



การพัฒนาแนวคิดเรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา
The Development of 12th Grade Students' Scientific Concepts of
Nuclear Reaction through Constructionist Learning Approach

ประเจ็ด อุ่อะรุญ*

Pracherd Ouaroon

ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน**

Dr.Sasithev Pitipornatapin

ดร.อภิชาติ พัฒนโกครัตนา***

Dr.Apichart Pattanaporkratana

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา กลุ่มที่ศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2556 จำนวน 15 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ และแบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาสามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ ของนักเรียนได้ ในเรื่ององค์ประกอบของนิวเคลียส นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 26.57 เป็น 93.33 แนวคิดเรื่อง พลังงานยึดเหนี่ยว เพิ่มขึ้น จากร้อยละ 6.67 เป็น 100.00 แนวคิดเรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น 93.33 แนวคิดเรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิชชัน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น 66.67 แนวคิดเรื่องปฏิกริยาฟิวชัน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น 66.67 และแนวคิดเรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิวชัน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 13.33 เป็น 80.00 ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง พลังงานยึดเหนี่ยว ปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิชชัน และปฏิกริยาฟิวชัน หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แต่ยังคงมีนักเรียนที่มีแนวคิดแบบไม่สมบูรณ์บางส่วน ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: แนวคิดวิทยาศาสตร์ / ปฏิกริยานิวเคลียร์ / ทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา

** นักศึกษาลำดับชั้นศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ABSTRACT

The objective of the research was to develop 12th grade students' understanding of the scientific conceptions of Nuclear Reaction through Constructionist learning approach. The participants of this study were 15 volunteers of 12th grade students in the largest school in Saraburi province in the second semester of academic year 2013. The research instruments were lesson plans, a scientific concept test of Nuclear Reaction, students' journals, and informal interview logs. The researcher analyzed quantitative data with calculation of the frequencies and percentages, and analyzed qualitative data with content analysis. The findings indicated that teaching with Constructionist learning approach could enhance the students' understanding of scientific concepts on the Nuclear Reaction. The findings also showed that most students understood the conception of the composition of the nucleus increased from 26.57% to 93.33%, the conceptions of binding energy increase from 6.67% to 100.00%, the conceptions of nuclear reaction increased from 0.00% to 93.33%, the conceptions of nuclear fission reaction increased from 0.00% to 66.67% the conceptions of chain reaction increased from 0.00% to 66.67% and the conceptions of nuclear fusion increased from 13.33% to 80.00%. Moreover, most students had no conception of nuclear reactions and misconception in the concept of binding energy before teaching with this approach. However, students increasingly understood the concept of nuclear fission, and chain reactions after teaching. Moreover, some of them had a partial conception. However, no one had complete misconception and no conception after teaching with this approach.

Keywords: Scientific Concepts / Nuclear Reaction / Constructionist Learning approach

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ เป็นแนวคิดที่ได้รับการบรรจุอยู่ในสาระการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง พลังงาน ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) และยังเป็นแนวคิดพื้นฐานในการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อมวลมนุษยชาติ อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่ระบุว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่ำกว่าเกณฑ์ (นริศ มะสกุล, 2543) ทั้งนี้เนื่องจากแนวคิด เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ นั้นเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมนักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ของครูส่วนใหญ่มุ่งเน้นให้นักเรียนท่องเพื่อจดจำแนวคิดที่เรียน โดยใช้วิธีการบรรยายเป็นหลัก ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถจินตนาการและสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง (เฉลิม รอดหลง, 2529)

ดังนั้นครูจึงเป็นบุคคลที่มีความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากที่สุด และให้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นให้ทุกคนต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น นักเรียนมีทักษะในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ซึ่งลักษณะของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้สอดคล้องกับทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) ของเพปเพิร์ต (Papert)



ที่ระบุว่าความรู้ไม่ใช่มาจากการสอนของครูเพียงอย่างเดียว แต่ความรู้เกิดขึ้นและสร้างขึ้นโดยนักเรียนเอง โดยการลงมือกระทำด้วยตนเอง (อุทิศ บำรุงชีพ, 2551) สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้ ครูต้องสร้างบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ให้ความหลากหลาย ผ่านวัสดุหรือสื่อเทคโนโลยี (บุปผชาติ ทังหิทธิ, 2546) นอกจากนี้การส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ควรเป็นไปในลักษณะที่นักเรียนมีโอกาสลงมือสร้างสิ่งต่าง ๆ ค่อย ๆ แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นไปเป็นตามลำดับจนบรรลุเป้าหมาย นำแนวคิดและผลงานของตนเอง มาวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น โดยมีครูเป็นผู้แนะนำและสนับสนุนอย่างใกล้ชิด (ธนัฐพร จันทรแสง, 2551)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญามาจัดการเรียนรู้วิชา ฟิสิกส์ เรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดเรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ โดยเน้นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ได้แก่ แบบจำลอง โปสเตอร์ และภาพเคลื่อนไหว ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 คน เป็นนักเรียนชาย 6 คน นักเรียนหญิง 9 คน ที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2556 ซึ่งเป็นนักเรียนที่สมัครใจรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ จำนวน 3 แผน ประกอบด้วยหัวข้อหลัก 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) องค์ประกอบของนิวเคลียส 2) พลังงานยึดเหนี่ยว และ 3) ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 คาบ คาบละ 50 นาที โดยมีกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การสร้างแบบจำลองนิวเคลียส การสร้างโปสเตอร์ การสร้างภาพเคลื่อนไหว โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

- 1) ชี้นำเข้าสู่บทเรียน เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่จะทำการจัดการเรียนรู้
- 2) ชี้นทบทวนความรู้เดิม เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ในเรื่องที่กำลังจะเรียนรู้
- 3) ชี้นปรับเปลี่ยนแนวคิด เป็นการให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และ 4) ชี้นสะท้อนความคิด เป็นการให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวคิด และพัฒนาแนวคิดของตนเอง

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ประกอบด้วย

1) แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ เป็นแบบวัดแนวคิดแบบปลายเปิด ประกอบด้วยคำถามเรื่อง องค์ประกอบของนิวเคลียส จำนวน 8 ข้อ พลังงานยึดเหนี่ยว จำนวน 5 ข้อ และ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ จำนวน 6 ข้อ

2) แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ



เมื่อพบข้อสงสัยหรือข้อมูลที่ต้องการจากนักเรียนมีความไม่ชัดเจน โดยเตรียมประเด็นคำถามและนัดเวลานักเรียนเพื่อสัมภาษณ์หรือทำการสัมภาษณ์นักเรียนในระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ปัญหาและสิ่งที่นักเรียนไม่เข้าใจ บันทึกสิ่งที่สัมภาษณ์หลังจากสัมภาษณ์ทันที

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 ขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและวิจัย โดยแจ้งวัตถุประสงค์และรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

3.2 ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ ให้กับนักเรียนก่อนทำการวิจัย เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ และชี้แจงชิ้นงาน เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ เพื่อให้ให้นักเรียนได้เตรียมดำเนินการ

3.3 ก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

3.4 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง หลังการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง ผู้วิจัยบันทึกในประเด็น ปัญหา อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ลงในบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

3.5 หลังการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดหลังจากจบการเรียนรู้แต่ละแผนทุกแผน โดยเป็นแบบวัดแนวคิดฉบับเดียวกับก่อนการจัดการเรียนรู้

3.6 สัมภาษณ์นักเรียนเมื่อพบข้อสงสัยหรือข้อมูลที่ต้องการจากผู้เรียนที่มีความไม่ชัดเจน โดยการเตรียมประเด็นคำถามและนัดเวลานักเรียนที่ต้องการสัมภาษณ์หรือทำการสัมภาษณ์นักเรียนในระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และทำการบันทึกสิ่งที่สัมภาษณ์หลังจากการสัมภาษณ์ทันที

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

4.1 แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าความถี่ และร้อยละ โดยผู้วิจัยอ่านและวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกริยานิวเคลียร์ ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละข้อผู้วิจัยจำแนกคำตอบของนักเรียนที่มีคำตอบอยู่ในกลุ่มเดียวกันเพื่อนำมาจัดกลุ่มของคำตอบเป็น 5 กลุ่มแนวคิดซึ่งตัดแปลงจากกรอบแนวคิดของ Abraham, Williamson, and Westbrook (1994) และ Haidar (1991) ดังนี้

1) กลุ่มเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception : SC) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2) กลุ่มเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Conception : PC) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่กล่าวถึง

3) กลุ่มเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Conception & Complete Misconception : PC&CM) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์



4) กลุ่มเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete Misconception : CM) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5) กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (No Response : NR) หมายถึง อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม ตอบว่าไม่ทราบ ตอบไม่ตรงคำถาม หรือทวนคำถามซ้ำ

จากนั้นผู้วิจัยนับจำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามในแต่ละกลุ่มแนวคิด หาค่าความถี่ และค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละแนวคิด แล้วทำการเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์

4.2 แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาโดยการอ่าน ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ในประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการทราบถึงข้อมูลที่ละเอียดและลึกซึ้งมากขึ้นจากแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์

สรุปผลการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ และการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ พบว่าแนวคิดของนักเรียนเมื่อผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ดังนี้

1. แนวคิดเรื่อง องค์ประกอบของนิวเคลียส

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) เรื่ององค์ประกอบของนิวเคลียส คิดเป็นร้อยละ 40.00 โดยนักเรียนไม่ตอบคำถาม และเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 20.00 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “นิวเคลียสของธาตุ คือ แกนกลางของอะตอมของธาตุนั้น ๆ” แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 93.33 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “นิวเคลียสของธาตุ คือ แกนกลางของอะตอมที่ประกอบไปด้วยโปรตอนและนิวตรอน (นร.6)” การเปรียบเทียบแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่า แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 33.33 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 13.33 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 20.00 และแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 6.67 โดยมีนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 26.67

2. แนวคิดเรื่อง พลังงานยึดเหนี่ยว

แนวคิดเรื่องพลังงานยึดเหนี่ยวก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 53.33 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “พลังงานยึดเหนี่ยวหมายถึง พลังงานที่ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับโปรตอน” และเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 26.67 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “พลังงานยึดเหนี่ยว หมายถึง พลังงานที่ทำให้อนุภาคยึดเข้าอยู่ด้วยกัน” แต่หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “พลังงานยึดเหนี่ยว เป็นพลังงานที่ใช้ยึดเหนี่ยวอนุภาคนิวคลีออนในนิวเคลียส” จากการเปรียบเทียบแนวคิด



ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 13.33 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “พลังงานยืดหยุ่น เกิดจากการที่มีแรงสองแรงมากระทำจนเกิดพลังงาน” แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 53.33 และแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 26.67 โดยที่นักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 6.67

3. แนวคิดเรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์

แนวคิดเรื่องปฏิกริยานิวเคลียร์ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 73.33 โดยนักเรียนไม่เขียนตอบ ส่วนอีกร้อยละ 26.67 เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “ปฏิกริยานิวเคลียร์หมายถึง ปฏิกริยาการแตกตัวและการรวมตัวของอนุภาค” แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 93.33 เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “กระบวนการที่นิวเคลียสเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือเปลี่ยนระดับพลังงาน” จากการเปรียบเทียบแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 66.67 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 26.67 และแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 6.67

4. แนวคิดเรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิชชัน

แนวคิดเรื่องปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิด (NR) คือนักเรียนไม่ตอบคำถาม คิดเป็นร้อยละ 53.33 และ เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 33.33 ดังตัวอย่างคำตอบ “ปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิชชัน หมายถึง การแตกตัวของธาตุ” แต่หลังจากการเรียนรู้ นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 66.67 เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “ปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิชชัน หมายถึง ปฏิกริยาที่นิวเคลียสของธาตุนั้นแตกตัวเป็นนิวเคลียสขนาดเล็กกว่า” จากการเปรียบเทียบแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 33.33 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบ ไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 33.33 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 20.00 และแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 13.33

5. แนวคิดเรื่อง ปฏิกริยาหลอโซ

แนวคิดปฏิกริยาหลอโซพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 86.67 เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “ปฏิกริยาหลอโซ คือ ปฏิกริยาที่เกิดการกระทำต่อกันเป็นทอด ๆ” แต่หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 66.67 เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “ปฏิกริยาหลอโซ หมายถึง การแตกตัวจากปฏิกริยาฟิชชันที่หนึ่งไปทำให้เกิดปฏิกริยาฟิชชันที่สอง และนิวตรอนจากฟิชชันที่สองไปทำให้เกิดฟิชชันที่สามเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ” จากการเปรียบเทียบแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์



(SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 13.33 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 53.33 โดยที่นักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 33.33

6. แนวคิดเรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน

แนวคิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ไม่มีแนวคิด (NR) คือ นักเรียนไม่ตอบคำถาม คิดเป็นร้อยละ 40.00 อีกร้อยละ 26.67 เข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน เป็นปฏิกิริยาการรวมตัวของธาตุหลังจากเกิดการชน” และเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 20.00 เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน “การรวมตัวของธาตุ” แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 80.00 จากการเปรียบเทียบแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 26.67 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 20.00 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 20.00 แนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) คิดเป็นร้อยละ 13.33 และแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 6.67 โดยมีนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 13.33 พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน เพิ่มขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาสามารถช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ นักเรียนส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 60 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่อง องค์ประกอบของนิวเคลียส พลังงานยึดเหนี่ยว และเรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งนักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ มากกว่าร้อยละ 90.00 โดยในเรื่อง องค์ประกอบของนิวเคลียส นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 26.57 เป็น 93.33 แนวคิดเรื่อง พลังงานยึดเหนี่ยว เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.67 เป็น 100.00 แนวคิดเรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น 93.33 แนวคิดเรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน เพิ่มจากร้อยละ 0.00 เป็น 66.67 แนวคิดเรื่อง ปฏิกิริยาฟิวชัน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น 66.67 และแนวคิดเรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 13.33 เป็น 80.00 ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญานั้นช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ กิตติยา พลอดแก้ว (2551) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากเรียนจากบทเรียนบนเว็บตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เรื่อง การสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ ภทรลักษณ์ สังข์วงษ์ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดอภิปัญญาของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องวิวัฒนาการ โดยการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ที่พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวิวัฒนาการ ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา สามารถพัฒนาความคิดอภิ



ปัญหาของนักเรียนได้ เห็นได้จากคะแนน แบบวัดความคิดอภิปัญญาของนักเรียนหลังการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นอกจากนี้การนำสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ สอดคล้องกับหลักการของการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา โดยสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ระบุว่านักเรียนสามารถเลือกโปรแกรมค้นหา (Search Engine) มาเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างชิ้นงานหรือใช้ประกอบในการสร้างชิ้นงาน ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันทั้งระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนและนักเรียน เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และเรียนรู้ไปด้วยกัน (บุปผชาติ ทัพพิกรณ์, 2552) อย่างไรก็ตามมีนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแล้วยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ เช่น เรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันและปฏิกิริยาลูกโซ่ คิดเป็นร้อยละ 33.33 และเรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ร้อยละ 20.00 สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากกิจกรรมที่ครูใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นไม่เหมาะสมกับนักเรียนกลุ่มนี้ เนื่องจากแนวคิด เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ปฏิกิริยา ลูกโซ่ และ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันนั้น เป็นการเกิดกระบวนการที่มีลักษณะเป็นนามธรรมมากส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสร้างแนวคิดให้เกิดแก่ตนเองได้ในเวลาที่จำกัด สอดคล้องกับ บุปผชาติ ทัพพิกรณ์ (2546) ที่ระบุว่าสภาพแวดล้อมส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ครูควรพิจารณาเนื้อหา วัสดุของนักเรียน และจัดเวลาให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 สำหรับการสร้างชิ้นงานในแต่ละหัวข้อที่มีการใช้เทคโนโลยี ช่วยในการจัดการเรียนรู้ เช่น การสร้างภาพเคลื่อนไหว เพื่อเป็นการกระชับเวลาในการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรมีการแนะนำซอฟต์แวร์และวิธีการในการสร้างภาพเคลื่อนไหว จนกระทั่งนักเรียนสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวได้ด้วยความชำนาญนอกเวลาเรียน

1.2 ถึงแม้ว่านักเรียนจะได้รับการจัดการเรียนรู้โดยตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแล้วนั้น ผู้วิจัยพบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนยังมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ในเรื่อง องค์ประกอบของนิวเคลียส และปฏิกิริยานิวเคลียร์ สังเกตได้จากเนื้อหาดังกล่าว เป็นเนื้อหาเชิงนามธรรมผู้เรียนจะต้องสร้างจินตนาการเพื่อให้เห็นภาพของโครงสร้างหรือรูปแบบ แต่ด้วยเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่จำกัดโดยในบางส่วน อาจจะต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจมากกว่านี้ ดังนั้นผู้วิจัยขอเสนอแนะว่าในครั้งต่อไปผู้สอนอาจจะต้องจัดหาแหล่งเรียนรู้ สื่อหรือเว็บไซต์ต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนมีเวลาศึกษาเพิ่มเติมนอกเวลาเรียนหรือผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ต่างๆ เพื่อเป็นช่องทางในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครูผู้สอนอีกทางหนึ่ง ขอให้ใช้คำว่า ครูกับนักเรียนทั้งหมด ปรับทั้งบทความ

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนควรมีลักษณะอย่างไร

2.2 ในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในครั้งต่อไปควรศึกษาเกี่ยวกับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีแห่งการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารอ้างอิง

- กิตติยา ปลอดแก้ว. (2551). การพัฒนาบทเรียนบนเว็บตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้ เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เรื่อง การสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการศึกษา) ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา. สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เฉลิม รอดหลง. (2529). การศึกษาสมรรถภาพ ปัญหาและความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนมัธยมศึกษาระดับตำบล เขตการศึกษา 6. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธัญพร จันทรวง. (2551). การประเมินโครงการพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา โรงเรียนบ้านสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารการศึกษา). สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นริศ มะสกุล. (2543). ผลการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนทบทวน วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต (การศึกษาวิทยาศาสตร์) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. (2546). เทคโนโลยีสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____. (2552). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- ภัทรลักษณ์ สังข์วงศ์. (2556). การพัฒนาความคิดแก้ปัญหาโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เรื่อง วิวัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ภาควิชาการศึกษาศาสตร์. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- _____. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- อุทิศ บำรุงชีพ. (2551). รูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามแนวคอนสตรัคชันนิซึมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีการศึกษา) ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Abraham, M.R., V.M. Williamson, and S.L. Westbrook. (1994). "A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concepts." *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Haidar, A.H. (1991). "A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts Based on the particulate nature of matter." *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938.