การใช้แผนที่ความคิดเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนควอนตัมเคมี

อภิรักษ์ พยัคฆา* ชมพูนุท นันทเมธี และ ภมรรัตน์ เกื้อเส้ง
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160
อีเมล: *apriak.ap@mail.wu.ac.th

บทคัดย่อ

ทักษะการจัดระบบความคิด เป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาที่ต้องมีการเชื่อมโยงเนื้อหาของรายวิชา วิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาทักษะการจัดระบบความคิดได้ คือการทำแผนที่ความคิด ในวิจัยนี้จึงได้นำการสร้างแผนที่ความคิดมาใช้พัฒนาทักษะการจัดการระบบความคิดของผู้เรียนในรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับเคมีควอนตัมที่มีความซับซ้อนและมีการเชื่อมโยงของหัวข้อในรายวิชา ในการวิจัยได้ทำการประเมินทักษะการจัดระบบความคิดและองค์ความรู้ของผู้เรียนก่อนการทำแผนที่ความคิด โดยการตอบคำถามท้ายการเรียนบรรยายในรายวิชา จากนั้นให้ผู้เรียนจัดทำแผนที่ความคิด เพื่อพัฒนาทักษะการจัดระบบความคิดของผู้เรียน แล้วทำการประเมินพัฒนาการทักษะนี้ จากการตอบข้อสอบวัดผลกลางภาคและปลายภาค โดยผลการวิจัยพบว่าก่อนการทำแผนที่ความคิด ผู้เรียนยังขาดทักษะการจัดระบบความคิด ไม่สามารถประมวลองค์ความรู้ที่เรียนผ่านมาในการตอบคำถามหลังการเรียนบรรยายได้ แต่เมื่อผู้เรียนผ่านการสร้างแผนที่ความคิดแล้ว พบว่าสามารถพัฒนาทักษะการจัดระบบความคิดได้อย่างดีมาก สามารถตอบคำถามข้อสอบโดยมีการลำดับประเด็นสำคัญ รวมถึงการเชื่อมโยงเนื้อหาของรายวิชา เพื่อประกอบการอธิบายจนมีความชัดเจนและสมบูรณ์ของการตอบคำถาม นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนที่สามารถสร้างแผนที่ความคิดได้อย่างมีระบบ และมีความเชื่อมโยงในหลากหลายประเด็นเข้าด้วยกันได้ส่งผลให้มีผลระดับคะแนนของรายวิชานี้อยู่ในเกณฑ์ดีเช่นกัน ดังนั้นการใช้แผนที่ความคิดจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพสูง ในการใช้พัฒนาทักษะการจัดระบบความคิดของผู้เรียนในหัวข้อเคมีควอนตัม และสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาของหัวข้อนี้ได้อย่างถ่องแท้

คำสำคัญ: แผนที่ความคิด, ทักษะการจัดระบบความคิด, การเรียนรู้เชิงรุก, ควอนตัมเคมี

Using Mind Maps to Reinforce the Student Understanding of Quantum Chemistry

Apirak Payaka* Chompoonoot Nanthamathee and Pamornrat Kueseng
School of Science, Walailak University, Tha Sala, Nakhon Si Thammarat, 80160
E-mail: *Apirak.pa@mail.wu.ac.th

Abstract

Systematic thinking skill is an important skill for the learners. This skill is very necessary for the advance and complex course that needs to link all contents in the course together. However, the systematic thinking skill can be developed by using a mind map. In this research project, the mind map was applied to develop the systematic thinking skill of the learners who enrolled in CHM-331 Physical Chemistry II. The major content of this course is quantum chemistry which consists of complex topics. Moreover, these topics need to be linked together. The thinking and cognitive skills of learners were assessed before creating a mind map by answering the questions at the end of the lecture. Then, learners were assigned to make the mind maps in order to develop their systematic thinking and cognitive skills. The evaluation of the skills development was studied through the midterm and final exams. The research results show that learners lack the systematic thinking skill and cannot process the learned knowledge for answering of the questions after the lecture. After the mind map is created, the learners can improve and develop their systematic thinking skill. They can answer the questions with well-organized key points and link the relative contents for making the perfect explanation of the answer. Additionally, learners who can create the well-organized mind map, will result in a high score in the exams as well. Therefore, using the mind map is an effective and uncomplicated technique to develop the systematic thinking skill of the learners in the topic of quantum chemistry. Furthermore, leaners can understand the content of this topic thoroughly.

Keywords: Mind Map, Systematic Thinking Skill, Active Learning, Quantum Chemistry

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การที่ผู้เรียนจะประสบความสำเร็จในการเรียนรู้แต่ละรายวิชามีหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ธรรมชาติของรายวิชา ทัศนคติของผู้เรียนต่อรายวิชา ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน กลวิธีการเรียนรู้ เป็นต้น แต่มีปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนได้ในทุกรายวิชาคือ ความสามารถจัดการระบบความคิดของผู้เรียน ซึ่งทักษะนี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในรายละเอียดของหัวข้อต่าง ๆ และสามารถสร้างความเชื่อมโยงเนื้อหาทั้งหมดของรายวิชา จนทำให้เกิดความเข้าใจในรายวิชาอย่างถ่องแท้ แต่พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ ยังขาดความสามารถในการจัดการระบบความคิด ไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาทั้งหมดของรายวิชา ทำให้ไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาได้อย่างถ่องแท้ หรือทำให้เกิดความเข้าใจที่ผิดพลาด โดยจะเห็นได้จากการอธิบายความในการสอบวัดความรู้ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้เรียนไม่สามารถอธิบายความได้ถูกต้องและชัดเจน ขาดการเชื่อมโยงของเนื้อหา นอกจากนี้ยังมีผู้เรียนบางคนไม่สามารถอธิบายความในการสอบวัดความรู้ได้เลย

ควอนตัมเคมี เป็นหัวข้อสำคัญในรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ โดยเป็นการอธิบายถึงแนวคิดของกลศาสตร์ควอนตัม และการใช้กลศาสตร์ควอนตัมในการอธิบายพฤติกรรมของอิเล็กตรอนในอะตอม การสร้างออร์บิทัล และการสร้างพันธะเคมีในโมเลกุล ซึ่งลักษณะของรายวิชาดังกล่าวมีการใช้ทฤษฎีและองค์ความรู้หลากหลายส่วนผูกเชื่อมโยงกัน และมีการใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการพิสูจน์และอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาได้อย่างถ่องแท้ เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้ และไม่เข้าใจความหมายของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพิสูจน์ ดังนั้นการพัฒนากระบวนการเรียนรู้สำหรับการเรียนในหัวข้อควอนตัมเคมี จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น

ทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21^{st} Century Skills) ใช้การคิดกระบวนการระบบ (System Thinking) โดยวิเคราะห์ว่าปัจจัยย่อมมีปฏิสัมพันธ์กัน จนเกิดผลในภาพรวม (วิจารณ์ พานิช, 2555) ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างถ่องแท้และสามารถจัดการกับปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เป็นทักษะที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงรายละเอียดของเนื้อหารายวิชาอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาได้อย่างถ่องแท้ (วิจารณ์ พานิช, 2555; Trilling & Fadel, 2009) ทักษะการคิดอย่างเป็นระบบเป็นทักษะที่สามารถฝึกฝนได้ โดยวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการสร้างทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ คือ การสร้างแผนที่ความคิด (Mind Mapping) (Keleş, 2012; Kokotovich, 2008; Noonan, 2013; Buzan & Buzan, 1995; Omers, Passerini, Parhankangas, & Casal, 2014; Moyses, Rivet, & Fahlman, 2010) ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการจัดการเรียนการสอน แผนที่ความคิดได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย Buzan (Buzan, & Buzan, 1995) ซึ่งเป็นรูปแบบการนำเสนอความคิดที่เป็นระบบ โดยการเชื่อมโยงข้อมูลหรือรายละเอียดที่สำคัญผ่านการใช้เส้น สี ตัวอักษร ตัวเลข สัญลักษณ์ รูปภาพ หรือ คำสำคัญ การสร้างแผนที่ความคิดนอกจากจะเป็นวิธีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบแล้ว ยังพบว่าสามารถส่งเสริมให้เกิดการคิดสร้างสรรค์ (Creative

Thinking) (Adodo, 2013) สร้างความทรงจำระยะยาว (Long Term Memory) (Adodo) และช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา (Problem Solving) (Selvaratnam, & Canagaratna, 2008) ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในชั้นเรียนพบว่า ปัญหาการเชื่อมโยงเนื้อหาในรายวิชาของผู้เรียนเกิดจากการจัดการระบบความคิดของผู้เรียน ซึ่งวิธีการหนึ่งที่ประสบความสำเร็จและได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อแก้ปัญหานี้คือการใช้แผนที่ความคิด มาช่วยสร้างระบบความคิดในภาพรวมของเนื้อหารายวิชา และสามารถทำให้เห็นการเชื่อมโยงเนื้อหาในรายวิชาได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดทำแผนที่ความคิดมาใช้ในการเรียนการสอนของรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 เพื่อช่วยในการพัฒนาทักษะการจัดระบบความคิดของผู้เรียน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาของรายวิชา จนทำให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และสามารถอธิบายความในการสอบวัดความรู้ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อพัฒนาการจัดระบบความคิดของผู้เรียนควอนตัมเคมี โดยใช้แผนที่ความคิด

2) เพื่อให้ผู้เรียนควอนตัมเคมีสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาของรายวิชาได้โดยใช้แผนที่ความคิด

สมมติฐานของงานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าการใช้แผนที่ความคิดก่อให้เกิดความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเป็นอย่างมาก โดยผู้เรียนมีพัฒนาการของทักษะทางด้านความคิดที่ดีขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำแผนที่ความคิดมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะทางด้านความคิดของผู้เรียนในรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 โดยตั้งสมมติฐานของงานวิจัยได้ดังนี้

1) การใช้แผนที่ความคิดเป็นเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนในควอนตัมเคมี สามารถพัฒนาการจัดระบบความคิดของผู้เรียนควอนตัมเคมีได้

2) การใช้แผนที่ความคิดสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนควอนตัมเคมีเชื่อมโยงเนื้อหาและประเด็นที่เกี่ยวข้องกันได้

ขอบเขตของงานวิจัย

1) รายวิชาที่ใช้ในการวิจัย คือ รายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 ซึ่งเป็นรายวิชาที่สอนเกี่ยวกับควอนตัมเคมี เป็นรายวิชาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เชิงคำนวณ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

2) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 วิชาเอกเคมีเชิงคำนวณ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เชิงคำนวณ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 6 คน

3) เครื่องมือในการการวิจัย คือ การจัดทำแผนที่ความคิด

4) การวัดผล คือ ร้อยละความเชื่อมโยงในหลากหลายประเด็นจากแผนที่ความคิด

5) การจัดการเรียนการสอนของรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 โดยใช้การสอนแบบบรรยายที่มีสื่อการสอนเป็นเอกสารคำสอนประกอบรายวิชา มีการประเมินระหว่างเรียนด้วยการทำแบบฝึกหัด การถามตอบในห้องเรียน และการทำแผนที่ความคิด ส่วนการประเมินผลสรุปประเมินจากการสอบวัดผลกลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แผนที่ความคิดได้ถูกนำมาช่วยในการสร้างความเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาให้กับผู้เรียนในหลายกลุ่มวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มวิชาที่มีรายละเอียดของเนื้อหาค่อนข้างมาก และเนื้อหาแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน จากการศึกษาของ Adodo (2013) พบว่าการใช้แผนที่ความคิดสามารถใช้เป็นกลยุทธ์ในการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพื้นฐาน นอกจากนั้นยังช่วยพัฒนากระบวนการสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Selvaratnam และ Canagaratna (2008) ที่ประสบความสำเร็จในการใช้แผนที่ความคิดในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนผ่านการให้ผู้เรียนสร้างแผนที่การหาคำตอบของปัญหา (Problem Solution Map) นอกจากผู้เรียนสามารถหาผลเฉลยของปัญหาได้แล้ว พบว่าวิธีการนี้ยังเป็นการสร้างความมั่นใจในการตอบคำถามของผู้เรียน เนื่องจากได้ผ่านการคิดหาคำตอบอย่างมีหลักการและเป็นระบบ ผู้เรียนจึงเกิดความเชื่อมั่นในคำตอบนั้น สำหรับรายวิชาเคมี ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งในวิทยาศาสตร์ ได้มีการนำแผนที่ความคิดเข้ามาช่วยในการเรียนการสอนเช่นกันและสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาของรายวิชาเคมีทั่วไปและปฏิบัติการเคมี (Francisco, Nakhley, Nurrenbern, & Miller, 2002; Stensvold & Wilson, 1992; Nicoll, Francisco, & Nakhleh, 2001) ซึ่งจากการศึกษาของ Francisco และ Nakhleh (2001) ได้นำแผนที่ความคิดมาช่วยในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมีทั่วไป พบว่าแผนที่ความคิดสามารถสะท้อนระบบความคิดและความรู้ของผู้เรียนได้แล้วยังเป็นการเพิ่มโอกาสให้ผู้สอนได้แก้ไขแนวคิดที่ผิด หรือปรับปรุงแนวคิดของผู้เรียนให้สมบูรณ์มากขึ้น นอกจากรายวิชาเคมีในภาคบรรยายแล้ว ยังได้มีการนำแผนที่ความคิดมาใช้ในภาคปฏิบัติการ (Laboratory) โดย Stensvold และ Wilson (1992) พบว่าการนำแผนที่ความคิดมาใช้ในภาคปฏิบัติการจะช่วยลดความกังวลใจของผู้เรียนในการทำปฏิบัติการ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจขั้นตอนและวิธีการดำเนินการในการทำปฏิบัติการ และทำให้ผู้เรียนเห็นแนวทางของผลการทดลองจากแผนที่ความคิด

จากการทบทวนวรรณกรรมจึงเห็นได้ว่าแผนที่ความคิดสามารถช่วยให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนมีการลำดับความรู้ได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้สามารถเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาได้ง่าย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำแผนที่ความคิดมาใช้ในการเรียนหัวข้อควอนตัมเคมี เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ สามารถเข้าใจเนื้อหาที่เชื่อมโยงกันระหว่างหัวข้อ ซึ่งจะส่งผลต่อผลการเรียนที่ดีของผู้เรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการจัดทำแผนที่ความคิด

ในคาบแรกของการเรียนรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 ผู้สอนจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับหลักการและการจัดทำแผนที่ความคิดให้กับผู้เรียน โดยการยกตัวอย่างแผนที่ความคิดมาแสดงให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของประเด็นต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดนั้น และให้ผู้เรียนฝึกการจัดทำแผนที่ความคิด โดยผู้สอนให้แนะนำ

2. การจัดการหัวข้อและเนื้อหาของรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 สำหรับการวิจัย

เนื่องด้วยการวิจัยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาทักษะการจัดระเบียบความคิดของผู้เรียนโดยการใช้แผนที่ความคิด ดังนั้นการจัดการหัวข้อและเนื้อหาของรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 จึงใช้การลำดับหัวข้อและเนื้อหาของรายวิชาให้เกิดความเชื่อมโยงกัน โดยจัดหัวข้อและเนื้อหาสำหรับการวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยหัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การสั่นและการหมุน

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยหัวข้อ กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน และพันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน

3. การประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนก่อนการสร้างแผนที่ความคิด

เพื่อให้ทราบถึงองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการบรรยายในแต่ละหัวข้อของรายวิชา จึงให้ผู้เรียนได้ทำการตอบคำถามท้ายการบรรยายแบบอัตนัย โดยไม่คิดคะแนน ซึ่งเป็นคำถามในลักษณะของการอธิบายคำสำคัญ ที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องที่ได้เรียนมาในแต่ละหัวข้อมาช่วยในการอธิบายความ ซึ่งคำถามของแต่ละหัวข้อมีดังนี้

สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การสั่นและการหมุน

- จงแสดงวัตถุประสงค์ของการศึกษาสมการคลื่นคลาสสิกในเคมีควอนตัม
- จงอธิบายวิธีการแก้สมการคลื่น
- จงอธิบายเทอมต่าง ๆ ในสมการชเรอดิงเงอร์
- จงให้นิยามของ Degeneracy ของอนุภาคในกล่อง
- จงอธิบายการศึกษาค่าพลังงานการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกในทางควอนตัม
- จงอธิบายการศึกษาค่าพลังงานการเคลื่อนที่แบบหมุนในทางควอนตัม

กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน และพันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน

- จงบอกและอธิบายองค์ประกอบของฟังก์ชันคลื่นสำหรับอะตอมไฮโดรเจน
- จงบอกและอธิบายคุณสมบัติของฟังก์ชันคลื่นสำหรับอิเล็กตรอนหลายอิเล็กตรอน

4. การประเมินความเชื่อมโยงของประเด็นต่าง ๆ ในแผนที่ความคิด

ในช่วงท้ายของการสอนในแต่ละหัวข้อ ให้ผู้เรียนสร้างแผนที่ความคิดรายบุคคลของหัวข้อนั้นแล้วนำส่งผู้สอน ผู้สอนประเมินความเชื่อมโยงรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนที่ความคิดรายบุคคลในแต่ละหัวข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนคือ

0 คะแนน (รายละเอียดมีความผิดพลาด หรือรายละเอียดไม่มีความสัมพันธ์กัน)

1 คะแนน (รายละเอียดมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่ชัดเจน)

2 คะแนน (รายละเอียดมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน)

จากนั้นนำมาคำนวณเป็นร้อยละ ตามสมการ[8]

ร้อยละความเชื่อมโยง = [(คะแนนที่ได้ทั้งหมด)/(2)(จำนวนความสัมพันธ์ทั้งหมด)] x 100

เมื่อผู้เรียนส่งแผนที่ความคิดรายบุคคลแล้ว ให้ผู้เรียนสร้างแผนที่ความคิดแบบกลุ่ม โดยให้นำแผนที่ความคิดรายบุคคล มาสร้างเป็นแผนที่ความคิดใหม่ ซึ่งผู้เรียนจะได้แลกเปลี่ยนความคิด ได้ปรึกษากัน และสร้างแผนที่ความคิดใหม่ที่มีความเชื่อมโยง ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น จากนั้นให้นำเสนอแผนที่ความคิดหน้าชั้นเรียน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ และสรุปประเด็นสำคัญต่าง ๆ หลังจากเสร็จสิ้นการนำเสนอ จากนั้นผู้สอนประเมินความเชื่อมโยงรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนที่ความคิดแบบกลุ่ม และคำนวณหาร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดแบบกลุ่ม

5. การประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการสร้างแผนที่ความคิด

ในการประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการสร้างแผนที่ความคิด ประเมินจากการตอบคำถามในการสอบวัดผลกลางภาค และปลายภาค โดยพิจารณาจากข้อสอบที่มีลักษณะการตอบคำถามใกล้เคียงกับคำถามในการประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนก่อนการสร้างแผนที่ความคิด โดยคำถามของแต่ละหัวข้อที่เลือกมาใช้ในการประเมินมีดังต่อไปนี้

สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การสั่นและการหมุน

– การเคลื่อนที่ของเส้นเชือกใน 1 มิติ ขึ้นอยู่กับตัวแปรใดบ้าง และในการหาสมการคลื่นของเส้นเชือกใน 1 มิติ มีหลักการในการศึกษาอย่างไร

– จงแสดงที่มาของสมการชเรอดิงเงอร์ที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลาของอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และอธิบายตัวแปร ฟังก์ชัน และตัวดำเนินการ ในสมการทั้งหมด

– จากการศึกษาอนุภาคในกล่อง 3 มิติ พบว่าค่าพลังงานขึ้นอยู่กับความยาวของด้านของกล่อง จงอธิบายค่าพลังงานและระดับพลังงานที่เกิดขึ้น

– แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกและการหมุนเกร็งของโมเลกุลคู่ มีค่ารูปแบบสมการและค่าพลังงานที่แตกต่างกัน จงอธิบายลักษณะและความหมายของค่าพลังงานที่ได้จากแบบจำลองทั้งสอง พร้อมกับ

ให้วาดกราฟพลังงานของแบบจำลองทั้งสองประกอบการอธิบายกลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน และพันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน

– จงอธิบายฟังก์ชันคลื่นสำหรับอะตอมไฮโดรเจน และอธิบายความแตกต่างของฟังก์ชันคลื่นของ s orbital และ p orbital

– จงอธิบายคุณสมบัติที่สำคัญของฟังก์ชันคลื่นสำหรับอะตอมฮีเลียม

6. การประเมินผลการจัดทำแผนที่ความคิดกับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียน

หลังจากทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียนในรายวิชาแล้ว ให้ทำการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลร้อยละของแผนที่ความคิดรายบุคคลและแบบกลุ่ม และระดับผลการเรียนของผู้เรียน เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้แผนที่ความคิดในการฝึกทักษะการจัดระเบียบความคิดของผู้เรียนควอนตัมเคมี

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1.การสำรวจองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการบรรยายก่อนการสร้างแผนที่ความคิด

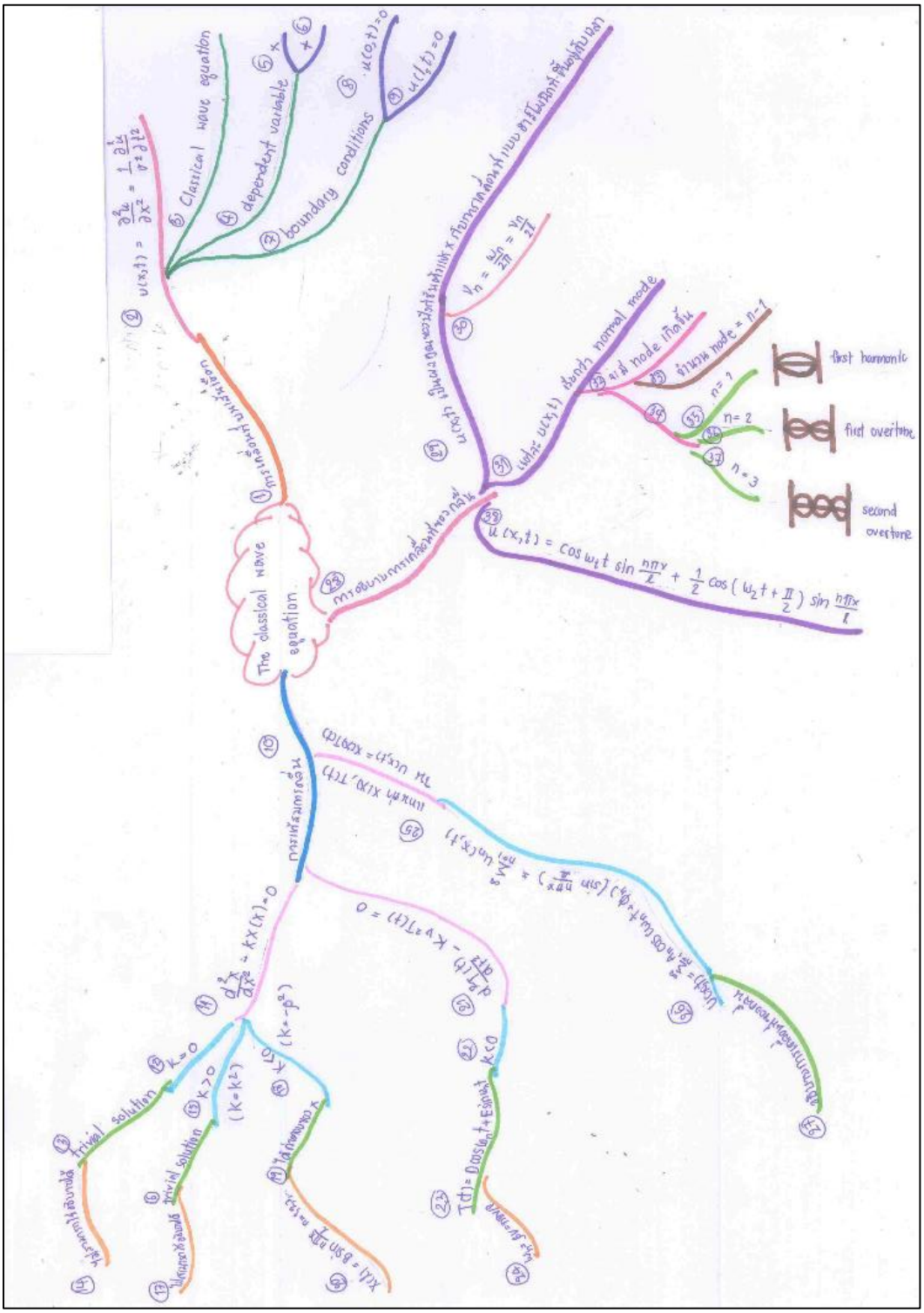
เพื่อให้ทราบถึงองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการบรรยายในแต่ละหัวข้อของรายวิชา จึงให้ผู้เรียนได้ทำการตอบคำถามท้ายการบรรยายแบบอัตนัย โดยเป็นคำถามในลักษณะของการอธิบายคำสำคัญ ที่ต้องมีการนำองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องที่ได้เรียนมาในแต่ละหัวข้อมาช่วยในการอธิบายความ เมื่อประเมินการตอบข้อสอบแบบอัตนัยของนักศึกษาหลังจากสอนบรรยายในแต่ละหัวข้อ พบว่าในหัวข้อแรก ๆ ได้แก่ สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และการหมุนและการสั่น ผู้เรียนไม่สามารถประมวลความรู้และเชื่อมโยงองค์ความรู้หลังจากการสอนบรรยายเสร็จทันทีได้อย่างครบถ้วน โดยพิจารณาได้จากการตอบคำถามของผู้เรียนที่ไม่สามารถเขียนประเด็นสำคัญเพื่อตอบคำถามได้อย่างครบถ้วน และยังขาดการอธิบายในรายละเอียดที่ต้องใช้การเชื่อมโยงองค์ความรู้ในหัวข้อมาช่วยเสริมให้การตอบคำถามอย่างสมบูรณ์

สำหรับการตอบคำถามในหัวข้อ กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน และพันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน ซึ่งเป็นคำถามที่เน้นการอธิบายเทอมของสมการ หรือเป็นการนำสมการมาช่วยให้การตอบคำถามมีความชัดเจนมากขึ้น พบว่าผู้เรียนทราบความหมายเบื้องต้นของเทอมแต่ละเทอมในสมการ แต่ไม่สามารถนำองค์ความรู้เหล่านั้นมาเชื่อมโยงกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่สมบูรณ์เช่น ในการตอบคำถามเรื่ององค์ประกอบของฟังก์ชันคลื่นสำหรับอะตอมไฮโดรเจน ผู้เรียนสามารถบอกถึงสมการอย่างถูกต้อง และสามารถบอกความหมายของเทอมต่าง ๆ ในสมการได้ แต่ผู้เรียนไม่สามารถนำความหมายของเทอมต่าง ๆ ที่ประกอบในสมการนั้นมาอธิบายถึงเหตุผลและความสำคัญที่ต้องมีเทอมนั้นในสมการได้

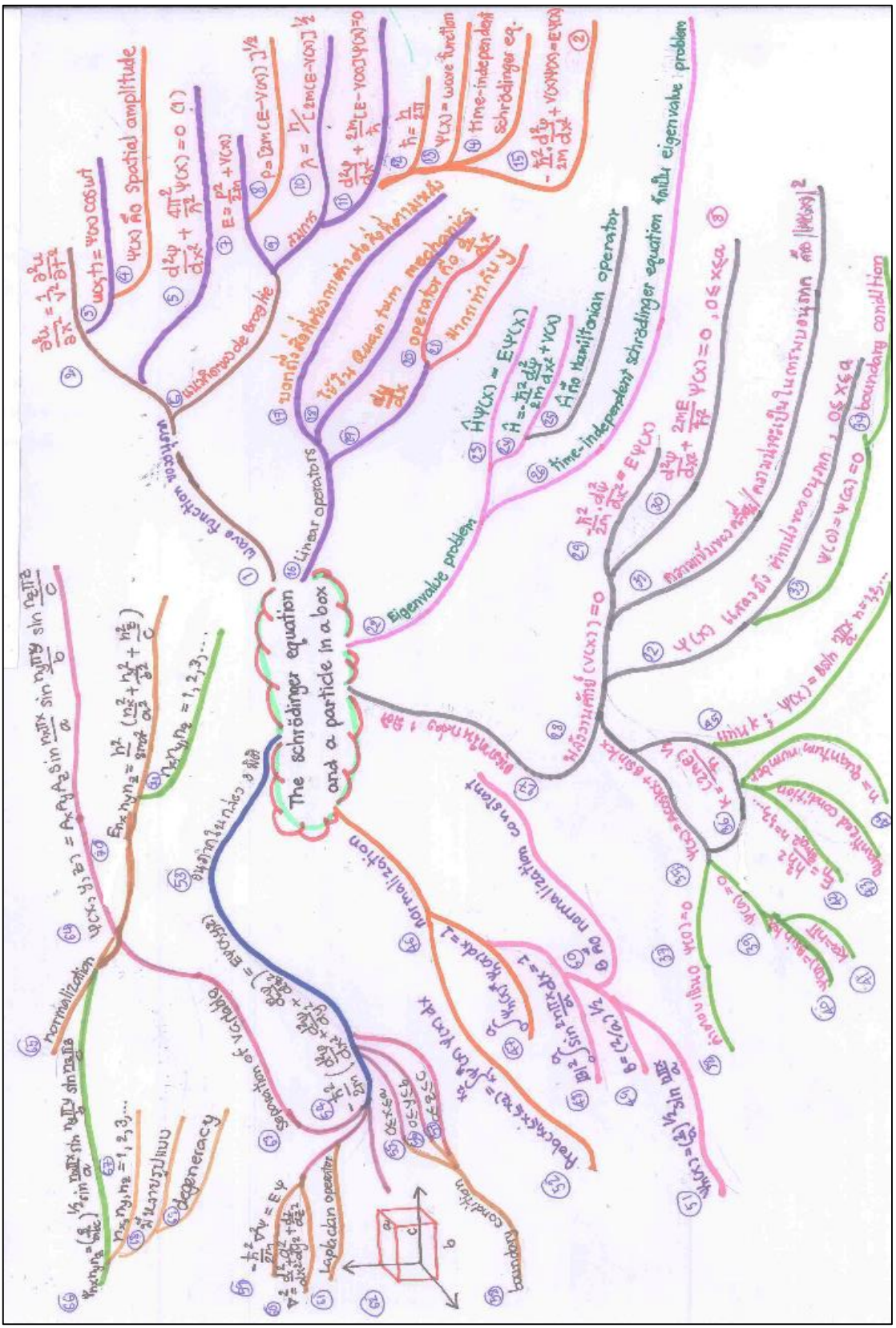
จากการวิเคราะห์การตอบคำถามหลังการสอนบรรยายของผู้เรียน เห็นได้ชัดเจนว่าผู้เรียนทราบถึงเนื้อหาสำคัญของแต่ละหัวข้อ แต่ไม่สามารถอธิบายในรายละเอียดได้ทันทีหลังจากเรียน นอกจากนี้ยังไม่สามารถนำองค์ความรู้จากหัวข้อที่ผ่านมา นำมาใช้ประกอบการตอบคำถามให้เกิดความสมบูรณ์ได้

2. การประเมินความเชื่อมโยงแผนที่ความคิดของผู้เรียน

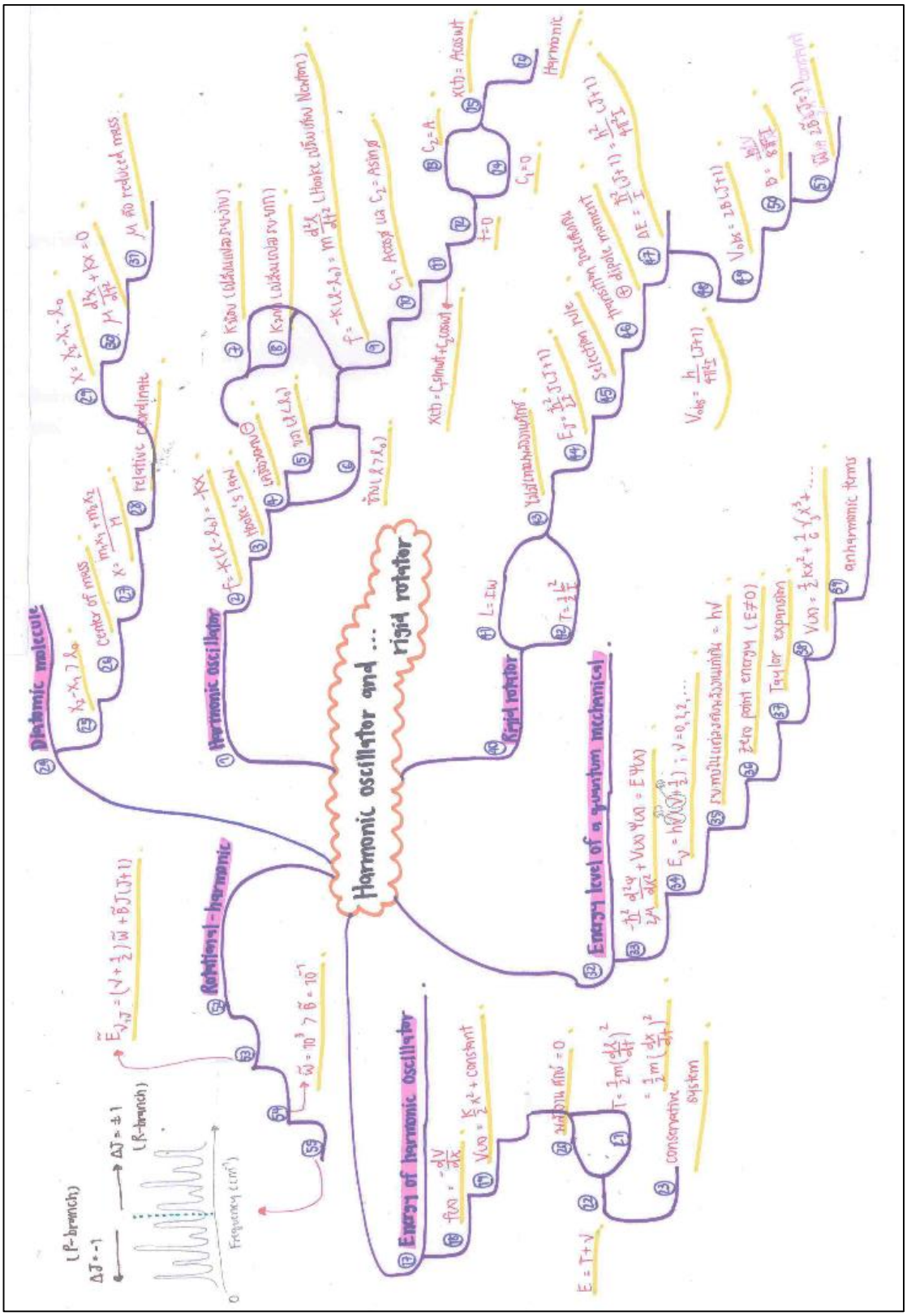
ในการประเมินความเชื่อมโยงแผนที่คิดของผู้เรียนหลังจากการสอน สามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ โดยกลุ่มแรกเป็นแผนที่ความคิดจากหัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การหมุนและการสั่น ซึ่งลักษณะของเนื้อหาเป็นความรู้พื้นฐานที่ต้องนำไปใช้ต่อในหัวข้อถัดไป เมื่อพิจารณาแผนที่คิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล พบว่าแผนที่ความคิดของผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดประเด็นสำคัญ ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการศึกษาสมการคลื่นคลาสเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายคุณสมบัติของอนุภาค การใช้สมการชเรออิงเงอร์มาอธิบายคุณสมบัติความเป็นคลื่นของอนุภาค และสมบัติความเป็นคลื่นของการหมุนและการสั่น แต่สามารถลำดับประเด็นได้ ส่วนความสามารถในการแสดงความเชื่อมโยงของประเด็นต่าง ๆ อยู่ในระดับค่อนข้างดี โดยมีบางประเด็นที่ไม่มีความเชื่อมโยงกันอย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างของแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลแสดงในรูปที่ 1–3



รูปที่ 1 ตัวอย่างแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล หัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก

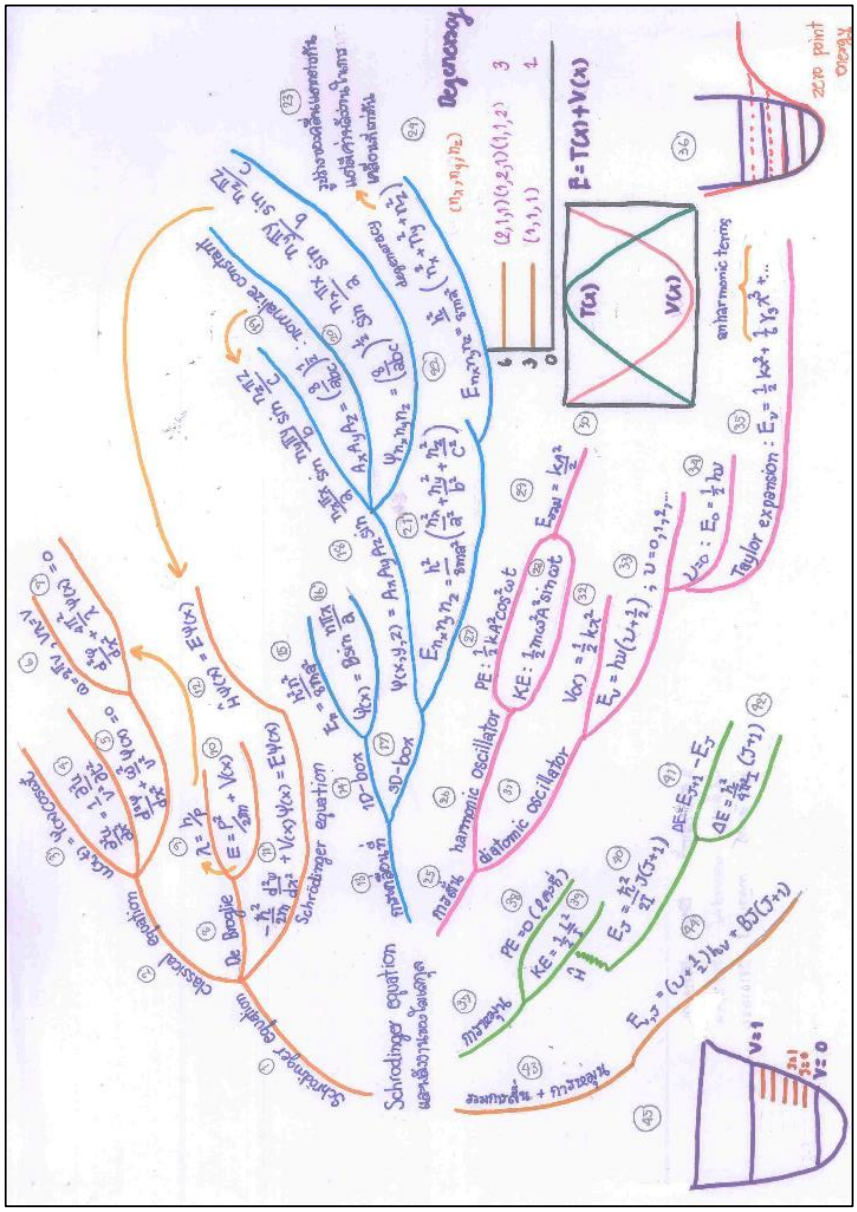


รูปที่ 2 ตัวอย่างแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล หัวข้อ สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ



รูปที่ 3 ตัวอย่างแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล หัวข้อ การหมุนและการสั่น

ในการจัดทำแผนที่ความคิดแบบกลุ่ม ได้กำหนดให้ผู้เรียนประมวลประเด็นต่าง ๆ ในหัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การหมุนและการสั่น แล้วสร้างเป็นแผนที่ความคิดใหม่ พบว่าผู้เรียนสามารถแยกประเด็นสำคัญต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ชัดเจน มีการนำประเด็นย่อยของประเด็นหลักมาเชื่อมโยงต่อกันได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถเก็บรายละเอียดของเนื้อหาในหัวข้อได้ครบถ้วน ซึ่งแผนที่ความคิดแบบกลุ่มได้แสดงในรูปที่ 4



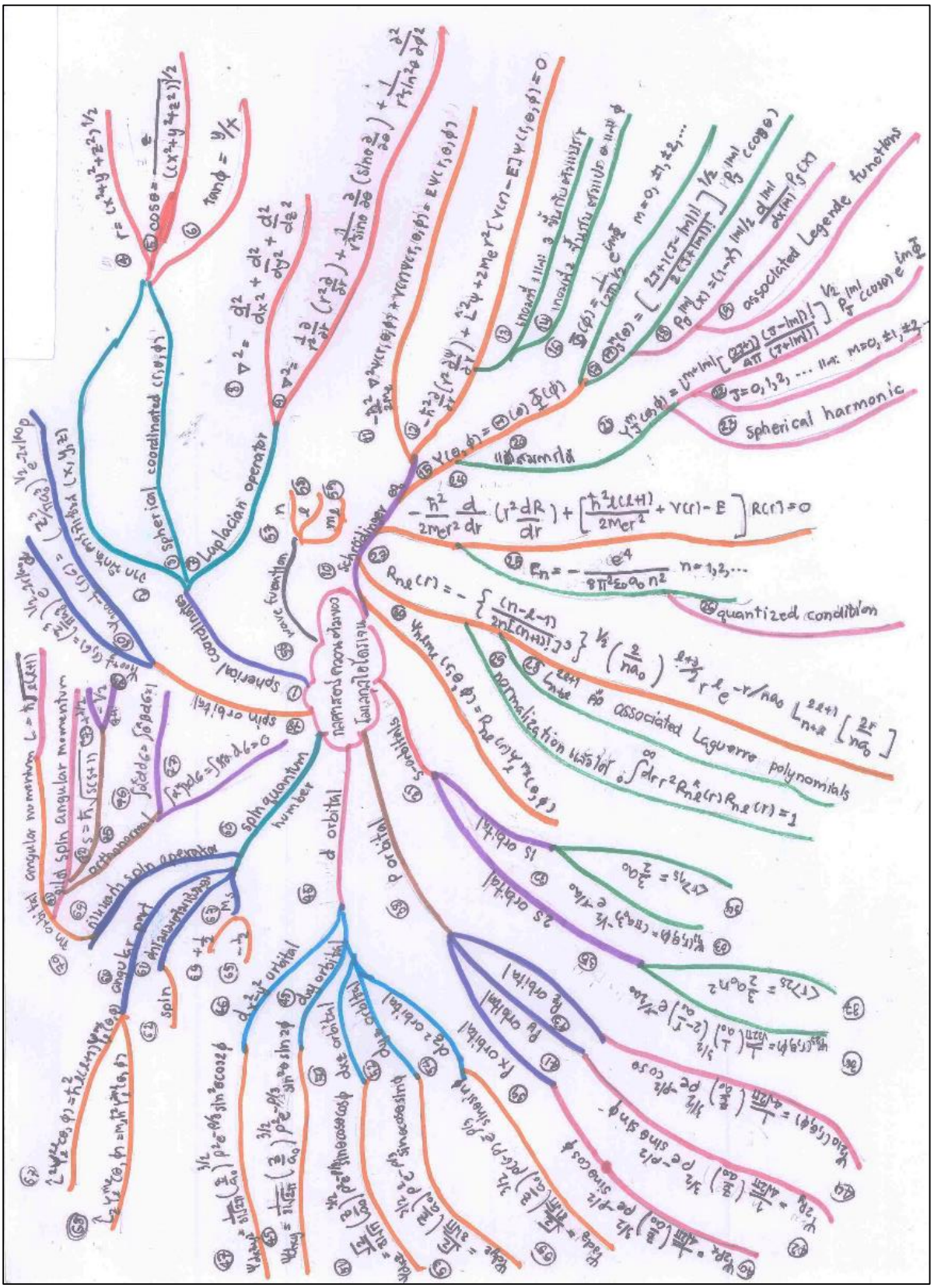
รูปที่ 4 แผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบกลุ่ม โดยประมวลประเด็นสำคัญจากหัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การหมุนและการสั่น

เมื่อพิจารณาร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นต่าง ๆ จากแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล เห็นได้อย่างชัดเจนว่าในร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็น จากหัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก ซึ่งเป็นหัวข้อแรกของการทำแผนที่ความคิดของผู้เรียน มีค่าร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นน้อยกว่าหัวข้อ สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และหัวข้อ การหมุนและการสั่น แต่ร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นของสองหัวข้อนี้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นจากแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบกลุ่มพบว่ามีค่าสูงถึงร้อยละ 95.45 แสดงถึงผู้เรียนสามารถนำประเด็นต่าง ๆ จากหัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การหมุนและการสั่น มาจัดลำดับ สร้างระบบที่มีความเชื่อมโยงกันได้เป็นอย่างดี

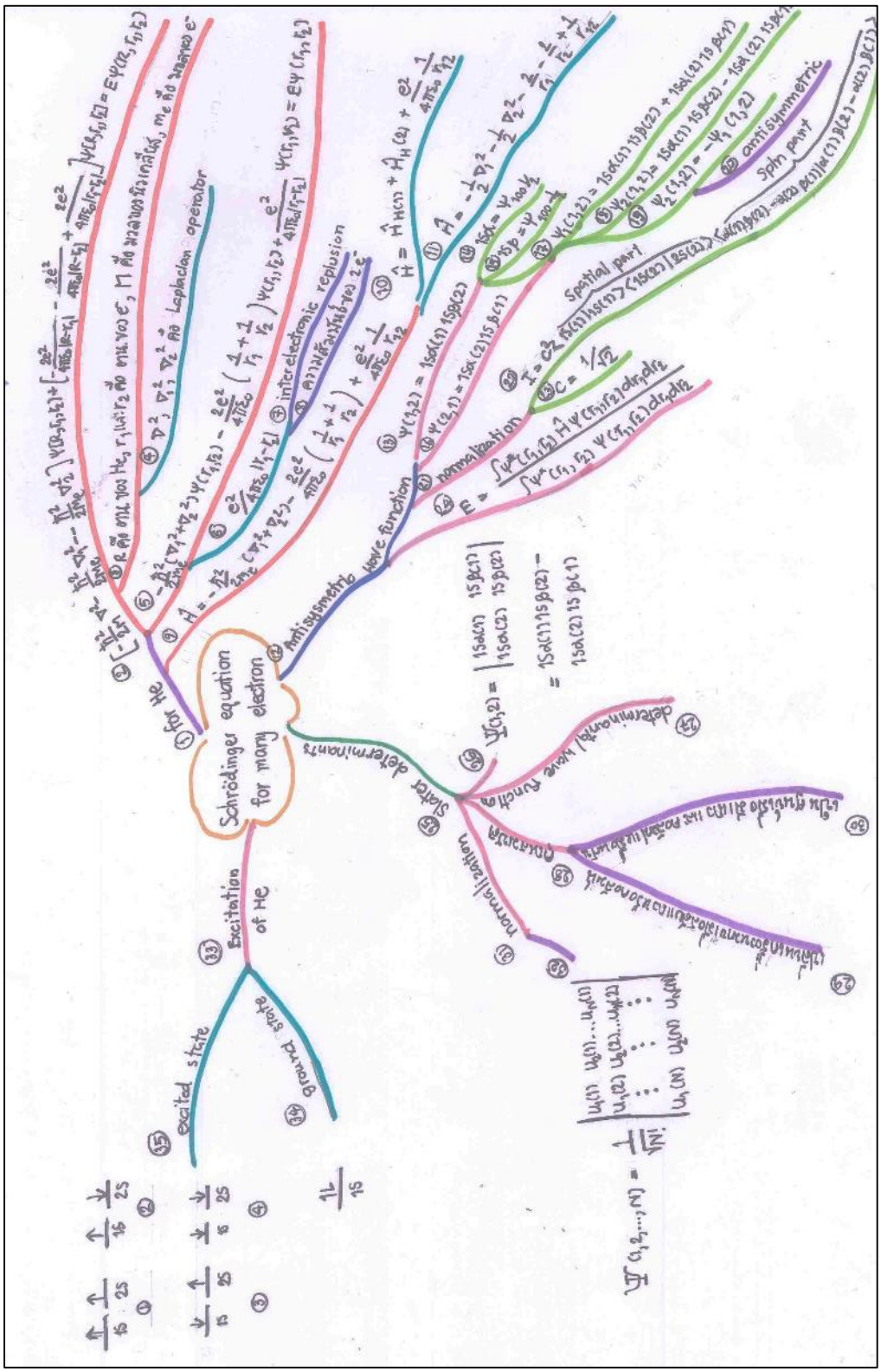
ตารางที่ 1 ร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นจากแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคลและแบบกลุ่มของหัวข้อ สมการคลื่นคลาสสิก สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ และ การหมุนและการสั่น

หัวข้อ	**ร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็น รายบุคคล**						**กลุ่ม**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
สมการคลื่นคลาสสิก	57.50	95.28	93.75	94.23	82.07	86.84	
สมการชเรอดิงเงอร์และอนุภาคในกล่อง 1 มิติ	93.10	90.98	91.67	98.84	96.34	90.14	95.45
การหมุนและการสั่น	86.36	97.46	90.74	97.41	97.78	94.53	

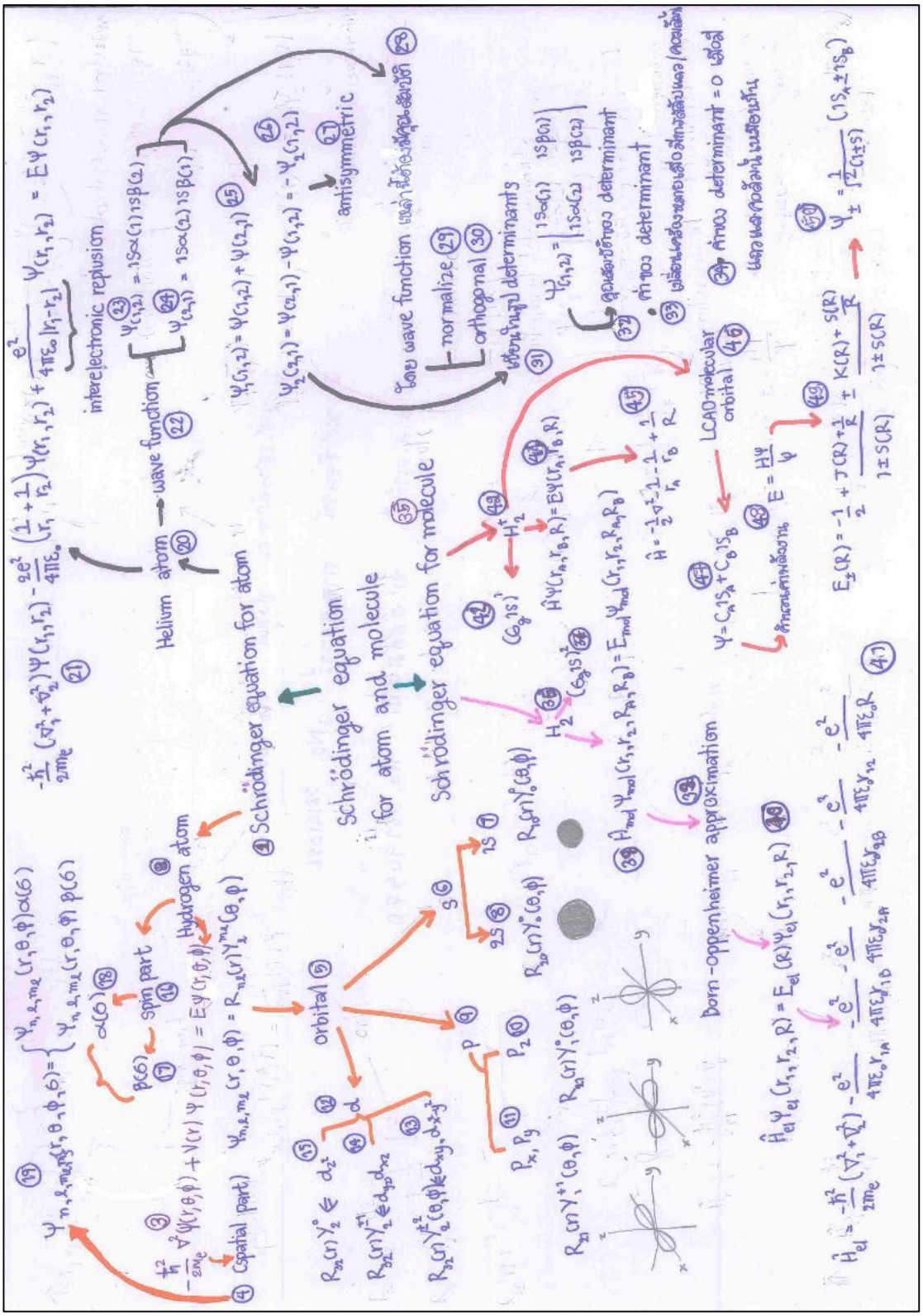
สำหรับหัวข้อ กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอนและพันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน มีลักษณะเนื้อหาที่มีการอธิบายความหมายและความสำคัญของเทอมต่าง ๆ ของสมการ พบว่าแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลของผู้เรียนสร้างออกมาได้ดี โดยส่วนใหญ่เป็นการอธิบายเทอมต่าง ๆ ของสมการ โดยใช้สมการเป็นประเด็นหลัก นอกจากนี้ยังมีเพิ่มรายละเอียดลงไป เป็นประเด็นย่อย ๆ ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5–7



รูปที่ 5 ตัวอย่างแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล หัวข้อ กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน

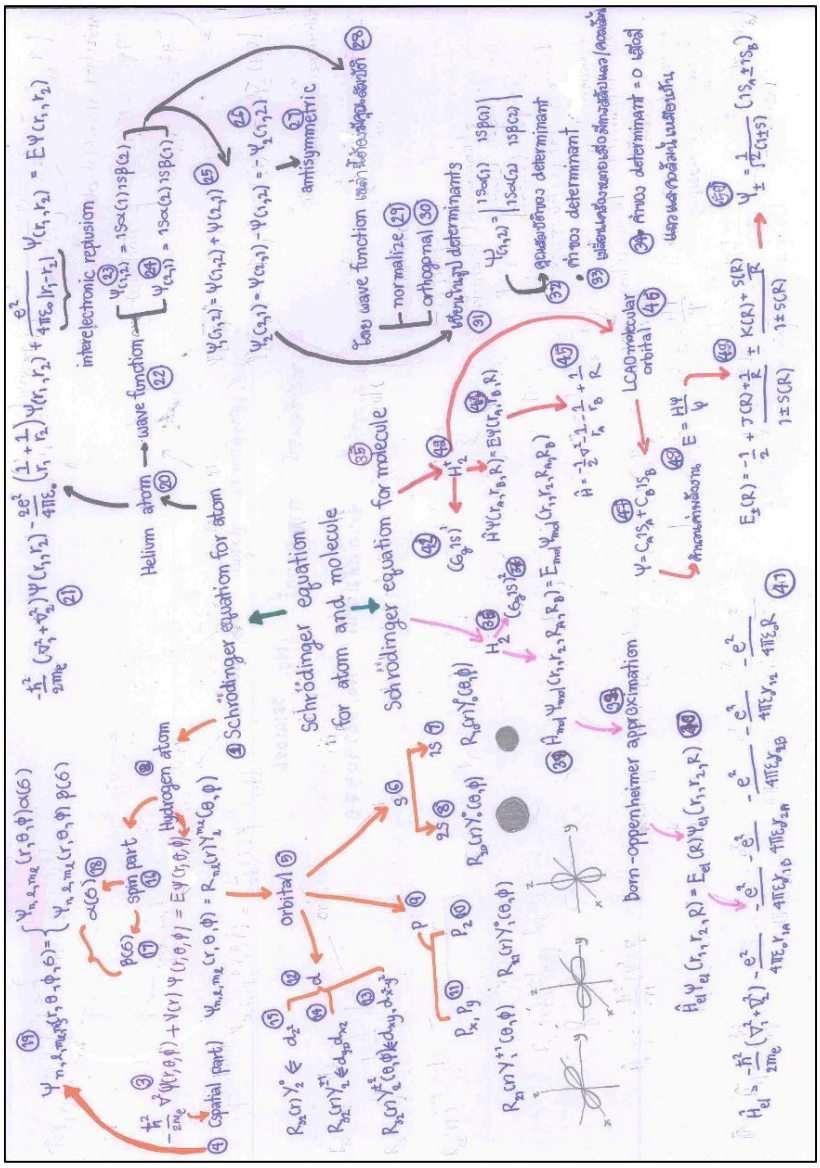


รูปที่ 6 ตัวอย่างแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล หัวข้อ สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน



รูปที่ 7 ตัวอย่างแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบรายบุคคล หัวข้อ พันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน

สำหรับการจัดทำแผนที่ความคิดแบบกลุ่ม ได้กำหนดให้ผู้เรียนสร้างแผนที่ความคิดกลุ่มโดยให้รวมทั้ง 3 หัวข้อเข้าด้วยกัน เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่สามารถเชื่อมโยงกันได้ และจะทำให้ผู้เรียนเห็นภาพรวมทั้งหมด และเมื่อพิจารณาแผนที่ความคิดแบบกลุ่มพบว่า ผู้เรียนสามารถรวมหัวข้อทั้ง 3 เป็นภาพรวมและสร้างความเชื่อมโยงของแต่ละประเด็นได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถจัดกลุ่มของประเด็นย่อยต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ทำให้เห็นรายละเอียดที่แตกต่างกันของแต่ละประเด็นหลัก แสดงถึงการจัดระบบความคิดของผู้เรียนที่มีพัฒนาการขึ้น โดยแผนที่ความคิดแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบกลุ่ม โดยประมวลประเด็นสำคัญจาก หัวข้อ กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน และ พันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน

สำหรับร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นในหัวข้อ กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน และ พันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน พบว่าผู้เรียนสร้างแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลและแบบกลุ่มที่แสดงความเชื่อมโยงได้ดีมาก โดยมีค่าร้อยละความเชื่อมโยงมากกว่าร้อยละ 90.00 ซึ่งในหัวข้อ พันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน มีผู้เรียนสองคนที่มีค่าร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นถึงร้อยละ 100.00 ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นจากแผนที่ความคิดของผู้เรียนแบบกลุ่มที่เป็นการบูรณาการหัวข้อทั้ง 3 เข้าด้วยกันมีค่าสูงเช่นกัน โดยมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 95.89

ตารางที่ 2 ร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นจากแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลและแบบกลุ่มของหัวข้อ กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน และ พันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน

หัวข้อ	**ร้อยละความเชื่อมโยงในประเด็นรายบุคคล**						**กลุ่ม**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
กลศาสตร์ควอนตัมของโมเลกุลไฮโดรเจน	80.56	87.50	91.30	94.93	98.75	95.57	95.89
สมการชเรอดิงเงอร์ของหลายอิเล็กตรอน	73.00	94.29	90.91	96.59	97.56	97.22	
พันธะเคมีในโมเลกุลไฮโดรเจนและโมเลกุลคล้ายโมเลกุลไฮโดรเจน	93.42	96.73	97.92	100.00	100.00	97.85	

3. การประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการสร้างแผนที่ความคิด

ในการประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการสร้างแผนที่ความคิด สามารถประเมินจากการตอบคำถามในการสอบวัดผลกลางภาค และปลายภาค โดยพิจารณาจากข้อสอบที่มีลักษณะการตอบคำถามใกล้เคียงกับคำถามในการประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการบรรยายก่อนการสร้างแผนที่ความคิด

เมื่อพิจารณาลักษณะการตอบคำถามของผู้เรียน พบว่าในหัวข้อกลุ่มแรก ผู้เรียนสามารถนำประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องมาเขียนอธิบายและให้รายละเอียดในการตอบคำถามข้อสอบได้ดีขึ้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการตอบคำถามลักษณะเดียวกันนี้หลังการสอนบรรยายทันทีโดยไม่มีการสร้างแผนที่ความคิดมาก่อน โดยลักษณะการตอบคำถามมีการลำดับเหตุการณ์ได้อย่างเป็นระบบ และมีการนำสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการตอบคำถามข้อสอบมาเชื่อมโยงกัน เพื่อให้การตอบคำถามข้อสอบเกิดความสมบูรณ์ และพบว่าการลำดับประเด็นและการเชื่อมโยงในการตอบคำถามข้อสอบมีลักษณะคล้ายกับแผนที่ความคิดที่ผู้เรียนได้สร้างขึ้น

สำหรับการตอบคำถามข้อสอบในหัวข้อกลุ่มที่ 2 พบว่าในการอธิบายสมการข้อสอบ ผู้เรียนได้ยึดสมการที่เป็นข้อสอบเป็นประเด็นหลัก จากนั้นได้อธิบายความหมายของเทอมสมการแต่ละเทอม โดยมีการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ มาช่วยในการอธิบายในรายละเอียด ทำให้การอธิบายสมการข้อสอบมีความสมบูรณ์ขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถอธิบายถึงเหตุผลและความสำคัญที่ต้องมีเทอมนั้นในสมการ ซึ่งลักษณะการตอบ

คำถามข้อสอบ เป็นลักษณะที่พบในการจัดทำแผนที่ความคิดของผู้เรียน และเห็นได้ชัดเจนว่าผู้เรียนสามารถตอบคำถามข้อสอบได้ดีกว่าการตอบคำถามก่อนการทำแผนที่ความคิด

จากการประเมินการตอบคำถามข้อสอบของรายวิชา พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในการตอบคำถามข้อสอบที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน สามารถนำประเด็นต่าง ๆ ลำดับได้อย่างถูกต้อง มีการให้รายละเอียดเพิ่มเติม ทำให้การตอบคำถามข้อสอบมีความสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้จากหัวข้อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตอบคำถามข้อสอบ แสดงถึงองค์ความรู้ที่สะสมและมีการจัดระเบียบไว้อย่างดีของผู้เรียน

4. การประเมินผลการจัดทำแผนที่ความคิดกับผลการศึกษาของผู้เรียน

การประเมินผลการจัดทำแผนที่ความคิดกับผลการศึกษาของผู้เรียน สามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของผลรวมค่าร้อยละของความเชื่อมโยงของประเด็นในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนที่ความคิด ร้อยละคะแนนของคะแนนสอบเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนของผู้เรียน และระดับคะแนนตัวอักษรของผู้เรียน โดยได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลรวมค่าร้อยละความเชื่องโยงของประเด็นในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดแบบรายบุคคล ร้อยละของคะแนนสอบ และระดับคะแนนตัวอักษรของผู้เรียน

ผู้เรียน	ผลรวมค่าร้อยละความเชื่องโยงของประเด็นในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนที่ความคิด (เต็ม 600%)	ร้อยละของคะแนนสอบ	ระดับคะแนนตัวอักษร
1	483.94	60.73	C+
2	562.24	74.55	B+
3	556.29	82.18	A
4	582.00	74.91	B+
5	572.50	82.91	A
6	562.15	85.45	A

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4 พบว่าผลรวมค่าร้อยละความเชื่องโยงของประเด็นในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลมีความสอดคล้องอย่างยิ่งกับร้อยละของคะแนนสอบและระดับคะแนนตัวอักษรของผู้เรียน กล่าวคือผู้เรียนที่มีผลรวมค่าร้อยละความเชื่องโยงของประเด็นในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลน้อย จะมีร้อยละของคะแนนสอบต่ำตามไปด้วย ซึ่งจากตารางจะเห็นได้ว่าได้รับคะแนนตัวอักษรเป็น C+ ส่วนผู้เรียนที่มีผลรวมค่าร้อยละความเชื่องโยงของประเด็นในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลสูง จะสามารถทำข้อสอบและมีร้อยละของคะแนนสอบสูง และได้รับคะแนนตัวอักษรคือ B+ และ A อย่างไรก็ตาม มีผู้เรียน 2 คน ซึ่งได้รับคะแนนตัวอักษร B+ แต่มีผลรวมค่าร้อยละความเชื่องโยงของประเด็นในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลอยู่ในช่วงเดียวกับผู้เรียนที่ได้รับคะแนน

ตัวอักษร A ทั้งนี้เมื่อตรวจสอบจากข้อสอบของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนมีความผิดพลาดในการคำนวณค่าในการตอบคำถามข้อสอบที่เป็นการคำนวณ จึงทำให้ได้ร้อยละของคะแนนสอบน้อย และเมื่อพิจารณาข้อสอบที่ใช้ในการประเมินองค์ความรู้หลังการทำแผนที่ความคิดของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนสามารถตอบข้อสอบที่เป็นการบรรยายได้ดี และการลำดับการตอบข้อสอบ การให้รายละเอียด และการเชื่อมโยงองค์ความรู้ ซึ่งเหมือนกับการจัดทำแผนที่ความคิดของผู้เรียน

จากผลการประเมินข้างต้น จึงแสดงให้เห็นว่าการจัดทำแผนที่ความคิดเป็นวิธีการที่ช่วยฝึกให้ผู้เรียนมีการลำดับข้อมูลและเชื่อมโยงข้อมูล ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถตอบคำถามข้อสอบได้ถูกต้องและสมบูรณ์ แสดงถึงความเข้าใจของผู้เรียนต่อรายวิชา

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การจัดระเบียบข้อมูล การลำดับประเด็น รวมถึงการเชื่อมโยงเนื้อหาในรายวิชา เป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการเรียน ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่สามารถฝึกฝนได้ โครงการวิจัยชั้นเรียนนี้จึงได้นำวิธีการสร้างแผนที่ความคิด มาใช้ในการสร้างทักษะทางความคิดอย่างเป็นระบบให้กับผู้เรียน โดยนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชา CHM-331 เคมีเชิงฟิสิกส์ 2 ซึ่งเป็นวิชาที่ต้องอาศัยการจัดลำดับประเด็นสำคัญ และการเชื่อมโยงเนื้อหาของทั้งรายวิชา จึงจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาได้อย่างลุ่มลึก

เพื่อประเมินผลการใช้แผนที่ความคิด ในการสร้างทักษะทางคิดอย่างเป็นระบบให้กับผู้เรียน งานวิจัยนี้จึงได้มีการประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังการสอนบรรยาย และเปรียบเทียบกับองค์ความรู้ของผู้เรียนหลังจากการได้จัดทำแผนที่ความคิดแบบรายบุคคลและแบบกลุ่ม ซึ่งผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าหลังการสอนบรรยาย ผู้เรียนไม่สามารถจัดการข้อมูล ประเด็นสำคัญ และองค์ความรู้ที่ได้รับจากการสอนบรรยายได้ดีมากนัก โดยเห็นได้จากการตอบคำถามท้ายบทเรียนแต่ละหัวข้อของผู้เรียน ที่ไม่สามารถตอบคำถามได้ตรงประเด็น และขาดรายละเอียด แต่เมื่อให้ผู้เรียนได้มีการเรียบเรียงและเชื่อมโยงข้อมูลให้เป็นระบบโดยใช้แผนที่ความคิดเป็นเครื่องมือ พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการของการลำดับและเชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ มีการให้รายละเอียดเพิ่มเติม โดยเห็นได้จากการตอบคำถามข้อสอบที่มีความสมบูรณ์ของประเด็นสำคัญ มีการดึงข้อมูลหลาย ๆ ส่วนมาประกอบกันในการตอบคำถามข้อสอบ จนสามารถตอบคำถามข้อสอบได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการใช้วิธีการสร้างแผนที่ความคิดเพื่อสร้างทักษะทางการคิดอย่างเป็นระบบและเชื่อมโยงข้อมูล จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสามารถแสดงประเด็นสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การที่ผู้เรียนสามารถจัดการองค์ความรู้ให้เป็นระบบได้ดี จะส่งผลให้ผลการเรียนของผู้เรียนออกมาในระดับดีเช่นกัน โดยเห็นได้จากผลการวิจัยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละความเชื่อมโยงประเด็นต่าง ๆ ในแผนที่ความคิดกับร้อยละคะแนน และระดับคะแนนตัวอักษรที่สอดคล้องกัน

จากผลการวิจัยสามารถแสดงให้เห็นว่าการใช้แผนที่ความคิดในการสร้างทักษะการจัดระบบข้อมูลหรือองค์ความรู้ของผู้เรียน เป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสม ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะทางความคิดของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างระบบความคิดในภาพรวมของเนื้อหารายวิชา และสามารถทำให้เห็นการเชื่อมโยงเนื้อหาต่าง ๆ ในรายวิชาได้ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาของรายวิชาอย่างถ่องแท้ และสามารถอธิบายความในการสอบวัดความรู้ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

1) การพัฒนาทักษะทางด้านความคิดของผู้เรียนโดยการใช้แผนที่ความคิด เป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะทางด้านความคิดของผู้เรียนในรายวิชาอื่น ๆ ได้

2) ในการเรียนการสอนที่มีการใช้แผนที่ความคิดเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะทางด้านความคิดของผู้เรียน ควรจัดให้มีการนำเสนอแผนที่ความคิด เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นของผู้เรียน

เอกสารอ้างอิง

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

Adodo, S. O. (2013). Effect of mind-mapping as a self-regulated learning strategy on students' achievement in basis science and technology. *Mediterranean Journal of Social Science, 4*(6), 163-172.

Buzan, T, Buzan, B. (1995). *The mindmap book*. London, England: BBC Books.

Francisco, J. S., Nakhley, M. B., Nurrenbern, S. C., & Miller, M. L., (2002). Assessing student understanding of general chemistry with concept mapping. *Chemical Education Research, 79*(2), 248-257.

Keleş, Ö. (2012). Elementary teachers' views on mind mapping. *International Journal of Education, 4*(1), 93-100.

Kokotovich, V. (2008). Problem analysis and thinking tools: An empirical study of non-hierarchical mind mapping. *Design Studies,* 29, 49-69.

Noonan, M. (2013). Mind maps: Enhancing midwifery education. *Nurse Education Today*, 33, 847-825.

Moyses, D. D., Rivet, J. L., & Fahlman, B. D. (2010). Using concept maps to teach a nanotechnology survey short course. *Journal of Chemical Education, 87*(3), 285-290.

Nicoll, G., Francisco, J., & Nakhleh, M., (2001). An investigation of the value of using concept maps in general chemistry. *Journal of Chemical Education, 78*(8), 1111-1117.

Omers, M. J., Passerini, K., Parhankangas, A., & Casal, J., (2014). Using mind maps to study how business school students and faculty organize and apply general business knowledge. *The International Journal of Management Education*, 12, 1-13.

Selvaratnam, M., Canagaratna, S. G. (2008). Using problem-solution maps to improve students' problem-solving skills. *Journal of Chemical Education, 85*(3), 381-385.

Stensvold, M., & Wilson, J. T., (1992). Using concept maps as a tool to apply chemistry concepts to laboratory activities. *Journal of Chemical Education, 69*(3), 230-232.

Trilling, B., Fadel, C., (2009). *21st Century skills: Learning for life in our times*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons.