

การพัฒนาการเชื่อมโยงระดับแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

The Development of Cross Level Conception of Solids, Liquids, and Gases of 11th Grade Students
Using Context-Based Learning

ศตายุ นุ่นสวัสดิ์ (Satayu Nunsawat)* ดร.เอกรัตน์ ทานาค (Dr.Akarat Tanak)**

ดร.สุธาสิณี กิตยาการ (Dr.Sutasinee Kityakarn)***

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงระดับแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 25 คน โดยใช้แบบวัดการเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เก็บหลังจากการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในแต่ละแผน จำนวน 6 แผนเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาเรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊สจำนวน 9 ข้อ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ยและร้อยละ และเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาโดยจัดกลุ่มระดับแนวคิด ผลการวิจัยพบว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยทำให้นักเรียนร้อยละ 60.44 สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับได้ โดยเฉพาะเนื้อหาที่ใช้โครงสร้างอนุภาคของสารในการอธิบายกลไกหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของสาร ได้แก่ การจัดเรียงอนุภาคของแข็ง การเปลี่ยนสถานะของแข็ง ความตึงผิว และการแพร่ของแก๊ส แต่นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดเพียงสองระดับได้เฉพาะในระดับมหภาคและจุลภาคเป็นส่วนใหญ่ในเนื้อหาที่อธิบายโดยใช้แบบจำลองในระดับอนุภาคแทนสัญลักษณ์ธาตุหรือโมเลกุลที่ซับซ้อน และไม่สามารถเชื่อมโยงข้ามระดับได้มีเพียงแนวคิดในระดับมหภาคเท่านั้น ในเนื้อหาที่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนและมีกระบวนการเกิดที่ไม่ซับซ้อน เช่น การเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำเมื่อเกิดการระเหย

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the cross-level conception of 25 students at eleventh grade. A cross-level concept test was used as a tool to collect students' conception test after participating in 6 context-based learning activities. The test contained 9 items covered the contents of solid, liquid, and gas. The data were analyzed using qualitative method by measuring means and percentages as well as using quantitative method for content analysis to classify cross-level conception. The result showed that 60.44 % of students had 3 cross-level conceptions especially, the contents involved particle structure to describe the process of changing properties of matter such as arrangement of particles in solid, changing state of solid, surface tension, and gas diffusion. The students were able to cross only 2 levels of the macroscopic and microscopic conceptions that were explained by the particle model representing symbols or complex molecules. The students could not link across the level, only on macroscopic level in the content that can be observed clearly and have an uncomplicated process such as the evaporation from the change of water level.

คำสำคัญ: การเชื่อมโยงระดับแนวคิด ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

Keywords: Cross-level Conception, Solids Liquids and Gases, Context-based learning

*นิสิต หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

แนวคิดเรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊สนั้นเป็นส่วนหนึ่งในวิชาเคมีที่มีบทบาทสำคัญและเป็นพื้นฐานที่ช่วยให้เข้าใจข้อเท็จจริงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน การเข้าใจแนวคิดเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊สจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนไม่สามารถนำแนวคิดเหล่านี้มาอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาและพัฒนาแนวคิดของนักเรียนโดยพบว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกิดจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเคมีในระดับใดระดับหนึ่ง และยังไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดในแต่ละระดับได้ (Gamett et al., 1995; Treagust et al., 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าจากงานวิจัยที่ผ่านมาเน้นการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของสสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊สในระดับมหภาค หรือระดับจุลภาคอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น (Stavy, Stachel, 1985; Stavy, 1988; Rahaya, Kita, 2010) ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อมโยงแนวคิดใน 3 ระดับจึงมีความสำคัญที่ช่วยทำให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ผลจากวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลที่ผู้วิจัยมีโอกาสร่วมสังเกตการณ์การเรียนการสอนรายวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งที่อยู่ศึกษาที่พบพบว่า นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดทางเคมี และยังไม่พบการเชื่อมโยงแนวคิดในแต่ละระดับได้ ทั้งที่การเชื่อมโยงแนวคิดในแต่ละระดับจะช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น วิธีการหนึ่งที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนคือ รูปแบบวิธีการจัดการเรียนการสอนของครูในชั้นเรียนซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนโดยตรง จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัตินั้นมีประสิทธิภาพในการพัฒนาแนวคิดมากกว่าการจัดการเรียนรู้ที่ยึดครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียน อันเนื่องมาจากนักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้โดยตรงจากการคิด ค้นคว้า ลงมือปฏิบัติ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งวิธีการเหล่านี้ที่อยู่ภายใต้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ดังนั้นจะเห็นได้ว่านักการศึกษาพยายามใช้วิธีการสอนแบบต่าง ๆ ในการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เช่น การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้มโนภาพซึ่งศึกษาแนวคิดของนักเรียนตามระดับความเข้าใจของนักเรียน แต่พบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ (ชนาธิป, 2558) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษา พบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊สในระดับมหภาคผ่านเหตุการณ์ที่กำหนดให้ แต่การจัดการเรียนรู้แบบกรณีศึกษาทำได้ยากในห้องเรียนที่ใหญ่และไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด (Ayyildiz, Tarhan, 2013) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยเพียงส่วนน้อยที่สร้างบริบทในการเรียนรู้โดยนำแนวคิดวิทยาศาสตร์เข้าไปเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น (Gilbert et al., 2011) โดยผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมาใช้ในการพัฒนาแนวคิดเรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยเกี่ยวกับการใช้บริบทเป็นฐานในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ยังไม่ได้นำมาใช้เป็นกรอบในการพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการที่จะพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแนวคิดระหว่างแนวคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์เข้าด้วยกัน ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบบริบทเป็นฐานจะช่วยให้ นักเรียนพัฒนาแนวคิดในเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้มากขึ้นจากการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาเข้ากับบริบทของนักเรียนและนักเรียนสามารถนำแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

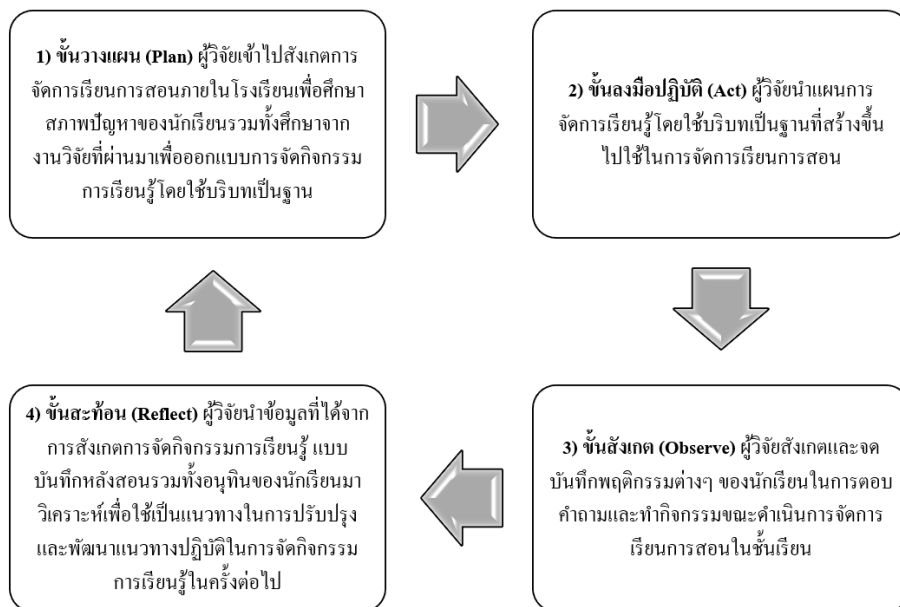
วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเชื่อมโยงระดับแนวคิดเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิธีการวิจัย

แผนการวิจัย

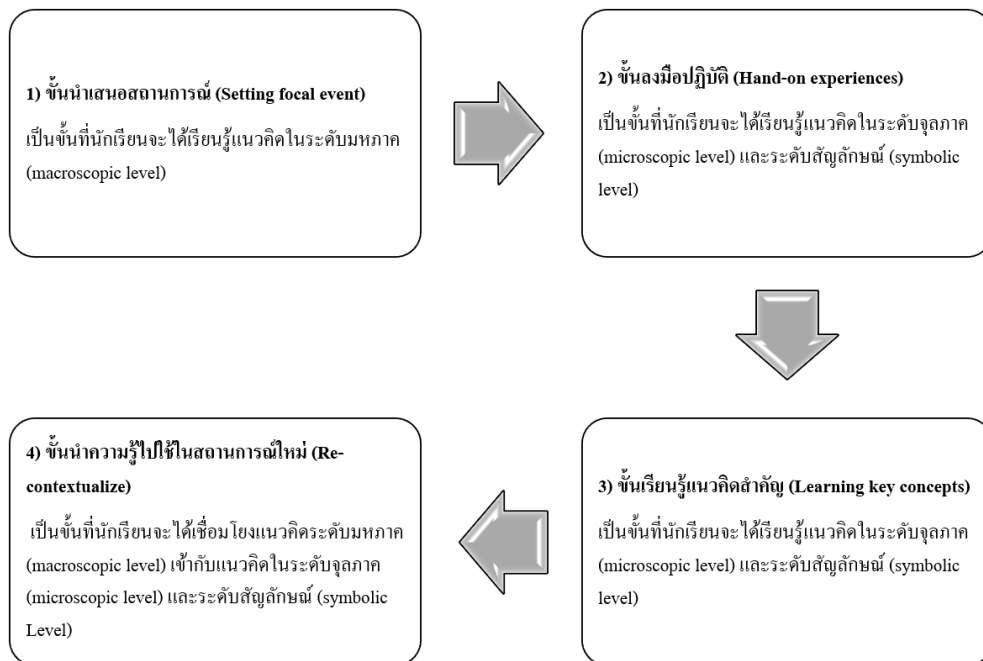
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งผู้วิจัยในฐานะนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูได้ดำเนินการวิจัยโดยเลือกใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis, McTaggart (2005) โดยมีขั้นตอนการวิจัยทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อน (Reflect) ซึ่งแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวทางของ Kemmis, McTaggart (2005)

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน 4 ขั้นตอนมีรูปแบบการทำงานต่อเนื่องกันเป็นวงจร โดยเริ่มจากขั้นที่ 1) ขั้นวางแผน (Plan) นำไปสู่ขั้นที่ 2) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Act) นำไปสู่ขั้นที่ 3) ขั้นสังเกต (Observe) และนำไปสู่ขั้นที่ 4) ขั้นสะท้อน (Reflect) ซึ่งจะสะท้อนผลการดำเนินการวิจัยในวงจรที่ 1 ทั้งข้อค้นพบและปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำผลการวิจัยที่ได้ในวงจรที่ 1 ไปปรับใช้ในวงจรที่ 2 และวงจรถัดไปจนครบทั้ง 6 วงจรเพื่อศึกษาผลจากการวิจัย โดยผู้วิจัยได้ทำการวิจัยทั้งหมด 6 วงจร ตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาทั้งหมด 6 แผน ในเนื้อหาเรื่องของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) สมบัติบางประการของของแข็ง ของเหลว แก๊สและการเปลี่ยนแปลงสถานะของแข็ง 2) การจัดเรียงอนุภาคของแข็งและชนิดของผลึก 3) ความตึงผิวของเหลว 4) การระเหย ความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว 5) ความสัมพันธ์ของปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส และ 6) การแพร่ของแก๊ส ซึ่งทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้ครอบคลุมแนวความคิดที่สำคัญทั้งหมด 9 แนวคิดในเนื้อหาของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผนที่ได้ผนวก 2 แนวคิดสำคัญที่มี

ความสัมพันธ์กันไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้เดียวกัน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) สมบัติบางประการของของแข็งของเหลว แก๊สและการเปลี่ยนสถานะของแข็ง 2) การจัดเรียงอนุภาคของแข็งและชนิดของผลึก และ 3) การระเหย ความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ได้ดำเนินการตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานทั้งหมด 4 ขั้นตอนตามรูปแบบของ Gilbert (2006) ได้แก่ 1) ชี้นำเสนอสถานการณ์ (Setting focal event) 2) ชี้นลงมือปฏิบัติ (Hand-on experiences) 3) ชี้นเรียนรู้แนวคิดสำคัญ (Learning key concepts) และ 4) ชี้นำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Re-contextualize) โดยแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะได้เรียนรู้แนวคิดในแต่ละระดับ ซึ่งแสดงรายละเอียดในรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2 กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานตามแนวทางของ Gilbert (2006)

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน ที่เรียนเนื้อหาเรื่อง ของแข็งของเหลว และแก๊ส ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ซึ่งเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจากกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนการสอนและนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยนักเรียนชายจำนวน 9 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 16 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 25 คน

วิธีการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดแนวคิดการเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งสามระดับซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดจำนวนทั้งหมด 9 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ได้แก่ 1) สมบัติบางประการของของแข็งของเหลว และแก๊ส 2) การเปลี่ยนสถานะของแข็ง 3) การจัดเรียงอนุภาคของแข็ง 4) ของแข็งรูปผลึก 5) ความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว 6) การระเหย 7) ความตึงผิวของเหลว 8) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรของแก๊ส และ 9) การแพร่ของแก๊ส โดยแต่ละข้อประกอบ 1 สถานการณ์และคำถาม 3 ข้อย่อยเพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดในแต่ละระดับ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และครูประจำการในโรงเรียนที่มีประสบการณ์ในการสอน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและภาษาที่ใช้เพื่อปรับแก้ก่อนนำไปใช้กับกลุ่ม

ที่ศึกษา ผู้วิจัยได้นำแบบวัดแนวคิดการเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์แต่ละแนวคิดไปใช้ทดสอบกับกลุ่มที่ศึกษาหลังเสร็จการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบวัดการเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ทั้งด้านการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ยและร้อยละ และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 1) การเชื่อมโยงแนวคิดในระดับเดียวกัน คือ ระดับมหภาคไปยังระดับมหภาค 2) การเชื่อมโยงแนวคิดข้ามระดับ ประกอบด้วย ระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาค ระดับมหภาคไปยังระดับสัญลักษณ์ ระดับจุลภาคไปยังระดับสัญลักษณ์ และระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคร่วมกับระดับสัญลักษณ์ รวมทั้งวิเคราะห์ลักษณะของเนื้อหาที่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดข้ามระดับได้ในทั้ง 3 รูปแบบดังกล่าว

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากใบงานของนักเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่เริ่มต้นโดยการ ใช้บริบทในระดับมหภาค จากนั้นลงมือปฏิบัติและสร้างคำอธิบายเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ และใช้สถานการณ์ใหม่เพื่อให้เชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับ ช่วยทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ ทั้งสามระดับได้ดี (ระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์) เฉลี่ยร้อยละ 60.44 รองลงมา คือนักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาค เฉลี่ยร้อยละ 21.33 แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่านักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดภายในระดับมหภาคเฉลี่ยร้อยละ 4.89 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและร้อยละการเชื่อมโยงระดับแนวคิดของนักเรียนจำนวน 25 คน

Topics	Intra Level	Inter: Cross Levels			
	Macro <input type="checkbox"/>	Macro <input type="checkbox"/>	Macro <input type="checkbox"/>	Micro <input type="checkbox"/>	Macro <input type="checkbox"/>
	Macro	Micro	Symbol	Symbol	Symbol <input type="checkbox"/>
1. Properties of Solids Liquids and Gases	0	25	0	0	0
2. Changing State of Solids	1	6	0	0	18
3. Arrangement of Particles in Solids	0	1	0	0	24
4. Types of Crystalline Solids	1	0	0	24	0
5. Surface Tension	0	1	0	0	24
6. Vapor Pressure and Boiling Point of Liquids	1	12	0	0	12
7. Vaporization of Liquids	8	1	0	1	15
8. Relationship of Volume, Pressure and Temperature of Gases	0	2	5	0	18
9. Gas Diffusion	0	0	0	0	25
Mean (%)	4.89	21.33	2.22	11.11	60.44

เมื่อวิเคราะห์รายละเอียดคำตอบของนักเรียนในใบงานเพื่อค้นหารูปแบบของการเชื่อมโยงระดับแนวคิดทำให้พบประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งสามระดับของนักเรียนได้ดังนี้

1. การเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ (Cross 3-levels) จะปรากฏในแนวคิดเกี่ยวกับกลไกหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของสารซึ่งอธิบายโดยใช้โครงสร้างของอนุภาค

นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้งสามระดับได้ในแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกลไกหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของสารซึ่งอธิบายโดยใช้โครงสร้างของอนุภาค เช่นแนวคิดเรื่อง การจัดเรียงอนุภาคของแข็ง ซึ่งอธิบายถึงความแตกต่างในการจัดเรียงตัวของอนุภาคส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของของแข็งมีความแตกต่างกัน และแนวคิดเรื่อง การเปลี่ยนสถานะของแข็ง ซึ่งอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงอนุภาคของสสารจากสถานะของแข็งเป็นของเหลวและแก๊ส เป็นต้น จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนซึ่งอธิบายแนวคิดการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของแข็งโดยเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับ เช่น “ของแข็งชนิดนั้น คือน้ำแข็งแข็ง เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะแบบระเหิด คือ การที่ของแข็งเปลี่ยนสถานะไปเป็นแก๊ส คือการได้รับความร้อนแล้วโมเลกุลห่างกันมากกลายเป็นแก๊ส (ระเหิด) การหลอมเหลว คือการได้รับความร้อน แล้วของแข็งละลายกลายเป็นของเหลว” โดยนักเรียนวาดรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของแข็งเปลี่ยนไปเป็นอนุภาคของแก๊สผ่านกระบวนการระเหิดได้แก๊ส CO_2 จะเห็นได้ว่านักเรียนอธิบายแนวคิดระดับมหภาคผ่านการเปลี่ยนแปลงน้ำแข็งแข็งระเหิดกลายเป็นแก๊สร่วมกับการอธิบายแนวคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ผ่านการอธิบายและวาดรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงการจัดโมเลกุลของแก๊ส CO_2 และแนวคิดเรื่อง การแพร่ของแก๊ส โดยให้นักเรียนอธิบายการแพร่ของแก๊สแต่ละชนิดจากควันทูรูปเข้าสู่ร่างกาย พบว่า นักเรียนอธิบายแนวคิดระดับมหภาคผ่านการเคลื่อนที่ของควันทูรูปเข้าสู่ร่างกายและเชื่อมโยงเข้าสู่แนวคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ผ่านการอธิบายขนาดของโมเลกุลแก๊ส ดังตัวอย่างคำตอบของ “เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะได้รับแก๊ส CO , NO , CO_2 และ SO_2 ตามลำดับ เนื่องจากกฎการแพร่ของแกรแฮมได้บอกไว้ว่า อัตราการแพร่ของแก๊สแปรผกผันมวลโมเลกุลและความหนาแน่นของแก๊ส ซึ่งจากแก๊ส 4 ชนิดดังกล่าว เรียงลำดับได้จากการหามวลโมเลกุลจากน้อยไปมาก” ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสามระดับเข้าด้วยกันได้ดีกับแนวคิดที่อธิบายลักษณะโครงสร้างอนุภาคของสสารอย่างไรก็ตามถึงแม้ว่านักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสามระดับได้ดี แต่พบว่ายังปรากฏแนวคิดที่คลาดเคลื่อนรวมอยู่ด้วยเช่น แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการจัดเรียงอนุภาคของของแข็งระหว่างของแข็งรูปผลึกและของแข็งอสัณฐานจากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนเลือกใช้วัสดุในการผลิตเคสโทรศัพท์มือถือ ซึ่งนักเรียนที่เลือกใช้ซิลิโคนเป็นวัสดุสำหรับการออกแบบเคสโทรศัพท์มือถือ จากคำตอบของนักเรียนระบุว่า “ซิลิโคนเป็นของแข็งรูปผลึก” แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนโดยมีสาเหตุมาจากการจัดเรียงโมเลกุลมอนอเมอร์ของซิลิโคน (CH_3SiOCH_3) ในรูปแบบสัญลักษณ์เคมีนั้น นักเรียนเขียนโครงสร้างระบุสัญลักษณ์ธาตุของมอนอเมอร์อย่างเป็นระเบียบและมีรูปแบบที่ซ้ำกันในการเชื่อมแต่ละมอนอเมอร์เข้าด้วยกันเป็นพอลิเมอร์ของซิลิโคน ทำให้นักเรียนเลือกตอบว่าซิลิโคนเป็นของแข็งรูปผลึก เนื่องจากมีการจัดเรียงโมเลกุลของมอนอเมอร์ซิลิโคน (CH_3SiOCH_3) อย่างเป็นระเบียบ นั้นหมายความว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสามระดับนั้นควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการเรียนรู้แนวคิดสำคัญที่นำผลจากการทำกิจกรรมของนักเรียนมาอภิปรายแล้วเชื่อมโยงเข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

2. การเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคหรือสัญลักษณ์ และระดับจุลภาคไปยังระดับสัญลักษณ์ (Cross 2-levels) ปรากฏในแนวคิดเกี่ยวกับการอธิบายคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพของสสารที่สามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองในระดับอนุภาคแทนสัญลักษณ์ธาตุหรือโมเลกุลที่ซับซ้อน

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์ภายใน 2 ระดับในรูปแบบของระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคโดยไม่ได้เชื่อมโยงถึงแนวคิดในระดับสัญลักษณ์ได้มากที่สุดโดยเฉพาะแนวคิดเกี่ยวข้องกับการอธิบายคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพของสสารที่นักเรียนสามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองในระดับอนุภาคแทนสัญลักษณ์ธาตุหรือโมเลกุลที่ซับซ้อน ตัวอย่างเช่น แนวคิดเรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งเป็นแนวคิดที่อธิบายคุณลักษณะและคุณสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊สมีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนในการอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับพบว่าไม่ปรากฏการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีในการอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของแข็ง (ตัวอย่างที่เลือกใช้คือ ซิววมวล และขยะ) และการจัดเรียงอนุภาคของแก๊ส (ตัวอย่างที่เลือกใช้คือ ลมและแก๊สชีวภาพ) ของนักเรียน แสดงให้เห็นว่าการเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งสามระดับยากที่จะปรากฏในการอธิบายแนวคิดที่ใช้สัญลักษณ์ทางเคมีกับสสารทั่วไปที่ไม่ได้ระบุแทนด้วยสัญลักษณ์ทางเคมี หรือสสารทั่วไปที่เกิดจากธาตุหรือสารประกอบหลายชนิดรวมกัน เช่น การอธิบายพลังงานลมในการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าคำตอบของนักเรียนไม่ปรากฏการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีร่วมด้วย เป็นผลมาจากลมประกอบด้วยอนุภาคของแก๊สหลายชนิด ดังนั้น การอธิบายพลังงานลมเพียงพอต่อการเข้าใจแนวคิดดังกล่าว โดยส่วนใหญ่จะปรากฏคำตอบในรูปสัญลักษณ์ทั่วไป เช่น ลม ขยะ ซากพืช และซากสัตว์ เป็นต้น ซึ่งแสดงได้ง่ายกว่าการระบุสัญลักษณ์ทางเคมี ดังนั้น การจัดการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนควรเลือกใช้บริบทหรือสถานการณ์ที่เข้าใจได้ง่ายและนักเรียนคุ้นเคยกับสถานการณ์ดังกล่าวจะทำให้ให้นักเรียนสนใจและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนจะไม่เชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับ ถ้าหากเลือกใช้สสารที่ไม่ปรากฏการจัดเรียงอนุภาคหรือสัญลักษณ์ทางเคมีที่แน่นอน

3. แนวคิดภายในระดับมหภาค (Intra level) โดยไม่เชื่อมโยงกับระดับอื่น ๆ ปรากฏในเนื้อหาที่เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคได้อย่างชัดเจนและมีกระบวนการเกิดที่ไม่ซับซ้อน

การอธิบายเฉพาะแนวคิดในระดับมหภาคจากสถานการณ์ใหม่ที่นำมาใช้เชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับของนักเรียน ปรากฏในเนื้อหาที่นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคได้อย่างชัดเจนและมีกระบวนการเกิดที่ไม่ซับซ้อนที่ไม่จำเป็นต้องอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคหรือสัญลักษณ์ เช่น แนวคิดเรื่อง การระเหย โดยการระเหยของของเหลวนั้นเกิดขึ้นตลอดเวลา เนื่องจากโมเลกุลของของเหลวที่อยู่บริเวณผิวหน้าถ้ามีพลังงานจลน์มากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของเหลวจะเกิดการระเหยกลายเป็นไอ โดยใช้สถานการณ์ระดับน้ำในเขื่อนช่วงฤดูร้อน จากคำตอบของนักเรียนบางส่วนพบว่า นักเรียนอธิบายแนวคิดการระเหยของน้ำในเขื่อนเฉพาะระดับมหภาคหรือที่สังเกตเห็นได้เท่านั้นเช่น “ปริมาณน้ำจะลดลง เพราะน้ำบางส่วนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำ แล้วลอยขึ้นไปในอากาศเนื่องจากน้ำได้รับอุณหภูมิความร้อนในแต่ละวัน เมื่อฝนไม่ตกเลยทำให้ระดับน้ำไม่เพิ่มขึ้น” ซึ่งนักเรียนอธิบายควบคู่กับการวาดรูปแสดงระดับการลดลงของน้ำในเขื่อนโดยไม่ปรากฏการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของน้ำ เป็นผลมาจากปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้โดยตรงทำให้นักเรียนเลือกอธิบายเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ จึงไม่ปรากฏแนวคิดที่เชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ซึ่งจะช่วยให้เด็กเข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ชัดเจนมากขึ้น ดังนั้น ควรจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้ออกแบบแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับโครงสร้างอนุภาคของสสารในปรากฏการณ์ดังกล่าวจะทำให้เด็กเข้าใจแนวคิดในระดับ

คุณภาพและระดับสัญลักษณ์มากขึ้น เป็นผลให้นักเรียนสามารถนำการเปลี่ยนแปลงในระดับคุณภาพและระดับสัญลักษณ์มาอธิบายร่วมกับระดับมหภาคเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสามระดับทำให้เข้าใจแนวคิดเรื่องการระเหยได้มากยิ่งขึ้น

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสามระดับของนักเรียนในเนื้อหาเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยเริ่มจากการใช้สถานการณ์ในระดับมหภาคที่นักเรียนคุ้นเคยเพื่อกระตุ้นความสนใจ และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติควบคู่กับการอธิบายแนวคิดในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ จากนั้นเลือกใช้สถานการณ์ใหม่เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับของนักเรียน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อศึกษาแนวคิดของนักเรียน โดยแบ่งระดับตามความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน แต่ไม่ได้ศึกษาการเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างสามระดับ (วิไลพร, 2558) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ลักษณะดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับได้ดี (ร้อยละ 60.44) โดยเฉพาะในเนื้อหาที่ใช้โครงสร้างอนุภาคของสารในการอธิบายกลไกหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของสาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahayu, Kita (2010) ที่แนะนำว่าวิธีการสอนแนวคิดวิชาเคมีให้มีประสิทธิภาพควรมีการใช้การเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ ดังนั้น จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับจะช่วยทำให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้น โดยพบว่าการที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแสดงการเชื่อมโยงแนวคิดในแต่ละระดับได้ดี คือ การออกแบบโมเดลการจัดเรียงโครงสร้างอนุภาคของสาร ทั้งนี้เนื่องมาจากแบบจำลองเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาคอย่างชัดเจน และผลจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้แบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนได้ออกแบบและแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนซึ่งเป็นแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรมให้ปรากฏออกมาในรูปแบบของแนวคิดที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดเคมีที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ดียิ่งขึ้น นำมาสู่การอธิบายแนวคิดหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้ ซึ่งเป็นลักษณะของแนวคิดที่ส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในวิชาเคมี เช่น จากงานวิจัยของ ชัยยนต์ (2554) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องสมดุลเคมีได้ดี ซึ่งเป็นแนวคิดมีลักษณะเป็นนามธรรม

นอกจากนี้ยังพบว่า การเลือกบริบทในระดับมหภาคมาใช้เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่แนวคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยการใช้บริบทที่ยาก ซับซ้อนและนักเรียนไม่คุ้นเคยมาใช้นำเข้าสู่การทำกิจกรรมจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาคและจุลภาคได้เท่านั้น ดังจะเห็นจากผลการวิจัยในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมบัติบางประการของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งพบว่านักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดระดับมหภาคไปยังระดับจุลภาคได้มากที่สุด เนื่องจากบริบทที่นำมาใช้ในขั้นนำเสนอสถานการณ์คือแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าที่มีสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พบว่าจากสถานการณ์ดังกล่าวไม่สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากนักเรียนอาจไม่คุ้นเคย ทำให้เมื่อนำเข้าสู่ขั้นตอนปฏิบัติพบว่า นักเรียนรู้สึกยากต่อการแสดงการจัดเรียงอนุภาคของถ่านหินซึ่งเป็นตัวอย่างที่ใช้แทนสารในสถานะของแข็ง เนื่องจากถ่านหินมีองค์ประกอบทางเคมีของธาตุหลายชนิดและไม่ทราบลักษณะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของธาตุที่เป็นองค์ประกอบอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนรู้สึกยากต่อการจัดเรียงอนุภาคของสารที่ต้องแสดงสัญลักษณ์ทางเคมีของธาตุประกอบด้วยทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Gilbert (2006), เอกรัตน์ (2555) ที่กล่าวว่า ควรเลือกใช้บริบทที่นักเรียนรู้จักและเกี่ยวข้องกับนักเรียน โดยบริบทไม่ควรมีความ

ซับซ้อนมากจนเกินไปจึงจะสร้างความสนใจของนักเรียนได้ดี และพบว่าการเลือกใช้บริบทในชั้นนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ควรเลือกบริบทที่สอดคล้องกับบริบทในชั้นนำเสนอสถานการณ์จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดได้ดีมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การใช้บริบทเครื่องฟันซี D.I.Y. ในชั้นนำเสนอสถานการณ์ โดยนักเรียนจะได้ศึกษาความสัมพันธ์ปริมาตรของแก๊สกับความดันและอุณหภูมิ นำมาสู่ชั้นนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยการเลือกใช้บริบทที่ใกล้เคียงบริบทเริ่มต้นในชั้นนำเสนอสถานการณ์ เช่น การเลือกใช้บริบทเกี่ยวกับถังแก๊สหุงต้มเพื่อกล่าวถึงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของปริมาตรแก๊สกับความดัน จากคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายเชื่อมโยงแนวคิดลักษณะของแก๊สร่วมกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊สภายในถังแก๊สหุงต้มได้ดี เนื่องจากบริบทที่นำมาใช้มีลักษณะรูปแบบการอธิบายแนวคิดเชื่อมโยงที่ใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะและความลึกซึ้งของเนื้อหาเคมีที่กำหนดให้เรียนในหนังสือเรียนก็เป็นปัจจัยสำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด กล่าวคือ ในหนังสืออธิบายแนวคิดบางเรื่องในระดับมหภาคเท่านั้นและได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ เช่น แนวคิดเกี่ยวกับการระเหย ที่อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงสถานะของของเหลวกลายเป็นไอ โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดระดับมหภาคไปสู่แนวคิดในระดับอื่น ๆ ดังนั้นการพัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับ ควรมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนว่า นักเรียนมีพื้นฐานแนวคิดในระดับใด และอย่างไรเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

ข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ชั้นนำเสนอสถานการณ์ 2) ชั้นลงมือปฏิบัติ 3) ชั้นเรียนรู้แนวคิดสำคัญ และ 4) ชั้นนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการเชื่อมโยงแนวคิดทั้ง 3 ระดับของนักเรียนได้ดี ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยทำให้เรียนวิทยาศาสตร์ได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในวิชาเคมี การนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไปใช้ต่อไปนั้นจะต้องคำนึงถึงการเลือกใช้สถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย ไม่ยากและซับซ้อนเกินไปจะช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงความรู้เดิมของนักเรียน เพราะเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้เรียนรู้แนวคิดใหม่ได้อย่างเข้าใจ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในเนื้อหาของแก๊ส ของเหลว และแก๊ส ควรมีการทบทวนความรู้เดิม เช่น พันธะเคมีหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร และในสถานการณ์ที่ต้องอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ทางเคมีกับสารทั่วไปที่ไม่ได้ระบุสัญลักษณ์ทางเคมี หรือมีโครงสร้างที่ซับซ้อนนักเรียนมักจะไม่ได้แสดงการเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสามระดับ ดังนั้น ควรกำหนดสัญลักษณ์ทางเคมีกำกับเอาไว้ สุดท้ายนี้ยังพบว่าการใช้แบบจำลองช่วยให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์มากขึ้น ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานผนวกกับการใช้แบบจำลองเพื่อช่วยส่งเสริมการเชื่อมโยงระดับแนวคิดทางเคมีของนักเรียน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตรายวิชาที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สวค.) ประจำปีการศึกษา 2560

เอกสารอ้างอิง

- ชนาธิป อารานกุล. การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊สโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้มโนภาพ [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558.
- ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
- วิไลพร แซ่ลิ้ม. การพัฒนาแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ 2558; 30(3): 63-75.
- เอกรัตน์ ศรีตัณญู. การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในวิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ 2555; 27(3): 33-44.
- Ayyldz Y, Tarhan L. Case study applications in chemistry lesson: Gases, liquids, and solids." Chemistry Education Research and Practice 2013; 14(4): 408-420.
- Garnett PJ, Hackling MW. Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. Studies in Science Education 1995; 25(1): 69-96.
- Gilbert JK. On the Nature of "Context" in Chemical Education. International Journal of Science Education 2006; 28(9): 957-976.
- Gilbert JK, Bulte AMW, Pilot A. Concept development and transfer in context based science education. International Journal of Science Education 2011; 33(6): 817-837.
- Rahayu S, Kita M. An analysis of indonesian and japanese students' understandings of macroscopic and submicroscopic levels of representing matter and its changes. International Journal of Science and Mathematics Education 2010; 8(4): 667-688.
- Stavy R. Children's conception of gas. International Journal of Science Education 1988; 10(5): 553-560.
- Stavy R, Stachel D. Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. European Journal of Science Education 1985; 7(4): 407-421.
- Treagust DF, Chandrasegaran AL, Crowley J, Yung B, Cheong I, Othman J. Evaluating students' understanding of kinetic particle theory concepts relating to the states of matter, changes of state and diffusion: A cross-national study. International Journal of Science and Mathematics Education 2010; 8(1): 141-164.
- Kemmis S, McTaggart R. Participatory Action Research: Communicative Action and the Public Sphere. In: Denzin, Norman K, Lincoln, Yvonna S, editors. The Sage handbook of qualitative research. Sage Publications: Thousand Oaks; 2005. p. 559-603.