ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Effects of Using Learning Cycle Approach Integrated with Scientific Argumentation on the Informal Reasoning Ability, Biology Achievement,and Biology Concepts of Mattayomsuksa Four Students

พรพิมล คงเจริญสุข*
pornpimonks@yahoo.com
จันทร์พร พรหมมาศ**
สมศิริ สิงห์ลพ***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา เป็นการวิจัยเชิงการทดลองเบื้องต้น ทำการศึกษาผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้จากด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ซึ่งเก็บข้อมูลระหว่างดำเนินการทดลอง จำนวน 3 ระยะ โดยยึดตามแนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนชลกันยานุกูล จำนวน 35 คน เครื่องมือ ได้แก่ แผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียน (*t*-test) แบบ Dependent sample ผลวิจัยสรุปได้ว่า

---

*นิสิตระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**อาจารย์ ดร. ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
***อาจารย์ ดร. โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่สูงขึ้นจากระดับปานกลางไปสู่ระดับสูง

คำสำคัญ : วงจรการเรียนรู้, การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์, การให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา, มโนทัศน์ชีววิทยา

Abstract

The purposes of this research were to compare the informal reasoning ability, Biology achievement and study effect from Development scores of Biology concepts. The research employed a pre-experimental design of the informal reasoning ability and Biology achievement by using learning cycle approach integrated with scientific argumentation and the development scores from Biology concepts tests during process with 3 phases for the classroom action research. The samples were 35 students who studied in Mattayomsuksa four students at Chonkanyanukool school of the academic year 2017. The research instruments were 1) the lesson plans which used the learning cycle approach integrated with scientific argumentation, 2) the informal reasoning ability tests, 3) Biology achievement tests, and 4) Biology concepts tests. The statistics for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and *t*-test with dependent sample.

The research results were as follows;

1. The informal reasoning ability scores of students after using learning cycle approach integrated with scientific argumentation was significantly higher than the pretest scores at the .05 level.

2. Biology achievement scores of students after using learning cycle approach integrated with scientific argumentation was significantly higher than the pretest scores at the .05 level.

3. After using learning cycle approach integrated with scientific argumentation, students developed Biology concepts from moderate to high level.

Keywords: Learning cycle, Scientific argumentation, Informal reasoning, Biology achievement, Biology concepts.

บทนำ

การศึกษามีความสำคัญต่อประเทศชาติ เพราะเป็นเครื่องมือในการพัฒนาคนและนวัตกรรม ที่ส่งผลต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ดังที่ระบุในแผนพัฒนาการศึกษากระทรวงศึกษาธิการฉบับที่ 12 (2560) ไว้ว่า “การศึกษาสร้างคน คนสร้างชาติ” ทั้งนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเอง นับว่ามีส่วนสำคัญทั้งต่อคนและประเทศเช่นเดียวกัน เพราะมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคนโดยตรง อีกทั้งเป็นความรู้ที่ใช้ในการผลิตนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ การวางรากฐานด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จึงต้องเริ่มที่การศึกษาในโรงเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนไทยมีความรู้ ความสามารถทัดเทียมกับนานาประเทศได้ ดังนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ต้องเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้า และหาความรู้ได้ด้วยตนเอง (Sund & Trowbridge, 1973, pp. 2-3) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีหลักสำคัญ คือ นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเข้าใจ สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ เกิดทักษะที่สำคัญในการดำเนินชีวิต พร้อมทั้งเกิดความกระตือรือร้นในการคิดและค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเอง (จันทร์พร พรหมมาศ, 2558, หน้า 1) จากอดีตจนถึงปัจจุบัน นักการศึกษาได้พัฒนาแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมาโดยตลอด แนวทางหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง คือ การเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry-based instruction) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่สำคัญ เพราะมีการกำหนดปัญหา วิธีการหาคำตอบ และสรุปคำตอบของปัญหานั้นได้ (Suchman, 1996 cited in Trowbridge & Bybee, 1986, p. 181) และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ คิดวิเคราะห์ ผ่านกระบวนการทำงานแบบนักวิทยาศาสตร์อย่างเต็มรูปแบบ (National Science Education Standard, 1996, p. 23) แนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบที่เป็นที่ยอมรับ และสามารถนำมาใช้จัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพแนวทางหนึ่ง คือ การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ (The learning cycle) ซึ่งเป็นแนวทางที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบสอบ เพื่อเข้าใจการทำงานและวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง สร้างมโนทัศน์ และพัฒนาการให้เหตุผล รวมทั้งสามารถใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อสร้างคำถาม ตั้งสมมติฐาน ทำนาย และสรุปผลตลอดจนนำเสนอความรู้ และความคิดเห็นของตนที่มีผ่านการโต้แย้งได้ (Lawson, 1991, p. 107 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 64)

โรเบิร์ต อี คาร์พลัสและคณะ (Robert E. Karplus, 1977) ได้นำแนวคิดวงจรการเรียนรู้มาพัฒนาเป็นแนวการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และต่อมามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังเช่น แคมป์เบล (Campbell, 1982) ลอว์สัน (Lawson, 1995) อาบรัสคาโต (Abruscato, 2004) และมาเรค (Marek, 2008) ที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ส่วนใหญ่พบว่ามี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ หรือทดลองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อได้มา ซึ่งมโนทัศน์เบื้องต้น ขั้นการสร้างความรู้เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์เบื้องต้นจากการสำรวจมาจัดลำดับ และเชื่อมโยงความรู้จนเกิดเป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องร่วมกัน และขั้นการนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อนำมโนทัศน์ที่ได้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ นอกจากส่งเสริมการสร้างความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติแล้ว ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น กล้าโต้แย้งมากขึ้น และให้เหตุผลได้ด้วยตนเอง (Lawson, 1995, p. 137) ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของนักเรียนที่ควรมีตามมาตรฐานผู้รู้วิทยาศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกาในยุคใหม่ คือ นักเรียนต้องสามารถวางแผน ตรวจสอบ วิเคราะห์ ตีความข้อมูล สร้างคำ

อธิบายพร้อมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยหลักฐานที่น่าเชื่อถือ และยอมรับได้ (Next Generation Science Standard, 2013 อ้างถึงใน ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, หน้า 132)

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) เป็นการแสดงออกของแต่ละบุคคลด้วยการโต้ตอบต่อผู้อื่น เมื่อมีความเห็นที่คล้อยตามหรือไม่เห็นด้วยต่อประเด็นที่กำลังอภิปรายร่วมกัน ผ่านการนำเสนอข้อมูลในรูปของข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) เพื่ออธิบายหรือพิสูจน์แย้งตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนได้ข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์ร่วมกัน (Llewellyn, 2013, pp. 19-21) ทั้งนี้หลักฐาน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพราะมีความสอดคล้องกับแนวคิดการรู้วิทยาศาสตร์ด้านการนำความรู้ไปใช้ (NSES, 1996 อ้างถึงใน ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, หน้า 18) ที่ระบุไว้ว่า นักเรียนต้องสามารถโต้แย้งและประเมินข้อโต้แย้ง โดยอาศัยพยานหลักฐาน การให้เหตุผล และการยืนยันข้อมูล จากการเชื่อมโยงความรู้ที่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กันอย่างน่าเชื่อถือ ซึ่งการให้เหตุผล ยังเป็นอีกองค์ประกอบจำเป็นที่ควรมี เนื่องจากสอดคล้องกับคุณลักษณะการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตามโครงการ PISA ด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้ว่า นักเรียนต้องสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่เป็นปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล (PISA, 2015 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ทั้งนี้การให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ(Informal reasoning) มีความสำคัญในแง่ของการแสดงความคิดเห็น และเป็นพื้นฐานไปสู่การให้เหตุผลขั้นสูงได้ โดยสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งข้อมูลองค์ความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันล้วนต้องอาศัยพื้นฐานของการให้เหตุผล (Mean & Voss, 1996, pp. 13-17) ดังที่ มาเรคและเมทเว็น (Marek & Methven, 1991, p. 109) พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นหลังได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ สอดคล้องกับผลการศึกษา สันติชัย อนุวรชัย (2553) และอรยา แจ่มใจ (2557) ที่พบว่าการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับวิธีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สามารถส่งผลให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการให้เหตุผลในระดับดี

จากการศึกษาแนวโน้มผลการประเมินระดับประเทศของนักเรียนไทย พบว่าที่ผ่านมาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จมากนัก แสดงให้เห็นว่า ตัวนักเรียนเองยังมีการเรียนรู้ไม่ดีพอ ซึ่งสอดคล้องผลประเมินการศึกษาระดับนานาชาติที่จัดสอบโดย Organization for Economic Co-operation and Development (OEDC) ในปี 2009 2012 และ 2015 ที่พบว่านักเรียนไทยมีแนวโน้มของคะแนนวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาโดยตลอดของการทดสอบ คือ 425 (ค่าเฉลี่ย 501) 444 (ค่าเฉลี่ย 494) และ 421 (ค่าเฉลี่ย 493) ตามลำดับ (PISA, 2015 อ้างถึงใน สสวท, 2560) นอกจากนี้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในวิชาชีววิทยา ยังพบว่าตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2559 นักเรียนมีคะแนนในระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ ได้แก่ 25.75 25.38 27.66 29.05 และ 27.32 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนนั้น ยังอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 เช่นเดิม (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2560) สอดคล้องกับผลการสำรวจผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาระดับประเทศ ในปี พ.ศ. 2558 ที่พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยทำได้เพียง 466 คะแนนเท่านั้น (ค่ากลาง 500 คะแนน) ซึ่งทำให้ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในอันดับ 26 จากทั้งหมด 39 ประเทศทั่วโลก (TIMSS, 2015 อ้างถึงใน สสวท, 2559, หน้า 20) จากการสัมภาษณ์นักเรียน และครูชีววิทยาเกี่ยวกับการเรียนการสอนชีววิทยา นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าวิชา

ชีววิทยามีเนื้อหามาก และค่อนข้างยาก ซึ่งการเรียนแบบเน้นการบรรยาย ถึงแม้ว่าการบรรยายจะส่งผลดีต่อการเรียนการสอน คือ สามารถครอบคลุมเนื้อหาความรู้ได้จำนวนมาก แต่มีข้อจำกัด คือ เป็นการสอนที่ไม่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล และไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ส่งผลให้นักเรียนไม่สนใจเรียนเท่าที่ควร นอกจากนี้กิจกรรมในห้องเรียนได้มีการทดลองเพื่อตรวจสอบหรือยืนยันความรู้เท่านั้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่กล้าแสดงออกทางวิชาการ เช่น การโต้แย้งการเสนอข้อมูลที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หรือการให้เหตุผลที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนขาดความสนใจในการเรียนวิชาชีววิทยา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะดำเนินการศึกษาการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในเนื้อหา เรื่องการรักษาดุลยภาพในร่างกาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับร่างกายของมนุษย์โดยตรง สามารถส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของนักเรียน หากมีความผิดปกติหรือตัดสินใจผิดพลาด หากเกิดเหตุการณ์รุนแรง นักเรียนสามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล โดยคำนึงถึงความปลอดภัย และเลือกสิ่งที่ดีมีคุณภาพสำหรับชีวิต นอกจากนี้การวิจัยยังศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา รวมถึงความเข้าใจในมโนทัศน์ชีววิทยาที่สะท้อนพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว หรือไม่ผลการวิจัยจะเป็นข้อบ่งชี้ที่ช่วยในการยกระดับการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3. เพื่อศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัย

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงขึ้น หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จากโรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2560 ประกอบด้วย 7 ห้อง จำนวน 237 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จากโรงเรียนชลกันยานุกูล ปีการศึกษา 2560 โดยการสุ่มแบบกลุ่ม

(Cluster random sampling) ได้นักเรียน 1 ห้อง จำนวน 35 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

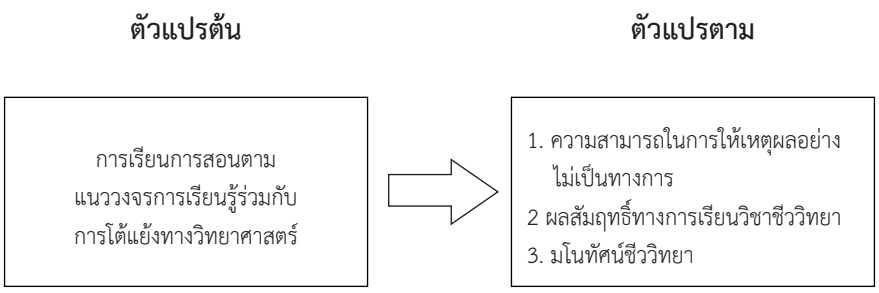
2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

2.2.3 มโนทัศน์ชีววิทยา

3. เนื้อหาที่ใช้การวิจัยครั้งนี้ คือ วิชาชีววิทยาเพิ่มเติมในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด จำนวน 15 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



แบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงการทดลองเบื้องต้น แบบ One group pretest - posttest design มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (O_1 และ O_2) ซึ่งมีแบบการวิจัย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิจัยเชิงการทดลองเบื้องต้น แบบ One group pretest-posttest design

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
G	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบการวิจัย

G แทน กลุ่มตัวอย่าง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

X แทนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์(จำนวน 6 แผน)

ในระหว่างดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา และดำเนินตามแนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 ดำเนินการเรียนการสอนในแผนที่ 1 และแผนที่ 2

ระยะที่ 2 ดำเนินการเรียนการสอนในแผนที่ 3 และแผนที่ 4

ระยะที่ 3 ดำเนินการเรียนการสอนในแผนที่ 5 และแผนที่ 6

เครื่องมือการวิจัย

1. แผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 แผน รวมทั้งหมด 15 ชั่วโมง เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เป็นเครื่องมือที่วัดความสามารถของนักเรียนในการนำเสนอความคิดเห็นในการตัดสินใจหรือยอมรับหรือปฏิเสธ ต่อประเด็นคำถามหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง โดยประเมินจากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีเกณฑ์การประเมินแบบรูบิก (Scoring rubics) 3 ระดับ ดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

เกณฑ์การให้คะแนน	ข้อความที่ปรากฏ
3	เป็นการให้ข้อความที่มีการอธิบายถึงที่มาของสาเหตุ โดยมีพื้นฐานการคิดเชิงเหตุผล สามารถอธิบายเปรียบเทียบถึงโทษและประโยชน์ พร้อมสะท้อนแง่คิดในด้านอื่น ๆ
2	เป็นการให้ข้อความบนพื้นฐานของอารมณ์และความรู้สึก ที่เกิดจากเหตุการณ์หรือการกระทำของบุคคลนั้น ๆ ส่วนใหญ่มักเป็นความรู้สึกส่วนตัวมากกว่าเหตุผลที่เหมาะสม
1	เป็นการให้ข้อความเชิงสัญชาตญาณ ส่วนใหญ่มักตอบทันที ขาดการไตร่ตรอง หากคิดแล้ว ก็เป็นสิ่งที่คิดขึ้นเองและมักขาดเหตุผลเสมอ
0	เป็นการให้ข้อความที่ไม่ชัดเจน ขาดการเชื่อมโยง ไม่สามารถสื่อความหมายได้ และไม่สามารถจำแนกประเภทได้ว่าเป็นข้อความด้านใด หรือการไม่เขียนข้อความเลย

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ซึ่งวัดพฤติกรรมพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom, 1956) 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้จำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

4. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา คือ แบบทดสอบที่วัดความคิดหลักของนักเรียน เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลระหว่างดำเนินการทดลอง จำนวน 3 ระยะ และนำเสนอผลในรูปของร้อยละคะแนนพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา (Development score: *DS%*) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, หน้า 266-268) ซึ่งมีสูตรและเกณฑ์การประเมิน ดังต่อไปนี้

$$DS\% = \frac{Y - X}{F - X} x100$$

เมื่อ แทนคะแนนร้อยละพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา

X แทนคะแนนวัดครั้งก่อน

Y แทนคะแนนวัดครั้งหลัง

F แทนคะแนนเต็ม

76.00 - 100.00 หมายถึง พัฒนาการเรียนรู้ระดับสูงมาก
51.00 - 75.00 หมายถึง พัฒนาการเรียนรู้ระดับสูง
26.00 - 50.00 หมายถึง พัฒนาการเรียนรู้ระดับปานกลาง
0.00 - 25.00 หมายถึง พัฒนาการเรียนรู้ระดับต่ำ

วิธีทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาค้นคว้า และวิเคราะห์ เกี่ยวกับปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ การสืบสอบ และทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื้อหา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

2. สร้างแผนการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

3. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ซึ่งตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน และค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC)

4. ทดลองใช้ (Try out) แผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนชลกันยานุกูล ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 35 คน

5. วัดและประเมินผลผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการทดสอบก่อนและหลังการเรียนการสอน จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาในระหว่างดำเนินการทดลอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 36 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	35	11.71	2.84	34	31.45	.000*
หลังเรียน	35	30.69	2.11			

** p .05*

จากตารางที่ 3 พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 4

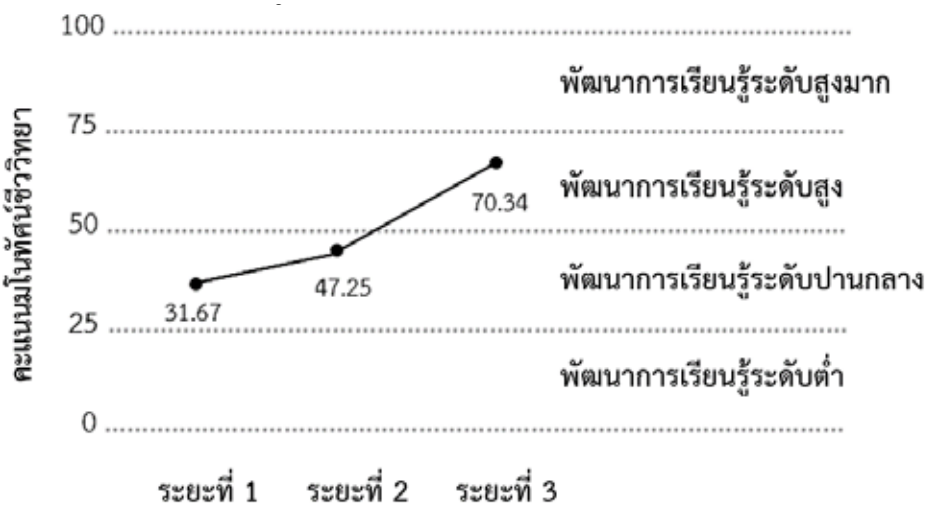
ตารางที่ 4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	35	9.23	1.72	34	17.20	.000*
หลังเรียน	35	17.57	2.28			

* *p* .05

จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: แผนภูมิแสดงคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา หลังการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา หลังการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา (ร้อยละ 31.67) หลังสิ้นสุดระยะที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง ต่อมานักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา (ร้อยละ 47.25) หลังสิ้นสุดระยะที่ 2 ซึ่งมีคะแนนสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา (ร้อยละ 70.34) เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับสูง สรุปได้ว่าหลังการเรียนการสอนทั้งหมดจากระยะที่ 1 ถึง 3 พบว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาที่สูงขึ้นตามลำดับ คือ จากระดับปานกลางสู่ระดับสูง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

สรุปผลการวิจัย

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สูงขึ้นจากระดับปานกลางไปสู่ระดับสูง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลการวิจัย และมีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

เมื่อนักเรียนเรียนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ตามแนววงจรการเรียนรู้ เป็นการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ คิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น โต้ตอบ ให้เหตุผลและทดสอบความเชื่อของตนเอง จนนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ (Lawson, 1995, p. 133) การเรียนการสอนในแต่ละวงจรการเรียนรู้ ครูได้ใช้ประเด็นและสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียนจากการสำรวจ ลงมือปฏิบัติและเรียนรู้อย่างเต็มความสามารถ เมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ ในขั้นการศึกษาสำรวจนักเรียนมีการคิดวางแผน ลงมือทำการทดลอง และโต้แย้งเพื่อทดสอบสมมติฐาน (Lawson, 1995, p. 136) ซึ่งครูได้นำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน พบว่านักเรียนทำการคาดเดา และหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขในประเด็นนั้นอย่างเหมาะสม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โต้ตอบ และตั้งสมมติฐานภายในกลุ่มของนักเรียนและครู เช่น *“ในระหว่างที่ทำความสะอาดบ้าน นักเรียนเคยสังเกตอุจจาระจิ้งจกหรือไม่ มีลักษณะเป็นอย่างไร และคิดว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น”* ซึ่งนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่หลากหลาย คือ *“เคยสังเกตอุจจาระของจิ้งจกค่ะ คือ มีลักษณะเป็นก้อนแห้งสองก้อน ก้อนหนึ่งมีสีขาว อีกก้อนมีสีดำ คาดว่าสีขาวน่าจะเป็นส่วนดี และสีดำน่าจะเป็นส่วนเสีย”* เป็นดังที่คาพลัส (Karplus, 1977) อธิบายไว้ว่า เมื่อนักเรียนสงสัยโดยที่ไม่สามารถใช้แบบแผนการให้เหตุผลแบบเดิม นักเรียนจะแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยน รวมทั้งอภิปรายระหว่างนักเรียนกันเอง

ขั้นการสร้างความรู้ พบว่านักเรียนได้สร้างความรู้เพิ่มเติมจากข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนมี โดยนำไปอภิปราย เรื่อง การขับถ่ายของสัตว์ จากที่ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับของเสียที่พบในสัตว์ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้ร่วมกันภายในกลุ่ม จนสามารถสรุปเป็นมโนทัศชีววิทยาที่ถูกต้องตามหลักการ กฎ และทฤษฎีทางชีววิทยาที่ครูนำเสนอร่วมด้วย ดังตัวอย่าง ในระหว่างการอภิปราย นักเรียนได้เสนอหลักฐาน เช่น *“ส่วนสีขาวที่พบในอุจจาระของจิ้งจก*

คือ กรดยูริก สีดำ คือ กากอาหารที่ย่อยไม่ได้ โดยอุจจาระของจิ้งจกเป็นของแข็ง เพราะกรดยูริกมีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อย และมีความเป็นพิษน้อย" และมีการให้เหตุผลคือ *"เนื่องจากจิ้งจกจัดเป็นสัตว์เลื้อยคลาน ซึ่งร่างกายมีการรักษาดุลยภาพด้วยการคงสภาพน้ำไว้ในร่างกายและต้องสูญเสียน้ำให้น้อยที่สุด"* สอดคล้องดังคาพลัส (Karplus, 1977) กล่าวว่า เมื่อนักเรียนปรับโครงสร้างทางความคิด อันเป็นผลมาจากการเชื่อมโยงระหว่างผลการทดลอง และความรู้ที่ครูอธิบายเพิ่มเติม นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นให้พัฒนาเหตุผลใหม่ และเป็นดังที่อาบรัสคาโต (Arbruscato, 2004, p. 48) กล่าวไว้ว่า การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ เมื่อครูได้อธิบายในสิ่งที่สำคัญของเนื้อหาการเรียนการสอน และดูแลนักเรียนอย่างทั่วถึง จะส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่มากขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงการให้เหตุผลของนักเรียน พบว่าอยู่ในระดับดีตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด

ขั้นการนำความรู้ไปใช้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้แล้วไปใช้อธิบาย หรือสรุปอ้างอิงในสถานการณ์ใหม่ จากเนื้อหาเรื่อง ประเภทของเสียที่ใช้ในการขับถ่ายของสัตว์ โดยนำไปอธิบาย และให้เหตุผลเพิ่มเติมในประเด็นใหม่ที่ครูกำหนด คือ *"นักเรียนคิดว่าการรักษาดุลยภาพในร่างกายของปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม มีลักษณะเป็นเช่นไร เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร"* พบว่านักเรียนทุกคนสามารถอภิปราย และให้เหตุผลเรื่องดังกล่าวได้อยู่ในระดับดีตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด ทั้งนี้กิจกรรมในห้องเรียนจะเห็นได้ว่า นอกจากการให้ข้อกล่าวอ้างและเสนอหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแล้ว การให้เหตุผลยังเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับบุญยงค์ เกศเทศ และคณะ (2559, หน้า 17-18) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นกระบวนการทางความคิดที่ได้จากหลักฐานมาสนับสนุน เพื่อแสดงให้เห็นเป็นประจักษ์ว่าข้อสรุปควรเป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ ปราศจากข้อขัดแย้งซึ่งกันและกัน ยังสอดคล้องกับดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venvile, 2010, pp. 144-146) ที่พบว่ากิจกรรมการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถส่งผลต่อทักษะการโต้แย้ง และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนแล้ว ยังส่งเสริมการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการด้วย

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวแล้ว พบว่านักเรียนมีการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่หลากหลายแตกต่างกันไปตามประสบการณ์และพื้นฐานความรู้ของแต่ละคน พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียน จะเป็นพื้นฐานไปสู่การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความละเอียด และซับซ้อนมากกว่าเดิมได้ เป็นไปตามเพียเจต์ (Piaget, 1972 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2558, หน้า 64-65) ที่อธิบายไว้ว่า มนุษย์มีการเรียนรู้และให้เหตุผลตามระดับของสติปัญญาในแต่ละวัยที่แตกต่าง โดยอาศัยกระบวนการซึมซับประสบการณ์และกระบวนการปรับขยายความรู้ให้สมดุล ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิหลัง ประสบการณ์ ความเชื่อและความสนใจของแต่ละบุคคล พบว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของประภา สมสุข (2558) ที่พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการสูงขึ้นหลังจากการเรียนการสอนด้วยการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการศึกษาของหทัยชนก ชนะชัย (2559) ที่พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่เพิ่มขึ้นเกิดจากนักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง หาหลักฐานและสร้างข้อโต้แย้งของตนเองที่แตกต่างออกไปได้ ซึ่งผ่านการเรียนการสอนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่มีความเกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา หลังได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการรักษาดุลยภาพในร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 4 หลังเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ซึ่งได้ผลมาจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 30 ข้อ หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 58.57) จากเดิมก่อนเรียนคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 30.76) ซึ่งนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาด้านความเข้าใจสูงที่สุดคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 67.35) ด้านความรู้ความจำคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 65.36) และด้านการนำไปใช้คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 52.09) ส่วนด้านที่คะแนนเฉลี่ยรวมน้อยที่สุด คือ ด้านการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 40.00) เท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่เคยได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาก่อน อาจส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาด้านการวิเคราะห์น้อยที่สุด ดังที่บลูม (Bloom, 1956, p. 48) ระบุไว้ว่า พฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนต้องสามารถจำแนกประเภท และองค์ประกอบย่อยของสิ่งต่าง ๆ รวมถึงบอกความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาสำรวจ และลงมือปฏิบัติ พร้อมกับการเชื่อมโยงความรู้ทางชีววิทยากับผลการศึกษาที่นักเรียนค้นพบ เพื่อนำเสนอข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน ให้เหตุผลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด จนสามารถสรุปสร้างเป็นมโนทัศน์ชีววิทยาได้ถูกต้องร่วมกัน และสามารถนำมโนทัศน์ชีววิทยาที่ได้เรียนรู้ใช้อธิบาย หรือสรุปอ้างอิงสถานการณ์ใหม่ได้ ดังที่อาบรัสคาโต (Abruscato, 2004, pp. 48-50) ได้กล่าวไว้ว่า การนำความรู้ไปใช้ เป็นวิธีที่นักเรียนได้ค้นพบความรู้อย่างถูกต้อง และมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นและนำไปใช้ จะสามารถส่งผลต่อด้านอื่นของการเรียนการสอนด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับที่ลอร์สัน (Lawson, 1995, pp. 137-138) กล่าวว่า การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน นอกจากนี้ผลการศึกษาของประกาศิต จันทศ (2537) พบว่าการเรียนการสอนด้วยโมเดลแนวทางวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม และผลการศึกษาของ สราวุฒิ บุญยืน (2542) ยังพบเช่นกันว่า การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ยังส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น และมีความแตกต่างจากการเรียนการสอนแบบปกติ หากมีกิจกรรมที่เน้นการคิดวิเคราะห์ อาจจะส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนเพิ่มขึ้นได้

3. มโนทัศน์ชีววิทยา

การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สามารถส่งผลต่อพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่องการรักษาดุลยภาพในร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงขึ้น คือ จากระดับกลางไปสู่ระดับสูง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 โดยประกอบไปด้วย 3 ระยะดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการเรียนการสอนเกี่ยวกับ กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ และคนพบว่า นักเรียนได้ศึกษา สำรวจ สังเกต และรวบรวมข้อมูลแล้วสร้างข้อกล่าวอ้างในประเด็น *“ณ บริเวณที่อยู่อาศัยของนักเรียน สัตว์ต่าง ๆ มีการดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างไร”* พบตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียน คือ *“สัตว์ทุกชนิดบนโลก ล้วนต้องอาศัยแก๊สออกซิเจนในการหายใจ”* แม้จะมีบางข้อกล่าวอ้างที่เกิดจากการตั้ง

สมมติฐาน การคาดเดา หรือทำนายตามประสบการณ์การเดิมของนักเรียน ภาพรวมการสร้างข้อกล่าวของนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้ตามเกณฑ์ที่ครูกำหนดสอดคล้องกับคารินและซัน (Carin & Sund, 1980, p. 117 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 63) ที่กล่าวว่า การเรียนการสอนตามแนววงจร

การเรียนรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านประสบการณ์ทางกายภาพ และการควบคุมความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 31.67) เมื่อสิ้นสุดระยะนี้

ระยะที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการเรียนการสอนเรื่องความผิดปกติ และโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ ทั้งนี้นักเรียนได้รับมโนทัศน์ชีววิทยามาจากระยะที่ 1 บางส่วนแล้ว เลยส่งผลให้นักเรียนสามารถต่อยอดด้วยการรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น พร้อมสร้างข้อกล่าวอ้าง และนำเสนอหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองได้ พบตัวอย่างหลักฐานในประเด็น *"สภาพแวดล้อมบริเวณที่อยู่อาศัยของนักเรียน เสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจหรือไม่อย่างไร"* ดังนี้ คือ *"เสี่ยงค่ะ โดยเฉพาะโรคมะเร็งปอด เนื่องจากไอเสียจากควันรถยนต์ เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลล์ ซึ่งมีแก๊ศคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นองค์ประกอบที่รุนแรง จะส่งผลต่อการทำงานของถุงลมบริเวณปอดได้ค่ะ"* ครั้งนี้พบว่าการเสนอหลักฐานของนักเรียนมีเกณฑ์อยู่ในระดับดี สอดคล้องกับโทบินและคณะ (Tobin et al., 1994, p. 137 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 64) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ผ่านการแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และสามารถสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งพบว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง แต่มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 47.25) เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในระยะนี้ และระยะที่ 3 พบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามในประเด็น *"นักเรียนคิดว่าสีและกลิ่นในปัสสาวะ สามารถบ่งบอกถึงสาเหตุของการเกิดโรคทางปัสสาวะได้หรือไม่ เพราะเหตุใด"* ซึ่งนักเรียนได้พัฒนาการสร้างข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง ทั้งนี้นักเรียนได้พัฒนาทักษะดังกล่าวจากระยะที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมา จึงส่งผลต่อการกล้าแสดงออกในการเสนอหลักฐานของนักเรียนให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ทั้งนี้ยังพบว่าการให้เหตุผลของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีขึ้นอีกด้วย และครูพบตัวอย่างการให้เหตุผลจากนักเรียน คือ *"ความผิดปกติของปัสสาวะ เช่น สีหรือกลิ่น สามารถบ่งบอกสาเหตุโรคทางเดินปัสสาวะได้ เช่น ปัสสาวะมีสีน้ำนม มีสาเหตุจากการอักเสบของทางเดินปัสสาวะ ซึ่งเกิดจากการละลายของเลือดปนมากับปัสสาวะ หรือปัสสาวะกลิ่นน้ำนมแมวมักจะพบในคนที่เป็นโรคเบาหวาน เพราะกลูโคสบางส่วนไม่สามารถกรองผ่านในไตได้หมด"* ซึ่งการให้เหตุผลของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี สอดคล้องกับลอร์สัน (Lawson, 1995, p. 137) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นโต้แย้ง และทดสอบความคิดเห็นของตนเอง จนนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ และพัฒนาการให้เหตุผลได้ด้วยตนเอง เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในระยะนี้ ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงขึ้น (ร้อยละ 70.34)

การประเมินจากครู พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างเสนอหลักฐาน และให้เหตุผลได้ในระดับดี และนักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากกว่าเดิม เมื่อผ่านการเรียนการสอนผ่านจำนวน 3 ระยะ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์การประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามที่ครูกำหนด ซึ่งเป็นไปตามที่ดักกลาสและวิกเตอร์ (Douglas & Victor, 2007, pp. 2-4) กล่าวว่าการเรียนการสอนตามแนวทางการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้าง การให้เหตุผลที่สนับสนุนความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับทอลแมนและฮาร์ดี (Tolman & Hardy, 1995 อ้างถึงใน สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2544, หน้า 110) ที่พบว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อนักเรียนมากที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับ

การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของธวัชชัย คงนุ่ม (2550) ที่พบว่า การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ สามารถส่งผลให้มโนทัศน์นักเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ยังพบอีกว่า การเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ด้วยวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานแบบนิรนัย ส่งผลต่อมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน ถึงแม้จะต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่สามารถส่งผลต่อด้านอื่น ได้แก่ ความสามารถในการให้เหตุเชิงวิทยาศาสตร์ได้ หากมีการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ดังกล่าว สามารถส่งผลต่อมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปจากการวิจัย

1.1 ครูควรส่งเสริม และแนะนำให้นักเรียนมีการค้นคว้าหาข้อมูลที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เช่น งานวิจัย วารสาร หรือเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากหอสมุดโรงเรียน หรือหอสมุดระดับมหาลัยในเวลาช่วงเวลาว่าง หรือวันหยุดเสาร์ - อาทิตย์ได้

1.2 นักเรียนควรมีการเตรียมความพร้อมความรู้พื้นฐาน หรือมโนทัศน์เบื้องต้นของเนื้อหาที่กำลังจะเรียน เพื่อสามารถสนับสนุนให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ที่ถูกต้องได้รวดเร็ว ตลอดจนอาจจะส่งผลให้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในอนาคตได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผลการวิจัยพบว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ครูสามารถนำการเรียนการสอนดังกล่าวไปใช้ในเนื้อหาอื่นของวิชาชีววิทยา หรือรายวิชาอื่น ๆ ที่มีการประยุกต์กับชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์หลากหลายประเด็น

2.2 ควรมีการศึกษาผลด้านอื่น ๆ ที่มีต่อการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การให้เหตุทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพราะเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร อภัยวงศ์. (2548). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนมีส่วนร่วม.* เอกสารประกอบโครงการวิจัยการพัฒนาศักยภาพด้านการเรียนการสอนของครูสังกัดเทศบาลนครแหลมฉบัง.

ทิศนา แขมมณี. (2558). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัชชัย คงนุ่ม. (2550). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญยงค์ เกศเทศและคณะ. (2551). *มนุษย์กับการใช้เหตุผล(Man and Reasoning)* (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ประกาศิต จันทศ. (2537). *ผลการสอนวิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ ด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภา สมสุข. (2558). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์แบบ 2I3C สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติของกระทรวงศึกษาธิการฉบับที่ 12. (2560). เข้าได้ถึงจาก http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง(Authentic Learning).* นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนพลับลิสชิ่ง.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2560). *รายงานผลสอบ O-net*. เข้าได้ถึงจาก http://www.niets.or.th/th/catalog/view/241

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015.* เข้าได้ถึงจาก http://timssthailand.ipst.ac.th/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ผลการประเมิน PISA 2015*. เข้าได้ถึงจาก http://pisathailand.ipst.ac.th/

สราวุฒิ บุญยืน. (2542). *การศึกษารูปแบบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2544). วัฏจักรการเรียนรู้. *สารานุกรมศึกษาศาสตร์, 22*(1), 103-111.

ศศิเทพ ปิติเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21*. สมุทรปราการ: บอสการพิมพ์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory)* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หทัยชนก ชัยชนะและคณะ. (2559). การพัฒนาการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับระบบประสาท และอวัยวะรับความรู้สึกผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน. *วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559,* 1348–1356.

อรยา แจ่มใจ. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abruscato, J. (2004). *Teaching Children Science: Discovery Methods for the Elementary and Middle Grades*. The United States of America: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objective, Handbook I: Cognitive Domain*. New York: Mckay.

Campbell, C.T. (1982). *A Teacher's Guide to the Learning Cycle*. The United States of America: The University of Nebraska.

Dawson, V.M., & Venville, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students'Argumentation Skills About Socioscientific Issue in High School Genetics . *Journal of Research in Science Education, 40*, 133-148.

Douglas, C.Y., & Victor, S. (2007). *Scaffolding Scientific Argumentation Between Multiple Students in Online Learning Environments to Support The Developmen od 21st Century skills*. Retrieved from https://sites.nationalacademies.org

Karplus, R.E. (1977). Science Teaching and The Development of Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 14*(2), 169-175.

Lawson, A.E. (1995). *Science Teaching and The Development of Thinking*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.

Llewellyn, D. (2013). *Teaching High School Science Through Inquiry and Argumentation* (2nded). The United States of America: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

Marek, A.E., & Methven, B.S. (2008*).* Effect of The Learning Cycle upon Student and Classroom Teacher Performance. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(1), 41-53.

Marek, A.E. (2008*).* Why The Learning Cycle?. *Journal of Elementary Science education, 20*(3), 63-69.

National Science Education Standard. (1996). Washington, DC: National Academies Press.

Sund, R.B., & Trowbridge, L.W. (1973). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School* (2nd ed). Ohio: A Bell & Howell Company.

Trowbridge, W. L., & Bybee, W. R. (1990). *Becoming a Secondary School Science Teacher*. Columbus: Merrill Publishing Company.