

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สายชล สุขโข^{a*}, ธิติยา บงกชเพชร^b และธีระชัย บงการณ^c

Effect of Learning Outcome Using Conceptual Change Teaching Strategy in Radioactivity and Nuclear Energy Topics for MatayomSuksa IV Students

Saichon Sukkho^{a*}, Thitiya Bongkotphet^b and Theerachai Bongkan^c

^aสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 ถนนจันทน์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

^bภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

^cภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

^aSecondary Educational Service Area Office 39, Janokrong Road, Muang, Phitsanulok, 65000

^bDepartment of Education, Faculty of Education, Naresuan University, Muang, Phitsanulok, 65000

^cDepartment of Physic, Faculty of Science, Naresuan University, Muang, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author, E-mail address: poo_osaichol@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากเนื้อหาเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์เป็นนามธรรมและเป็นเรื่องยาก นักเรียนส่วนมากมีมโนคติคลาดเคลื่อน งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ ซึ่งประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ 3 กิจกรรม ได้แก่ การเปรียบเทียบ การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนคติ และบทบาทสมมติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 25 คน โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์มโนคติ แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนคติ และแบบบันทึกการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าความถี่และค่าร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติถูกต้อง ความเข้าใจมโนคติถูกต้องบางส่วน ความเข้าใจมโนคติคลาดเคลื่อนและความไม่เข้าใจ ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ สามารถช่วยให้นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ โดยนักเรียนเปลี่ยนมโนคติเป็นความเข้าใจถูกต้องและความเข้าใจมโนคติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันความเข้าใจมโนคติคลาดเคลื่อนและความไม่เข้าใจมโนคติลดลง ผลการวิจัยที่ได้เป็นการเสนอแนวทางให้ครูนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ความเข้าใจมโนคติ การเปลี่ยนมโนคติ กัมมันตภาพรังสี พลังงานนิวเคลียร์ กลวิธีสอน

Abstract

The content of radioactivity and nuclear energy topics as an abstract and difficult, most student have misunderstanding. This research aimed to explore conceptual change in radioactivity and nuclear energy topics for Matayomsuksa IV Student by using conceptual change teaching strategies, which were analogy, refutation text and role-playing. The participants were 25 Matayomsuksa IV students in a secondary school in Phitsanulok province was situated by purposive sampling. The tools employed in this research were interviews, lesson plan for conceptual change and journals. The frequency and the percentage of student sound understandings, student partial understandings, student misunderstandings and student no understandings were used to analyze the student conceptions. The result indicated that learning process by using conceptual change teaching strategies could develop the students' scientific conceptions about radioactivity and nuclear energy. Although some students did not change in some conceptions. They improved their reasoning and explaining skills. This research results can be a guideline teachers in using an instructional management to encourage student to have scientific understanding.



Keywords: Conceptual Understanding, Conceptual Change, Radioactivity, Nuclear Energy, Teaching Strategies

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์เข้ามามีบทบาทต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างหลากหลาย การเรียนรู้เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นสำหรับพลเมืองทุกคน ดังนั้น หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 63-73) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ไว้ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยให้ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของธาตุกัมมันตรังสี และการนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการป้องกันอันตรายจากกัมมันตรังสี และในสาระที่ 5 พลังงาน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ การนำไปใช้ประโยชน์ และโทษต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเน้นถึงการนำไปใช้ในเชิงเทคโนโลยี เช่น ทางเภสัชกรรม และทางการแพทย์ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยหลายเรื่อง พบว่านักเรียนจำนวนมากที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ตัวอย่างเช่น ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากมโนคติวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการแผ่รังสี ครึ่งชีวิต และผลกระทบของสารกัมมันตรังสีของนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ที่ก่อตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (ทศนิวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์, 2548, น. 103-107) เช่นเดียวกับการศึกษามโนคติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในยุโรป พบว่า นักเรียนมีเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติการส่งผ่านและการดูดกลืนรังสี โดยนักเรียนไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างการฉายรังสีและการปนเปื้อนรังสี (Millar, Eijkelhof, & Eijkelhof, 1990, pp. 338-342; Tekin, & Nakiboglu, 2006, pp. 1712-1718) และมีความสับสนในการใช้คำศัพท์เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี เช่น ธาตุกัมมันตรังสี และกัมมันตภาพรังสี การฉายรังสี (Millar, & Gill, 1996,

pp. 27-33; Henriksen, 1996, pp. 191-196) ซึ่ง Prather (2005, pp. 345-354) และ Tekin, & Nakiboglu (2006, pp. 1712-1718) มีความเห็นตรงกันว่า สาเหตุของมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้อาจมาจากธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องกัมมันตภาพรังสี ส่วนใหญ่เป็นนามธรรมทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ เช่น ครึ่งชีวิต การสลายกัมมันตภาพรังสี เป็นต้น ดังนั้น การเปลี่ยนมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ให้เป็นมโนคติวิทยาศาสตร์ ครูจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้อง

กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติเป็นวิธีการที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่บนพื้นฐานของความรู้เดิม ซึ่งกลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติมีกิจกรรมการเรียนรู้หลายรูปแบบ ครูจึงต้องเลือกกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ (Pedagogical) ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา (Content) และบริบทสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ (Context) เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

จากการศึกษาวิจัยที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนคติเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ (Millar, Eijkelhof, & Eijkelhof, 1990, pp. 338-342; Henriksen, & Jorde, 2001, pp. 189-206) พบว่า ส่วนใหญ่เป็นการศึกษากับนักเรียนต่างประเทศที่อาจได้รับประสบการณ์และบริบทที่แตกต่างจากประเทศไทย ซึ่งการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้กับนักเรียนไทยอาจมีข้อจำกัดด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนคติ เรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ ผลที่ได้จากการศึกษานี้ เป็นข้อมูลพื้นฐานให้ครูใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติในเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงาน



นิวเคลียร์ ให้ถูกต้องและเป็นแนวทางในการออกแบบ
กิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจโนมตี เรื่อง
กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมตี

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ภายใต้กระบวนทัศน์การตีความ (Interpretive Paradigm) จากปรากฏการณ์ในโรงเรียนที่เป็นแหล่งวิจัย ผู้วิจัยยึดหลักการทำความเข้าใจปรากฏการณ์จากมุมมองของผู้ที่มีส่วนร่วมในปรากฏการณ์โดยใช้การตรวจสอบ มโนมตีด้วยการสัมภาษณ์ การสังเกต และจดบันทึก ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเปลี่ยนมโนมตี ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาได้ถูกนำมาวิเคราะห์และตีความเพื่ออธิบายการเปลี่ยนความเข้าใจโนมตี เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายละเอียดเกี่ยวกับบริบทวิจัย พลวิธี เครื่องมือวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังต่อไปนี้

บริบทการวิจัย

การศึกษานี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดพิษณุโลก โรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โดยมีจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละห้อง จำนวน 55 คน ยกเว้นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ (Gifted) มีจำนวนนักเรียน 36 คน เรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์เป็นเนื้อหาที่เปิดสอนในรายวิชา “ฟิสิกส์พื้นฐาน” ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนส่วนใหญ่มาจากครอบครัวที่มีฐานะปานกลาง และนักเรียนเรียนพิเศษเพิ่มเติมในวิชา

วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในช่วงหลังเลิกเรียนและวันเสาร์อาทิตย์

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (อายุประมาณ 15-16 ปี) ซึ่งมาจากห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนทั้งหมดในห้องเรียนนี้ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัด ดังนี้ 1) นักเรียน จำนวน 6 คน ไม่มาสัมภาษณ์ในวันที่มีการนัดหมายและไม่เข้าเรียนในบางชั่วโมงที่ผู้วิจัยมีการดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และ 2) นักเรียน จำนวน 5 คน ได้ย้ายออกห้องเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในขณะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล จึงมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน ในจำนวนนี้ประกอบด้วย นักเรียนชาย 9 คน และนักเรียนหญิง 16 คน

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 3 ชนิด ได้แก่

1) แบบสัมภาษณ์โนมตี ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างภาพเหตุการณ์ที่วาดลงในบัตรภาพ โดยผู้วิจัยกำหนดเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อให้ นักเรียนอธิบายความเข้าใจโนมตีของนักเรียน สำหรับตรวจสอบความเข้าใจโนมตีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน โดยผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากคำถามในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ทัศนวิจารณ์ เลิศเจริญฤทธิ์, 2548, น. 121-141) บัตรภาพ และคำถามทั้งหมด ได้รับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งพบว่า คำถามบางข้อไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย และภาพเหตุการณ์ในบัตรภาพไม่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนอาจไม่เข้าใจในเหตุการณ์นั้นได้

จากผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแบบสัมภาษณ์โนมตี โดยตัดคำถามข้อที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยออก เปลี่ยนรูปภาพ และเติมสีลงบนบัตรภาพให้ชัดเจนยิ่งขึ้น แบบสัมภาษณ์โนมตีจึงประกอบด้วยบัตรภาพ จำนวน 13 เหตุการณ์ ได้แก่

- กล้องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี
- ธาตุกัมมันตรังสีถูกทิ้งไว้บน



- ห้องเรียน
- คนถือธาดุกัมมันตรังสีในมือไว้
- ธาดุกัมมันตรังสีถูกทิ้งลงสู่ทะเล
- การแพทย์
- ผลไม้นาฬารังสี
- การเผาขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี
- การเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์
- การยิงอนุภาคมวลเบาเข้าไปในนิวเคลียส
- มวลหนัก
- การรวมกันของนิวเคลียสมวลเบา
- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์
- อุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

2) แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนคติ จำนวน 6 แผน ใช้เวลารวม 10 ชั่วโมง ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานของแนวคิดการเปลี่ยนมโนคติ และเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับลักษณะเนื้อหาและมโนคติคลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ที่เลือกใช้มี 3 รูปแบบ ได้แก่

2.1) การเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นกลวิธีสอนที่ผู้วิจัยนำสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย หรือรู้จักเป็นอย่างดีมาใช้เป็นมโนคติเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบกับมโนคติวิทยาศาสตร์หรือมโนคติเป้าหมาย เรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

2.2) เอกสารเปลี่ยนมโนคติ เป็นกลวิธีการสอนโดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนคติเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

2.3) บทบาทสมมติ ซึ่งเป็นกลวิธีสอนที่ให้นักเรียนสวมบทบาทในสถานการณ์เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ และแสดงความรู้ความเข้าใจของตน แล้วนำเอาการแสดงความรู้ ความคิดที่สังเกตเห็นมาเป็นข้อมูลในการอภิปรายให้เกิดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด ได้รับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ว่ามีความถูกต้องของเนื้อหา มีความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผล และระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ และสามารถเปลี่ยนมโนคติของนักเรียนได้

3) แบบบันทึกการเรียนรู้ (Journals) เป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนได้เขียนแสดงสิ่งที่ได้เรียนรู้ และปัญหาภายหลังการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ สิ้นสุดลง โดยกำหนดประเด็นในการเรียน ดังนี้ นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหา/ยังไม่เข้าใจอะไรบ้าง และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม แตกต่างจากความคิดเดิมอย่างไร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) การตรวจสอบความเข้าใจมโนติก่อนจัดการเรียนรู้ ซึ่งดำเนินการในเดือนพฤษภาคม 2556 ก่อนการจัดการเรียนรู้ประมาณ 1 เดือน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวางแผนในการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล คนละ 20-30 นาที เริ่มการสัมภาษณ์โดยให้นักเรียนดูบัตรภาพการสัมภาษณ์เริ่มจากการเสนอบัตรภาพกับนักเรียนก่อนจะเป็นการขอให้นักเรียนระบุว่า เป็นบัตรภาพอะไร และตามด้วยข้อคำถามที่เตรียมไว้ ซึ่งในขณะที่มีการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้ขออนุญาตบันทึกเสียงของนักเรียน

2) การดำเนินการจัดการเรียนรู้ ซึ่งดำเนินการในระหว่างเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2556 ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการจัดการเรียนรู้เพื่อปรับความเข้าใจเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการเรียนเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับอะตอม ธาตุ และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ จำนวน 1 ชั่วโมง จากนั้นผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนคติโดยทำการจัดการเรียนรู้สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 1-2 ชั่วโมง และมีการบันทึกวิดีโอเทปบรรยายในห้องเรียนในแต่ละครั้งที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยขอให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ลงในแบบบันทึกการเรียนรู้

3) การตรวจสอบความเข้าใจมโนติหลังการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้ประมาณ 1 อาทิตย์ (ในระหว่างเดือนสิงหาคม-กันยายน 2556) โดยใช้แบบสัมภาษณ์ชุดเดิม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกิดขึ้นทันทีเมื่อทำการสัมภาษณ์นักเรียนทุกคนเสร็จสิ้น ผู้วิจัยเริ่มต้น

จากการถอดคำพูดของนักเรียนแต่ละคนแบบคำต่อคำ จากนั้น ผู้วิจัยอ่านคำพูดของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียด และจำแนกความเข้าใจโนมติดังกล่าวของนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

(1) ความเข้าใจโนมติดูถูกต้อง (Sound Understanding: SU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนสอดคล้องกับโนมิตทางวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบที่สำคัญ

(2) ความเข้าใจโนมติดูถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนสอดคล้องกับโนมิตทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่ครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญ

(3) ความเข้าใจโนมิตคลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับโนมิตทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน

(4) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือหลีกเลี่ยงการตอบคำถาม

จากนั้นคำนวณค่าร้อยละของความเข้าใจโนมิตแต่ละโนมิตที่จำแนกได้ และนำเสนอในรูปของตาราง และการบรรยายสรุป และเพื่อความถูกต้องในการตีความโนมิตของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จาก

การตีความมาวิเคราะห์ และอภิปรายร่วมกับผู้วิจัยคนที่ 3 ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย

2) การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการเรียนรู้เกิดขึ้นทันทีเมื่อทำการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น โดยผู้วิจัยอ่านแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างละเอียด จับประเด็นหลักของข้อมูล และตีความ ก่อนจะจัดกลุ่มข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการเรียนรู้ตามเป็นประเด็นที่ตั้งไว้ และเชื่อมโยงข้อมูลที่จัดกลุ่มความเข้าใจโนมิตของนักเรียนไว้ เพื่อหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนความเข้าใจโนมิตของนักเรียน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจโนมิตของนักเรียนแบบสามเส้า (Triangulation) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่งด้วยกัน ในงานวิจัยนี้ ใช้คำตอบของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ ชิ้นงาน และจากแบบบันทึกการเรียนรู้

ผลการวิจัย

ผลจากการตีความหมายและความเข้าใจโนมิต เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนรู้ด้วยกลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนโนมิต ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจโนมิต เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ก่อนและหลังเรียน

มโนมิต	ความเข้าใจโนมิตของนักเรียน (ร้อยละ)				
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
		SU	PU	MU	NU
1. การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี	SU	-	-	-	-
	PU	4	4	-	-
	MU	88	20	60	8
	NU	8	8	-	-
	รวม	100	32	60	8
2. ครึ่งชีวิต	SU	-	-	-	-
	PU	8	8	-	-
	MU	20	8	8	4
	NU	72	52	12	8
	รวม	100	68	20	12



ตารางที่ 1 (ต่อ)

มโนคติ	ความเข้าใจมโนคติของนักเรียน (ร้อยละ)				
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
		SU	PU	MU	NU
3. รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด	SU	-	-	-	-
	PU	-	-	-	-
	MU	60	28	24	8
	NU	40	20	20	-
	รวม	100	48	44	8
4. การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์	SU	-	-	-	-
	PU	48	16	32	-
	MU	52	12	40	-
	NU	-	-	-	-
	รวม	100	28	72	-
5. ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี	SU	-	-	-	-
	PU	4	-	4	-
	MU	96	8	88	-
	NU	-	-	-	-
	รวม	100	8	92	-
6. ปฏิกิริยานิวเคลียร์	SU	-	-	-	-
	PU	-	-	-	-
	MU	84	24	36	24
	NU	16	4	4	8
	รวม	100	28	40	32
7. การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้	SU	-	-	-	-
	PU	8	4	4	-
	MU	72	44	28	-
	NU	20	8	12	-
	รวม	100	56	44	-
8. ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์	SU	-	-	-	-
	PU	8	-	8	-
	MU	84	-	76	8
	NU	8	-	8	-
	รวม	100	-	92	8

หมายเหตุ: SU หมายถึง ความเข้าใจมโนคติถูกต้อง PU หมายถึง ความเข้าใจมโนคติถูกต้องบางส่วน

MU หมายถึง ความเข้าใจมโนคติคลาดเคลื่อน NU หมายถึง ความไม่เข้าใจมโนคติ

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ได้ทุกมโนคติ โดยก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนคติคลาดเคลื่อน และมีนักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจ

มโนคติ โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนสูงสุด (ร้อยละ 96) ในมโนคติ เรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และไม่เข้าใจมโนคติสูงสุด (ร้อยละ 72) ในมโนคติ เรื่อง ครึ่งชีวิต แต่เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนคติของนักเรียนหลังเรียนแล้ว พบว่า นักเรียนพัฒนา



บางส่วนยังคงมีความเข้าใจโมติถูกต้องบางส่วน เช่นเดิม

ปฏิกริยานิวเคลียร์

กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบการเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ เรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ ถูกต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งเปลี่ยนมาจากนักเรียนที่มี ความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจโมติ และนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ซึ่งเปลี่ยนมาจากความเข้าใจโมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนและไม่เข้าใจโมติ อย่างไรก็ตาม นักเรียนจำนวนมากไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ โดยมีความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม

การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้

กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบบทบาทสมมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ เรื่อง การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนความเข้าใจโมติเป็นความเข้าใจโมติถูกต้องและความเข้าใจโมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ซึ่งเปลี่ยนมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจโมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจโมติ

ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบบทบาทสมมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ เรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่มีนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อนไปเป็นความเข้าใจโมติถูกต้องบางส่วนจำนวนมาก และนักเรียนบางส่วนมีการเปลี่ยนจากไม่เข้าใจโมติไปเป็นความเข้าใจ

มโนคติถูกต้องบางส่วน ในขณะที่ นักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ โดยมีความเข้าใจโมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจโมติคลาดเคลื่อน เช่นเดิม

บทสรุปและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาและความรู้เดิมของนักเรียนที่ประกอบด้วย 3 รูปแบบ ได้แก่ การเปรียบเทียบ การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนคติ และบทบาทสมมติ ผลการวิจัยโดยสรุป พบว่า การใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจโมติของนักเรียนทุกมโนคติ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ ไม่มีนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อพิจารณาโมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ที่นักเรียนไม่เข้าใจมากที่สุด คือ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ครึ่งชีวิต หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจโมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์เพิ่มขึ้นทุกมโนคติ โดยมโนติที่นักเรียนเข้าใจเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์

นอกจากนี้ กิจกรรมการเรียนรู้แบบการเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจให้นักเรียนมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นในมโนคติ เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ครึ่งชีวิต และปฏิกริยานิวเคลียร์ ทั้งนี้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบการเปรียบเทียบให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน จัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้มีการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้นักเรียนสังเกตที่เกิดขึ้นจริง นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน นักเรียนที่ได้ทำกิจกรรมที่คุ้นเคย หรือรู้จัก

มาแล้วเชื่อมโยงไปสู่มนต์ที่เป็นนามธรรม ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiu, & Lin (2005, pp. 429-464) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยการเปรียบเทียบ สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม (เช่น เรื่องไฟฟ้า) ไปสู่มนต์ที่ถูกต้องตามมนต์ของนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัย พบว่า มีนักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมนต์ ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากนักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับมนต์ใหม่อย่างชัดเจน จึงยังคงใช้มนต์เดิมอธิบายสถานการณ์คุ้นเคยหรือใหม่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Posner, Strike, Hewson, & Gertzog (1982, pp. 221-227) ที่พบว่า หากนักเรียนยังพอใจในมนต์เดิม และนักเรียนจะไม่สามารถเข้าใจมนต์ใหม่ได้ การเปลี่ยนมนต์จึงเกิดขึ้นไม่ได้ และมีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจมนต์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ปฏิกริยานิวเคลียร์ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถแยกแยะระหว่างปฏิกริยานิวเคลียร์และปฏิกริยาเคมีได้ ปัญหาดังกล่าวเนื่องจากคำว่า ปฏิกริยานิวเคลียร์ และปฏิกริยาเคมีมีคำว่า “ปฏิกริยา” เหมือนกัน อาจทำให้นักเรียนคลาดเคลื่อนว่า ปฏิกริยานิวเคลียร์และปฏิกริยาเคมีไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tekin, & Nakiboglu (2006, pp. 1712-1718) ที่พบว่านักเรียนไม่สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างปฏิกริยาเคมีและปฏิกริยานิวเคลียร์ได้

นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนมีมนต์คลาดเคลื่อนในเรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ครึ่งชีวิต และปฏิกริยานิวเคลียร์ ภายหลังจากการเรียนรู้ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในมนต์คุ้นเคยที่ใช้ในการเปรียบเทียบส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจมนต์เป้าหมาย จึงไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังมนต์เป้าหมาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Corgill, & Bodner (อ้างถึงใน วิทยา ภาชื่น, 2553, น. 101-103) ที่พบว่า มโนคติที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบจะต้องเป็นมนต์ที่นักเรียนคุ้นเคยพบเห็นในชีวิตประจำวันง่ายต่อการทำความเข้าใจ ดังนั้น ก่อนที่

นำสิ่งต่าง ๆ มาใช้ในการเปรียบเทียบกับมนต์จึงต้องแน่ใจว่า นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นมนต์เปรียบเทียบอย่างชัดเจน

สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้แบบเอกสารเปลี่ยนมนต์ สามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมนต์ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยการทำนายคำตอบในสถานการณ์ที่มักทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน รับรู้มนต์ที่คลาดเคลื่อนแล้วเกิดความสงสัย ชัดแย้งในมนต์เดิมที่มีอยู่ นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และได้รับคำอธิบายที่ถูกต้องตามมนต์วิทยาศาสตร์ เพื่อแทนที่มนต์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมนต์ได้ ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชรพรภิกขาลา (2545, น. 35-40) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารเปลี่ยนมนต์ประกอบการเรียนมีความเข้าใจมนต์ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมนต์ที่คลาดเคลื่อนไปเป็นมนต์ถูกต้อง โดยนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับวิธีการตรวจวัดรังสีจากป้ายสัญลักษณ์ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจเกิดเนื่องจากนักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติการตรวจวัดรังสีจริง เพียงแต่ได้ชมคลิปวิดีโอทัศนสาธิตวัดรังสี ซึ่งนักเรียนบางส่วนอาจไม่มีความรู้เดิม หรือไม่เข้าใจในมนต์นั้น จึงไม่มีความรู้เพียงพอที่จะปรับโครงสร้างความเข้าใจมนต์ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guzzetti (2000, pp. 89-98) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมนต์เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอให้นักเรียนเปลี่ยนมนต์ได้ ดังนั้น การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมนต์ควรใช้ร่วมกับวิธีอื่นด้วย เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงมนต์ได้ง่ายขึ้น

สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้แบบบทบาทสมมติ สามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ในมนต์เรื่อง การนำ ธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ ผลกระทบของธาตุ



กัมมันตรังสี การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ และผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ทั้งนี้ เนื่องจากนักเรียนได้ถูกฝึกให้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้งการสืบค้นข้อมูล การทำความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทสมมติที่กำหนด การแสดงบทบาทสมมติ การสังเกต การแสดง การปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งกันและกัน รวมทั้ง การสะท้อนความเข้าใจในแบบบันทึกการเรียนรู้ และแบบสังเกตการแสดง ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและปรับเปลี่ยนมโนคติให้เป็นมโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้ผลการวิจัยดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lentela (2002, pp. 211–216) ที่พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบบทบาทสมมติสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจเหตุการณ์ที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น และงานวิจัยของ รุ่งทิพย์ นิโรจน์ (2549, น. 83–88) ที่พบว่า กิจกรรมบทบาทสมมติทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้ (การอนุรักษ์ดิน น้ำ อากาศ) มากขึ้น เนื่องจากกิจกรรมบทบาทสมมติใช้เรื่องที่เป็นสถานการณ์ใกล้ตัวนักเรียน นักเรียนจึงสามารถแสดงความคิดเห็นอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งการแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันทำให้นักเรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะการแสดงนักเรียนบางส่วนตอบคำถามจากเพื่อนผู้ชมไม่ครบถ้วน ซึ่งสาเหตุอาจมาจากนักเรียนสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นเพียงพอสำหรับนำเสนอในบทบาทที่ตนได้รับ ดังนั้น การแสดงบทบาทสมมติ ครูจำเป็นต้องกำกับและคอยแนะนำนักเรียนถึงการนำเสนอข้อมูลในบทบาทสมมติที่รับผิดชอบให้ถูกต้อง และครบถ้วน

ข้อเสนอแนะ

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ ครูควรจัดกิจกรรมที่หลากหลาย และส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการลงมือปฏิบัติจริง มีการแสดงออกถึงความคิดเห็นของตนเอง การใช้ท่าทาง คำพูดหรือคำอธิบาย เป็นต้น เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรู้ ความเข้าใจของตนเอง เกิดการอภิปราย

แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ กิจกรรมการเรียนรู้แบบการเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนคติของนักเรียน เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีครึ่งชีวิต และปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งมีลักษณะเนื้อหาเป็นนามธรรม อย่างไรก็ตาม ครูต้องคำนึงถึงความคล้ายคลึงและความแตกต่างกันระหว่างมโนคติเป้าหมายกับมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ โดยควรเลือกมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบเป็นมโนคติที่นักเรียนคุ้นเคยทำความเข้าใจได้ง่ายและคล้ายคลึงกับมโนคติเป้าหมาย

มากไปกว่านี้ การเชื่อมโยงมโนคติเปรียบเทียบไปสู่มโนคติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นไปได้ยาก หากครูไม่มีการแนะนำการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างในขณะการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิทยา ภาชื่น (2553, น. 114–117) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนตีความมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบด้วยตนเอง โดยไม่มีครูแนะนำอาจทำให้นักเรียนเกิดมโนคติคลาดเคลื่อนได้ง่าย ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการเปรียบเทียบครูจะต้องคอยแนะนำการเปรียบเทียบในการเรียนรู้ และความแตกต่างระหว่างมโนคติที่เป็นเป้าหมายกับมโนคติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ ครูควรตรวจสอบนักเรียนที่แสดงบทบาทสมมตินั้นก่อนที่นักเรียนจะทำการแสดงจริง เพื่อลดความผิดพลาดในการแสดงบทบาทสมมติและควรมีวิธีการที่ทำให้นักเรียนสนใจกิจกรรม ติดตามเรื่องราวในการแสดง รวมถึงคอยควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมให้กระชับเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.



ทัศนวิวรรณ เลิศเจริญฤทธิ์. (2548). แนวคิดและความรู้สึกเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้รับการตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งทิพย์ นิโรจน์. (2549). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เชียงราย ที่เรียนโดยกิจกรรมบทบาทสมมติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้รับการตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัชรระ พริกขาลา. (2545). ความเข้าใจในมิติของนักเรียนที่ใช้หนังสืออ่านประกอบเพื่อเปลี่ยนมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องแสง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้รับการตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิทยา ภาชีน. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนคติ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้รับการตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464.

Guzzetti, B. J. (2000). Learning counter-intuitive science concepts: what have we learned from over a decade of research. *Reading and Writing Quarterly*, 16, 89-98.

Henriksen, E. K. (1996). Laypeople's Understanding of Radioactivity and Radiation. *RadiatProtDosimetry*, 68(3-4), 191-196.

Henriksen, E. K., & Jorde, D. (2001). High School Students' Understanding of Radiation and the Environment: Can Museums Play a Role? *Science Education*, 85, 189-206.

Lehtelä, P. L. (2002). Role-playing, Conceptual Change, and the Learning Process: A Case Study of 7th Grade Pupils. *Research in Science Education-Past, Present, and Future*, (5), 211-216.

Millar, R., Eijkelhof, K. K., & Eijkelhof, H. (1990). Teaching about Radioactivity and Ionising Radiation: An Alternative Approach. *Physics Education*, 25, 338-342.

Millar, R., & Gill, J. S. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. *Physics Education*, 31(1), 27-33.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 221-227.

Prather, E. (2005). Students' Beliefs about the Role of Atoms in Radioactive Decay and Half-Life. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 345-354.

Tekin, B. B., & Nakiboglu, C. (2006). Identifying Students' Misconceptions about Nuclear Chemistry: A Study of Turkish High School Students. *Journal of Chemical Education*, 83(11), 1712-1718.