



ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น
ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

EFFECTS OF 5E LEARNING CYCLE WITH QUESTIONING TECHNIQUE BASED ON
OSBORN'S APPROACH ON INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS AND SCIENCE
LEARNING ACHIEVEMENT OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

นางสาวรารวรรณ แสงอยู่ *

Rawan Saengyoo

อาจารย์ ดร.วัชรภรณ์ แก้วดี **

Watcharaporn Kaewdee, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น 2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นและ 4) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังกัดสำนักเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.92 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 70.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

* นิติธมาบัณฑิตสาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: teacher_rawan@hotmail.com

** อาจารย์ประจำสาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: watcharaporn.k@chula.ac.th

ISSN 1905-4491

Abstract

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were: 1) to compare the integrated science process skills of group learning by the 5E learning cycle with a questioning technique based on Osborn's approach before, during, and after learning; 2) to compare the integrated science process skills between group learning by the 5E learning cycle with questioning technique based on Osborn's approach and group learning by conventional instruction; 3) to study the science learning achievements of lower secondary school students group learning by the 5E learning cycle with questioning technique based on Osborn's approach; and 4) to compare the science learning achievement levels between group learning by the 5E learning cycle with questioning technique based on Osborn's approach and group learning by conventional method. The samples were two classes of Mathayom Suksa 1 students at the school of Ladkrabang district office in the Bangkok Metropolitan Area during the second semester of academic year 2013. The research instruments were the integrated science process skills test with reliability at 0.80 and the science learning achievement test with reliability at 0.92. The collected data were analyzed by arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation, and t-test. The research findings were summarized as follows: 1) The experimental group had higher mean scores of integrated science process skills than before the experiment and higher than the control group at a .05 level of significance. 2) The experimental group had mean scores of science learning achievement at 70.79 percent, which was higher than the criterion score set at 70 percent., and higher than the control group at a 0.05 level of significance.

คำสำคัญ: วงจรการเรียนรู้ 5E/ คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น/ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

KEYWORDS: 5E LEARNING CYCLE / QUESTIONING TECHNIQUE BASED ON OSBORN'S APPROACH / INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS / SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT

บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์ต่างๆ ในโลกส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต ความต้องการและมุมมองของประชาชนที่มีต่อโลก (Sibel & Sema, 2011) ประกอบกับสภาพสังคมและเศรษฐกิจการค้าที่แข่งขันกันอย่างหนักหน่วง ยิ่งทำให้ทุกประเทศต้องเร่งพัฒนาประชากรของตนให้มีคุณภาพสูงขึ้น โดยเฉพาะการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่มีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมมีความเจริญก้าวหน้า (ศูนย์ข้อมูลข่าวสารอาเซียน, 2556) เพราะวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นและนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม และที่สำคัญ คือ ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544: 2) การจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบสอบหาความรู้และการแก้ปัญหาที่

หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) โดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญ คือ การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนซึ่งเป็นสิ่งที่จะช่วยให้นักเรียนเป็นบุคคลที่มีความสามารถไม่เพียงแต่การเข้าถึงข้อมูลแต่มีความเข้าใจในข้อมูลเป็นอย่างดี (Bati & Kaptan, 2009) ด้วยเหตุนี้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของหลายประเทศจึงได้ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (AAAS,1993; NRC,1996) โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการซึ่งเปรียบเสมือนทักษะขั้นสูงที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาและการทำการทดลองเพื่อให้เข้าใจกระบวนการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Beaumont-Walters and Soyibo, 2001)

ในส่วนของประเทศไทยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยจัดการปฏิรูปการศึกษาและการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาให้คนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ โดยเฉพาะในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องให้เกิดทั้งความรู้ ทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดพัฒนาทักษะในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้และการทำงานอย่างเป็นระบบระเบียบ รวมทั้งช่วยพัฒนาผู้เรียนให้สามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย โดย National Science Education Standards (2007) ได้กำหนดมาตรฐานเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์อันประกอบด้วย ข้อเท็จจริง แนวคิด หลักการ ทฤษฎี และแบบจำลองต่างๆ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักเรียนทุกคนควรมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาเหล่านั้นไปใช้ในชีวิตประจำวัน ส่วนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นเกิดจากการศึกษาค้นคว้าของนักเรียนซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตามจากรายงานผลการประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ที่มีความต้องการให้นักเรียนแสดงความสามารถทางทักษะทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจด้านการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความจากหลักฐานและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) พบว่าภาพรวมนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยปี 2006 2009 และ 2012 เท่ากับ 421 425 และ 427 คะแนนตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานของประเทศในกลุ่ม OECD ที่กำหนด 497 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

นอกจากนี้ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติของสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (International Association for Assessment in Education: IEA) หรือที่เรียกว่า TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ตั้งแต่ปี 1995 ถึง 2011 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 510 482 471 และ 451 คะแนนตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับนานาชาติ คือ 500 คะแนน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มลดลงนับตั้งแต่ปี 1995 จนถึงปี 2011 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ตลอดจนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2553-2555 พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 25.12 44.26 และ 30.52คะแนน จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์มีคะแนน

ต่ำกว่าร้อยละ 50 และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมาตรฐาน ว8.1 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 33.54 33.06 และ 26.78 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยในระดับสังกัดกรุงเทพมหานครและในระดับประเทศ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร พบว่าปีการศึกษา 2553-2555 นักเรียนในสังกัดดังกล่าวมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 28.16 30.58 และ 32.18 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแต่ยังต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 และคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวยังต่ำกว่าระดับจังหวัดและระดับประเทศเช่นเดียวกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556) ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานครจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีพื้นฐานมาจากการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry Approach) ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย คือ การถามคำถาม ออกแบบการสำรวจข้อมูล การสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผล การคิดค้นประดิษฐ์ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสื่อสารคำอธิบาย (Wu & Hsieh, 2006) ตลอดจนการเรียนรู้สิ่งใหม่หรือความพยายามที่จะทำความเข้าใจสิ่งที่คุ้นเคยในลักษณะที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น โดยที่นักเรียนนำสิ่งที่ค้นพบหรือที่ได้เรียนรู้ใหม่มาผนวกรวมกับทั้งประสบการณ์และความรู้ที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Newby, 2004) ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนมีทัศนคติและทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น (Bybee, 2006) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษาวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา (Biological Sciences Curriculum Study: BSCS, 2005) ได้ระบุขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ไว้ 5 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนสร้างความสนใจให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น โดยอาจสาธิตหรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม (2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบสมมติฐาน สืบค้นและรวบรวมข้อมูล โดยการวางแผนการสำรวจตรวจสอบและลงมือปฏิบัติ (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์และจัดกระทำข้อมูลในรูปตาราง กราฟ แผนภาพ และสรุปผลอภิปรายผลการทดลอง (4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนในการประยุกต์สัญลักษณ์ นิยามคำอธิบายและทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่ และ (5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

รูปแบบการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E สามารถพัฒนาความรู้ความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้ ดังผลงานวิจัยของ Sibel & Sema (2011) ที่ศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ 5E มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้หนังสือคู่มือการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และงานวิจัยของ เปรมจิตร บุญสาย (2541) ที่ศึกษาการใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 5E สอนบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพแก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าวงจรการเรียนรู้ 5E ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม และ

คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนทดลองสอน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยการใช้คำถามนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนคิดหาคำตอบ (Carin and Sund, 1971 อ้างถึงใน ฉลอง รุ่งเรือง, 2538) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน (inquiry-based) ร่วมกับเทคนิคการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งคำถามนั้นอาจอยู่ในรูปแบบของสมมติฐานที่ทำนาย คำถามที่แสดงให้เห็นความขัดแย้งของข้อมูลจะช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นและจินตนาการของนักเรียน ส่งเสริมการแสวงหาความรู้ใหม่และช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาบทเรียน อีกทั้งครูที่มีความชำนาญในการใช้คำถามจะช่วยยกระดับความคิดของนักเรียนด้วย (Omairah, 2009) การใช้คำถามเป็นสื่อการเรียนรู้นั้น ครูอาจจะเป็นผู้ถามคำถามให้ผู้เรียนตอบ ครูและนักเรียนร่วมกันถามคำถาม ร่วมกันอภิปราย และนักเรียนเป็นผู้ถามคำถาม ซึ่งการใช้คำถามที่เหมาะสมจะทำให้ได้ประโยชน์ในการเรียนการสอน (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) โดยเฉพาะคำถามขั้นสูงซึ่งเป็นคำถามที่นักเรียนต้องใช้ความคิดระดับสูงกว่าความคิดพื้นฐานเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งคำถามประเภทนี้มีคำตอบที่ถูกต้องได้หลายแนวทาง นักเรียนมีอิสระในการค้นหาคำตอบ ช่วยฝึกให้นักเรียนได้ใช้ความคิดในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าทดลองนำไปสู่ความรู้ใหม่ (พิมพ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548)

คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นเป็นรายการของคำถามที่ใช้เป็นแนวทางในการกระตุ้นการคิดในแง่ใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในการแก้ปัญหาและพัฒนาพื้นฐานของความรู้เดิมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลายแนวทาง เกิดจินตนาการ ความคิดริเริ่มและการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Glen, 1997) ซึ่งจินตนาการและความคิดริเริ่มมีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การแก้ปัญหา การตั้งสมมติฐาน การวางแผนการทดลองและวิธีการเชิงเทคนิคใหม่ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ (Hu&Adey, 2002) ทั้งนี้การนำคำถามตามแนวคิดของออสบอร์นมาใช้ในห้องเรียนอย่างเหมาะสมจะช่วยให้เด็กเกิดการพัฒนาในด้านต่างๆ คือ เป็นผู้ที่สามารถรับกับสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ดี สามารถคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการให้ความเคารพต่อความคิดเห็นของคนอื่น ซึ่งเป็นส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทางทักษะกระบวนการเป็นอย่างดี (Afolabi, 2011) คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น ประกอบด้วยแนวทางการถามคำถาม 9 แนวทางที่นำทางความคิดของนักเรียน ได้แก่ 1.การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses) 2.การปรับเปลี่ยน (Adapt) 3.การดัดแปลง (Modify) 4.การขยาย/เพิ่ม (Magnify) 5.การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate) 6. การแทนที่ (Substitute) 7.การจัดเรียงใหม่ (Rearrange) 8.การเปลี่ยนทิศทางใหม่ (Reverse) และ 9. การผนวกรวม (Combine) ซึ่งต่อมารายการคำถามตามแนวคิดของออสบอร์นนี้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาความคิดและนำมาใช้ในด้านการศึกษามากขึ้น และปรับเปลี่ยนให้ง่ายต่อการจดจำรายการคำถาม โดย Bob Eberle ในปี 1971 โดยเรียกชื่อเทคนิคนี้ใหม่ว่า เทคนิค SCAMPER ทั้งนี้จากงานวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคคำถาม SCAMPER มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบทั่วไประหว่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Afolabi, 2011)

จากความสำคัญและความเป็นมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าวิธีการสอนแบบสืบสอบร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของสมมติฐานที่ทำนาย คำถามที่แสดงให้เห็นความขัดแย้งของข้อมูลจะช่วยกระตุ้น

ความอยากรู้อยากเห็นและจินตนาการของนักเรียน ส่งเสริมการแสวงหาความรู้ใหม่และช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาบทเรียน (Omairah, 2009) และการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นในห้องเรียนนั้นช่วยกระตุ้นให้นักเรียน เกิดจินตนาการความคิดริเริ่มและการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจินตนาการและความคิดริเริ่มมีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การแก้ปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการวางแผนการทดลอง (Hu & Adey, 2002) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำวงจรการเรียนรู้ 5E ซึ่งเป็นการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Two group posttest only design คือ มีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น โดยนำเทคนิคคำถามตามแนวคิดของออสบอร์นมาใช้ในการสอน 4 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) และขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป ซึ่งจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ประกอบด้วยขั้นตอนการสอนหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นกิจกรรม และขั้นสรุป โดยทั้งสองกลุ่มมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนและหลังการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนเขตลาดกระบัง สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่ง ในเขตลาดกระบัง สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร โดยการเลือกโรงเรียนใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) จากนั้นจึงกำหนดห้องเรียนเพื่อเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยนำคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียน

ทั้ง 3 ห้อง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) จากนั้นทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลัง (Post Hoc Test) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Scheffe พบว่านักเรียนห้องม.1/1 และห้อง ม.1/2 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05 และทำการจับสลากเพื่อกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่าได้นักเรียนห้อง ม.1/1 เป็นกลุ่มทดลอง มีนักเรียนจำนวน 34 คน และนักเรียนห้อง ม. 1/2 เป็นกลุ่มควบคุม มีนักเรียนจำนวน 34 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีสอนแบบทั่วไปสำหรับกลุ่มควบคุม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ ครอบคลุมเนื้อหาสาระ เรื่อง พลังงานความร้อน จำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเท่ากัน คือ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที เพื่อใช้ในการทดลอง 8 สัปดาห์ รวม 24 คาบเรียน

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วยเนื้อหาสาระเรื่อง พลังงานความร้อน ครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ และ 3) การนำความรู้ไปใช้ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.47-0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.60 และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นแบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 2) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 4) ทักษะการทดลอง และ 5) ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.92 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20-0.73 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.67

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และทำการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนการทดลองกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จากนั้นดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น และนักเรียนกลุ่มควบคุมโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ทั้งสองกลุ่มใช้เวลาจัดการเรียนรู้เท่ากัน คือ 8 สัปดาห์ หลังจากดำเนินการสอนเสร็จสิ้นทั้งสองกลุ่ม จึงทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จากนั้นนำคะแนนก่อนและหลังเรียนที่ได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และคะแนนหลังเรียนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จากนั้น

นำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการมาวิเคราะห์ ดังนี้ (1) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (2) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (3) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (4) นำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งกำหนดโดยสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552) เพื่อแปลความหมายระดับความสามารถทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (5) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการทดลองระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่า หลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการเป็นรายทักษะ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการทุกทักษะสูงกว่าร้อยละ 50 โดยทักษะที่มีคะแนนสูงสุด คือ ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.06 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 61.18 รองลงมาคือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.88 ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 52.94 และทักษะการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 52.35 ตามลำดับ ส่วนทักษะที่มีคะแนนต่ำสุด คือ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 51.18 และเมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นรายทักษะ พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการทุกทักษะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

2. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการเป็นรายทักษะ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังการทดลองทุกทักษะสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังทดลองสูงกว่าร้อยละ 50 เพียง 2 ทักษะ คือ ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.53 และทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 51.18 ในขณะที่กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมาย

ข้อมูลและการลงข้อสรุปเท่ากับ 3.06 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 61.18 และทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร เท่ากับ 2.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.88

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มควบคุมที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 44.12 ทักษะการทดลองมี คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 40 และทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรมี คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.85 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 37.06 ในขณะที่กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการ ตั้งสมมติฐานเท่ากับ 2.65 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 52.94 ทักษะการทดลอง 2.62 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 52.35 และทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 2.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 51.18 และเมื่อทดสอบ ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นรายทักษะ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทักษะสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 21.29 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70

4. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับ กลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 21.29 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 2.80 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70.97 ขณะที่กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 19.26 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.31 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 64.20 และเมื่อทดสอบความ แตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การอภิปรายผลแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลของการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และ 2) ผลของการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5Eร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของ ออสบอร์นที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แสดงให้เห็นว่าการ จัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นสามารถ พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่พบว่า วงจรการเรียนรู้ 5E ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่า ก่อนทดลองสอน (เปรมจิตร บุญสาย, 2541) และคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามซึ่งผู้วิจัยออกแบบขึ้นหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการ ทดลอง (กิตติชัย สุธาสิโนบล, 2541) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมเกี่ยวกับการคาดคะเน คำตอบจากปัญหาที่ต้องการศึกษา กำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษา วางแผนและออกแบบการรวบรวมข้อมูล ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยการทดลอง สำรวจหรือการสืบค้นข้อมูล มีการสื่อสารภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม

กิจกรรมดังกล่าวนี้สามารถทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร และทักษะการทดลอง นอกจากนี้ครูยังมีการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน เช่น ถ้าใช้เมล็ดถั่วลิสงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นผลการทดลองจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (การขยาย/เพิ่ม (Magnify)) ในการทดลองนักเรียนสามารถใช้สิ่งใดแทนเมล็ดถั่วลิสงได้บ้างเพราะอะไร (การแทนที่ (Substitute)) และข้อความใดเมื่อนำมารวมกันแล้วแสดงให้เห็นถึงการดัดกลืนของแสงได้ชัดเจนและเหมาะสมที่สุด (การผนวกรวม (Combine)) เป็นต้น

การใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น ดังที่ Yildiz (2001 อ้างถึงใน Sinem & Sertel, 2013) ได้กล่าวถึงการใช้คำถาม SCAMPER ซึ่งเป็นเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นไว้ว่า “คำถาม SCAMPER เป็นแรงผลักดันให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดที่แตกต่างกันไปซึ่งเป็นสิ่งที่จะช่วยพัฒนาปรับปรุงความคิดของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการค้นคว้าหาความรู้” ตลอดจนการใช้คำถาม SCAMPER ในการจัดการเรียนการสอนนั้นยังช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลายแนวทาง มีความคิดริเริ่มและการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งความคิดริเริ่มมีความสำคัญต่อทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การแก้ปัญหา การตั้งสมมติฐาน การวางแผนการทดลองและวิธีการเทคนิคใหม่ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ (Hu & Aday, 2002)

1.2 ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนได้อภิปรายข้อมูลที่ได้จากการสำรวจค้นหาร่วมกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ความถูกต้องของผลการศึกษา ตลอดจนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งนำมาสู่ข้อสรุปและนำเสนอผลการศึกษา กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในส่วนของการทบทวนความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ระหว่างการจัดกิจกรรมครูมีการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่ช่วยพัฒนาทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เช่น นักเรียนจะนำความรู้หรือข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเรียบเรียงใหม่อย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปของกิจกรรมการทดลอง (การจัดเรียงใหม่(Rearrange)) ข้อความใดที่นำมารวมกันแล้วสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเชื้อเพลิงกับพลังงานความร้อนได้ดีที่สุด (การผนวกรวม (Combine)) เป็นต้น

Yağci (2012 อ้างถึงใน Sinem & Sertel, 2013) กล่าวว่า “คำถาม SCAMPER เป็นเทคนิคการอภิปรายและการระดมความคิดที่นำมาใช้ได้จริงและทำให้เกิดความสนุกสนานในการเรียน” ซึ่งเป็นส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจกับปัญหาที่ศึกษา อธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบ จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้เพื่อให้ได้ข้อค้นพบจนนำมาสู่ข้อสรุปในเรื่องที่ศึกษาได้

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นรายทักษะ พบว่าคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีคะแนนสูงสุด คือ ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปสูงสุด คือ 3.06 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 61.18 และทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 2.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 51.18 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีพื้นฐานมาจากการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry Approach) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย คือ การถามคำถาม การออกแบบสำรวจข้อมูล การสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์และสรุปผล การแลกเปลี่ยนความ

คิดเห็นและการสื่อสารคำอธิบาย (Wu & Hsieh, 2006) เป็นการเรียนการสอนที่ครูมุ่งให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีกิจกรรมการอภิปรายระหว่างครูและนักเรียนโดยครูใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การค้นพบคำตอบและข้อสรุปของบทเรียนด้วยตัวของนักเรียนเอง (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียรวิ ยินดีสุข, 2548) โดยในการจัดการเรียนการสอนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบแบบทั่วไป และนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น มีโอกาสนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบและค้นคว้ามามีวิเคราะห์ แผลผลและอภิปรายผลร่วมกันเพื่อสรุปความรู้ในเรื่องที่ศึกษาด้วยตัวนักเรียนเองในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ จึงเป็นผลให้นักเรียนสามารถแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดลองและสรุปเป็นความรู้จากกิจกรรมการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปของกลุ่มทดลองและควบคุมหลังการทดลองพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปสูงที่สุดเช่นเดียวกัน

2. ในส่วนของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ซึ่งเป็นทักษะที่นักเรียนต้องมีความรู้เรื่องวิธีการตรวจสอบข้อมูล มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำหรือข้อความจากสถานการณ์หรือสมมติฐานที่กำหนดให้ตลอดจนสามารถเขียนเรียบเรียงประโยคเพื่อกำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาว่าสามารถวัดและทำการทดลองได้อย่างไร ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนนักเรียนจะได้ฝึกทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง แต่การสอนครั้งนี้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลองและฝึกการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรเพียง 4 ครั้งเท่านั้น และด้วยเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนครั้งนี้ เป็นเนื้อหา เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นเนื้อหาสาระหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพและมีลักษณะที่เป็นนามธรรมซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน จึงอาจเป็นสาเหตุให้นักเรียนยังไม่สามารถกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากผลการศึกษา พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู่วิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 70.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่าควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sibel & Sema (2011) ที่พบว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบวงจรการเรียนรู้ 5E มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้หนังสือคู่มือการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และงานวิจัยของประภารัตน์ สิงห์เสนา (2552) ที่พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับแผนผังเชิงโต้แย้งหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

1.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบและค้นคว้ามามีวิเคราะห์ แผลผล และอภิปรายผลร่วมกันเพื่อสรุปความรู้ในเรื่องที่ศึกษา โดยนักเรียนได้พิจารณาเชื่อมโยงความรู้อันเดิมกับความรู้ใหม่เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) และการที่นักเรียนได้อภิปรายผลการศึกษา แลกเปลี่ยนประสบการณ์และตรวจสอบความรู้ความเข้าใจซึ่งกันและ

กันจะช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ Von Secker (2002) ที่พบว่า การให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม และการกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญมาใช้ในการอธิบายข้อค้นพบของตนเองนั้นมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ การสอนแบบสืบสอบโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำทดลองและใช้ทักษะการคิดร่วมกันเพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ เป็นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาโดยทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้นมากที่สุด (Wise ,1996)

2. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ได้สำรวจและค้นหา ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความเข้าใจที่สร้างขึ้นมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจบทเรียนที่แม่นยำยิ่งขึ้นตลอดจนยังอาจก่อให้เกิดประเด็นปัญหาที่จะศึกษาต่อไปได้

3. นักเรียนได้ฝึกการคิดเพื่อตอบคำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่ครูถามระหว่างเรียน คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นเป็นคำถามที่ถูกกำหนดโครงสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาและช่วยพัฒนาพื้นฐานของความรู้เดิม โดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลายแนวทาง เกิดจินตนาการ ความคิดริเริ่มและการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Glen, 1997) ตลอดจนเป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาปรับปรุงความคิดของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการค้นคว้าหาความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Afolabi (2011) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคคำถาม SCAMPER สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีการทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และการวิจัยครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูที่สนใจนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5Eร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควรเตรียมความพร้อมก่อนทำการสอนโดยศึกษาความหมายและตัวอย่างคำถามตามแนวคิดของออสบอร์นในแต่ละแนวทางก่อนนำคำถามไปใช้ และดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหาบทเรียนที่ต้องการสอนเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างคำถามให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ 5E ตลอดจนคุณลักษณะของนักเรียนที่ต้องพัฒนาหรือปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาผู้เรียน

1.2 การนำคำถามตามแนวคิดของออสบอร์นไปใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจความหมายของแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และควรศึกษา วิเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัดตลอดจนรูปแบบของคำถามทั่วไปที่มีลักษณะส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะดำเนินการสร้างคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการสร้างคำถามที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลต่อนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 เนื่องจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในส่วนของการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็น

เห็นว่านักเรียนประสบปัญหาในการเรียบเรียงประโยคเพื่อกำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาว่า สามารถวัดและทำการทดลองได้อย่างไร ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการ กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรของนักเรียน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติชัย สุธาสิโนบล. (2541). ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.

วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ข้อมูลข่าวสารอาเซียน, ศูนย์. (2556). STEM Educationหรือระบบ “สเต็มศึกษา” แก้ปัญหาระบบการศึกษา ไทยได้หรือ. สืบค้นวันที่ 16 พฤษภาคม 2557 จาก <http://www.asean thai.net/special-news-detail.php?id=127>.

ฉลอง รุ่งเรือง. (2538). การวิเคราะห์การใช้คำถามของครูและพฤติกรรมการตอบคำถามของ นักเรียนในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัด สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชา มัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทดสอบทางการศึกษา, สำนักงาน. (2556). ค่าสถิติพื้นฐานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET). สืบค้นวันที่ 16 พฤศจิกายน 2555 จาก <http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Notice/FrBasicStat>.

ประภารัตน์ สิงห์เสนา. (2552). ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับแผนผังเชิงโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ การเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์. ภาควิชาหลักสูตร การสอนและ เทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปรมจิต บุญสาย. (2541). การพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทาง เทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ภพ เลหาไพบุลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2552). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2545). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2554). *ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2555). *บทสรุปผลการวิจัย TIMSS 2011 (ด้าน นักเรียนและครูผู้สอน)*. สืบค้นวันที่ 16 พฤศจิกายน 2556. จาก <http://www.ipst.ac.th/>

ภาษาอังกฤษ

Afolabi , F. (2011). *Inculcating creativity in basic science and technology classroom for effective learning of process skills*. *IRCAB Journal of Arts and Education*, 297-301.

Retrieved December 14, 2013, from <http://www.ircabfoundation.org/journals>

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for Science Literacy: Project 2061*. New York: Oxford University Press.

Bati, K., Erturk, G., & Kaptan, F. (2009). *The awareness level of pre-school education teachers regarding science process skill*. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2(2), 1993-1999. Retrieved October 26, 2013, from

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042810003101>

Beaumout-Walters, Y. & Soyibo, K. (2001). *An analysis of high school students' performance on five Integrated science process skills*. *Research in Science & Technological Education*. 19, 133-145.

Biological Sciences Curriculum Study (BSCS). (2005). *Learning theory and the BSCS 5E instructional model*. Retrieved January 26, 2012, from <http://www.bsccs.org/page.asp?pageid=0/2>

Bybee, R.W. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Retrieved June 16, 2013, from <http://science.education.nih.gov/houseofreps.nsf/>

Carin, A. A. and Sund, R. B. (1971). *Developing Questioning Techniques: A Self-concept Approach*. Ohio: Bell & Howell.

Glen, R. (1997). *Scamper for student creativity*. *Education Digest*, 62(6), 67-68.

Hu, W. & Adey, P. A. (2002). *Scientific creativity test for secondary school students*. *International Journal of Science Education*. 24(4), 389 - 403.

National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academic Press.

National Science Education Standards. (2007). National science education standards. An overview. Retrieved May 16, 2014, from <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/overview.html>

- Newby, D. E. (2004). *Using inquiry to connect young learners to science*, National Charter Schools Institute. Retrieved July 20, 2012, from http://www.nationalcharterschools.org/uploads/pdf/resource_20040617125804_Using%20Inquiry.pdf
- Omairah O. (2009). *Teacher's questioning techniques and their potential in heightening pupils' inquiry*. *International Conference on Primary Education 2009*, 1-18.
- Sibel, A. and Sema, A.Y. (2011). *Effect of the 5E learning model on students' academic achievements in movement and force issues*. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 15(2011), 2459-2462. Retrieved November 13 2013, from, <http://www.sciencedirect.com>
- Sinem, T and Sertel, A. (2013). *Application of the six thinking hats and SCAMPER technique on the 7th grade course unit "Human and Environment": An exemplary case study*. *Mevlana International Journal of Education*. 3(4), 166-185. Retrieved January 20, 2014, from, http://mije.mevlana.edu.tr/archieve/issue_3_4/13_mije_13_62_volume_3_issue_4_page_166_185_PDF.pdf
- Von Secker, C.E. (2002). *Effect of inquiry-based teacher practices on science excellence and equity*. *The Journal of Educational Research*. 95(3), 151-160.
- Wise, K. C. (1996). *Strategies for teaching science: What work?*. *The Clearing House*. 69, 337-338.
- Wu H. and Hsieh, C. (2006). *Developing sixth grades' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments*. *International Journal of Science Education*. 28 (11), 1289-1313.