว่าเพราะกระแสที่ไหลผ่านเส้นทางจะต้องผ่านความต้านทานของหลอดไฟหลอดแรกทำให้กระแสที่ผ่านเส้นทางนั้นในลำดับถัดไปมีปริมาณลดลง

4.1.3 แบตเตอรี่เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าคงที่ คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ใด แบตเตอรี่หนึ่งในวงจรต่าง ๆ จะมีค่าคงที่ แต่ให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ไม่คงที่ขึ้นกับลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจร

4.1.4 ไม่สามารถแยกแยะระหว่างความต่างศักย์ที่คร่อมขั้วแบตเตอรี่และความต่างศักย์คร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยนำแนวคิดจากการต่ออุปกรณ์แบบขนานกับขั้วแบตเตอรี่ตรง ๆ ซึ่งเมื่อนำอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งออกไปจะไม่มีผลกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหลือ เชื่อมโยงกับการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าขนานกันแต่ไม่ได้คร่อมขั้วแบตเตอรี่โดยตรงโดยมีการต่อเรียงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าก่อนเชื่อมต่อกับขั้วแบตเตอรี่ ผู้เรียนเชื่อว่าการนำหลอดใดหลอดหนึ่งออกจะไม่จะมีผลต่ออีกหลอด (แต่ความเป็นจริงคือมีผล)

4.1.5 เมื่อจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรเพิ่มขึ้นความต้านทานในวงจรจะเพิ่มขึ้น ผู้เรียนไม่สามารถแยกแยะระหว่างความต้านทานรวมของวงจรกับความต้านทานแต่ละตัวของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยผู้เรียนมักให้ความสำคัญต่อจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้ามากกว่าพิจารณาลักษณะการต่อ(รูปแบบ)ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจร

4.1.6 ไม่สามารถวิเคราะห์ลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชั้น (4-5 ชั้นขึ้นไป) โดยเฉพาะเมื่อวงจรนำเสนอลักษณะการต่อต่างกัน แต่เป็นวงจรที่เหมือนกัน และไม่สามารถต่อวงจรตามแผนภาพได้

4.1.7 ไม่เข้าใจและไม่สามารถประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับวงจรสมบูรณ์(เส้นทางปิดใดๆ) (complete circuit)

4.1.8 ไม่สามารถต่ออุปกรณ์วัดปริมาณไฟฟ้า เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ เข้าเป็นส่วนหนึ่งของวงจรสมบูรณ์ได้

4.1.9 ใช้คำศัพท์: กระแสไฟฟ้า พลังงาน กำลัง ในความหมายเดียวกัน

4.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์

4.2.1 วงจรไฟฟ้าเป็นเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ครบ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า สายไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้า

4.2.2 การต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรมี 2 แบบคือ แบบอนุกรมเป็นการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าแบบเรียงกันไป โดยที่มีปริมาณของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทุกส่วนของวงจรเท่ากันและแบบขนานเป็นการนำปลายข้างเดียวกัน ของแต่ละอุปกรณ์ มารวมกันก่อน แล้วจึงต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะแยกผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละอย่างโดยกระแสไฟฟ้ารวมในวงจรเท่ากับ กระแสไฟฟ้าที่แยกผ่านอุปกรณ์แต่ละอย่างรวมกัน

4.2.3 การต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดเซลล์ไฟฟ้ามี 2 แบบ การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมคือการนำเอาเซลล์ไฟฟ้ามาต่อเรียงกันทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ารวมเพิ่มขึ้นแต่กระแสไฟฟ้ารวมจะไม่เพิ่ม กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าของเซลล์ที่ต่ำที่สุด การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานคือการนำเอาขั้วของเซลล์ไฟฟ้าแต่ละเซลล์ที่เหมือนกันมาต่อเข้าด้วยกันแล้วนำเอาขั้วของเซลล์ที่ต่อขนานไปใช้งานผลก็คือแรงดันไฟฟ้ารวมเท่ากับแรงเคลื่อนเซลล์ที่ต่ำสุดแต่กระแสไฟฟ้ารวมจะเพิ่มสูงขึ้น คือเท่ากับกระแสทุกเซลล์รวมกัน

4.2.4 ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม คือ $V = (I)(R)$ เมื่อ V คือ ความต่างศักย์ I คือกระแสไฟฟ้า และ R คือ ความต้านทาน

4.2.5 วงจรแบบผสมเป็นวงจรที่นำเอาวิธีการต่อแบบอนุกรมและวิธีการต่อแบบขนานมารวมให้เป็นวงจรเดียวกัน ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะของการต่อได้ 2 ลักษณะ คือวงจรผสมแบบอนุกรม-ขนาน เป็นการนำอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้าไปต่ออนุกรมก่อน แล้วจึงนำไปต่อกันแบบขนานอีกครั้งหนึ่ง และวงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม เป็นการนำอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้าไปต่อขนานก่อน แล้วจึงนำไปต่อกันแบบอนุกรม

5. หลักฐานหรือร่องรอยของการเรียนรู้ สำหรับการวัดและประเมินผล

5.1 ความรู้

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.2 และ 1.3	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 1.2 และ 1.3	ตอบคำถามในแต่ละใบกิจกรรมถูกต้องไม่น้อยกว่า 75%	ข้อ 1 - 5
2. ทดสอบหลังเรียน	ตรวจคำตอบจากแบบทดสอบหลังเรียน	ตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 1 - 5

5.2 กระบวนการ

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.1	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 1.1 นับความถี่ของคำตอบแยกเป็นคำตอบที่ถูกต้อง คำตอบที่คาดเคลื่อนในประเด็นต่างๆ	-	ข้อ 1
2. ตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.2	สังเกตการใช้ทักษะสืบเสาะหาความรู้ขณะทำกิจกรรมและตรวจคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 1.2 และอภิปรายผลร่วมกัน	ดำเนินการทดลองตามขั้นตอน ใช้เครื่องมือวัดและบันทึกผลได้ ถูกต้องและตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.2 ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 2 - 3
3. ตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.3	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 1.3 และอภิปรายผลร่วมกัน	ตอบคำถามในกิจกรรมที่ 1.3 ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 4
4. ชิ้นงานสรุปผลการค้นพบ (ภาพ แผนภูมิ.. วาจา..)	สังเกตรูปแบบการนำเสนอผลงาน การใช้ภาษาสำหรับการสื่อสาร โดยการบันทึกในใบสังเกตการดำเนินกิจกรรม	แสดงผลจากการทำกิจกรรมได้ครบองค์ประกอบเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขการทำกิจกรรมครั้งต่อไป	ข้อ 5-6

5.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล	สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมและผลการบันทึกข้อมูลในใบกิจกรรมที่ 1.2	ผู้เรียนบันทึกข้อมูลตามที่สังเกตได้ 100%	ข้อ 1
2. ความตั้งใจ ความรับผิดชอบและร่วมมือในการทำกิจกรรม	สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมและตรวจผลงานในใบกิจกรรมที่ 1.2, 1.3	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมและดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนอย่างสมบูรณ์	ข้อ 2
3. ความมีระเบียบวินัย	สังเกตความตรงต่อเวลาและการรักษาความสะอาดของห้องเรียน	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมตามเวลาที่กำหนด/ไม่มีขยะบนโต๊ะและพื้นห้อง	ข้อ 3

6. คำถามสำคัญ

- วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายหมายถึงอะไร มีองค์ประกอบสำคัญอะไรบ้าง
- การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ความสว่างของหลอดไฟขึ้นกับปริมาณไฟฟ้าใดบ้าง
- การต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานมีลักษณะอย่างไร แต่ละแบบให้ผลเป็นอย่างไร
- การต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานมีลักษณะอย่างไร แต่ละแบบให้ผลเป็นอย่างไร
- วงจรไฟฟ้าแบบผสมมีลักษณะอย่างไร
- ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- การเพิ่มหรือลดจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้าในวงจรมีผลต่อปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ อย่างไร

7. กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เสริมด้วยเทคนิค POE

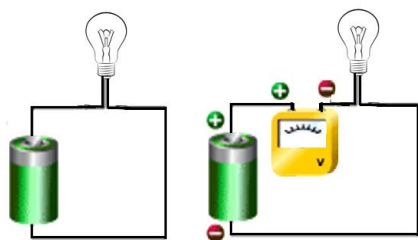
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม-ทำนาย (10 นาที)

- ผู้สอนนำ ไฟฉาย (แบบใช้เซลล์ไฟฟ้า) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานโดยเป็นวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายมาแสดงการทำงาน แล้วใช้คำถามผู้เรียนดังต่อไปนี้
 - การทำงานของไฟฉาย ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าอะไรบ้าง
 - อุปกรณ์เหล่านั้นต่อกันอย่างไร

2. นักเรียนทุกคนรับใบกิจกรรมที่ 1.1: ทำนายความสว่างของหลอดไฟ แล้วนำเสนอผู้สอน (7 นาที)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

3. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนจำนวน 4 -5 คน (แต่ละกลุ่มคละหญิง-ชายและเก่ง –อ่อน)
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมที่ 1.2: ปริมาณไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าที่มีการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานและการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน พร้อมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ (แผ่นกระดาษแข็งที่ออกแบบวงจรอย่างง่าย สายไฟ เซลล์ไฟฟ้าขนาด AA หลอดไฟขนาด 2.5 โวลต์ โวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์/มัลติมิเตอร์)
5. ผู้สอนและนักเรียนอภิปรายแนวทางการสำรวจตรวจสอบร่วมกัน ดังนี้
- 5.1 ผู้สอนให้นักเรียนต่อหลอดไฟเข้ากับถ่านไฟฉายแล้วสังเกตความสว่างของหลอดไฟ จากนั้นนำโวลต์มิเตอร์มาต่อเรียงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การต่อโวลต์มิเตอร์อนุกรมกับวงจร

- 5.2 ผู้สอนใช้คำถาม ดังนี้

- เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ต่อเรียงกับอุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟเป็นอย่างไร (ไม่สว่าง)
- หลอดไฟไม่สว่าง หมายความว่าอย่างไร โครงสร้างภายในโวลต์มิเตอร์มีสมบัติอย่างไร (มีความต้านทานภายในสูง)
- การนำโวลต์มิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความต่างศักย์ให้เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควรนำไปต่ออย่างไร (क्रमอนุกรมที่ต่อกรวัด)

5.3 ผู้สอนอภิปรายร่วมกับผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ซึ่งเครื่องมือวัดไม่ควรไปรบกวนปริมาณไฟฟ้าในวงจร ดังนั้น การนำเครื่องมือวัดปริมาณไฟฟ้าในวงจรจะต้องต่อให้ถูกต้อง โดยให้อุปกรณ์วัดปริมาณไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของวงจร ผู้สอนใช้คำถาม ดังนี้

- แอมมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดปริมาณใด (กระแสไฟฟ้า)
- ควรนำแอมมิเตอร์ไปต่อเข้ากับวงจรในลักษณะใด เพื่อให้ทราบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุดนั้น (นำไปต่อเรียงในวงจร)

- เพื่อไม่ให้ความต้านทานจากเครื่องมือวัดมีผลต่อวงจร ความต้านทานในแอมมิเตอร์ควรเป็นอย่างไร (แอมมิเตอร์ควรมีความต้านทานน้อย)

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามใบกิจกรรมที่ 1.2 พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป

7. ผู้สอนใช้คำถามต่อไปนี้เพื่อนำสู่ข้อสรุปที่ได้จากกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบการต่อหลอดไฟฟ้ากับวงจร

- จากกิจกรรมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟลดลงหรือไม่ (ไม่ใช่ เพราะกระแสก่อนเข้า = กระแสผ่านหลอดไฟไปแล้ว)

- การนำหลอดไฟฟ้ามาต่อเรียงกันหรืออนุกรมกัน 2 หลอด เทียบกับวงจรที่มีจำนวนหลอดไฟ 1 หลอดทำให้ความสว่างของหลอดไฟเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร (เปลี่ยนไป หลอดไฟที่นำมาต่ออนุกรมกันจะมีความสว่างลดลง แต่สว่างเท่ากัน)

- หลอดไฟ (1) ใช้ปริมาณไฟมากกว่า (2) ใช้หรือไม่เพราะเหตุใด..(ไม่ เพราะกระแสก่อนเข้าหลอดไฟ (ตำแหน่ง 1) = กระแสผ่านหลอดไฟ)

- ความต่างศักย์ที่คร่อมเซลล์ไฟฟ้า และความต่างศักย์คร่อมหลอดไฟแต่ละหลอดของการต่อหลอดไฟแบบอนุกรมเป็นอย่างไร ($\Delta V_{\text{cell}} = \Delta V_{\text{หลอด 1}} + \Delta V_{\text{หลอด 2}}$)

- การต่อหลอดแบบอนุกรม กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านวงจร (1) มีความสัมพันธ์กับค่ากระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านหลอดไฟ (1) และ (2) อย่างไร (กระแสที่ไหลผ่านวงจรทุกจุดมีค่าเท่ากัน)

- เส้นทางปิดของการต่อหลอดไฟฟ้าอนุกรมกัน 2 หลอดกับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ามีกี่เส้นทางปิด (1 เส้นทาง โดยเส้นทางนั้นกระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านหลอดไฟฟ้า 2 หลอด)

- การนำหลอดไฟฟ้า 2 หลอดมาต่อขนานกันความสว่างหลอดไฟ (1) กับ (2) เป็นอย่างไร (สว่างเท่ากันและเท่ากับการต่อหลอดไฟ 1 หลอดในวงจร)

- ความต่างศักย์ที่คร่อมเซลล์ไฟฟ้า และความต่างศักย์คร่อมหลอดไฟแต่ละหลอดของการต่อหลอดไฟแบบขนานเป็นอย่างไร ($\Delta V_{\text{cell}} = \Delta V_{\text{หลอด 1}} = \Delta V_{\text{หลอด 2}}$)

- การต่อหลอดแบบขนาน กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านวงจร (1) มีความสัมพันธ์กับค่ากระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านหลอดไฟ (1) และ (2) อย่างไร (กระแสที่ไหลผ่านเซลล์ไฟฟ้า = การรวมกันของกระแสที่ไหลแยกไปในเส้นทางที่ 1 และ 2)

- เส้นทางปิดของการต่อหลอดไฟฟ้าขนานกัน 2 หลอดกับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ามีกี่เส้นทางปิด (2 เส้นทาง โดยกระแสไฟฟ้าเดินทางจากแหล่งจ่ายแยกเป็น 2 เส้นทางปิด แต่ละเส้นทางผ่านหลอดไฟฟ้า 1 หลอด)

- ให้นักเรียนสังเกตค่าความต่างศักย์ที่คร่อมถ่านไฟฉายจากการต่อหลอดแบบอนุกรมหรือแบบขนาน ค่าความต่างศักย์ที่คร่อมถ่านไฟฉาย (1 ถ่าน) เป็นอย่างไร (เท่ากัน) นั้นหมายความว่าอย่างไร (เซลล์ไฟฟ้าหรือถ่านไฟฉายเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ให้ความต่างศักย์คงที่แต่ให้กระแสไม่คงที่ ขึ้นกับลักษณะการต่ออุปกรณ์)

8. ผู้สอนใช้คำถามต่อไปนี้เพื่อนำสู่ข้อสรุปที่ได้จากกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบการต่อเซลล์ไฟฟ้ากับวงจรแบบอนุกรมและขนาน โดยใช้คำถามนำสรุปดังนี้

- เปรียบเทียบความต่างศักย์รวมคร่อมถ่านไฟฉายแบบเรียง/อนุกรมกัน 2 ถ่าน กับ 1 ถ่าน เป็นอย่างไร และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟเป็นอย่างไร (ΔV_{cell} เพิ่มขึ้นเมื่อนำเซลล์มาต่อเรียงกัน แต่ I ไหลในวงจรเพิ่มมากกว่าต่อด้วยเซลล์ไฟฟ้า 1 เซลล์)

- เปรียบเทียบความต่างศักย์รวมคร่อมถ่านไฟฉายแบบขนานกัน 2 ถ่าน กับ 1 ถ่าน เป็นอย่างไร และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟเป็นอย่างไร ($\Delta V_{\text{cellรวม}}$ เท่ากับความต่างศักย์คร่อมเซลล์ 1 ถ่าน และกระแส I รวมไหลในวงจร = กระแสจาก 1 เซลล์ต่อกับ 1 หลอด)

9. ผู้สอนให้ผู้เรียนสรุปผลจากกิจกรรมตอนที่ 1 และ 2 สรุปได้ อย่างไร

1. การต่อหลอดไฟแบบอนุกรมทำให้ความต่างศักย์คร่อมแต่ละหลอดลดลงจากศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมแหล่งจ่ายแต่กระแสที่ไหลผ่านแต่ละหลอดมีปริมาณเท่ากับที่ไหลผ่านแหล่งจ่าย
2. การต่อหลอดแบบขนานทำให้ความต่างศักย์คร่อมแต่ละหลอดเท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมแหล่งจ่าย แต่กระแสที่ไหลจะถูกแบ่งเส้นทางแต่ละเส้นทางมีปริมาณลดลงจากที่ไหลผ่านแหล่งจ่าย
3. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมทำให้ความต่างศักย์รวมคร่อมเซลล์เพิ่มขึ้น กระแสในวงจรเพิ่ม
4. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานทำให้ความต่างศักย์รวมคร่อมเซลล์เท่าเดิมกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเท่าเดิม

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมที่ 1.3 ซึ่งเป็นการนำความรู้จากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบมาตอบคำถามเกี่ยวกับวงจรผสม โดยเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟในวงจรผสมแบบต่าง ๆ ซึ่งไม่ได้ดำเนินการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์จริง

11. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.3 ครบถ้วนจากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบเพื่อเปรียบเทียบกัน

12. ผู้สอนแสดงคำตอบด้วยการต่ออุปกรณ์ตามคำถามในข้อต่าง ๆ พร้อมนำอภิปรายผลที่เกิดขึ้น โดยใช้คำถามประกอบผลที่เกิดขึ้น ดังนี้ร่วมกับค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่วัดได้ (รายละเอียดแนบท้ายแผนการสอน)

- ในวงจร xxx มีเส้นทางเดินของกระแสเข้า-ออกแหล่งกำเนิดกี่เส้น
- ความต่างศักย์คร่อมเซลล์ไฟฟ้าในวงจร xxx กับคร่อมหลอดต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร
- ถ้านำหลอดไฟหลอด x ออกจะส่งผลต่อความต่างศักย์ที่คร่อมหลอดไฟที่เหลืออย่างไร และกระแสไฟฟ้าในเส้นทางนั้นเป็นอย่างไร

13. ผู้สอนร่วมสรุปผลที่ได้จากกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแนวคิดสำคัญของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายดังนี้

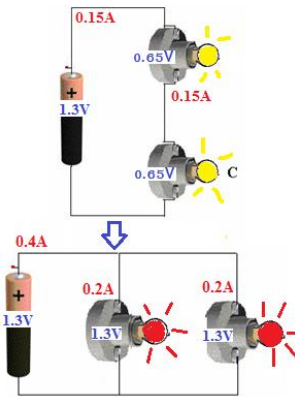
จากผลการทดลองจะเห็นว่าไม่ว่าจะต่อหลอดไฟจำนวนเท่าใดในลักษณะใดกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือเซลล์ไฟฟ้าชนิดเดียวกัน (พิจารณากรณีอย่างง่ายคือถ่านไฟฉาย 1 ก้อน) ความต่างศักย์คร่อมเซลล์ไฟฟ้าในวงจรนั้น ๆ มีค่าคงที่ แต่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเซลล์ไฟฟ้าไม่คงที่ นั่นคือ เซลล์ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดที่ให้ความต่างศักย์รวมคร่อมวงจรคงที่ แต่ให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรรวมไม่คงที่

14. ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า ดังนี้

- ความต่างศักย์คร่อมหลอดไฟคงที่หรือไม่อย่างไร ไม่คงที่ เมื่อนำหลอดมาต่อเรียง..ความต่างศักย์คร่อมหลอดลดลงและกระแสลดลงนั่นคือ $\Delta V_{\text{คร่อมหลอดไฟ}} \propto I$ ที่ไหลผ่านหลอดไฟนั้น. โดยที่ I จะไหลได้มากน้อยขึ้นกับ R ของหลอด. เขียนความสัมพันธ์ $V =$ ค่าคงที่ $\times I$ และ ค่าคงที่นั้นเป็นความต้านทาน (R) ของหลอดในเส้นทางนั้น ได้ $V = IR$

- ความสว่างของหลอดไฟฟ้าขึ้นกับปริมาณใดบ้าง จากผลที่ได้ความสว่างขึ้นกับ $\Delta_{\text{คร่อมหลอดไฟ}}$ ที่ไหลผ่านหลอดซึ่งแต่ละหลอดจะมีความต้านทาน ซึ่งการสว่างของหลอดไฟเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานในรูปแสง ดังนั้นความสว่างของหลอดไฟขึ้นกับพลังงานที่หลอดไฟใช้ทำงานในเวลาหนึ่ง ๆ (ทำให้หลอดไฟสว่าง) ซึ่งซึ่งการทำงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา คือ “กำลัง” ดังนั้นความสว่างของหลอดไฟเกี่ยวข้องกับกำลังไฟฟ้าที่หลอดไฟใช้ในการทำงาน ซึ่งขึ้นกับ “ความต่างศักย์คร่อมหลอด” และ “กระแสที่ไหลผ่านหลอด” ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้

(Power) $P = VI$



$$= (IR)I \text{ หรือ } V(V/R)$$

$$= I^2 R \text{ หรือ } V^2/R$$

เช่น การต่อหลอดไฟขนาด 1 โห์ม 2 หลอด

$$\text{การต่อหลอดขนาน.. } P = I^2 R = (0.2)^2 (R_1 R_2 / R_1 + R_2) = (0.4)^2 (0.5)$$

$$\text{การต่อหลอดอนุกรม.. } P = I^2 R = (0.15)^2 (R_1 + R_2) = (0.15)^2 (2)$$

การต่อหลอดแบบขนานใช้กำลังไฟมากกว่าอนุกรม

- ถ้าเราไม่มีเครื่องมือวัดปริมาณไฟฟ้าทั้ง V I และ R เราจะสามารถบอกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าเหล่านี้ในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้หรือไม่อย่างไร

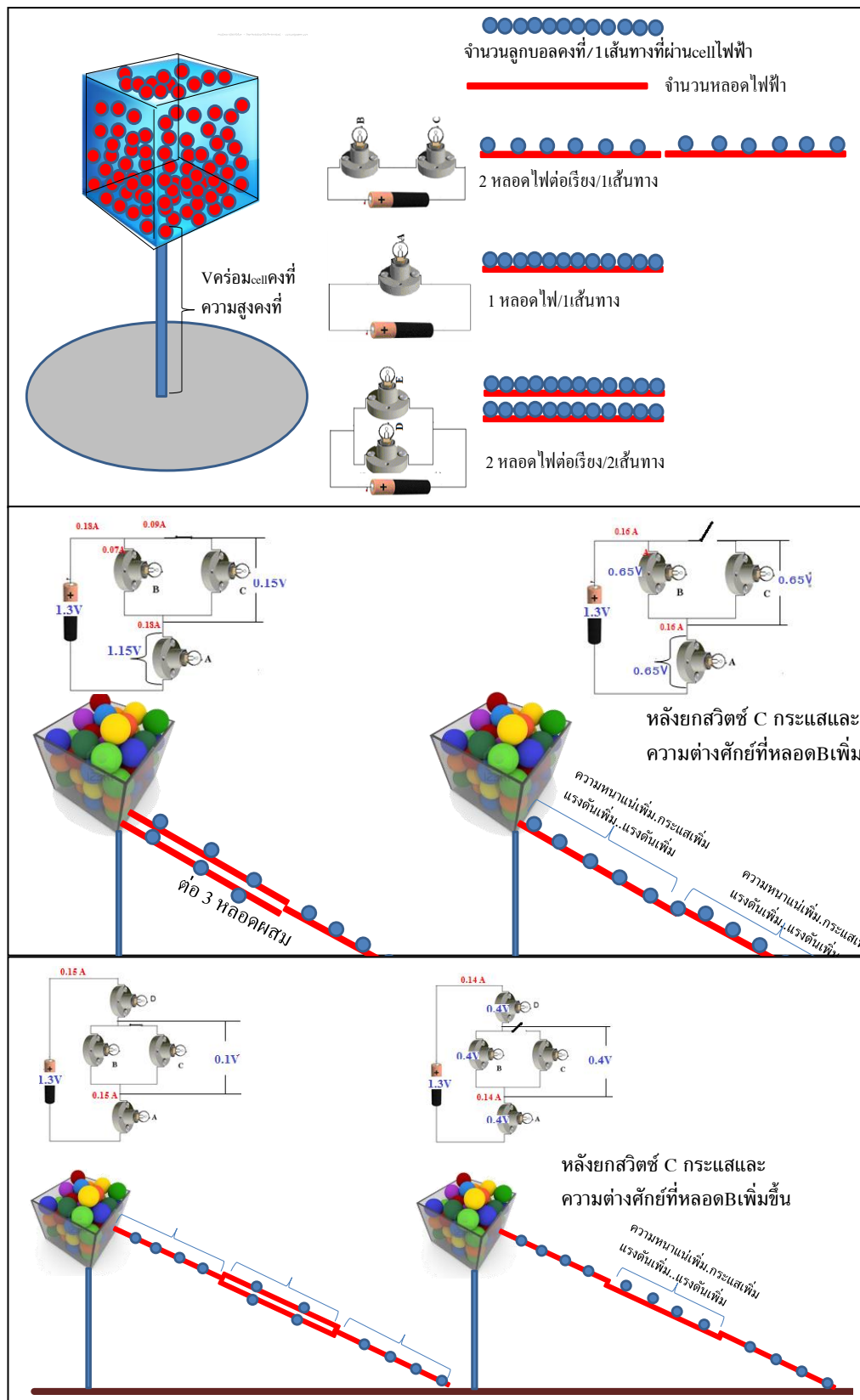
วิธีที่ซับซ้อนน้อยคือใช้การเปรียบเทียบความเหมือน (Analogy) เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นเป็นรูปธรรม ในที่นี้จะใช้การไหลของลูกบอลในท่อลงจากที่สูงลงสู่พื้น (Ground) ซึ่งสูงจากพื้นคงที่ ซึ่งเทียบได้กับความต่างศักย์ที่คร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้าใด ๆ ที่คงที่ตลอด (ระยะความสูงจากพื้นของ)

ความต่างศักย์/แรงดันของแหล่งจ่าย	= ที่เก็บลูกบอลที่สูงจากพื้นระยะคงที่ค่าหนึ่ง
หลอดไฟแต่ละหลอด	= ความยาวหนึ่งหน่วย
เส้นทางเดินกระแสผ่านแหล่งจ่าย 1 เส้นทางปิด	= จำนวนบอลแต่ละเส้นทางปิดคงที่
ปริมาณความต่างศักย์/แรงดันบริเวณหลอด	= ความหนาแน่นของบอล ณ ความยาวหนึ่งของรอยต่อ
ปริมาณกระแสผ่านหลอด	= จำนวนของลูกบอลต่อความยาวหนึ่งของรอยต่อ

หลักการพิจารณาค่า V และ I ในวงจรมีดังนี้

1. พิจารณาจำนวนเส้นทางปิดผ่านแหล่งจ่าย
2. พิจารณาจำนวนรอยต่อ(หลอดไฟ)ในเส้นทางปิด
3. พิจารณาจำนวนหลอดที่กระจายในเส้นทางปิดนั้นมีหลอดกี่ดวง
4. พิจารณาจำนวนบอลที่กระจายในแต่ละเส้นทางปิด ณ บริเวณยาว L หน่วยใด ๆ (หรือที่หลอดใด ๆ) ที่จุดเชื่อมต่อใด ๆ ถ้ามีความหนาแน่นบอลมาก..มีปริมาณกระแสมากและมีแรงดันมาก(อยู่ชิดกัน) และถ้าที่จุดเชื่อมต่อความยาวใด ๆ มีความหนาแน่นของลูกบอลน้อย..มีปริมาณกระแสน้อยและมีแรงดันน้อย

จากรูปข้างล่าง จะเห็นว่าในเส้นทางปิดใด ๆ กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่คร่อมหลอดไฟใด พิจารณาได้จากความหนาแน่นของลูกบอลต่อความยาว L หน่วย ซึ่งถ้าเส้นทางปิดนั้นมีจำนวนหลอดเพิ่ม ความหนาแน่นของลูกบอลในความยาว L หน่วยจะลดลง เช่น การต่อหลอดไฟ 2 หลอดอนุกรมกัน ซึ่งเป็นการทำให้กระแสไหลผ่านเซลล์ไฟฟ้าเพียงเส้นทางเดียวแต่ทำให้เส้นทาง $2L$ หน่วยความหนาแน่นแต่ละความยาว L หน่วยจึงลดลง



ขั้นที่ 5 ประเมินผล

15. ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนทั้งชั้นสอบถามในประเด็นที่สงสัยเพิ่มเติม
16. ทดสอบนักเรียนรายบุคคล (พร้อมเฉลยคำตอบร่วมกัน)

8. สื่อการเรียนรู้

8.1 วิธีการหรือกิจกรรม ได้แก่ วิธีสอน5E วิธีสอนเปรียบเทียบ(Analogy) เทคนิคการสอนPOE การทำงานกลุ่ม ชุดอุปกรณ์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

8.2 วัสดุ ได้แก่ เอกสารPowerpoint ใบกิจกรรม หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ กระดาษฟลิป-ชาร์ต ไฟฉาย ถ่าน สายไฟ หลอดไฟ มัลติมิเตอร์

8.3 อุปกรณ์ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์

9. บันทึกหลังสอน

กิจกรรมการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค		
	พฤติกรรมนักเรียน	สื่อ	ข้อเสนอแนะ
สร้างความสนใจ- ทำนาย			
สำรวจและสืบค้น			
อธิบายและลงข้อสรุป			
ขยายความรู้-Analogy			
ประเมินผล			

ใบกิจกรรม 1.1 : ทำนายความสว่างของหลอดไฟ (ส่งคืน)

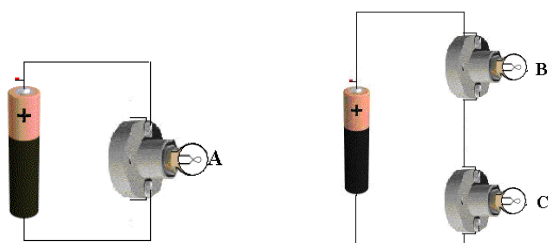
คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

จงใช้ข้อความหรือตัวเลือกที่กำหนดให้ต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1 – 4

(ก.) B และ C สว่างเท่ากันแต่สว่างน้อยกว่า A	(ง.) A สว่างมากกว่า B และ B สว่างมากกว่า C
(ข.) B และ C สว่างเท่ากันแต่สว่างมากกว่า A	(จ.) A สว่างเท่ากับ B แต่สว่างมากกว่า C
(ค.) A, B และ C สว่างเท่ากัน	(ฉ.) A สว่างน้อยกว่า B และ B สว่างน้อยกว่า C

อื่นๆ.....สามารถใส่เครื่องหมาย = < > สื่อความหมายได้

ข้อที่ 1



รูปที่ 1

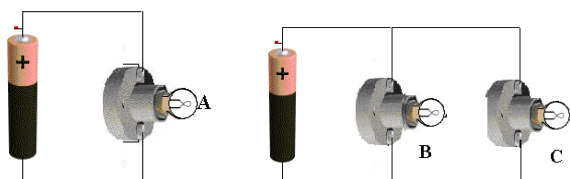
จากรูปที่ 1 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A, B และ C เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แหล่งจ่ายไฟของวงจรทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน

ตอบ.....

เพราะ.....

.....

ข้อที่ 2



รูปที่ 2

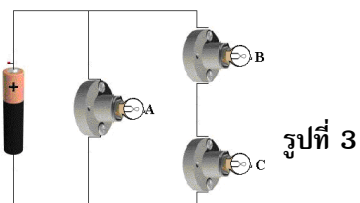
จากรูปที่ 2 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A, B และ C เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แหล่งจ่ายไฟของวงจรทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน

ตอบ.....

เพราะ.....

.....

ข้อที่ 3

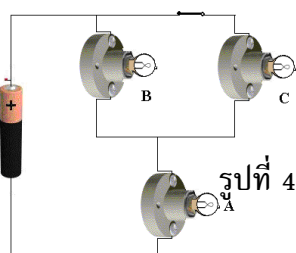


จากรูปที่ 3 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ **A**, **B** และ **C** เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน

ตอบ.....

เพราะ.....

ข้อที่ 4



จากรูปที่ 4 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ **A**, **B** และ **C** เป็นอย่างไร?

ตอบ.....

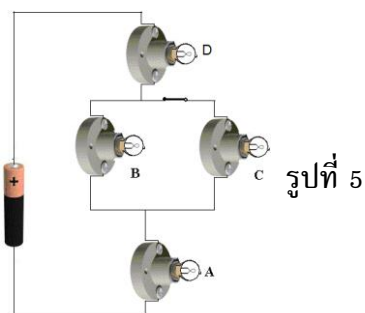
เพราะ.....

ถ้ายกสวิตช์ขึ้น จากรูปที่ 4 ความสว่างของหลอดไฟ **A** และ **B** เป็นอย่างไร?

ตอบ.....

เพราะ.....

ข้อที่ 5



จากรูปที่ 5 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ **A**, **B**, **C** และ **D** เป็นอย่างไร?

ตอบ.....

เพราะ.....

ถ้ายกสวิตช์ขึ้น จากรูปที่ 5 ความสว่างของหลอดไฟ **A**, **B**, และ **D** เป็นอย่างไร?

ตอบ.....

เพราะ.....

จงใช้ตัวเลือกที่กำหนดให้ต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 6 – 7

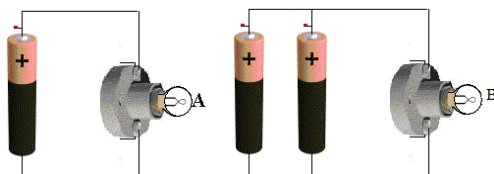
(ก.) A และ B สว่างเท่ากัน

(ข.) A สว่างน้อยกว่า B

(ค.) A สว่างมากกว่า B

อื่นๆ.....

ข้อที่ 6



รูปที่ 6

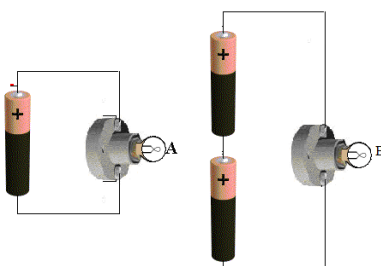
จากรูปที่ 6 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A และ B เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แบตเตอรี่แต่ละก้อนมีขนาดเท่ากันทุกประการ

ตอบ.....

เพราะ.....

.....

ข้อที่ 7



รูปที่ 7

จากรูปที่ 7 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A และ B เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แบตเตอรี่แต่ละก้อนมีขนาดเท่ากันทุกประการ

ตอบ.....

เพราะ.....

.....

ใบกิจกรรมเรื่อง 1.2: ปริมาณไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

วัสดุ-อุปกรณ์

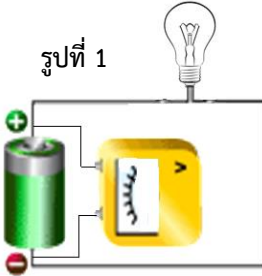
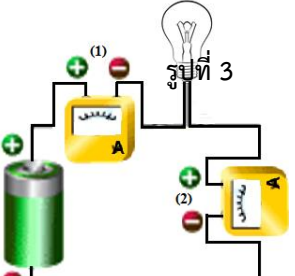
1. หลอดไฟ 2.5V จำนวน 2 หลอด
2. ถ่านไฟฉาย 1.5 V จำนวน 2 ก้อน
3. สายไฟ
4. มัลติมิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง (หรือ โวลต์มิเตอร์ และ แอมมิเตอร์ อย่างละ 1 เครื่อง)
5. แผ่นทองแดง
6. กรรไกร
7. กระดาษทราย

ข้อควรระวัง

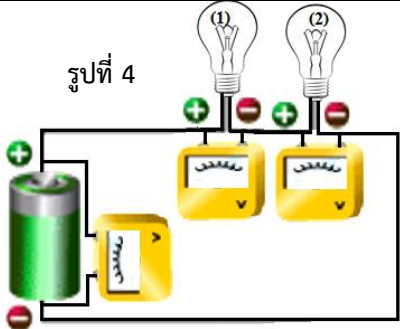
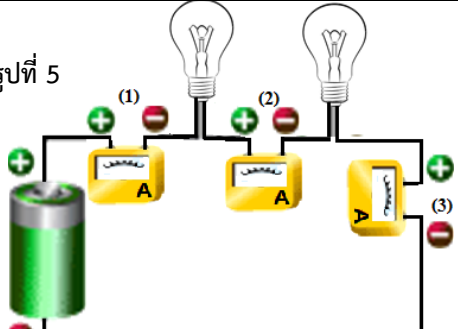
1. การต่อโวลต์และแอมมิเตอร์แบบเข็มเข้ากับวงจรไฟฟ้าให้ต่อขั้วให้ถูกต้อง

ตอนที่ 1 การต่อหลอดไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า

1. วัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรจากรูปภาพด้านล่าง

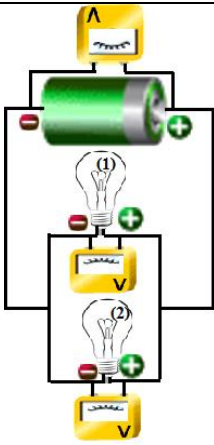
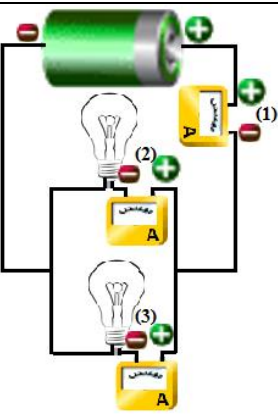
รูปที่ 1  1.1 ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) คร่อมถ่านไฟฉายขณะต่อวงจร V	รูปที่ 2  1.2 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) คร่อมหลอดไฟ V	รูปที่ 3  1.3 ค่ากระแส (I) ที่ไหลผ่านตำแหน่ง (1).....A และค่ากระแส (I) ที่ไหลผ่านตำแหน่ง (2).....A

2. วัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรจากรูปภาพด้านล่าง

รูปที่ 4 	รูปที่ 5 

2.1 ค่า V คร่อมถ่ายไฟฉายขณะต่อวงจร..... Vค่า V คร่อมหลอดไฟ (1).....V และ (2).....V	2.2 ค่า I ที่ไหลผ่าน (1).....A (2).....A และ (3).....A

3. วัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรจากรูปภาพด้านล่าง

รูปที่ 6  3.1 ค่า V คร่อมถ่ายไฟฉายขณะต่อวงจร V ค่า V คร่อมหลอดไฟ (1).....V และ (2).....V	รูปที่ 7  3.2 ค่า I ที่ไหลผ่าน (1).....A (2).....A และ (3).....A

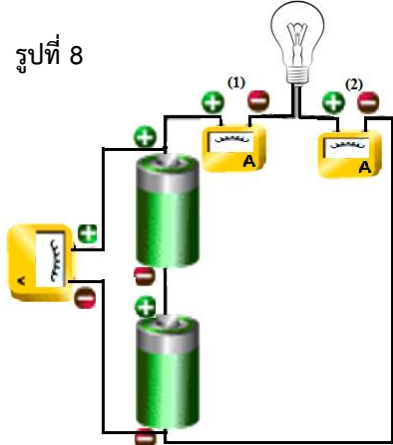
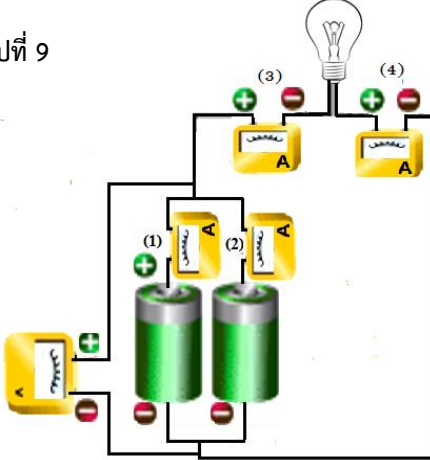
คำถามท้ายกิจกรรม ตอนที่ 1 การต่อหลอดไฟฟ้า นักเรียนค้นพบอะไร

- จากกิจกรรมข้อ 1.3 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟลดลงหรือไม่.....
- จากกิจกรรมข้อ 2.1 และ 2.2 หลอดไฟ (1) ใช้ปริมาณไฟมากกว่า (2) ใช่หรือไม่.....เพราะเหตุใด.....
 - จากกิจกรรมในข้อ 2.1 ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (ถ่ายไฟฉาย) มีความสัมพันธ์กับค่าความต่างศักย์ที่คร่อมหลอดไฟ (1) และ (2) อย่างไร
.....
 - จากกิจกรรมในข้อ 2.2 กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านวงจร (1) มีความสัมพันธ์กับค่ากระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านหลอดไฟ (1) และ (2) อย่างไร
.....

- 2.3 เรียกการต่อหลอดไฟฟ้าจากกิจกรรมในข้อ 2.1 และ 2.2 นี้ว่าอะไรจากกิจกรรมในข้อ 3.1 และ 3.2 เปรียบเทียบความสว่างหลอดไฟ (1) กับ (2)
- 2.3 จากกิจกรรมในข้อ 3.1 ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับค่าความต่างศักย์ที่คร่อมหลอดไฟ (1) และ (2) อย่างไร
- 2.4 จากกิจกรรมในข้อ 3.2 กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านวงจร (1) มีความสัมพันธ์กับค่ากระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านหลอดไฟ (1) และ (2) อย่างไร.....
- 2.5 เรียกการต่อหลอดไฟฟ้าจากกิจกรรมในข้อ 3.1 และ 3.2 นี้ว่าอะไร.....

ตอนที่ 2 การต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า

วัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรจากรูปภาพด้านล่าง

รูปที่ 8  1.1 ค่า V รวมคร่อมถ่ายไฟฉายขณะต่อวงจร V 1.2 ค่า I ที่ไหลผ่าน (1).....A (2).....A	รูปที่ 9  2.1 ค่า V รวมคร่อมถ่ายไฟฉายขณะต่อวงจร V 2.2 ค่า I ที่ไหลผ่าน (1).....A (2).....A (3).....A และ (4).....A

คำถามท้ายกิจกรรม ตอนที่ 2 การต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้า นักเรียนค้นพบอะไร

- เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าจากการต่อถ่ายไฟฉายแบบเรียง/อนุกรมกัน 2 ก้อน กับ 1 ก้อน (รูปที่ 8 และรูปที่ 4).....และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟทั้ง 2 กรณี เป็นอย่างไร.....
- การต่อถ่ายไฟฉายแบบอนุกรมทำให้พลังงานในวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างไร.....

3. เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้ารูปที่ 8 กับรูปที่ 9
 และเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟทั้ง 2 กรณี.....

4. เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้ารูปที่ 4 กับรูปที่ 9 และ
 เปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟทั้ง 2 กรณี.....

จากกิจกรรมตอนที่ 1 และ 2 สรุปได้ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

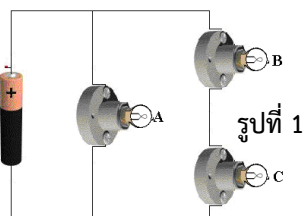
.....

.....

.....

ใบกิจกรรม 1.3: การขยายความรู้จากผลการค้นพบ

ข้อที่ 1



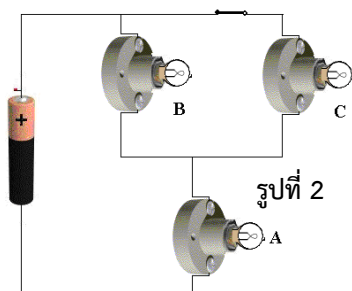
จากรูปที่ 1 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ **A**, **B** และ **C** เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน

ตอบ.....

เพราะ.....

.....

ข้อที่ 2



จากรูปที่ 2 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ **A**, **B** และ **C** เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน

ตอบ.....

เพราะ.....

.....

ถ้ายกสวิตช์ขึ้น จากรูปที่ 4 ความสว่างของหลอดไฟ **A** และ **B** เป็นอย่างไร?

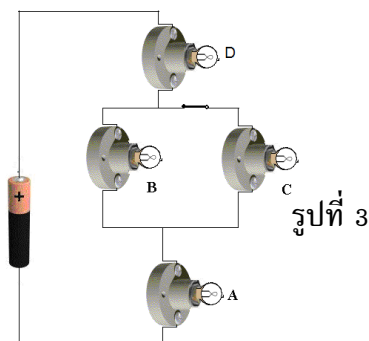
ตอบ.....

เพราะ.....

.....

.....

ข้อที่ 3



จากรูปที่ 3 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ **A, B, C** และ **D** เป็นอย่างไร?

ตอบ.....

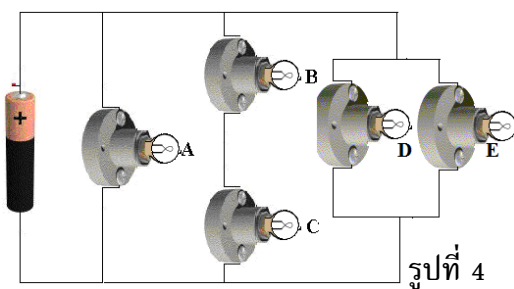
เพราะ.....

ถ้ายกสวิตช์ขึ้น จากรูปที่ 4 ความสว่างของหลอดไฟ **A, B** และ **D** เป็นอย่างไร?

ตอบ.....

เพราะ.....

ข้อที่ 4



จากรูปที่ 4 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ **A, B, C, D** และ **E** เป็นอย่างไร?

ตอบ.....

เพราะ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เสริมด้วยการเรียนรู้ร่วมกัน แบบร่วมกันคิด เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้าเวลา 6 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 ป. 6/5 ทดลองและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กรอบสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และ ตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือ ที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ป. 6/2 วางแผนการสังเกต เสนอการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้า คาดการณ์ สิ่งที่จะพบจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ป. 6/3 เลือกอุปกรณ์และวิธีการสำรวจตรวจสอบที่ถูกต้องเหมาะสมให้ได้ผลที่ครอบคลุม และเชื่อถือได้

ว 8.1 ป. 6/4 บันทึกข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ วิเคราะห์และตรวจสอบผลกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้นำเสนอผลและข้อสรุป

ว 8.1 ป. 6/5 สร้างคำถามใหม่เพื่อการสำรวจตรวจสอบต่อไป

ว 8.1 ป. 6/7 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบตามความเป็นจริงมีเหตุผลและมีประจักษ์พยานอ้างอิง

ว 8.1 ม. 1-3/8 บันทึกและอธิบายการสังเกตตรวจสอบและค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

2. สาระสำคัญ

ตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ นั่นคือกระแสไฟฟ้าสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น และในทางกลับกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าสนามแม่เหล็กผ่านตัวนำจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าภายในตัวนำได้ นั่นคือแม่เหล็กสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

1. ระบุการเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า
2. ระบุรูปร่างและทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำรูปร่างต่าง ๆ โดยกฎมือขวา
3. อธิบายแรงจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุและกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก
4. หาทิศของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุขณะเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กได้
5. อธิบายการเกิดเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดตัวนำและระบุทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำ

ด้านกระบวนการ (Process)

13. คาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นกับปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์)
14. สังเกต และบันทึกผลการเกิดสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสผ่านตัวนำรูปร่างต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กผ่านขดลวดทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์/ทักษะปฏิบัติ)
15. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนามแม่เหล็กและการเกิดกระแสไฟฟ้า (กระบวนการคิด)
16. นำความรู้ไฟฟ้าทำให้เกิดแม่เหล็ก และแม่เหล็กทำให้เกิดไฟฟ้าไปอธิบายการทำงานของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน (กระบวนการคิด)
17. ทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการร่วมกัน (กระบวนการกลุ่ม/สังคม)

ด้านคุณลักษณะ (Attribute)

6. บันทึกข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรมด้วยความซื่อสัตย์

7. มีความตั้งใจ มีความรับผิดชอบต่อนหน้าที่ได้รับมอบหมาย และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในกระบวนการเรียนรู้

8. มีระเบียบวินัยในการทำงาน รักษาความสะอาดห้องเรียนและสถานที่ปฏิบัติกิจกรรม

4. สารการเรียนรู้

4.1 ความเข้าใจที่สับสนและคาดเคลื่อน (Maloney et al.,2001; Peters, 1984)

4.1.1 ลวดตัวนำเทียบได้กับประจุบวกและลบ กระแสที่ไหลผ่านตัวนำที่มีทิศทางออกจากหน้ากระดาษเทียบได้กับประจุลบและกระแสที่ไหลผ่านตัวนำที่มีทิศทางพุ่งเข้าหาหน้ากระดาษเทียบได้กับประจุบวก

4.1.2 เมื่อมีประจุในสนามแม่เหล็กไม่ว่าประจุจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่จะมีแรงจากสนามแม่เหล็กกระทำต่อประจุเสมอ

4.1.3 สนามแม่เหล็กออกแรงดึงดูดและผลักประจุไฟฟ้า โดยประจุบวกจะดึงดูดกับขั้วเหนือของแม่เหล็กและประจุไฟฟ้าลบจะดึงดูดกับขั้วใต้ของแม่เหล็ก

4.1.4 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำเกิดขึ้นเฉพาะเมื่อมีการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำเท่านั้นแต่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวนำในสนามแม่เหล็กไม่ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในตัวนำ

4.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์

4.2.1 เมื่อตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบตัวนำ ทิศทางสนามแม่เหล็กหาได้จากกฎมือขวา

4.2.2 แรงจากสนามแม่เหล็กจะกระทำต่อประจุไฟฟ้าเมื่อประจุนั้นมีการเคลื่อนที่ (มีความเร็ว) ในสนามแม่เหล็ก

4.2.3 เมื่อนำตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าวางไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่อเส้นลวดตัวนำนั้น ในทิศตั้งฉากกับทิศของกระแสไฟฟ้าและทิศของสนามแม่เหล็ก

4.2.4 กระแสไฟฟ้าสามารถสร้างขึ้นได้ โดยการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กผ่านพื้นที่ใดของขดลวด

4. หลักฐานหรือร่องรอยของการเรียนรู้ สำหรับการวัดและประเมินผล

5.1 ความรู้

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. บัตรคำถาม NHT	ตรวจคำตอบจากบัตรคำถาม NHT	ตอบคำถามในแต่ละใบกิจกรรมถูกต้องไม่น้อยกว่า 75%	ข้อ 1 - 5
2. ใบกิจกรรม 1.1 และ 1.2	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรม 1.1 และ 1.2	ตอบคำถามใบกิจกรรม 1.1 และ 1.2 ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 2 และ 4

5.2 กระบวนการ

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2 นับความถี่ของคำตอบแยกเป็นคำตอบที่ถูกต้อง คำตอบที่คาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ	ตอบคำถามในกิจกรรมที่ 1.3 ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 1 -5

5.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูล	สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมและผลการบันทึกข้อมูลในใบกิจกรรมที่ 1.2	ผู้เรียนบันทึกข้อมูลตามที่สังเกตได้ 100%	ข้อ 1

2. ความตั้งใจ ความรับผิดชอบและร่วมมือในการทำกิจกรรม	สังเกตพฤติกรรมการทำงานในใบกิจกรรมที่ 1.1, 1.2	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมและดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนอย่างสมบูรณ์	ข้อ 2
3. ความมีระเบียบวินัย	สังเกตความตรงต่อเวลาและการรักษาความสะอาดของห้องเรียน	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมตามเวลาที่กำหนด/ไม่มีขะยะบนโต๊ะและพื้นห้อง	ข้อ 3

5. คำถามสำคัญ

1. สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำรูปร่าง ต่าง ๆ ที่มีกระแสไฟฟ้ามีรูปร่างและทิศทางอย่างไร
2. แรงจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุและกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในสนามแม่เหล็กเป็นอย่างไรและมีทิศทางอย่างไร
3. กระแสไฟฟ้าที่เราใช้ในบ้านเรือนผลิตขึ้นอย่างไร

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เสริมด้วยการเรียนรู้ร่วมมือแบบร่วมกันคิด

ขั้นที่ 1 ขั้นแนะนำ

ผู้สอนแจกบัตรคำถาม พร้อมอธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนซึ่งผู้เรียนจะต้องช่วยกันหาคำตอบจากกิจกรรมการเรียนรู้ ท้ายชั่วโมงผู้สอนจะสุ่มตัวแทนจากแต่ละกลุ่มมาตอบคำถาม ซึ่งผลคะแนนที่ได้จะเป็นคะแนนกลุ่ม

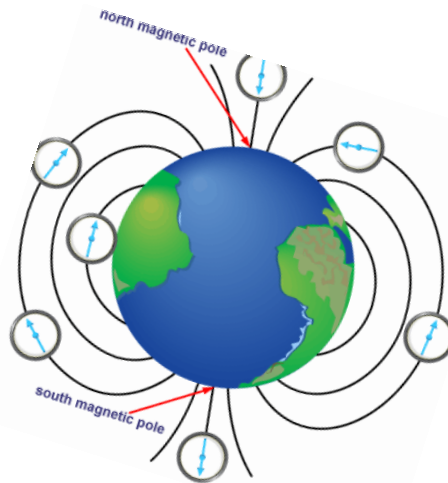
ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้เดิม

2.1 นำเสนอสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์สำคัญสำหรับนักเดินป่า

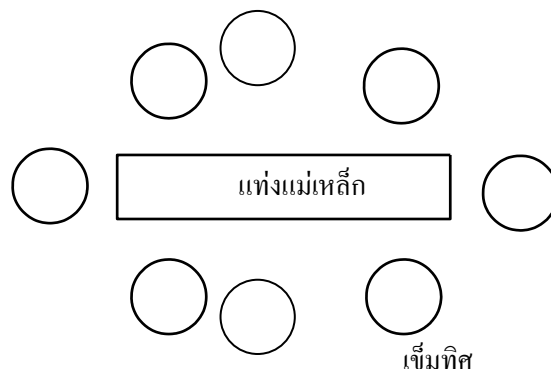
2.2 ผู้สอนนำเข็มทิศมาแสดงพร้อมใช้คำถาม ดังนี้

-นักเรียนเคยเห็นหรือใช้เข็มทิศหรือไม่ ถ้าเคยใช้อย่างไร ? (สังเกตดูว่านักเรียนแต่ละคนเคยเห็นหรือเคยใช้เข็มทิศ จากนั้นให้เลือกคำตอบจากนักเรียนที่ตอบถูก โดยทวนคำตอบนั้นแก่นักเรียนทั้งห้อง) วางเข็มทิศบนเครื่องฉายส่องผ่าน รอยเข็มเล็กหยุดนิ่ง จากนั้นหมุนตัวบ้านเข็มทิศให้ตัวอักษร N ตรงกับปลายของเข็มเล็ก ๆ นั้นชี้ไป (ทางทิศเหนือ)

- แล้วรู้หรือไม่ว่าเข็มทิศชี้ไปในทางทิศเหนือได้อย่างไร? รอคำตอบ (คำตอบที่คาดว่าจะได้รับ : เข็มทิศเป็นเครื่องมือสำหรับใช้หาทิศทาง เข็มทิศก็คือแม่เหล็กเล็กๆแท่งหนึ่งที่แกว่งไกวได้อิสระวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ตามอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลก เข็มทิศจึงชี้ไปทางทิศเหนือเสมอ (อักษร N หรือ น) เมื่อทราบทิศเหนือแล้วก็ย่อมหาทิศอื่นได้โดยหันหน้าไปทางทิศเหนือ ด้านขวามือเป็นทิศตะวันออก ด้านซ้ายมือเป็นทิศตะวันตก ด้านหลังเป็นทิศใต้)แสดง Power point ที่แสดงสนามแม่เหล็กโลกที่ออกแรงกระทำต่อเข็มทิศ พร้อมสรุปสั้นๆ ว่า โลกประพุดิตัวเหมือนเป็นแม่เหล็กขนาดใหญ่ ขั้วเหนือของแกนหมุนของโลกกับขั้วเหนือของสนามแม่เหล็กโลกไม่ได้อยู่ที่เดียวกัน ซึ่งแรงที่กระทำต่อเข็มทิศคือ แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลก



2.3 ผู้สอนนำแม่เหล็กวางไว้บนโต๊ะ แล้วให้นักเรียนทำนายการเรียงตัวของเข็มทิศเมื่อวางในตำแหน่งต่าง ๆ รอบแท่งแม่เหล็ก (ปรากฏการณ์จากแท่งแม่เหล็ก) จากนั้นผู้สอนวางเข็มทิศในตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อแสดงการเรียงตัวของเข็มทิศ



2.4 ผู้สอนและผู้เรียนสรุปร่วมกัน แม่เหล็กทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ซึ่งทิศทางสนามแม่เหล็กหาได้ด้วยเข็มทิศ

2.5 ผู้สอนถามนักเรียนในประเด็นต่อไปนี้

- นอกจากแม่เหล็กที่นักเรียนคุ้นเคย (แม่เหล็กถาวร) นักเรียนคิดว่ามีสิ่งอื่นที่สามารถผลิตสนามแม่เหล็กขึ้นได้หรือไม่

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด

3.1 ผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 1.1 พร้อมอุปกรณ์

3.2 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุป กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดแม่เหล็ก นำสรุปการหารูปร่างและทิศทางของสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำตรง

- ก่อนให้กระแสไฟฟ้า การวางตัวของเข็มทิศเป็นอย่างไร
- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านการวางตัวของเข็มทิศเป็นอย่างไร (เปลี่ยนไปจากแนวเดิม)
- นั้นหมายความว่าอย่างไร (กระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก)
- ในลวดตัวนำตรง ถ้าอยากรูปร่างของสนามแม่เหล็กที่ขึ้นขึ้นรอบตัวนำจะทำอย่างไร (นำเข็มทิศไปวาง และการโรยผงเหล็กจะทำให้เห็นเส้นแรงแม่เหล็ก)

3.3 ผู้สอนนำอภิปรายเรื่องรูปร่างและทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำรูปร่าง ๑ ต่าง ๑

- นักเรียนคิดว่าถ้ามีกระแสผ่านลวดตัวนำที่มีรูปร่างโค้ง สนามแม่เหล็กจะมีรูปร่างและทิศทางอย่างไร (ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น จากนั้นเปิดวิดีโอแสดงปรากฏการณ์ดังกล่าว พร้อมสรุปร่วมกัน)

- ถ้ามีกระแสไหลผ่านลวดโซลินอยด์ สนามแม่เหล็กจะมีรูปร่างและทิศทางอย่างไร (ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น จากนั้นเปิดวิดีโอแสดงปรากฏการณ์ดังกล่าว พร้อมสรุปร่วมกัน)

3.4 ผู้สอนเสนอประวัติการค้นพบสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าโดยการทดลองของเออร์สเตด

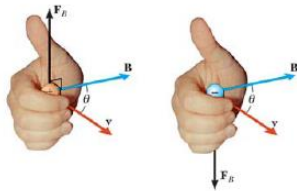
3.5 ผู้สอนนำเสนอวิดีโอเกี่ยวกับการทดลองพฤติกรรมของประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กพร้อมประเด็นคำถาม

- ล้ออิเล็กทรอนิกส์จะมีการเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไรเมื่อนำแม่เหล็กเข้าใกล้ (เปลี่ยน คือเบนออกจากเส้นทางเดิม)

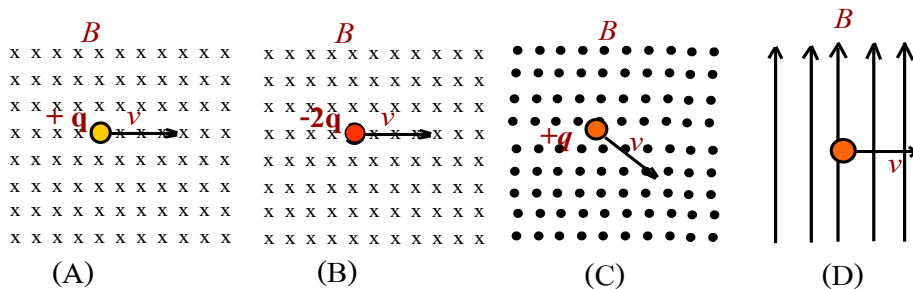
- แล้วถ้ามีประจุในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อประจุนั้นหรือไม่ (คำตอบที่คาดว่าจะได้รับ คือ มี) แล้วจากการสาธิตข้างต้น เมื่อนำแท่งแม่เหล็กมาวางใกล้ สายไฟ ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อประจุเคลื่อนที่ (ต่อสายไฟเข้ากับแบตเตอรี่) จะสังเกตเห็นว่าสายไฟเบนไปจากแนวเดิม แสดงว่ามีแรงกระทำ ซึ่งแรงนั้น คือ แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก แต่จะมีแรงกระทำเฉพาะกรณีที่ประจุเคลื่อนที่(กระแส)เท่านั้น

3.6 ผู้สอนนำเสนอวิธีการหาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่/กระแสไฟฟ้า

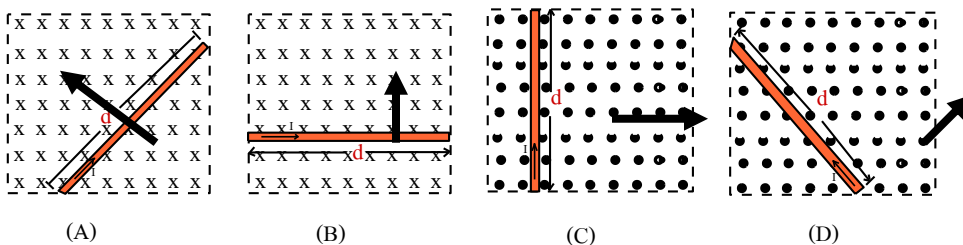
โดยใช้ “กฎมือขวา” ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ให้กางมือขวาออก โดยนิ้วทั้งสี่เรียงชิดติดกัน นิ้วหัวแม่มือ (แทนทิศของแรง F_B) ซึ่งขึ้นตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่ แล้วให้นิ้วทั้งสี่ไปในทิศของความเร็ว v แล้วกำนิ้วทั้งสี่ไปในทิศของสนามแม่เหล็ก B นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศของแรง F_B ถ้าเป็นประจุลบให้กลับทิศหัวแม่มือเป็นตรงข้าม ดังรูป (ใน power point) โดยเน้นที่กรณีประจุเป็นชนิดบวกและลบพร้อมกับตอบคำถามเพื่อทดสอบความเข้าใจในระหว่างเรียนใน power point แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อจุดประจุ



3.7 ให้นักเรียนระบุทิศของแรงสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่ในทิศทางต่าง ๆ ดังรูป



จงเขียนลูกศรแสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าในแต่ละกรณีข้างล่าง (แต่ละกรณีกระแสไฟฟ้ามีขนาดเท่ากัน)



3.8 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุป เมื่อมีประจุเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่หรือ มีแรงกระทำต่อกระแสไฟฟ้านั่นเอง

3.9 ผู้สอนนำเสนอประเด็นคำถามดังนี้

- จากที่เราได้รู้แล้วว่ากระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำ แล้วกระแสไฟฟ้าที่เราใช้ในปัจจุบันนี้ มาจากที่ใด กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นอย่างไร?

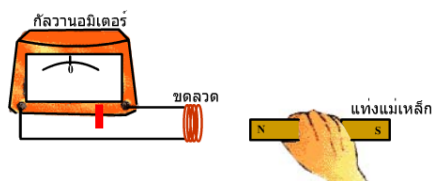
3.10 ผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 1.2 งานเรื่องปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าแม่เหล็กแล้วนำสู่กระบวนการค้นหาคำตอบดังนี้

3.10.1 ผู้สอนให้ผู้เรียนสังเกต โดยใช้แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้า-ออกจากขดลวดที่ต่อกับหลอดLED หรือ กัลวานอมิเตอร์ ให้ผู้เรียนเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้น (เข็มเบน) โดยใช้คำถามประกอบดังนี้

- กัลวานอมิเตอร์ใช้ทำอะไร...(วัดกระแสไฟฟ้า) ต่อกับขดลวด

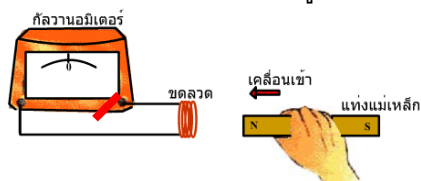
3.10.2 จากนั้นเอาแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าออกจากขดลวดแล้วให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้น จากนั้นให้นักเรียนเขียนผลที่ได้ลงในใบกิจกรรม

1. จงเขียนทิศทางการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ลงในรูป เมื่อยังไม่มีการเคลื่อนที่เข้าออกของแท่งแม่เหล็ก



รูปที่ 1 เมื่อแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง

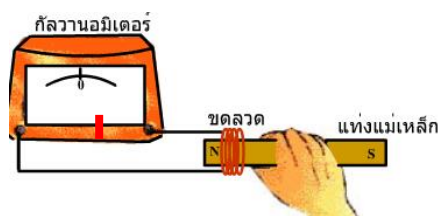
2. จงเขียนทิศทางการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ลงในรูป เมื่อเมื่อหันขั้วเหนือ (N) ของแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่เข้าหาขดลวด ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) เข้าหาขดลวด

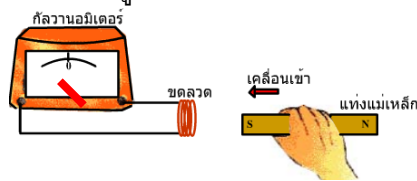
3. จงเขียนทิศทางการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ลงในรูป เมื่อเมื่อหันขั้วเหนือ (N) ของแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่ออกจากขดลวด ดังรูปที่ 3

4. จงเขียนทิศทางการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ลงในรูป เมื่อแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวด ดังรูปที่ 4



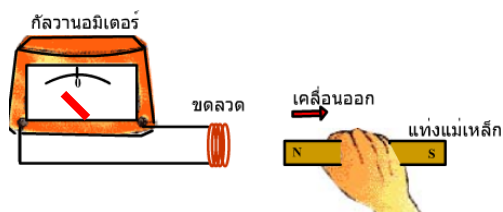
รูปที่ 4 เมื่อแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวด

5. จงเขียนทิศทางการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ลงในรูป เมื่อหันขั้วใต้ (S) ของแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่เข้าหาขดลวด ดังรูปที่ 5

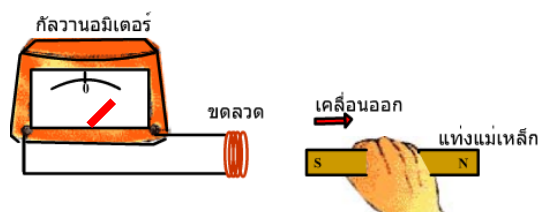


รูปที่ 5 เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วใต้ (S) เข้าหาขดลวด

6. จงเขียนทิศทางการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ลงในรูป 6 เมื่อหันขั้วใต้ (S) ของแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่ออกจากขดลวดดังรูปที่ 6



รูปที่ 3 เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) ออกจากขดลวด



รูปที่ 6 เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กขั้วใต้ (S) ออกจากขดลวด

จากนั้นผู้สอนนำเสนอ video การสาธิตการเกิดกระแสเหนี่ยวนำจาก 3 สถานการณ์ โดยก่อนเริ่มกิจกรรมในแต่ละการสาธิตผู้สอนอธิบายอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสาธิตแต่ละชุด

1. จากวิดีโอการสาธิตที่ 1 รูปประกอบการสาธิตที่ 1 - เมื่อนำสายไฟเคลื่อนที่ผ่านแม่เหล็กรูปตัว U เกิดอะไรขึ้นกับกัลวานอมิเตอร์ เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งปกติ - เมื่อสายไฟอยู่นิ่งระหว่างแม่เหล็กรูปตัว U มีการเปลี่ยนแปลงอะไรเกิดขึ้นกับกัลวานอมิเตอร์หรือไม่ มี เข็มของกัลวานอมิเตอร์อยู่ที่ตำแหน่ง 0 ซึ่งแสดงว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น	3. จากวิดีโอการสาธิตที่ 3 รูปประกอบการสาธิตที่ 3 - เมื่อขดลวดถูกพลิกขึ้นในแนวตั้ง เกิดอะไรขึ้นกับกัลวานอมิเตอร์ เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบี่ยงเบนไปจากตำแหน่งปกติ - เมื่อขดลวดถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวนอน เกิดอะไรขึ้นกับกัลวานอมิเตอร์ เข็มของกัลวานอมิเตอร์ไม่มีการเบนไปจากแนวเดิม
2. จากวิดีโอการสาธิตที่ 2 รูปประกอบการสาธิตที่ 2 - เมื่อนำแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้า-ออกจากขดลวด เกิดอะไรขึ้นกับกัลวานอมิเตอร์ เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งปกติ - เมื่อนำแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้า-ออกจากขดลวดทั้ง	4. สรุปสิ่งที่ได้จากการวิดีโอการสาธิต - จากการสาธิต เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากแนวปกติในกรณีใดบ้าง - ขดลวดหรือเส้นลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก - แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าออกจากขดลวด - ขดลวดเคลื่อนที่ขึ้นลงหรือบิดไปมาในแนวระดับ - จากการสาธิต เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากแนวปกติ มาก-น้อย ขึ้นกับปัจจัยใดบ้าง - ความเร็วของแท่งแม่เหล็กหรือขดลวด ถ้า

สาม (ซึ่งมีจำนวนขดลวดต่างกัน) นักศึกษาเห็นการเปลี่ยนแปลงของกัลวานอมิเตอร์อย่างไร เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งปกติกว้างขึ้น ในกรณีที่จำนวนขดลวดมากกว่า	เคลื่อนที่เร็วเกิดกระแสมาก 2. จำนวนรอบของขดลวด จำนวนรอบมากเกิด กระแสมาก

3.10.3 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้จากการสาธิต ดังนี้

- เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากแนวปกติในกรณีใดบ้าง (เคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้า-ออกจากขดลวด)
- แสดงว่าขณะเคลื่อนที่แม่เหล็กเข้าออกขดลวดเกิดอะไรขึ้น (เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด)
- ผู้สอนนำอภิปรายผลจากกิจกรรม โดยนำเสนอคำศัพท์ใหม่ “กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ” คือกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กผ่านพื้นที่ของขดลวดในหนึ่งหน่วยเวลา

3.10.4 กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกรณีนี้ขึ้นกับปริมาณใดบ้าง (รอคำตอบและนำเสนอวิธีโอ)

- เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากแนวปกติ มาก-น้อย ขึ้นกับปัจจัยใดบ้าง (จำนวนขดลวด ความเร็วการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กหรือขดลวด)

3.11 ผู้สอนนำเสนอคำศัพท์ใหม่แก่ผู้เรียนเกี่ยวกับการเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจรเนื่องจากเกิด emf ขึ้นในวงจร ซึ่งเกิดจากอำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำ ซึ่งจากกิจกรรมนี้จะเกิด emf

3.12 นำเสนอการค้นพบปรากฏการณ์เหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่ค้นพบโดยฟาราเดย์ พร้อมสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิด emf ขึ้นบนขดลวด

- ขณะมีการเคลื่อนที่ไม่ว่าจะเป็นเคลื่อนแท่งแม่เหล็กผ่านขดลวดสิ่งที่เปลี่ยนคือ สนามแม่เหล็กผ่านพื้นที่ขดลวดใด ๆ
- หรือขดลวดบิดทำมุมใด ๆ กับสนามแม่เหล็ก สิ่งที่เปลี่ยนคือ การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กผ่านพื้นที่ของขดลวดต่อหนึ่งหน่วยเวลา
- อัตราการเคลื่อนที่เข้าออกหรืออัตราการบิดซ้ำหรือเร็วของแท่งแม่เหล็กหรือขดลวด

3.13 ผู้สอนเชื่อมโยงทิศทางการเบนของกัลป์วานอมิเตอร์ที่ต่างกันเมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้า ออก แล้วถามคำถามดังนี้

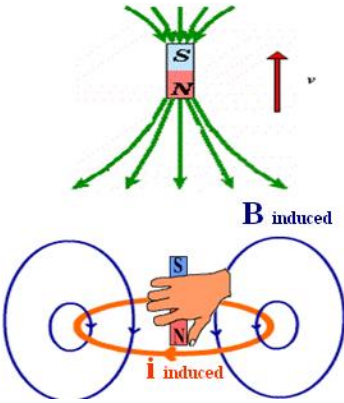
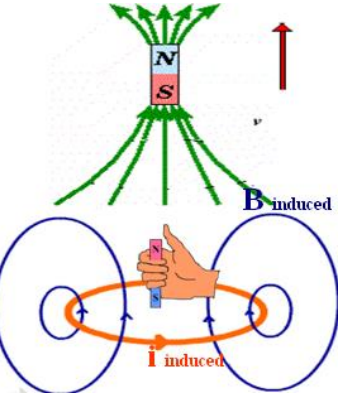
- จากการสังเกตทิศทางการเบนของเข็มกัลป์วานอมิเตอร์ขณะที่เคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้า-ออกจากขดลวดเป็นอย่างไร (เบนในทิศทางแตกต่างกัน)

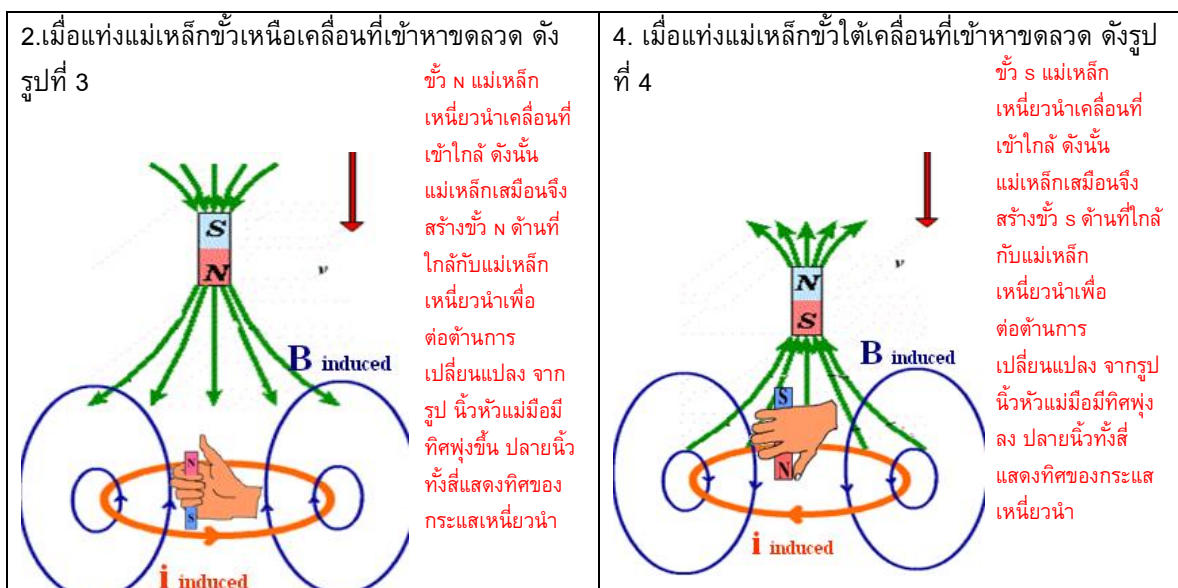
- การที่เข็มกลั้วานอมิเตอร์ขณะที่เคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้า-ออก จากขดลวดเบนในทิศแตกต่างกันหมายถึงอะไร (กระแสที่เกิดขึ้นในขดลวดมีทิศทางแตกต่างกัน)

- ทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดหาได้อย่างไร

- ผู้สอนกล่าวว่าหลังจากฟาราเดย์พบว่า เมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงผ่านขดลวดจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดนั้น ต่อมาเลนซ์สามารถหาทิศทางของกระแสที่ไหลในขดลวดนั้นได้ และได้ตั้งเป็นกฎของเลนซ์ มีใจความว่า “กระแสเหนี่ยวนำที่ไหลในขดลวดจะไหลในทิศที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กต่อต้านกับสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลง” กล่าวคือวงลวดทำตัวเสมือนเป็นแม่เหล็กที่ต่อต้านกับสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ ถ้าขั้ว N ของแม่เหล็กเหนี่ยวนำเคลื่อนที่เข้าใกล้ขดลวด แม่เหล็กเสมือนของวงลวดจะสร้างขั้ว S ต่อต้านขั้ว N ของแม่เหล็กเหนี่ยวนำ จากนั้นใช้กฎมือขวาหาทิศกระแสเหนี่ยวนำจากแม่เหล็กเสมือน นิ้วหัวแม่มือชี้ในทิศขั้ว N ส่วนปลายนิ้วทั้งสี่แสดงทิศของกระแสเหนี่ยวนำ

- ผู้สอนอธิบายการหาทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำบนขดลวดในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

1. เมื่อแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือเคลื่อนที่ออกจากขดลวด ดังรูปที่ 1  ขั้ว N แม่เหล็ก เหนี่ยวนำเคลื่อนที่ ออกห่าง ดังนั้น แม่เหล็กเสมือนจึง สร้างขั้ว S ด้านที่ ใกล้กับแม่เหล็ก เหนี่ยวนำ ขั้ว N ของแม่เหล็ก เสมือนอยู่อีกด้าน จากรูป นิ้วหัวแม่มือมีทิศ พุ่งลง ปลายนิ้วทั้ง สี่แสดงทิศของ กระแสเหนี่ยวนำ	3. เมื่อแท่งแม่เหล็กขั้วใต้เคลื่อนที่ออกจากขดลวด ดังรูปที่ 3  ขั้ว S แม่เหล็ก เหนี่ยวนำเคลื่อนที่ ออกห่าง ดังนั้น แม่เหล็กเสมือนจึง สร้างขั้ว N ด้านที่ใกล้ กับขั้ว S ของแม่เหล็ก เหนี่ยวนำเพื่อต่อต้าน การเปลี่ยนแปลง จาก รูป นิ้วหัวแม่มือมีทิศ พุ่งขึ้น ปลายนิ้วทั้งสี่ แสดงทิศของกระแส เหนี่ยวนำ



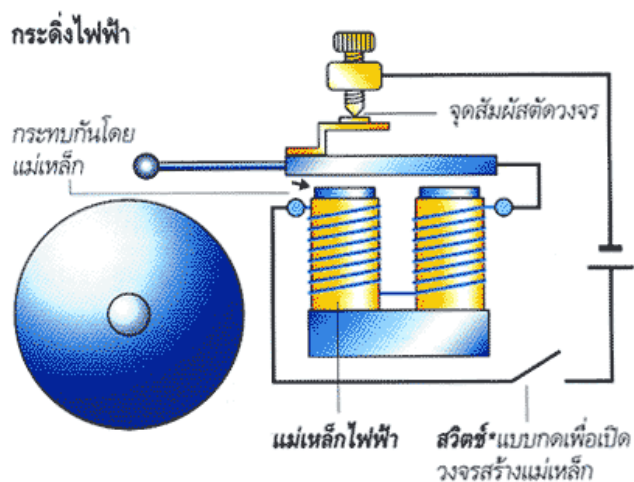
* ข้อเสนอแนะ อาจแสดงแค่ 2 ข้อจากนั้นให้นักศึกษาหาทิศทางเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นนำความคิดไปใช้

4.1 จากการค้นพบว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำนั้น นำมาใช้ประโยชน์อย่างไร โดยนำเสนอประเด็นเพื่อนำสู่กระบวนการเชื่อมโยงความรู้ไปอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

- นักเรียนรู้จักอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเมื่อให้กระแส(เปิดสวิตช์)แล้วเกิดอำนาจแม่เหล็ก ทำให้อุปกรณ์นั้นทำงานอะไรบ้าง (รอกคำตอบ พร้อมให้นักเรียนอธิบายการทำงานของอุปกรณ์นั้น)

เช่น กระดิ่งไฟฟ้า เมื่อกดสวิตช์กระแสไหลผ่านขดลวดซึ่งพันรอบแกนเหล็กทำให้แกนเหล็กมีสมบัติเป็นแม่เหล็ก(ชั่วคราว) ดึงกับแผ่นโลหะเกาะกับตัวกระดิ่ง(ทำให้เกิดเสียง) และเกิดวงจรขาด จากนั้นแผ่นโลหะจะดีดตัวกลับเช่นเดิม เมื่อกดสวิตช์อีกครั้งก็จะเกิดปรากฏการณ์เช่นเดิม

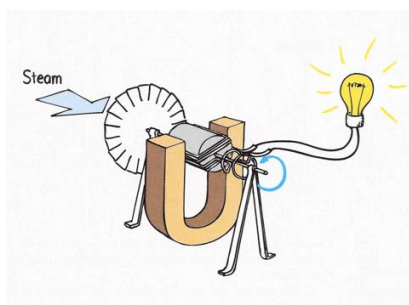


นั่นจัน เป็นการประยุกต์ใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับยกของ จำพวกโลหะ ใช้สำหรับดูดเศษเหล็กจากเศษโลหะอื่นๆ เมื่อต้องการใช้ก็เปิดสวิตช์ ทำให้เหล็กที่เป็นแกนของขดลวดเป็นแม่เหล็กดูดเศษเหล็กได้ และเมื่อใช้เสร็จก็ปิดสวิตช์ แกนเหล็กก็จะเป็นแม่เหล็ก ปลอยเศษเหล็กให้หลุดลงมา



4.2 จากการค้นพบว่าสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสในตัวนำมีประโยชน์อย่างไร โดยนำเสนอประเด็นเพื่อนำสู่กระบวนการเชื่อมโยงความรู้ไปอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน คือ เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (ไดนาโม)

เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ แม่เหล็ก และขดลวดเหนี่ยวนำ โดยเมื่อขดลวดเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดการไหลของประจุไฟฟ้าในขดลวดเหนี่ยวนำ ซึ่งก็คือ กระแสไฟฟ้านั่นเอง ทั้งนี้กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนขดลวดที่พันรอบ ความแรงของสนามแม่เหล็ก และความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ของขดลวด



ชั้นที่ 5 ชั้นทบทวน

5.1 ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม

- จากกิจกรรมการเรียนรู้การสอนในครั้งนี้นักเรียนได้ค้นพบอะไร

5.2 ครูนำเสนอวิดีโอสรุปกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดแม่เหล็กและแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งหลักการดังกล่าวนำไปสร้าง มอเตอร์ และเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า

ชั้นที่ 6 อภิปรายกลุ่ม

นักเรียนร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้ และตอบคำถามในบัตรคำถาม

ขั้นที่ 7 ทดสอบ

- a. ผู้สอนสุ่มนักเรียนจากแต่ละกลุ่มตอบคำถามให้ครอบคลุมแนวคิดสำคัญจากเรื่องที่เรียน
- b. ประกาศผลคะแนนแต่ละกลุ่มและให้รางวัลแก่กลุ่มที่ตอบถูกมากที่สุด

5. สื่อการเรียนรู้

8.1 วิธีการหรือกิจกรรม ได้แก่ วิธีสอน

8.2 วัสดุ ได้แก่ เอกสารPowerpoint ไปกิจกรรม หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ กระดาษฟลิป-ชาร์ต
แบตเตอรี่ 9 โวลต์ สายไฟที่ทำเป็นรูปร่างเส้นตรง โคม์และโซเลนอยด์ เข็มทิศ

8.3 อุปกรณ์ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์

9. บันทึกหลังสอน

กิจกรรมการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค		
	พฤติกรรมนักเรียน	สื่อ	ข้อเสนอแนะ
ขั้นที่ 1 ขั้นแนะนำ			
ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้เดิม			
ขั้นที่ 3 ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด			
ขั้นที่ 4 ขั้นนำความคิดไปใช้			
ขั้นที่ 5 ขั้นทบทวน			
ขั้นที่ 6 อภิปรายกลุ่ม			
ขั้นที่ 7 ทดสอบ			

บัตรคำถามแบบร่วมกันคิด

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามในประเด็นดังต่อไปนี้ จากนั้นผู้สอนจะสุ่มสมาชิกจากแต่ละกลุ่มมาตอบคำถาม ซึ่งคะแนนที่คน ๆ ใดตอบจะเป็นคะแนนของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม

1. ประจุไฟฟ้าอยู่หนึ่งในสนามแม่เหล็กมีแรงกระทำหรือไม่
2. สนามแม่เหล็กรอบตัวนำตรงมีรูปร่างลักษณะอย่างไร
3. ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำตรงในทิศขึ้น สนามแม่เหล็กที่เกิดทิศมีทิศทางอย่างไร
4. เข็มทิศเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานเหมือนกับอะไร
5. การเรียงตัวของเข็มทิศรอบแท่งแม่เหล็กเป็นอย่างไร
6. สนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดโซลินอยด์มีลักษณะอย่างไร
7. ภายนอกโซลินอยด์มีสนามแม่เหล็กหรือไม่
8. ผู้ที่ค้นพบว่ากระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคือใคร
9. อธิบายการทำงานของบันจันเมื่อใช้สำหรับดึงดูดโลหะแม่เหล็ก
10. เงื่อนไขการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดคือ
11. ถ้าขดลวดอยู่หนึ่งเทียบกับแม่เหล็กเกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดหรือไม่
12. ขนาดของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดในขดลวดขึ้นกับอะไรบ้าง
13. ทิศทางกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเป็นอย่างไร ถ้าเคลื่อนขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าหา

ขดลวดจากด้านบน..ทวนหรือตามเข็มนาฬิกา

บัตรคำถามแบบร่วมกันคิด

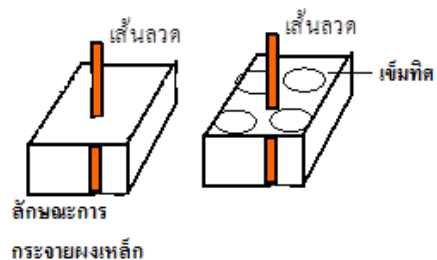
คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามในประเด็นดังต่อไปนี้ จากนั้นผู้สอนจะสุ่มสมาชิกจากแต่ละกลุ่มมาตอบคำถาม ซึ่งคะแนนที่คน ๆ หนึ่งตอบจะเป็นคะแนนของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม

14. ประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามแม่เหล็กมีแรงกระทำหรือไม่ (ไม่)
15. สนามแม่เหล็กรอบตัวนำตรงมีรูปร่างลักษณะอย่างไร (เป็นวง)
16. ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำตรงในทิศขึ้น สนามแม่เหล็กที่เกิดทิศมีทิศทางอย่างไร (ตามเข็มนาฬิกา)
17. เข็มทิศเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานเหมือนกับอะไร (แม่เหล็ก)
18. การเรียงตัวของเข็มทิศรอบแท่งแม่เหล็กเป็นอย่างไร (ออกจากขั้วเหนือและเข้าหาขั้วใต้)
19. สนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดโซลินอยด์มีลักษณะอย่างไร (เรียงตัวอยู่กลางโซลินอยด์ในทิศทางที่แน่นอน)
20. ภายนอกโซลินอยด์มีสนามแม่เหล็กหรือไม่ (ไม่มี)
21. ผู้ที่ค้นพบว่ากระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคือใคร (เออร์สเตด)
22. อธิบายการทำงานของปืนจันเมือใช้สำหรับดึงดูดโลหะแม่เหล็ก (เมื่อให้กระแสผ่านขดลวด จะทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งสามารถดึงดูดวัตถุแม่เหล็กได้)
23. เงื่อนไขการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดคือ (การเปลี่ยนแปลงความเข้มสนามแม่เหล็กผ่านขดลวด)
24. ถ้าขดลวดอยู่นิ่งเทียบกับแม่เหล็กเกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดหรือไม่ (ไม่)
25. ขนาดของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดในขดลวดขึ้นกับอะไรบ้าง (จำนวนขดลวด ความเร็วในการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็กผ่านขดลวด)
26. ทิศทางกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเป็นอย่างไร ถ้าเคลื่อนขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าหาขดลวดจากด้านบน..ทวนหรือตามเข็มนาฬิกา (ทวนเข็มนาฬิกา)

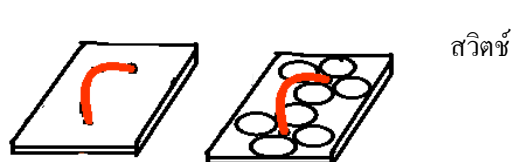
กิจกรรมที่ 1.1 ระบุทิศและลักษณะสหามแม่เหล็ก

คำชี้แจงให้นักเรียนระบุทิศทางและลักษณะการกระจายตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กและตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

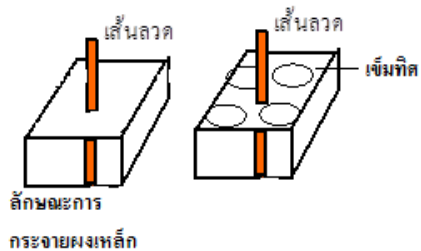
1. เมือยังไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวด



- #### 4. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านวงลวด



2. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวด (พร้อมระบุทิศทางกระแส)



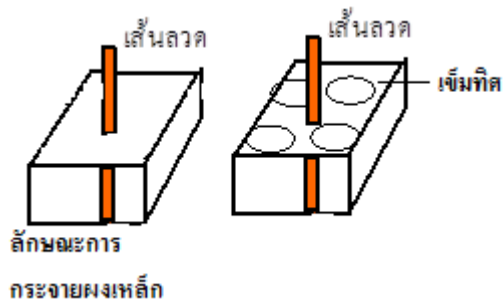
5. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดผ่านขดลวด



- ## 6. สรุปความรู้ที่ได้จากกิจกรรมที่ 1.1

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

3. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดสวนทิศกับข้อ 2



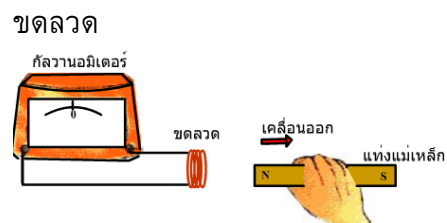
กิจกรรมที่ 1.2 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จงเขียนทิศทางการเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์ลงในรูปที่กำหนดให้ในแต่ละข้อต่อไปนี้

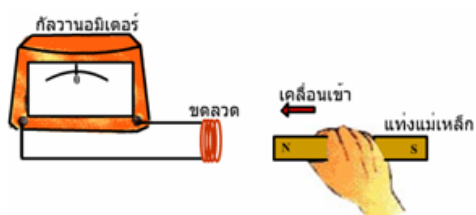
2. เมื่อยังไม่มี การเคลื่อนที่เข้าออกของแท่งแม่เหล็ก



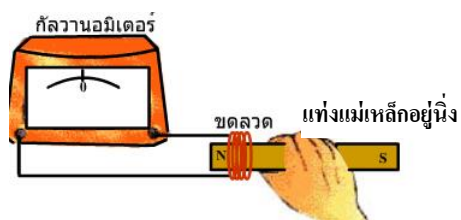
4. เมื่อแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่ออกจาก



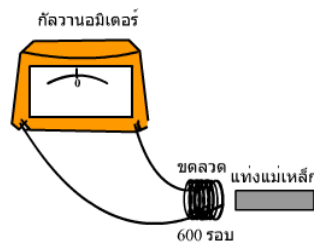
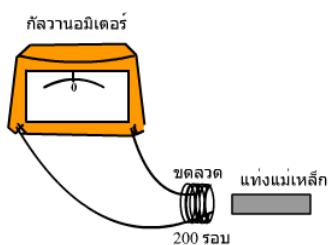
2. เมื่อแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่เข้าหาขดลวด



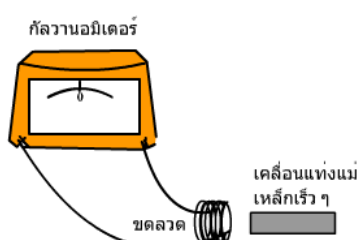
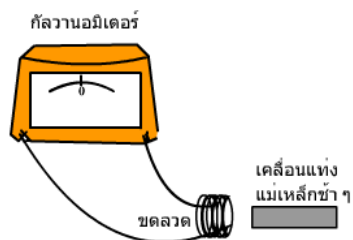
4. เมื่อแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวด



5. เมื่อจำนวนขดลวดต่างกัน



6. เมื่อความเร็วในการเคลื่อนแท่งแม่เหล็กผ่านขดลวดต่างกัน

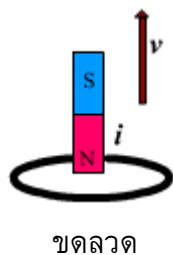


สรุปสิ่งที่ได้จากกิจกรรม

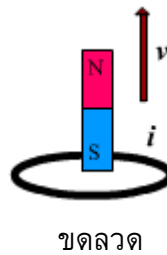
1. เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากแนวปกติในกรณีใดบ้าง

2. เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบนไปจากแนวปกติ มาก-น้อย ขึ้นกับปัจจัยใดบ้าง

1. เมื่อแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือเคลื่อนที่ออกจาก
ขดลวด

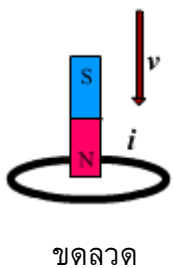


3. เมื่อแท่งแม่เหล็กขั้วใต้เคลื่อนที่ออกจาก
ขดลวด

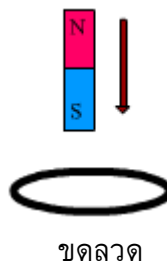


จงเขียนลูกศรแสดงทิศของกระแสเหนี่ยวนำพร้อมอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นบนขดลวด ในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

2. เมื่อแท่งแม่เหล็กขั้วเหนือเคลื่อนที่เข้าหา
ขดลวด



4. เมื่อแท่งแม่เหล็กขั้วใต้เคลื่อนที่เข้าหาขดลวด



แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับกลวิธีKWL หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ เวลา 6 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 7.1 ป 3/1 สังเกตและอธิบายการขึ้น-ตก ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ การเกิดกลางวันกลางคืน และการกำหนดทิศ

ว 7.1 ป 6/1 สร้างแบบจำลองและอธิบายการเกิดฤดูกาล ข้างขึ้นข้างแรม สุริยุปราคา จันทรุปราคาและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และ ตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือ ที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ป. 6/2 วางแผนการสังเกต เสนอการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้า คาดการณ์ สิ่งที่จะพบจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ป. 6/3 เลือกอุปกรณ์และวิธีการสำรวจตรวจสอบที่ถูกต้องเหมาะสมให้ได้ผลที่ครอบคลุม และเชื่อถือได้

ว 8.1 ป. 6/4 บันทึกข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ วิเคราะห์และตรวจสอบผลกับสิ่งที่ คาดการณ์ไว้นำเสนอผลและข้อสรุป

ว 8.1 ป. 6/5 สร้างคำถามใหม่เพื่อการสำรวจตรวจสอบต่อไป

ว 8.1 ป. 6/6 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบตามความเป็นจริงมีเหตุผลและมีประจักษ์ พยานอ้างอิง

ว 8.1 ป6/7 นำเสนอผลงานด้วยวาจาให้ผู้อื่นเข้าใจ

2. สำคัญ

โลกหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดปรากฏการณ์การขึ้นตกของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และใช้กำหนดทิศ กลางวันกลางคืน การที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในเวลา 1 ปีโดยที่แกนของโลกหมุนรอบตัวเองเอียงจากระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้บริเวณต่าง ๆ บนโลกรับพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันทำให้เกิดฤดูกาล ดวงจันทร์ใช้เวลาในการหมุนรอบตัวเองเท่ากับเวลาที่โคจรรอบโลกครบ 1 รอบ และการที่ระนาบวงโคจรของดวงจันทร์รอบโลกทำมุมประมาณ 5 องศากับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดปรากฏการณ์สุริยุปราคาและจันทรุปราคา ซึ่งเกิดขึ้นปีละ 1 – 2 ครั้ง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

6. ระบุว่าโลกหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดกลางวันกลางคืน การขึ้นตกของดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ และการกำหนดทิศบนโลก

7. ระบุทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลก

8. อธิบายการเกิดฤดูกาลบนโลก

9. อธิบายการเกิด ข้างขึ้นข้างแรม

10. อธิบายการเกิดสุริยุปราคา จันทรุปราคา

ด้านกระบวนการ (Process)

18. คาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

19. สังเกตและอภิปรายเกิดกลางวันกลางคืน การขึ้นตกของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ และการกำหนดทิศบนโลก (กระบวนการคิด)

20. ทดลองและอภิปรายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฤดูกาลบนโลกและระยะเวลายาว-สั้นของกลางวันและกลางคืน ทิศทางการเห็นการขึ้น-ตกของดวงอาทิตย์ (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการคิด)

21. สร้างแบบจำลองและอธิบายการเกิด ข้างขึ้นข้างแรม สุริยุปราคา จันทรุปราคา (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการคิด)

22. ทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการร่วมกัน (กระบวนการกลุ่ม/สังคม)

ด้านคุณลักษณะ (Attribute)

9. มีความตั้งใจ มีความรับผิดชอบต่อนหน้าที่ได้รับมอบหมาย และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในกระบวนการเรียนรู้

10. มีระเบียบวินัยในการทำงาน รักษาความสะอาดห้องเรียนและสถานที่ปฏิบัติกิจกรรม

4. สารการเรียนรู้

4.1 ความเข้าใจที่สับสนและคาดเคลื่อน (Baxter.,19891; Sharp, 1999)

4.1.1 โลกมีรูปร่างแบนคล้ายจานและโลกเป็นศูนย์กลางดวงดาวต่าง ๆ

4.1.2 โลกมีรูปร่างเป็นทรงกลมที่มีผู้คนอยู่อาศัยเฉพาะครึ่งส่วนที่อยู่ด้านบน

4.1.3 กลางคืนเกิดจากดวงอาทิตย์อยู่หลังเขาหรือถูกเมฆหมอกบัง

4.1.4 กลางวันกลางคืนเกิดจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่รอบโลกใน 1 วัน

4.1.5 กลางวันกลางคืนเกิดจากโลกเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ใน 1 วัน

4.1.6 ดวงจันทร์มีรูปร่างต่างกันแต่ละวันเพราะมีเมฆบัง

4.1.7 ดวงจันทร์มีรูปร่างต่างกันเพราะเกิดจากเงาของดวงอาทิตย์บัง

4.1.8 ดวงจันทร์มีรูปร่างต่างกันเพราะเกิดจากเงาของโลกบัง

4.1.9 ดวงจันทร์ด้านที่อยู่ไกลออกไปอีกด้านหนึ่งมืดตลอดเวลา

4.1.10 ข้างขึ้นข้างแรมเกิดจากดวงจันทร์ถูกเงาโลกบัง

4.1.11 ฤดูร้อน คือช่วงที่โลกเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด ฤดูหนาวคือช่วงที่โลกเคลื่อนที่ออกห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด

4.1.12 ฤดูหนาวอากาศเย็นเพราะดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปยังอีกด้านหนึ่งของโลก

4.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์

4.2.1 โลกหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดปรากฏการณ์การขึ้นตกของดวงอาทิตย์และใช้กำหนดทิศให้ด้านที่เห็นดวงอาทิตย์ขึ้นเป็นทิศตะวันออกและด้านที่เห็นดวงอาทิตย์ตกเป็นทิศตะวันตก โดยให้ด้านขวามือเป็นทิศตะวันออกและซ้ายมือเป็นทิศตะวันตก ด้านหน้าจะเป็นทิศเหนือและด้านหลังจะเป็นทิศใต้

4.2.2 โลกหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดกลางวัน กลางคืน โดยด้านที่หันรับแสงอาทิตย์เป็นเวลากลางวันส่วนด้านตรงข้ามที่ไม่ได้รับแสงเป็นเวลากลางคืน

4.2.3 การที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในเวลา 1 ปีโดยที่แกนของโลกหมุนรอบตัวเองเอียงจากระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้บริเวณต่าง ๆ บนโลกรับพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกันทำให้เกิดฤดูกาล

4.2.4 ดวงจันทร์ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง การที่เห็นดวงจันทร์สว่างเพราะแสงจากดวงอาทิตย์ตกกระทบดวงจันทร์และสะท้อนมายังโลก

4.2.5 การที่ดวงจันทร์หมุนรอบโลกขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ดวงจันทร์จึงเปลี่ยนตำแหน่งไป ทำให้มองเห็นแสงสะท้อนจากดวงจันทร์แตกต่างกันในแต่ละวันซึ่งเรียกว่าข้างขึ้นข้างแรม

4.2.6 การที่ดวงจันทร์ใช้เวลาในการหมุนรอบตัวเองเท่ากับเวลาที่โคจรรอบโลกครบ 1 รอบ และการที่ระนาบวงโคจรของดวงจันทร์รอบโลกทำมุมประมาณ 5 องศากับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดปรากฏการณ์สุริยุปราคาและจันทรุปราคา ซึ่งเกิดขึ้นปีละ 1 – 2 ครั้ง

4. หลักฐานหรือร่องรอยของการเรียนรู้ สำหรับการวัดและประเมินผล

5.1 ความรู้

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ใบกิจกรรม KWL	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรม KWL	ตอบคำถามในแต่ละใบกิจกรรมถูกต้องไม่น้อยกว่า 75%	ข้อ 1 - 5
2. ใบกิจกรรม 1.1 และ 1.2	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรม 1.1 และ 1.2	ตอบคำถามใบกิจกรรม 1.1 และ 1.2 ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 3 - 5

5.2 กระบวนการ

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ตอบคำถามในใบกิจกรรม KWLและใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2	ตรวจคำตอบจากใบกิจกรรม นับความถี่ของคำตอบแยกเป็นคำตอบที่ถูกต้อง คำตอบที่คาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ	ตอบคำถามในกิจกรรมที่ 1.3 ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75%	ข้อ 1 -5

5.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัด/เครื่องมือวัด	การประเมินผล	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. ความตั้งใจ ความรับผิดชอบและร่วมมือในการทำกิจกรรม	สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมและตรวจผลงานในใบกิจกรรมที่ 1.1, 1.2	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมและดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนอย่างสมบูรณ์	ข้อ 1-2
2. ความมีระเบียบวินัย	สังเกตความตรงต่อเวลาและการรักษาความสะอาดของห้องเรียน	ผู้เรียนทุกคนร่วมกิจกรรมตามเวลาที่กำหนด/ไม่มีขยะบนโต๊ะและพื้นห้อง	ข้อ 1-2

5. คำถามสำคัญ

1. ปรากฏการณ์การขึ้นตกของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เกิดขึ้นอย่างไร
2. ปรากฏการณ์กลางวัน กลางคืนเกิดขึ้นอย่างไร
3. ฤดูกาลบนโลกเกิดขึ้นอย่างไร
4. ปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรมเกิดขึ้นอย่างไร
5. ปรากฏการณ์สุริยุปราคาและจันทรุปราคา เกิดขึ้นอย่างไร

6. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับกลวิธีKWL

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

- 1.1 ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนระบุสิ่งที่รู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ดังนี้
 - ปรากฏการณ์กลางวัน กลางคืนเกิดขึ้นอย่างไร
 - ฤดูกาลบนโลกเกิดขึ้นอย่างไร
 - ทำไมช่วงฤดูหนาวและร้อน ระยะเวลาของกลางวันและกลางคืนนานต่างกัน
 - ปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรมเกิดขึ้นอย่างไร
 - ปรากฏการณ์สุริยุปราคาและจันทรุปราคา เกิดขึ้นอย่างไร

1.2 ผู้เรียนเขียนคำตอบที่ตนเองรู้ในใบกิจกรรม KWL ในส่วนการคาดเดาคำตอบด้วยตนเอง พร้อมระบุระดับความเชื่อมั่นในแนวคำตอบของตนเอง

ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนแนวคิดเบื้องต้น

- 2.1 ผู้เรียนแลกเปลี่ยนแนวคิด(คำตอบ)กับเพื่อนในกลุ่ม
- 2.2 ผู้เรียนแต่ละคนเขียนแนวคำตอบอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ผ่านการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อน และให้ระบุความเชื่อมั่นในแนวคำตอบครั้งใหม่
- 2.3 ระหว่างที่ผู้เรียนเขียนแนวคำตอบใหม่ ผู้สอนเดินสำรวจแนวคำตอบของแต่ละคนในห้องเพื่อเสนอแก่นักเรียนทั้งชั้นเกี่ยวกับแนวคำตอบของนักเรียนทั้งชั้น

ขั้นที่ 3 ขั้นท้าทายแนวคิด

- 3.1 ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันระบุข้อมูลที่พวกเขาต้องการรู้เพื่อที่จะมายืนยันแนวคำตอบของตนเองโดยให้ผู้เรียนระบุสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในใบกิจกรรม KWL ในส่วนสิ่งที่ฉันต้องการรู้
- 3.2 ผู้สอนเดินสำรวจสิ่งที่ผู้เรียนต้องการรู้แนวคำตอบของแต่ละคนในห้องและเสนอแก่นักเรียนทั้งชั้นเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนทั้งชั้นต้องการรู้
- 3.3 ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับประเด็นรูปร่างของโลกและการเกิดกลางวันกลางคืน ดังนี้
 - 3.3.1 ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบดังนี้
 - ทำไมคนในสมัยโบราณการถึงเชื่อว่าโลกของเรามีลักษณะแบน? เพราะเขาไม่มีเหตุมีผล ไม่เชื่อในสิ่งที่สังเกต???
 - ทำไมในอดีตมนุษย์จึงเชื่อว่า โลกที่เราอาศัยอยู่มีลักษณะแบน? และดวงดาวดวงอื่น ๆ บนท้องฟ้าหมุนรอบโลก
 - วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบ หรือการรวบรวมข้อมูลที่น่ามาใช้ตอบข้อสงสัยของคนในอดีตเป็นอย่างไร (สังเกตผสมผสานกับความเชื่อและจินตนาการ)

3.3.2 ผู้สอนนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลในสมัยปัจจุบันสำหรับการหาคำตอบคำถามเดียวกัน (การนำเทคโนโลยี เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม ยานอวกาศ สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านอวกาศมาตอบคำถามที่มนุษย์สงสัย)

3.3.3 ผู้สอนนำเสนอรูป ปัจจุบันเราถึงรู้ว่าโลกเรามีรูปร่างกลม เพราะเรามีเทคโนโลยีที่สามารถขยายขอบเขตการสังเกตของเรา

3.3.4 ผู้สอนทบทวนสิ่งที่ผู้เรียนต้องการรู้เกี่ยวกับประเด็นการเกิดกลางวันกลางคืนโดยใช้คำถามดังนี้

- การที่เรามองเห็นดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน-ไม่มีแสงอาทิตย์ในตอนกลางคืนบนโลก ดวงอาทิตย์ไปไหน

- ดวงอาทิตย์หมุนรอบโลกในเวลา 1 วัน หรือ โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ใน 1 วัน

3.3.5 ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงโมเดลที่อธิบายการเกิดกลางวันกลางคืนเพื่อพิสูจน์แนวคิดในข้อ 3.3.4 (ซึ่งไม่ว่าดวงอาทิตย์หมุนรอบโลกในเวลา 1 วัน? หรือ โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ใน 1 วันทำให้โลกได้รับ-ไม่ได้รับแสงอาทิตย์อย่างละครึ่งวัน)

3.3.6 ผู้สอนเชื่อมโยงผลการรวบรวมข้อมูลจากนักวิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันทำให้รู้ว่าใน 1 วัน (24 ชั่วโมง)นั้นโลกเกือบหยุดอยู่นิ่งเมื่อเทียบกับระยะจากดวงอาทิตย์ แต่การที่โลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ครึ่งวันและไม่ได้รับแสงอีกประมาณครึ่งวันนั้นเป็นเพราะโลกหมุนรอบตัวเอง

3.3.7 ผู้สอนถามผู้เรียนเกี่ยวกับทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลกเทียบกับดวงอาทิตย์เป็นแบบใด

- ถ้าดวงอาทิตย์โผล่พ้นขอบฟ้าด้านทิศตะวันออก เวลาประมาณ 06.00น. เวลา 09.00 น. ดวงอาทิตย์จะอยู่ ณ ตำแหน่งตรงหัว ดังนั้น เมื่อดวงอาทิตย์หยุดนิ่งเทียบกับโลกใน 1 วัน ทิศทางการหมุนของโลกควรเป็นอย่างไร? (สุ่มให้ผู้เรียนแสดงหลักฐานประกอบคำตอบนั้นคือ โลกหมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากอวกาศ)

3.3.7 ผู้สอนให้ข้อมูลเบื้องต้นนอกจากการหมุนรอบตัวเองของโลกจะทำให้เกิดกลางวัน-กลางคืนแล้วยังกำหนดทิศและเวลาอีก ดวงอาทิตย์โผล่พ้นขอบฟ้า..ตะวันออก ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าเป็นทิศตะวันตก จากนั้นถามคำถาม

- ถ้าให้ด้านขวามือเป็นทิศตะวันออก ซ้ายมือเป็นทิศตะวันตก ด้านหน้าและด้านหลังจะเป็นทิศอะไร (ด้านที่เห็นดวงอาทิตย์ขึ้นเป็นทิศตะวันออกและด้านที่เห็นดวงอาทิตย์ตกเป็นทิศตะวันตก โดยให้ด้านขวามือเป็นทิศตะวันออกและซ้ายมือเป็นทิศตะวันตก ด้านหน้าจะเป็นทิศเหนือและด้านหลังจะเป็นทิศใต้)

3.3.8 ผู้สอนให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการระบุทิศ ในเวลากลางคืนที่ไม่มีดวงอาทิตย์ให้ยึดเราต้องรู้จักดาวเหนือ คือ ดาวเหนืออยู่ในตำแหน่งอยู่หนึ่งถ้าเทียบกับโลกเรา...ดาว

เหนือ หรือ Polaris เป็นดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุดในกลุ่มดาวหมีเล็ก และอยู่ใกล้กับขั้วฟ้าเหนือจึงปรากฏเหมือนอยู่นิ่งกับที่บนท้องฟ้า ทิศนั้นคือทิศเหนือ

3.4 ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับประเด็นการเกิดฤดูกาล ดังนี้

3.4.1 ผู้สอนทบทวนแนวคิด (ที่คาดเคลื่อน) โดยใช้คำถามดังนี้

- การเกิดฤดูกาลเกี่ยวข้องกับระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ใช่หรือไม่
- ฤดูร้อน คือช่วงที่โลกเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด ฤดูหนาวคือช่วงที่โลกเคลื่อนที่ออกห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด

3.4.2 ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดความน่าจะเป็นถ้าใช่แสดงว่าในเดือนเดียวกัน..ประเทศที่อยู่ด้านขั้วโลกถือของข้อมูลที่ว่าฤดูร้อน คือช่วงที่โลกเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด ฤดูหนาวคือช่วงที่โลกเคลื่อนที่ออกห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด? แต่ไม่ใช่ ฤดูกาลของประเทศเหล่านั้นสลับกัน คือถ้าประเทศแถบขั้วโลกเหนือเป็นฤดูหนาว ประเทศแถวขั้วโลกใต้เป็นฤดูร้อน และถ้าถ้าประเทศแถบขั้วโลกเหนือเป็นฤดูใบไม้ผลิ ประเทศแถวขั้วโลกใต้เป็นฤดูใบไม้ร่วง แสดงว่าระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้พื้นที่ต่าง ๆ บนโลกได้รับอุณหภูมิต่างกัน

- อะไรที่จะทำให้ประเทศทางขั้วโลกเหนือ-ใต้ เกิดฤดูกาลที่สลับกัน?

3.4.3 ผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 1.1 เพื่อให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ที่แสงตกกระทบพื้นที่ต่าง ๆ บนพื้นโลกเมื่อได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงในแนวตั้งฉากและเฉียงกับพื้นที่ใด

3.4.4 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงความเข้มแสงที่ตกกระทบพื้นที่ใด ๆ บนพื้นโลกเมื่อได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงในแนวตั้งฉากและเฉียงกับพื้นที่ใด ๆ ทำให้อุณหภูมิที่บริเวณต่าง ๆ ไม่เท่ากัน

3.4.5 ผู้สอนเชื่อมโยงผลการค้นพบจากกิจกรรมที่ 1.1 กับการที่พื้นผิวโลกบริเวณต่าง ๆ ได้รับแสงในลักษณะที่ต่างกันโดยเฉพาะแถบขั้วโลกเหนือ-ใต้นั้นมาจากสาเหตุใด (แกนโลกเอียง ทำให้การตกตั้งฉากและเฉียงของแสงบนพื้นผิวโลกยังบริเวณต่าง ๆ ต่างกัน พร้อมแสดงสาริตประกอบ)

3.5 ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับประเด็นระยะเวลาสั้นยาวไม่เท่ากันของกลางวันกลางคืนในฤดูหนาวและฤดูร้อน ดังนี้

3.5.1 ผู้สอนเสนอคำถามดังต่อไปนี้

- นักเรียนสงสัยหรือไม่ว่า ทำไมช่วงฤดูหนาวและร้อน ระยะเวลาของกลางวันและกลางคืนนานต่างกัน

3.5.2 ผู้สอนสุ่มให้ผู้เรียนแสดงแนวคำตอบ (น่าจะมีผู้เรียนที่สามารถเชื่อมโยงการเกิดฤดูกาลกับการทำให้เกิดระยะเวลากลางวันกลางคืนไม่เท่ากันในแต่ละฤดู

3.5.3 ผู้สอนร่วมอภิปรายถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดระยะเวลากลางวัน กลางคืนที่ไม่เท่ากันของแต่ละฤดู (ประกอบโมเดลและวิทัศน์เกี่ยวกับการเกิดปรากฏการณ์พระอาทิตย์เที่ยงคืนที่นอร์เวย์ในฤดูร้อนและความมืดสลัวตลอดในช่วงฤดูหนาว)

3.5.4 ผู้สอนนำเสนอภาพการขึ้นตกของดวงอาทิตย์ในทิศทางที่ต่างกันโดยให้ข้อมูลว่าภาพเหล่านั้นถ่ายจากสถานที่เดิมและถ่ายในช่วงฤดูกาลต่างกัน

3.5.5 ผู้สอนร่วมอภิปรายถึงปัจจัยที่ทำให้การขึ้นตกของดวงอาทิตย์ในทิศทางที่ต่างกันในช่วงฤดูกาลต่างกัน (ประกอบโมเดล)

3.5 ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับประเด็นการเกิดปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรม จันทรุปราคาและสุริยุปราคา ดังนี้

3.5.1 ผู้สอนทบทวนแนวคิด (ที่คาดเคลื่อน) โดยใช้คำถามดังนี้

- ข้างขึ้นข้างแรมเกิดจากดวงจันทร์ถูกเงาโลกบัง?
- จันทรุปราคาเกิดจากเมฆบังบังดวงจันทร์?
- จันทรุปราคาเกิดจากเงาดวงอาทิตย์บังดวงจันทร์?
- ดวงจันทร์ด้านที่อยู่ไกลออกไปอีกด้านหนึ่งมืดตลอดเวลา?
- สุริยุปราคาเกิดจากเงาโลกบังดวงอาทิตย์?

3.5.2 ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนนำเสนอแนวคำตอบแต่ละประเด็นร่วมกัน

3.5.3 ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดเกี่ยวกับวิธีการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์ (โคจรรอบโลก) โลก(โคจรรอบดวงอาทิตย์) เพื่อให้ผู้เรียนสร้างโมเดลที่สามารถแสดงวิถีการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกและโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เพื่ออธิบายการเกิดข้างขึ้นข้างแรม จันทรุปราคาและสุริยุปราคา

3.5.4 ผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 1.2 เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดที่อธิบายโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิถีการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์ (โคจรรอบโลก) โลก(โคจรรอบดวงอาทิตย์) โดยใช้คำถามดังนี้

- ถ้าระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ และระนาบการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์รอบโลกเป็นแผ่นแนวเดียวกัน เราจะมองเห็นดวงจันทร์มีรูปร่างอย่างไรใน 1 เดือน และจะมีโอกาสที่เงาจากโลกไปบังดวงจันทร์ และเงาของดวงจันทร์ไปบังโลกกี่ครั้ง ?

- โมเดลที่ผู้เรียนสร้างสามารถอธิบายทั้งปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรม และการเกิดสุริยุปราคา และจันทรุปราคา หรือไม่ โดยที่ 1 ปีโอกาสที่จะเกิดสุริยุปราคา - จันทรุปราคา จึงมีเพียงประมาณปีละ 1-2 ครั้ง..ส่วนใหญ่จะแค่ครั้งเดียว

- ทำไมใน 1 ปี จึงไม่เกิดสุริยุปราคา - จันทรุปราคา 12 ครั้ง แต่มีเพียงประมาณปีละ 1-2 ครั้ง..ส่วนใหญ่จะแค่ครั้งเดียว

3.5.5 ผู้สอนนำเสนอวิดีโอเกี่ยวกับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ และระนาบที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลก ไม่ใช่ระนาบเดียวกัน หากตัดกันเป็นมุม 5 องศา เพื่อแสดงให้เห็นถึงสาเหตุ

ที่ใน 1 ปี จึงไม่เกิดสุริยุปราคา - จันทรุปราคา 12 ครั้ง แต่มีเพียงประมาณปีละ 1-2 ครั้งเท่านั้น และนำเสนอโมเดลภาพประกอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นปรับแนวคิด

4.1 ผู้สอนให้ผู้เรียนสรุปความรู้ที่ได้จากกิจกรรมลงในใบกิจกรรม KWL ส่วนที่เป็นการสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้

4.2 ผู้เรียนเปรียบเทียบความรู้ที่ใช้อธิบายคำถาม (ความรู้เดิม) กับความรู้ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้คำถามดังนี้

- นักเรียนคิดว่าความรู้ที่นักเรียนได้ค้นพบผ่านกิจกรรมในวันนี้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ การเกิดกลางวัน-กลางคืน การเกิดฤดูกาล ข้างขึ้น-ข้างแรม จันทรุปราคา และสุริยุปราคา ได้ครอบคลุมหรือไม่ และระดับความน่าเชื่อถือเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับความรู้เดิม(จากใบกิจกรรมKWL ส่วนK)

4.3 ผู้เรียนสรุปแนวคิดรวบยอดที่ได้จากกิจกรรมวันนี้ในรูปแบบผังความคิดร่วมกัน

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแนวคิด

5.1 ครูใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง กับประเด็นต่อไปนี้

- ถ้าแกนโลกเอียงเพิ่มขึ้นจากแนวเดิมหรือลดลงปรากฏการณ์ต่าง ๆบนโลกจะเป็นอย่างไร (ให้ผู้เรียนเสนอแนวคำตอบร่วมกัน)

5.2 ครูร่วมสรุปประกอบโมเดลเกี่ยวกับการที่คนบนโลกมองเห็นดวงจันทร์หน้าตาเดิม

ขั้นที่ 6 สร้างและประเมินคำถามใหม่

6.1 ผู้สอนนำเสนอแนวคิดที่คาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ การเกิดกลางวัน-กลางคืน การเกิดฤดูกาล ข้างขึ้น-ข้างแรม จันทรุปราคา และสุริยุปราคา

6.2 ผู้สอนให้ผู้เรียนแต่ละคนตั้งคำถามที่นำไปสู่การค้นพบความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ และให้นำเสนอวิธีการหาคำตอบหรือแนวคำตอบ พร้อมให้ระดับความมั่นใจในแนวทางวิธีการหาคำตอบหรือแนวคำตอบ เช่น

- ทำไมเราจึงเห็นดวงจันทร์หน้าตาเดิม ๆ ในแต่ละวัน และตลอดปี (ด้านรูปกระต่าย) อีกด้านหนึ่งของดวงจันทร์เป็นอย่างไร (ให้ผู้เรียนเสนอแนวคำตอบร่วมกัน และผู้สอนเสนอให้ผู้เรียนพิสูจน์คำตอบโดยให้สุ่มผู้เรียน 2 คน ให้คนหนึ่งยืนอยู่ตรงกลางและมองไปยังผู้เรียนอีกคนหนึ่งซึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบผู้สังเกต โดยให้ผู้เรียนที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมในตำแหน่งต่าง ๆ ยื่นฝ่ามือออกไปเพื่อให้ผู้สังเกตเห็นฝ่ามือตลอดเวลา)

7. สื่อการเรียนรู้

8.1 วิธีการหรือกิจกรรม ได้แก่ รูปแบบการสอนการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับกลวิธีKWL

8.2 วัสดุ ได้แก่ เอกสารPowerpoint ใบกิจกรรม หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ กระดาษฟลิป-ชาร์ต
ไฟฉาย ถ่าน โมเดลโลก ปิงปอง กระดาษขาว ไม้บรรทัด

8.3 อุปกรณ์ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์

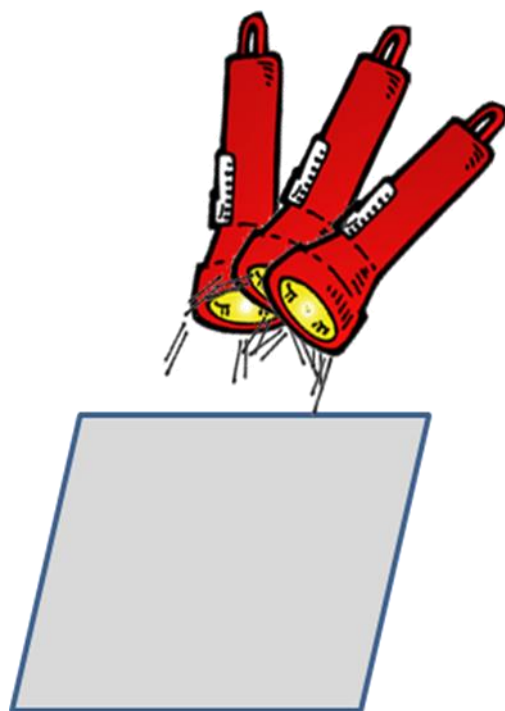
9. บันทึกหลังสอน

กิจกรรมการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค		
	พฤติกรรมนักเรียน	สื่อ	ข้อเสนอแนะ
ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบ ความรู้เดิม			
ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยน แนวคิดเบื้องต้น			
ขั้นที่ 3 ขั้นท้าทาย แนวคิด			
ขั้นที่ 4 ขั้นปรับ แนวคิด			
ขั้นที่ 5 ขั้นขยาย แนวคิด			
ขั้นที่ 6 สร้างและ ประเมินคำถามใหม่			

ใบกิจกรรม 1.1 โลกสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์อย่างไรจึงมีผลต่อการตกตั้งฉากและเงียงของลำแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนทดลองและวาดภาพ(พร้อมระบายสี) พื้นที่ที่เกิดจาก

1. เมื่อฉายไฟฉายตกกระทบบกระดาศในแนวตั้งฉากกับกระดาศ
2. เอียงไฟฉายให้มีมุมที่มีค่าน้อยกว่า 90 องศา
3. เอียงไปฉายให้มีค่ามุมลดลงอีก



จากผลการทดลอง ถ้านำไปอธิบายการเกิดฤดูกาลบนโลก โดยให้แสงจากไฟฉายเปรียบได้กับแสงจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบพื้นที่บริเวณขั้วโลกเหนือและใต้อย่างไร จงแสดงโมเดลประกอบ

ใบกิจกรรม 1.2 สร้างแบบจำลอง ความสัมพันธ์ระหว่าง ดวงจันทร์โคจรรอบโลก และโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ เพื่ออธิบายการเกิดปรากฏการณ์ข้างขึ้น-ข้างแรม จันทรุปราคา และสุริยุปราคา

ตอนที่ 1 คำชี้แจง ให้นักเรียนสร้างโมเดลที่แสดงการเกิดปรากฏการณ์ข้างขึ้น-ข้างแรม

- ให้นักเรียนจัดแหล่งกำเนิดแสง (หลอดไฟ) ลูกบิ๊งปอง และผู้สังเกตควรร
- ผู้สังเกตอยู่ตรงกลาง เพื่อนที่ถือลูกบิ๊งปองเคลื่อนที่รอบ
- สังเกตและวาดรูปร่างดวงจันทร์ที่มองเห็น

ตอนที่ 2 คำชี้แจง ให้นักเรียนวาดและสร้างโมเดลที่แสดงการเกิดปรากฏการณ์จันทรุปราคาและสุริยุปราคาโดยอาศัยข้อมูลเบื้องต้น คือโอกาสที่จะเกิดสุริยุปราคา - จันทรุปราคา ในเวลา 1 ปีมีเพียงประมาณปีละ 1-2 ครั้ง

ใบกิจกรรม KWL

1. ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ (K) พร้อมระบุความมั่นใจในคำตอบแต่ละข้อ
 - 1.1 ปรากฏการณ์กลางวัน กลางคืนเกิดขึ้นอย่างไร
 - 1.2 ฤดูกาลบนโลกเกิดขึ้นอย่างไร
 - 1.3 ทำไมช่วงฤดูหนาวและร้อน ระยะเวลาของกลางวันและกลางคืนนานต่างกัน
 - 1.4 ปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรมเกิดขึ้นอย่างไร
 - 1.5 ปรากฏการณ์สุริยุปราคาและจันทรุปราคา เกิดขึ้นอย่างไร

2. นักเรียนต้องการรู้อะไรเพิ่มเติม เพื่อให้มีความมั่นใจในคำตอบเพิ่มขึ้น (W)

3. ให้นักเรียนระบุคำตอบของคำถามในข้อ 1 อีกครั้ง พร้อมระบุความมั่นใจในคำตอบแต่ละข้อ

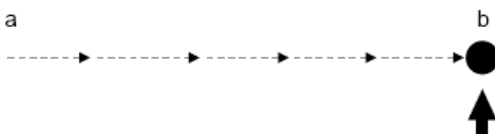
1. ปรากฏการณ์กลางวัน กลางคืนเกิดขึ้นอย่างไร
2. ฤดูกาลบนโลกเกิดขึ้นอย่างไร
3. ทำไมช่วงฤดูหนาวและร้อน ระยะเวลาของกลางวันและกลางคืนนานต่างกัน
4. ปรากฏการณ์ข้างขึ้นข้างแรมเกิดขึ้นอย่างไร
5. ปรากฏการณ์สุริยุปราคาและจันทรุปราคา เกิดขึ้นอย่างไร

ภาคผนวก ข.

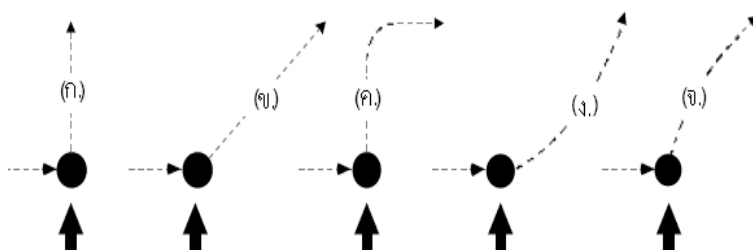
ตัวอย่างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

ตัวอย่างแบบวัดโมเมนตัม เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

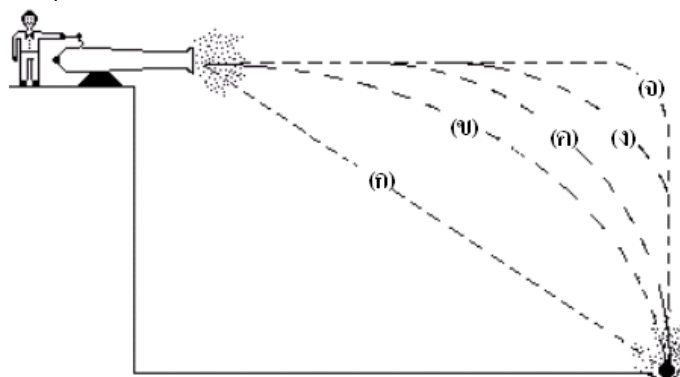
- 10) ลูกบอลเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไปบนพื้นราบไร้แรงเสียดทานจาก a ไป b ด้วยอัตราเร็วคงที่ v_0 เมื่อลูกบอลเคลื่อนที่ถึงจุด "b" ถูกตีด้วยแรงที่มีทิศทางการตามหัวลูกศรดังแสดงในภาพ



เส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกบอลหลังจากถูกตีเป็นไปตามข้อใด

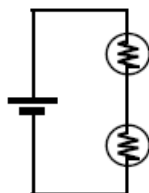


- 11) ลูกบอลถูกยิงออกไปจากหน้าผาสูงด้วยปืนใหญ่ตั้งรูปข้างล่าง ข้อใดแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกบอลได้ถูกต้องที่สุด

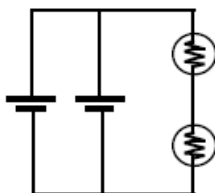


ตัวอย่างแบบวัดมโนคติ เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

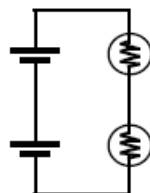
1. วงจรไฟฟ้าหรือวงจรไฟฟ้าคู่ใดได้รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ามากที่สุด



วงจรที่ 1



วงจรที่ 2



วงจรที่ 3

A. วงจรที่ 1

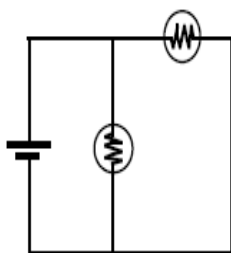
B. วงจรที่ 2

C. วงจรที่ 3

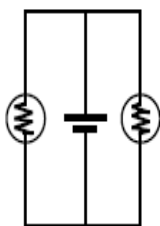
D. วงจรที่ 1 = วงจรที่ 2

E. วงจรที่ 2 = วงจรที่ 3

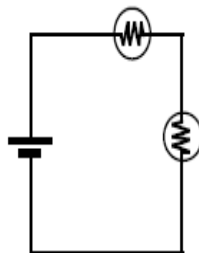
2. วงจรไฟฟ้าใดแสดงการต่อหลอดไฟฟ้า 2 ดวงแบบขนานกับแบตเตอรี่



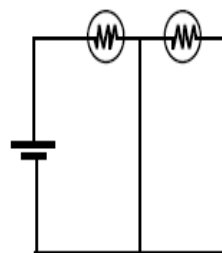
วงจรที่ 1



วงจรที่ 2



วงจรที่ 3



วงจรที่ 4

A. วงจรที่ 1

B. วงจรที่ 2

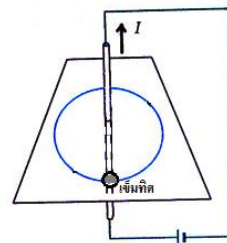
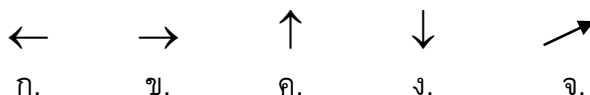
C. วงจรที่ 3

D. วงจรที่ 1 และ วงจรที่ 2

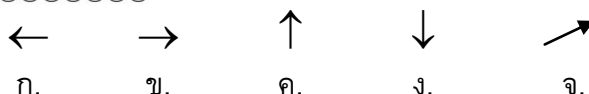
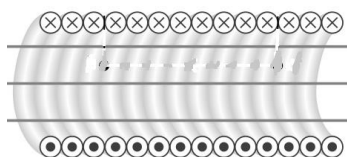
E. วงจรที่ 1, 2 และ 4

ตัวอย่างแบบวัดมโนคติ เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

2. เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำตรง เข้มทิศที่วาง ณ ตำแหน่งดังรูป จะชี้ไปที่ทิศใด



3. ตัวนำโซเลนอยด์ที่มีกระแสไหลผ่านดังรูป ทิศทางของสนามแม่เหล็กภายในโซเลนอยด์เป็นอย่างไร

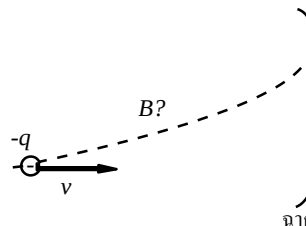


4. จะเกิดอะไรขึ้นกับประจุบวกเมื่อถูกนำไปวางให้อยู่หนึ่งในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ (สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ คือ สนามแม่เหล็กที่ความเข้มและทิศทางของสนามเท่ากันทุกจุด)

- ก. ประจุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเพราะแรงที่กระทำต่อประจุมีขนาดคงตัว
- ข. ประจุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวเพราะแรงที่กระทำต่อประจุมีขนาดคงตัว
- ค. ประจุจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัวเพราะแรงมีทิศตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา
- ง. ประจุจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร่งเพราะแรงมีทิศตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา
- จ. ประจุยังคงหยุดนิ่งกับที่เพราะแรงและความเร็วตั้งฉากกัน

5. อิเล็กตรอนหนึ่งอนุภาคเคลื่อนที่ไปตามแนวระดับเข้าหาจาก การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนตามวิถีโค้งที่แสดงไว้ดังรูป เป็นผลเนื่องจากถูกแรงจากสนามแม่เหล็กกระทำ ทิศทางของสนามแม่เหล็กเป็นอย่างไร

- ก. ชี้ไปทางด้านบนของกระดาษ
- ข. ชี้ไปทางด้านล่างของกระดาษ
- ค. พุ่งเข้าหาหน้ากระดาษ
- ง. พุ่งออกจากหน้ากระดาษ
- จ. ตามเส้นทางโค้งดังภาพ



ตัวอย่างแบบวัดมโนคติ เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์

6. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดฤดูกาลบนโลก

- ก. ฤดูกาลเกิดจากการที่โลกมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงไม่เท่ากัน
- ข. ฤดูกาลเกิดจากการที่โลกหมุนรอบเป็นวงรี
- ค. ฤดูกาลเกิดจากการที่พื้นที่ในเขตต่างๆ ได้รับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน
- ง. ฤดูหนาวอากาศเย็นเพราะดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปยังอีกด้านหนึ่งของโลก
- จ. ฤดูร้อน คือช่วงที่โลกเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด ฤดูหนาวคือช่วงที่โลกเคลื่อนที่ออกห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด

7. สมมติว่าโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงกลม ซึ่งทำให้ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์คงที่เสมอ จะเกิดผลอย่างไรกับฤดูกาลบนโลก

- ก. ไม่มีฤดูกาล
- ข. ยังคงมีฤดูกาล แต่ความแตกต่างของแต่ละฤดูจะน้อยลง
- ค. ยังคงมีฤดูกาล แต่ความแตกต่างของแต่ละฤดูจะมากขึ้น
- ง. ฤดูกาลยังเป็นเหมือนที่เคยเป็น
- จ. ประเทศที่อยู่ใกล้ศูนย์สูตรจะมีเฉพาะฤดูร้อนประเทศที่อยู่แถบขั้วโลกจะมีเฉพาะฤดูหนาว

12. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- (1) ข้างขึ้นข้างแรมเกิดจากดวงจันทร์ถูกเงาโลกบัง
- (2) ดวงจันทร์มีรูปร่างต่างกันเพราะเกิดจากเงาของดวงอาทิตย์บัง
- (3) ดวงจันทร์ด้านที่อยู่ไกลออกไปอีกด้านหนึ่งมืดตลอดเวลา
- (4) ดวงจันทร์มีรูปร่างต่างกันแต่ละวันเพราะมีเมฆบัง
- ก. ทุกข้อกล่าวถูกต้อง
- ข. เฉพาะข้อ (1) และ (3)
- ค. เฉพาะ (2) และ (3)
- ง. เฉพาะ (2) (3) (4)
- จ. ไม่มีข้อใดกล่าวถูกต้อง

ภาคผนวก ค.

คะแนนทดสอบก่อนและหลังได้รับการอบรม

ภาคผนวก ค

คะแนนทดสอบก่อนและหลังได้รับการอบรม เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 15 ข้อ

ร้อยละการตอบแบบวัดมโนคติเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

ก่อน																
ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
เฉลย	ค	จ	จ	จ	ก	ก	ก	จ	ข	ข	ข	ข	ค	ง	จ	
% ตอบถูกต้อง	63	20	17	50	37	7	30	27	47	40	27	40	27	23	3	30
ก	7	20	0	4	11	2	9	0	10	10	1	1	5	15	3	
ข	1	0	23	9	16	4	3	5	14	12	8	12	1	5	6	
ค	19	1	0	1	1	17	9	5	2	3	12	9	8	2	15	
ง	3	3	2	1	2	7	6	12	3	1	7	2	14	7	5	
จ	0	6	5	15	0	0	3	8	1	4	2	6	2	1	1	
หลัง																
% ตอบถูกต้อง	93	33	13	67	53	20	33	43	77	77	97	67	47	70	17	54
ก	2	17	5	2	16	6	10	0	4	4	0	1	2	4	5	
ข	0	0	18	4	13	3	1	3	23	23	29	20	4	1	6	
ค	28	1	1	0	1	17	3	2	0	1	1	5	14	1	10	
ง	0	2	2	4	0	3	9	12	2	0	0	2	8	21	4	
จ	0	10	4	20	0	1	7	13	1	2	0	2	1	3	5	

คะแนนรายบุคคลจากการตอบแบบวัดมิติเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

คนที่	วุฒิการศึกษาป.ตรี	ประสบการณ์การสอน (ปี)	ก่อนอบรม	หลังอบรม
1	ชีววิทยา	29	4	8
2	ภาษาอังกฤษ	0	3	5
3	สังคมศึกษา	20	5	7
4	ภาษาไทย	2	2	8
5	เคมี	4	4	8
6	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	25	7	10
7	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	6	10
8	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	7	8
9	สังคมศึกษา	20	2	8
10	ภาษาไทย	15	3	9
11	ประถมศึกษา	19	4	7
12	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	22	5	7
13	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	11	11
14	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	3	0
15	คหกรรม	5	2	8
16	ฟิสิกส์	10	4	14
17	ฟิสิกส์	8	5	7
18	คหกรรม	5	6	8
19	คหกรรม	10	6	11
20	ชีววิทยา	2	6	11
21	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	2	6	3
22	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	2	7
23	ฟิสิกส์	6	6	9
24	ชีววิทยา	13	5	6
25	วิทยาศาสตร์	5 เดือน	4	8
26	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	14	3	7
27	คหกรรม	17	3	8
28	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	8	9
29	สังคมศึกษา	9	2	7
30	สุขศึกษา	20	3	7
เฉลี่ย			4.57	7.87

คะแนนทดสอบก่อนและหลังได้รับการอบรม เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 15 ข้อ

ร้อยละการตอบแบบวัดมโนคติเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ก่อน																
ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
เฉลย	ค	ง	จ	ข	ง	ง	ค	ค	ง	ค	ข	ง	ง	ง	ข	
% ตอบถูกต้อง	47	17	43	33	36	20	60	53	17	53	13	50	7	37	7	31
ก	4	2	5	4	5	13	1	2	6	3	6	0	17	9	11	
ข	4	15	6	10	0	8	8	9	2	5	4	2	2	2	2	
ค	14	1	2	3	8	2	18	16	12	16	14	7	9	5	2	
ง	1	5	4	2	11	6	3	3	5	1	5	15	2	11	1	
จ	7	7	13	11	6	1	0	0	5	5	1	6	0	3	14	
หลัง																
% ตอบถูกต้อง	47	23	57	50	63	30	87	53	40	63	27	83	17	70	17	48
ก	0	3	4	3	0	12	0	2	3	0	7	0	16	2	12	
ข	4	11	5	15	0	7	4	10	0	6	8	1	9	0	5	
ค	14	1	0	1	3	2	26	16	9	19	12	1	0	1	6	
ง	2	7	4	5	19	9	0	2	12	2	2	25	5	21	2	
จ	10	8	17	6	8	0	0	0	6	3	1	3	0	6	5	

คะแนนรายบุคคลจากการตอบแบบวัดมโนคติเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

คนที่	วุฒิการศึกษาป.ตรี	ประสบการณ์การสอน (ปี)	ก่อนอบรม	หลังอบรม
1	ชีววิทยา	29	6	7
2	ภาษาอังกฤษ	0	3	7
3	สังคมศึกษา	20	9	9
4	ภาษาไทย	2	6	8
5	เคมี	4	5	6
6	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	25	4	7
7	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	4	6
8	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	6	11
9	สังคมศึกษา	20	7	9
10	ภาษาไทย	15	8	9
11	ประถมศึกษา	19	4	4
12	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	22	4	8
13	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	9	8
14	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	5	6
15	คหกรรม	5	7	10
16	ฟิสิกส์	10	5	10
17	ฟิสิกส์	8	5	9
18	คหกรรม	5	8	6
19	คหกรรม	10	4	6
20	ชีววิทยา	2	3	7
21	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	2	4	7
22	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	4	7
23	ฟิสิกส์	6	4	8
24	ชีววิทยา	13	2	7
25	วิทยาศาสตร์	5 เดือน	3	5
26	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	14	3	4
27	คหกรรม	17	4	7
28	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	6	7
29	สังคมศึกษา	9	3	3
30	สุขศึกษา	20	3	10
	เฉลี่ย		4.93	7.27

คะแนนทดสอบก่อนและหลังได้รับการอบรม เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 15 ข้อ

ร้อยละการตอบแบบวัดมโนคติเรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

ก่อน															
ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
เฉลย	ค	ข	ก	จ	ข	ก	ค	จ	ก	จ	ค	ค	ก	ข	ง
% ตอบถูกต้อง	23	27	17	20	20	13	10	7	7	20	37	20	23	23	3
ก	5	1	5	5	5	4	1	5	2	8	3	9	7	2	7
ข	0	8	5	5	6	6	17	11	12	6	7	2	3	7	4
ค	7	12	14	11	9	8	3	8	11	8	11	6	10	7	7
ง	10	3	4	3	3	9	4	4	5	2	1	10	8	10	1
จ	8	6	2	6	7	3	5	2	0	6	8	3	2	4	11
หลัง															
% ตอบถูกต้อง	80	40	40	50	27	37	17	23	20	13	47	17	43	27	34
ก	2	4	12	5	5	11	0	5	6	8	2	10	13	0	7
ข	0	12	6	0	8	4	16	8	5	8	7	5	5	8	3
ค	24	3	8	9	4	6	5	5	5	9	14	5	4	8	2
ง	1	2	0	1	12	6	5	5	12	1	2	3	6	12	7
จ	3	9	4	15	1	3	4	7	2	4	5	6	2	2	11

คะแนนรายบุคคลจากการตอบแบบวัดมิติเรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

คนที่	วุฒิการศึกษาป.ตรี	ประสบการณ์การสอน (ปี)	ก่อนอบรม	หลังอบรม
1	ชีววิทยา	29	2	3
2	ภาษาอังกฤษ	0	4	4
3	สังคมศึกษา	20	2	4
4	ภาษาไทย	2	4	6
5	เคมี	4	3	4
6	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	25	3	8
7	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	3	8
8	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	3	5
9	สังคมศึกษา	20	1	5
10	ภาษาไทย	15	1	5
11	ประถมศึกษา	19	1	8
12	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	22	2	2
13	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	5	6
14	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	2	3
15	คหกรรม	5	2	6
16	ฟิสิกส์	10	6	13
17	ฟิสิกส์	8	2	6
18	คหกรรม	5	3	3
19	คหกรรม	10	2	9
20	ชีววิทยา	2	4	4
21	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	2	3	2
22	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	1	6
23	ฟิสิกส์	6	4	7
24	ชีววิทยา	13	0	3
25	วิทยาศาสตร์	5 เดือน	3	5
26	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	14	2	2
27	คหกรรม	17	3	2
28	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	3	7
29	สังคมศึกษา	9	3	3
30	สุขศึกษา	20	3	2
	เฉลี่ย		2.67	5.03

คะแนนทดสอบก่อนและหลังได้รับการอบรม เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ

ร้อยละการตอบแบบวัดมโนคติเรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์

ก่อน																
ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
เฉลย	ง	จ	ข	จ	ค	ค	ง	จ	ง	ก	ค	จ	ง	จ	ก	
% ตอบถูกต้อง	93	90	30	33	3	30	7	10	17	70	27	7	40	23	70	37
ก	1	0	5	1	22	10	6	5	7	21	3	4	7	3	21	
ข	0	1	9	2	0	3	8	8	9	3	12	13	6	17	1	
ค	1	0	7	4	1	9	3	5	6	2	8	9	4	2	6	
ง	28	2	4	13	2	1	2	9	5	1	5	2	12	1	1	
จ	0	27	5	10	4	7	10	3	3	3	2	2	1	7	1	
หลัง																
% ตอบถูกต้อง	100	87	60	63	40	77	30	20	7	73	43	40	63	10	97	54
ก	0	1	3	0	8	1	3	6	25	22	1	0	5	2	29	
ข	0	0	18	0	3	5	2	3	3	1	10	12	0	22	1	
ค	0	0	4	0	12	23	3	7	0	1	13	4	1	2	0	
ง	30	3	1	11	2	0	9	8	2	4	2	2	19	1	0	
จ	0	26	3	19	5	1	13	6	0	2	3	12	5	3	0	

คะแนนรายบุคคลจากการตอบแบบวัดมโนคติเรื่อง ปรัชญาการณดาราศาสตร์

คนที่	วุฒิการศึกษาป.ตรี	ประสบการณ์การสอน (ปี)	ก่อนอบรม	หลังอบรม
1	ชีววิทยา	29	7	9
2	ภาษาอังกฤษ	0	7	8
3	สังคมศึกษา	20	4	8
4	ภาษาไทย	2	4	5
5	เคมี	4	5	8
6	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	25	7	8
7	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	6	8
8	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	9	13
9	สังคมศึกษา	20	8	7
10	ภาษาไทย	15	8	7
11	ประถมศึกษา	19	4	7
12	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	22	5	6
13	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	10	7	9
14	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	7	7
15	คหกรรม	5	8	9
16	ฟิสิกส์	10	2	14
17	ฟิสิกส์	8	3	8
18	คหกรรม	5	4	9
19	คหกรรม	10	4	9
20	ชีววิทยา	2	4	10
21	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	2	3	6
22	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	9	6	6
23	ฟิสิกส์	6	4	10
24	ชีววิทยา	13	8	9
25	วิทยาศาสตร์	5 เดือน	8	7
26	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	14	5	6
27	คหกรรม	17	4	8
28	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	20	5	9
29	สังคมศึกษา	9	3	6
30	สุขศึกษา	20	4	7
	เฉลี่ย		5.43	8.10

ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างแผนการสอนของครู

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแผนการสอนของครูแพง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7

ดวงดาวและอวกาศ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

การกำเนิดของเอกภพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เวลา 1 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 7.1 ม.3/2 สืบค้นและอธิบายองค์ประกอบของเอกภพ กาแล็กซี และระบบสุริยะ

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

1. ว 8.1 ม.1-3/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือสืบค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้
2. ว 8.1 ม.1-3/2 สร้างสมมุติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี
3. ว 8.1 ม.1-3/3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม
4. ว 8.1 ม.1-3/4 รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ
5. ว 8.1 ม.1-3/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุปทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมุติฐานและความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ
6. ว 8.1 ม.1-3/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

7. ว 8.1 ม.1-3/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ
8. ว 8.1 ม.1-3/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม
9. ว 8.1 ม.1-3/9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

จุดประสงค์การเรียนรู้ตัวชี้วัด

1. กำหนดปัญหาของการทดลองได้ (P)
2. ตั้งสมมุติฐานจากปัญหาที่กำหนดได้ (P)
3. ทดลองและสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการกำเนิดเอกภพได้ (P)
4. เปรียบเทียบความหนาแน่นของของเหลวได้ (P)
5. เปรียบเทียบการกระจายของของเหลวชนิดต่าง ๆ เทียบกับความหนาแน่นของของเหลวนั้น ๆ ได้ (P)
6. เปรียบเทียบการกำเนิดและการกระจายของเอกภพได้ (P)
7. อธิบายการแตกกระจายของของเหลวชนิดต่าง ๆ ได้ (K)
8. แสดงความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ใส่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ (A)

สาระสำคัญ (คำชี้แจง)

ผู้เรียนได้เรียนรู้การกำเนิดเอกภพ ด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบสอบ รูปแบบวงจรเรียนรู้ 5E เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง การใช้คำถาม และใช้การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง

สาระการเรียนรู้

เอกภพ (universe) คือ ระบบซึ่งเป็นผลรวมของกาแล็กซีทั้งหมด ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็นในอวกาศ มีรัศมี 12,000 ปีแสง เอกภพประกอบด้วย กาแล็กซีแสนล้านแห่ง กลุ่มแก๊ส ฝุ่นละอองในอวกาศ ระบบดวงดาว ระบบสุริยะ และโลกของเรา เอกภพเกิดจากการระเบิดใหญ่หรือบิกแบง

บิกแบง (big bang) หรือการระเบิดใหญ่ คือ การระเบิดใหญ่ของกลุ่มก้อนพลังงานภายใต้ธรรมชาติ ทำให้พลังงานเปลี่ยนเป็นกลุ่มสสาร และมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนเกิดเป็นกาแล็กซี เนบิวลา ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก ดวงจันทร์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และยังมีเหลือพลังงานกระจายออกไปรอบทิศ

เอกภพก่อนการเกิดระเบิดใหญ่ เอกภพเป็นพลังงานภายใต้อุณหภูมิสูงมาก

การเปลี่ยนแปลงขณะเกิดบิกแบง เริ่มแรกเมื่อสารอยู่ในรูปอนุภาค และเกิดปฏิกิริยาตามมา ถ้าเป็นชนิดเดียวกันจะกลายเป็นพลังงานหมด แต่ในธรรมชาติมีอนุภาคมากกว่าปฏิกิริยา จึงมีอนุภาคเหลือก่อกำเนิดเป็นเอกภพในปัจจุบัน

สาระการเรียนรู้

เอกภพ (universe) คือ ระบบซึ่งเป็นผลรวมของกาแล็กซีทั้งหมด ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็นในอวกาศ มีรัศมี 12,000 ปีแสง เอกภพประกอบด้วย กาแล็กซีแสนล้านแห่ง กลุ่มแก๊ส ฝุ่นละอองในอวกาศ ระบบดวงดาว ระบบสุริยะ และ โลกของเรา เอกภพเกิดจากการระเบิดใหญ่หรือบิกแบง

บิกแบง (big bang) หรือการระเบิดใหญ่ คือ การระเบิดใหญ่ของกลุ่มก้อนพลังงานภายใต้ธรรมชาติ ทำให้พลังงานเปลี่ยนเป็นกลุ่มสสาร และมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนเกิดเป็นกาแล็กซี เนบิวลา ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก ดวงจันทร์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และยังมีเหลือพลังงานกระจายออกไปรอบทิศ

เอกภพก่อนการเกิดระเบิดใหญ่ เอกภพเป็นพลังงานภายใต้อุณหภูมิสูงมาก

การเปลี่ยนแปลงขณะเกิดบิกแบง เริ่มแรกเนื้อสารอยู่ในรูปอนุภาค และเกิดปฏิอนุภาคตามมา ถ้าเป็นชนิดเดียวกันจะกลายเป็นพลังงานหมด แต่ในธรรมชาติมีอนุภาคมากกว่าปฏิอนุภาค จึงมีอนุภาคเหลือก่อกำเนิดเป็นเอกภพในปัจจุบัน

สาระการเรียนรู้

เอกภพ (universe) คือ ระบบซึ่งเป็นผลรวมของกาแล็กซีทั้งหมด ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็นในอวกาศ มีรัศมี 12,000 ปีแสง เอกภพประกอบด้วย กาแล็กซีแสนล้านแห่ง กลุ่มแก๊ส ฝุ่นละอองในอวกาศ ระบบดวงดาว ระบบสุริยะ และ โลกของเรา เอกภพเกิดจากการระเบิดใหญ่หรือบิกแบง

บิกแบง (big bang) หรือการระเบิดใหญ่ คือ การระเบิดใหญ่ของกลุ่มก้อนพลังงานภายใต้ธรรมชาติ ทำให้พลังงานเปลี่ยนเป็นกลุ่มสสาร และมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนเกิดเป็นกาแล็กซี เนบิวลา ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก ดวงจันทร์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และยังมีเหลือพลังงานกระจายออกไปรอบทิศ

เอกภพก่อนการเกิดระเบิดใหญ่ เอกภพเป็นพลังงานภายใต้อุณหภูมิสูงมาก

การเปลี่ยนแปลงขณะเกิดบิกแบง เริ่มแรกเนื้อสารอยู่ในรูปอนุภาค และเกิดปฏิอนุภาคตามมา ถ้าเป็นชนิดเดียวกันจะกลายเป็นพลังงานหมด แต่ในธรรมชาติมีอนุภาคมากกว่าปฏิอนุภาค จึงมีอนุภาคเหลือก่อกำเนิดเป็นเอกภพในปัจจุบัน

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (exploration) (20 นาที)

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ศึกษาวิธีทำกิจกรรมที่ 7.1 เรื่อง การกำเนิดเอกภพ ในใบงานที่ 27
2. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายก่อนทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถามก่อนทำกิจกรรมดังนี้

2.1 ปัญหาของการทดลองนี้คืออะไร (เมื่อเกิดการระเบิดหรือการแตกกระจาย องค์ประกอบของวัตถุจะกระจายอย่างไร)

2.2 นักเรียนคิดว่าเมื่อของเหลวตกจากที่สูงกระทบพื้นจะมีลักษณะเป็นอย่างไร (มีการแตกกระจายออกทุกทิศทาง โดยขึ้นส่วนแต่ละขึ้นอาจทำหรือไม่ทำกันก็ได้)

2.3 นักเรียนคิดว่าของเหลวชนิดเดียวกันปริมาณเท่ากันตกจากที่สูงเท่ากัน จะกระจายออกในลักษณะเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด (ไม่เหมือนเดิม ขึ้นอยู่กับลักษณะของการตกกระทบ และพื้นผิวที่ตกกระทบ จะทำให้การกระจายแตกต่างกันได้)

2.4 นักเรียนคิดว่าเป็นไปได้หรือไม่ที่ของเหลวตกลงมาแล้วแตกกระดอนมากกว่า 1 ครั้ง (เป็นไปได้) นักเรียนทราบได้อย่างไร (พิจารณาจากกระจุกหรือกลุ่มของเหลวที่มีการแตกออกและทิศทาง การเคลื่อนที่ของของเหลว)

2.5 เพราะเหตุใด การกระจายของของเหลวจึงได้ระยะทางไม่เท่ากัน (เนื่องจากมวลของเหลวที่แตกออก ทำให้กลุ่มมวลแต่ละกลุ่มมีพลังงานจลน์ใกล้เคียงกันมวลน้อยจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและไปได้ไกลกว่า)

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามก่อนทำกิจกรรมในใบงานที่ 27

3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 7.1 เรื่อง การกำเนิดเอกภพ โดยครูดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด และบันทึกผลการทำกิจกรรมในใบงานที่ 27

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (explanation) (20 นาที)

1. ให้ผู้แทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน
2. ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นจากผลการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถามหลังทำกิจกรรมดังนี้

2.1 ของเหลวชนิดใดมีมวลมากเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (น้ำหวานเข้มข้น และนมข้นหวาน ตามลำดับ) นักเรียนทราบได้อย่างไร (จากความหนาแน่นเมื่อปริมาตรเท่ากันหรือดูที่น้ำหนัก)

2.2 ความหนาแน่นของของเหลวหมายความว่าอย่างไร (ความหนาแน่นเป็นคุณสมบัติเฉพาะของของเหลว คำนวณได้จากมวล/ปริมาตร)

2.3 จากการทดลอง ของเหลวชนิดใดที่มีความหนาแน่นมากที่สุด (น้ำหวานเข้มข้น)

2.4 ความหนาแน่นของของเหลวจากมากไปน้อยเรียงลำดับได้อย่างไร (น้ำหวานเข้มข้น นมข้นหวาน น้ำมันพืช ตามลำดับ)

2.5 จากการทดลอง ของเหลวชนิดใดที่กระเด็นได้ไกลที่สุด เพราะเหตุใด (ตามผลการทดลอง ที่ได้ โดยเมื่อของเหลวตกกระทบพื้นจะมีพลังงานจลน์ไม่เท่ากัน มวลน้อยจะมีพลังงานจลน์มาก จึงเคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่า)

2.6 จากการทดลอง ของเหลวชนิดใดที่กระเด็นได้ไกลที่สุด เพราะเหตุใด (ตามผลการทดลอง ที่ได้ โดยเมื่อของเหลวตกกระทบพื้นจะมีพลังงานจลน์ตอนกระทบพื้นน้อยกว่า จึงเคลื่อนที่ไปได้ไม่ไกล เมื่อเทียบกับของเหลวอื่น ๆ)

2.7 สรุปผลการทดลองได้อย่างไร (เมื่อเกิดการระเบิดของเอกภพ จะทำให้การกระจายตัวของ กระจุกดาวกระจายไปใกล้และไกลไม่เท่ากัน ขึ้นกับมวลของกระจุกดาว)

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามหลังทำกิจกรรมในใบงานที่ 27

3. ให้นักเรียนสรุปผลการทำกิจกรรมด้วยตนเองเกี่ยวกับการกำเนิดของเอกภพเป็นแผนภาพความคิด ให้ได้ประเด็นตามจุดประสงค์การเรียนรู้

4. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติม โดยครูใช้คำถามดังนี้

4.1 เอกภพคืออะไร มีองค์ประกอบอะไรบ้าง (เอกภพ คือ ระบบซึ่งเป็นผลรวมของกาแล็กซี ทั้งหมด ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็นในอวกาศ ประกอบด้วย กาแล็กซีแสนล้านแห่ง กลุ่มแก๊ส ฝุ่นละอองในอวกาศ ระบบดวงดาว ระบบสุริยะ และโลกของเรา)

4.2 เอกภพเกิดจากอะไร (เอกภพเกิดจากการระเบิดใหญ่หรือบิกแบง)

4.3 บิกแบงคืออะไร (บิกแบงหรือการระเบิดใหญ่ คือ การระเบิดใหญ่ของกลุ่มก้อนพลังงานภายใต้ ธรรมชาติ ทำให้พลังงานเปลี่ยนเป็นสสาร และมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนเกิดเป็นกาแล็กซี เนบิวลา ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก ดวงจันทร์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และยังมีเหลือพลังงานกระจายออกไปรอบทิศ)

4.4 นักเรียนคิดว่าการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ (big bang) อนุภาคหรือกระจุกดาวที่กระเด็นออกมา จะมีมวลและขนาดเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด (ไม่เท่ากัน เพราะการจับเกาะของกระจุกดาวมีได้หลายแบบ ทำให้กระจุกดาวมีขนาดแตกต่างกัน)

4.5 นักเรียนคิดว่ากระจุกดาวที่เคลื่อนที่ออกมาด้วยความเร็วสูง ควรจะมีมวลมากหรือน้อย เมื่อเทียบกับกระจุกดาวอื่น ๆ (เมื่อได้รับแรงระเบิดเท่า ๆ กัน แสดงว่ามีพลังงานเท่ากัน กระจุกดาวที่มีมวล ขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ออกมาด้วยความเร็วต่ำกว่ากระจุกดาวที่มีมวลขนาดเล็ก)

4.6 ทฤษฎีทางดาราศาสตร์เกี่ยวกับกำเนิดเอกภพ

1) ทฤษฎีของไอน์สไตน์ กล่าวว่า (เอกภพเป็นระบบปิด ซึ่งสม่ำเสมอและเหมือนกัน ทุกทิศทางและเอกภพเกิดการหมุนเวียนกันตลอด มีกระจุกดาวที่เกิดขึ้น ในขณะเดียวกันมีกระจุกดาวที่ดับสูญ หมุนเวียนกันไปตลอดเวลา)

2) ทฤษฎีของเลอแมทร์ ได้เสนอว่า (เอกภพ เกิดจากการระเบิดครั้งใหญ่ (big bang) เป็นจุดเริ่มต้นของเอกภพ ซึ่งการระเบิดทำให้มวลสารที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน เกิดการแตกกระจายออก ทุกทิศทาง กลายเป็นกาแล็กซีมากมาย และมีรูปร่างต่าง ๆ กัน)

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (elaboration) (10 นาที)

ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ที่ได้มาจัดบอร์ดนิทรรศการเกี่ยวกับการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ จัดทำเป็นชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ประเมิน (evaluation) (5 นาที)

ครูประเมินผลของนักเรียน ดังนี้ สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะเข้าร่วมกิจกรรมการทดลอง การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม สังเกตจากการรายงานหรือจากผลที่ได้จากการทำกิจกรรมของนักเรียน การตอบคำถาม ในชั้นเรียน การตอบคำถามในใบงาน ประเมินการทดลอง ประเมินบอร์ดนิทรรศการ และประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยใช้แบบประเมินตามสภาพจริง

การจัดบรรยากาศเชิงบวก

ครูกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น โดยไม่ต้องกังวลว่าถูกหรือผิด และช่วยกันปรับปรุงแก้ไขได้ ควรให้อิโณสนักเรียนได้นำเสนอผลการทำกิจกรรมในชั้นเรียน เพื่อเป็นการแบ่งปันความรู้ต่อนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ และเกิดการอภิปรายระหว่างกลุ่ม

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. กระดาษหนังสือพิมพ์	1 กู๋
2. น้ำหวาน (เข้มข้น)	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. นมข้นหวาน	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำมันพืช	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. ช้อนชา	1 คัน
6. ตาชั่ง	1 เครื่อง
7. บีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร	3 ใบ
8. ไม้บรรทัด	1 อัน
9. ใบงานที่ 27 เรื่อง การกำเนิดของเอกภพ	

แบบประเมินการเรียนรู้

เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินการจัดกระทำและนำเสนอการจัดบอร์ดนิทรรศการของนักเรียน

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
การจัดกระทำและนำเสนอบอร์ดนิทรรศการ	จัดบอร์ดนิทรรศการได้อย่างเป็นระบบ และนำเสนอได้ชัดเจน ถูกต้องตามหัวข้อเรื่องที่กำหนด มีความคิดสร้างสรรค์ มีการเชื่อมโยงให้เห็นเป็นภาพรวม	จัดบอร์ดนิทรรศการได้อย่างเป็นระบบ และนำเสนอได้ถูกต้อง ตามหัวข้อเรื่อง มีความคิดริเริ่ม แต่ไม่มีการเชื่อมโยงให้เห็นเป็นภาพรวม	จัดบอร์ดนิทรรศการได้ตามหัวข้อเรื่อง โดยมีครู หรือผู้อื่นให้คำแนะนำ	จัดบอร์ดนิทรรศการได้ แต่ไม่สื่อความหมาย และไม่ชัดเจน

เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การทดลองตามแผนที่กำหนด	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ อย่างถูกต้องด้วยตนเอง มีการปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ ด้วยตนเอง มีการปรับปรุงแก้ไขบ้าง	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ โดยมีครู หรือผู้อื่นเป็นผู้แนะนำ	ทดลองไม่ถูกต้องตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่มี การปรับปรุงแก้ไข
2. การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองได้อย่างถูกต้องตามหลักการปฏิบัติและทดลองแล้ว	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองได้อย่างถูกต้อง ตามหลักการปฏิบัติ แต่ไม่ทดลองแล้ว	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองได้อย่างถูกต้องโดยมีครู หรือผู้อื่นเป็นผู้แนะนำ	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง ไม่ถูกต้อง และไม่มี ความคล่องแคล่วในการใช้
3. การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลเป็นระยะ อย่างถูกต้อง มีระเบียบ มีการระบุหน่วย มีการอธิบายข้อมูลให้เห็นความเชื่อมโยง เป็นภาพรวม เป็นเหตุเป็นผล และเป็นไปตาม การทดลอง	บันทึกผลเป็นระยะ อย่างถูกต้อง มีระเบียบ มีการระบุหน่วย มีการอธิบายข้อมูลให้เห็นถึงความสัมพันธ์เป็นไปตาม การทดลอง	บันทึกผลเป็นระยะ แต่ไม่เป็นระเบียบ ไม่มีการระบุหน่วย และไม่มี การอธิบายข้อมูลให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ การทดลอง	บันทึกผลไม่ครบ ไม่มีการระบุหน่วย และไม่ เป็นไปตาม การทดลอง
4. การจัดกระทำข้อมูลและการนำเสนอ	จัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการเชื่อมโยงให้เห็นเป็นภาพรวม และนำเสนอด้วยแบบต่าง ๆ อย่างชัดเจน ถูกต้อง	จัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการจำแนกข้อมูลให้เห็นความสัมพันธ์ นำเสนอด้วยแบบต่าง ๆ ได้ แต่ยังไม่ชัดเจน	จัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการยกตัวอย่างเพิ่มเติมให้เข้าใจง่ายและนำเสนอด้วยแบบต่าง ๆ แต่ยังไม่ชัดเจน และ ไม่ถูกต้อง	จัดกระทำข้อมูลอย่างไม่เป็นระบบ และมีการนำเสนอ ไม่สื่อความหมาย และไม่ชัดเจน
5. การสรุปผลการทดลอง	สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และครอบคลุม ข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยัง ไม่ครอบคลุมข้อมูล จากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้ โดยมีครูหรือผู้อื่นแนะนำบ้าง จึงสามารถสรุปได้ถูกต้อง	สรุปผลการทดลองตามความรู้ที่พอมือผู้ โดยไม่ใช้ข้อมูลจากการทดลอง
6. การดูแลและการเก็บอุปกรณ์และ/หรือเครื่องมือ	ดูแลอุปกรณ์และ/หรือเครื่องมือในการทดลอง และมีการทำความสะอาดและเก็บ อย่างถูกต้องตามหลักการ และแนะนำให้ผู้อื่นดูแล และเก็บรักษาได้ถูกต้อง	ดูแลอุปกรณ์และ/หรือเครื่องมือในการทดลอง และมีการทำความสะอาดอย่างถูกต้อง แต่เก็บไม่ถูกต้อง	ดูแลอุปกรณ์และ/หรือเครื่องมือในการทดลอง มีการทำความสะอาด แต่เก็บไม่ถูกต้อง ต้องให้ครูหรือผู้อื่นแนะนำ	ไม่ดูแลอุปกรณ์และ/หรือเครื่องมือในการทดลอง และไม่สนใจทำความสะอาด รวมทั้งเก็บไม่ถูกต้อง

ตัวอย่างแผนการสอนของครูเพื่อน

คู่มือการจัดการเรียนรู้

แบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ เล่มที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง แรงและความดัน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แรงและชนิดของแรง

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ตัวชี้วัด

1. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรง ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ (ว 4.1 ป.5/1)

สาระสำคัญ

แรง คือ สิ่งที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่อาจทำให้ช้าลงหรือเร็วขึ้น เปลี่ยนทิศทางหรือเปลี่ยนแปลงรูปร่าง แรงมีหน่วยเป็น นิวตัน (N) แรงแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ แรงที่เกิดจากธรรมชาติ แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากเครื่องจักรที่มนุษย์สร้างขึ้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายและประเภทของแรงได้
2. บอกเครื่องมือที่ใช้หาค่าแรงได้
3. นักเรียนสามารถบอกหน่วยของแรงได้

สาระการเรียนรู้

- แรงที่เกิดจากธรรมชาติ แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากเครื่องจักรที่มนุษย์สร้างขึ้น

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. ครูแนะนำทักษะที่ต้องการเสริม คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดจำแนก ซึ่งเป็นทักษะต้น ๆ ที่ผู้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องวิทยาศาสตร์ที่ทุกคนต้องมี และแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่อง เรื่อง แรงและชนิดของแรง ให้นักเรียนทราบพร้อมกันทั้งชั้นเรียน

2. ครูดำเนินการทดสอบก่อนเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนในแบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 เพื่อตรวจสอบความพร้อมและพื้นฐานของนักเรียน จำนวน 10 ข้อ

ขั้นสร้างความสนใจ

3. นำภาพจากแบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 ให้นักเรียนร่วมกันสังเกตภาพ โดยใช้คำถาม ดังนี้

ภาพที่ 1



ภาพที่ 2



ภาพที่ 3



1. อะไรบ้างที่เคลื่อนที่เพราะเหตุใด
2. ธรรมชาติที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้แก่อะไรบ้าง
3. ภาพที่แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยแรงธรรมชาติคือ ภาพใด

ขั้นสำรวจและค้นหา

3. ครูแจกแบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์เล่มที่ 1 เรื่อง แรงและชนิดของแรง ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า

- 1) แรงที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ปรากฏการณ์อะไรบ้าง
- 2) แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อทั้งมนุษย์และสัตว์ ได้แก่การกระทำอะไรบ้าง
- 3) แรงที่เกิดจากเครื่องจักรที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ อะไรบ้าง
- 4) เราสามารถแบ่งประเภทของแรง โดยดูว่าแรงที่เกิดจากธรรมชาติ แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากเครื่องจักรที่มนุษย์สร้างขึ้นอย่างไรบ้าง

4. นักเรียนฝึกทักษะในกิจกรรมเสริมทักษะที่ 1 และ 2 และศึกษาแนวทางการตอบกิจกรรม

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

5. ครูร่วมกับนักเรียนตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมและร่วมกันสรุปจากเรื่อง แรงและชนิดของแรง

6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้ฝึกปฏิบัติ ตามกิจกรรมเสริมทักษะเรื่องแรงและชนิดของแรง โดยสรุปสาระสำคัญของทักษะการสังเกตและ ทักษะการจัดจำแนก จากที่เรียนมา 2 กิจกรรม ดังนี้

ทักษะการสังเกต หมายถึงการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการสังเกต ได้แก่ ใช้ตาดูรูปร่าง ใช้หูฟังเสียง ใช้ลิ้นชิมรส ใช้จมูกดมกลิ่น และใช้ผิวหนังสัมผัสความร้อนเย็น หรือใช้มือจับต้องความอ่อนแข็ง เป็นต้น การใช้ประสาทสัมผัสเหล่านี้จะใช้ทีละอย่างหรือหลายอย่างพร้อมกัน เพื่อรวบรวมข้อมูลก็ได้โดยไม่เพิ่มความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ซึ่งประโยชน์ของการสังเกต คือ

- ช่วยในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ
- ช่วยให้เป็นคนละเอียดรอบคอบ
- ช่วยฝึกหัดให้เป็นคนรู้จักรวบรวมข่าวสารใหม่ ๆ อยากรู้อยากเห็น สนใจธรรมชาติ

ทักษะการจัดจำแนก เป็นการจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่างๆ โดยพิจารณาจากลักษณะที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือแตกต่างกันของสิ่งของหรือ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทมี 3 อย่างได้แก่

- ความเหมือน
- ความแตกต่าง
- ความสัมพันธ์

วิธีการจำแนก

เลือกใช้ลักษณะหรือคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งของวัตถุเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มย่อย โดยทั่วไปมักจะใช้ลักษณะที่สามารถแบ่งให้เป็น 2 กลุ่มก่อน แล้วค่อย ๆ เลือกเกณฑ์อื่น ที่สามารถแบ่งกลุ่มย่อย 2 กลุ่มนั้นออกเป็นกลุ่มย่อยต่อไปอีก

ขั้นขยายความรู้

7. ครูลองให้นักเรียนสังเกตภาพสิ่งรอบข้างว่ามีการกระทำอะไรอีกบ้างที่เป็นแรงที่เกิดจากธรรมชาติ แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากเครื่องจักรที่มนุษย์สร้างขึ้น

ขั้นประเมิน

8. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนในแบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ เล่มที่ 1 จำนวน 10 ข้อ

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. แบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและชนิดของแรง
2. แบบฝึกกิจกรรมเสริมทักษะที่ 1 และ 2

การวัดและประเมินผล

วิธีการวัดผล

1. ตรวจสอบผลงานจากการปฏิบัติกิจกรรม
2. ตรวจสอบผลงานจากการทำแบบทดสอบ
3. สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

เครื่องมือวัดผล

1. แบบฝึกกิจกรรมเสริมทักษะวิทยาศาสตร์เล่มที่ 1
2. แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน
3. แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

เกณฑ์การประเมินผล

1. นักเรียนทำแบบฝึกเสริมทักษะวิทยาศาสตร์แต่ละกิจกรรมถูกต้องร้อยละ 75 ขึ้นไป
2. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไป
3. แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

เกณฑ์การประเมิน เกณฑ์การประเมินกำหนด ดังนี้

11 – 15 คะแนน	ดีมาก
6 – 10 คะแนน	ดี
1 – 5 คะแนน	พอใช้

ตัวอย่างแผนการสอนของครูพิมพ์

แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 1 เรื่อง วงจรไฟฟ้า

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
วิชา วิทยาศาสตร์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 วงจรไฟฟ้า

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
เวลาเรียน 18 ชั่วโมง
ปีการศึกษา 2556

1. สาระที่ 5 พลังงาน

2. มาตรฐานการเรียนรู้ ว 5.1

เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. ตัวชี้วัด

ว 5.1 ป.6/1 ทดลองและอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ว 5.1 ป.6/2 ทดลองและอธิบายตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

ว 5.1 ป.6/3 ทดลองและอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 5.1 ป.6/4 ทดลองและอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรม แบบขนาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 5.1 ป.6/5 ทดลองและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กรอบสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. สาระสำคัญ

วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายประกอบด้วยแหล่งกำเนิดและอุปกรณ์ไฟฟ้า

4.1 ความรู้

1. แหล่งกำเนิดไฟฟ้า
2. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าไฟฟ้าสถิต
3. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแส

4. ตัวนำไฟฟ้า-ไฟฟ้า
5. อุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้า
6. วงจรไฟฟ้า
7. การต่อวงจรไฟฟ้า
8. การต่อหลอดไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรม แบบขนาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
9. การเกิดสนามแม่เหล็กกรอบสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และนำความรู้ไปใช้

ประโยชน์

4.2 ทักษะ กระบวนการ

1. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. กระบวนการกลุ่ม
3. กระบวนการคิด
4. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

4.3 คุณลักษณะ

1. มีเหตุผล
2. ขอมรับผลงานผู้อื่น
3. ใฝ่รู้ใฝ่เรียน
4. มีความสามัคคี
5. มีความซื่อสัตย์

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (1) (เวลาเรียน 1 ชั่วโมง)

1. ครูถามนักเรียนว่าปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ทำให้เกิดไฟฟ้ามีอะไรบ้าง (การสังเกต)
-นักเรียนรู้จักไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนว่าเป็นไฟฟ้าชนิดใด มีแหล่งกำเนิดมาจาก

ไหน

2. นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยนักเรียนอาจตอบไม่ได้ว่าไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านในชีวิตประจำวันนั้นเป็นไฟฟ้าชนิดใด ครูต้องให้ความรู้เพิ่มเติมกับนักเรียนว่าไฟฟ้าชนิดที่มีประจุไหลเคลื่อนที่และไหลไปตามสายที่นำกระแสไฟฟ้าได้ จึงเรียกว่า ไฟฟ้ากระแส ครูถามนักเรียนต่อไปว่า

-ไฟฟ้ากระแสนี้มีแหล่งกำเนิดมาจากไหน

3. ครูสาธิตโดยใช้ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่รถยนต์ โดยต่อสายไฟและหลอดไฟให้ครบวงจรก็จะเกิดไฟฟ้าสว่างขึ้น แล้วถามนักเรียนว่า

–ไฟฟ้าที่สว่างขึ้นมาจากไหน

4. ครูให้นักเรียนออกมาลองทำดูบ้าง

5. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่า ไฟฟ้าที่เราใช้เป็นไฟฟ้ากระแส และมีแหล่งกำเนิดต่าง ๆ กัน เช่น ไฟฉาย แบตเตอรี่ ไดนาโม

6. ครูนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและไดนาโมจริง ๆ มาให้นักเรียนดู และให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ไฟฟ้าที่เราใช้ตามบ้านเรือนนั้นมีแหล่งกำเนิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เรียกว่า “ไดนาโม” ที่มีกำลังส่งไฟฟ้าหลายหมื่นโวลต์ ซึ่งใช้พลังงานหรือน้ำมัน หรือถ่านหินเป็นปัจจัยในการผลิตที่สำคัญ

กิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 2 เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (2) (เวลาเรียน 1 ชั่วโมง)

1. แจกใบงาน เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้

- จับฉลากแบ่งหน้าที่สมาชิกภายในกลุ่ม
- แจกใบความรู้เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า นักเรียนศึกษาและร่วมกัน อภิปราย

สรุปความสำคัญของใบความรู้

– แจกใบงานที่ 1 เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า นักเรียนร่วมกันทดลองสรุปผล และบันทึกลงในแบบบันทึก

2. ตัวแทนกลุ่ม ออกมานำเสนอผลงาน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน

3. นักเรียนร่วมกันอภิปราย จนได้ข้อสรุปว่า กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดแสงสว่าง ความร้อน เสียง และภาพ และทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ทำงานได้

4. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

- ไฟแลบเกิดจากการที่ประจุไฟฟ้าจากก้อนเมฆหนึ่งไปยังอีกก้อนเมฆหนึ่ง
- ไฟฟ้าร้อง เกิดจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอากาศ จึงเกิดเสียงดัง
- ไฟฟ้าผ่า เกิดจากประจุไฟฟ้าจากก้อนเมฆถ่ายเทลงมายังพื้นดิน
- การป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า เช่น ติดสายล่อฟ้า ไม่อยู่ใกล้โลหะที่นำไฟฟ้า

ไม่ควรอยู่ที่โล่งขณะฝนตก

– ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ อิเล็กตรอน และโปรตอน

5. ให้นักเรียนยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน กลุ่มละ 5 ชนิด

6. นักเรียนร่วมกันสรุปถึงแหล่งกำเนิดไฟฟ้าว่าเกิดจากธรรมชาติและจากการประดิษฐ์ของมนุษย์ ไฟฟ้ามีทั้งประโยชน์และโทษ เช่น

ประโยชน์

- ให้พลังงานความร้อน
- ให้แสงสว่าง

โทษของไฟฟ้า

- ทำให้เกิดไฟไหม้
 - เป็นอันตรายต่อชีวิต
7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด แล้วช่วยกันอธิบายให้สมาชิกภายในกลุ่มเข้าใจ
 8. ครูให้รางวัลกลุ่มที่ทำคะแนนเฉลี่ยได้สูงและให้กำลังใจกลุ่มที่ทำคะแนนได้ต่ำ
 9. ให้นักเรียนที่ทำคะแนนได้ต่ำศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปเพิ่มเติม

กิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 3 เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้าสถิต (เวลาเรียน 1 ชั่วโมง)

1. ครูและนักเรียนสนทนากันแล้วครูนำภาพหลอดไฟฟ้า ภาพแบตเตอรี่ภาพ
เชือกที่ผลิตกระแสไฟฟ้า แล้วถามนักเรียน ดังนี้
 - ภาพเหล่านี้ เป็นภาพที่ให้ประโยชน์ในด้านไหนแก่นมนุษย์ (การสังเกต) แสง
สว่าง
 - แสงจากฟ้าแลบ ฟ้าผ่าเป็นไฟฟ้าที่เกิดจากธรรมชาติหรือจากมนุษย์ประดิษฐ์
 - นักเรียนจะอย่างไร จึงจะรู้ที่เกิดไฟฟ้าสถิตได้
2. แจกใบงานเรื่อง การเกิดอำนาจไฟฟ้าสถิต นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้
 - จับฉลากแบ่งหน้าที่สมาชิกภายในกลุ่ม
 - แจกใบงาน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ให้นักเรียนทำการทดลองตามใบงาน
 - นักเรียนศึกษาใบงาน ตรวจสอบอุปกรณ์ และตั้งจุดประสงค์การทดลอง
 - นักเรียนช่วยกันตั้งสมมติฐานการทดลอง
 - นักเรียนทดลองแล้วร่วมกันสรุป อภิปราย และบันทึกลงในแบบบันทึกผล
3. ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลงานเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน
4. ครูชมเชยกลุ่มที่เสนอผลการทดลองถูกมากที่สุดและช่วยแก้ไขผลการทดลองกลุ่ม
ที่ผิด
5. นักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง โดยครูตั้งคำถาม ดังนี้
 - ครั้งแรกที่นักเรียน นำหวีไปจ่อที่ลูกโป่งผลเป็นอย่างไร
 - ครั้งหลังเมื่อนำหวีไปถูผ้าสักหลาดแล้วนำไปจ่อลูกโป่งผลเป็นอย่างไร
 - ทำไมลูกโป่งจึงวิ่งตามหวี
 - การที่นำเอาหวีพลาสติกถูกับผ้าสักหลาดนั้นทำให้เกิดอำนาจอะไรในหวีหวีจึง
ดูดลูกโป่งได้
 - ครั้งแรกที่นักเรียนนำหวีไปแตะที่ผมบนศีรษะ ผลเป็นอย่างไร
 - ครั้งหลังเมื่อนำหวีถูกับผมบนศีรษะแล้วไปแตะกับกระดาษใกล้ๆ เศษกระดาษ
ทำไมเศษกระดาษติดกับไม้บรรทัดได้

– การที่นำเอาหวีพลาสติกถูกับผมบนศีรษะนั้น ทำให้เกิดอำนาจอะไรในหวีหวีจึงดูดเศษกระดาษได้

–นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ได้อย่างไร

6. นักเรียนร่วมกันสรุปได้ว่า ไฟฟ้าสถิตเกิดจากการนำเอาวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้ามาขัดถูกัน เช่น แท่งพลาสติกกับผ้าแพร ปกติวัตถุต่าง ๆ จะเป็นกลางทางไฟฟ้าคือ มีประจุบวกและประจุลบเท่ากัน เมื่อนำมาถูกันทำให้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าระหว่างวัตถุทั้งสอง วัตถุที่มีประจุบวกมากกว่าประจุลบก็จะแสดงอำนาจไฟฟ้าบวก และวัตถุที่มีประจุลบมากกว่าประจุบวกก็จะแสดงอำนาจไฟฟ้าลบ อำนาจไฟฟ้าสถิตสามารถดูดวัตถุที่เบา ๆ เช่น เศษกระดาษ หรือเม็ลล์พีชได้

7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด โดยที่ต้องเปลี่ยนหน้าที่ทุกครั้งที่ทำแบบฝึกหัดข้อใหม่ แล้วอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มเข้าใจ

ภาคผนวก จ.
ภาพการจัดกิจกรรมการอบรมครู





ภาคผนวก จ.

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

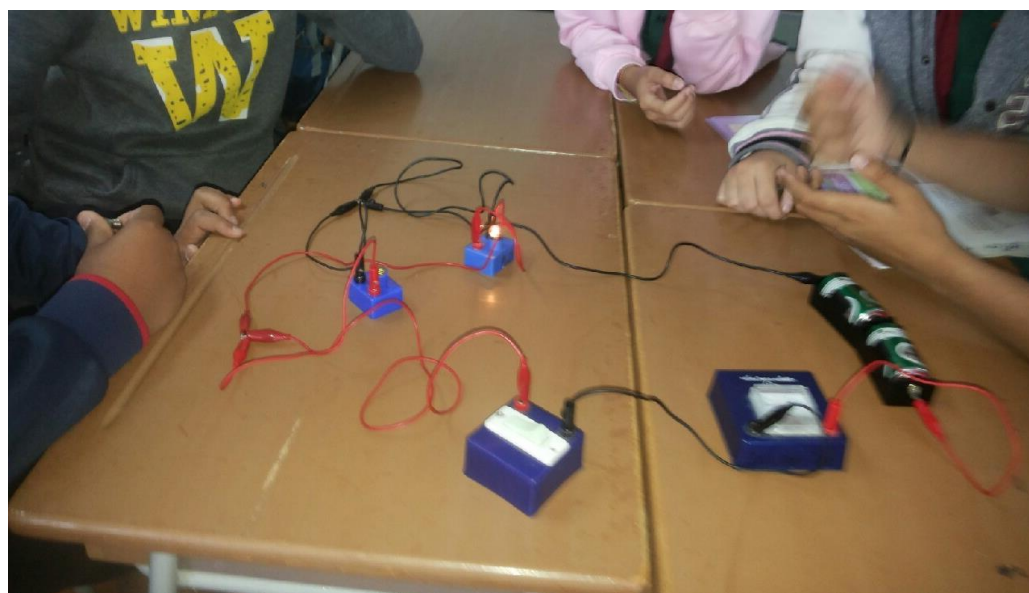
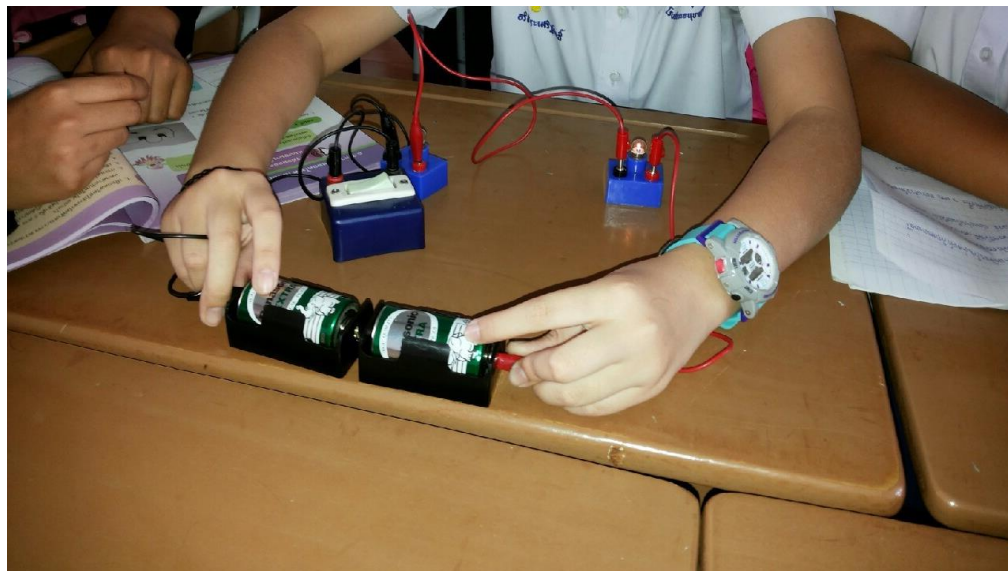
กิจกรรมการเรียนรู้ ของครูแพง



กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ของครูเพื่อน



กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ของครูพิม



PERTANIKA *UPM's Hallmark Journal*

MOHD ZAMRI-SAAD (Prof. Dr.)
Editor-in-Chief
Journal of Tropical Agricultural Science
Tel: + 603 8609 3453 (off)
+ 6012 395 2921 (cell)
E-mail 1 : mzamri@upm.edu.my
E-mail 2 : mzamri58@yahoo.com

MOHD ADZIR MAHDI (Prof. Dr.)
Editor-in-Chief
Journal of Science & Technology
Tel: + 603 8646 6438 (off)
+ 6019 330 5508 (cell)
E-mail 1 : mam@upm.edu.my
E-mail 2 : mdadzir@gmail.com

MOHD. SHAHWAHID OTHMAN (Prof. Dr.)
Editor-in-Chief
Journal of Social Sciences & Humanities
Tel: + 603 8946 7600 (off)
+ 6012 385 4058 (cell)
E-mail 1 : msho@upm.edu.my
E-mail 2 : mohdshahwahid@gmail.com

NAYAN DEEP S. KANWAL (Dr.)
Chief Executive Editor
Head, Journal Division
Tel: + 603 8947 1622 (off)
+ 6016 217 4050 (cell)
E-mail 1 : nayan@upm.my
E-mail 2 : executive_editor.pertanika@upm.my

Our Ref.: UPM/TNCPI/UPMP-JD/JSSH(S)/0069/2015/LTR06a

Date: 27 JUNE 2016

Pattawan Narjaikaew
Faculty of Education
Udon Thani Rajabhat University
41000, Muang Udon Thani
Thailand

Dear Author(s),

ACCEPTANCE OF MANUSCRIPT ID. JSSH(S)-0069-2015 FOR PUBLICATION

I am writing to you in reference to an article titled, **“Using and Building Scientific Models to Enhance Elementary-School Teachers’ Understanding of Astronomy Phenomena”** author(s): *Pattawan Narjaikaew* submitted on 29 SEPTEMBER 2015 for intended publication in a **special edition** of *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, entitled **“Sixth I-SEEC Conference”**.

Your paper has been anonymously peer-reviewed by two to three referees competent in the specialized areas appropriate to your manuscript independently evaluating the scientific quality of the manuscript.

I am pleased to tell you that based on the clarity, technical approach and scientific validity presented; your paper **has been accepted** by the Journal’s Guest Editorial Board and Editor-in-Chief on **4 January 2016**, and now confirmed for publication in *JSSH* Vol. **24 (S) Jan. 2016**.

Henceforth, your manuscript will be undergoing the publication process. You shall receive the proof of your manuscript directly from our Pre-Press section, UPM Press in due course of time. Please review the proof carefully for accuracy and consistency before returning it to our Pre-Press officer.

I thank you for considering *Pertanika* as your preferred Journal.

Yours sincerely,



DR. NAYAN DEEP S. KANWAL, FRSA, ABIM, AMIS, Ph.D.
Chief Executive Editor (UPM Journals)
HEAD, Journal Division

C.C.

Darrell Fisher, *Guest Editor*
Sornchai Mungthaisong, *Guest Editor*
Supatra Wanpen, *Guest Editor*
Research and Development Institute, Udon Thani Rajabhat University
Udon Thani 41000, THAILAND

Prof Dr Mohd Shahwahid Hj Othman, *Editor-in-Chief*
Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities (JSSH)
Faculty of Economics and Management, UPM





Using and Building Scientific Models to Enhance Elementary-School Teachers' Understanding of Astronomy Phenomena

Pattawan Narjaikaew

Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani, 41000, Thailand

ABSTRACT

This study aimed to enhance elementary-school science teachers' understanding of astronomy concepts including season, moon phase and eclipse by using and building scientific models. Twenty-nine elementary-school science teachers from Udon Thani, Thailand participated in this study in 2014. The teaching sequence was designed to address difficult astronomy concepts. Firstly, questions of the astronomy phenomena were asked. After common misconceptions were answered, teachers become dissatisfied with the old conceptions. Then, scientific models were presented and explained. Finally, science teachers built scientific models to explain the astronomy phenomena. The research design of this study was one group pre-test-post-test design. Twenty-five questions from an astronomy test were used to access teachers' understanding of the concepts. The data were analysed using the mean score, percentage, standard deviation and t-test for dependent samples. It was shown that the average percentage of correct answers before and after the teacher training programme were 32% and 58%, respectively. The post-test mean score was significantly higher than the pre-test score. These findings lead to the suggestion that teaching astronomy concepts by building scientific models and using them can be a meaningful learning activity in the science classroom.

Keywords: Elementary-school science teachers, scientific model, astronomy phenomena concepts

INTRODUCTION

Science is generally viewed not only as a body of knowledge, but also as a way of knowing as well as the process of discovering and explaining nature. The study of science branches into two distinct categories: the life sciences and the

ARTICLE INFO

Article history:

Received:

Accepted:

E-mail address:

tawannar@hotmail.com (Pattawan Narjaikaew)

physical sciences. The life sciences include such areas as biology, botany and zoology. The physical sciences include such areas as physics, chemistry and astronomy (Hewitt, 2001). Science education is very important for the development of any nation because it is a part of human daily life. Therefore, science has been a compulsory subject in most countries for a long time (Bennett, Lubben, & Thompson, 2013). Understanding science helps people know how things around them work; everyone needs to have scientific literacy to make decisions and to debate scientific issues (Tasakorn & Pongtabodee, 2005). People who have a strong understanding and ability to understand science tend to hold productive. Learning in science and technology is important for all people in this economically competitive world. However, Osborne and his colleagues (Osborne, Simon, & Collins, 2003) have argued that the continuing decline in the number of students choosing to study science over the past 20 years requires research focusing on students' attitudes towards science. They have raised concerns about the kind of classroom environment and activities that might increase students' interest in studying science in school.

Thailand has undergone many educational reforms and changes. In its national curriculum, general science first appeared in the school curriculum in Buddhist Era 2503 (Thepboriruck, 1976). Policies concerning science and technology development are reflected in the Six National Economic and Social

Development Plans (B. E. 2530-2534). Science and technology topics were included in the work-orientated experience, which was one of the five learning experiences taught in the elementary curriculum in B. E. 2521 (Udomsin, Chuaphanich, & Cate, 1990). Due to the rapid changes brought by information and communication technology in the age of globalisation that has made knowledge easily accessible, knowledge is playing an increasingly more powerful role today in developing human resources to obtain the necessary skills and information not only to adapt to changing circumstances but also to spearhead national development (Office of the Education Council [OEC], 2004). The 1997 Constitution and 1999 National Education Act [NEA] of Thailand have provided the framework of guidelines for educational reform in Thailand. The National Education Act of 1999, Section 9, emphasises science and technology, and is based on the principle that all learners are capable of learning and self-development. With respect to the NEA of 1999, science is a compulsory topic in the Thai school curriculum from Grades 1 to 12 and all Thai people have to enrol in compulsory education for nine years, covering six years of primary education and three years of lower secondary education (Yuenyong & Narjaikaew, 2009).

The National Education Act of 1999 emphasises science and technology education and the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) plays a major role in establishing standards of teaching/learning science

including teaching/learning approaches, materials and promoting in-service teacher training on teaching/learning science. The Basic Education Curriculum of B. E. 2544 (A. D. 2001) promulgated which content areas of the science strand, out of the eight compulsory strands for basic education, were to be emphasised. The science strand has eight content areas: living things and living processes; life and the environment; matters and properties of matters; forces and motion; energy; processes that shape the earth; astronomy and space; and natures of science and technology (Klongsara & Charlee, 2013). The common practice in elementary schools is to allow science, together with several other subjects, to be taught by a generalist teacher. Elementary-school teachers tend to have limited science subject matter knowledge and low confidence in science teaching, so they tend to focus on topics they are more proficient in and therefore more confident to teach such as biology while skimming through or even avoiding topics they are less familiar with and therefore less confident to teach such as physics, earth science and astronomy (Appleton, 2007). With limited science knowledge and less confidence in teaching science, teachers tend to use teaching strategies that are often not appropriate ways of engaging students to learn science.

An astronomy and space national science curriculum standard was added as a new content area for the elementary-school level in Thailand; it was derived from practices developed in the Basic Education Core Curriculum of B. E. 2544

to present time. Therefore, it is a fairly new area for both elementary-school teachers and students. In Thailand, astronomy and space was found among the seven science sub-strands in the Basic Education Core Curriculum of B. E. 2544 (A. D. 2001) and B. E. 2551 (A. D. 2008). Standard Sc. 7.1 provides that elementary-school students should be able to indicate that the sun, the moon and the stars exist in the sky (Grade 1); to search for and discuss the importance of the sun (Grade 2); to observe and explain the rising and setting of the sun, knowledge related to the moon and the change between daytime and night-time and to determine directions (Grade 3); to construct a model to explain characteristics of the solar system (Grade 4); to observe and explain determination of directions, as well as times and seasons related to the visibility of the stars by using star charts (Grade 5); and in Grade 6, to construct a model and explain the cause of the seasons, phases of the moon, a solar eclipse and a lunar eclipse and to apply this knowledge (Office of Basic Education Commission [OBEC], 2011).

Although astronomy is one of the oldest sciences in human history, astronomy education is not the oldest course for elementary-school teachers in many countries to teach. Research has found that students have several misconceptions about astronomy. Aristotle, a Greek philosopher and scientist, is probably recognized as the originator of the scientific study of the stars. However, a variety of concepts about astronomy held by Aristotle as well as several related to physics, particularly

the concepts of energy, force and motions, are misconceptions. Many students hold Aristotle's concepts, which diverge considerably from those of modern-day scientists and these misconceptions are resistant to change (Sadler, 1998). Because these ideas are grounded in long-held beliefs and personal experience, the change in perception requires students to connect the new knowledge with their existing knowledge structure. Much research has been done into identifying the misconceptions that students bring to the science classroom (Duit & Treagust, 2003). In addition, many school teachers are also hold misconceptions about astronomy. The greatest misconceptions are related to the day-night cycle, moon phases, seasons, position of the sun in the daytime and solar eclipses. In other words, elementary-school teachers may be naïve learners of astronomy (Bektasli, 2013). Therefore, some misconceptions held by students may be transmitted by teachers.

The traditional teaching method that has dominated the teaching of science in both schools and universities is lecturing. The teacher usually describes concepts by talking and writing, while the students listen or take notes (Chang, Jones, & Kunnemeyer, 2002). Research in physics education has shown that many students learn very few concepts of physics when they attend traditional lectures. Traditional lectures as a teaching method do not successfully improve students' understanding of the central concepts of physics (Shaffer & McDermott, 1992; Engelhardt & Beichner, 2004). Some

of the strategies that are recommended to enhance the quality of teaching include the use of models to promote student learning. A model is a representation of an object, a phenomenon or an idea (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000).

In science education, there are two different types of model consisting of mental models and conceptual models. Mental models are related to what people have in their heads, while conceptual models are devised as tools for teaching understanding of systems, which can be mathematical formulations, analogies, physical diagrams, computer programmes or material objects. Ornek (2008) has categorised conceptual models as mathematical models, computer models, physical models and physics models. Scientific models are broadly used in science to represent a phenomenon that is difficult to observe directly. Students' experiences with scientific models help them to develop their own mental models of scientific concepts (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002). Using modelling in science instruction can help learners develop deeper understanding of the subject matter (Shwartz, Rogat, Merritt, & Krajcik, 2007; Shwartz *et al.*, 2009; Krell, Belzen, & Krüger, 2012).

Astronomy education is also recently new for elementary-school science teachers in Thailand. This study aimed to promote elementary-school science teachers' understanding and teaching of astronomy by using and building scientific models through teaching procedures. It gives elementary-school science teachers an idea

of how to teach astronomy with specific teaching sequences and tools. In this study, the researcher examined the astronomy difficulties and needs of elementary-school teachers who participated in the 2013 teacher-training programme and discovered that the instructional design approach would fit the 2014 teacher-training programme utilising six hours for direct instruction. The training programme was designed to use one or two days during the weekend because teachers do not have the time to do learning activities in the classroom on regular school days. Using and building scientific models were examined to see if they enhanced the elementary-school science teachers' level of understanding and confidence in teaching astronomy.

OBJECTIVE

The research objective was to study and compare elementary-school science teachers' understanding of concepts pertaining to the seasons, moon phases and the eclipse phenomenon before and after using and building scientific models through the implementation of a six-hour teacher-training programme.

METHODOLOGY

The pre-experimental research with one group pre-test-post-test design was used in this research. Details of the participants, research instruments and data collection are listed below.

Participants

The participants involved in this study were 29 voluntary elementary-school science teachers from Udon Thani, Thailand in 2014.

The Research Instruments

Instructional approach

The sequence of the instruction was held over six hours, which began with the following procedures:

Introduction of common models in astronomy. There are many models in textbooks and internet sources that can be used to explain astronomy phenomena. Firstly, models of astronomy phenomena with questions regarding the function of the models were introduced (see Fig.1).

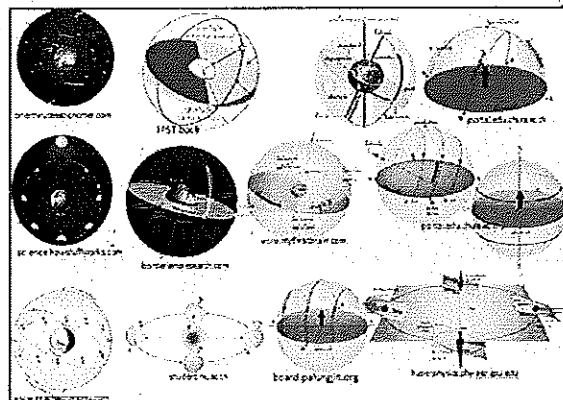


Fig. 1: Models in textbooks and internet sources used to explain astronomy phenomena.

Introduction to the seasons and the path of the sun across the sky throughout the year. Previous research findings on misconceptions regarding astronomy highlighted that some teachers believed that the earth is farther away from the sun in winter and closer in summer and that the sun rises exactly in the east and sets exactly in the west every day through a year. These misconceptions were addressed for designing teaching activities. The correct concept regarding this point is that the earth's axis is tilted by 23.5 degrees, so that the northern and the southern hemispheres of the earth get different angles from the sun's direct rays, causing the northern and the southern hemispheres to *get* more and less direct rays, respectively, in the same month. In other words, the northern hemisphere receives more direct rays of the sun than the southern hemisphere in June

and the southern hemisphere receives more direct rays of the sun than the northern hemisphere in December. For the teacher-training activity, the pictures showing the seasons and the appearance of the sun in different positions in the sky throughout the year were presented. Questions of what caused the seasons were asked. The sun-earth geometry models and the globe and flash light were used to explain what caused the seasons and the differences in the location of the sun's path across the sky throughout the year. To evaluate teachers' understanding of these concepts, teachers were asked to apply these fundamental principles to create their own models for teaching their students. The models used to explain what caused the seasons are shown in Fig.2(a) and the models created by the teachers are shown in Fig.2(b).

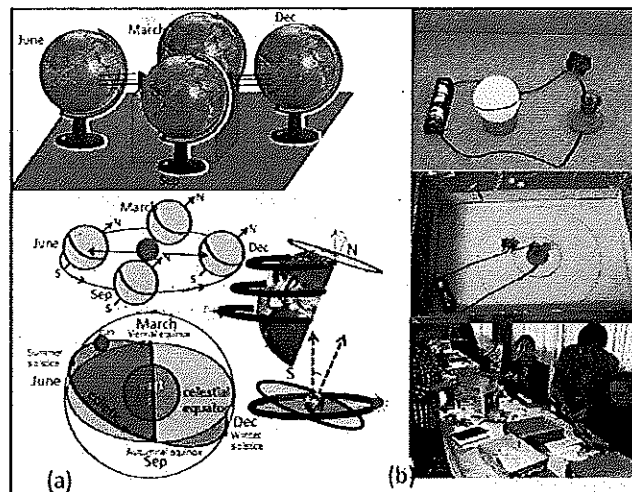


Fig.2: (a) Models used to teach teachers (b) Models created by teachers.

Introduction to the phases of the moon.

The common misconception about the phases of the moon is due to incorrect information about the shadow cast on the surface of the moon by the earth. The correct concept is that the different amounts of the illuminated portion of the sun's light scattered off the surface of the moon during the moon's revolution around the earth causes different segments of the moon to be visible at different times of the month. For the teacher-training activity, pictures of the phases of the moon were shared as follows: new moon, waxing crescent, first quarter, waxing gibbous, full moon, waning gibbous, last quarter and waning crescent. These were presented with questions of what caused the phases of the moon. The teachers were experienced in how the moon phases were produced. One teacher held a Ping-Pong ball slightly higher than his/her head, while walking in a circle around the observer. The holder was between the light source and the observer. Afterwards, they saw the various illuminated shapes of the moon as it waxed and waned, and then they drew a model to represent the shapes of the moon. The sun-earth-moon geometry models were introduced and discussed. Questions dealing with the time of the moonrise and moonset each day throughout the month were asked. The researcher asked the teachers to create a

model to represent the approximate time of the moonrise and moonset each day throughout a month with 30 days. They were told to start with the new moon, when the moon and the sun both rose and set at about the same time. In addition, the moonrise, with an average of about 50 minutes later each day, was introduced. The teachers designed a model on paper, and were then asked to use materials to make the model as a toy that would interest their students. Example models of the moon phases and moonrise and moonset throughout a month with 30 days were created by the teachers (see Fig.3). The units in Thai including 'mong chao', 'bai mong', 'toom' and 'tee' were introduced, which gave the teachers time to think of how they were related to the phases of the moon. They began to see the time of the moonrise as follows: the moon between the new moon and the first quarter (waxing crescent) would rise from about 1 to 6 'mong chao' (about 7 am to 12 noon); the moon between the first quarter and the full moon (waxing gibbous) would rise from about 1 to 6 'bai mong' (about 1 pm to 6 pm); the moon between the full moon and the last quarter (waning gibbous) would rise from about 1 to 6 'toom' (about 7 pm to 12 midnight); and the moon between the last quarter and the new moon (waning crescent) would rise about 1 to 6 'tee' (about 1 to 6 am).

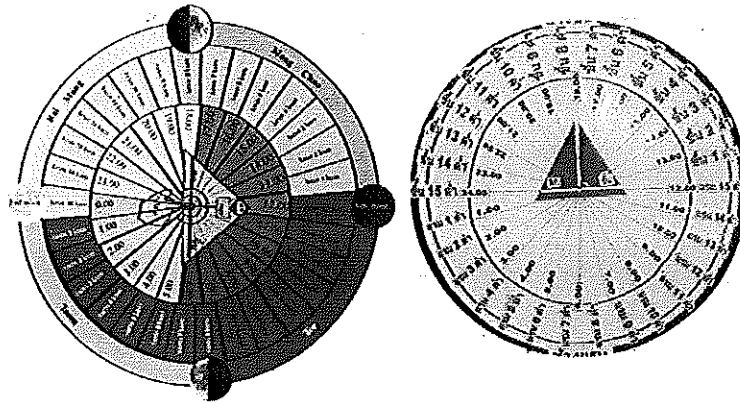


Fig.3: An example model of the moon phases, moonrise and moonset throughout a month with 30 days.

Introduction to the phenomenon of the eclipse. The sun-earth-moon geometry model was continuously used to explain how the lunar and solar eclipse was caused. With this model, teachers might think that the moon would move into the earth's shadow 12 times a year and that the sun would move into the moon's shadow 12

times a year. However, an eclipse occurs an average of about one or two times every one or two years. The teachers were asked to find how the sun, the earth and the moon are related in causing times and seasons. Then, the sun-earth-moon geometry models (see Fig.4) were presented to explain how an eclipse occurs.

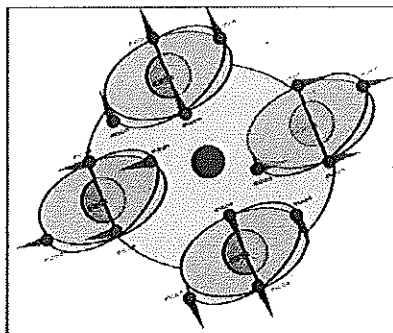


Fig.4: A model representing the ecliptic plane.

Instructional materials

Based on the findings of the 2013 teacher-training programme, it was thought best for this study to use the astronomy concepts of the seasons, the position of the sun during

the daytime throughout a year and the phases of the moon (including moonrise and moonset times). Material sets used consisted of a flash light and an earth model for demonstration; 2.5 volt (V) electric

bulbs, wires, 1.5 V dry cells, pieces of white cardboard paper, degree semi-circle meters, pencils, Ping-Pong balls, scissors and compasses to build the models.

The conceptual test

Twenty-five multiple-choice questions with five possible answers were used to address the teachers' understanding of astronomy concepts including the seasons and the path of the sun across the sky throughout a year, the moon phases and moonrise-moonset times and the phenomenon of the eclipse.

Data Collection

For collecting data, 25 multiple-choice questions with five possible answers were used to address the teachers' understanding of astronomy concepts. The data were analysed using mean, standard deviation, percentage and a dependent t-test.

RESULTS

This section focusses on the evaluation of elementary-school teachers' understanding of astronomy before and after using and building scientific models throughout the instructional time. The 25-item multiple-choice questionnaire was administered to 29 elementary-school science teachers.

Analysis of Astronomy Conception

Fig.5 displays the average percentage of correct answers among the elementary-school science teachers on the pre-test and post-test. The elementary-school science teachers' performance on the concepts regarding the seasons, the moon phases and eclipses is described.

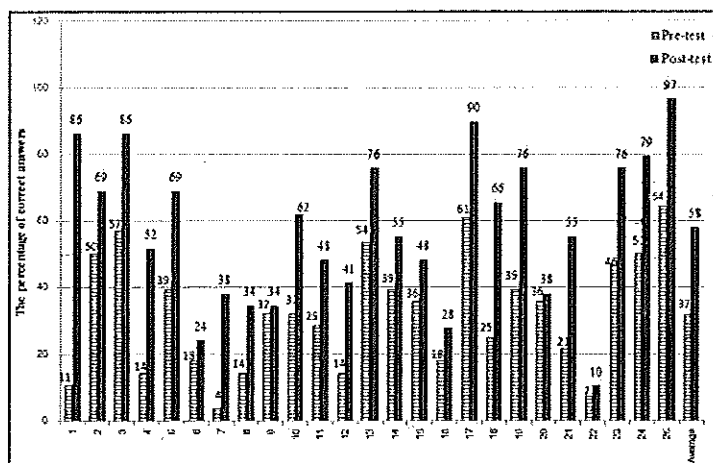


Fig.5: Percentage of teachers answering correctly before and after the instruction.

The seasons and the path of the sun across the sky throughout the year.

Questions 3, 4, 5, 6 and 7 dealt with the concept of the seasons. Questions 3, 4 and 7 were about the seasons in the northern and the southern hemisphere while Questions 5 and 6 were about what caused the seasons. Fig.5 shows that the average performance of the teachers showed an increase in the percentage of correct responses between the pre-test and the post-test for all four questions. Before the instruction, the common misconception held by the elementary-school science teachers, as supported by previous research findings, was that the earth's seasons are caused by the distance of the earth from the sun. In addition, the teachers could not understand the model depicting the seasons throughout the year. However, after the instruction they could create their own models that could be used to teach their students.

Questions 1, 2, 8, 9, 10 and 11 were on concepts regarding the path of the sun in the sky throughout the year. It was noticed that the elementary-school teachers had quite a low score on the pre-test. After the instruction using the models they had made, their performance on the post-test was quite good. However, the percentage of correct answers to Question 8, which was on the relationship between the location of the sun's path across the sky and the seasons, was not as *high* as for the others.

The moon phases.

Questions 13, 14, 22 and 23 were on how the moon phases occurred and the shape of the illuminated portion of the moon.

In questions 13, 14 and 23, the teachers performed quite well both before and after the training. They seemed to know that the shape of the illuminated portion of the moon appears the same over the night. However, their performance on the pre- and post-test for Question 22, which was about the causes of the phases of the moon, was low. Many teachers still believed that the phases of the moon are caused by the earth's shadow.

Questions 12, 15, 26 and 17 were about the position of the moon in the sky throughout the month. In Thai context, the Thai lunar calendar (the Buddhist calendar) is used for calculating lunar-regulated holy days. Therefore, these questions were about the position of the moon in the sky according to the Thai lunar calendar. In a month, there are 15 days of the waxing moon, known in Thai as 'keun 1 (neung) kum - keun 15 (sib ha) kum', and 15 or 14 days of the waning moon, known in Thai as 'raem 1 kum - raem 15 or 14 kum'. The teachers' answers showed that they already knew that on the day of the new moon, the moon rises at sunrise and sets at sunset (Question 17), but that the moon is not seen on the day of the new moon. However, their performance on the other questions was not as good as for Question 7. After the teaching session, however, the average number of correct responses increased.

Questions 18, 19, 20 and 21 were about the time of the moonrise and moonset each day throughout the month. The average percentage of the correct responses to Questions 18, 19 and 21 was over 50%

after the teaching session. However, the number of correct responses to Question 20 was not high. All questions in this area were about the time of the moonrise except for Question 20, which was about the time of the moonset. The attracted answer from the teachers' responses was the time of the moonrise.

The eclipses.

Questions 24 and 25 were about how an eclipse occurred. The teachers performed quite well both before and after the teaching session. These two questions were straightforward questions taken directly from textbooks.

Comparison of Teachers' Performances on the Pre-Test and Post-Test

To analyse the teachers' understanding of the concepts of astronomy before and after using and building scientific models in the teacher-training programme, a comparison of their performance on the test before and after the teaching session was made. The average of the teachers' scores before and after their participation in the teaching session was determined. To check whether the research teaching approach promoted better conceptual understanding of astronomy topics, the pre- and post-test scores were compared (see Table 1).

TABLE 1

Mean Scores (M), Standard Deviations (SD), Percentage and p-values of the Pre- and Post-Test Results of the Test (25 items) Taken by the Elementary-School Science Teachers

	$\bar{X}$	S.D.	%	t	p (Sig.)
Pre-test	7.95	3.59	31.80	6.88	0.000
Post-test	14.45	4.72	57.80		

According to the teachers' responses on the test, it was notable that their performance was significantly better after the teaching session ($p < 0.01$). The post-test means score was greater than the pre-test score at a significance level of $\alpha=0.01$. It can be concluded that the elementary-school science teachers who participated in the training programme had a better understanding of astronomy concepts after participating in the instruction regarding the using and building of the scientific models.

CONCLUSION AND DISCUSSION

This research aimed to study and compare elementary-school science teachers' understanding of concepts of astronomy, the teaching of which is a new experience for elementary-school science teachers in Thailand, before and after using and building scientific models through a six-hour teacher-training programme. The results of the elementary-school science teachers' understanding of the seasons, phases of the moon and the phenomenon of the eclipse showed that the misconceptions they held corresponded with those highlighted in other research findings (Sadler, 1998; Bektasli, 2013), supporting the idea that these are common misconceptions related to astronomy. Before the training programme, the most common misconception regarding the seasons, moon phases and eclipses held by the elementary-school teachers were: the earth's seasons are caused by the distance of the earth from the sun; the phases of the

moon are caused by the earth's shadow; and *the plane of the earth's orbit* around the *sun* lies in the same plane as the *moon's orbit* around the *earth*. Research has found that using traditional teaching methods might not be sufficient to correct those misconceptions (Sadler, 1998) because these ideas are grounded in long-held beliefs and personal experience. In addition, if the teachers hold misconceptions, some of these misconceptions may be transmitted to students by the teachers. Research in science education has highlighted the notion that science elementary-school teachers with limited science knowledge tended to use teaching strategies that are not an appropriate way of engaging students to learn science (Appeton, 2007). Therefore, it is important to develop teaching approaches and teaching strategies that are appropriate in explaining concepts within the context of schools and students. The teacher performance in this research indicates that the teachers had better conceptual understanding of the seasons and the path of the sun across the sky throughout the year, the phases of the moon and eclipses after participating in the instructional curriculum that was designed for them. Furthermore, the teachers had better knowledge of moonrise-moonset times after the teaching session. It might be that the model used to represent this concept in this study was related to Thai time units including 'mong chao', 'bai mong', 'toom' and 'tee', with which the teachers were familiar and therefore they could better appropriate the learning

points. Although this concept is excluded in the seven science sub-strands in the Basic Education Core Curriculum of B. E. 2544 (A. D. 2001) and B. E. 2551 (A. D. 2008) for the elementary-school level, it is related to a part of Thai daily life and therefore, might increase students' interest in studying school science because they would appreciate the relevance of the knowledge to their personal lives. In this study, the teachers were able to experience using and building scientific models in direct application, thereby participating in a process of learning that should help them to develop their own mental model of scientific concepts (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002). In addition, they had the opportunity to create astronomy models to evaluate their understanding of those astronomy concepts; indeed, the literature recommends that using models in science instruction can help learners develop deeper understanding of subject matter (Shwartz, Rogat, Merritt, & Krajcik, 2007; Shwartz, Rogat, Merritt, & Krajcik, 2009; Krell, Belzen, & Krüger, 2012). Therefore, using and building scientific models can be used to promote elementary-school science teachers' understanding of astronomy.

IMPLICATIONS

This study, using and building scientific models in a teacher-training programme for six hours suffered from time limitation. Most of the participants seemed to have difficulty familiarising themselves with the models, especially the use and function of models within the limited timeline of the

study. The researcher recommends that some general guiding principles about the models should be provided, especially where the teacher has to build models from scratch. In addition, many of the astronomy terms in Thai are not common words. Therefore, those terms should be referred to in both Thai and English. To use this teaching procedure in an elementary classroom, teachers will need more time to conduct learning activities about astronomy for each content area (seasons, phases of the moon, eclipse).

ACKNOWLEDGEMENT

This work benefited from research funding by Udon Thani Rajabhat University and the Thailand Research Fund and Office of the Higher Education Commission. I would

like to thank Associate Professor Varanya Jeeravipoonvarn for her mentorship and Dr. Dennis Lamb for his editorial assistance in the preparation of this manuscript.

a Thailand Research Fund (TRF) Grant No. MRG 5580191

REFERENCES

- Appleton, K. (2007). Elementary science teaching. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on Science Education* (pp. 493–535). Mahwas, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bektasli, B. (2013). The development of astronomy concept test for determining pre-service science teachers' misconceptions about astronomy. *Education and Science*, 38(168), 362–372.
- Bennett, J., Lubben, F., & Thompson, G. H. (2013). Schools that make a difference to post-compulsory uptake of physical science subjects: Some comparative case studies in England. *International Journal of Science Education*, 35(4), 663–689.
- Chang, W., Jones, A., & Kunzemeyer, R. (2002). Interactive teaching approach in year one university physics in Taiwan: Implementation and evaluation. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 3(1), 217–217.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (2004). Teachers' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98–115.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3–17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Hewitt, P. G. (2001). *Conceptual physics* (9th ed.). San Francisco: Addison Wesley.
- Klongsara, D., & Charlee, T. (2013). A success story - Astronomy and earth science in Thailand's national science curriculum. *The 11th Asian-Pacific Regional IAU Meeting 2011 NARIT Conference Series*, Vol. 1.
- Krell, M., Belzen, A. U., & Krüger, D. (2012). Students' understanding of the purpose of models in different biological contexts. *International Journal of Biology Education*, 2(2).
- Office of Basic Education Commission [OBEC]. (2011). *The basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*. Retrieved on 2014, September 29 from <http://www.ipst.ac.th/web/index.php/news-and-announcements/49-2010-10-27-03-54-42/887-the-basic-education-core-curriculum-be-2551>
- Ornek, F. (2008). Models in science education: Application of models in learning and teaching science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 35–45.

- Osborne, J. F., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.
- Sadler, P. M. (1998). Psychometric models of student conceptions in science: reconciling qualitative studies and distractor-driven assessment instruments. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(3), 265–296.
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. *American Journal of Physics*, 60(11), 1003–1013.
- Shwartz, Y., Rogat, A., Merritt, J., & Krajcik, J. (2007). The effect of classroom practice on students' understanding of models. A paper presented at the *Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching*, 2007, April. New Orleans, LA.
- Schwarz, Y. et al. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- Tsakorn, P., & Pongtabodee, S. (2005). *Research report: Science and technology curriculum for primary, secondary, and tertiary education in Thailand*. Bangkok: The Secretariat of the Senate.
- Thepboriruck, V. (1976). A model for the curriculum of food and nutrition education at the 3 elementary education level. (*Master's thesis*). Thailand: Chulalongkorn University.
- Treagust, D. V., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific model in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357–368.
- Udomsin, P., Chuaphanich, C., & Cate, N. (1990). *Education and the solution of science and technology lag*. Retrieved on 2014, September 29 from <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/6611>
- Yuenyong, C., & Narjaikaew, P. (2009). Scientific literacy and Thailand science education. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 335–349.

Designing Inductive Instructional Activities in a Teacher Training Program to Enhance Conceptual Understandings in Science for Thai Science and Non-science Teachers

Pattawan Narjaikaew^{1,*}, Varanya Jeeravipoonvar², Kanjana Pongpisanou³, Dennis Lamb⁴

¹Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University, Thailand

²Faculty of Graduate Studies, Udon Thani Rajabhat University, Thailand

³Udon Thani Primary Educational Service Area Office 1, Thailand

⁴Department of Education, Southwest Minnesota State University, USA

Copyright©2016 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstract Teachers are viewed as the most significant factor affecting student learning. However, research in science education showed that teachers often demonstrate misunderstandings of science very similar to students. The purpose of this research was to correct conceptual difficulties in science of Thai primary school science and non-science teachers using inductive learning activities in a teacher training program. An eighteen hour teacher training program was designed to address conceptual difficulties in science based on research findings of three science concepts including force and motion, simple electric DC circuits, and astronomy. A pre- and post-test with 15 multiple-choice questions for each of those concepts were administered to thirty volunteer primary school science and non-science teachers in 2014. Data was entered into Excel and analyzed for a correct percentage for each question. There were overall gains in understanding between the pre- and post-tests for these three concepts when teachers were taught by inductive methods. It suggests that using inductive learning activities can be used as a meaningful teacher training program for science and non-science teachers to correct conceptual difficulties in science.

Keywords Inductive Instructional Activities, Conceptual Understanding, Teacher Training Program, Thai Science and Non-science Teachers

1. Introduction

One of the best-known statements for American Education in the 21st Century of the American Commission on Teacher Education is that “The quality of a nation depends upon the

quality of its citizens. The quality of its citizens depends not exclusively, but in critical measure upon the quality of their education; the quality of their education depends more than any single factor, upon the quality of their teacher”[1]. Education is viewed as having an important role in helping young people achieve their goals in life. It is widely agreed that students’ achievements are based on the teachers’ knowledge and capabilities in teaching, in the other words, one of the most important factors affecting student achievement is highly qualified teachers [2][3]. As a result, teacher education reform is one of the most important agenda items of almost every country in the world. Many of the current reforms promote the professional development of highly qualified teachers. For example, this is one of the goals of the No Child Left Behind Act (NCLB). A highly qualified teacher is one who has demonstrated subject matter knowledge and teaching skill in each assigned core academic subject area [4].

Teacher effectiveness is generally referred to in terms of a focus on student outcomes, as well as teacher behaviors and classroom processes that promote desired student outcomes such as good grades, better attitudes, and improved skills [5][6]. However, teachers are not only seen as the most important person in helping students develop understanding, but they are also viewed as major obstacles to student learning. Many traditional teacher education programs have been criticized for having little connection to practice, teaching of theory separately from its applications as a result of having little academic preparation [7]. Teacher experiences from teacher education programs influence their understanding of teaching, therefore, they often teach in ways similar to how they were taught [8]. Manisha Das [9] mentioned that no teacher education program can prepare teachers for all the situations they will encounter.

Teachers' knowledge is generally considered to be the strongest influence on student learning outcomes. This means a number of things in educational research. For example, Shulman [10] categorized teacher knowledge into seven types including: content knowledge, general pedagogical knowledge, curriculum knowledge, pedagogical content knowledge, knowledge of learners and their characteristics, knowledge of educational contexts, and knowledge of educational aims, purposes, and values. Grossman and Richert [11] divided teacher knowledge into two domains, i.e., knowledge of the subject matter to be taught and knowledge of general pedagogical principles and skills. Abell [12] classified teacher knowledge into three domains as follows: 1) subject matter knowledge (SMK), pedagogical knowledge (PK) including knowledge of instructional principles, classroom management, learners and learning, 2) educational aims, and 3) pedagogical content knowledge (PCK) including, knowledge of learners, knowledge of curriculum, knowledge of instructional strategies, and knowledge of assessment.

Science education is recognized as being important for all people in a world of rapid change. Since there are many issues related to science and technology in the age of globalization with its information and communication revolution, people are therefore expected to attain knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, and for participation in civic and cultural affairs [13]. To achieve a scientifically literate citizenry, nations need effective science teachers who are able to facilitate science learning for all students. As discussed above, teachers' knowledge is seen as the strongest factor affecting student learning outcomes. Additionally, many students claim that science is difficult to understand. Research on science education found that even after instruction, students' misconceptions seem to be consistent [14][15]. Teachers' academic skills measured by scores on achievement tests were significantly correlated with student achievement [16]. Some research results seem surprising that teachers also demonstrate misunderstanding of science in ways very similar to their students, especially for elementary school teachers [17]. Therefore, teachers with low content knowledge contribute to students' confusion and misunderstanding. Conceptual difficulties in science of in-service teachers need to be corrected through suitable training programs.

2. Background of the Study

Before the education reform in Thailand during the reign of King Rama V, boys were taught by Buddhist monks about reading, writing, Buddhist preaching and morality, while girls were taught an occupational skill by their mothers and grandmothers. The palace was a place for educating royal and noble family members. Therefore, monks and parents played roles as teachers in an educational system that had no policy [18]. To avoid being colonized, several systems in

country were reformed as a modern nation. The new education system, Western-style formal education, was begun with the establishment of schools for all Thai children. Establishing schools lead to the creation of teacher training institutions. The first education reform in Thailand was initiated in the reign of King Rama V. Thailand has undergone many education reforms and changes, which have directly changed teacher education programs.

Most recently, two teacher preparation systems were developed under the regulation of the Teachers Council of Thailand on Professional Standards and Ethics B.E. 2548 (2005). The first system, requires undergraduate teachers to complete a five-years Bachelor's degree in education with minimum of credits as follows: 30 credits in general education courses, 50 credits in pedagogy courses, 74 credits in subject-matter courses, and 6 credits of elective courses plus one year of student teaching. The second teacher preparation system requires that graduate teachers complete a bachelor's degree in non-educational fields before completing a one year graduate diploma program with 24 credits in pedagogy courses, plus one year of teaching experience. In 2014, the regulation of the Teachers Council of Thailand on Professional Standards and Ethics B.E. 2548 (2005) was modified to include the regulations of the Teachers Council of Thailand on Professional Standards and Ethics B.E. 2556 (2013). There are six teacher preparation systems: a five-years undergraduate teacher program, a six year integrated bachelor's and master's degree program, a one year graduate diploma program, a two-year master's degree in teaching program, a four-year of integrated master's and doctoral degree program, and a three-year doctoral degree program [19].

After World War II, science has increasingly become a part of multiple disciplines. Currently, we live in a world filled with the products of scientific inquiry and everyone needs to use scientific information to make choices that arise every day. Consequently, scientific literacy has become a necessity for everyone [13]. In Thailand, science education has undergone reforms and changes. The Institute for the Teaching Science and Technology (IPST), which was officially established in 1972, plays a major role in developing science and mathematics curricula for all the levels of schooling. However, at the early stages of development, science training in primary schools was integrated with social studies and civic education in the work-oriented experience group. It was not taught in its own right [20]. Science became a compulsory subject at the primary school level when the Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001) was implemented in 2003.

Like many other countries, Thailand has been facing major problems related to the quality of in-service teachers, although most Thai primary and secondary school teachers had completed undergraduate study programs. The reason is likely that the teacher preparation programs provided too little academic learning and little work experience. Consequently, the Teachers' Council of Thailand Board had to improve professional standards. Moreover, there are many

teachers assigned to teach classes in fields that do not match their educational background [21]. As a report of monitoring and evaluation of Thai education management under the national education policy in 2013, more than 36 percent of Thai teachers were assigned to teach classes outside their fields of expertise. Based on the data report from the TIMSS2011 (Trends in International Mathematics and Science Study) which measured mathematics and science achievement of students at grades 4 and 8, about 33% of grade 4 Thai students were taught by out-of-field science teachers as were about 21% of grade 8 Thai students [22]. Since many Thai primary school teachers are not science majors, many of them still emphasize science content coverage using traditional teaching strategies. Related research findings on elementary school science teachers in other countries found that they lacked understanding of scientific concepts, especially in areas such as physics, earth science, and astronomy. Thus, they teach very little in these areas or avoid teaching those topics [23].

3. Significance of the Study

In order to solve the problems related to the quality of teachers, teacher training programs have often been developed by many different people or educational institutions with different purposes. In Thailand, there are 56 faculties of education at 56 state universities and 40 faculties of education at Rajabhat universities that take responsibility of teacher preparation for schools in their service areas [22]. The Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University (UDRU) has been dedicated to preparing and training teachers to meet the education needs since 1923. With cooperation between UDRU science educators, a school science supervisor, and school science teachers in the Udon Thani Primary Educational Service Area Office 1 (UDPESAO1), three conceptual difficulties in science for primary school teachers were identified. These included force and motion, simple DC electric circuits, and astronomy. They were selected in developing a teacher training course to improve teacher understanding of these concepts. Although the main purpose of the training program was intended to correct teachers' conceptual difficulties in science, processes of inquiry were applied to create instructional activities to help them understand how science knowledge is constructed. The teacher training program was conducted during weekends to avoid necessitating teacher absence from their classrooms.

Traditional science and engineering instruction is taught by deductive processes. The instructor introduces a topic by providing general principles, then represents the principles with derived equations, shows applications of the equations, have students practice a few situations, and ends up with doing test [24]. In contrast, the inquiry approach to science relies heavily on the induction process, which is as follows: hypothesizing about the nature of a problem based on evidence, designing experiments to test the hypothesis,

observing and measuring, recording and interpreting, inferring and predicting, and finally generalizing [25]. Many scientists, especially the experimentalists, have their works rely on inductive processes. However, the theoretical scientists (e.g., Albert Einstein - Theory of Relativity) have their work rely on the deductive processes. Although Inductive teaching and learning encompasses a range of teaching methods including inquiry-based learning (also known as inquiry-guided learning or guided inquiry), discovery learning, problem-based learning, project-based learning, case-based teaching, and learning cycle-based teaching. The key attributes of this approach enables students to experience the processes of knowledge creation in which the common characteristic of student-centered approaches, active learning, development of self-directed learning, and a constructivist theoretical basis [26].

There are two main forms of constructivism, i.e., cognitive constructivism and social constructivism. The main tenet of cognitive constructivist learning draws heavily on Piaget's theory of cognitive development. The learners construct their own individual understanding of the world. The teacher should facilitate a change in student's view toward scientifically based views. On the other hand, the social constructivist aspects of understanding and learning are increasingly important because knowledge construction requires an active process of interpretation in group discussions, or in a learner's interaction with groups of learners. Teachers need to plan activities that allow students to find what they are thinking to help them build on their understandings [27] and promote social activities with meaning negotiated from multiple perspectives [28].

Taking into account educational literature, we designed the learning and teaching process for a teacher training program in an inductive way. The main reason was to enable primary school science teachers to follow the way of discovering knowledge by scientists, which conceptual knowledge was constructed based on making observations and collecting data. We believe that adopting an inductive process in science learning activities should be a step forward in the right direction to enhance teachers' conceptual difficulties in science, which is related to the nature of science knowledge creation.

4. Objective of the Study

To study the effectiveness of using inductive learning in a teacher training program to correct conceptual difficulties in science of Thai science and non-science teachers.

5. Methodology

The pre-experimental research with a one group pre-test-post-test design was used in this research. The participants, research instruments, and data collection are listed as follow:

5.1. Participants

The participants involved in this 2014 study were thirty volunteer primary school science teachers under the Udon Thani Primary Educational Service Area Office 1, including 18 science teachers with earned degrees in science and 12 non-science teachers who had not studied science.

5.2. Inductive Learning Activities in Science

Regarding teacher and UDPESA01 needs, force and motion, simple electric DC circuits, and astronomy were selected as topics to develop instructional activities based on inductive processes. Six hours of time was allocated to each daily instructional activity. The instruction was entirely done during a three-day weekend in this teacher training program. In designing the instructional activities, Leach and Scott's work [29] was used as a guide to planning the instructional activities in the following way: analysis of the science knowledge in the curriculum to be taught, identification of misconceptions or conceptual difficulties, identification of learning demands, and organization of instructional sequences that relied on inductive processes.

5.2.1. Lesson on Force and Motion

By analyzing the science knowledge about force and motion, the main concepts that primary school science teachers needed to learn were: science terms used to describe the motion of objects (position, rate, distance, displacement, speed, velocity, and acceleration), the relationship between force and motion, laws of motion (Newton's first, second and third laws), projectile motion, and circular motion. Common misconceptions about force and motion were the following: 1) motion is always caused by force, if there is no force acting on the object, it does not move, 2) force is proportional to velocity, 3) gravitational force is exerted on an object not only when it falls, but also while it is being raised, 4) heavier objects fall more quickly than the light ones, 5) a greater mass exerts a greater force, and 6) objects in circular motion tend to move away from the center of circle due to the centrifugal force [30]. The learning demand of force and motion training was identified as primary school science teachers needing to: 1) experiment and explain distance, speed, displacement, velocity, and acceleration of objects in motion, 2) experiment and explain effects of forces acting on objects, 3) explain the resultant force acting on a stationary object or an object moving at constant velocity, 4) explain acceleration and effects of a resultant force acting on an object, 5) experiment and explain action and reaction forces, and apply this knowledge, and 6) observe and explain projectile and circular motion [31]. Five major steps of the inductive method, known as the Herbartian method of teaching [32], were used to organize instructional activities in which each is shown as follows:

Step 1: Preparation. The preparation phase involves motivating the learners by raising preliminary questions:

- What are the words used to describe the motion of objects?
- Do moving objects always need force? Why?

Step 2: Presentation. The presentation phase involves analyzing the motion of objects by observing sets of data from:

- Ticker tape diagrams that were used to support learners in forming concepts of position, rate, distance, displacement, speed, velocity, and acceleration by analyzing what the distance between dots on ticker tapes tell them about the object motions.
- Video demonstration of a glider floating on the air track (experimental apparatus with minimal interference by frictional forces) at different inclination angles. These video demonstration sets were used to support learners in understanding the relationship between force and motion by analyzing the distance between dots (tracking the position of the glider's position/time) on the video screen.
- Video demonstration of a glider floating on the air track linked to a string passing over a pulley with various hanging weights the other end. These video demonstration sets were used to support learners in understanding the relationships among force, mass, and motion (Newton's first and second laws of motion).
- Video demonstration of 2 balls falling from the same vertical height, which one is released from rest while the other is projected horizontally at the same time and its motion forms a parabolic path. These video demonstration sets were used to support learners in understanding projectile motion.
- Video demonstration of an ice skater being tied to a string while moving in a horizontal circle. This video demonstration was used to support learners in understanding the circular motion.
- Demonstration of one person pushing a wall while wearing a pair of roller blades, two people pushing each other while wearing a pair of roller blades; one person holding of two spring balances that are connected and suspended with a kilogram mass. These demonstrations were used to support learners in understanding Newton's third law of motion.

Step 3: Comparison and Abstraction. This third step requires learners to analyze and organize data gathered from the second step by determining related or contrast elements, and cause-and-effect links between two or more given phenomena. After observing the distance between dots on ticker tapes, primary school science teachers should be able to determine:

- Which objects move faster or slower? A constant distance between dots represents a constant velocity and no acceleration. A changing distance between dots represents a changing velocity or acceleration.
- As a glider is pushed it moves smoothly, the distance between dots is constant, the velocity of the glider is

also constant. As the glider accelerates down the inclined track, the distance between dots increases with time because it is moving at a higher velocity. Higher inclination results in greater acceleration.

- As a small hanging mass moves down, it accelerates. As the mass increases, the distance between dots increases with its acceleration. With the same hanging weight, the glider's mass increase, the distance between dots becomes less because acceleration decreased. Acceleration is inversely proportional to the mass.
- A ball dropped vertically and one with a projected horizontal motion both reach the surface at the same time. They fall vertically with the same acceleration. For a ball with a parabolic path, a constant distance between dots in the horizontal direction represents a constant velocity or no acceleration, while the distance between dots increased with time downward (changing velocity) representing acceleration.
- As an ice skater tied to a string keeps moving in a horizontal circle, the direction of velocity is always changing, represents acceleration toward the center of the circle at any point of time. When the string is cut, the ice skater moves in a path tangential to the circle.
- A boy on a pair of roller blades moves backward after pushing a truck representing the opposite force direction exerted on him. Two boys on roller blades move apart after pushing each other representing forces acting in opposite directions. Two identical balances read of 9.8 Newton's force represents the downward force exerted by the mass is equal to the upward force exerted by a person's hand.

Step 4: Generalization. The fourth step requires learners conclude, create, or represent the elements found from the third step into core concepts, common principles, mathematical formalisms, general cause-and-effect relationships. After class discussion, primary school science teachers should know the following:

- Physical quantities including position, time unit, distance, displacement, speed, velocity, and acceleration are used to describe the object's motions. An object moving with constant velocity means that it is moving in a straight line at a constant speed, with no acceleration. An object moving with a change in velocity or direction means that it is moving with acceleration. An object moving in a circle with constant speed has acceleration.
- Without resistance, forces always cause change motion. Changing motions means varying velocity (magnitude or direction) or acceleration. Net force is directly proportional to acceleration and mass. A stationary object or one moving in a straight line with constant velocity has no force exerted upon it (Newton's first law). An object moving with changing velocities or acceleration has a force exerted on it. Any object that is being accelerated has a force acting upon it (Newton's second law).

- For parabolic motion of projectiles, there is no force exerted on an object moving horizontally. Force only acts in the vertical direction.
- For uniform circular motion, force is always exerted on an object toward the center of the circle path at any time.
- For every action force there is always a reaction force that is equal in magnitude and opposite in direction (Newton's third law).

Step 5: Application. This fifth step requires that learners apply these generalizations to new situations. Primary school science teachers were asked to describe the motions of a moving coin in the air, a ball after being shot by a football player, motorcyclists riding around a cylindrical wall.

5.2.2. Lesson on Simple Electric DC Circuits

Primary school science teachers needed to be taught how to build a complete DC circuit, to use electrical measuring instruments, how to connect electrical bulbs in series and parallel, connection of electrical cells in series and parallel, and electric power.

Common misconceptions and difficulties about simple DC circuits include confusion about terms. They also do not understand that a battery is a constant current source, that meters are circuit elements, and that two batteries in parallel provide more voltage and current. In a circuit with multiple bulbs, circuits with fewer bulbs are brighter than those with more bulbs, and that the brightness of each bulb depends on its order in a circuit [33].

The learning demand for simple electric DC circuit was identified as primary school science teachers needing to: 1) experiment and explain current, voltage, resistance, power, 2) experiment and explain that electricity is a form of energy, 3) experiment and explain a simple electrical circuit, 4) experiment and explain the connection of light bulbs in series and parallel, 5) experiment and explain the connection of electrical cells in series and parallel, and 6) experiment and explain relationship between voltage, current, and resistance [31].

The inductive method was used to organize instructional activities for simple electric DC circuits as follows:

Step 1: Preparation. The preparation phase involved motivating the learners by raising preliminary questions:

- How many bulbs can we light a bulb with a battery and a single wire?
- Compare the brightness of 2 bulbs within series and parallel circuits. Which is brighter? Why?
- Compare the brightness of a bulb connected to 2 cells within series and parallel circuits? Which is brighter? Why?
- How can we connect a meter into circuits to determine the current and voltage of a circuit?

Step 2: Presentation. A boxed set of materials including 2.5 volt electric bulbs, wires, 1.5 V dry cells, and a meter

was provided to a group of learners. Groups were assigned to determine how to construct simple electric DC circuits in the following situations:

- Determine the possible ways to light a bulb with a battery and a single piece of wire.
- Determine how to connect an ammeter and voltmeter to measure the current and voltage in a way that does not affect the brightness of the bulbs in a circuit?
- Observe the brightness of the bulbs and meter readings for circuits (1) – (4) as shown in Figure 1. These situations are: 1) two bulbs in series with a battery, 2) two bulbs in parallel with a battery, 3) two batteries in series with a bulb, and 4) two batteries in parallel with a bulb.

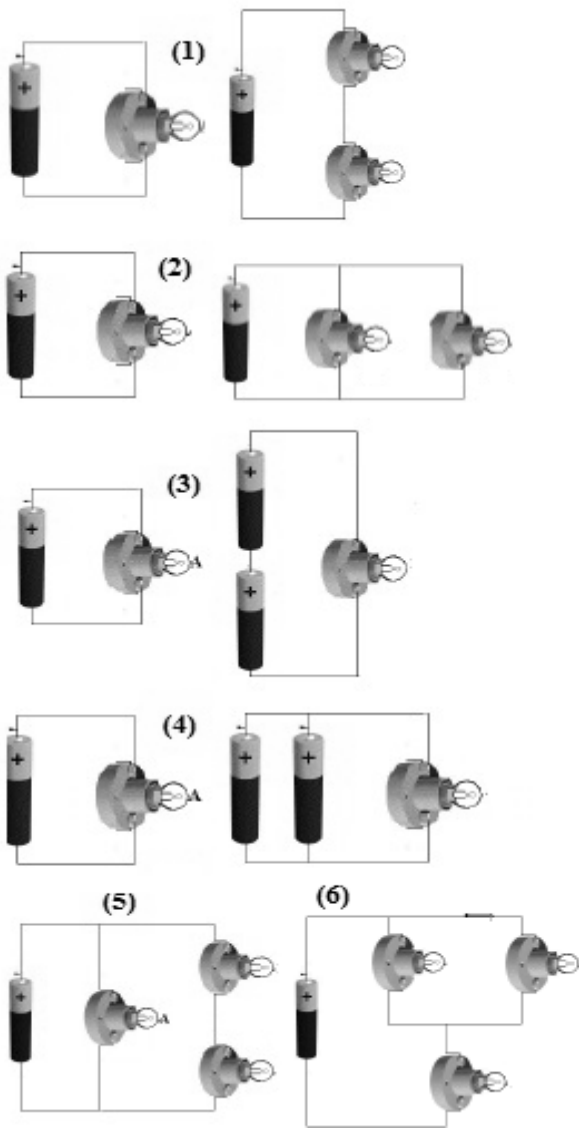


Figure 1. Simple electric DC circuits

Step 3: Comparison and Abstraction. After constructing simple electric DC circuits, primary school science teachers should be able to determine the following:

- After observing a light bulb construction, they should understand that there are four arrangements of a light bulb, a single battery and a single piece of wire that will light a bulb as shown in Figure 2. Both terminals of a bulb must be connected externally to the two terminals of the battery.

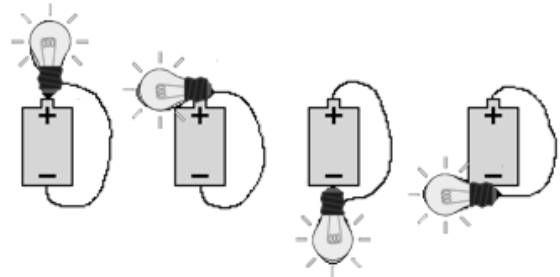


Figure 2. Four arrangements to light a bulb with a battery and a wire

- An ammeter is connected in series in the circuit and if it is connected across a bulb, the bulb dims. When a voltmeter is connected across a bulb, the bulb is bright. However, when the voltmeter is connected in series, the bulb is dim. An ammeter is connected in series with a device to measure its current, while a voltmeter is connected in parallel with a device to measure its voltage.
- After adding another identical bulb to circuit with a single bulb, it is seen that two bulbs in series decrease the brightness and halve the voltage across each bulb, but the same current travels through each bulb and the battery. Two bulbs in parallel provide the same brightness, voltage and current, but double current through a battery. The voltage across a battery is the same in all these cases.
- After adding another battery to a single battery circuit with a single bulb it is found that for two batteries in series, the voltage differences of battery terminals and the brightness of a bulb increases. With two batteries in parallel, the voltage differences of battery terminals and the brightness of a bulb are the same as in a single bulb circuit with a single battery.

Step 4: Generalization. After class discussion, primary school science teachers should know that:

- The simplest complete circuit consists of a piece of wire from one end of a battery to the other. In other words, a complete circuit consists only of batteries and resistive elements.
- Electricity from batteries can do work, therefore, the electricity is a form of energy.
- Connection of light bulbs in series provides the same current through the bulbs as is passed through a battery, but the voltage is divided between the bulbs. When connecting light bulbs in parallel, the current from a battery is divided before being passed through each bulb, but the voltage across each bulb is the same as for the battery.

- Connection of electrical elements in series increases both the current and the voltage of the loads in the circuit. Connection of electrical cells in parallel gives the same current and voltage of the loads in the circuit.

Step 5: Application. Primary school science teachers were asked to rank the brightness of bulbs in circuits (5) – (6) circuit as shown in Figure 1 and describe the results.

5.2.3. Lesson on Astronomical Phenomena

The curriculum science knowledge in astronomical phenomena needed by primary school science teachers consists of: 1) Earth's rotation causes the apparent rising and setting of the Sun, days and nights, 2) seasons are arise because by each part of the Earth receives different amount of energy from the Sun since the tilt of the Earth's rotational axis is away or toward the Sun as it travels around the Sun, 3) as the Moon orbits the Earth and as the Earth orbits the Sun, so we see the reflection of Sunlight from the Moon's surface differently each night, and 4) and eclipse occurs when the Earth, the Moon, and the Sun are in a straight line. A solar eclipse occurs when the Earth moves into the Moon's shadow and a lunar eclipse occurs when the Moon moves into the Earth's shadow.

Common misconceptions about astronomical phenomena are that: 1) day and night are caused by the Sun going around the Earth, 2) the Sun rises exactly in the east and sets exactly in the west every day of the year, 3) the earth is farther away from the Sun in winter and closer in summer, 4) the phases of the Moon are caused by the shadow of the earth, and 5) the Moon makes its own light [34].

The learning demand of the astronomical phenomena was identified as primary school science teachers needing to: 1) observe and explain the rising and setting of the Sun and the causes of day and night, and 2) construct a model and explain the cause of seasons, phases of the Moon, a solar eclipse, and a lunar eclipse.

The inductive method was used to organize instructional activities in astronomical phenomena as follows:

Step 1: Preparation. The preparation phase involved motivating the learners by raising preliminary questions:

- What causes day and night?
- What causes the seasons? Does the Sun rise and set at the same point?
- What causes the Moon phases?
- What causes solar and lunar eclipses? And how they are different?

Step 2: Presentation. A set of materials including globes, flash lights, pieces of paper, ping-pong balls, and guided procedure sheets was provided to a group of learners. They were assigned to learn what causes astronomical phenomena such as the following:

- Determine what causes day and night by using a globe and flash light.
- Find out what causes the seasons using a globe and flash light.

- Find out what causes the Moon phases by using a flash light and a ping-pong ball.
- Find out what causes solar and lunar eclipses by watching a video.

Step 3: Comparison and Abstraction. After completing astronomy tasks, primary school science teachers should be able to determine:

- A stationary flashlight beam shining on a rotating globe shows that one side is illuminated, while the other side does not receive light. This shows that the rotation of the Earth causes day and night.
- After moving a tilted globe around a flashlight, a flashlight beam shown directly on the center, above the center, center, and below the center of a globe. The areas that receive more direct light would tend to be hotter. The areas at the center, above, and below the center of the globe receive more direct light at different times, while the globe travels around the flashlight. This shows the tilt of the earth's axis as the globe goes around the Sun. Regions of direct illumination change and this causes the seasons.
- Observations were made of various illuminations of ping-pong balls held by a teacher, while walking in a circle around the observer. The light source represents the Sun, the ping-pong ball represents the Moon. The Sun's light is shining only on one side of the Moon while the other side does not receive the light. Since the Moon is located above the observer on the earth, while it goes around the Earth, we see the various illuminated shapes of the Moon.
- Observations were made of the shadow on a Moon and on the Earth, while the Earth travels around the Sun and while the Moon moves around the Earth. Solar eclipses occur when the Moon blocks the Sun's rays and casts a shadow on Earth, while lunar eclipses occurs when the Earth blocks the Sun's rays and casts a shadow on the Moon.

Step 4: Generalization. For astronomical concepts, all of seasons, Moon phases and eclipse concepts were elucidated in the third step.

Step 5: Application. Primary school science teachers were asked to describe, directions on the earth, the path of the Sun across the sky throughout a year, and tidal phenomena.

5.3. Data Collection Tools

The pre- and post-test with 15 multiple-choice questions for each of those three concepts were used to address the teachers' understanding of force and motion, simple electric DC circuits, and astronomical phenomena. Force and motion questions were from the Force Concept Inventory (FCI) [35] and the Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) [36]. Simple DC circuit questions were from the Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concepts Test (DIRECT) [33]. The astronomical phenomena questions were developed by the researchers.

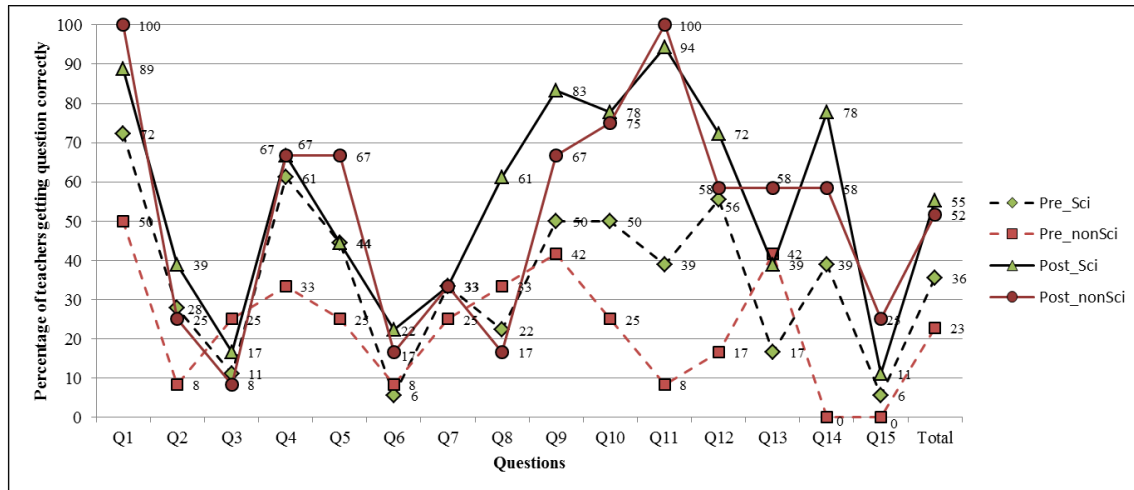


Figure 3. Pre and post-test results for teacher's responses on the Force and Motion test

5.4. Data Analysis

For analysis purposes, the test data was entered into Excel and analyzed for a correct percentage for each question in the pre- and post-tests..

6. Research Findings

This section focuses on the evaluation of primary school science and non-science teachers' understanding of science concepts before and after participating in a training program.

6.1. Teacher Conceptual Understanding of Force and Motion

The questions on force and motion were combined into six topic sets which were: the relationship between force and motion (Q10 and Q15), the Newton's First Law of motion (Q2 and Q12), the Newton's Second Law of motion (Q1 and Q13), the Newton's Third Law of motion (Q3- Q8), projectile motion (Q11 and Q14), and uniform circular motion (Q9). To determine how science and non-science teachers' understanding of force and motion concepts before and after participating in this training activity, a correct percentage for each question in the pre- and post-test of teacher's responses on the test was presented. The results of the analysis were shown in Figure 3.

An analysis of the test indicated that there was a small number of correct percentages overall of the science and non-science teachers getting the question correctly for the pre-test. After seeing typical responses to the question 3, 6, 8 and 15 in which fewer than 25% of these teachers answered questions in ways that are consistent with a Newtonian view of the world, either before or after

traditional instruction. It seems that both science and non-science teachers seem to have some confusion about the Newton's Third Law and the relationship between force and motion after the intervention. As their answering in Question 3 and Question 6, it suggests that they still believe that the faster objects exert greater force on the lighter one and 50% of non-science teachers believe that heavier object's exert the greater force on the lighter object (Question 8). As shown by the results in question 15, the results show that more than 12 % of the science and 26% of the non-science teachers had incorrect ideas that a force will produce motion or a constant force produces constant velocity. However, the overall percentage of correct answers for the science and non-science teachers were over a half (55% of science teachers and 52% of non-science teachers) for the post-test, respectively. These results support the usefulness of using inductive activities to enhance conceptual understandings in force and motion for Thai science and non-science teachers.

6.2. Teacher Conceptual Understanding of Simple Electric DC Circuits

The 15-item multiple-choice questionnaire from the studies of Engelhardt and Beichner (2004), and, Shaffer and McDermott (1992) was administered to Thai science and non-science teachers. The percentage of elementary teachers answering each question correctly is shown in Fig 4. The questions grouped into five topic sets which were: the interpreting diagrams of a variety of circuits (Q2, Q7 and Q11), the brightness of light bulbs (Q4, Q8, Q10, Q14 and Q15), the concept of power (Q1, Q6 and Q12), the concept of voltage (Q3 and Q13), and the concept of current (Q5 and Q9).

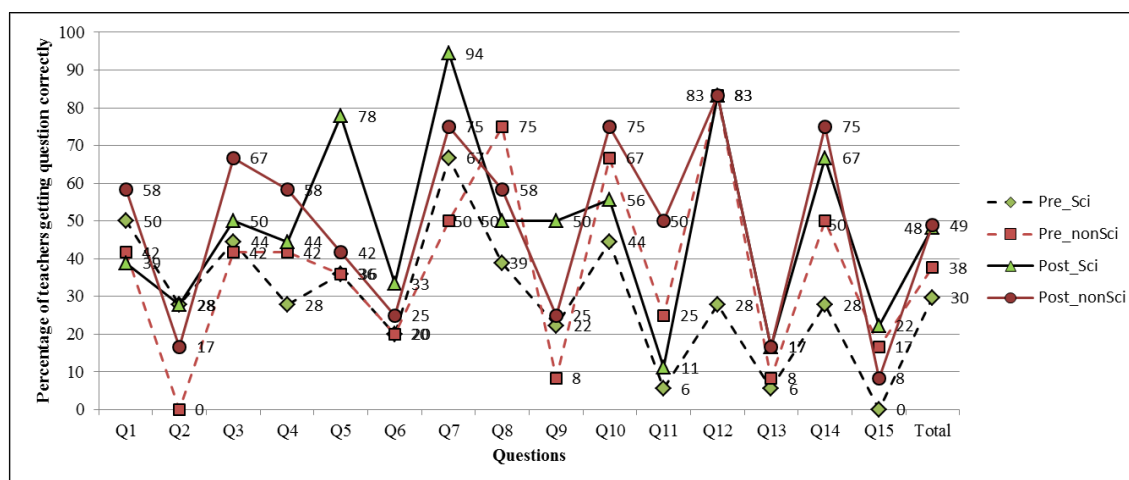


Figure 4. Pre and post-test result for teacher's responses on the Simple Electric DC Circuit test

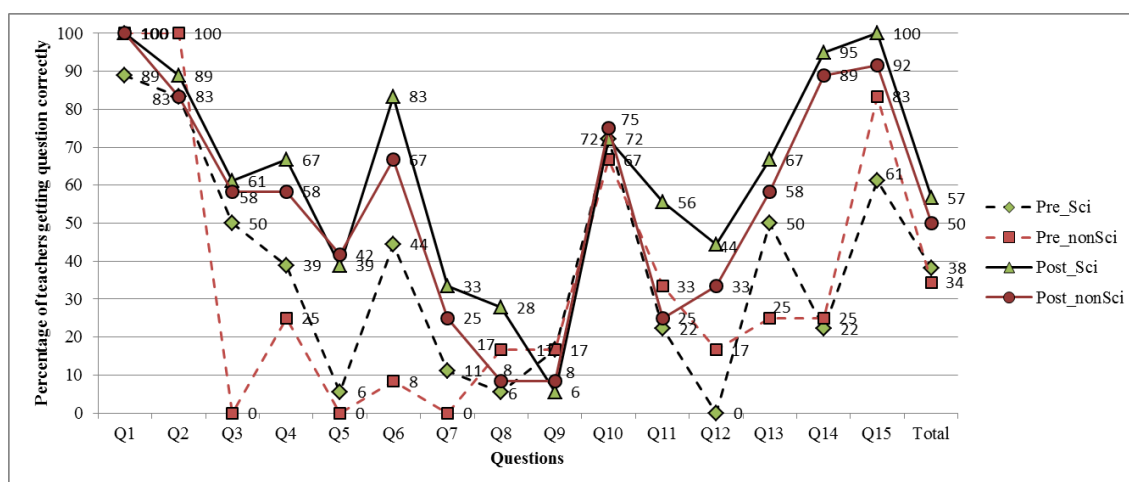


Figure 5. Pre and post-test result for teacher's responses on the Astronomical Phenomena test

To analyze teachers' understanding of simple electric DC circuit concepts before and after the inductive learning activities in teacher training, a comparison of the percentage of their correct answers on the test before and after teaching was made. After the intervention, the percentage of correct responses was quite low for Questions 2 and 11 with interpreting diagrams of a variety of circuits. They usually answered correctly in the case of a simple circuit with 2 bulbs, but could not do so when the circuits were drawn in an unconventional manner (as in Question 11). In Questions 13 and 15, there was a low percentage of correct answers, which dealt with the concept of the relative brightness of bulbs both before and after participating in the activity. However, nearly a half (48% of science teachers and 49% of non-science teachers) answered overall questions correctly for the post-test, respectively. An analysis of the test indicated that there was an overall gain in understanding of simple electric DC circuits between the pre- and post-tests of the science and non-science teachers when they were taught by the inductive method.

6.3. Teacher Conceptual Understanding of Astronomical Phenomena

This section details teacher understandings of astronomical phenomena. The questions on astronomical phenomena were categorized into five topic sets which were: day and night (Q1 and Q2), the sun-earth-moon geometry model (Q3, Q4 and Q5), the seasons and the path of the sun across the sky (Q6, Q7, Q8, Q9 and Q11), the moon phases (Q10, Q12 and Q13), and the eclipses (Q14 and Q15). Figure 5 displays the average percentage of correct answers of the science and non-science teachers on the pre-test and post-test.

The primary school science and non-science teachers' performances on the conceptions of the astronomical phenomena were quite low for the pre- test (excluding Question 1 and 2). After the intervention, the percentage of correct responses was quite low for Questions 8 and 9 dealing with the seasons in the northern and the southern hemispheres. Fewer than 20% of the science and non-science teachers had the correct idea about what cause the seasons. Nearly 100 percent of these teachers understood what caused the day and night both before and after the intervention. And nearly 100 percent of these teachers understood what caused the eclipses after the intervention (Question 14 and 15). An analysis of the

astronomical phenomena test indicated that there was an overall gain in understanding between the pre- and post-tests when teachers were taught by inductive methods.

7. Conclusion and Discussion

The study aimed to study the effectiveness of using inductive learning in a teacher training program to correct the conceptual difficulties in science of Thai science and non-science teachers. The common misconceptions in force and motion for the primary science and non-science teacher are: force is proportional to velocity of motion; the moving object exerts more force than the stationary object; gravitational force exerts on the object only when it moves down, but while it is on the way up, the force is from a person's hand. The Thai science and non-science teachers' conceptual difficulties about force and motion seem similar to the research findings in physics education [30] [35]. The teachers' difficulties with conceptual questions about simple electric DC circuits are as follow: interpreting diagrams of a variety of circuits including series, parallel, and combinations of series and parallel circuits; the position of bulbs affected its brightness regardless of how they are connected. The common misconceptions teachers hold are concerning the brightness of each bulb depending on its order in a circuit and how the number of bulbs affects their brightness related to research findings in the simple electric DC circuits [33] [36]. The most common misconceptions about astronomy phenomena are: the earth's seasons are caused by the distance of the earth to the sun; the plane of the earth's orbit around the sun lies in the same plane as the moon's orbit around the earth.

Based on the findings obtained in the study, using inductive learning activities can be used as a meaningful teacher training program for science and non-science teachers to correct conceptual difficulties in science. Therefore, it is important to develop the learning activities, which are appropriate with the nature of the concepts being constructed. Providing primary school science teachers experiences through the five steps of inductive method with: motivating the learners with inquiry questions (preparation phase), observing sets of data (presentation phase), analyzing and organizing those gathering data by determining related or contrast elements, cause-and-effect links between two or more given phenomena (comparison and abstraction phase), creating or representing what the elements being found into core concepts, common principles, mathematical formulas, general cause-and-effect relationships (generalization phase), and applying those generalizations into new situations, could promote critical thinking, the ability for inquiry, and a way for teaching science. This teaching process enables teachers to actively participate in the processes of knowledge creation related to how the experimental scientists do their work [26]. In addition, analysis of the curriculum science knowledge to be taught, identification of misconceptions or conceptual

difficulties about the science content areas, identification of learning demands [29] used as a guide to planning the instructional activities are also under the constructivist learning theory that new knowledge is constructed from prior knowledge, so the prior knowledge should be considered in planning learning activities [27] and promote a social activity with meaning negotiated from multiple perspectives [28]. The cognitive and social constructivist perspectives of learning were aware in the designing of the teaching/learning activities, like Leach and Scott [29]. Based on the teacher performances, the results indicate that they had better conceptual understanding in force and motion, simple DC circuits, and astronomy concepts after participating in the instructional activities designed. Therefore, using inductive learning activities and strategies in teacher training programs can be used to promote science and non-science primary school science teachers' understanding of science concepts.

8. Implications

Using inductive learning methods in a teacher training program is seen as effective teaching and a learning approach that enhances primary school science teachers' understanding of the subject matter and might motivate their interest in how to sequence learning activities in science courses. However, after the inductive instructional activities were implemented, the researcher found that it was difficult to work through the content-oriented and activity-oriented plans within the limited timeline of the program. With only 6 hours for conducting each instructional activity in each content area, it is seen as a time limitation. There is also more sub activities in a topic, so to use this teaching procedure in classrooms, teachers could spend much more time to conduct learning activities and would be encouraged to do so, based on the learners they are working with at the time. Using videos to demonstrate some topics in this study were also connected to time limitations. However, students should be actively encouraged to predict what the outcomes of the demonstrations will be that would allow them to participate in the demonstration. By thinking of what they have observed and how it relates to what they are going to learn, there are greater opportunities for success. In addition, the steps of designing learning sequences need formulating a set of activities that make links to the concepts of science and learners' prior knowledge. By asking questions related to the concepts before introducing a new concept, this might encourage learners to think about what they are learning and it also assists the teacher in knowing the students' prior knowledge of the subject matter.

Acknowledgements

This work benefited from research funding by Thailand

Research Fund (TRF) Grant No. MRG5580191, Udon Thani Rajabhat University, the Thailand Research Fund and Office of the Higher Education Commission. I would like to thank Prof. Jeffrey Nash for their editorial assistance in preparation of this manuscript.

REFERENCES

- [1] K. Thiya. Professional Preparation of Teachers. In V.Ravi (Ed), Teacher Education. Laxmi Book Publication, Maharashtra, India, 2015.
- [2] A. J. Wayne, P. Youngs. Teacher Characteristics and Student Achievement Gains: A Review. Review of Educational Research, Vol.73, No.1, 89–122, 2003.
- [3] E. A. Hanushek, S. G. Rivkin. Teacher Quality. In E. A. Hanushek, F. Welch (eds.), Handbook of the Economics of Education, Vol.2, 1051–1078, Amsterdam: North-Holland, 2006.
- [4] G.E. Napper-Owen, R. Marston, P. V. Volkinburg, H.Afeman, J. Brewer. What constitutes a highly qualified physical education teacher, JOPERD, Vol. 79, No.8, 26-30, 2008.
- [5] K. James, P. Sammons. Effective teaching: a review of research and evidence. CfBT Education Trust, England, 2013.
- [6] D.G. Borich. Effective Teaching Methods (3rd ed). Merrill and imprint of prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey Columbus, Ohio, 1996.
- [7] L. Darling-Hammond, J. Bransford. Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do. San Francisco, CA: John Wiley & Sons. 2005.
- [8] S. Sarason. The predictable failure of educational reform: Can we change course before it is too late? San Francisco: Jossey-Bass.
- [9] Manisha Das. Innovative Practices in Teacher Education: An Overview, International Research Journal of Interdisciplinary & Multidisciplinary Studies (IRJIMS), Vol.1, No.4, 15-18, 2015.
- [10] L. S. Shulman. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, Vol.57, 1-22, 1987.
- [11] P. L. Grossman, A. E. Richert. Unacknowledged Knowledge Growth: A Re-Examination of the Effects of Teacher Education. Teaching and Teacher Education, Vol. 4, Issue 1, 53-62. (1988).
- [12] S. K. Abell. Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell, N.G. Lederman (Eds), Handbook of research on science education, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
- [13] National Research Council (NRC). National science education standards. Alexandria. VA: National Academic Press, 1996.
- [14] E. Bagno, B.S. Eylon, U. Ganiel. From fragmented knowledge to a knowledge structure: Linking the domains of mechanics and electromagnetism. American Journal of Physics, Vol. 68, No.7, S16-S26, 2000.
- [15] R. Duit, D. F. Treagust. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education, Vol. 25, No. 6, 671-688, 2003.
- [16] A. J. Wayne, P. Youngs. Teacher Characteristics and Student Achievement Gains: A Review. Review of Educational Research, Vol.73, No.1, 89–122, 2003.
- [17] J.H. Wandersee, J.J. Mintzes, J.D. Novak. Learning: Research on alternative conceptions. In D. Gabel (Ed.), Handbook of Research in Science Teaching and Learning. National Science Teachers Association: MacMillan Publishing Company, 177-210, 1994.
- [18] W. Sangnapaboworn. The Development of Primary Education in Thailand and Its Present Challenges: From Quantity to Quality through Effective Management. In Y. Akiko (Ed.), Universalization of Primary Education in the Historical and Developmental Perspective, Institute of Development Economics, 2007.
- [19] Teachers' Council of Thailand Board, Online available from <http://site.ksp.or.th/home.php?site=englishsite>
- [20] S. Klainin. Science education in Thailand: The development and delimas. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2012.
- [21] Office of the Education Council. Monitoring and Evaluation of Thai Education Management under the national education policy in 2013.
- [22] P. Siribanpitak, S. Boonyananta. The Qualifications of the Teaching Force in Thailand. In R. M. Ingersoll (Ed.), A Comparative Study of Teacher Preparation and Qualifications in Six Nations, Online available from www.cpre.org.
- [23] K. Appleton. Elementary science teaching. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), Handbook of research on Science Education (pp. 493-535). Mahwas. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
- [24] M. J. Prince, R. M. Felder. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases, the Journal of Engineering Education, Vol.95, No.2, 123–138, 2006.
- [25] T.B. Tee. Man, Science and Religion: A quixotic quest, 2004. , Online available from www.authorsonline.co.uk.
- [26] R. Spronken-Smith. Experiencing the process of knowledge creation: The nature and use of inquiry-based learning in higher education. Journal of Geography in Higher Education, Vol.2, 183–201, 2008.
- [27] J. M. Applefield, R. Huber, M. Moallem. Constructivism in theory and practice: Toward a better understanding, The High School Journal, Vol.84, No.2, 35-53, 2000.
- [28] D. Hunter, T. Gambell, B. Randhawa. Gender gaps in group listening and speaking: issues in social constructivist approaches to teaching and learning, Educational Review, Vol.57, No.3, 329-355. 2005.
- [29] J. Leach, P. Scott. Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning, Studies in Science Education, Vol.38, 115-142, 2002.

- [30] P. Narjaikaew. Alternative Conceptions of Primary School Teachers of Science about Force and Motion. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 88, 250 – 257, 2013.
- [31] The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008): Science. Bangkok.
- [32] M. B. Garcia. *Focus on Teaching*. Manila: Rex Book Store, 1989.
- [33] P. V. Engelhardt, R. J. Beichner. Teachers' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115, 2004.
- [34] J. Baxter. Children's understanding of familiar astronomical events, *International Journal of Science Education*, Vol.11, No.5, 502-513, 1989.
- [35] I. A. Halloun, D. Hestenes. Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, Vol.53, No.11, 1056-1065, 1985.
- [36] D. P. Maloney, T. L. O'Kuma, C. J. Hieggelke, A. V Heuvelen. Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, Vol.69, No.7, S12-S23, 2001.

การใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา

พัฒน์ นาใจแก้ว* และวรัญญา จีระวิพลวรรณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เมือง อุดรธานี 41000

*E-mail: tawannar@gmail.com

รับบทความ: 10 เมษายน 2557 ยอมรับตีพิมพ์: 23 พฤษภาคม 2557

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายและการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือครูที่สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษา จังหวัดอุดรธานี จำนวน 30 คน ที่อาสาเข้าร่วมกิจกรรมในเดือนสิงหาคม 2556 การจัดกิจกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ (1) ทำนายความสว่างของหลอดไฟในสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นรายบุคคล (2) แลกเปลี่ยนและอภิปรายผลการทำนายกับเพื่อน (3) สังเกตความสว่างของหลอดไฟและบันทึกค่ากระแสและความต่างศักย์ในวงจร (4) อธิบายผลการค้นพบ (5) ทำนายความสว่างของหลอดไฟที่ต่อในวงจรแบบผสมผสานแล้วสังเกตและอภิปรายผลอีกครั้ง (6) เปรียบเทียบการไหลของกระแสไฟฟ้ากับการไหลของลูกบอล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ และทดสอบไคสแควร์แบบ McNemar ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ครูที่สอนตรงวุฒิกับไม่ตรงวุฒิหรือครูที่มีประสบการณ์สอนมากหรือน้อยมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่แตกต่างกัน มโนคติที่คลาดเคลื่อนของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า การใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายและการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยช่วยทำให้ครูมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงลดลง

/

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย การเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ การทำนาย-สังเกต-อธิบาย มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

Using Inquiry-based Learning supplemented with Predict-Observe-Explain and Analogy Teaching Strategies Enhancing Electric DC Circuit Conceptions of Elementary School Teachers

Pattawan Narjaikaew* and Varanya Jeeravipoonvarn

Udon Thani Rajabhat University, Muang, Udon Thani 41000, Thailand

*E-mail: tawannar@gmail.com

Abstract

This research aimed to study the effect of the inquiry-based learning model supplemented with Predict–Observe–Explain (POE) and Analogy teaching strategies for enhancing electric DC circuit conceptions of elementary school teachers. Thirty elementary school teachers in Udon Thani province participated in this study in August, 2013. The activity using of the inquiry-based learning model supplemented with Predict-Observe-Explain (POE) and analogy teaching strategies consisted of 6 steps: (1) Predict the brightness of bulbs individually, (2) Share and discuss predicted answers with peers, (3) Observe the brightness of bulbs in hands-on experiments, (4) Explain and summarize the findings, (5) Predict and observe the brightness of bulbs in a new situation and, (6) Compare the flow of electricity in wires and bulbs with rolling balls down inclined planes. The data were analyzed using frequency, percentage, and McNemar test. The results showed that there was no difference in the alternative conception of science and non-science, experienced and inexperienced teachers. The proportion of alternative conceptions before and after the intervention is statistically significantly different at a significance level of .05. This indicated changes between post-test and pre-test responses. These findings suggest that using inquiry-based learning model supplemented with POE and analogy teaching strategies can be used to decrease alternative conceptions of the electric DC circuits.

Keywords: Analogy, Inquiry-based Learning, Predict-Observe-Explain, Conceptions of Electric DC Circuits

บทนำ

ครูเป็นบุคคลที่มีบทบาทสำคัญในโรงเรียนและห้องเรียน อย่างไรก็ตามครูก็อาจเป็นบุคคลที่ขัดขวางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ หากครูมองเป้าหมายการสอนเป็นเพียงการส่งถ่ายเฉพาะความรู้ผู้เรียนด้วยการบรรยายหรือการบอกกล่าวเท่านั้น ซึ่งยังคงมีครูที่สอนในระดับประถมศึกษาจำนวนหนึ่งที่ยังคงมองว่าความรู้เป็นสิ่งที่คงอยู่ตลอดไปไม่เปลี่ยนแปลงและความรู้นั้นสามารถส่งถ่ายจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้ด้วยการอธิบายเพียงความหมายหรือสาริตเท่านั้น ซึ่งเหล่านี้อาจไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ Loughran, Berry and Mulhall (2006) เสนอว่า ครูควรเปลี่ยนบทบาทจากการสอนด้วยการบอก (teaching as telling) มาเป็นการ

สอนเพื่อสร้างมโนคติ (teaching for understanding) เพราะการบอกไม่ใช่การสอนและการฟังไม่ใช่การเรียนรู้ Anderson and Bach (2005) เชื่อว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนนั้นขึ้นกับทั้งความรู้ในเนื้อหาที่จะสอนและความสามารถในการจัดการเรียนการสอนที่เฉพาะต่อเนื้อหา นั้น ๆ ดังนั้นการที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้นั้นผู้สอนต้องสามารถบูรณาการองค์ความรู้ผ่านประสบการณ์ที่ผู้สอนจัดให้อย่างเหมาะสม

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งทั้งในปัจจุบันและในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็น 1 ใน 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการ

เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหา ความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริง อย่างหลากหลาย โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์ได้กำหนดสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ไว้ในแต่ละมาตรฐานการเรียนรู้มีการ กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่มีความ เฉพาะเจาะจงในแต่ละระดับชั้นที่เป็นแนวทางให้ครูนำไปใช้ ในการกำหนดเนื้อหา การจัดทำหน่วยการเรียนรู้ และเป็น เกณฑ์ในการวัดประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งถือเป็น ศาสตร์สาขาสากลส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากต่างประเทศ (ชาตรี ฝายคำตา, 2553) ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (science literacy) อย่างไรก็ตามจากรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาเปิดเผยว่า ผู้เรียนมีความรู้เดิมทางวิทยาศาสตร์มาก่อนที่ จะได้รับการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นความรู้ในแบบที่แตกต่างจาก ความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ (Bagno, Eylon and Ganiel, 2000; Duit and Treagust, 1995) และจากการวิจัยยังพบ อีกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปไม่สามารถเปลี่ยนแปลง แนวคิดเดิมของผู้เรียนได้ (Pfundt and Duit, 1991) มีการกำหนดคำนิยามความรู้ในลักษณะนี้ว่า “มโนคติไม่ถูก- ต้อง (misconception)” “มโนคติที่คลาดเคลื่อน (alternative conception)” (Clement, 1982; Hammer, 2000) ซึ่งมโนคติที่ คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเกี่ยวข้องกับทั้งสาระฟิสิกส์ โลกและ อวกาศ ชีววิทยา เคมี และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและยาก ต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเป็นแนวคิดที่ได้รับอิทธิพลมา จากสังคมและวัฒนธรรมที่ผู้เรียนเติบโตมา ดังนั้นการจัดการ เรียนการสอนที่มีกระบวนการที่เฉพาะต่อเนื้อหาที่ทำให้ผู้- เรียนยอมรับแนวคิดใหม่ในการอธิบายปรากฏการณ์รอบตัว ได้ (Wandersee, Mintzes and Novak, 1994)

จากการประเมินความสำเร็จของการจัดการศึกษา ภาคบังคับของประเทศสมาชิกทั่วโลก (Program for Inter- national Student Assessment, PISA) โดยองค์การพัฒนา และความร่วมมือทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development หรือ OECD) ประเทศไทย เริ่มให้นักเรียนที่จบการศึกษาภาคบังคับเข้าร่วมทดสอบตั้ง- ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ที่จัดทดสอบทุก ๆ 3 ปี กรอบการประเมิน เน้นการนำความรู้และทักษะที่เรียนไปใช้ในชีวิตจริงได้เพียง- ใดซึ่งผลการประเมิณภาพรวมของนักเรียนไทยยังอยู่ในระดับ

ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD และจากผลการทดสอบทางการ ศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (National Educational Test, O-NET) ที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของโรงเรียนใน สังเกตต่าง ๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำ กราฟคะแนน O-NET และผลคะแนนประเมิน PISA มาเทียบ กัน พบว่า จังหวัดใดมีผลคะแนนประเมิน PISA สูง คะแนน O-NET จะสูงตาม ซึ่งสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถม- ศึกษา อุดรธานี เขต 1 เป็นหน่วยงานหนึ่งซึ่งประสบปัญหา เกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตกต่ำ โดยเฉพาะในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บทบาทหน้าที่หนึ่ง ที่เป็นพันธกิจของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา อุดรธานี เขต 1 คือ การพัฒนาครูให้มีความสามารถในการ จัด- การเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาเฉพาะเพื่อยกผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียน

สำนักงานเขตพื้นที่ได้ดำเนินการจัดโปรแกรมการ ฝึกอบรมในช่วงวันหยุดเสาร์และอาทิตย์ เพื่อหลีกเลี่ยงการ ต้องให้ครูออกจากห้องเรียน ซึ่งเป็นข้อจำกัดในประเด็นระยะ เวลาและครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา มี ทั้งที่สอนตรงวุฒิและไม่ตรงวุฒิ ดังนั้นโปรแกรมการฝึกอบรม ที่ครูเหล่านั้นต้องการคือการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับ เนื้อหาเฉพาะในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรเป็น อย่างไร มีกระบวนการจัดประสบการณ์ในการเรียนรู้แก่ผู้- เรียน ตลอดจนการนำสื่อการเรียนรู้มาใช้ประกอบและการ วัดประเมินผลอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้เข้าไปมีส่วนร่วมในโปร- แกรมการพัฒนาครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อยก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตั้งแต่ปีการศึกษา 2552 เป็นต้นมา จากการสอบถามครูถึงลักษณะการจัดอบรมเพื่อ ส่งเสริมให้ครูสามารถพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบที่ครูต้อง- การ พบว่า ครูเหล่านั้นต้องการจัดกิจกรรมที่เป็นรูปธรรมที่ เขาสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในชั้น- เรียนสำหรับเนื้อหาเฉพาะที่ครูต้องการมาก คือ สาระที่ 4 แรง และการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน สาระที่ 7 ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาเรื่องวงจร ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นเนื้อหาอยู่ในสาระที่กล่าวนมาและ เป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาในระดับสูงต่อ- ไป จากการศึกษางานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนทั้งในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษา

มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหลายประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เพราะความรู้ส่วนใหญ่ที่นำเสนอในชั้นเรียนเป็นหลักการที่ยากต่อมโนทัศน์ของผู้เรียน ทั้งนี้มีผลมาจากหลักการเหล่านี้สร้างขึ้นจากปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนควรได้มีโอกาสรวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสามารถเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ไม่ใช่เป็นเพียงการพยายามท่องจำหลักการและควรให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายตามเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (บัญญัติ ชำนาญกิจ, 2542)

ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ที่มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของเพียเจต์ (Piaget) ที่มองว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการโครงสร้างทางปัญญาของบุคคล (individual cognitive structuring process) และจากแนวคิดของไวทสกี (Vygotsky) ที่มองว่าการเรียนรู้เป็นผลมาจากทางสังคม (social effects on learning) การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning) เป็นกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ซึ่งครอบคลุมทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skill) มโนทัศน์เกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติและอธิบายปรากฏการณ์นั้น โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานและเหตุผลต่าง ๆ จากรายงานการวิจัย พบว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิด (Bybee, 1997; Odom and Kelly, 2001) เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Wolf and Fraser 2007) สสวท. เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดทำหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้นำกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มาเป็นแนวทางให้ครูในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในการทำการศึกษาวิจัยในชั้นเรียนของครูวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนนอกจากการเลือกรูปแบบการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาเฉพาะแล้ว ครูจำเป็นต้องนำวิธีการต่าง ๆ มาใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้และยังเป็นการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้

ให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น ไม่เบื่อหน่าย ทำให้การจัดเรียนการสอนครั้งนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลและวิธีการสอนที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain, POE) และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย (analogy) เนื่องจากวิธีการสอนแบบ POE มีกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นก่อนจะได้สังเกตปรากฏการณ์นั้นซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความรู้เดิมออกมา จากนั้นผู้เรียนจะได้สังเกตปรากฏการณ์เพื่อพิสูจน์สิ่งที่ได้ทำนายและแนวความรู้เดิมเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของผู้เรียนนั้นส่วนใหญ่ขัดแย้งกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการสังเกต (Shaffer and McDermott, 1992) จากนั้นผู้เรียนจะได้ร่วมกันอธิบายผลการสังเกต มีรายงานการวิจัยพบว่า การนำวิธีการสอนแบบ POE ไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนลดลง (Kearney et al., 2001; Kala, Yaman and Ayas, 2013) และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (Kibirige, Osodo and Tlala, 2014) ส่วนวิธีการสอนแบบเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยเป็นการนำสิ่งที่มีความเหมือนกันมาเปรียบเทียบกัน เพื่อช่วยให้เข้าใจสิ่งที่พูดถึงได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเน้นเหตุการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวันที่ย่อยต่อการเข้าใจเทียบเคียงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการที่ผู้เรียนได้เชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับประสบการณ์ของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันจะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น (Duit, 1991)

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนากระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย สำหรับเป็นแนวทางให้ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับประถมศึกษาที่มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตลอดทั้งสร้างสื่อการเรียนรู้และการวัดประเมินผลได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. มโนทัศน์เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูระหว่างก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้เป็นอย่างไร และมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่หลังจากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้

2. มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

3. มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงกับประสบการณ์การสอนของครูก่อนเข้าร่วมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง: กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 จำนวน 30 คน มีครูที่สอนตรงวุฒิจำนวน 18 คน สอนไม่ตรงวุฒิจำนวน 12 คน จากจำนวน 46 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยการอาสาสมัครเข้าร่วมกิจกรรมในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

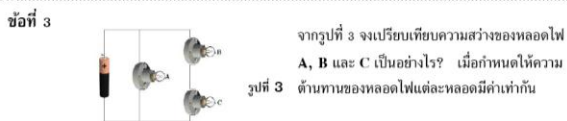
1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 6 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ทำนายความสว่างของหลอดไฟ ตัวอย่างสถานการณ์แสดงในภาพที่ 1



จากรูปที่ 2 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A, B และ C เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แหล่งจ่ายไฟของวงจรทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน

ตอบ.....
เพราะ.....



จากรูปที่ 3 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A, B และ C เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน

ตอบ.....
เพราะ.....



จากรูปที่ 6 และ 7 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A และ B เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แบตเตอรี่แต่ละก้อนมีขนาดเท่ากันทุกประการ

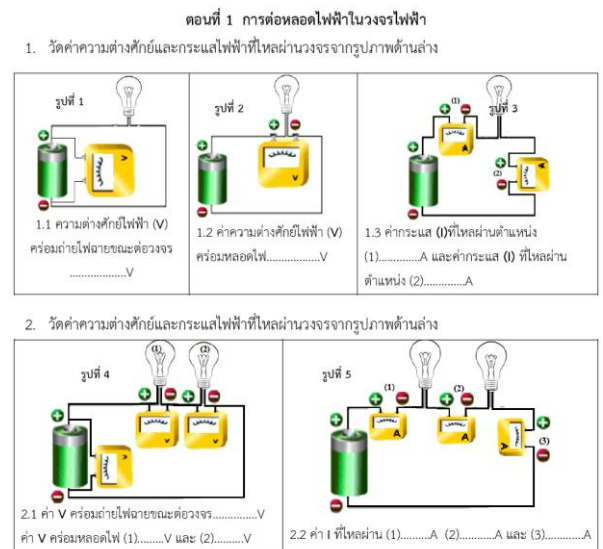
ตอบ.....
เพราะ.....



ภาพที่ 1 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ใช้ทำนายความสว่างของหลอดไฟ

1.2 แลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อน

1.3 สังเกตความสว่างของหลอดไฟที่ต่อในวงจรต่าง ๆ พร้อมวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่และคร่อมหลอดไฟต่าง ๆ ด้วยชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่ สายไฟ หลอดไฟ มัลติมิเตอร์ ตัวอย่างกิจกรรมแสดงในภาพที่ 2



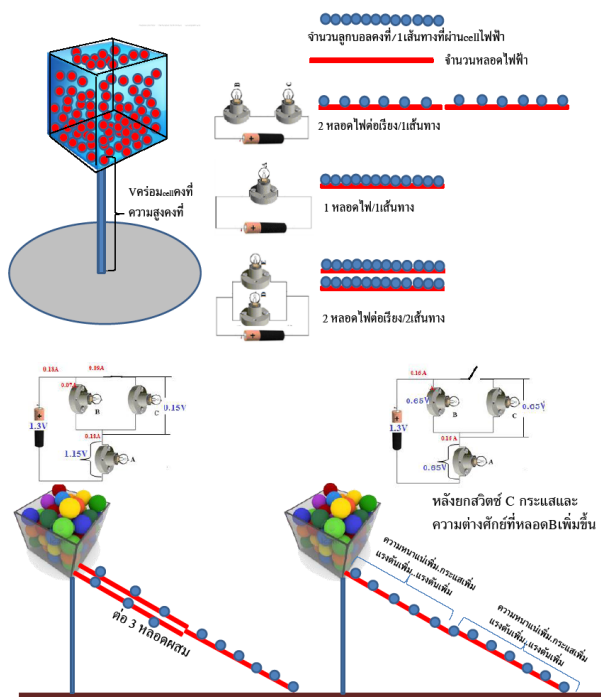
ภาพที่ 2 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ใช้สังเกตความสว่างของหลอดไฟ

1.4 สรุปข้อค้นพบจากปรากฏการณ์ที่ได้จากการสังเกตและหาความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดและสรุปเป็นหลักการ

1.5 ทำนายความสว่างของหลอดไฟที่ต่อในวงจรแบบผสมผสานแล้วทำการสังเกตและอภิปรายผลที่อีกครั้ง

1.6 เปรียบเทียบการทำงานของวงจรไฟฟ้าโดยใช้การไหลของลูกบอลจากกล่องลงสู่พื้น (ground) กล่องที่บรรจุลูกบอลเทียบได้กับแบตเตอรี่ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานแรงดันของแหล่งจ่ายเทียบกับความสูงของกล่องจากพื้น สายไฟแต่ละเส้นเทียบกับความยาวหนึ่งหน่วยของท่อ แรงดันคร่อมหลอดไฟและกระแสที่ผ่านแต่ละหลอด (แปรผกผันตรงกัน) เทียบกับความหนาแน่นของบอลต่อความยาวท่อใด ๆ

2. แบบวัดมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ (ปรับปรุงจาก the determining and interpreting resistive electric circuits concepts test (DIRECT) ที่พัฒนาขึ้นโดย Engelhardt and Beichner (2004)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ใช้เปรียบเทียบอุปมาอุปไมย
กับการทำงานวงจรไฟฟ้า

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

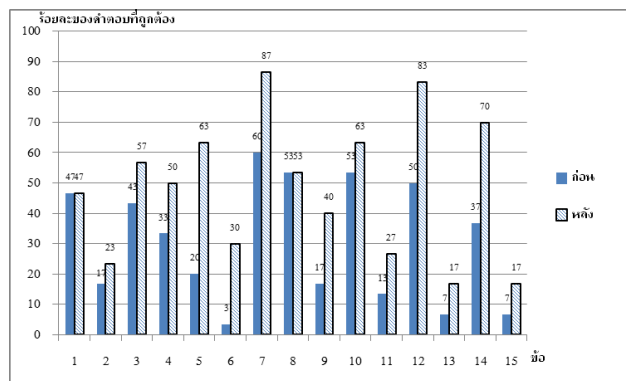
ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบวัดมโนคติเรื่องไฟฟ้า
กระแสนของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมาตรวจสอบ
ประมวลผลและวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ
สถิติพรรณนา และไคสแควร์แบบ McNemar

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ที่สอนระดับประถมศึกษา โดยนำเสนอข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ดังนี้

1. มีแนวคิดเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร และหลังการเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบทดสอบ
จำนวน 15 ข้อของครู โดยการนับจำนวนครูที่ตอบถูกในแต่ละ
ข้อและนำเสนอเป็นร้อยละ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลัง
การเข้าร่วมกิจกรรมแสดงดังรูปภาพที่ 4 โดยมีมีโมติเรอ
วงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูโดยภาพรวม ดังนี้



ภาพที่ 4 ร้อยละของครูที่มีแนวโน้มที่ถูกต้องเรื่องวงจรไฟฟ้า
กระแสดรูก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม

คำถามข้อ 2, 7 และ 11 เกี่ยวกับการแปลความหมายจากแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ขนาน ผสม ผสาน ข้อสังเกต คือ ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 แต่ครูตอบคำถามข้อ 2 และข้อ 11 ถูกต้องค่อนข้างน้อย เมื่อพิจารณาพบว่า จำนวนหลอดไฟในวงจรแตกต่างกัน กล่าวคือ จำนวนหลอดไฟข้อ 7 มี 2 หลอดและเป็นการต่อแบบอนุกรมและขนานที่พบบ่อยในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ แต่จำนวนหลอดไฟในข้อ 2 และข้อ 11 นั้นมีจำนวนมากกว่า 2 หลอด อาจทำให้ครูกลุ่มนี้แปลความหมายแผนภาพวงจรไม่ถูกต้องและแผนภาพเหล่านี้ไม่พบบ่อยในหนังสือเรียน (คำถามข้อ 2 และ 11 แสดงในภาคผนวก)

คำถามข้อ 1 6 8 10 12 และ 13 เกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ 2 หลอดต่อในวงจรอนุกรมและวงจรขนานและต่อกับแบตเตอรี่ 1 และ 2 ก่อน

คำตอบคำถามข้อ 8 และ 10 ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 ทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม เมื่อพิจารณาตัวเลือกที่ครูนิยมนำ ซึ่งมีครูจำนวนหนึ่งเข้าใจว่าจำนวนแบตเตอรี่ที่มากกว่าทำให้หลอดไฟสว่างกว่าโดยไม่คำนึงถึงลักษณะการต่อกันของแบตเตอรี่ซึ่งเป็นโมฆคติที่คลาดเคลื่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมครูยังมีโมฆคติที่ถูกต้องประเด็นนี้เพิ่มขึ้นไม่มากนักแม้จะได้สังเกตความสว่างของหลอดไฟจากกิจกรรมที่เป็นผลสอดคล้องกับการตอบคำถามข้อ 1 6 12 และ 13 นอกจากนี้ครูจำนวนมากยังมีโมฆคติที่คลาดเคลื่อนว่าความสว่างของหลอดไฟขึ้นกับลำดับของหลอดไฟในวงจรโดยครูเข้าใจว่าหลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งได้รับพลังงานก่อนและพลังงานที่ถูกส่งไปยังหลอดไฟอีกหลอดหนึ่งจะลดลงเนื่องจากหลอดแรกใช้พลังงาน

ไปหมดก่อน (use up) แต่หลังการร่วมกิจกรรมนิมิตคลาดเคลื่อนเหล่านี้ลดลง (คำถามข้อ 8 แสดงในภาคผนวก)

คำถามข้อ 3 4 5 และ 9 เกี่ยวข้องกับสมบัติของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (แบตเตอรี่) ก่อนเข้ารับการอบรม ครูมีนิมิตที่ถูกต้องค่อนข้างน้อย ครูส่วนใหญ่มีนิมิตที่คลาดเคลื่อนว่าแบตเตอรี่เป็นแหล่งที่จ่ายกระแสไฟที่คงแต่ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่เปลี่ยนไปตามลักษณะการต่อ หลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมครูมีนิมิตที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นเนื่องจากในกิจกรรมครูได้วัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแบตเตอรี่กับหลอดไฟที่ต่อในลักษณะต่างกัน พบว่า กระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่เปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนรูปแบบการต่อหลอดไฟแต่ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่มีค่าคงไม่ขึ้นกับลักษณะการต่อของหลอดไฟ (คำถามข้อ 9 แสดงในภาคผนวก)

คำถามข้อ 14 และ 15 เกี่ยวข้องกับความสว่างของหลอดไฟเมื่อลดหรือเพิ่มจำนวนหลอดไฟในวงจร ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้า ครูตอบคำถามข้อ 14 ถูกต้องมากกว่าข้อ 15 ทั้งก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม เนื่องจากข้อ 14 มีหลอดไฟ 2 หลอดต่อแบบอนุกรมเมื่อเพิ่มหลอดไฟอีก 1 หลอด ความสว่างของหลอดไฟทั้ง 3 หลอดเท่ากันแต่ความสว่างลดลงกว่าเดิม แต่ครูจำนวนหนึ่งยังคงคิดว่าความสว่างของ 3 หลอดไม่เท่ากันขึ้นกับลำดับของหลอดไฟในวงจรซึ่งเป็นนิมิตคลาดเคลื่อนคือหลอดหนึ่งใช้พลังงานไปก่อนทำให้หลอดส่วนที่เหลือได้รับพลังงานลดลง แต่หลังจากเข้าร่วมกิจกรรมครูมีนิมิตที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาการตอบคำถามข้อ 15 กลับพบว่าครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องค่อนข้างน้อยทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม การเพิ่มหลอดไฟในวงจรอีก 1 หลอดโดยต่อคร่อมกับหลอดไฟ 2 หลอดที่ต่อแบบอนุกรม จากนั้นเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ 2 หลอดทั้งก่อนและหลังจากเพิ่มหลอดไฟเข้าไปอีก 1 หลอด ครูมีนิมิตว่าการเพิ่มหลอดไฟเข้าไปไม่มีผลต่อความสว่างของหลอดไฟที่เชื่อมต่อทางเดียว แต่มีผลต่อความสว่างของหลอดไฟที่ไปเชื่อมต่อทั้งสองทาง (คร่อม) ซึ่งครูพิจารณาที่จุดเชื่อมต่อเท่านั้นแต่ไม่ได้พิจารณาภาพรวมทั้งวงจร (คำถามข้อ 14 และ 15 แสดงในภาคผนวก)

เพื่อพิจารณาว่าครูที่เข้าร่วมกิจกรรมครั้งนี้มีนิมิตเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนไปหรือไม่ จึงเปรียบเทียบสัดส่วนการสอบผ่านและไม่ผ่านระหว่างก่อนและหลังการเข้าอบรมด้วยสถิติไคสแควร์แบบ McNemar (ตาราง 1) พบว่าเมื่อพิจารณาค่า Sig. (= 0.002) ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ

ที่กำหนด ($\alpha = .05$) สรุปได้ว่า นิมิตเรื่องวงจรไฟฟ้าของครูหลังเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ ครูมีนิมิตที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น

ตาราง 1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงนิมิตวงจรไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม

หน่วย: คน

		ก่อนอบรม		รวม	Sig.
		ไม่ผ่าน	ผ่าน		
หลัง	ไม่ผ่าน	18	0	18	0.002
	ผ่าน	10	2	12	
รวม		28	2	30	

2. นิมิตเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูทั้งสองกลุ่มมีนิมิตของเนื้อหา ก่อนเข้าร่วมกิจกรรมแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนรวมจากการตอบคำถาม 15 ข้อของครูแต่ละคนก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมาเปรียบเทียบกัน หากมีคะแนนรวม 8 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด แต่หากคะแนนรวมต่ำกว่า 8 คะแนน ถือว่า ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ผลการศึกษา (ตาราง 2) พบว่าครูที่สอนตรงวุฒิสอบไม่ผ่าน 17 คน และผ่าน 1 คน ส่วนครูที่สอนไม่ตรงวุฒิสอบผ่าน 1 คน และไม่ผ่าน 11 คน จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาด้วยไคสแควร์ พบว่า ค่า Sig. เท่ากับ 0.765 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = .05$) สรุปได้ว่า นิมิตเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่ขึ้นกับวุฒิการศึกษา นั่นคือ ทั้งครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิมีนิมิตเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงก่อนเข้าร่วมกิจกรรมไม่แตกต่างกัน

ตาราง 2 เปรียบเทียบนิมิตวงจรไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ

วุฒิการศึกษา	จำนวน (คน)			χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน	รวม		
ตรงวุฒิ	17	1	18	0.089	0.765
ไม่ตรงวุฒิ	11	1	12		
รวม	28	2	30		

3. นิมิตเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงกับประสบการณ์การสอนของครูก่อนเข้าร่วมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูที่มีประสบการณ์การสอน วิชาวิทยาศาสตร์ต่างกันมีมโนคติเนื้อหาที่แตกต่างกันหรือไม่ ผลการทดสอบ (ตาราง 3) พบว่า เมื่อพิจารณาค่า Sig. เท่ากับ 0.599 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = .05$) สรุปได้ว่า มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่ขึ้นกับประสบการณ์สอนวิทยาศาสตร์

ตาราง 3 เปรียบเทียบมโนคติวงจรไฟฟ้ากระแสตรงระหว่าง ครูที่มีประสบการณ์สอนต่างกัน

ประสบการณ์สอน (ปี)	จำนวน (คน)			χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน	รวม		
< 5	8	0	8	1.875	0.599
5 – 10	7	1	8		
11 – 15	6	0	6		
> 15	7	1	8		
รวม	28	2	30		

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาไม่ว่าจะสอนตรงจุดหรือไม่ตรงจุด และมีประสบการณ์สอนต่างกันมีมโนคติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั่วไปคือ หลอดไฟที่ต่อเรียงกันในวงจร หลอดใดหลอดหนึ่งได้รับและใช้กระแสไฟไปหมดก่อน จึงสว่างกว่าหลอดไฟที่เหลือที่ได้รับในปริมาณที่เหลือน้อยกว่าหลอดแรก (ทำให้สว่างน้อยลง) แบตเตอรี่เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าคงที่ แต่ให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ไม่คงที่ การนำอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งเข้าหรือออกไปจากวงจรไม่มีผลกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรทั้งหมดแต่มีผลเฉพาะต่อตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้าของนักศึกษาศาสตร์ของ Shaffer and McDermott (1992) และผลการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้าของครูวิทยาศาสตร์ของ Shipstone (1988)

การที่ครูที่สอนตรงจุดหรือไม่ตรงจุด ครูที่มีประสบการณ์สอนมากหรือน้อยมีมโนคติเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่แตกต่างกันและมีมโนคติคลาดเคลื่อนโดยทั่วไปเหมือนกัน อาจเนื่องมาจากครูได้รับการสอนด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหา โดยเฉพาะการท่องจำหลักการการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ขนาน และกฎของโอห์ม จากนั้นนำไปแก้โจทย์ ซึ่งการบอกไม่ใช้การสอนและการฟังอย่างเดียว

นั้นไม่ใช้การเรียนรู้ (Loughran, Berry and Mulhall, 2006) เมื่อครูได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยเรื่องวงจรกระแสไฟฟ้าแล้วพบว่าครูมีมโนคติเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญอาจเนื่องมาจากครูสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้ อีกทั้งครูยังได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่การทำนายที่สะท้อนความรู้เดิมของตนเองแล้วพิสูจน์ด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งผลที่ออกมาต่างหรือเหมือนกับที่คาดการณ์ไว้นั้นจะต้องอธิบายอย่างสมเหตุสมผลและอยู่บนข้อมูลที่รวบรวมไว้ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivist learning theory) และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2553) และหลังจากที่ผู้เรียนค้นพบหลักการทั่วไปแล้ว การนำการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยมาเสริมมีความสำคัญต่อการแนะนำและช่วยผู้เรียนสร้างมโนคติที่ซับซ้อน เข้าใจยาก ไม่วุ่นวายให้เป็นรูปธรรม และเข้าใจง่ายขึ้น (Duit, 1991; Aubusson and Fogwill, 2006)

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

เอกสารอ้างอิง

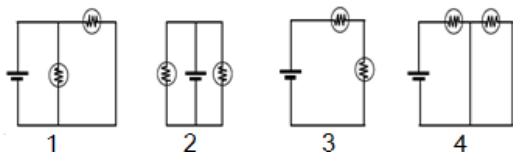
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2553). เอกสารประกอบการสอนวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับประถมศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บัญญัติ ชำนาญกิจ. (2542). กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. นครสวรรค์: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.
- Aubusson, P. J., and Fogwill, S. (2006). Roleplay as analogical modelling in science. In Aubusson, P., Harrison, A., and Ritchie, S. (Eds.), **Metaphor and analogy in science education** (pp. 91-102). Dordrecht: Springer.

- Anderson, B., and Bach, F. (2005). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. **Science Education** 89(2): 196-218.
- Bagno, E., Eylon, B.-S., and Ganiel, U. (2000). From fragmented knowledge to a knowledge structure: Linking the domains of mechanics and electromagnetism. **American Journal of Physics** 68(7): S16-S26.
- Bybee, G. (1997). **Achieving science literacy: From purposes to practices**. Portsmouth: Heinemann.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. **American Journal of Physics** 50(1): 66-71.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education** 75: 649-672.
- Engelhardt, P. V., and Beichner, R. J. (2004). Teachers' understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics** 72(1): 98-115.
- Hammer, D. (2000). Student resources for learning introductory physics. **American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement** 68(S1): S52-S59.
- Kala, N., Yaman, F., and Ayas, A. (2013). The Effectiveness of predict-observe-explain technique in probing students' understanding about acid-base chemistry: A case for the concepts of pH, pOH, and strength. **International Journal of Science and Mathematics** 11(3): 555-574.
- Kearney, M., Treagust, D., Shelley, Y., and Zadnik, M. (2001). Student and teacher perception of the use of multimedia supported predict-observe-explain task to probe understanding. **Research in Science Teaching** 31: 539-615.
- Kibirige, I., Osodo, J., and Tlala, K.M. (2014). The effect of predict-observe-explain strategy on learners' misconceptions about dissolved salts. **Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing, Rome-Italy** 5(4): 300-310.
- Loughran, J., Berry, A., and Mulhall, P., (2006). **Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge**. The Netherlands: Sense Publication.
- Odom, A. L., and Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. **Science Education** 85: 615-635.
- Pfundt, H., and Duit, R. (1991). Bibliography. **Students' alternative frameworks and science education**. 3rd ed. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Shaffer, P. S., and McDermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. **American Journal of Physics** 60(11): 1003-1013.
- Shipstone, D. M. (1988). A study of teachers' understanding of electricity in five European countries. **International Journal of Science Education** 10(3): 303-316.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., and Novak, J. D. 1994. Learning: Research on alternative conceptions. In Gabel, D. (Ed.), **Handbook of Research in Science Teaching and Learning** (pp. 177-210). National Science Teachers Association: MacMillan.
- Wolf, S. J., and Fraser, B.J., (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. **Research in Science Education** 38: 321-341.

ภาคผนวก

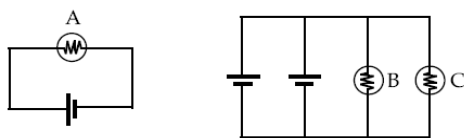
ตัวอย่างแบบวัดมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
พัฒนาโดย Paula V. Engelhardt และ Robert J. Beichner
แห่ง North Carolina State University ในปี 1997

- (2) วงจรไฟฟ้าใดแสดงการต่อหลอดไฟฟ้า 2 ดวงแบบ
ขนานกับแบตเตอรี่



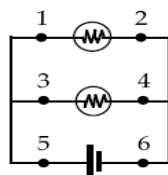
- A. วงจรที่ 1 B. วงจรที่ 2
C. วงจรที่ 3 D. วงจรที่ 1 และ วงจรที่ 2
E. วงจรที่ 1, 2 และ 4

- (8) เมื่อเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A กับ B
หลอดไฟ A จะสว่าง _____ หลอดไฟ B



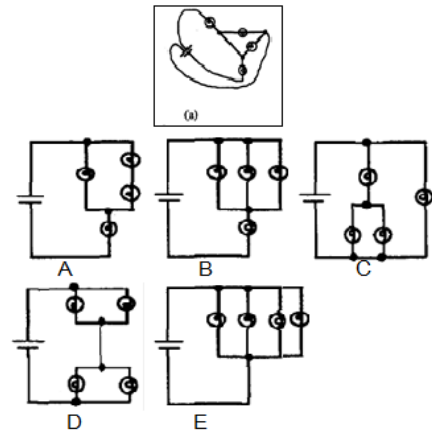
- A. เป็นสี่เท่าของ
B. เป็นสองเท่าของ
C. เท่ากันกับ
D. เป็นครึ่งหนึ่งของ
E. เป็นหนึ่งในสี่ของ

- (9) จงเรียงลำดับค่าของกระแสไฟฟ้าที่จุด 1 2 3 4 5
และ 6 จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด

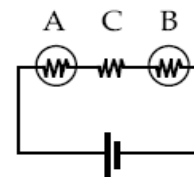


- A. 5, 3, 1, 2, 4, 6
B. 5, 3, 1, 4, 2, 6
C. 5 = 6, 3 = 4, 1 = 2
D. 5 = 6, 1 = 2 = 3 = 4
E. 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6

- (11) วงจรไฟฟ้า (a) มีลักษณะเช่นเดียวกับวงจรในข้อใด

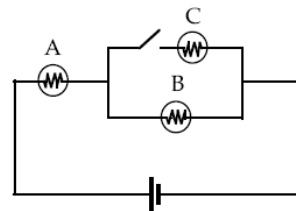


- (14) ความสว่างของหลอดไฟ A และ หลอดไฟ B จะเป็น
อย่างไร เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานของตัวต้านทาน C ใน
วงจรรูปข้างล่างนี้



- A. A สว่างเท่าเดิม แต่ B สว่างลดลง
B. A สว่างลดลง แต่ B สว่างเท่าเดิม
C. A และ B สว่างเพิ่มขึ้น
D. A และ B สว่างลดลง
E. A และ B สว่างเท่าเดิม

- (15) ความสว่างของหลอดไฟ A และ B จะเป็นอย่างไร
เมื่อสับสวิตช์ลง



- A. A สว่างเท่าเดิม แต่ B สว่างลดลง
B. A สว่างเพิ่มขึ้น แต่ B สว่างลดลง
C. A และ B สว่างเพิ่มขึ้น
D. A และ B สว่างลดลง
E. A และ B สว่างเท่าเดิม