

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด*

The Instruction in Science for Developing Thinking Ability

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (Nuanjid Chaowakeratipong)**

บทคัดย่อ

การคิดเป็นความสามารถสำคัญที่บุคคลต้องใช้ในการเรียนรู้ ตัดสินใจ และแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีธรรมชาติส่งเสริมการพัฒนาการคิดของผู้เรียน แต่เด็กไทยยังคงมีปัญหาด้านการคิดเป็น การสะท้อนถึงปัญหาสมรรถนะการสอนเพื่อพัฒนาการคิดของครูวิทยาศาสตร์ ที่สามารถแก้ไขได้โดยการจัดการ อบรมเผยแพร่ความรู้ให้กับครูเกี่ยวกับการคิดและการให้แนวทางในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการ คิดของผู้เรียน ในส่วนของความรู้เกี่ยวกับการคิด ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับมิติการคิดเมื่อมีความรู้ความเข้าใจแล้ว นำมาสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดซึ่งทำได้ 2 แนวทาง คือการแทรกกิจกรรมการคิดลงในแผนการ จัดการเรียนรู้ที่สอนความรู้แบบปกติ และการสร้างชุดฝึกเพื่อพัฒนาทักษะการคิดให้กับผู้เรียนโดยเฉพาะ แนวคิด ดังกล่าวนำมาจัดเป็นโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ ที่จะได้ผลดีขึ้นเมื่อมีระบบการนิเทศติดตามผลและให้ความ ช่วยเหลือกับ ครูผู้เข้ารับการอบรมด้วยซึ่งเป็นสิ่งที่ได้มีการวิจัยและให้ผลที่สนับสนุนสิ่งที่ได้กล่าวมาแล้ว

คำสำคัญ: การจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ การคิด

* เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการ

** รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

Educational Studies Sukhothai Thammathirat Open University

Abstract

Thinking is an importance ability that person need to employ for learning, decision making, and problem solving in living. Science is a subject that its' nature supports developing thinking ability of students. Nevertheless, Thai students still have problem about thinking. This reflects the problem about teaching competency for developing thinking ability of teachers. The problem can be resolved by training for distribution of knowledge about thinking ability and providing guidelines for learning activities management for developing thinking ability of the students. In part of knowledge about thinking ability, which is knowledge about thinking dimension. After understanding the knowledge, this can be used to create learning activities which support thinking ability in 2 ways, which are insertion of thinking activities into conventional learning management plans for teaching knowledge and development of training package for developing thinking ability of the students especially. Concepts mentioned above were employed for organization of workshop training project which would be better with post-training supervisory follow-up and helping the teachers who participated the workshop. These were suggested and supported by research results.

การคิดเป็นความสามารถพื้นฐานที่สำคัญ ที่บุคคลใช้ในการเรียนรู้สิ่งใหม่ และแยกแยะสิ่งดีชั่ว นำไปสู่การประพฤติปฏิบัติตนอย่างเหมาะสม สามารถแก้ปัญหาชีวิตได้อย่างถูกต้องและดำรงตนเป็นพลเมืองดี ของสังคม การคิดจึงเป็นประเด็นสำคัญที่มีปรากฏอยู่ในจุดมุ่งหมายในการจัดการศึกษาของชาติทุกยุคทั้งก่อนและ หลังการปฏิรูปการศึกษา เช่น การกำหนดเป้าหมายระดับชาติให้บุคคลคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น เพื่อการพัฒนาบุคคลให้เป็นคนเก่ง คนดี และเป็นคนมีความสุขล้วนแต่มีความเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเรื่องการคิดทั้งสิ้น เพราะการเป็นคนเก่งหมายถึง การที่บุคคลได้รับการพัฒนาด้านสติปัญญาการเป็นคนดีหมายถึง การที่บุคคลได้รับการพัฒนาด้านคุณธรรม จริยธรรม เห็นประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน เรียกว่าเป็นคนคิดดี ทำดี และการเป็นคนมีความสุขหมายถึงการได้รับการพัฒนาสุขภาพกายและจิตที่มีผลการจากการมีสติปัญญาที่รู้จัก การบริหารจิตใจคิดแต่สิ่งที่ดีงาม สังคมไทยจะมีสภาพที่น่าอยู่ คนไทยจะมีคุณภาพชีวิตที่ดี เศรษฐกิจไทยจะ รุ่งเรือง ถ้าสิ่งที่กำหนดไว้ให้แผนการศึกษาของชาติบรรลุผลตามที่คาดหวังในการพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้า จึงเน้นการพัฒนากระบวนการคิดได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้พลเมืองที่มีคุณภาพเพื่อเป็นกำลังในการเสริมสร้าง การพัฒนาประเทศทั้งในด้านเศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง สังคม และสืบทอดวัฒนธรรมอันเป็นการพัฒนาที่ ยั่งยืน การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนให้เป็นคนที่ดีอย่างมีเหตุผล และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ตลอดจนแก้ปัญหาของสังคมได้อย่างเหมาะสมเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก(กิตติมา ปัทมาวิไล และสุเทพ อ่วม เจริญ: 2559) สอดคล้องกับที่वासना ศรีอัครลาภ, วิภาวรรณ คงคล้าย และวิโรจน์ เกษภูลักษณะ (2559) ได้ กล่าวว่า แนวทางในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในองค์กรต้องมุ่งเน้นให้บุคลากรได้แสดงศักยภาพของตนเอง โดยอาศัยกระบวนการคิดในสมองเพื่อนำไปสู่การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาองค์กร เป็นเหตุผลที่แสดง ความสำคัญของการพัฒนาการคิดกับการพัฒนาคนและพัฒนาประเทศ

จากผลการศึกษาสภาพปัญหาสังคมไทยในยุคปัจจุบัน ดังที่ปรากฏในแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559) ได้กล่าวว่า สังคมไทยปัจจุบันมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว แต่ขาดความยั่งยืนโดยขาดความสมดุลอันเนื่องมาจากการคล้อยตามกระแสโลกาภิวัตน์ คุณภาพการศึกษาของประเทศไทยโดยเฉลี่ยลดลง และมีมาตรฐานค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับหลายประเทศในระดับเดียวกัน จากผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาโดย International Institute for Management Development (IMD) ในปี พ.ศ. 2556 พบว่า การศึกษาไทยอยู่ในอันดับ 51 จาก 57 ประเทศทั่วโลก จากเดิมที่เคยอยู่ในอันดับที่ 46 ในปี พ.ศ. 2550 นอกจากนี้คะแนนการสอบประเมินผลนักเรียนนานาชาติ Program for International Student Assessment (PISA) ทั้งด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่านในปี พ.ศ. 2552 พบว่านักเรียนไทยอยู่ในอันดับที่ 50 จาก 65 ประเทศ และมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อเทียบกับการประเมินที่ผ่านมา ผลการประชุมวิชาการระดับชาติที่จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สถาบันคีนันแห่งเอเชีย และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยมีครูจากทั่วประเทศเข้าร่วมประชุมเพื่อวิเคราะห์ผลคะแนนสอบ PISA พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนต่ำเพราะขาดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นในห้องเรียนยังไม่สามารถพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้อย่างที่ควรจะเป็น การจัดการเรียนการสอนของครูส่วนใหญ่ ยังเน้นการให้ความรู้แบบครูคอยป้อน ด้วยการให้นักเรียนจำแล้วนำไปใช้มากกว่าการส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างมีเหตุผล รู้จักคิด วิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดแก้ปัญหา รู้จักวิธีการแสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นกระทรวงศึกษาธิการจึงมีนโยบายพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา และเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง (สำนักปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2556)

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ และสิ่งของต่างๆ ที่มีอยู่ในโลกรอบตัวทั้งสิ่งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต โดยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ค้นพบและเรียนรู้ความเป็นไปของปรากฏการณ์ของสิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้ที่มีอยู่เดิมกับประสบการณ์หรือความรู้ใหม่ เกิดกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่ต้องสืบค้นหรือแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เช่น กิจกรรมการทดลอง หรือการสร้างแบบจำลอง ผนวกกับการอธิบายแลกเปลี่ยนความคิดของตนเองกับผู้อื่น จึงอาจกล่าวได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ส่งเสริมการคิดอย่างมาก ถ้าผู้สอนมีสมรรถนะในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดของผู้เรียนก็จะสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านการคิดได้อย่างเต็มศักยภาพสมรรถนะดังกล่าวประกอบด้วยความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายและขอบเขตของการคิดแบบต่างๆ และความสามารถในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้เทคนิคการออกแบบคำถามและคำสั่งให้ผู้เรียนปฏิบัติเพื่อให้เกิดพฤติกรรมความคิดที่ต้องการฝึก การสร้าง จัดหาหาสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับการฝึกพฤติกรรมความคิดรวมถึงการวัดประเมินผลการเรียนรู้ด้านการคิดของผู้เรียน ในบทความนี้ใคร่ขอนำเสนอรายละเอียดที่สำคัญ 3 เรื่อง คือ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ 2) การนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และ 3) การจัดอบรมและนิเทศติดตามผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิดดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดในวิชาวิทยาศาสตร์

จากข้อมูลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการคิดของทิสนา แชมมณี และคณะ (2540) ได้สังเคราะห์กรอบความคิดเกี่ยวกับการคิดประกอบด้วยมิติของการคิด 6 ด้านคือ

- 1) มิติด้านข้อมูลหรือเนื้อหาที่ใช้ในการคิด
- 2) มิติด้านคุณสมบัติที่เอื้อต่อการคิด
- 3) มิติด้านทักษะการคิด
- 4) มิติด้านลักษณะการคิด
- 5) มิติด้านกระบวนการคิด

และ 6) มิติด้านการควบคุมและประเมินการคิดของตน

ในการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด ผู้สอนจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับมิติการคิดทั้ง 6 นี้ โดยใช้มิติที่ 1 การใช้ข้อมูลหรือเนื้อหาเป็นประเด็นให้เกิดการคิดจากข้อมูล 3 ส่วนคือ ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เรียน ข้อมูลเกี่ยวกับสังคมและสิ่งแวดล้อมรอบตัวผู้เรียน และข้อมูลความรู้ในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ มิติที่ 2 คือ การพิจารณาถึงการส่งเสริมคุณสมบัติอันเป็นลักษณะนิสัยที่จะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเป็นนักคิดที่ดี ซึ่งได้แก่ ความมีใจกว้างและเป็นธรรม การเป็นคนใฝ่รู้ ช่างสังเกต ช่างสงสัย กระตือรือร้น ช่างวิเคราะห์ ผสมผสาน ขยัน ต่อสู้ อดทน มีความมั่นใจในตนเอง ซึ่งเป็นลักษณะนิสัยที่ตรงกับนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีการปลูกฝังและส่งเสริมอยู่แล้วในการสอนวิทยาศาสตร์

ส่วนข้อมูลของมิติที่ 3-6 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมความคิดที่มีความซับซ้อนต่างกัน เริ่มจากมิติที่ 3 ทักษะการคิดเป็นพฤติกรรมความคิดที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด แสดงด้วยคำกริยา เช่น การสังเกต การเปรียบเทียบ การจำแนก การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ ฯลฯ ต่อไปเป็นมิติที่ 4 ลักษณะการคิด แสดงด้วยคำที่มีคิดอยู่หน้าหน้าต่อด้วยคำขยายการคิดนั้น เช่น คิดคล่อง คิดละเอียด คิดอย่างมีเหตุผล ฯลฯ มิติที่ 5 กระบวนการคิดเป็นคำที่แสดงพฤติกรรมความคิดที่มีความซับซ้อนมากที่สุด เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ และมิติที่ 6 เป็นพฤติกรรมความคิดที่ควบคุมการรู้คิดที่เรียกว่า เมตาคอกนิชัน (Metacognition) ในวิชาวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะมีลักษณะตรงกับกลุ่มคำในมิติที่ 3 ทักษะการคิด ถ้าผู้สอนได้ศึกษาจนเกิดความรู้ความเข้าใจในความหมาย ขั้นตอนการปฏิบัติ และตัวบ่งชี้พฤติกรรมของการคิดแต่ละคำ จะสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ทำพฤติกรรมการคิดต่างๆ และในระหว่างการเรียนรู้ถ้าผู้สอนได้เพิ่มกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ทบทวนกลไกการคิดของตนเองไปด้วย จะสามารถพัฒนาความสามารถในการควบคุมและประเมินการคิดของตนได้ด้วย ส่วนของการประเมินผลความสามารถในการคิดของผู้เรียน ผู้สอนสามารถนำเอาตัวบ่งชี้พฤติกรรมของการคิด แต่ละคำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมความคิดของผู้เรียนได้ด้วย จากแนวคิดดังกล่าว ทิสนา แชมมณี (2547) ได้นำเสนอตัวอย่างข้อมูลของพฤติกรรมการสังเกตไว้ดังนี้

ความหมายของการสังเกต	การเรียนรู้และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยใช้ประสาทสัมผัสหลายด้าน เพื่อให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งนั้นๆ ทั้งในด้านปริมาณและลักษณะทางกายภาพ และรายงานข้อมูลตรงตามข้อมูลเชิงประจักษ์โดยไม่ตีความ
ขั้นตอนของพฤติกรรมการสังเกต	1. รับรู้สิ่งที่สังเกต 2. ใช้ประสาทสัมผัสหลายทาง (หู ตา จมูก ลิ้น ผิวกาย) ในการรับรู้และสำรวจสิ่งที่กำหนด 3. รวบรวมข้อมูลการสังเกตทั้งด้านลักษณะทางกายภาพและปริมาณ 4. รายงานข้อมูลการสังเกตตรงตามข้อมูลการสังเกต 5. รายงานข้อมูลการสังเกตโดยไม่ตีความข้อมูล
ตัวบ่งชี้พฤติกรรมการสังเกต	1. ความตั้งใจ ความมีสมาธิ และความว่องไวในการรับรู้ 2. การใช้ประสาทสัมผัสในการรับรู้ และความละเอียดในการสังเกต 3. ลักษณะของข้อมูลที่สังเกตได้ และความละเอียดของข้อมูลที่สังเกตได้ 4. การรายงานข้อมูลที่สังเกตโดยไม่มีการตีความ

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ผู้สอนรู้ว่าถ้าต้องการให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการสังเกตจะต้องนำสิ่งของที่ใช้เป็นสื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการสังเกต โดยจะต้องได้ใช้ประสาทสัมผัสหลายด้าน เช่น การเลือกใช้ลูกอม 1 เม็ดที่บรรจุอยู่ในซองพลาสติกที่ปิดผนึกไว้ เป็นสื่อที่เหมาะสมเพราะผู้เรียนสามารถใช้ประสาทสัมผัสครบทั้ง 5 ด้านในการเก็บข้อมูล ตั้งแต่การใช้การสัมผัสทางตาในการเก็บข้อมูลรูปลักษณ์จากซองพลาสติกที่บรรจุลูกอมทั้งข้อมูลทางกายภาพและปริมาณ ได้แก่ ตัวเลขแสดงน้ำหนัก ขนาดความกว้างความยาวของซองที่บรรจุ จำนวนรอยหยักที่ริมซองที่ปิดผนึก จำนวนของสิ่งของที่เป็นรายละเอียดของลวดลาย ข้อมูลทางกายภาพได้แก่ สีและรูปร่าง ฯลฯ การใช้หูเก็บข้อมูลเสียงเมื่อมีการขยำซองพลาสติกที่ห่อลูกอม หรือเสียงแตกของลูกอมที่ถูกกัดให้แตก ฯลฯ การใช้จมูกเก็บข้อมูลกลิ่นของลูกอมขณะอมลูกอม รวมถึงลิ้นเก็บข้อมูลรสชาติของลูกอม และผิวสัมผัสความลื่น ความเหนียว แข็ง นุ่ม หยวบ ขรุขระของผิวลูกอม ความหนัก/เบา ฯลฯ ความเข้าใจนี้ทำให้ผู้สอนสามารถเลือกสื่อการเรียนรู้ที่ถูกต้องเหมาะสม ผิดกับผู้สอนที่เข้าใจว่าการสังเกตคือการเก็บข้อมูลโดยการดูด้วยตาอย่างเดียว ผู้สอนก็จะเลือกใช้เฉพาะสื่อที่เป็นรูปภาพอย่างเดียว ซึ่งมีผลให้ผู้เรียนไม่มีโอกาสได้ฝึกทักษะการสังเกตได้ครบถ้วน

จากข้อมูลขั้นตอนของพฤติกรรมการสังเกต ผู้สอนนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดคำถาม/คำสั่ง เพื่อให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการสังเกตโดยใช้คำสั่งดังนี้ 1) ให้ผู้เรียนบอกข้อมูลของลูกอมที่กำหนดให้โดยใช้ประสาทในการรับข้อมูล หลายด้านมากที่สุด 2) ให้ผู้เขียนรวบรวมข้อมูลทั้งหมดโดยพิจารณาให้มีข้อมูลที่เป็นด้านลักษณะและปริมาณ 3) ให้ผู้เรียนรายงานข้อมูลทั้งหมดโดยไม่มีการเติมข้อมูลอื่นๆ ที่ได้จากการตีความหรือการแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมเข้าไป

และจากข้อมูลตัวบ่งชี้พฤติกรรมสังเกต ผู้สอนนำมาใช้ในการกำหนดเกณฑ์การประเมินความสำเร็จหรือความก้าวหน้าของผู้เรียนในการใช้/มีทักษะการสังเกต โดยกำหนดให้ผู้ที่ได้คะแนนสูงสุดต้องแสดงพฤติกรรมทุกอย่างที่ปรากฏอยู่ในตัวบ่งชี้ และคะแนนรองลงมาสำหรับผู้เรียนที่แสดงพฤติกรรมบางรายการบกพร่องไป

จากความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เริ่มจากการพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำมาจัดระบบให้เกิดความชัดเจนของความหมายและพฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะที่ รีนา ภูมิระวี (2554) ได้จัดทำไว้ประกอบการทำวิจัยซึ่งในที่นี้จะได้นำเสนอเป็นตัวอย่างเพียง 8 ทักษะซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการกำหนดความหมาย และพฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

ทักษะ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ
1. ทักษะการสังเกต (observing)	การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกันได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ได้ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งที่สังเกตเกี่ยวกับรูปร่าง กลิ่น การสัมผัสซึ่งเป็นลักษณะหรือ คุณสมบัติที่ยังไม่สามารถระบุออกมาเป็นตัวเลขแสดงปริมาณพร้อมหน่วยวัดมาตรฐานได้ 2. ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ 3. ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง	1. ชีบ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง 2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ 3. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

ทักษะ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ
2.ทักษะการวัด (measuring)	การวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ	1.เลือกเครื่องมือวัดได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด 2.บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ 3.บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง 4.ทำการวัดความกว้าง ความยาวความสูงอุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนักและอื่นๆได้ถูกต้อง 5.ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้
3.ทักษะการคำนวณ (using numbers)	การคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย	1.การนับได้แก่ 1.1 นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง 1.2 ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ 1.3 ตัดสินได้ว่าของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน 1.4 ตัดสินได้ว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน 2. การคำนวณ (บวก ลบ คูณ หาร) ได้แก่ 2.1 บอกวิธีคำนวณได้ 2.2 คิดคำนวณได้ถูกต้อง 2.3 แสดงวิธีคิดคำนวณได้ 3. การหาค่าเฉลี่ย 3.1 บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย 3.2 หาค่าเฉลี่ย 3.3 แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

ทักษะ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ
4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)	การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ความแตกต่าง หรือ ความสัมพันธ์อย่างใด อย่างหนึ่งก็ได้ เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทพิจารณาจากลักษณะความเหมือนและความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ซึ่งอาจเป็นเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเองหรือมีผู้อื่นกำหนดให้ ถ้าสิ่งที่นำมาจำแนกประเภทมีลักษณะนั้นร่วมกันก็จัดให้อยู่ในพวกเดียวกัน สิ่งที่ไม่มีลักษณะดังกล่าวก็รวมกันเป็นอีกพวกหนึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทถ้าเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตเกณฑ์ที่ใช้มักจะเป็นสี รูปร่าง ขนาด ลักษณะผิว วัตถุที่ใช้ ทำประโยชน์ ราคา ส่วนสิ่งที่มีชีวิตมักจะใช้เกณฑ์ที่มีลักษณะของสิ่งมีชีวิต อาหาร การสืบพันธุ์ ที่อยู่อาศัย การเคลื่อนไหว เป็นต้น	1. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ 2. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ตนเองได้ 3. บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space/space relationship and space/time relationship)	สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้นโดยทั่วไปสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง -ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ -ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา	1. ชี้บ่งรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้ 2. วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้ 3. บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเรขาคณิตได้ 4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ กับ 3 มิติได้ - ระบูปรูป 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติได้ - เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุสามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ที่เป็นต้นกำเนิดเงา

		- เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่เกิดขึ้นได้ - บอกรูปของรอยตัด (2 มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ) ออกเป็น 2 ส่วน 5. บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุหนึ่งได้ 6. บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง 7. บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้
ทักษะ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ
		8. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้ 9. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่างๆ กับเวลาได้
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (organizing data and Communication)	การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึงการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณค่าใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปแบบตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น	1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม 2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้ 3. ออกแบบเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ 4. เปลี่ยนแปลงข้อมูลใหม่ให้

		อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้น 5.บรรยายลักษณะสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสมจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ 6.บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้
7.ทักษะการลง ความคิดเห็นจาก ข้อมูล (inferring)	การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้	อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความ คิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จาก การสังเกตโดยใช้ความรู้หรือ ประสบการณ์
ทักษะ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ
8.การพยากรณ์ (predicting)	การพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์เกิดขึ้นซ้ำๆ หลักการกฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุปการพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือกราฟ	การพยากรณ์ โดยทั่วไปทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือ ทฤษฎี ที่มีอยู่ได้ การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ ภายในและภายนอกข้อมูลที่มีอยู่

นอกจากทักษะกระบวนการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ แล้วยังมีการคิดอื่นๆ ที่นำมาพิจารณาให้ชัดเจน ในส่วนของความหมาย และพฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ ดังตัวอย่างบางการคิดที่ทีศนา เขมมณี และคณะ (2547 ไม่ปรากฏหน้า) อ้างถึงใน นวลจิตต์ เขวกีรติพงศ์ (2551)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการกำหนด ความหมายและพฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะการคิด

ทักษะ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ
การวิเคราะห์ (Analizing)	การแยกข้อมูลหรือส่วนประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ และตรวจสอบหรือจัดโครงสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ เพื่อให้ได้ความรู้ความเข้าใจ และข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือหาเหตุผล และผลของสิ่งที่เกิดขึ้นหรือใช้ในการแก้ไขปัญหา หรือใช้ใน	1. กำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ 2. แยกแยะส่วนประกอบต่างๆ ของสิ่งที่วิเคราะห์ 3. แจกแจงรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆ ของสิ่งที่วิเคราะห์
ทักษะ	ความหมาย	พฤติกรรมบ่งชี้การเกิดทักษะ
	การประเมินค่าและการตัดสินใจ หรือนำไปใช้ในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่	4. ตรวจสอบ/จัดโครงสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบใหญ่และองค์ประกอบย่อย 5. นำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ให้เข้าใจง่าย
การสังเคราะห์ (Synthesizing)	การนำส่วนประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งมาผสมผสานรวมกันเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีเอกลักษณ์และคุณสมบัติ เฉพาะที่แตกต่างไปจากสิ่งเดิม	1. วิเคราะห์ส่วนประกอบ หรือข้อมูลที่ต้องการสังเคราะห์ 2. กำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งใหม่ที่ต้องการสร้าง 3. เลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการสังเคราะห์ 4. สร้างกรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด 5. สร้างสิ่งใหม่ได้ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดที่กำหนด
การประยุกต์ใช้ ความรู้ (Appling)	การนำความรู้ที่มีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีลักษณะ แตกต่างไปจากเดิม	ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่

2. การนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้สอนวิทยาศาสตร์สามารถนำการคิดเข้าสู่การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ได้หลายวิธีตามความคิดของครูแต่ละคน ในที่นี้ใคร่ขอเสนอแนวทาง 2 แนวทางคือ 1) การแทรกการคิดเข้าไปในแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอนเนื้อหาปกติ และ 2) การสร้างเป็นชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดและตัวอย่างต่อไปนี้

2.1 การแทรกการคิดเข้าไปในแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอนเนื้อหาปกติ

ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ และการวัดประเมินผล ในการแทรกการคิดลงในแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ สามารถแทรกลงไปได้ใน 3 องค์ประกอบสำคัญคือ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดประเมินผล ในส่วนของจุดประสงค์ การเรียนรู้สามารถเพิ่มเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านการคิด เมื่อผู้สอนพิจารณาเห็นความสอดคล้องของการคิดซึ่งอาจเป็นมิติของทักษะการคิด ลักษณะการคิดหรือกระบวนการคิดกับเนื้อหาหรือจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ที่ต้องการจะสอนผู้เรียน ในส่วนของกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนสามารถใช้ความหมายที่แสดงขั้นตอนของการคิด เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้ตรงกับความคิดที่ต้องการสอน และในส่วนของ การวัดและประเมินผลผู้สอนสามารถใช้ตัวบ่งชี้พฤติกรรมการคิดเป็นแนวทางในการสร้างวิธีการและเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมการคิดที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านการคิดได้ ทั้งนี้ผู้อ่านสามารถสังเกตความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ที่กล่าวถึงในแผนการจัดการเรียนรู้ตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิด/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ชั้น ม.3

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ด้านความรู้)

เมื่อจบบทเรียนแล้วนักเรียนสามารถ

1. ระบุส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้
2. อธิบายหลักการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้
3. เขียนรูปวงจรการไหลของกระแสไฟฟ้าในเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้
4. ระบุการเปลี่ยนรูปพลังงานในเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้
5. ให้นิยามความหมายของเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้
6. ให้นิยามความหมายของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ได้
7. ให้นิยามความหมายของขั้วไฟฟ้าบวก และขั้วไฟฟ้าลบได้
8. อธิบายการผลิตกระแสไฟฟ้าภายในถ่านไฟฉายและแบตเตอรี่รถยนต์ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ด้านการคิด/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. คิดคล่อง | 11. การให้นิยามความหมาย |
| 2. การระบุ | 12. การจำแนก |
| 3. การอธิบาย | 13. การลงข้อสรุป |
| 4. การทดลอง | 14. เปรียบเทียบ |
| 5. การเปรียบเทียบ | 15. การตั้งสมมติฐาน |
| 6. การแก้ปัญหา | 16. การออกแบบการทดลอง |
| 7. การสังเกต | 17. การประเมิน |
| 8. คิดอย่างมีเหตุผล | |
| 9. การวิเคราะห์ | |
| 10. การสังเคราะห์ | |

สาระสำคัญ

เซลล์ไฟฟ้าเคมี เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย โลหะ 2 ชนิด ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าลบ จุ่มอยู่ในสารละลายที่นำไฟฟ้าได้เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าสูง (ศักย์ไฟฟ้าสูง) ไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำ (ศักย์ไฟฟ้าต่ำ) และกระแสไฟฟ้าจะหยุดไหลเมื่อศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน

ถ้าย่อยเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่งที่มีแผ่นสังกะสีทำหน้าที่เป็นขั้วลบ แท่งถ่านทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ผสมผงถ่านทำหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ส่วนแบตเตอรี่รถยนต์ คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีหลายเซลล์ที่นำมาต่อกันทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น

กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม	การคิด/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ 1. ครูกล่าวถึง การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันของนักเรียน แล้วให้นักเรียนช่วยกันบอกชื่อแหล่งที่ให้กำหนดไฟฟ้าได้ที่นักเรียนรู้จักมาให้มากที่สุดภายใน 3 นาที ครูเขียนคำตอบของนักเรียนบนกระดาน 2. ครูนำถ่านไฟฉาย มาให้นักเรียนดูแล้วถามว่าคืออะไร เป็นสิ่งที่ให้กระแสไฟฟ้าได้หรือไม่และให้กระแสไฟฟ้าออกมาได้อย่างไร ให้นักเรียนบางคนตอบตามประสบการณ์เดิมโดยครูยังไม่เฉลยคำตอบที่ถูกต้อง 3. ครูกล่าวเชื่อมโยงว่า วันนี้เรามาศึกษาการทำงานของถ่านไฟฉาย ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา 4. ครูแจกใบงานเพื่อทำกิจกรรม เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง 5. ครูแนะนำวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง อธิบายวิธีการใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (แอมมิเตอร์) โดยทดสอบกับถ่านไฟฉาย และอธิบายขั้นตอนการทดลองตามใบงาน	คิดคลอง การระบุและการอธิบาย การทดลอง การเปรียบเทียบ
6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง โดยจัดให้นักเรียนบางกลุ่มได้รับแจกแผ่นทองแดงที่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่มีการสั่งให้นักเรียนใช้กระดาษทรายขัดแผ่นทองแดงก่อนการต่อวงจร ดังนั้นจะมีนักเรียนได้ผลการทดลองแตกต่างกัน ครูให้นักเรียนที่ทำการทดลองไม่ได้ผลเปรียบเทียบลักษณะของแผ่นทองแดงที่ต่างกัน เพื่อเสนอวิธีแก้ไขปัญหามาตามความคิดของนักเรียน แล้วให้นักเรียนกลุ่มที่ทำการทดลองไม่ได้ผลทำการทดลองใหม่ จนสำเร็จ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 7. ครูนำตารางบันทึกผลผลิตบนกระดานให้นักเรียนบันทึกผลการทดลอง และให้นักเรียนกลุ่มที่มีปัญหาในการทดลอง นำเสนอปัญหาและการแก้ปัญหา โดยให้อธิบายเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา 8. ครูให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อตอบว่าถ่านไฟฉายทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร	การแก้ปัญหา การอธิบาย

กิจกรรม	การคิด/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
8.1 ส่วนประกอบของชุดทดลองมีอะไรบ้าง 8.2 เมื่อจุ่มแผ่นทองแดงและสังกะสีลงในกรดซัลฟิวริก มีอะไรเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงนั้นถือว่ามีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือไม่เพราะอะไร 8.3 ในการทดลองมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่ รู้ได้อย่างไร 8.4 ถ้าจะเขียนทิศทางการเกิดกระแสไฟฟ้าในการทดลองจะเขียนได้อย่างไร ครูให้นักเรียนออกมาเขียนรูปบนกระดาน 8.5 ครูให้นักเรียนแยกแยะและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของชุดทดลอง กับรูปทิศทางการเกิดกระแสไฟฟ้าในการทดลอง เพื่อระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของแต่ละส่วน คือ แผ่นทองแดง แผ่นสังกะสี และสารละลายกรดซัลฟิวริก 8.6 ครูบอกข้อมูลว่าชุดทดลองนี้ชื่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี แผ่นทองแดงและสังกะสี เรียกว่า ขั้วไฟฟ้า สารละลายกรดซัลฟิวริก เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันกำหนดนิยามความหมายของเซลล์ไฟฟ้าเคมี มีขั้วไฟฟ้า และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำตอบในกระดาษแผ่นใหญ่เพื่อเตรียมนำเสนอ 8.7 ขั้วไฟฟ้าที่มีทั้งแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสี เป็นขั้วไฟฟ้าแบบเดียวกันหรือไม่ถ้าจะจัดประเภทและให้คำนิยามโดยใช้การพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนตามรูปที่เขียนบนกระดานจะทำได้อย่างไร 8.8 ครูนำภาพส่วนประกอบภายในของถ่านไฟฉายติดคู่กับรูปแสดงทิศทางการเกิดกระแสไฟฟ้าเคมีบนกระดาน ให้นักเรียนเปรียบเทียบและเชื่อมโยงเพื่ออธิบายการวิเคราะห์กระแสไฟฟ้าในถ่านไฟฉาย	การระบุ การสังเกต และ คิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างมีเหตุผล การวิเคราะห์ การให้นิยามความหมาย การจำแนก และการ นิยามความหมาย การวิเคราะห์และลง ข้อสรุป
ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ 9. ครูนำตัวอย่างหม้อแบตเตอรี่ และภาพแสดงส่วนประกอบภายในของหม้อแบตเตอรี่ให้นักเรียนดู แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของถ่านไฟฉายกับหม้อแบตเตอรี่ 10. ครูตั้งคำถามว่า ถ้าเราไม่มีถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่ แต่มีแผ่นทองแดงและสังกะสีและมีผลไม้หลายชนิดที่ครูเตรียมมา (ผลมะนาว ผลส้ม ผลสัปะรด ผลแตงโม ผลชมพู ผลแก้วมังกร) นักเรียนคิดว่าจะทำให้หลอดไฟเล็กที่มีอยู่นี้สว่างได้หรือไม่ ทำอย่างไร	การเปรียบเทียบ การตั้งสมมติฐาน และ การออกแบบการทดลอง

กิจกรรม	การคิด/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
11. ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อจัดลำดับการเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ดีจากมากไปหาน้อยของผลไม้ที่ครูเตรียมมา	การทดลอง
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน 12. ให้นักเรียนร่วมกันตัดสินผลงานการให้คำนิยาม เซลล์ไฟฟ้าเคมี ขั้วไฟฟ้าบวก-ลบ และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พร้อมแสดงเหตุผลของการประเมิน	การประเมิน
13. ให้นักเรียนประเมินผลการจัดลำดับความเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ของผลไม้ต่างๆ ที่ครูเตรียมมาซึ่งเป็นผลจากการทดลองของนักเรียน	การวิเคราะห์และลงข้อสรุป

สื่อการสอน

- ชุดทดลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี
- แอมมิเตอร์
- ใบงาน
- ตัวอย่างของจริง ถ่านไฟฉาย และหม้อแบตเตอรี่รถยนต์
- รูปภาพแสดงส่วนประกอบภายนอกของถ่านไฟฉายและหม้อแบตเตอรี่รถยนต์
- ผลไม้เป็นผล มะนาว ส้ม สับปะรด แตงโม ชมพู แก้วมังกร
- กระดาน flipchart และปากกาให้นักเรียนเขียนข้อความเพื่อนำเสนอ

การวัดและประเมินผล

- ด้านความรู้ – สังเกตจากการตอบคำถามระหว่างเรียนและการทำข้อสอบหลังเรียน
- ด้านการคิด – สังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียนกับตัวบ่งชี้พฤติกรรมความคิด/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละแบบ

2.2 การสร้างเป็นชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสร้างสื่อประสมเพื่อใช้ในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนโดยไม่อิงจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านเนื้อหาความรู้ โดยจัดเป็นกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน หรือกิจกรรมชุมชนเป็นการสร้างกิจกรรมเสริมหลักสูตร ซึ่งผู้สอนสามารถตั้งชื่อชุดฝึกกิจกรรมตามลักษณะของสื่อหรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ฝึกในชุดฝึกนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา (คือทักษะที่ต้องการฝึก) เวลาที่ใช้ฝึกการเตรียมการล่วงหน้า สื่อที่ต้องใช้ รายละเอียดของกิจกรรม และการวัดประเมินผลในขณะที่ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ ดังตัวอย่างงานของ จิรัฐ วิทยะวงศ์ (2556) ต่อไปนี้

ชุดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**กิจกรรมชุดที่ 3 เรื่อง ชีวิตของถั่วเขียว****กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เวลา 4 ชั่วโมง****จุดประสงค์การเรียนรู้**

นักเรียนสามารถแสดงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ การสังเกต การวัด การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล การพยากรณ์ การลงความเห็นจากข้อมูลและการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

เนื้อหา

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการคิด
3. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล
4. ทักษะการพยากรณ์
5. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล
6. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

เวลาที่ใช้

4 ชั่วโมง (240 นาที)

การเตรียมการล่วงหน้า

1. ศึกษาทำความเข้าใจกิจกรรมชุดที่ 3 เรื่อง ชีวิตของถั่วเขียว
2. เตรียมสื่อใบงาน วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมชุดที่ 3 เรื่อง ชีวิตของถั่วเขียว
3. เตรียมวัสดุ ได้แก่ ถั่วเขียวที่แช่น้ำ 1 คืบ ดิน และกระถาง

สื่อ

1. ใบงานกิจกรรมชุดที่ 3 เรื่อง ชีวิตของถั่วเขียว 1 ชุด/ผู้เรียน 1 คน
2. วัสดุ ได้แก่ ถั่วเขียวที่แช่น้ำ 1 คืบ ดิน และกระถาง

กิจกรรม

1. ครูเตรียมถั่วเขียวที่แช่น้ำ 1 คืน ดิน และกระถาง ไว้ให้นักเรียน
2. ให้นักเรียนลงมือเพาะถั่วเขียว 10 เมล็ดลงในกระถางแล้วรดน้ำ
3. ให้นักเรียนสังเกตการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว โดยมาวัดความสูงของต้นถั่วเขียว ทุกวัน พร้อมทั้งจดบันทึกแล้ววาดภาพเป็นเวลา 7 วัน (ทักษะการสังเกตและทักษะการวัด)
4. ให้นักเรียนนำข้อมูลความสูงของต้นถั่วเขียวที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันที่ปลูกกับความสูงของต้นถั่วเขียว (ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล)
5. ให้นักเรียนคาดคะเนความสูงของต้นถั่วเขียวหลังจากปลูกไปแล้ว 10 วัน ว่าจะมี ความสูงเท่าใด (ทักษะการพยากรณ์)
6. ขณะนักเรียนสังเกตการณ์เจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวเป็นเวลา 7 วัน ให้นักเรียน สังเกตใบของถั่วเขียวแต่ละต้นว่ามีสี ขนาด และลักษณะเหมือนกันหรือไม่ แล้วให้เหตุผลว่า เพราะเหตุใดจึงเหมือนหรือแตกต่างกัน (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)
7. จากการศึกษาชีวิตของถั่วเขียวให้นักเรียนบอกความหมายของการเจริญเติบโตของ ต้นถั่วเขียว (ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ)

การวัดและประเมินผลใช้เกณฑ์การประเมินโดย Rubric Score

1. ให้นักเรียนสังเกตการณ์เจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว โดยมาวัดความสูงของต้นถั่วเขียวทุกวัน พร้อมทั้งจดบันทึกแล้ววาดภาพเป็นเวลา 7 วัน
 - ทักษะการสังเกต

3 คะแนน	บอกรายละเอียดของสิ่งที่สังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส
	2 ด้าน และบอกสิ่งที่เปลี่ยนแปลงในการสังเกตแต่ละครั้ง
2 คะแนน	บอกรายละเอียดของสิ่งที่สังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส
	2 ด้านหรือบอกสิ่งที่เปลี่ยนแปลงในการสังเกตแต่ละครั้ง
	อย่างใดอย่างหนึ่ง

1 คะแนน บอกรายละเอียดของสิ่งที่สังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส 1 ด้านและไม่บอกสิ่งที่เปลี่ยนแปลงในการสังเกตแต่ละครั้ง

0 คะแนน ไม่บอกรายละเอียดของสิ่งที่สังเกตได้และไม่บอกสิ่งที่เปลี่ยนแปลงในการสังเกตแต่ละครั้ง

- ทักษะการวัด

2 คะแนน วัดระดับความสูงของต้นถั่วเขียวพร้อมทั้งระบุหน่วยได้ถูกต้อง

1 คะแนน วัดระดับความสูงของต้นถั่วเขียวได้แต่ระบุหน่วยไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุหน่วย

0 คะแนน ไม่สามารถวัดระดับความสูงของต้นถั่วเขียวได้และระบุหน่วยไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุหน่วย

2. ให้นักเรียนนำข้อมูลความสูงของต้นถั่วเขียวที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันที่ปลูกกับความสูงของต้นถั่วเขียว

- ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล

2 คะแนน เลือกรูปแบบที่ใช้ในการนำเสนอและออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เลือกรูปแบบที่ใช้ในการนำเสนอได้แต่ออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ไม่ถูกต้อง

0 คะแนน ไม่สามารถเลือกรูปแบบที่ใช้ในการนำเสนอได้และออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ไม่ถูกต้อง

2. ให้นักเรียนคาดคะเนความสูงของต้นถั่วเขียวหลังจากปลูกไปแล้ว 10 วัน ว่าจะมีความสูงเท่าใด

- ทักษะการพยากรณ์

1 คะแนน บอกความสูงของต้นถั่วเขียวเมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน โดยอาศัยข้อมูลความสูงกับจำนวนวันที่ปลูกได้ถูกต้อง

0 คะแนน ไม่สามารถบอกความสูงของต้นถั่วเขียวเมื่อเวลาผ่านไป 10 วันไป

4. ขณะนักเรียนสังเกตการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวเป็นเวลา 7 วัน ให้นักเรียนสังเกตใบของถั่วเขียวแต่ละต้นว่ามีสี ขนาด และลักษณะเหมือนกันหรือไม่ แล้วให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเหมือนหรือแตกต่างกัน

1 คะแนน ลงความเห็นได้บางส่วนไม่ครบถ้วนหรือไม่ใช้ข้อมูลจากการสังเกตทั้ง 7 วัน

0 คะแนน ไม่สามารถลงความเห็นได้

5. จากการศึกษาชีวิตของถั่วเขียวให้นักเรียนบอกความหมายของการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว

- ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

2 คะแนน ระบุความหมายของการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวได้ว่าการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวหมายถึง การเปลี่ยนแปลงของต้นถั่วเขียวโดยการเพิ่มความสูง การเพิ่มจำนวนใบ และมีการเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเขียว

1 คะแนน ระบุความหมายของการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวได้บางส่วนไม่ครบถ้วน

0 คะแนน ระบุความหมายของการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวไม่ได้

3. การจัดอบรมและนิเทศติดตามผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด

การเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการคิดและวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิดเป็นความพยายามที่มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยงานได้ทำอย่างต่อเนื่อง ผู้เขียนมีประสบการณ์ตรงในการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด ได้จัดกิจกรรมการอบรมโดยให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดแบบต่างๆ และสร้างสถานการณ์ตัวอย่างให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ฝึกพฤติกรรมการคิด และเปิดโอกาสให้มีการฝึกการออกแบบกิจกรรมโดยใช้คำถาม/คำสั่งให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมการคิดตามที่ต้องการ ผลการอบรมพบว่าครูส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดแต่ไม่ประสบความสำเร็จในการออกแบบกิจกรรมโดยใช้คำถาม/คำสั่งให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมการคิดตามที่ต้องการ และผู้เข้ารับการอบรมยังได้แสดงความต้องการให้มีการจัดอบรมเพิ่มเติม โดยการติดตามผลและให้คำปรึกษาเพิ่มเติมในการทำงานหลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ (นวลจิตต์ เขาวงกิตพิงศ์, 2555) และข้อมูลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับประสบการณ์ของผู้เขียนที่ได้จัดการฝึกอบรมให้ครูจำนวน 145 คน จากโรงเรียนในอุปถัมภ์ของบริษัทบ้านปู มหาชนจำกัด

จำนวน 6 แห่ง ใน 3 จังหวัดภาคเหนือ เรื่อง “การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด” ซึ่งได้ดำเนินการจัดการอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2551 – 2553 เริ่มจากการอบรมให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดแบบต่างๆ และวิธีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดให้กับนักเรียนด้วยวิธีการต่างๆ และการได้ติดตามให้คำปรึกษาในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิด การนิเทศการสอนเพื่อให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำปรับปรุงคุณภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และส่งเสริมให้ครูทำวิจัย เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน โดยมีความสามารถด้านการคิดของนักเรียนเป็นตัวแปรตามในการวิจัย พบว่ามีครูจำนวนหนึ่งสามารถดำเนินการพัฒนาสมรรถนะของตนเองจนถึงขั้นแสดงผลงานการวิจัยเพื่อพัฒนาการคิดให้กับนักเรียนได้แสดงให้เห็นว่าการติดตามผลและให้คำปรึกษาแก่ครู เพื่อการนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการทำงาน ซึ่งต้องประกอบด้วย การให้คำปรึกษาเพิ่มเติมและการนิเทศติดตามผลจะทำให้เกิดผลสำเร็จ คือ ครูสามารถวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนด้านการคิดได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิตติมา ปัทมาวิไล และสุเทพ อ่วมเจริญ. (2559). “การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เสริมสร้างทักษะการให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”. VERIDIAN E-Journal SILPAKORN UNIVERSITY 9,3 (กันยายน-ธันวาคม): 377-391.
- จิรัฐ วิทยะวงศ์ (2556). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนยานนาวาเวศวิทยาคม กรุงเทพมหานคร การศึกษาค้นคว้าอิสระ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ทิตนา แหมมณี และคณะ (2540). ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.
- ทิตนา แหมมณี (2557). เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการ การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด กรุงเทพมหานคร ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (คัดสำเนา).
- นวลจิตต์ เขาวงกตพิงศ์. (2551). “การสอนเพื่อพัฒนาการคิด” ในประมวลสาระชุดวิชาวิทยาการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 10 นนทบุรี สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- _____. (2555). รายงานผลการดำเนินโครงการบริการวิชาการแก่สังคม เรื่องการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (อัดสำเนา).
- รีนา ภูมิระวิ (2554). ผลการใช้ชุดฝึกกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา อำเภอดงหลวง จังหวัดสงขลา วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วาสนา ศรีอัครลาภ จิรวรรณ คงคล้าย และวิโรจน์ เจษฎาลักษณ์. (2559). “การพัฒนารูปแบบการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการโค้ชทางปัญญาในงานบริหารและบริการของภาครัฐ”.

VERIDIAN E-Journal SILPAKORN UNIVERSITY 9,2 (พฤษภาคม-สิงหาคม): 339-357.

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2556). 8 นโยบายการศึกษา. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.