



## แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเพื่อระบุมโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่องสมมูลเคมี\*

อรรรถพล พลอยมีค่า<sup>1</sup> จรรยา ดาสา<sup>2</sup>

(วันที่รับบทความ: 25 มิถุนายน 2563; วันที่แก้ไขบทความ: 1 กันยายน 2563; วันที่ตอบรับบทความ: 18 พฤศจิกายน 2563)

### บทคัดย่อ

มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ คือ ความเข้าใจต่อข้อเท็จจริงหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างไปจากมโนคติที่นักวิทยาศาสตร์นั้นยอมรับ ซึ่งมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้เป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นผู้สอนจะต้องทราบมโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนก่อนที่จะวางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษา มโนคติที่คลาดเคลื่อนที่ผ่านมามากใช้แบบทดสอบมโนคติสองลำดับขั้น อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยพบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นไม่สามารถจำแนกกลุ่มมโนคติที่คลาดเคลื่อนกับการขาดมโนคติและมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับคำตอบที่ถูกจากการเดาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาแบบทดสอบมโนคติสามลำดับขั้นเรื่องสมมูลเคมี เพื่อจำแนกผู้เรียนระหว่างกลุ่มดังกล่าว

จากการวิจัยได้ข้อสรุปว่า การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนคติสามลำดับขั้น มีขั้นตอนและผลดังนี้ 1) ระบุเนื้อหา แนวคิดเชิงประพจน์ และสร้างแผนผังมโนคติ จากนั้นตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แนวคิดเชิงประพจน์จำนวน 14 แนวคิด 2) สํารวจเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อหา มโนคติคลาดเคลื่อนที่มักพบในเรื่องสมมูลเคมี จากการศึกษาพบมโนคติที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด 16 มโนคติ 3) พัฒนาแบบทดสอบมโนคติสามลำดับขั้น โดยส่วนที่ 1 เป็นตัวเลือกคำตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลของคำตอบโดยการเขียนคำตอบ และส่วนที่ 3 เป็นตัวเลือกแสดงความมั่นใจในคำตอบ 4) เก็บข้อมูลแบบทดสอบกับผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมมูลเคมีมาแล้ว 56 คน และสัมภาษณ์ผู้เรียนเพิ่มเติม 3 กลุ่ม ที่มีระดับมโนคติที่ต่างกัน กลุ่มละ 3 คน เพื่อวิเคราะห์มโนคติคลาดเคลื่อน 5) สร้างตัวเลือกในส่วนการให้เหตุผล 5 ตัวเลือก ทำให้ได้แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น เรื่องสมมูลเคมี ที่เป็นแบบเลือกตอบทั้งสามลำดับ 6) ประเมินแบบทดสอบรายข้อโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า ทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 - 1.00 ซึ่งอยู่ในระดับที่ใช้ได้ทุกข้อ 7) เก็บข้อมูลแบบทดสอบกับผู้เรียนจำนวน 120 คนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมมูลเคมีมาแล้ว วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบพบว่าแบบทดสอบสามารถวิเคราะห์จำแนกกลุ่มมโนคติระหว่างมโนคติที่คลาดเคลื่อนกับการขาดมโนคติและมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับคำตอบที่ถูกจากการเดาได้ ซึ่งแบบทดสอบแต่ละข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.16-0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.15-0.47 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน เท่ากับ 0.701

**คำสำคัญ:** แบบทดสอบวินิจฉัย, แนวคิดที่คลาดเคลื่อน, มโนคติที่คลาดเคลื่อน, สมมูลเคมี

\* บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริญญาโท หลักสูตรการศึกษาหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2563

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, E-mail: attapon.ploy@g.swu.ac.th

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, E-mail: dahsahc@gmail.com



## Three Tier Diagnostic Test for Identifying Students' Misconception in a Chemical Equilibrium Topic\*

*Attapon Ploymeekha<sup>1</sup> Chanyah Dahsah<sup>2</sup>*

*(Received: June 25, 2020; Revised: September 1, 2020; Accepted: November 18, 2020)*

### Abstract

Scientific misconception is an understanding of scientific facts or principles that is different from those accepted by scientists. The scientific misconception is a major obstacle to learning. Thus, the teachers must know students' misconception before planning their lesson for effective learning. To explore students' misconceptions, two-tier diagnostic was used, however, it cannot make discrimination of misconceptions from the lack of knowledge and lucky guessing from the scientific concept. Thus, this research aims to develop a three-tier diagnostic test that could discriminate between those groups.

The results of development process involves several steps as shown follows: 1) Identifying propositional knowledge statements and developing concept map, these were validated by three experts, 2) Examining related literature to explore misconceptions, there were 16 misconceptions found, 3) Developing multiple choice items (tier-1) with free response (tier-2) and confident level (tier-3), 4) Examining students' misconceptions from 56 students using the developed items, including focus group interviews of three groups of three students with different conceptual understanding, 5) Creating multiple choice response for the reason tier (tier-2) so now we had three-tier multiple choice items test, 6) Evaluating the test's items by three experts, the IOC was in range 0.67-1.00, so all items are at accepted level, 7) Testing the three tier diagnostic test by 120 students whose have learned chemistry equilibrium, the results indicated that the test could be able to discriminate students' misconceptions from the lack of knowledge and lucky guessing from the scientific concept. Each test have an difficulty level at 0.16-0.65 with discrimination level at 0.15-0.47. The total test reliability of KR-20 is 0.701.

**Keywords:** Chemical Equilibrium, Misconceptions, Three-tier, Diagnostic Test

\* Research Article from Master of Education Program in Science Education, Srinakharinwirot University, 2020

<sup>1</sup> Student in Master of Science Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, E-mail: attapon.ploy@g.swu.ac.th

<sup>2</sup> Assistant Professor, Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, E-mail: dahsahc@gmail.com

### ความสำคัญและปัญหาการวิจัย

เคมีเป็นวิชาที่สำคัญสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับสารและสมบัติต่าง ๆ ของสาร และเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญต่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการดำรงชีวิตในปัจจุบัน (ทัชชา อุดมรักษ์, 2557: 139) การมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนจะทำให้การเรียนรู้ในหัวข้อนั้นและหัวข้อต่อไป ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งนำไปสู่มโนคติที่คลาดเคลื่อนต่อไป (เชษฐา ปัทมสีแก้ว, 2561: 108; วิทยา ภาชีน, 2553: 1) ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนและทำการแก้ไขเพื่อให้ผู้เรียนเกิดมโนคติที่ถูกต้อง (ฉันทนาพร แสงสุทธิเศรษฐ์, 2562: 107; เชียคฟ้า แซ่ฉิน, 2537: 5) ซึ่งการวัดหรือสังเกตมโนคติที่คลาดเคลื่อนทำได้ค่อนข้างยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลือกใช้แบบทดสอบชั้นเดียวที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งมีเฉพาะส่วนของคำถามและคำตอบให้ผู้เรียนเลือกตอบหรืออธิบาย เนื่องจากแบบทดสอบชั้นเดี่ยวนี้อาจไม่สามารถวัดได้ว่าการเลือกคำตอบของผู้เรียนนั้นมีเหตุผลหรือความเข้าใจอย่างไร Treagust (1992: 163) จึงพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น (Two - tier diagnostic test) ขึ้น โดยในขั้นที่หนึ่งจะให้ผู้เรียนระบุคำตอบของคำถาม และขั้นที่สองเป็นการให้เหตุผลของคำตอบ ซึ่งแบบทดสอบลักษณะนี้จะสามารถวัดว่าผู้เรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนอย่างไรบ้าง มีความไม่เข้าใจในเรื่องใด ทำให้ครูผู้สอนสามารถระบุมโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้

อย่างไรก็ตามแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นนี้มีข้อจำกัดคือ เมื่อวิเคราะห์จำนวนผู้เรียนเมื่อทำแบบทดสอบแล้ว พบว่ามีผู้เรียน ที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงเกินไป (Misconception) เนื่องจากแบบทดสอบไม่สามารถแยกคำตอบที่ผิดจากการมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) กับคำตอบที่ผิดจากการขาดความรู้ (Lack of knowledge) ออกจากกันได้ ดังนั้นจึงทำให้การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของมโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนสูงเกินไป นอกจากนี้แบบทดสอบยังไม่สามารถแยกคำตอบที่ถูกต้องจากการที่มีความเข้าใจที่แท้จริง (Genuine understanding) กับคำตอบที่ถูกต้องจากการเดา (Guessing) ได้ (Caleon, และ Subramaniam, 2009: 314; สุพรรณยา หอมฤทธิ์, 2559: 38) นักการศึกษาจึงได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น (Three - tier diagnostic test) ขึ้น โดยเพิ่มขั้นที่สาม เพื่อให้ผู้เรียนระบุระดับความมั่นใจในคำตอบที่ตอบ ซึ่งจะสามารถทำให้แยกผู้เรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน และผู้เรียนที่ขาดความรู้ กับคำตอบที่ถูกต้องจากการที่มีความเข้าใจที่แท้จริง กับคำตอบที่ถูกต้องจากการเดา ในเนื้อหานั้น ๆ ออกจากกันได้ (Caleon, และ Subramaniam, 2009: 314-315) คุณสมบัติดังกล่าวของแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์มโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้

ดังนั้นแล้วจึงเห็นได้ว่าการมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนทำให้เกิดการเรียนรู้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร จึงมีความจำเป็นที่ต้องวัด วิเคราะห์มโนคติที่คลาดเคลื่อนเพื่อทำการแก้ไข และจากการศึกษา งานวิจัยพบว่างานวิจัยที่ศึกษาการมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน เรื่องสมมูลเคมีนั้นมีน้อย และการ

วิเคราะห์หมโนมติโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้นเรื่องสมมูลเคมีตามหลักสูตรของประเทศไทย นั้นยังไม่มีผู้พัฒนา ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้นเรื่องสมมูลเคมี สำหรับผู้เรียนมัธยมศึกษาตอนปลายขึ้น พร้อมทั้งอธิบายแนวทางการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้น เพื่อให้ผู้สอนและนักวิจัยสามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวิเคราะห์หมโนมติที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อทางเคมีหรือวิชาอื่น ๆ ได้

### คำถามวิจัย

แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี สามารถแยกผู้เรียนที่มีหมโนมติคลาดเคลื่อนที่แท้จริงได้หรือไม่ อย่างไร

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมีของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อเทียบประสิทธิภาพการจำแนกหมโนมติของแบบทดสอบวินิจฉัย 2 และ 3 ลำดับชั้น

### แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับการวินิจฉัยหมโนมติของผู้เรียน ตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) พร้อมทั้งหาคุณภาพของประสิทธิภาพแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี

การสร้างแบบทดสอบในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น โดยอาศัยหลักการออกแบบข้อสอบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น ของ Tregust (Tregust, 1992: 163) และมีการเพิ่มระดับความมั่นใจ (Level of confidence) ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้นจึงประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ คำตอบของคำถาม เรียกว่าส่วน A-tier เป็นส่วนที่วัด การตอบสนองทางด้านความรู้ ในเนื้อหาหรือความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบ แบบเลือกตอบ ที่ประกอบด้วยตัวเลือกต่าง ๆ โดยมี 1 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และ ตัวเลือกอื่น ๆ เป็นตัวลวงซึ่งจะแสดงหมโนมติที่คลาดเคลื่อน

ส่วนที่ 2 คือ เหตุผลของคำตอบ เรียกว่าส่วน R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้หรือการตอบสนองเหตุผลของคำตอบในส่วน A-tier มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ หรือเติมคำตอบ โดยหมโนมติที่คลาดเคลื่อนนี้ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ ผู้เรียน หรือการวิจัย

ส่วนที่ 3 คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของส่วนที่ 1 (A-tier) และ 2 (R-tier) มี 2 ตัวเลือกคือ มั่นใจและไม่มั่นใจ ในคำตอบ

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพแบบทดสอบ คือผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสมมูลเคมีมาแล้ว จาก โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเขตที่ 1 กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2562 ที่ได้มาจากการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) จำนวน 120 คน ซึ่งเป็นผู้เรียนทั้งหมดที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน

#### การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

การสร้างแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ออกแบบแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น โดยอาศัยหลักการออกแบบข้อสอบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น ของ Tregust (Tregust, 1992: 163) ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ แบ่งออกเป็น 3 ชั้นหลักคือ 1) ระบุเนื้อหา 2) หาข้อมูลมโนคติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน 3) พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น ทั้งหมด 7 ขั้นตอนย่อย ซึ่งมีรายละเอียดในผลการศึกษา

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ความถูกต้องเชิงเนื้อหาด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
2. วิเคราะห์หาความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ (ปราชญ์ หล้าเบญญะ, 2559: 5) โดยการคิดจากแบบทดสอบ 2 ลำดับชั้น (เฉพาะส่วนคำตอบ และส่วนเหตุผล)
3. วิเคราะห์ความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับตามสูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน โดยการคิดจากแบบทดสอบ 2 ลำดับชั้น (เฉพาะส่วนคำตอบ และส่วนเหตุผล)

#### เกณฑ์การตรวจและจัดกลุ่มจากข้อสอบ

ในการตรวจข้อสอบรายข้อและการจัดกลุ่มคำตอบ ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์โดยแยกเป็น 2 แบบ คือ วิเคราะห์โดยใช้ 2 ลำดับชั้น และ 3 ลำดับชั้น ซึ่งในแต่ละส่วนของคำถามมีการกำหนดรหัสเพื่อแบ่งจัดกลุ่มมโนคติ คือ ในส่วนคำตอบ (ลำดับที่ 1) และส่วนเหตุผล (ลำดับที่ 2) ตอบถูกให้ 1 ตอบผิดให้ 0 และส่วนความมั่นใจ (ลำดับที่ 3) ตอบมั่นใจให้ 1 ตอบไม่มั่นใจให้ 0 จึงสามารถจัดกลุ่มโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. วิเคราะห์โดยใช้ 2 ลำดับชั้น ดังเกณฑ์ “11” คือมโนคติทางวิทยาศาสตร์ “10,01” คือมโนคติคลาดเคลื่อน และ “00” คือการขาดความรู้ (อัจฉริรัตน์ สิริ, 2558: 5)

2. วิเคราะห์โดยใช้ 3 ลำดับชั้น ดังเกณฑ์ “111” คือมโนคติทางวิทยาศาสตร์ “101,011,001” คือมโนคติคลาดเคลื่อน “000” คือการขาดความรู้ และ “110,100,010” คือการเดา (“110” คือการเดาถูก, “100,010” คือการเดา”) (Prodjosantoso, 2019: 4; Kurniawan, 2018: 3)

### ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้จะนำเสนอผลการศึกษาดังกล่าว วัตถุประสงค์ของการวิจัยได้แก่ 1) การพัฒนาและหาประสิทธิภาพแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น และ 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกมโนคติกับแบบทดสอบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น

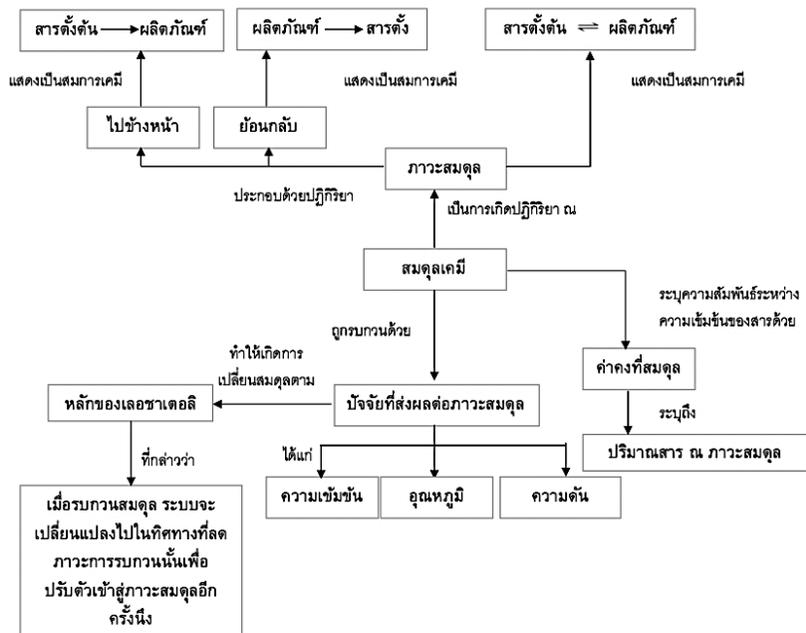
ตอนที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้น

ซึ่งมีขั้นตอนของการพัฒนาแบบทดสอบ มี 3 ขั้นตอนหลัก 7 ขั้นตอนย่อย โดยมีรายละเอียดและผลการศึกษา ดังนี้

ขั้นตอนหลักที่ 1 การระบุเนื้อหา

1. ผู้วิจัยได้ระบุเนื้อหาและมโนคติที่เกี่ยวข้องที่ต้องการวัดมโนคติเรื่องสมดุลเคมี ตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551: 32-74) จากนั้น ได้จัดทำแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (ความรู้เชิงประพจน์) และสร้างแผนผังแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี (ภาพที่ 1) เพื่อให้มั่นใจว่า แบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับครอบคลุมแนวคิดทั้งหมดที่ต้องการวัด โดยแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (ความรู้เชิงประพจน์) มีทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 สมการเคมีและการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา ด้านที่ 2 การเปลี่ยนแปลงที่ภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล และด้านที่ 3 หลักของเลอชาเตอลิเอและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี รวมทั้งหมด 14 แนวคิด ดังตัวอย่าง

ปฏิกิริยาผันกลับได้ หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับในระบบปิดโดยผลิตภัณฑ์สามารถทำปฏิกิริยากันแล้วให้สารตั้งต้นกลับคืนมา ทำให้มีทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบ



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังแนวคิด เรื่องสมดุลเคมี

จากนั้นได้นำแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (ข้อความเชิงประพจน์) และแผนผังแนวคิดให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้อง ซึ่งผลการประเมินมีค่าตั้งแต่ 0.67-1.00 และมีความสอดคล้องกับแผนผังความคิดเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ ทั้งนี้ได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในบางข้อเพื่อให้สมบูรณ์ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

### ขั้นตอนหลักที่ 2 การหาข้อมูลมโนคติคลาดเคลื่อนของผู้เรียน

2. ระบุมโนคติข้อมูลมโนคติคลาดเคลื่อนของผู้เรียน ผู้วิจัยได้สืบค้นเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาข้อมูลมโนคติคลาดเคลื่อนที่มักพบของผู้เรียนในหัวข้อสมดุลเคมี ซึ่งมีมโนคติคลาดเคลื่อนที่พบ 16 มโนคติ ดังตัวอย่าง

1. ณ ภาวะสมดุลสารต่าง ๆ จะมีสมบัติคงที่เนื่องมาจากไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีกแล้ว (วิทยา ภาชีน, 2553: 114-117)

2. ที่ภาวะสมดุล ปริมาณสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ทุกตัวต้องมีปริมาณเท่ากัน (ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554: 87; เขียวเรศ ใจเย็น, 2550: 549)

3. ออกแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับเรื่องสมดุลเคมี จำนวน 14 ข้อตามข้อความเชิงประพจน์แต่ละข้อ โดยประกอบด้วยส่วนที่ 1 (คำตอบของคำถาม) มี 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 (เหตุผลของคำตอบ) เป็นที่ว่างสำหรับเติมเหตุผล ส่วนที่ 3 (ความมั่นใจ) มี 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจ และ ไม่มั่นใจ ในขั้นตอนนี้มีกรหา

คุณภาพเครื่องมือ โดยตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของแบบทดสอบแต่ละข้อกับข้อความเชิงประพจน์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินได้ค่า IOC มีค่าตั้งแต่ 0.67-1.00 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขบางส่วนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

4. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมมูลเคมีมาแล้วจำนวน 56 คน และสัมภาษณ์ผู้เรียนจำนวน 9 คน เก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 3 คน โดยให้ผู้เรียนเลือกตัวเลือกและระบุเหตุผลของการเลือกตัวเลือกเพื่อหา โนมติที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนของผู้เรียนเพิ่มเติม

ขั้นตอนหลักที่ 3 พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้น

5. สร้างตัวเลือกในลำดับการให้เหตุผลของคำตอบจำนวน 5 ตัวเลือกในแต่ละข้อ จากมโนคติคลาดเคลื่อนที่พบจากการทดลองใช้ร่วมกับที่พบจากงานวิจัย ทำให้ได้แบบทดสอบ 3 ลำดับขั้น ที่มีตัวเลือกคำตอบ 4 ตัวเลือก ตัวเลือกเหตุผล จำนวน 5 ตัวเลือก และตัวเลือกระดับความมั่นใจ 2 ตัวเลือก ดังตัวอย่าง

ส่วนที่ 1 ค่าคงที่สมมูล บอกให้ทราบเกี่ยวกับเรื่องใด

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1. ปฏิกริยาเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้าเพียงใด | 2. ปฏิกริยานั้นเป็นดูดหรือคายพลังงาน |
| 3. มีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นมากหรือน้อย        | 4. ถูกทั้ง ก, ข และ ค                |

ส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น

1. ค่าคงที่สมมูลคืออัตราส่วนความเข้มข้นของสารเทียบกับเวลา
2. ค่าคงที่สมมูลคืออัตราส่วนของความเข้มข้นของสารภายในปฏิกริยานั้น ๆ
3. ค่าคงที่สมมูลเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป
4. ค่าคงที่สมมูลคือปริมาณของสารที่เปลี่ยนไป
5. ค่าคงที่สมมูล ระบุความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับ

อุณหภูมิ

ส่วนที่ 3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบของตัวเองหรือไม่

- |           |              |
|-----------|--------------|
| 1. มั่นใจ | 2. ไม่มั่นใจ |
|-----------|--------------|

6. ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ทั้งในส่วนของตัวเลือกคำตอบ (tier-1) และตัวเลือกเหตุผล (tier-2) ซึ่งผลการประเมินได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.67-1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขบางส่วนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

7. นำแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับขั้นที่พัฒนาแก้ไขแล้วไปทดสอบกับผู้เรียนที่เรียนเรื่อง สมมูลเคมีมาแล้ว จำนวน 120 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น ผลการวิเคราะห์ได้ข้อ



สรุปว่า แบบทดสอบแต่ละข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.16–0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.15-0.47 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.701

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกมโนคติของแบบทดสอบวินิจฉัย 2 และ 3 ลำดับชั้น

เพื่อหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้นเทียบกับแบบทดสอบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น ผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มผู้เรียน จากแบบทดสอบวินิจฉัย โดยพิจารณาเทียบระหว่าง 2 ลำดับชั้น และ 3 ลำดับชั้น พบว่า การใช้แบบทดสอบ 2 ลำดับชั้นจะสามารถจำแนกผู้เรียนออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ มโนคติคลาดเคลื่อน และขาดความรู้ ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกกลุ่มมโนคติรายข้อ เมื่อแบ่งกลุ่มโดยใช้การจำแนกลักษณะแบบทดสอบ 2 ลำดับชั้น

| ข้อ | มโนคติทางวิทยาศาสตร์ |        | มโนคติคลาดเคลื่อน |        | ขาดความรู้ |        |
|-----|----------------------|--------|-------------------|--------|------------|--------|
|     | จำนวน                | ร้อยละ | จำนวน             | ร้อยละ | จำนวน      | ร้อยละ |
| 1   | 60                   | 50.0   | 33                | 27.5   | 27         | 22.5   |
| 2   | 58                   | 48.3   | 29                | 24.2   | 33         | 27.5   |
| 3   | 78                   | 65.0   | 37                | 30.8   | 5          | 4.2    |
| 4   | 38                   | 31.7   | 40                | 33     | 42         | 35.0   |
| 5   | 51                   | 42.5   | 42                | 35.0   | 27         | 22.5   |
| 6   | 64                   | 53.3   | 22                | 18.3   | 34         | 28.3   |
| 7   | 26                   | 21.7   | 29                | 24.2   | 65         | 54.2   |
| 8   | 30                   | 25.0   | 54                | 45.0   | 36         | 30.0   |
| 9   | 25                   | 20.8   | 32                | 26.7   | 63         | 52.5   |
| 10  | 29                   | 24.2   | 35                | 29.2   | 56         | 46.7   |
| 11  | 32                   | 26.7   | 41                | 34.2   | 47         | 39.2   |
| 12  | 44                   | 36.7   | 43                | 35.8   | 33         | 27.5   |
| 13  | 19                   | 15.8   | 41                | 34.2   | 60         | 50.0   |
| 14  | 31                   | 25.8   | 46                | 38.3   | 43         | 35.8   |
| รวม | 585                  | 34.82  | 524               | 31.17  | 571        | 33.99  |

และเมื่อนำความมั่นใจในคำตอบ (tier-3) มาจำแนกความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน จะสามารถจำแนกออกเป็น 5 ลักษณะได้แก่ 1. มโนคติวิทยาศาสตร์ถูกต้องสมบูรณ์ 2. มโนคติคลาดเคลื่อน 3. ขาดความรู้ และ 4. การตอบถูกจากการเดา 5. การเดา ตามเกณฑ์การตรวจและการจัดกลุ่มดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้เรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมมูลเคมีจำนวน 120 คน มีระดับของมโน  
มติรายข้อคิดเป็นร้อยละดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการจำแนกกลุ่มมโนมติรายข้อ เมื่อแบ่งกลุ่มโดยใช้การจำแนกลักษณะแบบทดสอบ  
3 ลำดับชั้น

| ข้อ | มโนคติทาง<br>วิทยาศาสตร์ |        | มโนคติ<br>คลาดเคลื่อน |        | ขาดความรู้ |        | เดาถูก |        | การเดา |        |
|-----|--------------------------|--------|-----------------------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | จำนวน                    | ร้อยละ | จำนวน                 | ร้อยละ | จำนวน      | ร้อยละ | จำนวน  | ร้อยละ | จำนวน  | ร้อยละ |
| 1   | 49                       | 40.8   | 18                    | 15.0   | 19         | 15.8   | 11     | 9.2    | 23     | 19.2   |
| 2   | 31                       | 25.8   | 17                    | 14.2   | 26         | 21.7   | 27     | 22.5   | 19     | 15.8   |
| 3   | 61                       | 50.8   | 29                    | 24.2   | 1          | 0.8    | 17     | 14.2   | 12     | 10.0   |
| 4   | 18                       | 15.0   | 14                    | 11.7   | 38         | 31.7   | 20     | 16.7   | 30     | 25.0   |
| 5   | 25                       | 20.8   | 15                    | 12.5   | 22         | 18.3   | 26     | 21.7   | 32     | 26.7   |
| 6   | 33                       | 27.5   | 3                     | 2.5    | 32         | 26.7   | 31     | 25.8   | 21     | 17.5   |
| 7   | 16                       | 13.3   | 32                    | 26.7   | 47         | 39.2   | 10     | 8.3    | 15     | 12.5   |
| 8   | 12                       | 10.0   | 14                    | 11.7   | 34         | 28.3   | 18     | 15.0   | 42     | 35.0   |
| 9   | 14                       | 11.7   | 12                    | 10.0   | 54         | 45.0   | 11     | 9.2    | 29     | 24.2   |
| 10  | 15                       | 12.5   | 23                    | 19.2   | 42         | 35.0   | 14     | 11.7   | 26     | 21.7   |
| 11  | 23                       | 19.2   | 14                    | 11.7   | 41         | 34.2   | 9      | 7.5    | 33     | 27.5   |
| 12  | 28                       | 23.3   | 20                    | 16.7   | 24         | 20.0   | 16     | 13.3   | 32     | 26.7   |
| 13  | 10                       | 8.3    | 21                    | 17.5   | 51         | 42.5   | 9      | 7.5    | 29     | 24.2   |
| 14  | 18                       | 15.0   | 14                    | 11.7   | 42         | 35.0   | 13     | 10.8   | 33     | 27.5   |
| รวม | 353                      | 21.01  | 246                   | 14.64  | 473        | 28.15  | 232    | 13.81  | 376    | 22.38  |

ดังนั้นเมื่อทำการจำแนกผู้เรียน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น และ 3 ลำดับชั้นจะ  
สามารถจำแนกกลุ่มของผู้เรียน ได้เป็น 3 กลุ่มและ 5 กลุ่ม ดังตารางที่ 3



ตารางที่ 3 แสดงร้อยละของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มมโนคติจากแบบทดสอบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้นและ 3 ลำดับชั้น

| กลุ่มมโนคติ          | ร้อยละของผู้เรียนจากแบบทดสอบ<br>วินิจฉัย 2 ลำดับชั้น | ร้อยละของผู้เรียนจากแบบทดสอบ<br>วินิจฉัย 3 ลำดับชั้น |
|----------------------|--|--|
| มโนคติทางวิทยาศาสตร์ | 34.82  | 21.02  |
| มโนคติคลาดเคลื่อน    | 31.18  | 14.64  |
| ขาดความรู้           | 34.00  | 28.15  |
| เดาถูก               | -  | 13.81  |
| การเดา               | -  | 22.38  |

### สรุปผลการวิจัย

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนคติ 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 14 ข้อ มีประสิทธิภาพของแบบทดสอบครั้งนี้ มีความสอดคล้องและความตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งหมดที่กำหนดไว้ โดยข้อคำถามมีความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.16–0.65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.15–0.47 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน เท่ากับ 0.701

เมื่อนำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนคติ 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี มาจำแนกกลุ่มมโนคติ โดยใช้แบบทดสอบเพียง 2 ลำดับชั้น พบว่าผู้เรียนมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 34.82 มโนคติคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 31.17 ขาดความรู้คิดเป็นร้อยละ 33.99 แต่เมื่อนำในส่วนของความมั่นใจในคำตอบ (tier-3) มาร่วมจำแนกกลุ่มมโนคติด้วยเป็น 3 ลำดับชั้น พบว่าผู้เรียนมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 21.00 มโนคติคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 14.66 ขาดความรู้คิดเป็นร้อยละ 28.16 เดากถูกคิดเป็นร้อยละ 13.81 และการเดาคิดเป็นร้อยละ 22.39 จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเปรียบเทียบการจำแนกมโนคติระหว่าง 2 ลำดับชั้นและ 3 ลำดับชั้น พบว่าในการใช้ 2 ลำดับชั้นมาจำแนกกลุ่มจะมีจำนวนผู้เรียนที่มีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่าการวิเคราะห์โดยใช้ 3 ลำดับชั้นซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบวินิจฉัยมโนคติ 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี สามารถจำแนกมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับคำตอบจากการเดา และจำแนกมโนคติที่คลาดเคลื่อนกับการขาดความรู้ ออกจากกันได้ดีกว่า แบบทดสอบมโนคติ 2 ลำดับชั้น

## อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยมโนคติ 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งออกแบบตามหลักการออกแบบข้อสอบวินิจฉัยของ Tregust (Tregust, 1992: 163) สามารถจำแนกมโนคติของผู้เรียนออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้จริง ตามเกณฑ์การจำแนกมโนคติโดยแบบทดสอบมโนคติ 3 ลำดับชั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Prodjosantoso (2019) และ Kurmiawan (2018) โดย Sulistri (2017) และ มนัสสิริ อินทร์สวาท (2560) ที่ได้กล่าวว่าแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ลำดับชั้นสามารถแยกกลุ่มมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับการเดา และมโนคติที่คลาดเคลื่อนกับการขาดความรู้ออกจากกันได้ดีกว่าแบบทดสอบวินิจฉัย 2 ลำดับชั้น โดยจะพบว่าจะมีร้อยละของมโนคติทางวิทยาศาสตร์และคลาดเคลื่อนที่ลดลง เนื่องจากสามารถแยกออกไปเป็นกลุ่มที่ตอบถูกหรือตอบผิดจากการเดา และการขาดความรู้ได้ นอกจากนี้ยังพบมโนคติคลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่เกินกว่าร้อยละ 30 ทั้งที่สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (เยาวเรศ ใจเย็น, 2550: 549; ชัยยันต์ ศรีเชียงหา, 2554: 87; วิทยา ภาชื่น, 2553: 114) และไม่สอดคล้อง โดยมโนคติคลาดเคลื่อนที่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องมีดังนี้ 1. ปฏิกริยาที่ยังไม่เข้าสู่ภาวะสมมูล จะเกิดปฏิกริยาไปข้างหน้าหรือย้อนกลับได้เพียงทิศทางเดียว 2. ปฏิกริยาเคมีใด ๆ เมื่อปฏิกริยาดำเนินไป ระยะหนึ่งจะไม่มีเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นทั้งของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ 3. ณ ภาวะสมมูล สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นเท่ากัน 4. สัมประสิทธิ์ของสารในสมการเพิ่ม ค่า K ใหม่เท่ากับค่า K เดิมคูณด้วยสัมประสิทธิ์ 5. เมื่อระบบถูกรบกวนจะทำให้การเกิดปฏิกริยาไปข้างหน้าไม่เท่ากับย้อนกลับ 6. ที่ภาวะสมมูลใหม่ สารที่เดิมลงไปจะลดลงจนความเข้มข้นเท่าเดิม 7. เมื่อมีการรบกวนสมมูล อัตราการเกิดปฏิกริยาเพิ่มขึ้นทั้งปฏิกริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ 8. เมื่อมีการรบกวนสมมูล ระบบจะเกิดการปรับตัวแบบปฏิกริยาไปข้างหน้า และเกิดปฏิกริยาย้อนกลับต่อมา ทั้งนี้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนคติ 3 ลำดับชั้น เรื่องสมมูลเคมี สำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในบางข้อมีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์แบบปกติ แต่เนื่องจากแบบทดสอบวินิจฉัยไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์แต่มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยมโนคติของผู้เรียนจึงสามารถนำไปใช้ในการศึกษามโนคติของผู้เรียนได้ (Deniz & Etna, 2015: 213)

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการนำแนวทางการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนคติ 3 ลำดับชั้นไปใช้นั้น ผู้สร้างแบบทดสอบควรคำนึงถึงมโนคติที่ต้องการวัด จำแนก วิเคราะห์ มโนคติอย่างชัดเจนก่อนการสร้างแบบทดสอบ จะสามารถทำให้สร้างแบบทดสอบที่สามารถวิเคราะห์มโนคติของผู้เรียนได้ดี

2. แบบทดสอบวินิจฉัยข้อมโนมติ 3 ลำดับชั้น ไม่ควรนำไปใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน เนื่องจากลักษณะและจุดประสงค์ในการสร้างแบบทดสอบนั้นไม่เหมือนกัน

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การออกแบบแบบทดสอบวินิจฉัยข้อมโนมติ 3 ลำดับชั้นในครั้งนี้ได้ยึดเนื้อหาเรื่องสมมูลเคมีเป็นหลัก ในงานวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำขั้นตอนไปออกแบบแบบทดสอบวินิจฉัยข้อมโนมติ 3 ลำดับชั้นในเรื่องอื่น ๆ ต่อไป

2. จากงานวิจัยนี้พบข้อมโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน เรื่อง สมมูลเคมี หลาย ๆ ข้อมโนมติ ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปสามารถนำข้อมโนมติที่คลาดเคลื่อนที่ค้นพบไปออกออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่แก้ไขข้อมโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเรื่องสมมูลเคมีต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- ฉันทนาพร แสงสุทธิเศรษฐ์. (2562). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังแนวคิด. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 14(3), 107-120.
- ชัยยันต์ ศรีเชียงหา. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมมูลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา)*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เชษฐา ปัทมสีแก้ว. (2561). การพัฒนาระบบการวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง สมการของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 13(38), 105-118.
- เชียดฟ้า แซ่ฉิน. (2536). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาเคมีเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร. *วิทยานิพนธ์ (การวัดผลการศึกษา)*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ทัชชา อุดมรักษ์. (2557). ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 9(26), 139-152.
- ปราณี หล้าเบ็ญสะ. (2559). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 5-29.
- มนัสสิริ อินทร์สวาท. (2559). การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับข้อมโนมติที่คลาดเคลื่อนทาง คณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 12(3), 409-424.

- เขาวเรศ ใจเย็น, และ นฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องสมคูลเคมี ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 13(4), 541-553.
- วิทยา ภาชีน. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนคติเรื่องสมคูลเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุพรรณยา หอมฤทธิ์. (2559). การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- อัจฉริรัตน์ ศิริ. (2558). การสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารโคเวเลนต์และไอออนิกโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะเคมี. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 6(2), 198-208.
- Caleon, I., & Imelda, S. (2009). Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Research science education*, 2010(40), 313-337.
- Deniz, G. & Etna, G. (2015). Development of Three-Tier Heat, Temperature and Internal Energy Diagnostic Test, *Research in Science & Technological Education*, 33(2), 197-217.
- Kurniawa, Y. (2018). Investigation of The Misconception in Newton II. *Jurnal Pena Sains*, 5(1), 11-18.
- Prodjosantoso, A. K. (2019). The Misconception Diagnosis on Ionic and Covalent Bonds Concepts with Three Tier Diagnostic Test. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1477-1488.
- Sulistri E. (2017). Using Three-tier Test to Identify The Quantity of Student That Having Misconception on Newton's Laws of Motion Concept. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 2(1), 4-6.
- Treagust, D. E., & Garnett, P. J. (1992). Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electric Circuits (Galvanic) and Electrolytic Cell. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079-1099.

\*\*\*\*\*