# การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

**ภิญโญ วงษ์ทอง**

สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120

E-mail: pinyowongthong@hotmail.com

**รับบทความ: 7 มิถุนายน 2563 แก้ไขบทความ: 19 สิงหาคม 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 27 สิงหาคม 2563**

**บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยแผนการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 23 คน ที่เรียนวิชาเคมี โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ร้อยละ (%) ค่าดัชนีประสิทธิผล (EI) และค่าทดสอบวิลคอกซัน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับร้อยละ 72.90 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนเท่ากับร้อยละ 45.36 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 60 มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ .50 แสดงว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนร้อยละ 50 2) นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$=21.96, SD=7.41) คิดเป็นร้อยละ 68.63 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.33, SD=0.67) สรุปได้ว่าการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่เน้นการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม ระบุปัญหาหรือประเด็นในการคิด สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล อภิปราย โต้แย้งอย่างมีเหตุผล สะท้อนคิด สรุปและนำเสนอผลการศึกษาได้อย่างเป็นระบบ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของผู้เรียนได้

**คำสำคัญ:** การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน แบบจำลองอะตอม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

# Research–Based Learning in Topic of Atomic Model to Enhance Learning Achievement and Critical Thinking Skill of Grade 10 Students

**Pinyo Wongthong**

Educational Research Development and Demonstration Institute,
Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhon Nayok 26120, Thailand
E-mail: pinyowongthong@hotmail.com

**Received: 7 June 2020 Revised: 19 August 2020 Accepted: 27 August 2020**

**Abstract**

The purpose of this research was to study the learning achievement, critical thinking skill, and students' satisfaction that learned with research–based learning activities. The study group consisted of 23 tenth grade students in chemistry subject from high school in Nakhon Nayok province. The research tools were research–based learning lesson plans, learning achievement test, critical thinking skill evaluation form, students' satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean ($\bar{X}$), standard deviation (SD), percentage (%), effectiveness index (EI) and Wilcoxon signed ranks test. The results were revealed that: 1) the average learning achievement score of students after treated with research–based learning activities (72.90%) was significantly higher than that of before the treatment (45.36%) at .05 statistical level, which was higher than the set criteria of 60%. The effectiveness index was .50, indicating that the learners had progress in their studies by 50 percent; 2) students had a good level of critical thinking skill ($\bar{X}$=21.96, SD=7.41) with the percentage of 68.63; and 3) the students' satisfaction was at a high level ($\bar{X}$= 4.33, SD= 0.67). This could be concluded that research–based learning activities that focused on designing learning activities for students to observe, ask questions, identify issues, search for information, collect data, analyze data, discuss, argue, reflect, conclude and present the results with systematically could develop learning achievement, critical thinking skill, and students' satisfaction.

**Keywords:** Research–based learning, Atomic model, Learning achievement, Critical thinking skill

## บทนำ

ด้วยแผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560–2579 กำหนดวิสัยทัศน์ว่า "คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุข สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการเปลี่ยน-

แปลงของโลกศตวรรษที่ 21" ซึ่งมีเป้าหมายด้านผู้เรียน (learner aspirations) ที่มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนทุกคนมีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ ทักษะการสื่อสาร สารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ และทักษะอาชีพและการเรียนรู้ (Office of the Education Council, 2017) จะเห็นได้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) เป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นกระบวนการคิดขั้นสูงที่ผ่านการพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน คิดอย่างรอบคอบ คิดอย่างมีเหตุผล ตีความ วิเคราะห์ จำแนกแยกแยะ ประเมิน ข้อโต้แย้ง อธิบาย แสดงความคิดเห็นและสรุป เพื่อให้เกิดผลของการคิดที่ละเอียด สมเหตุสมผล และช่วยตัดสินใจปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ถูกต้อง (Ennis, 1962; Intharaksa *et al*., 2019; Khammani, 2011; Kembara *et al*., 2018) การที่ผู้เรียนสามารถคิดได้และแก้ปัญหาเป็นช่วยให้ผู้เรียนดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในโลกที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและสังคมมีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Program for International Student Assessment หรือ PISA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเน้นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะในการคิดและแก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่าผลการประเมิน PISA 2018 ของนักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 393 419 และ 426 คะแนนตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐาน Organisation for Economic Co–operation and Development (OECD) เท่ากับ 487 489 และ 489 คะแนน ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่านักเรียนไทยยังขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาซึ่งเป็นผลเสียต่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2019)

วิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับสสารและพลังงานทั้งในระดับมหภาคและระดับจุลภาค เนื้อหาส่วนใหญ่เป็นนามธรรมและซับซ้อนซึ่งเป็นการยากที่จะจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้งได้ โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องแบบจำลองอะตอมและโครงสร้างอะตอม ก็เป็นอีกเนื้อหาหนึ่งที่เป็นนามธรรมและต้องใช้จินตนาการสูงในการเรียนรู้ จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา (Ditcharoen *et al*., 2014; Jansorn *et al*., 2019; Supatchaiyawong *et al*., 2015; Sangwanpetch *et al*., 2017) พบว่ามีการใช้กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด การเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุค 4.0 นอกจากจะจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาแล้ว ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) เพื่อแสวงหาความรู้และพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วย

การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน (research–based learning: RBL) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และพัฒนาทักษะการคิดและแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ (Blackmore and Fraser, 2007; Brew, 2010; Noguez and Neri, 2019; Paweenbampen, 2017; Srikoon *et al*., 2014) การจัดการเรียนรู้ RBL มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนทางด้านทักษะและกระบวนการ โดยผู้เรียนใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในศึกษาค้นคว้าแสวงหาความรู้ใหม่ ค้นหาคำตอบที่เชื่อถือได้ และตัดสินใจในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง จากผลงานวิจัยของ Siriworasin (2015) สรุปว่าการจัดการเรียนรู้ RBL ที่เน้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม คิดค้นวิธีการหาคำตอบ ทดลองสืบค้นข้อมูล สะท้อนความคิด สรุปแนวคิดและการค้นพบคำตอบด้วยตนเอง สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านกระบวนการวิจัยของผู้เรียนได้ Tanya and Thongphukdee (2018) และ Chokpermpoon and Tiamtanom (2019) สรุปว่าการจัดการเรียนรู้ RBL ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปราย กล้าคิดกล้าถามในประเด็นต่าง ๆ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และแสดงความคิดเห็น ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้สนุกสนาน ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ Kembara *et al.* (2018) พบว่าการจัดการเรียนรู้ RBLที่ประกอบด้วยขั้นตอนการกำหนดปัญหาวิจัย การกำหนดตัวแปรเพื่อหาคำตอบของปัญหา กำหนดกระบวนการวิจัย การอภิปรายผลการศึกษา สรุปและให้ข้อเสนอแนะ สามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และทักษะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ Jorasa and Punngam (2018) สรุปว่าการจัดกิจกรรมรูปแบบ RBL ที่ผู้เรียนสามารถเลือกปัญหา วิเคราะห์ปัญหา เลือกระเบียบวิจัย รวบรวมและตีความหมายข้อมูล และสรุปผลการวิจัย สามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้ จากรายงานผลการวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้ อย่างไรก็ตามการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานส่วนใหญ่พบในระดับอุดมศึกษา ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับ RBL ไม่มากนักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา เนื่องจากขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการวิจัยในการศึกษา (Srikoon *et al*., 2014)

จากสภาพปัญหาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมเรียนรู้เรื่องแบบจำลองอะตอม โดยเน้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม ระบุปัญหาหรือประเด็นการคิด สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล อภิปราย โต้แย้งอย่างมีเหตุผล สะท้อนคิด สรุป และนำเสนอผลการศึกษาได้อย่างเป็นระบบ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของผู้เรียน

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยแผนกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

**วิธีดำเนินการวิจัย**

*ประชากร* เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนครนายก จำนวน 3 ห้องเรียน มีนักเรียนรวมจำนวน 70 คน

*ตัวอย่าง* เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 23 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่มจาก 3 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนรวมจำนวน 70 คน

*ตัวแปรในงานวิจัย* ตัวแปรอิสระคือ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอม ตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของผู้เรียน

*สมมติฐานงานวิจัย* 1) นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 2) นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับดี และ 3) นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

*เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย* ประกอบด้วย 1) แผนการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน ซึ่งมีวิธีการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1) แผนการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอม มีจำนวน 4 แผนการเรียนรู้ ใช้เวลาทำกิจกรรมรวม 14 ชั่วโมง ดังนี้ (1) กิจกรรมเรื่องมีอะไรในกล่องดำ: เพื่อให้ผู้เรียนทราบวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสิ่งที่มองไม่เห็น (2) กิจกรรมเรื่องสิ่งเล็ก ๆ ที่เรียกว่าอะตอม: เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอะตอม (3) กิจกรรมเรื่องตามหาวิวัฒนาการแบบจำลองอะตอมกันเถอะ: เพื่อให้ผู้เรียนสืบค้น รวบรวมข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน และ (4) กิจกรรมเรื่องแบบจำลองอะตอมเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่: เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นว่าแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เพราะอะไร ทั้งนี้ในแต่ละแผนการเรียนรู้ได้เน้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ เช่น การระบุปัญหาหรือประเด็นในการคิด การคาดคะเนคำตอบหรือการตั้งสมมติฐาน การสืบค้นและรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปและนำเสนอผลการศึกษา หาคุณภาพของแผนโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาคุณภาพของแผนการเรียนรู้ใน 4 ประเด็น ได้แก่ 1) รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ 2) กิจกรรมการเรียนรู้ 3) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และ 4) การวัดและประเมินผล โดยใช้แบบประเมินแผนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (rating scale) ตามมาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert scale) คือ มีความเหมาะสมมากที่สุด (5) มีความเหมาะสมมาก (4) มีความเหมาะสมปานกลาง (3) มีความเหมาะสมน้อย (2) และมีความเหมาะสมน้อยที่สุด (1) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1981) เพื่อแปลความหมายดังนี้ 4.50–5.00 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับมาก

ที่สุด 3.50–4.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับมาก 2.50–3.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง 1.50–2.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับน้อย 1.00–1.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด พบว่าผลการประเมินคุณภาพของแผนการเรียนรู้ในหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากและมากที่สุด และโดยภาพรวมในทุกประเด็นการประเมินมีความเหมาะสมอยู่ในมากที่สุด ดังนั้นสามารถนำแผนการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมไปใช้ได้

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแบบจำลองอะตอมก่อนเรียนและหลังเรียนจำนวน 20 ข้อ 30 คะแนน ประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ 15 คะแนน และข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ๆ ละ 3 คะแนน รวม 15 คะแนน หาคุณภาพของแบบทดสอบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพิจารณาความสอดคล้องของรายการประเมินแต่ละข้อ (index of item–objective congruence: IOC) พบว่าทุกข้อคำถามมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 แสดงว่าข้อสอบทั้ง 20 ข้อมีความสอดคล้องกับประเด็นรายการประเมิน โดยแบบทดสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.23–0.77 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.27–0.64 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.76 ดังนั้นสามารถนำแบบทดสอบไปใช้ได้

3) แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Intharaksa *et al*., 2019; Karnchanarakphong, 2006; Khammani, 2005; Watson and Glaser, 1964) และศึกษาการประเมินจากสภาพจริง (IPST, 2020) จากนั้นพัฒนาเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีตัวบ่งชี้พฤติกรรม 8 ข้อ ได้แก่ 1) ระบุประเด็นในการคิดได้ชัดเจน 2) สืบค้นและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในการคิด 3) วิเคราะห์และจำแนกแยกแยะข้อมูล 4) ประมวลข้อมูล ข้อโต้แย้ง และความคิดเห็นตามหลักเหตุผล 5) อภิปรายและเชื่อมโยงประเด็นการคิดตามหลักเหตุผล 6) วางแผนขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน 7) สรุปและนำเสนอข้อมูลได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และ 8) ประเมินค่าและนำไปใช้ประโยชน์ สร้างเกณฑ์การประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน (rubric score) 4 ระดับคือ ดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) และอ่อน (1) ซึ่งมีเกณฑ์การตัดสินคุณภาพเป็นช่วงคะแนนดังนี้ ดีมาก (25–32) คะแนน) ดี (17–24 คะแนน) พอใช้ (9–16 คะแนน) และ ปรับปรุง (1–8 คะแนน) หาคุณภาพของแบบประเมินโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพิจารณาความสอดคล้องของรายการประเมินแต่ละข้อพบว่าทุกข้อบ่งชี้พฤติกรรมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ดังนั้นสามารถนำแบบสังเกตพฤติกรรมนี้ไปใช้ได้

4) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านผู้สอน 3) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล โดยแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามมาตรวัดของลิเคิร์ท คือ พึงพอใจมากที่สุด (5) พึงพอใจมาก (4) พึงพอใจปานกลาง (3) พึงพอใจน้อย (2) และพึงพอใจน้อยที่สุด (1) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเทียบ

กับเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1981) เพื่อแปลความหมายดังนี้ 4.50–5.00 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 3.50–4.49 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับมาก 2.50–3.49 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง 1.50–2.49 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับน้อย 1.00–1.49 หมายถึงมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด จากนั้นนำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพิจารณาความสอดคล้องของรายการประเมินแต่ละข้อ พบว่ามีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ดังนั้นสามารถนำแบบสอบถามความพึงพอใจนี้ไปใช้ได้

*การเก็บรวบรวมข้อมูล* มีขั้นตอนดังนี้ 1) ผู้วิจัยแจ้งจุดประสงค์ของการวิจัยแก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 2) นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแบบจำลองอะตอมซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบ one–group pretest–posttest design 3) ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมจำนวน 4 แผนการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมแต่ละแผนเสร็จสิ้น จำนวน 4 ครั้ง 4) นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (posttest) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นโดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน จากนั้นนักเรียนประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5) ผู้วิจัยตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของผู้เรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

*สถิติที่ใช้ในการวิจัย* ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ร้อยละ (%) ค่าดัชนีประสิทธิผล (effectiveness Index: EI) ซึ่งคำนวณได้ตามสมการที่ 1 และค่าทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon signed ranks test)

$$EI = \frac{\text{ร้อยละผลรวมของคะแนนหลังเรียน} - \text{ร้อยละผลรวมของคะแนนก่อนเรียน}}{100 - \text{ร้อยละผลรวมคะแนนก่อนเรียน}} \quad \text{- - - (1)}$$

**ผลการวิจัย**

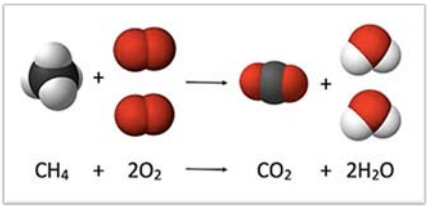
**ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

ผลการเปรียบเทียบการตอบคำถามก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบจำลองแบบจำลองอะตอม ความรู้เกี่ยวกับอะตอม วิวัฒนาการแบบจำลองอะตอม และการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอะตอมในอนาคต ในบทความนี้ขอยกตัวอย่างคำตอบเฉพาะในส่วนของข้อสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ดังนี้

*คำถามข้อที่ 1 ให้นักเรียนอธิบายว่าแบบจำลองคืออะไร พร้อมยกตัวอย่าง* พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 3 ตอบว่า “แบบจำลองคือภาพที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้เห็นหลักการต่าง ๆ” หลังเรียนตอบว่า “แบบจำลองคือมโนภาพที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นที่ได้จากการทดลอง เช่น แบบจำลองอะตอม” ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 10 ตอบว่า “แบบจำลองคือการใช้ภาพวาดเพื่อแสดงลักษณะสิ่งของเพื่ออธิบายลักษณะและองค์ประกอบของสิ่งนั้น” หลังเรียนตอบว่า “แบบจำลองคือมโนภาพของสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อให้เห็นรายละเอียดที่อยู่ในนั้น ทำให้เห็นภาพที่

สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น เช่น แบบจำลอง DNA ทำให้เห็นลักษณะของ DNA ชัดเจนมากขึ้น” จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นว่าหลังเรียนนักเรียนสามารถอธิบายแบบจำลองและยกตัวอย่างประกอบคำอธิบายได้

*คำถามข้อที่ 2 จากภาพที่กำหนดให้ ถือเป็นแบบจำลองหรือไม่ เพราะอะไร*




**ที่มา**: https://en.wikipedia.org/wiki/

พบว่าก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 7 ตอบว่า “ไม่เป็นแบบจำลองเพราะไม่ได้มีการแสดงถึงส่วนประกอบของอะตอม และอะตอมเป็นเพียงธาตุเดียว แต่จากรูปเป็นการรวมตัวของหลายอะตอม” หลังเรียนตอบว่า “เป็นแบบจำลองเพราะเป็นการใช้รูปสื่อการเกิดปฏิกิริยาให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสารประกอบที่เกิดเป็นสารใหม่” ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 14 ตอบว่า “เป็นแบบจำลองเพราะเป็นการจำลองว่าภาพนี้คืออะไรเป็นอย่างไร” หลังเรียนตอบว่า “เป็นแบบจำลองเพราะมีการจำลองออกมาว่าสารประกอบด้วยกี่อะตอม ถ้ามีสารมารวมกันแล้ว จะได้สารใหม่เป็นอะไร” ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 22 ตอบว่า “ไม่เป็นเพราะเป็นแผนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาของสาร” หลังเรียนตอบว่า “เป็นแบบจำลองเพราะเป็นมโนภาพที่ใช้แสดงการเกิดปฏิกิริยาของสาร” โดยนักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่าภาพนี้เป็นแบบจำลองแต่ยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ แต่หลังเรียนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและการได้มาของแบบจำลองมากขึ้น เช่น ก่อนเรียนมีนักเรียน 2 คนตอบว่าภาพที่กำหนดให้ไม่ถือว่าเป็นแบบจำลอง แต่หลังเรียนพบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดของแบบจำลองที่ถูกต้องว่าแบบจำลองไม่จำเป็นต้องเป็นโมเดล 3 มิติเท่านั้น แต่อาจเป็นแนวความคิดหรือแผนภาพที่ใช้สื่อถึงสิ่งที่กำลังศึกษาก็ได้ ซึ่งจากปฏิกิริยาเคมีในคำถามนี้ประกอบด้วยสัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมี และสมการเคมี ถือว่าเป็นแบบจำลองที่นักเคมีสร้างขึ้นเพื่ออธิบายและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสาร (Justi and Gilbert, 2002)

*คำถามข้อที่ 3 แบบจำลองอะตอมคืออะไร พร้อมอธิบาย* พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 11 ตอบว่า “แบบจำลองอะตอมคือการจำลองอะตอมแบบเห็นภาพและศึกษาได้ง่าย” หลังเรียนตอบว่า “แบบจำลองอะตอมเป็นมโนภาพที่นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองเพื่อหาองค์ประกอบของอะตอมคือ โปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอน และได้พัฒนามาเรื่อย ๆ เพื่อเกิดแนวคิดใหม่ ๆ และมีข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากขึ้น เช่น แบบจำลองของดอลตันและทอมสัน” จะเห็นว่าหลังเรียนนักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมได้ชัดเจนและถูกต้องมากกว่าก่อนเรียน เช่น ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 15 ตอบว่า “แบบจำลองอะตอมคือภาพที่นักวิทยาศาสตร์จำลองขึ้นมาเพื่อแทนรูปร่างอะตอมซึ่งได้มาจากการทดลองและเป็นที่ยอมรับ เช่น แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ที่ได้จากการทดลองของหลอดรังสี

แคโทด อะตอมมีขนาดเล็ก มีประจุบวกและลบกระจายรวมกันและมีขนาดเท่ากัน" จะเห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายแบบจำลองได้แต่ยังยกตัวอย่างไม่ถูกต้องเพราะการทดลองด้วยหลอดรังสีแคโทดเป็นการทดลองของทอมสันไม่ใช่ของรัทเทอร์ฟอร์ด แต่เมื่อพิจารณาคำตอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ 15 ตอบว่า "แบบจำลองอะตอมคือภาพที่อธิบายรูปร่างของอะตอมตามทฤษฎีต่าง ๆ และใช้อธิบายส่วนประกอบของอะตอม เช่น แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด อธิบายว่าอะตอมประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบ โดยประจุบวกอยู่ตรงกลางเป็นนิวเคลียส และมีประจุลบเคลื่อนที่รอบนิวเคลียส" ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายแบบจำลองอะตอมและยกตัวอย่างแนวคิดแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดได้ถูกต้อง

*คำถามข้อที่ 4 นักเรียนคิดว่าแบบจำลองอะตอมมีการเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด* พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 10 ตอบว่า "เปลี่ยนแปลงได้เพราะแบบจำลองอะตอมเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สมมติขึ้นมาเพื่ออธิบายเกี่ยวกับอะตอม" และหลังเรียนตอบว่า "เปลี่ยนแปลงได้ถ้าหากมีการทดลองแล้วแบบจำลองอะตอมเดิมไม่สามารถอธิบายได้หรือมีทฤษฎีใหม่ ๆ เกิดขึ้น แล้วมีความน่าเชื่อถือมากกว่าก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น รัทเทอร์ฟอร์ดทดลองแล้วไม่สามารถอธิบายการทดลองโดยใช้แบบจำลองอะตอมของทอมสันได้ จึงเสนอแบบจำลองอะตอมใหม่" ก่อนเรียนนักเรียนคนที่ 12 ตอบว่า "เปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลที่ใหม่กว่ามาพิสูจน์และลบล้างข้อพิสูจน์ที่ผ่านมา" และหลังเรียนตอบว่า "เปลี่ยนแปลงได้หากมีข้อมูลที่ใหม่กว่าพิสูจน์ได้มากกว่า เป็นจริงมากกว่า เช่น รัทเทอร์ฟอร์ดทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าแบบจำลองของทอมสันนั้นไม่เป็นความจริงบางส่วน ดังนั้นแบบจำลองจึงมีการเปลี่ยนแปลงไป" นักเรียนทุกคนเห็นด้วยว่าแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยก่อนเรียนอาจระบุเหตุผลไม่ถูกต้อง แต่หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองอะตอมได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น โดยสามารถอธิบายได้ว่าแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีผลการทดลอง ทฤษฎี หรือข้อมูลใหม่ที่สามารถอธิบายแบบจำลองอะตอมได้ดีกว่า เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่น่าเชื่อถือ พิสูจน์ได้ และเป็นที่ยอมรับสากล

*คำถามข้อที่ 5 ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์สรุปวิวัฒนาการแบบจำลองอะตอม* พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ยังเขียนผังมโนทัศน์แบบจำลองอะตอมได้ไม่ครอบคลุม เช่น เขียนได้เฉพาะของดอลตันหรือทอมสัน และมีนักเรียนบางส่วนไม่ตอบคำถามนี้ แต่หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนผังมโนทัศน์สรุปวิวัฒนาการแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนได้ พร้อมอธิบายแนวคิดแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบได้

ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ตาราง 1) พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 21.87 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.90 ซึ่ง

สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 13.61 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 45.36 ซึ่งผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 เมื่อพิจารณาจากคะแนนความก้าวหน้าพบว่านักเรียนได้คะแนนเพิ่มขึ้นทุกคนตั้งแต่ +2 ถึง +15 ซึ่งโดยทั่วไปเกณฑ์ที่ใช้แปลผลความก้าวหน้ากำหนดไว้ที่ร้อยละ 20–25 ขึ้นไป (Ritcharoon, 2006) และในการวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์ไว้ที่ร้อยละ 25 ดังนั้นจะได้คะแนนก้าวหน้าผ่านเกณฑ์การประเมินเท่ากับ (25 × 30)/100 = 7.5 คะแนน โดยมีนักเรียนที่ได้คะแนนความก้าวหน้าผ่านเกณฑ์การประเมินจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 60.87 และไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 39.13 โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 8.26 และมีคะแนนร้อยละความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 27.60 จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานส่งผลให้นักเรียนมีผลคะแนนความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นทุกคน โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (68.87%) มีคะแนนความก้าวหน้าผ่านเกณฑ์การประเมิน แสดงว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**ตาราง 1** ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอม

| รายการ | ก่อนเรียน (30 คะแนน) | | หลังเรียน (30 คะแนน) | | คะแนนความก้าวหน้า | ร้อยละคะแนนความก้าวหน้า |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คะแนน | ร้อยละ | คะแนน | ร้อยละ | | |
| คะแนนสูงสุด | 22 | 73.33 | 27 | 90 | 15 | 50.00 |
| คะแนนต่ำสุด | 7 | 23.33 | 16 | 53.33 | 2 | 6.67 |
| ค่าเฉลี่ย | 13.61 | 45.36 | 21.87 | 72.90 | 8.26 | 27.60 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 4.04 | 13.47 | 3.09 | 10.31 | 3.52 | 12.86 |

เมื่อพิจารณานักเรียนตามระดับคุณภาพ (ตาราง 2) พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับอ่อนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.04 อยู่ในระดับปานกลางจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 65.22 อยู่ในระดับดีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 21.74 และไม่พบนักเรียนมีผลการเรียนอยู่ในระดับดีมาก จะเห็นว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีผลคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนหลังเรียนพบว่านักเรียนทุกคนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นโดยไม่พบนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับอ่อน ซึ่งมีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.04 อยู่ในระดับดีจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 56.52 และอยู่ในระดับดีมากจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 30.44 เมื่อเปรียบเทียบกับผลคะแนนก่อนเรียนพบว่าหลังเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีคุณภาพระดับอ่อนลดลงและมีนักเรียนที่มีคุณภาพระดับดีและระดับดีมากเพิ่มขึ้น จากผลการคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล (EI) มีค่าเท่ากับ .50 แสดงว่าหลังเรียนนักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนร้อยละ 50 จากค่าการทดสอบวิลคอกซัน (ตาราง 3) พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นสรุปได้ว่าโดยภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

**ตาราง 2** จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนตามระดับคุณภาพ

| ช่วงคะแนน (ร้อยละ) | ระดับคุณภาพ | ก่อนเรียน | | หลังเรียน | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | จำนวนนักเรียน | ร้อยละ | จำนวนนักเรียน | ร้อยละ |
| 80–100 | ดีมาก | 0 | 0 | 7 | 30.44 |
| 60–79 | ดี | 5 | 21.74 | 13 | 56.52 |
| 30–59 | ปานกลาง | 15 | 65.22 | 3 | 13.04 |
| 0–29 | อ่อน | 3 | 13.04 | 0 | 0 |
| **รวม** | | **23** | **100** | **23** | **100** |

**ตาราง 3** ผลการวิเคราะห์ค่าการทดสอบวิลคอกซัน

| รายการ | คะแนนเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ค่าการทดสอบวิลคอกซัน | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| ก่อนเรียน | 13.61 | 4.04 | –4.463 | < .05 |
| หลังเรียน | 21.87 | 3.09 | | |

**ผลการศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ**

ผลการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่มีผลต่อพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนจำนวน 8 ข้อ มีดังนี้

1) *ระบุประเด็นในการคิดได้ชัดเจน* พบว่านักเรียนสามารถระบุประเด็นในการคิดเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมได้ เช่น แบบจำลองคืออะไร แบบจำลองมีลักษณะอย่างไร ทำไมนักวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนาทฤษฎีอะตอม นักวิทยาศาสตร์มีวิธีเสนอแบบจำลองอย่างไร แบบจำลองมีความสำคัญอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ใช้สมมติฐานอะไรบ้างในการเสนอแบบจำลองอะตอม แบบจำลองอะตอมในปัจจุบันมีกี่แบบ นักวิทยาศาสตร์มีการออกแบบการทดลองอย่างไรเพื่อให้ได้ข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง แบบจำลองอะตอมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างแบบจำลองในอดีตอย่างไร และแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ซึ่งจากประเด็นในการคิดเหล่านี้นำไปสู่การสืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล อธิบาย อภิปราย แสดงความคิดเห็น หรือโต้แย้งข้อมูลต่อไป

2) *สืบค้นข้อมูล และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในการคิด* โดยกิจกรรมแบ่งนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่มและจับฉลากเพื่อเลือกแบบจำลองสำหรับการศึกษากลุ่มละ 1 แบบ ได้แก่ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน แบบจำลองอะตอมของทอมสัน แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด แบบจำลองอะตอมของโบร์ และแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน จากนั้นแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลในประเด็นต่าง ๆ เช่น แนวคิดและสมมติฐานการทดลอง การออกแบบการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการเสนอแบบจำลองอะตอม ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียนและจากเว็บไซต์ต่าง ๆ โดยครูคอยแนะนำว่าการสืบค้นข้อมูลควรใช้ข้อมูลจากหลาย ๆ เว็บไซต์ โดยแต่ละกลุ่มจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ประกอบการอธิบายประเด็นในการคิด และอ้างอิง

แหล่งที่มาของข้อมูลด้วยทุกครั้ง นอกจากนี้ครูยังได้แนะนำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ตด้วยคำค้นภาษาอังกฤษ เพื่อให้ได้ข้อมูลและภาพประกอบที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3) *วิเคราะห์ และจำแนกแยกแยะข้อมูล* พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวคิดหรือสมมติฐานการทดลองของนักวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างและอธิบายแบบจำลองอะตอมได้ เช่น นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์สมมติฐานการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ดเพื่อออกแบบการทดลองว่า “ถ้าอะตอมมีโครงสร้างตามแบบจำลองของทอมสันจริง ดังนั้นเมื่อยิงอนุภาคแอลฟาซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นบวกเข้าไปในอะตอม แอลฟาทุกอนุภาคจะทะลุผ่านเป็นเส้นตรงทั้งหมดเนื่องจากอะตอมมีความหนาแน่นสม่ำเสมอเหมือนกันหมดทั้งอะตอม” ซึ่งมีทั้งนักเรียนที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับสมมติฐานนี้ โดยนักเรียนบางกลุ่มวิเคราะห์ว่าแบบจำลองอะตอมของทอมสันถูกต้องแล้วเพราะสร้างแบบจำลองมาจากผลการทดลอง ส่วนนักเรียนอีกกลุ่มวิเคราะห์ว่าสมมติฐานของรัทเทอร์ฟอร์ดอาจจะเป็นไปได้ถ้ามีผลการทดลองที่ไม่สามารถอธิบายแบบจำลองของทอมสันได้ โดยจากการสืบค้นข้อมูลนักเรียนพบว่าการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ดได้พิสูจน์ว่าแบบจำลองของทอมสันนั้นไม่เป็นความจริงบางส่วน จึงได้เสนอแบบจำลองอะตอมขึ้นมาใหม่

4) *อภิปรายและเชื่อมโยงประเด็นการคิดตามหลักเหตุผล* พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถร่วมอภิปรายและเชื่อมโยงประเด็นในการคิดเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมได้ ตัวอย่างประเด็นในการอภิปราย เช่น (1) แบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และแบบจำลองแบบกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน แบบจำลองใดน่าเชื่อถือกว่ากัน เพราะเหตุใด (2) จุดเด่นและข้อบกพร่องหรือข้อจำกัดของแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบมีอะไรบ้าง (3) สาเหตุที่แบบจำลองตั้งแต่อดีตมีการเปลี่ยนแปลงจนถึงปัจจุบันมีอะไรบ้าง และ (4) ในอนาคตแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้อีกหรือไม่ เพราะเหตุใด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดแบบจำลองอะตอมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้ สามารถอภิปรายเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของลักษณะแบบจำลองแต่ละแบบได้ เช่น นักเรียนกลุ่มที่ 2 เปรียบเทียบแบบจำลองอะตอมของทอมสันและรัทเทอร์ฟอร์ดว่า “แบบจำลองอะตอมของทอมสันประกอบด้วยโปรตอนและอิเล็กตรอนกระจายตัวอยู่สม่ำเสมอในอะตอมส่วนแบบจำลองของรัทเทอร์ฟอร์ดอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีโปรตอนเป็นประจุบวกรวมกันอยู่ตรงกลางนิวเคลียสส่วนอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบวิ่งอยู่รอบนิวเคลียส” นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายว่าแบบจำลองที่น่าเชื่อถือควรเป็นแบบจำลองที่ได้มาจากผลการทดลองที่เชื่อถือได้ และแบบจำลองอะตอมสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีผลการทดลอง ทฤษฎี หรือข้อมูลใหม่ที่สามารถอธิบายแบบจำลองอะตอมได้ดีกว่า

5) *ประมวลข้อมูล ข้อโต้แย้ง และความคิดเห็นตามหลักเหตุผล* พบว่า การที่นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็น หรือโต้แย้งกันด้วยเหตุผลเกี่ยวกับประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอะตอมจากอดีตจนถึงปัจจุบันสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ในประเด็นต่าง ๆ ร่วมกันได้ เช่น นักเรียนกลุ่มที่ 3 กล่าวว่า “แบบจำลองอะตอมจะต้องได้มาจากการทดลองเท่านั้น” แต่มีนักเรียนกลุ่มที่ 1 แย้งว่า แบบจำลองไม่จำเป็นต้อง

มาจากผลการทดลองเสมอไป เช่น แบบจำลองอะตอมของดอลตัน ไม่ได้มาจากการทดลอง แต่เป็นแบบจำลองทางความคิด

6) *วางแผนขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน* พบว่า นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนกันทำงานเป็นกลุ่ม มีการออกแบบการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน ทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ได้ฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยมีครูคอยให้คำปรึกษา แนะนำ และอำนวยความสะดวก เพื่อให้กิจกรรมที่วางแผนนั้นสำเร็จได้

7) *สรุปผลและนำเสนอข้อมูลได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้* พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสรุปข้อมูลแบบจำลองอะตอมที่ได้รับมอบหมายได้แก่ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และแบบกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน โดยแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอข้อมูลในชั้นเรียนได้ เมื่อทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จ นักเรียนทุกคนจะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 แบบ สามารถเปรียบเทียบแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบ พร้อมทั้งอธิบายวิวัฒนาการแบบจำลองอะตอม และบอกเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองอะตอมได้

8) *ประเมินค่าและนำไปใช้ประโยชน์* พบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเสนอแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และแบบกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน เช่น จากบันทึกอนุทินของนักเรียนคนที่ 1 กล่าวว่า “ประโยชน์ที่ได้จากกิจกรรมนี้คือได้ความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอมทั้งจากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองและจากการร่วมอภิปรายกับเพื่อน ๆ” นักเรียนคนที่ 4 กล่าวว่า “ได้ฝึกการนำเสนอ ฝึกการตั้งคำถาม และการคิดวิเคราะห์” นักเรียนคนที่ 10 กล่าวว่า “ได้ความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอม ได้ฝึกการตั้งคำถามเพื่อให้ได้แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ทำให้ได้ความรู้มากขึ้น และได้ฝึกการค้นหาข้อมูลการให้เหตุผลแบบวิทยาศาสตร์” และนักเรียนคนที่ 14 กล่าวว่า “ได้รับความรู้จากการเสริมและโต้แย้งข้อมูลด้วยเหตุผล” จากอนุทินของนักเรียนจะเห็นว่านอกจากนักเรียนจะได้ความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมซึ่งสามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้นแล้ว นักเรียนยังได้ฝึกการทำงานเป็นทีมและมีทักษะการวิจัยอีกด้วย

ผลการศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ตาราง 4) พบว่า จากการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 8 ข้อของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ประเด็นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือการวางแผนขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน ($\bar{X}$=3.17, SD=1.07) รองลงมาคือการสืบค้น และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในการคิด ($\bar{X}$=3.00, SD=1.04) ตามด้วยการระบุประเด็นในการคิดได้ชัดเจน ($\bar{X}$=2.98, SD=1.02) ส่วนประเด็นที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือการประเมินค่าและนำไปใช้ประโยชน์ ($\bar{X}$=2.22, SD=0.85) โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากับ 21.96 คิดเป็นร้อยละ 68.63 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การประเมินระดับดี เมื่อพิจารณานักเรียนตามระดับคุณภาพ (ตาราง 5) พบว่า มีนักเรียนที่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับดีขึ้นไปจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 73.92 และมีนักเรียนที่อยู่ในระดับต้องปรับปรุงเพียง 3 คน คิดเป็นร้อยละ13.04 เท่านั้น

**ตาราง 4** ผลการวิเคราะห์ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนโดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอม

| ประเด็นการประเมิน | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|
| 1. ระบุประเด็นในการคิดได้ชัดเจน (4 คะแนน) | 2.96 | 1.02 |
| 2. สืบค้น และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในการคิด (4 คะแนน) | 3.00 | 1.04 |
| 3. วิเคราะห์ และจำแนกแยกแยะข้อมูล (4 คะแนน) | 2.61 | 0.99 |
| 4. ประมวลข้อมูล ข้อโต้แย้ง และความคิดเห็นตามหลักเหตุผล (4 คะแนน) | 2.70 | 0.97 |
| 5. อภิปรายและเชื่อมโยงประเด็นการคิดตามหลักเหตุผล (4 คะแนน) | 2.61 | 0.94 |
| 6. วางแผนขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน (4 คะแนน) | 3.17 | 1.07 |
| 7. สรุปและนำเสนอข้อมูลได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (4 คะแนน) | 2.70 | 1.02 |
| 8. ประเมินค่าและนำไปใช้ประโยชน์ (4 คะแนน) | 2.22 | 0.85 |
| **รวม (32 คะแนน)** | **21.96** | **7.41** |

**ตาราง 5** จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำแนกตามระดับคุณภาพ

| ช่วงคะแนน | ระดับคุณภาพ | จำนวนนักเรียน | ร้อยละ |
|---|---|---|---|
| 25–32 | ดีมาก | 9 | 39.14 |
| 17–24 | ดี | 8 | 34.78 |
| 9–16 | พอใช้ | 3 | 13.04 |
| 1–8 | ปรับปรุง | 3 | 13.04 |
| **รวม** | | **23** | **100** |

**ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน**

จากการบันทึกอนุทินของนักเรียนเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมพบว่านักเรียนคนที่ 1 กล่าวว่า “บรรยากาศในการเรียนนั้นสนุกสนานไม่เครียด ได้ฟังเพื่อนตั้งคำถามเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็น ได้ฝึกค้นหาข้อมูลการให้เหตุผลแบบวิทยาศาสตร์” นักเรียนคนที่ 2 กล่าวว่า “การจัดกิจกรรมเน้นให้ทุกคนมีส่วนร่วม ได้รับความรู้จากกลุ่มเพื่อนที่นำเสนอ บางครั้งมีประเด็นที่ไม่เข้าใจก็สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน ๆ หรือครูผู้สอนได้” นักเรียนคนที่ 7 กล่าวว่า “เป็นการเรียนรู้ที่ไม่น่าเบื่อ มีกิจกรรมให้ทำหลากหลาย ได้มีส่วนร่วมในการทำงานกับเพื่อน กล้าที่จะถามคำถาม และอยากให้มีกิจกรรมแบบนี้อีก” นักเรียนคนที่ 9 กล่าวว่า “ได้รับความรู้จากการนำเสนอของเพื่อน ๆ สามารถตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ทำให้ได้ความรู้เพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ” นักเรียนคนที่ 11 กล่าวว่า “เป็นกิจกรรมที่สนุกมากเลยค่ะ ชอบกิจกรรมแบบนี้มาก ๆ เลยค่ะ” นักเรียนคนที่ 15 กล่าวว่า “บรรยากาศในการสอนมีความสนุกสนาน ถามตอบกันเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ กล้าถามและเสนอแนะมากขึ้น ทำให้เข้าใจเรื่องที่นำเสนอเป็นอย่างดี มีความกล้ามากขึ้น ทำให้มีมุมมองที่แตกต่าง ได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ และหากไม่เข้าใจครูผู้สอนก็จะสรุปให้ท้ายกิจกรรม” นักเรียนคนที่ 18 กล่าวว่า “ทุกคนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและตอบคำถาม มีการโต้แย้งและแลกเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ ทำให้เข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น เป็นกิจกรรมที่เสริมสร้างปัญญาในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นผลดีต่อตัวเรา” อย่างไรก็ตามนักเรียนได้

ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมในครั้งต่อไปดังนี้ นักเรียนคนที่ 3 10 และ 15 ได้เสนอความคิดเห็นในประเด็นเดียวกันคือการจัดกิจกรรมนี้ใช้เวลานานเกินไปในการนำเสนอ ถาม–ตอบคำถาม และอภิปรายกลุ่ม ควรจัดกิจกรรมให้กระชับกว่านี้ นักเรียนคนที่ 12 เสนอว่า อยากให้ครูผู้สอนสรุปประเด็นต่าง ๆ หลังจากทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จแล้วครั้งเดียว โดยยังไม่ต้องสรุปเมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอเสร็จ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน (ตาราง 6) พบว่าโดยภาพรวมทุกประเด็นการประเมินผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.33, SD=0.67) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**ตาราง 6** ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอม

| ประเด็นการประเมิน | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ระดับความพึงพอใจ |
|---|---|---|---|
| 1. ด้านเนื้อหา | 4.26 | 0.66 | มาก |
| 2. ด้านผู้สอน | 4.53 | 0.60 | มากที่สุด |
| 3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ | 4.23 | 0.67 | มาก |
| 4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ | 4.35 | 0.70 | มาก |
| 5. ด้านการวัดและการประเมินผล | 4.39 | 0.65 | มาก |
| **โดยภาพรวม** | **4.33** | **0.67** | **มาก** |

1) *ด้านเนื้อหา* โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.26, SD= 0.66) ซึ่งผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากต่อประเด็นย่อยดังนี้ เนื้อหามีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน เนื้อหามีความสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน เนื้อหาเน้นความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ และ เนื้อหามีประโยชน์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2) *ด้านผู้สอน* โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.53, SD=0.60) ซึ่งผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในมากที่สุดในประเด็นย่อยดังนี้ ผู้สอนมีการเตรียมการสอนล่วงหน้า ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาที่สอนเป็นอย่างดี ผู้สอนนำเสนอกิจกรรมได้คล่องแคล่วชัดเจน มีเสียงดังพอเหมาะ ผู้สอนมีความเป็นกันเองให้คำปรึกษา และรับฟังความคิดเห็น โดยผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากในประเด็นย่อยดังนี้ ผู้สอนมีการอธิบายความรู้และยกตัวอย่างประกอบทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้สอนมีการเสริมแรงทางบวกและให้กำลังใจแก่นักเรียนและผู้สอนมีการชี้แนะเกี่ยวกับข้อมูลและความเชื่อถือของข้อมูลอย่างมีเหตุผล

3) *ด้านกิจกรรมการเรียนรู้* โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในในระดับมาก ($\bar{X}$=4.23, SD=0.67) ซึ่งผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากในประเด็นย่อยดังนี้ กิจกรรมน่าสนใจ และกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดประเด็นปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ เน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและมีส่วนร่วมในกิจกรรม นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย สามารถรวบรวมข้อมูลและนำมา

วิเคราะห์ข้อมูลได้ เปิดโอกาสให้นักเรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ซักถาม อภิปราย แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และนำเสนอได้ กิจกรรมช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดและทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถโต้แย้งหรือลงความเห็นด้วยเหตุผล และข้อมูลที่น่าเชื่อถือ กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนมีการวางแผนในการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี นักเรียนสนุกสนานและมีความสุขกับการเรียนวิชาเคมี และผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดในประเด็นย่อยเรื่องกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานเป็นทีม

4) *ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้* โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.35, SD=0.70) ซึ่งผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากในประเด็นย่อยต่อดังนี้ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาและน่าสนใจ มีความหลากหลาย และทันสมัย นักเรียนมีโอกาสได้จัดหาหรือสร้างสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาด้วยตนเอง และผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดในประเด็นย่อยเรื่องสื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้

5) *ด้านการวัดและการประเมินผล* โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.39, SD=0.65) ซึ่งผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากในประเด็นย่อยดังนี้ การวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย เช่น ประเมินจากการทำงานกลุ่ม การนำเสนอ การอภิปราย การสอบ นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงานและให้ข้อเสนอแนะกลุ่มอื่นได้ และผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดในประเด็นย่อยเรื่องนักเรียนมีโอกาสนำผลการประเมินมาปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง

**สรุปและอภิปรายผล**

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้สอนได้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Kathalae, 2016; Praditbathuka, 2014) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) *การระบุปัญหาหรือประเด็นในการคิด* นักเรียนสามารถสังเกต ตั้งคำถาม ระบุปัญหาหรือประเด็นในการคิด กำหนดประเด็นข้อสงสัย และแสวงหาคำตอบเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมได้

2) *การคาดคะเนคำตอบหรือการตั้งสมมติฐาน* นักเรียนสามารถคาดคะเนคำตอบของปัญหาอย่างมีหลักการ มีหลักฐานรองรับ และตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองอะตอมได้

3) *การสืบค้นและรวบรวมข้อมูล* นักเรียนสามารถสืบค้นและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในการคิดเรื่องแบบจำลองอะตอมจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย รู้จักวิธีการแสวงหาแหล่งข้อมูล วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอ และอ้างอิงแหล่ง ที่มาที่น่าเชื่อถือได้

4) *การวิเคราะห์ข้อมูล* นักเรียนสามารถวิเคราะห์ จำแนกแยกแยะ และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมที่ได้มาจากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาและเลือกข้อมูลที่จะนำไปใช้ได้

5) *การสรุปและนำเสนอผลการศึกษา* นักเรียนสามารถสรุปข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลอง

อะตอมและนำเสนอข้อมูลที่ศึกษาได้

จะเห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นส่วนหนึ่งในการสอน (Teachers use research process as their teaching approach) ส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้ (learning on how to learn) การแสวงหาคำตอบ และค้นหาคำตอบที่น่าเชื่อถือได้ โดยผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง (Blackmore and Fraser, 2007; Brew, 2010; Paweenbampen, 2017; Srikoon *et al*., 2014) ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมและมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Siriworasin (2015) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องการผลิตสินค้าและบริการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สรุปว่าการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม คิดค้นวิธีการหาคำตอบ ทดลองสืบค้นข้อมูล สะท้อนความคิด สรุปแนวคิดและการค้นพบคำตอบด้วยตนเอง สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านกระบวนการวิจัยได้ Yombankuay (2016) ศึกษาการวิจัยเป็นฐานเรื่องการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นโดยมีความก้าวหน้าในการเรียนร้อยละ 73 ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการวิจัยที่ให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบเครื่องมือการวิจัย ทำวิจัย และการสรุปผล สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น นอกจากนี้ Tanya and Thongphukdee (2018) ศึกษาการเรียนรู้ที่เน้นวิจัยเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียนแห่งศตวรรษ ที่ 21 สรุปว่าการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และร่วมแสดงความคิดเห็น ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนให้สนุกสนาน น่าสนใจมากขึ้น ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กล้าคิด กล้าแสดงออก และมีความกระตือรือร้นในการเรียน สามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chokpermpoon and Tiamtanom (2019) ที่ศึกษาการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานในรายวิชาการวิจัยด้านสื่อสารมวลชนซึ่งสรุปว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้เนื่องจากกิจกรรมเน้นการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น กล้าคิดกล้าถามในประเด็นต่าง ๆ สามารถนำเสนอและสรุปผลจากกิจกรรมได้

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัย ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้สอนได้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยในการจัดการเรียนรู้โดยเน้นกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม ระบุปัญหาหรือประเด็นการคิด สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล อภิปราย โต้แย้งอย่างมีเหตุผล สะท้อนคิด สรุปและนำเสนอผลการศึกษาได้อย่างเป็นระบบ ที่สามารถส่งเสริมพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน 8 ข้อ ประกอบด้วย 1) ระบุประเด็นในการคิดได้ชัดเจน 2) สืบค้น และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในการคิด 3) วิเคราะห์ และจำแนกแยกแยะข้อมูล 4) ประมวลข้อมูล ข้อโต้แย้ง และความคิดเห็นตามหลักเหตุผล 5) อภิปรายและ

เชื่อมโยงประเด็นการคิดตามหลักเหตุผล 6) วางแผนขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน 7) สรุปและนำเสนอข้อมูลได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และ 8) ประเมินค่าและนำไปใช้ประโยชน์ จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางสามารถฝึกทักษะกระบวนการคิด การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาได้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกออกแบบการวิจัยที่สัมพันธ์กับสิ่งที่สนใจ ช่วยฝึกการคิดเชิงระบบ (system thinking) และทักษะการคิดวิเคราะห์ได้ (Paweenbampen, 2017; Rattanaprom, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yombankuay (2016) ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในวิชาคณิตศาสตร์ โดยฝึกให้นักเรียน ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบเครื่องมือการวิจัย ทำวิจัย และสรุปผล โดยเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของกระบวนการวิจัย ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติและมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถพัฒนากระบวนการคิดและทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ Jorasa and Punngam (2018) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานในสาระภูมิศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นเลือกปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา 3) ขั้นเลือกระเบียบวิจัย 4) ขั้นรวบรวมและตีความหมายข้อมูล และ 5) ขั้นสรุปผลการวิจัย พบว่าการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าร่วมกัน อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปร่วมกัน สามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kembara *et al*. (2018) ที่ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการกำหนดปัญหาวิจัย การกำหนดตัวแปรเพื่อหาคำตอบของปัญหา กำหนดกระบวนการวิจัย การอภิปรายผลการศึกษา สรุปและให้ข้อเสนอแนะ สามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเรื่องแบบจำลองอะตอมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัยทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกันวางแผนการทำงาน เปิดโอกาสให้ซักถาม อภิปราย แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ และโต้แย้งข้อมูลอย่างมีเหตุผล ตลอดจนการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่เป็นกันเองไม่ตึงเครียด ทำให้บรรยากาศในการจัดกิจกรรมสนุกสนาน โดยครูยังไม่ตัดสินว่าความคิดเห็นของผู้เรียนนั้นถูกหรือผิด แต่จะร่วมกันสรุปตอนท้ายกิจกรรมว่าสิ่งที่นักเรียนควรเข้าใจอย่างถูกต้องนั้นเป็นอย่างไร ครูจะคอยกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละคนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Siriworasin (2015) ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่เน้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดตั้งคำถาม สืบค้นหาข้อมูล อธิบายบอกเล่าประสบการณ์ ลงมือปฏิบัติและสรุปผลด้วยตนเอง โดยมีครูคอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาด้านการวางแผนการทำกิจกรรม ช่วยเสริมแรงและให้กำลังใจในการทำกิจกรรมจนงานสำเร็จ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึง-

พอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongaime (2018) พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานด้านบรรยากาศการเรียนและด้านประโยชน์ที่ได้รับ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chokpermpoon and Tiamtanom (2019) พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุดเพราะเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ได้ทำงานเป็นกลุ่ม กล้าแสดงความคิดเห็นและซักถามในประเด็นต่าง ๆ มีความตั้งใจ กระตือรือร้น สนุกสนาน และมีความสุขกับการเรียนรู้

**ข้อเสนอแนะ**

1) การใช้คำถามของผู้สอนและการตั้งคำถามจากผู้เรียนในการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานมีส่วนสำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน ผู้สอนควรใช้คำถามในการเปิดประเด็นหรือกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกตื่นเต้นท้าทายในการเรียนรู้ (exciting) และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ควรสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่เป็นกันเองเพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ส่วนการตั้งคำถามจากผู้เรียนก็เป็นสิ่งสำคัญ ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนได้ฝึกตั้งคำถามเพื่อถามเพื่อนในชั้นเรียน โดยครูควรให้คำแนะนำว่าการตั้งคำถามควรเป็นคำถามปลายเปิดเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดงความคิดเห็น และโต้แย้งด้วยเหตุผล ไม่ควรเป็นคำถามที่เน้นคำตอบว่าใช่ หรือไม่ใช่ ถูกหรือผิด ซึ่งจากการถาม–ตอบ อภิปราย แสดงความคิดเห็น และการโต้แย้งด้วยเหตุผลของผู้เรียน สามารถสะท้อนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนระหว่างการจัดกิจกรรมได้

2) การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานในครั้งนี้ ผู้สอนได้นำกระบวนการวิจัยมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมและส่งเสริมทักษะในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมเฉพาะในกระบวนการวิจัยที่ผู้สอนได้ออกแบบไว้เท่านั้น ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการวิจัยในการเรียนรู้ในประเด็นที่ผู้เรียนสนใจอยากศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือดำเนินการวิจัยด้วยตนเองตามขั้นตอนของกระบวนการวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

Best, J. W. (1981). **Research in Education**. Englewood Cliff: Prentice–Hall.

Brew, A. (2010). Imperatives and challenges in integrating teaching and research. **Higher Education Research & Development** 29: 139–150.

Blackmore, P., and Fraser, M. (2007). **Researching and Teaching**. UK: McGraw-Hill International.

Chokpermpoon, K., and Tiamtanom, T. (2019). Research–based learning with comparison of achievement and behavior learning about the literature review. **NRRU Community Research Journal** 13(1): 68–82. (in Thai)

Ditcharoen, N., Polyiam, K., Vangkahad, P., and Jarujamrus, P. (2014). Development

of learning media in topics of atomic structure and chemical bond with augmented reality technology. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 5(1): 21–27. (in Thai)

Ennis, R. H. (1962). A concept of critical thinking. **Harvard Educational Review** 32(1): 81–111.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. **PISA 2018 Evaluation Results**. Retrieved from https://pisathailand.ipst.ac.th/infographic-pisa2018 result, December 4, 2019. (in Thai)

Institute for the Promotion of Teaching Scince and Technology. **STEM education in Thailand**. Retrieved from http://www.stemedthailand.org/, January 10, 2020. (in Thai)

Jansorn, T., Wimuttipanya, J., Meemon, K., and Hongkachern, T. (2019). The development model of atomic structure by computer graphics. **Journal of Educational Studies** 13(1): 227–234. (in Thai)

Jorasa, J., and Punngam, A. (2018). An action research on development of analytical thinking in geography learning by research–based approach of Matthayom Suksa 5 student, Phosai Pittayakarn School, the secondary educational service area office 29. **Sisaket Rajabhat University Journal** 12(1): 57–65. (in Thai)

Justi, R. S., and Gilbert, J. K. (2002). Modeling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. **International Journal of Science Education** 24(4): 369–387.

Karnchanarakphong, S. (2006). **Manual of Thinking Skill Evaluation**. Bangkok: Tharn Ark Sorn. (in Thai)

Kathalae, D. (2016). Mixed style of learning: Research–based learning, authentic learning and student–centered learning. **The Journal of Baromarajonani College of Nusing, Nakhonratchasima** 22(1): 131–145. (in Thai)

Kembara, M. D., Rozak, R. W. A., and Hadian, V. A. (2018). Research–based lectures to improve students' 4C (communication, collaboration, critical thinking, and creativity) skills. **Advances in Social Science, Education and Humanities Research** 306: 22–26.

Khammani, T. (2011). Analytical thinking skill, synthesis, creativity, and critical thinking: integration in learning management. **The Journal of the Royal Institute of Thailand** 36 (2): 188–204. (in Thai)

Khammani, T. (2005). **Teaching Techniques: Knowledge for Effective Learning Process**. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Noguez, J., and Neri, L. (2019). Research–based learning: A case study for engineering students. **International Journal**

**on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)** 13: 1283–1295.

Office of the Education Council. (2017). **National Education Plan 2017–2036**. Bangkok: Prickwan Graphic. (in Thai)

Paweenbampen, P. (2017). Research–based learning. **CMU Journal of Education** 1(2): 62–71. (in Thai)

Praditbathuka, P. (2014). **Research-based Instruction**. Retrieved from https://www.gotoknow.org/posts/566827%25, January 10, 2019. (in Thai)

Rattanaprom, W. (2018). Research–based learning; RBL. **Suratthani Rajabhat Journal** 5(2): 37–60. (in Thai)

Ritcharoon, P. (2006). **Research to Develop Learning in Classroom Action Research**. 5th ed. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Sangwanpetch, N., Faikhamta, C., and Songsasen, A. (2017). The development of grade 10 science–gifted students' understanding of the nature of science in the unit of atomic structure. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 8(2): 271–296. (in Thai)

Siriworasin, S. (2015). The development of learning achievement and research abilities on services of mathayomsuksa 2 studies using research base learning. **Veridian E–Journal, Slipakorn University** 8(2): 1161–1175. (in Thai)

Srikoon, S., Bunterm, T., Samranjai, J., and Wattanathorn, J. (2014). Research synthesis of research based learning for education in Thailand. **Procedia–Social and Behavioral Sciences** 116: 913–917.

Supatchaiyawong, P., Faikhamta, C., and Suwanruji, P. (2015). Using model–based learning for enhancing mental model of atomic structure and understandings of the nature of model of 10th grade students. **Walailak Journal of Learning Innovations** 1(1): 97–124. (in Thai)

Tanya, S., and Thongphukdee, C. (2018). The development of learning management ability to develop 21st's achievement of learners for teacher in basic education schools, Nakhon Ratchasima by using research–based learning management. **Journal of Research and Curriculum Development** 8(2): 42–54. (in Thai)

Thongaime, A. (2018). Development of research knowledge, understanding and skills of students through research–based learning activities. **Suthiparithat Journal** 32 (104): 40–54. (in Thai)

Watson, G., and Glaser, E. M. (1964). **Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal Manual**. New York: Harcourt Brace and Word.

Wongdee, P. (2019). The development of activity–based learning model to enhance research skills for pre–service teachers of

industrial education, Faculty of Industrial Education and Technology, KMUTT. **Humanities, Arts and Social Sciences Studies** 19(1): 182–220.

Yombankuay, S. (2016). Outcomes of mathematics learning entitled ppinion survey of students in mattayomsuksa VI at Demonstration School of Silpakorn University, Amphur Muang, Nakhonpathom using by research–based learning. **Veridian E–Journal, Slipakorn University** 9(3): 83–96. (in Thai)