

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก  
เรื่องอะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**The Development of Atom and the Periodic Table of the Elements  
Multiple Choice Alternative Conceptions Diagnostic Test for  
Grade 11 Students**

นิธิศ ธงภักดิ์,

วารุณี ลักนโชคดี และ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**Nithis Thongpak,  
Warunee Lapanachokdee and Pongprapan Pongsophon  
Kasetsart University, Thailand  
Corresponding Author, E-mail: nithis.t@ku.th**

\*\*\*\*\*

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 2) สร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก กลุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาญจนบุรี จำนวน 610 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายชั้นตอน (stratified random sampling) เครื่องมือวิจัยได้แก่ 1) แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก 2) แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก และ 3) คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก การดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก และระยะที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัยในด้านความตรงตามเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก ประสิทธิภาพตัวलग และความเที่ยง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ (short answer) แบบเติมคำ (completion) และแบบจับคู่ (matching) จำนวน 86 ข้อ พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ซึ่งข้อสอบทุกข้อมีความตรงตามเนื้อหา

\* วันที่รับบทความ : 19 มิถุนายน 2566; วันแก้ไขบทความ 9 กรกฎาคม 2566; วันตอบรับบทความ : 11 กรกฎาคม 2566

2. แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกที่สร้างขึ้นจำนวน 4 ฉบับ รวม 50 ข้อ ประกอบด้วย ฉบับที่ 1 ธาตุและสารประกอบ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าความยากตั้งแต่ 0.38 – 0.61 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.36 – 0.65 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.79 ฉบับที่ 2 แบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าความยากตั้งแต่ 0.28 – 0.63 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.24 – 0.54 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 ฉบับที่ 3 สัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ค่าความยากตั้งแต่ 0.44 – 0.64 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.34 – 0.71 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 และฉบับที่ 4 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าความยากตั้งแต่ 0.46 – 0.60 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.53 – 0.66 ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89 คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก มีการกำหนดสาระสำคัญที่ครบถ้วน อ่านเข้าใจง่ายและสามารถใช้เป็นแนวทางในการนำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกที่สร้างขึ้นไปใช้ได้

3. ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า มีมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องสัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.97 ซึ่งใกล้เคียงกับมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องแบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน ซึ่งมีร้อยละ 55.75 และเรื่องธาตุและสารประกอบ ซึ่งมีร้อยละ 55.64 ส่วนมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ มีน้อยที่สุด คือร้อยละ 50.13

**คำสำคัญ:** แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก; แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก; มโนทัศน์ทางเลือก; การวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก

## Abstracts

The purposes of this study were 1) to construct and check the quality of the multiple choice alternative conception diagnostic test in Atom and The periodic table of the element for eleven grade students, and 2) to create the manual of alternative conception diagnostic test. The participants were 610 eleven – grade students by stratified random sampling. The instruments used in this research were 1) alternative conception survey test 2) multiple choice alternative conception diagnostic test, and 3) the manual of alternative conception diagnostic test. The research methodology was divided into 2 steps. Step 1: To survey alternative conception in atom and the periodic table of the element. Step 2: To construct and check the quality of the multiple choice alternative conception diagnostic test. The data was analyzed by using descriptive statistics, including percentage and standard deviation, and quality of the multiple choice alternative conception diagnostic test were verified by content validity, item difficulty, discrimination, effectiveness of distracters and reliability. The research finding were as follows:

1. The result of checking the quality of alternative conception survey test in form of short answer completion and matching test of 86 item, It was found that the test was on the content validity with Item – Objective Congruence (IOC) in the range of 0.60 – 1.00.

2. The multiple choice alternative conception diagnostic test on atom and periodic table of the element consists of 50 item in form of four - option multiple choice item, divided into 4 subsets. The first test, Element and Compound, composed of 10 items, the IOC ranged from 0.60 – 1.00, the difficulty ranged from 0.38 – 0.61, the discrimination ranged from 0.36 – 0.65 and the reliability was at 0.79. The second test, Atomic models and Valence electron, composed of 12 items, the IOC ranged from 0.60 – 1.00, the difficulty ranged from 0.28 – 0.63, the discrimination ranged from 0.24 – 0.54 and the reliability was at 0.80. The third test, Nuclear Symbols and Isotopes, composed of 16 items, the IOC ranged from 0.80 – 1.00, the difficulty ranged from 0.44 – 0.64, the discrimination ranged from 0.34 – 0.71 and the reliability was at 0.85. and The fourth test, Periodic table and Periodic Properties of the Elements, composed of 12 items, the IOC ranged from 0.80 – 1.00, the difficulty ranged from 0.46 – 0.60, the discrimination ranged from 0.53 – 0.66 and the reliability was at 0.89. Therefore. The manual of alternative conception diagnostic test had fully important composition, easy to understand, and could be use to guide the diagnostic test administration.

3. The result of the diagnosis showed that most eleven grade students have alternative conceptions in Nuclear Symbols and Isotopes (55.97%), Atomic models and Valence electron (55.75%), The element and Compound (55.75%) and The periodic table and The Periodic Properties of the Elements (50.13%).

**Keywords:** Multiple Choice Diagnostic Test; Survey Test; Alternative Conceptions; Diagnosis

## บทนำ

เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้คือการให้นักเรียนสามารถบรรลุตามตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ทุกคน แต่ในความเป็นจริงจะพบว่า แม้นักเรียนจะได้รับการถ่ายทอดความรู้หรือการจัดการเรียนรู้จากครูคนเดียวกันและในเวลาเดียวกันก็ยังคงมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่ไม่สามารถบรรลุตามตัวชี้วัดและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ได้ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551 : 10-28) โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่สำคัญของการสอนเคมีคือ เนื้อหาวิชาเคมีมีลักษณะเป็นนามธรรมทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ (Rahmawan et al., 2021 : 132-143) เนื้อหาที่ต้องเรียนมีปริมาณมากแต่มีระยะเวลาในการเรียนที่ค่อนข้างจำกัด และตัวชี้วัดของรายวิชาที่มีจำนวนมากทำให้ผู้เรียนมีโมทศน์ที่ต้องเรียนรู้มากตามไปด้วย ซึ่งมโนทัศน์จำนวนมากเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จึงเป็นเรื่องที่ทำนายและยากสำหรับครูผู้สอนที่จะจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (สุรเดช อนันตสวัสดิ์, 2560 : 1) และไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาเคมีเรื่องอื่น ๆ ได้ ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาที่สำคัญที่ขัดขวางไม่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเคมีอย่างมีความหมายและขัดขวางไม่ให้เกิดการเรียนรู้อย่างถาวร กล่าวคือผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conceptions) ซึ่งเป็นความรู้ ความเข้าใจหรือความคิดที่ไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์

ไม่สอดคล้อง ชัดแย้งและแตกต่างไปจากความรู้หรือความเป็นจริงที่เป็นที่ยอมรับกันทางวิทยาศาสตร์ (Aslan and Demircioglu, 2014 : 3115-3119.; Koc and Yager, 2016 : 144-159; Taber, 2019 ; Erlina, 2020 : 450-469 ; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551 : 10-28 ; วันเพ็ญ คำเทศ, 2560 : 54-64)

จากประสบการณ์การสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) ของผู้วิจัย และการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 3 ท่าน พบว่านักเรียนมีมีโนทัศน์ทางเลือกในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย ธาตุหรือสารประกอบ อะตอมและโมเลกุล แบบจำลองอะตอมของโบร์กับแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก อนุภาคมูลฐานของอะตอม สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ไอโซโทป ตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ส่งผลให้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (ONET) ของจังหวัดกาญจนบุรี ในสาระสารและสมบัติของสาร ตั้งแต่ปีการศึกษา 2561 – 2562 มีคะแนนค่อนข้างต่ำมาก โดยปีการศึกษา 2561 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.88 คะแนน ( $\bar{X} = 5.88, S.D. = 3.08$ ) จากคะแนนเต็ม 21.50 คะแนน และปีการศึกษา 2562 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.79 คะแนน ( $\bar{X} = 6.79, S.D. = 3.59$ ) จากคะแนนเต็ม 25.00 คะแนน และในสาระวิทยาศาสตร์กายภาพ พบว่าในปีการศึกษา 2563 มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 10.24 คะแนน ( $\bar{X} = 10.24, S.D. = 4.64$ ) จากคะแนนเต็ม 43.40 คะแนน และปีการศึกษา 2564 มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 11.27 คะแนน ( $\bar{X} = 11.27, S.D. = 4.70$ ) จากคะแนนเต็ม 46.40 คะแนน นอกจากนี้ยังพบความมีโนทัศน์ทางเลือกดังกล่าวในงานวิจัยต่างประเทศ ที่สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาเคมีเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องอะตอมและตารางธาตุ ได้แก่ เนื้อหาเรื่องธาตุหรือสารประกอบ อะตอมและโมเลกุล (Apriliani, 2019 : 1 ; Fitriza, Latisma and Mawardi, 2015 : 21) เนื้อหาเรื่องสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและไอโซโทป (Samborey and Shimiza, 2019 : 590-593)

การจัดการกับมีโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนนั้น อันดับแรกครูจำเป็นต้องรู้หรือระบุให้ได้ว่ามีโนทัศน์ทางเลือกดังกล่าวมีอะไรบ้าง ดังนั้นการทำความเข้าใจแนวคิดและการวินิจฉัยมีโนทัศน์ทางเลือกจึงมีความสำคัญมากในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา หากไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องก็จะส่งผลต่อความล้มเหลวในการเรียนเนื้อหานั้น ๆ และเนื้อหาที่ต่อเนื่องไปด้วย การวินิจฉัยมีโนทัศน์ทางเลือกมีหลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ การทดสอบด้วยแบบสอบถามปลายเปิด การทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ และการทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบระดับต่าง ๆ เช่น แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ เป็นต้น (Gurel and McDermott, 2015: 989 – 1008.; Soeharto et al., 2019: 247-266; Gurel, 2015: 989 – 1008.; Patil, Chavan and Khandagale, 2019: 466-472) โดยการวินิจฉัยมีโนทัศน์ทางเลือกที่มีประสิทธิภาพจะต้องให้ข้อมูลที่ได้จากการวินิจฉัยที่ถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนและการจัดการเรียนรู้ของครู วิธีการใช้แบบทดสอบเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ผลการวินิจฉัยที่เป็นประโยชน์และชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะเพื่อการวินิจฉัยมีโนทัศน์ทางเลือกหรือที่เรียกว่าแบบสอบวินิจฉัย เพราะฉะนั้นแบบทดสอบ

วินิจฉัย (diagnostic test) จึงเป็นเครื่องมือสำคัญหนึ่งที่สามารถบอกถึงมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนได้และเป็นที่นิยมสูงสุด (Gurel and McDermott, 2015: 989 – 1008.)

แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก สามารถบ่งชี้มโนทัศน์ของผู้เรียนที่เป็นข้อมูลเชิงลึก และใช้วัดมโนทัศน์ได้อย่างกว้างขวางและครอบคลุมมโนทัศน์ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน นอกจากนี้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบยังมีข้อดี ได้แก่ สามารถวัดความรู้ของผู้เรียนได้หลายหัวข้อในระยะเวลาอันสั้น สามารถวัดได้หลากหลายทั้งระดับการเรียนรู้และทักษะทางปัญญาต่าง ๆ มีความเป็นปรนัย ใช้เวลาน้อยในการตรวจให้คะแนน เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนที่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาแต่เขียนไม่เก่ง เหมาะสมต่อการวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ และให้ข้อมูลเชิงวินิจฉัยความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนได้อย่างหลากหลาย (วันเพ็ญ คำเทศ, 2560: 54-64; Gurel, 2015: 989 – 1008. and Soeharto et al., 2019: 247-266)

จากเหตุผลและการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยพบว่า มโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ ซึ่งตรงกับตัวชี้วัดสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) คือ ว 2.1 ม.5/1 - 6 ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาเคมีที่ยากและเป็นนามธรรม อีกทั้งเนื้อหาเรื่องอะตอมและตารางธาตุยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนเคมีในระดับที่สูงขึ้น (Fitrizta, Latisma and Mawardi, 2015:13; Yasmin Nurul and Ajat, 2022: 145 – 158 จึงควรต้องมีการจัดการกับมโนทัศน์ทางเลือกดังกล่าว ซึ่งอันดับแรกครูจำเป็นต้องรู้หรือระบุให้ได้ว่ามโนทัศน์ทางเลือกคืออะไร และรู้สาเหตุของมโนทัศน์ทางเลือกว่ามีอะไรบ้าง ดำเนินการได้โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยในการสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 - พ.ศ.2565 ผู้วิจัยยังไม่พบงานวิจัยที่พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) เรื่องอะตอมและตารางธาตุ แต่ได้พบงานวิจัยที่มีการวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกในเนื้อหาเคมีอื่น ได้แก่ พันธะเคมี (สุรเดช อนันตสวัสดิ์, 2560:1); สมดุลเคมี ปริมาณสัมพันธ์ (ประกาย เชื้อนิจ, 2560:1) โมลและสูตรเคมี ปฏิกิริยาเคมี จึงเป็นแนวคิดที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจจะพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับครูผู้สอนนำไปตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน และนักเรียนสามารถนำแบบทดสอบฯ ไปใช้เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของตนเองเพื่อวางแผน แก้ไขและปรับปรุง และพัฒนาการเรียนในรายวิชาเคมีต่อไป อีกทั้งผู้บริหารสถานศึกษาสามารถใช้ผลการวินิจฉัยไปจัดการ วางแผน ส่งเสริม สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้แก่ครูผู้สอนและนักเรียนได้ตรงประเด็น ตรงตามความบกพร่องได้ และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสามารถนำแบบทดสอบนี้ไปใช้เป็นแบบทดสอบกลางให้สถานศึกษาและครูผู้สอนในสังกัด ใช้เป็นเครื่องมือในการระบุหรือตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน และใช้ผลที่ได้จากการวินิจฉัยในการวางแผนเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนของครูและสถานศึกษาในสังกัดต่อไป

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

## ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยมีดังต่อไปนี้

### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงสิทธิและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีอายุต่ำกว่า 18 ปี โดยผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามหลักของการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ ไม่มีการบังคับและไม่มีผลกระทบต่อการเรียนทั้งสิ้น โดยผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเป็นความลับ ไม่มีการเปิดเผยและจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวม มีประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษากาญจนบุรี จำนวน 29 โรงเรียน นักเรียนรวมทั้งสิ้น 4,795 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1. กลุ่มตัวอย่างเพื่อสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก จำนวน 120 คน และ 2. กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก คือ จำนวน 490 คน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ที่	ขนาดโรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	สำรวจมโนทัศน์	กลุ่มตัวอย่าง		
				ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	ใหญ่พิเศษ	โรงเรียนแห่งที่ 6	-	-	45	70
2		โรงเรียนแห่งที่ 12	30	-	-	35
3	ใหญ่	โรงเรียนแห่งที่ 27	-	30	45	-
4		โรงเรียนแห่งที่ 24	-	-	-	35
5		โรงเรียนแห่งที่ 26	30	-	-	35
6		โรงเรียนแห่งที่ 29	-	-	-	35

ที่	ขนาด โรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	สำรวจ มโนทัศน์	กลุ่มตัวอย่าง		
				ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
7	กลาง	โรงเรียนแห่งที่ 21	30	-	45	-
8		โรงเรียนแห่งที่ 25	-	-	-	35
9		โรงเรียนแห่งที่ 28	-	-	-	35
10	เล็ก	โรงเรียนแห่งที่ 13	30	-	45	-
รวมทั้งหมด			120	30	180	280

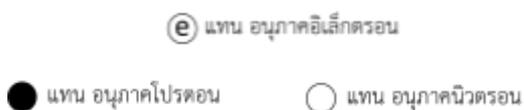
## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ จำนวน 86 ข้อ 2) แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ และ 3) คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ ตัวอย่างของข้อสอบแสดงดังแผนภาพที่ 1

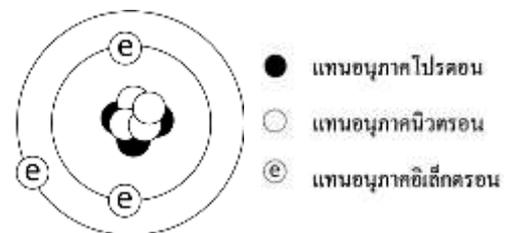
59. ธาตุ X และ Y เป็นไอโซโทปกัน กำหนดข้อมูลของ X และ Y ดังตาราง

ธาตุ	อนุภาคในอะตอม			เลข มวล	สัญลักษณ์ นิวเคลียร์
	โปรตอน	นิวตรอน	อิเล็กตรอน		
X			2		${}^3_2X$
Y		2	2	4	

จงใช้ข้อมูลในตารางวาดแบบจำลองอะตอมของธาตุ X และ Y พร้อมทั้งระบุเหตุผลกำหนดให้



12. พิจารณาแบบจำลองอะตอมของธาตุ A



แบบจำลองอะตอมของธาตุ A

ข้อใดสรุปถูกต้อง

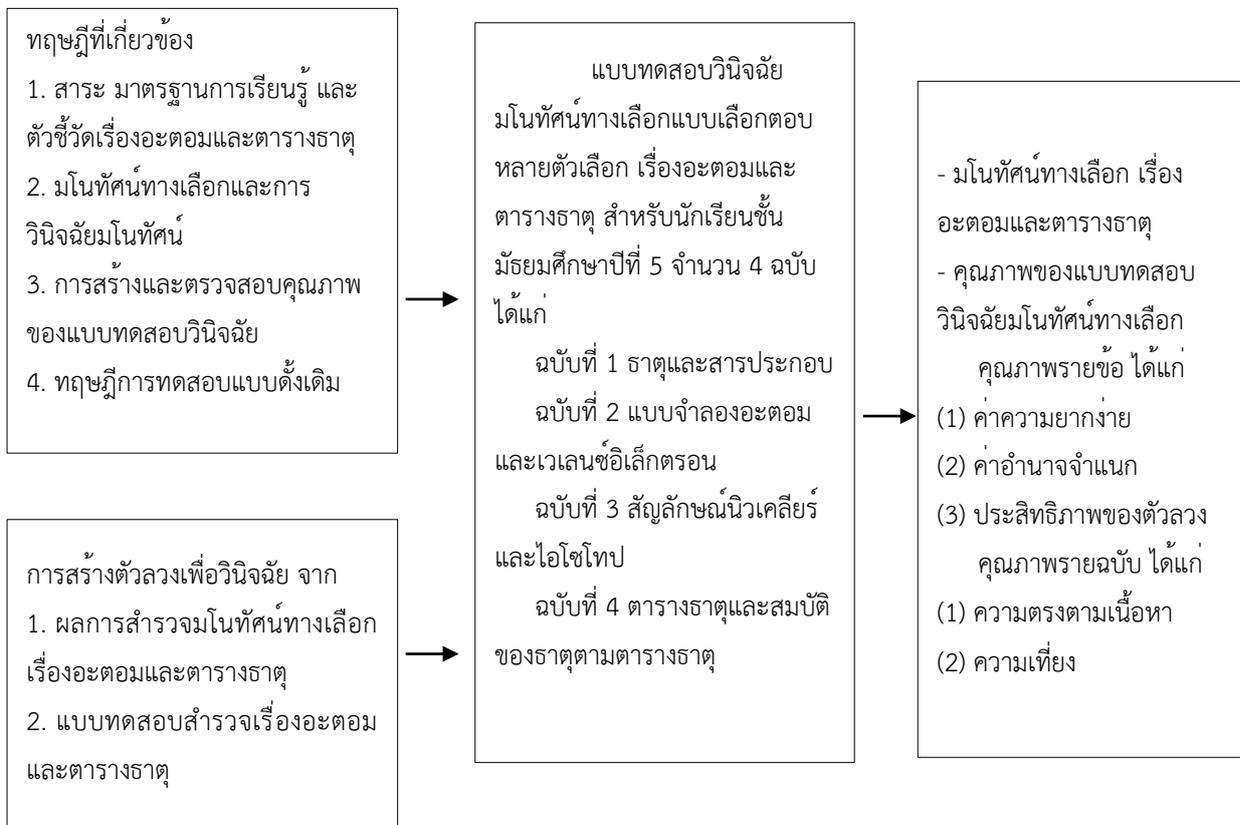
- ก. ธาตุ A มีจำนวนนิวตรอนน้อยกว่า  $\frac{4}{2}C$  เท่ากับ 1
- ข. จำนวนอนุภาคภายในอะตอมของธาตุ A เท่ากับ 9
- ค. สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของ  $A^+$  คือ  ${}^7_3A^+$
- ง. ธาตุ A มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ  ${}^9_4B^{2+}$

แผนภาพที่ 1 ตัวอย่างข้อสอบในแบบทดสอบสำรวจ (ซ้าย) และแบบทดสอบวินิจฉัย (ขวา)

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวินิจัยในด้านความยากง่าย อำนาจจำแนกของ Brennan ประสิทธิภาพตัวลง ความเที่ยงโดยใช้วิธีของลิวิงสตัน (Livingston Method: rcc) และความตรงตามเนื้อหา

#### กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## ผลการวิจัย

1. การสร้างและคุณภาพของแบบทดสอบสำรวจเจตคติทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ จำนวน 86 ข้อ โดยแบ่งออกเป็นแบบทดสอบย่อยอีกจำนวนทั้งสิ้น 8 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 เรื่องธาตุและสารประกอบ จำนวน 10 ข้อ ชุดที่ 2 เรื่องอะตอม โมเลกุลและไอออน จำนวน 7 ข้อ ชุดที่ 3 เรื่องแบบจำลองอะตอมของโบร์และกลุ่มหมอก จำนวน 6 ข้อ ชุดที่ 4 เรื่องเวเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 11 ข้อ ชุดที่ 5 เรื่องสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ จำนวน 17 ข้อ ชุดที่ 6 เรื่องไอโซโทป จำนวน 8 ข้อ ชุดที่ 7 เรื่องตารางธาตุ จำนวน 10 ข้อ และชุดที่ 8 เรื่องสมบัติธาตุตามตารางธาตุ จำนวน 17 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ซึ่งข้อสอบทุกข้อมีความตรงตามเนื้อหา

2. ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเจตคติทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ จำนวนทั้งสิ้น 100 ข้อ มีจำนวน 4 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 ธาตุและสารประกอบ จำนวน 10 ข้อ ฉบับที่ 2 แบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 12 ข้อ ฉบับที่ 3 สัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป จำนวน 16 ข้อ และฉบับที่ 4 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ จำนวน 12 ข้อ รวมทั้ง 4 ฉบับจำนวน 50 ข้อ และการให้คะแนนเป็นแบบ 2 ค่า (0 , 1) โดยให้ 1 คะแนนหากตอบถูกต้อง และให้ 0 คะแนนหากตอบผิด

### 3. คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยเจตคติทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ดังนี้

3.1 ความตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยเจตคติทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยให้มีจำนวนข้อสอบมากกว่าจำนวนที่ต้องการ โดยสร้างข้อสอบรวมทั้งหมด 100 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตั้งแต่ 0.20 – 1.0 ซึ่งมีจำนวนข้อสอบที่มีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ จำนวน 97 ข้อ

3.2 คุณภาพของแบบแบบทดสอบวินิจฉัยเจตคติทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ในด้านความยากง่าย อำนาจจำแนกและประสิทธิภาพตัวलग

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยรายข้อในด้านค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก ประสิทธิภาพตัวलग พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัย 4 ฉบับ รวมทั้งสิ้น 50 ข้อ ประกอบด้วย ฉบับที่ 1 ธาตุและสารประกอบ จำนวน 10 ข้อ ฉบับที่ 2 แบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 12 ข้อ ฉบับที่ 3 สัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป จำนวน 16 ข้อ และฉบับที่ 4 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ จำนวน 12 ข้อ มีคุณภาพรายข้อด้านค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและประสิทธิภาพตัวलग ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และประสิทธิภาพตัวलगของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 4 ฉบับ

ฉบับที่	จำนวน (ข้อ)	P	B	P <sub>w</sub>	r <sub>w</sub>
ฉบับที่ 1	10	0.38 – 0.61	0.36 – 0.65	0.05 – 0.28	0.05 – 0.29
ฉบับที่ 2	12	0.28 – 0.63	0.24 – 0.54	0.07 – 0.39	0.05 – 0.24
ฉบับที่ 3	16	0.44 – 0.64	0.34 – 0.71	0.05 – 0.29	0.09 – 0.30
ฉบับที่ 4	12	0.46 – 0.60	0.53 – 0.66	0.08 – 0.27	0.11 – 0.30

3.3 คุณภาพของแบบแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในด้านความเที่ยง

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวินิจฉัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 4 ฉบับ รวมจำนวน 50 ข้อ ประกอบด้วยฉบับที่ 1 ธาตุและสารประกอบ จำนวน 10 ข้อ ฉบับที่ 2 แบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 12 ข้อ ฉบับที่ 3 สัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป จำนวน 16 ข้อ และฉบับที่ 4 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ จำนวน 12 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 280 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายฉบับ ในด้านความเที่ยง โดยวิธีของ Livingston Method ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (r<sub>cc</sub>) ของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 4 ฉบับ

ฉบับที่	จำนวน	$\bar{x}$	S.D.	c	r <sub>cc</sub>	การแปลความหมาย
ฉบับที่ 1	10	4.88	0.29	5	0.79	ความเที่ยงมีค่าระดับสูง
ฉบับที่ 2	12	5.11	0.27	6	0.80	ความเที่ยงมีค่าระดับสูง
ฉบับที่ 3	16	7.35	0.27	8	0.85	ความเที่ยงมีค่าระดับสูง
ฉบับที่ 4	12	6.33	0.33	6	0.89	ความเที่ยงมีค่าระดับสูง
ทั้งฉบับ	50	23.90	0.16	25	0.83	ความเที่ยงมีค่าระดับสูง

#### 4. การสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ

ผู้วิจัยสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ แล้วนำไปทดลองใช้กับครูและนักเรียนจำนวน 18 คน เพื่อประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ พบว่า คู่มือมีการระบุจุดมุ่งหมายไว้อย่างชัดเจนว่าใช้เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนในหน่วยการเรียนรู้อะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในสาระวิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย มีการระบุวิธีการดำเนินการสอบที่เป็น

ขั้นตอนชัดเจน มีการระบุวิธีดำเนินการสอบ และเวลาที่ใช้ในแต่ละฉบับอย่างชัดเจน อีกทั้งยังมีการระบุเกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามและการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของนักเรียนที่ชัดเจน

#### 5. การวินิจฉัยมีนัยทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ โดยภาพรวมของนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลการตอบข้อสอบของนักเรียนการทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมีนัยทางเลือก ครั้งที่ 3 มาวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนที่มีมีนัยทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ แต่ละฉบับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวินิจฉัยมีนัยทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุของแบบทดสอบทั้ง 4 ฉบับ

ฉบับที่	เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนที่มีมีนัยทางเลือก
1	ธาตุและสารประกอบ	55.64
2	แบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน	55.75
3	สัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป	55.97
4	ตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ	50.13

#### อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

##### 1. คุณภาพของแบบทดสอบสำรวจมีนัยทางเลือก ด้านความตรงตามเนื้อหา

การสร้างแบบทดสอบสำรวจมีนัยทางเลือกนั้นเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมีนัยทางเลือกตามที่สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2539 : 1) และบุญชม ศรีสะอาด (2523 : 9-24) ได้เสนอแนวปฏิบัติในการสร้างและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยว่าการสร้างแบบทดสอบสำรวจ (Survey Test) นั้นสร้างขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นว่าผู้เรียนมีข้อบกพร่องเรื่องใด อยู่ในระดับใด เมื่อสร้างเสร็จแล้วจะต้องนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความตรงตามเนื้อหา โดยผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบสำรวจมีนัยทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นทุกข้อมีความตรงตามเนื้อหา ดังที่ศิริชัย กาญจนวาสี (2556 : 1) กล่าวว่า การคัดเลือกข้อสอบจะต้องมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป

## 2. คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ

### 2.1 ความตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก โดยนำคำตอบที่ผิดที่ได้จากการสำรวจมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนมาสร้างเป็นตัวลวง โดยสร้างข้อสอบรวมกันทั้งสิ้นจำนวน 100 ข้อ ซึ่งมากกว่าจำนวนข้อสอบที่ต้องการถึง 50 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา พบว่า ค่า IOC ของข้อสอบ โดยภาพรวมทั้ง 4 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.20 – 1.0 ดังที่ศิริชัย กาญจนวาสี (2556 : 1) กล่าวว่า การคัดเลือกข้อสอบที่มีความตรงตามเนื้อหาจะต้องมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งเมื่อพิจารณารายฉบับพบว่า ฉบับที่ 1 เรื่องธาตุและสารประกอบ มีข้อสอบจำนวน 19 ข้อ โดยมีข้อสอบที่มีค่า IOC เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 18 ข้อ และฉบับที่ 4 เรื่องตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ มีข้อสอบจำนวน 27 ข้อ โดยมีข้อสอบที่มีค่า IOC เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 25 ข้อ ส่วนฉบับที่ 2 เรื่องแบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน และฉบับที่ 3 เรื่องสัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป ซึ่งมีจำนวนข้อสอบ 30 และ 24 ข้อ ตามลำดับนั้น มีค่า IOC เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกตามขั้นตอนการสร้างที่ถูกต้อง โดยมีการกำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ศึกษาแนวคิดและทฤษฎี รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สารการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แล้วนำมาเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ สร้างผังการสร้างข้อสอบ (test blueprint) การเขียนข้อสอบตามผังการสร้างข้อสอบ โดยสร้างข้อสอบตามแบบสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเคมี การวัดและประเมินผลการศึกษา ซึ่งเป็นอาจารย์สอนระดับมหาวิทยาลัย และครูเคมีที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสบการณ์ และสร้างตัวลวงโดยใช้คำตอบผิดที่ได้จากการสำรวจมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน จึงทำให้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีข้อสอบที่มีความตรงตามเนื้อหา

### 2.2 คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ ในด้านความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก

ผลจากการนำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปทดลองใช้และตรวจสอบคุณภาพรายข้อในด้านค่าความยากง่าย พบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 4 ฉบับ มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.20 – 0.67 ซึ่งถือว่าข้อสอบทุกข้อมีค่าความยากง่ายเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังที่ศิริชัย กาญจนวาสี (2556 : 1) และ ญัฐภรณ์ หลาวทอง (2559 : 1) กล่าวว่า เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบจะต้องมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และเมื่อพิจารณาค่าความ

ยากง่ายพบว่าอยู่ในระดับค่อนข้างง่ายถึงค่อนข้างยาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยตามขั้นตอนการสร้างอย่างเป็นระบบ มีการปรับปรุงและแก้ไขข้อสอบ รวมทั้งเฉลยให้ถูกต้องตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเคมี ด้านการสอนเคมีและด้านการวัดและประเมินผลก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความชัดเจนของข้อคำถาม ตัวเลือก เฉลย และภาษาที่ใช้ และในการเก็บข้อมูลนั้น อีกทั้งในขั้นตอนการสร้างผังข้อสอบผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบให้มีจำนวนมากกว่าจำนวนข้อสอบที่ต้องการ จึงทำให้สามารถคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ได้ และมีข้อสอบเพียงพอกับจำนวนที่ต้องการ สอดคล้องกับพร้อมพรรณ อุดมสิน (2538 : 1), กรมวิชาการ (2539 : 1), และบุญชม ศรีสะอาด (2553 : 9 – 24) ที่กล่าวว่าจำนวนข้อสอบในแต่ละส่วน หรือในฉบับย่อยซึ่งผ่านการวิเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียดและจัดเรียงตามลำดับขั้นจุดประสงค์การเรียนรู้ นั้นจะต้องมีจำนวนข้อมากพอที่จะวัดความสามารถ หรือทักษะย่อยได้ด้วยความมั่นใจ อันจะช่วยให้สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความบกพร่องในการเรียนเรื่องนั้น ๆ ได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังมีการสร้างแบบทดสอบสำรวจที่มีความตรงตามเนื้อหาเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อใช้ในการสำรวจมโนทัศน์ทางเลือกสำหรับนำคำตอบที่ผิดไปสร้างเป็นตัวลวง ทำให้ตัวลวงในแบบทดสอบวินิจฉัยมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมหรือมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนตามที่เกิดขึ้นจากสภาพจริง ดังที่ กรมวิชาการ (2539 : 1) กล่าวว่าลักษณะสำคัญของแบบสอบวินิจฉัยนั้นควรสร้างแบบสอบเพื่อสำรวจ หรือแบบทดสอบสำรวจ (Survey Test) ขึ้นมาก่อนด้วยเหตุนี้จึงทำให้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพรายชื่อในด้านความยากง่ายเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่กำหนด และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับทดสอบกับนักเรียนเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ

ผลการตรวจสอบคุณภาพรายชื่อในด้านอำนาจจำแนกของข้อสอบ พบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกฉบับที่ 3 สัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป และฉบับที่ 4 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21 – 0.71 อยู่ในเกณฑ์มีค่าอำนาจจำแนกพอใช้ถึงมีค่าอำนาจจำแนกดีมากทุกข้อ ซึ่งมีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังที่ ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543 : 1) กล่าวว่าข้อสอบที่ควรคัดเลือกมาใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล ควรเป็นข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยตามขั้นตอนการสร้างอย่างเป็นระบบ มีการปรับปรุงและแก้ไขข้อสอบ รวมทั้งเฉลยให้ถูกต้องตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเคมี ด้านการสอนเคมีและด้านการวัดและประเมินผลก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความชัดเจนของข้อคำถาม ตัวเลือก เฉลย และภาษาที่ใช้ แล้วนำผลมาปรับปรุงอีกครั้งก่อนนำไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมาก ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 180 คน ที่เรียนเนื้อหาเรื่องอะตอมและตารางธาตุมาแล้ว จึงทำให้ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งในขั้นตอนการสร้างผังข้อสอบผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบให้มีจำนวนมากกว่าจำนวน

ข้อสอบที่ต้องการ จึงทำให้สามารถคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ได้ และมีข้อสอบเพียงพอกับจำนวนที่ต้องการ

สำหรับข้อสอบในแบบทดสอบวินิจฉัยฉบับที่ 1 ธาตุและสารประกอบมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.12 – 0.65 พบว่า มีข้อสอบจำนวน 1 ข้อ ได้แก่ข้อสอบข้อที่ 11 มีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.12 ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้ จึงตัดทิ้ง และฉบับที่ 2 แบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.08 – 0.54 พบว่า มีข้อสอบจำนวน 2 ข้อ ได้แก่ข้อสอบข้อที่ 4 มีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.08 และข้อสอบข้อที่ 21 มีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.15 ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้ จึงตัดทิ้ง ดังที่ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543 : 1) กล่าวว่า ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ -1 ถึง 0.19 เป็นข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง) ถึงมีค่าอำนาจจำแนกต่ำมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความยากง่ายในข้อสอบดังกล่าวที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์ จะพบว่า ข้อที่ 11 ในฉบับที่ 1 มีค่าความยากง่ายอยู่ในระดับที่ค่อนข้างง่าย ( $p = 0.63$ ) และข้อที่ 4 และ 21 ในฉบับที่ 2 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.30 และ 0.39 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างยาก ดังที่ศิริชัย กาญจนวาสี (2556 : 1) กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยากง่ายกับค่าอำนาจจำแนกว่า ช่วงของค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบขึ้นอยู่กับค่าความยากง่ายของข้อสอบ โดยข้อสอบที่ง่ายมากหรือมีความยากมากจะมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วงจำกัดและต่ำ

### 2.3 คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย เรื่องอะตอมและตารางธาตุ ด้านความเที่ยง

ผลจากการนำแบบทดสอบวินิจฉัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 4 ฉบับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 280 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายฉบับ ในด้านความเที่ยง โดยการคำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยการประมาณค่าความเที่ยงโดยใช้วิธีของลิวิงสตัน (Livingston Method) พบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกทั้ง 4 ฉบับมีค่าความเที่ยงเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.79 – 0.89 และมีค่าความเที่ยงในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับศิริชัย กาญจนวาสี (2556 : 1) ; ทิพย์สิริ กาญจนวาสี และ ศิริชัย กาญจนวาสี (2564 : 1) และณัฐภรณ์ หลาวทอง (2559 : 1) ที่กล่าวว่าค่าความเที่ยงของแบบทดสอบควรจะมีค่าสูงกว่า 0.70 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแบบสอบนั้นมีผลการวัดที่มีความคงที่และน่าเชื่อถือได้ ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยอย่างเป็นระบบ และถูกต้องตามหลักการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย กล่าวคือ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบสำรวจที่มีความตรงตามเนื้อหาสำหรับนำไปทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ทางเลือกและรวบรวมคำตอบที่ผิดมาสร้างตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัย มีการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเคมี ด้านการสอนเคมีและด้านการวัดและประเมินผล แล้วจึงมีการนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปทดสอบใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพในด้านความชัดเจนของคำชี้แจงข้อสอบ ตัวเลือก ภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบมีความชัดเจน ไม่กำกวม ทำให้ผู้สอบเข้าใจได้ถูกต้อง ตรงกัน

นอกจากนั้นได้นำแบบทดสอบไปทดสอบใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อในด้านค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและประสิทธิภาพของตัวลอง ซึ่งพบว่าค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและประสิทธิภาพของตัวลอง มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วจึงคัดเลือกข้อสอบเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับในด้านความเที่ยง

### 3. ผลการสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยจะต้องมีการสร้างคู่มือการใช้งานเพื่อเป็นแนวทางในการนำแบบทดสอบฯ ไปใช้ สอดคล้องกับบุญชม ศรีสะอาด (2523 : 9 – 24), สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2539 : 1), ที่สรุปขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยว่าเมื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบแล้ว จะต้องจัดพิมพ์แบบทดสอบและคู่มือดำเนินการสอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ทางเลือก เรื่องอะตอมและตารางธาตุ ซึ่งประกอบด้วยสาระสำคัญดังนี้ จุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ โครงสร้างของแบบทดสอบ ลักษณะของแบบทดสอบ ข้อสอบทั้ง 4 ฉบับ กระจายคำตอบและวิธีการใช้กระจายคำตอบ คุณภาพของแบบทดสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบ วิธีดำเนินการสอบ เฉลยข้อสอบ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามและการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของนักเรียน และแบบรายงานผลการวินิจฉัยนิเทศน์ทางเลือก เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ประกาย เชื้อนิจ, 2560 : 1) แล้วนำไปทดลองใช้กับครูและนักเรียนจำนวน 18 คน จึงสรุปได้ว่าคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้เป็นคู่มือเพื่อเป็นแนวทางในการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคลได้

### 4. ผลการวินิจฉัยนิเทศน์ทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ ในภาพรวมของนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลการทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 3 กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 280 คน มาวิเคราะห์และวินิจฉัยนิเทศน์ทางเลือก พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาญจนบุรี มีมีนิเทศน์ทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ayyildiz and Cubukcu (2022 : 73-124) ที่พบว่านิเทศน์ทางเลือกที่พบมากที่สุดได้แก่มีนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องอะตอมและตารางธาตุ คิดเป็นร้อยละ 33.14 และผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีมีนิเทศน์ทางเลือกเรื่องสัญลักษณ์นิวเคลียร์และไอโซโทป มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.97 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Samborey and Shimizu (2019 : 590-593) ที่พบว่า ร้อยละ 40.96 มีมีนิเทศน์ทางเลือกเรื่องไอโซโทป และร้อยละ 14.45 มีมีนิเทศน์ทางเลือกเรื่องสัญลักษณ์นิวเคลียร์ ซึ่งใกล้เคียงกับมีนิเทศน์ทางเลือกเรื่องแบบจำลองอะตอมและเวเลนซ์อิเล็กตรอน (ร้อยละ 55.75) และเรื่องธาตุและสารประกอบ (ร้อยละ 55.64) สอดคล้องกับการศึกษา Apriliani (2019 : 1) ที่พบว่า นักเรียนมีมีนิเทศน์ทางเลือก ได้แก่ การระบุสูตรโมเลกุลของสารประกอบ คิดเป็นร้อยละ 11.5 การอธิบายความหมายของธาตุ ร้อยละ 50 อธิบายความหมายของสารประกอบ ร้อยละ 14.2 ซึ่งมีร้อยละของมีนิเทศน์ทางเลือกที่สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยนิเทศน์ทางเลือกของนักเรียนที่ผู้วิจัย

ค้นพบ ส่วนมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องตารางธาตุและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ มีน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.13

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูควรนำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบกับนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยไม่จำกัดเรื่องเวลาในการทำข้อสอบ โดยควรให้เวลาอย่างเพียงพอกับนักเรียนได้ทำข้อสอบอย่างเต็มความรู้ ความสามารถ

1.2 หลังจากที่นักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัยเสร็จแล้ว ครูควรทำการตรวจและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยอย่างรวดเร็ว และแจ้งผลการสอบให้นักเรียนทราบทันที เพื่อที่นักเรียนจะได้ทราบข้อบกพร่องของตนเอง และครูจะได้วางแผนการแก้ไขปัญหให้กับนักเรียนทันทั่วถึง เช่น การสอนซ่อมเสริม

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 สำหรับครูผู้สอนหรือนักวิจัยที่สนใจ สามารถนำมโนทัศน์ทางเลือกและคำตอบที่ผิด และข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยนี้ ไปประยุกต์ใช้และพัฒนาต่อเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบหลายระดับ เช่น แบบสอบวินิจฉัยชนิดเลือกตอบสองระดับ (two-tier multiple-choice diagnostic test) แบบสอบชนิดเลือกตอบสามระดับ (three-tier multiple-choice diagnostic test) แบบสอบชนิดเลือกตอบสี่ระดับ (four-tier multiple-choice diagnostic test) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ (five-tier diagnostic test) และแบบทดสอบวินิจฉัยแบบหกระดับ (six-tier diagnostic test) เป็นต้น

2.2 ครูผู้สอนหรือนักวิจัยสามารถนำมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ ไปใช้เป็นข้อมูลในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียน รวมทั้งการสร้างนวัตกรรม การเรียนรู้ วิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนได้

2.3 ครูผู้สอนหรือนักวิจัยสามารถนำข้อสอบในแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องอะตอมและตารางธาตุ ไปพัฒนาต่อร่วมกับการสะท้อนข้อมูลผลการวินิจฉัยด้วยคอมพิวเตอร์หรือแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อที่นักเรียนจะได้เข้าไปทำข้อสอบและทราบผลข้อบกพร่องของตนเองในการเรียนเรื่องอะตอมและตารางธาตุได้อย่างสะดวก ทุกเวลา

## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ. (2539). *แนวทางการสร้างแบบทดสอบวินิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). “แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี.” *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*. 19 (2), 10-28.
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- ณัฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). *การสร้างเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิพย์สิริ กาญจนวาสี และ ศิริชัย กาญจนวาสี. (2564). *วิธีวิทยาการวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด พิมพ์ทันใจ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2523). *แบบทดสอบวินิจัย*. *วารสารการวัดผลการศึกษา* 2 (1), 9 – 24.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2540). *การวิจัยทางการวัดและประเมินผล*. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- ประกาย เชื้อนิจ. (2560). *การสร้างแบบทดสอบวินิจัยความบกพร่องทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2538). *การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วันเพ็ญ คำเทศ. (2560). “มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ประเภทและเครื่องมือประเมิน.” *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.* 10 (2), 54-64.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรเดช อนันตสวัสดิ์. (2561). *การพัฒนาแบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- Apriliani, S. S. (2019). "Misconception Identification of VII Class Grade Students on The Subjects of Material and Change Classification." *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains* 7 (2).
- Aslan, A., and Demircioglu, G. (2014). "The effect of video-assisted conceptual change texts on 12th grade students' alternative conceptions: The gas concept." *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 116, 3115-3119.
- Ayyildiz, Y., and Cubukcu, E. (2022). "A Content Analysis on the Misconceptions in 9th Grade Chemistry." *Journal of Turkish Chemical Society Section C: Chemistry Education (JOTCSC)*. 7 (1), 73-124.
- Fitriza, Z., and Gazali, F. (2018). "Diagnosing Students' conception on atomic structure using open ended questions." *Journal of Physics: Conference Series*. 1013 (1).
- Fitriza, Z., Latisma, D. J., and Mawardi, M. (2015). "Analisis Perkembangan Konsepsi Siswa Mengenai Struktur Atom Di Sma Adabiah Padang." *PAKAR Pendidikan*. 13 (1), 89-101.
- Gurel, D. E. R. Y. A., Eryilmaz, A., and McDermott, L. (2015). "A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science." *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*. 11 (5), 989 – 1008.
- Koc, I., and Yager, R. E. (2016). "Preservice Teachers' Alternative Conceptions in Elementary Science Concepts." *Cypriot Journal of Educational Sciences*. 11 (3), 144-159.
- Patil, S. J., Chavan, R. L., and Khandagale, V. S. (2019). "Identification of misconceptions in science: Tools, techniques & skills for teachers." *Aarhat Multidisciplinary International Education Research Journal (AMIERJ)*. 8 (2), 466-472.
- Rahmawan, S., Firman, H., Siswaningsih, W., and D. S. Rahayu. (2021). "Development of Pictorial-based Two-Tier Multiple Choice Misconception Diagnostic Test on Buffer Solutions." *Jurnal Tadris Kimiya*. 6 (2), 132-143.
- Samborey, S., and Shimizu, K. (2019). "Preliminary Finding on Teacher Trainees' Misconceptions in Atom and Molecule." *日本科学教育学会年会論文集* 43, 590-593.
- Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., and Sabri, T. (2019). "A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools." *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 8 (2), 247-266.
- Taber, K. S. (2019). "Alternative conceptions and the learning of chemistry." *Israel Journal of Chemistry*. 59 (6-7), 450-469.
- Yasmin Nurul, F., and S. Ajat. (2022). "Development of Three-Tier Diagnostic Test Instruments to Measure Misconceptions of Class X Students on Atomic Structure Material." *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*. 11 (1), 145 – 158.