

การพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับ
ร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4



นายสุรเดช อนันตสวัสดิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา

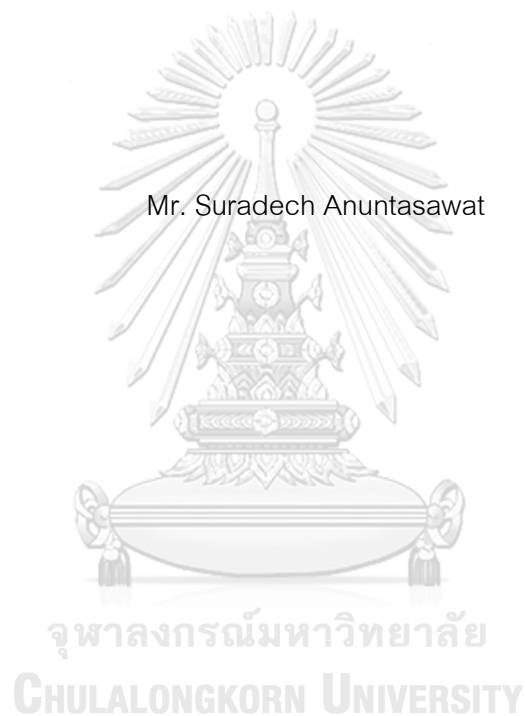
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A MISCONCEPTION DIAGNOSTIC SYSTEM IN CHEMISTRY USING
A THREE-TIER DIAGNOSTIC TEST WITH COMPUTER-
BASED REFLECTIVE FEEDBACK FOR TENTH GRADE STUDENTS

Mr. Suradech Anuntasawat



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Educational Measurement and
Evaluation

Department of Educational Research and Psychology

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาระบบวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชา
เคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการ
สะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับ
นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

โดย

นายสุรเดช อนันตสวัสดิ์

สาขาวิชา

การวัดและประเมินผลการศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ ตังธนกานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. โชติกา ภาชีผล

คณะกรรมการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต

..... คณะบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุขีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ ตังธนกานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. โชติกา ภาชีผล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุขีวะ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐสุภรณ์ หลาวทอง)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์)

สุรเดช อนันตสวัสดิ์ : การพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับ ร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 (DEVELOPMENT OF A MISCONCEPTION DIAGNOSTIC SYSTEM IN CHEMISTRY USING A THREE-TIER DIAGNOSTIC TEST WITH COMPUTER-BASED REFLECTIVE FEEDBACK FOR TENTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. กมลวรรณ ตังธนภานนท์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. โชติกา ภาษีผล, 310 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยสามระดับในวิชาเคมี 3) พัฒนาระบบวินิจัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 4) ตรวจสอบคุณภาพระบบฯ โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบฯ ระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบฯ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 200 คน สำหรับใช้ในการทดลองระบบฯ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบสัมภาษณ์ แบบสอบวินิจัยสองระดับ แบบสอบวินิจัยสามระดับ ระบบวินิจัย แบบประเมินคุณภาพระบบฯ และแบบประเมินความพึงพอใจต่อระบบฯ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความยาก อำนาจจำแนก ตามทฤษฎีแบบดั้งเดิมและตามทฤษฎีแนวใหม่ (IRT) การวิเคราะห์ความเที่ยง และความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยใช้สถิติแคปปา

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี จำนวน 40 มโนทัศน์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น
2. ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ พบว่า แบบสอบวินิจัยสามระดับที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) และตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) สามารถคัดเลือกเข้าสู่ระบบวินิจัยได้จำนวน 80 ข้อ จากแบบสอบวินิจัยจำนวน 90 ข้อ
3. ผลการพัฒนาระบบฯ พบว่า การออกแบบระบบฯ มีขั้นตอนทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การออกแบบระบบการลงทะเบียน 2) การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับ 3) การออกแบบหน้าจอของระบบ 4) การออกแบบรายงานผลการทดสอบ 5) การออกแบบคู่มือการใช้งานระบบฯ และการทำงานของระบบมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบทดสอบ 2) การดำเนินการทดสอบและ 3) การรายงานผลการทดสอบ
4. ผลการตรวจสอบคุณภาพระบบฯก่อนใช้งานจริง พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าระบบมีความเหมาะสมทั้ง 4 ด้าน โดยด้านที่มีผลการประเมินสูงที่สุดคือ ด้านการออกแบบระบบฯ และด้านการทำงานของระบบฯ สำหรับการประเมินระบบหลังนำระบบไปใช้งานจริง พบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ระบบใช้งานง่ายทำงานไปข้างหน้าอย่างราบรื่น

ภาควิชา วิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา

ลายมือชื่อผู้วิจัย

สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5684475227 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION

KEYWORDS: THREE-TIER DIAGNOSTIC TEST/ REFLECTIVE FEEDBACK

SURADECH ANUNTASAWAT: DEVELOPMENT OF A MISCONCEPTION DIAGNOSTIC SYSTEM IN CHEMISTRY USING A THREE-TIER DIAGNOSTIC TEST WITH COMPUTER-BASED REFLECTIVE FEEDBACK FOR TENTH GRADE STUDENTS. ADVISOR: ASSOC. PROF. KAMONWAN TANGDHANAKANOND, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SHOTIGA PASIPHOL, Ph.D., 310 pp.

This research aimed to 1) explore misconceptions in chemistry of chemical bonds of tenth-grade students, 2) develop and validate the three-tier diagnostic tests in chemical bonds, 3) develop a misconception diagnostic system in chemistry by using a three-tier diagnostic test with computer-based reflective feedback for tenth grade students and 4) validate the diagnostic system. The development was separated in three phases, i.e., exploring misconceptions; developing and validating diagnostic system; and, trying out the system and evaluating users' satisfaction. Participants were 200 tenth-grade students for diagnostic system testing. Research instruments were interview form, two-tier diagnostic test, three-tier diagnostic test, misconception diagnostic system, system quality evaluation form, and users' satisfaction evaluation form. Data were analyzed by using descriptive statistics, difficulty index, discrimination index, reliability and criterion-related validity.

The research findings were as follows:

1. There were 40 misconceptions about chemical bonds of the tenth-grade students. The most common misconception was the fact that the net ionic equation is only written when the product is precipitated.
2. Based on Classical Test Theory (CTT) and Item Response Theory (IRT) analysis, there were 80 qualified items of three-tier diagnostic tests out of 96 items.
3. The results of the system development showed that the system design had five stages, i.e. 1) design of registration, 2) design of sequences of test and feedback, 3) design of screen, 4) design of test reports, and 5) design of system manual. There were three steps in the developed system, i.e., 1) testing registration, 2) testing, and 3) reporting the test results.
4. It was found that the experts suggested that the system is suitable in all four aspects. The quality of the system design and system performance were in the highest level. In addition, the system evaluation after trying out session revealed that the most satisfying thing for the student was the easy-to-use and smooth running of the system.

Department:	Educational Research and Psychology	Student's Signature
		Advisor's Signature
Field of Study:	Educational Measurement and Evaluation	Co-Advisor's Signature

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสำเร็จอย่างสูงยิ่งจากการดูแลของ รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนากานนท์ และรองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาณีผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่า ให้แนวคิดในการทำงาน ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำวิจัย และให้คำปรึกษาในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภรณ์ หลาวทอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่เสียสละเวลาอันมีค่า ช่วยแนะนำและให้ข้อคิดเห็นในการปรับปรุงแก้ไขให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้สนับสนุนทุนการวิจัย “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” จากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช สำหรับการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่สละเวลาในการตรวจคุณภาพแบบสอบวินิฉัยคุณภาพข้อมูลย้อนกลับและประเมินคุณภาพระบบ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนดลิ่งชั้นวิทยาทั้งในอดีตและปัจจุบันที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้มาศึกษาต่อนอกเวลาราชการ รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่โรงเรียนดลิ่งชั้นวิทยาที่คอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยตลอดมา ขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อนๆ สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษาทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณในมิตรภาพที่แสนดีของ คุณวรัญญา รุมแสง คุณณภัทร ชัยมงคล และคุณจอมทัฬห ขวัญราช เพื่อนร่วมรุ่นสาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา (นอกเวลาราชการ) ที่ให้กำลังใจและให้คำปรึกษาในการทำวิจัย ทำให้ผู้วิจัยมีกำลังใจในการต่อสู้กับอุปสรรคต่างๆ จนสามารถทำวิทยานิพนธ์สำเร็จได้

ขอขอบคุณ คุณกฤตพิพัฒน์ บุญมี ผู้ช่วยในการวางแผนและพัฒนาระบบให้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในทุกระดับการศึกษาที่ผู้วิจัยได้ศึกษา มา โดยเฉพาะคุณอนุพงษ์ กันธิวงศ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสรรชชาย คุณแม่วิไลวรรณ อนันตสวัสดิ์ คุณตาเทียบ คุณยายทองฟู ระเวง คุณป้าวัฒนา วรศิลป์ คุณน้ำปรีชา ระเวง ตลอดจนญาติพี่น้อง และเพื่อนบ้านชอย 10 ทุกท่าน ที่คอยอบรมเลี้ยงดูและสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ศึกษาต่อ รวมทั้งคอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	1
สารบัญรูปภาพ	1
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย	6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	7
ประโยชน์ที่ได้รับ	10
บทที่ 2.....	11
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน.....	11
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ	64
ตอนที่ 3 วิธีการพัฒนาระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์	75
ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	80
บทที่ 3.....	79
วิธีดำเนินการวิจัย.....	79

ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	80
ระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	92
ระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	95
บทที่ 4.....	100
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	100
ตอนที่ 1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	100
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี ...	125
ตอนที่ 3 ผลการสร้างข้อมูลย้อนกลับที่จะนำไปใช้ในระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี	163
บทที่ 5.....	198
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	198
สรุปผลการวิจัย.....	200
อภิปรายผลการวิจัย	203
ข้อเสนอแนะ	210
รายการอ้างอิง.....	213
ภาคผนวก.....	221
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	310

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ	33
ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)	34
ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)	35
ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)	36
ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)	37
ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)	38
ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)	39
ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทการนักเรียนตามความเป็นไปได้ทั้งหมดในการตอบแบบสอบ วินิจฉัยสามระดับ	45
ตารางที่ 3 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ	56
ตารางที่ 3 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (ต่อ)	57
ตารางที่ 3 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (ต่อ)	58
ตารางที่ 4 เนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่มุ่งวินิจฉัย	80
ตารางที่ 4 เนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่มุ่งวินิจฉัย (ต่อ)	81
ตารางที่ 5 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบ ปลายเปิด	88
ตารางที่ 6 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ	89
ตารางที่ 7 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง	90
ตารางที่ 8 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับรวมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 4	97
ตารางที่ 9 สังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	101

ตารางที่ 13 สรุปผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ และวินิจจัย จากนักเรียนโดยใช้แบบสอบวินิจจัยสองระดับ (ต่อ).....	125
ตารางที่ 14 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา	126
ตารางที่ 14 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)	127
ตารางที่ 14 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)	128
ตารางที่ 15 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิจจัยสามระดับ	128
ตารางที่ 15 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิจจัยสามระดับ (ต่อ)	129
ตารางที่ 15 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิจจัยสามระดับ (ต่อ)	130
ตารางที่ 16 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจจัยสามระดับ	132
ตารางที่ 16 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจจัยสามระดับ (ต่อ)	133
ตารางที่ 16 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจจัยสามระดับ (ต่อ)	134
ตารางที่ 16 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจจัยสามระดับ (ต่อ)	135
ตารางที่ 17 สถิติพื้นฐานของคะแนนสอบจากแบบสอบวินิจจัยสามระดับ	136
ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม	137
ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม (ต่อ)	138
ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม (ต่อ)	139
ตารางที่ 19 ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในของแบบสอบวินิจจัยสามระดับ	139
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT.....	140
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT (ต่อ).....	141
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT (ต่อ).....	142

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT (ต่อ).....	143
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT (ต่อ).....	144
ตารางที่ 21 ผลการคัดเลือกข้อสอบวินิจัยสามระดับเข้าสู่ระบบวินิจัย	146
ตารางที่ 22 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 1 การเกิดสารประกอบไอออนิก..	148
ตารางที่ 23 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	149
ตารางที่ 24 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	150
ตารางที่ 25 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก	151
ตารางที่ 26 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 5 ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	152
ตารางที่ 27 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 6 การเกิดพันธะโคเวเลนต์	153
ตารางที่ 28 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 7 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	154
ตารางที่ 29 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 8 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต.....	155

ตารางที่ 30 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 9 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์.....	156
ตารางที่ 31 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 10 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	157
ตารางที่ 32 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 11 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์....	158
ตารางที่ 33 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 12 รูปร่างโมเลกุล	159
ตารางที่ 34 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 13 มุมพันธะ.....	160
ตารางที่ 35 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 14 สภาพขั้วของโมเลกุล.....	161
ตารางที่ 36 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 15 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล162	
ตารางที่ 37 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 16 สมบัติของพันธะโลหะ	163
ตารางที่ 38 ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป เนื้อหาย่อยที่ 1 การเกิดพันธะไอออนิก.....	164
ตารางที่ 38 ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป เนื้อหาย่อยที่ 1 การเกิดพันธะไอออนิก (ต่อ)...	165
ตารางที่ 39 รายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง.....	168
ตารางที่ 39 รายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง (ต่อ).....	169
ตารางที่ 39 รายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง (ต่อ).....	170
ตารางที่ 40 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป	170
ตารางที่ 40 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป (ต่อ)	171

ตารางที่ 40 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป (ต่อ)	172
ตารางที่ 41 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง	172
ตารางที่ 42 ผลการวินิจฉัยผู้สอบเมื่อทำข้อสอบ 1 ข้อ ตามแนวคิดของ Arslan et al. (2012)...	174
ตารางที่ 43 ผลการวินิจฉัยเมื่อทำข้อสอบ 5 ข้อ และรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ	174
ตารางที่ 43 ผลการวินิจฉัยเมื่อทำข้อสอบ 5 ข้อ และรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ (ต่อ)	175
ตารางที่ 44 ผลการตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดย ผู้เชี่ยวชาญ	187
ตารางที่ 44 ผลการตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดย ผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)	188
ตารางที่ 45 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย	189
ตารางที่ 45 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย (ต่อ)	190
ตารางที่ 46 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนรวมผลการทดสอบ	190
ตารางที่ 47 ผลการทดสอบจากระบบวินิจัยจำแนกตามข้อมูลทั่วไป	191
ตารางที่ 47 ผลการทดสอบจากระบบวินิจัยจำแนกตามข้อมูลทั่วไป (ต่อ)	192
ตารางที่ 48 ผลการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ด้วยระบบ วินิจัย	194
ตารางที่ 48 ผลการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ด้วยระบบ วินิจัย (ต่อ)	195
ตารางที่ 49 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน	196
ตารางที่ 49 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน (ต่อ)	197

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบสอบถามวิจัยสองระดับของ Adadan and Savasci (2012)	19
ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบสอบถามวิจัยสองระดับของ Chu et al. (2009).....	21
ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบสอบถามวิจัยสองระดับของ Loh et al. (2014)	31
ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบสอบถามวิจัยสามระดับรูปแบบที่ 1 ของ Caleon and Subramaniam (2010)	43
ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบถามวิจัยสามระดับรูปแบบที่ 2 ของ Caleon and Subramaniam (2010)	43
ภาพที่ 6 รูปแบบการให้คะแนนของแบบสอบถามวิจัยสามระดับของ Arslan et al. (2012).....	52
ภาพที่ 7 กรอบแนวคิดของขอให้ข้อมูลย้อนกลับของ Hattie and Timperley (2007)	66
ภาพที่ 8 ขั้นตอนการพัฒนาระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์	79
ภาพที่ 9 กรอบแนวคิดในการวิจัยเรื่องการพัฒนาาระบบวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดย	80

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 มีใจความสำคัญเกี่ยวกับการจัดการศึกษาว่าต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ, 2542) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีคุณภาพตามมาตรฐานและตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ ซึ่งเกิดขึ้นจากพื้นฐานความเชื่อว่าการจัดการศึกษามีเป้าหมายสำคัญที่สุด คือ การจัดการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนพัฒนาตนเองสูงสุด ตามกำลังและศักยภาพของตน แต่เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ทั้งด้านความต้องการ ความสนใจ ความถนัด และยังมีทักษะพื้นฐานอันเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะใช้ในการเรียนรู้อันได้แก่ ความสามารถในการฟัง พูด อ่าน เขียน ความสามารถทางสมอง ระดับสติปัญญา และการแสดงผลของการเรียนรู้ออกมาในลักษณะที่แตกต่างกัน จึงควรมีการจัดการที่เหมาะสมในลักษณะที่แตกต่างกัน ตามเหตุปัจจัยของผู้เรียนแต่ละคน ผู้ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คือ ครู ดังนั้นครูจึงจำเป็นต้องรู้จักนักเรียนเป็นอย่างดี ทั้งด้านภูมิหลังส่วนตัว ด้านบุคลิกภาพ นิสัย สุขภาพ และ ภูมิหลังทางวิชาการพื้นฐาน ความรู้เดิม ความสามารถด้านภาษา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความถนัด ความสนใจในการเรียน หากครูทราบจุดอ่อนจุดแข็งของนักเรียนก็จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผน การจัดการเรียนรู้ของครู และสามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรงตามศักยภาพของแต่ละบุคคล (ศิริเดช สุชีวะ, 2550)

ในการจัดการเรียนการสอนนั้นครูต้องการให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ แต่ในความเป็นจริงมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ ซึ่งนักเรียนเหล่านี้จะถูกจัดเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ทั้งที่ในความเป็นจริงอาจจะเกิดจากการที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในบางประเด็นทำให้ทำสอบไม่ผ่าน นอกจากนี้การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ใหม่ในมโนทัศน์ที่สูงขึ้น ดังนั้นครูควรจะสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง และ

ดำเนินการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องให้สมบูรณ์ โดยอาจใช้การจัดสอนซ่อมเสริมช่วยทำให้ผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้ ความสามารถเพียงพอที่จะเรียนในหน่วยต่อไป

การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์มีการศึกษาด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ การใช้คำถามปลายเปิด การเขียนผังมโนทัศน์ และใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ ซึ่งการใช้แบบสอบวินิจฉัยเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากง่ายต่อการใช้วัดประเมินผลนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และประหยัดงบประมาณ สำหรับวิธีการอื่นๆ เช่น การสัมภาษณ์สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจและการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ละเอียดลุ่มลึกแต่เป็นวิธีที่ต้องใช้เวลามากเมื่อต้องดำเนินการกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ ดังนั้นจึงมีการเสนอให้ใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบในการระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (D. F. T. Treagust, 1988)

แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบในวิชาวิทยาศาสตร์ แรกเริ่มใช้เป็นแบบสอบแบบประเพณีนิยมประกอบด้วยข้อคำถามและคำตอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทำให้มีข้อจำกัดตรงที่แบบสอบชนิดนี้วินิจฉัยข้อบกพร่องได้จากตัวลวงเพียงแค่ 3-4 แบบเท่านั้น จึงไม่สามารถมั่นใจได้ว่าการที่นักเรียนเลือกตัวลวงใดแล้วจะแสดงถึงการมีแบบการคิดตามที่ระบุไว้ในตัวลวงเสมอไปก็ได้ นักเรียนอาจจะเดาสุ่มตัวเลือกที่กำหนด จึงได้มีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับ (two tier test) ขึ้นมาโดยระดับแรกวัดความรู้ในเนื้อหา ส่วนในระดับที่สองวัดเหตุผลของคำตอบในระดับแรก แบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับที่มี 4 ตัวเลือกช่วยลดโอกาสในในเดาคำตอบของลงเหลือร้อยละ 6.25 (Caleon & Subramaniam, 2010) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับถูกนำมาใช้ก่อนและหลังเรียน สามารถช่วยระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและครูผู้สอนสามารถนำมาใช้ปรับปรุงการสอน ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านที่ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (Adadan & Savasci, 2012; Al-Balushi, 2012; Bayrak, 2013; Ozmen, 2010) และเนื่องจากแบบสอบวินิจฉัยสองระดับมีข้อจำกัดบางประการในเรื่องของการไม่สามารถจำแนกนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนกับนักเรียนที่ขาดความรู้ในเรื่องนั้น ดังนั้นในปัจจุบันมีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในวิชาฟิสิกส์ (Caleon & Subramaniam, 2010; Pesman & Eryilmaz, 2010) วิชาเคมี (Cetin-Dindar & Gebanc, 2010) วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (Arslan, Cigdemoglu, & Moseley, 2012) ซึ่งรูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับประกอบด้วย ระดับที่ 1 เรียกว่าระดับเนื้อหา (content tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ 2-4 ตัวเลือกมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความรู้ของผู้สอบ ระดับที่ 2 เรียกว่า ระดับเหตุผล (reason tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก และระดับที่ 3 เรียกว่า ระดับความเชื่อมั่น (confidence rating) เป็นแบบเลือกตอบ 2 คำตอบ หรือแบบ

มาตรฐานค่า ซึ่งการเพิ่มระดับที่ 3 ในเรื่องของการตรวจสอบระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียนได้รับแนวคิดมาจากงานทางด้านจิตวิทยาที่ให้บุคคลประเมินความถูกต้องประสิทธิภาพการทำงาน การใช้แบบสอบวินิจฉัยสามารถจำแนกประเภทของการมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยสามารถจำแนกประเภทของนักเรียนออกเป็น 6 ประเภท คือ 1) มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) 2) มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวก (false positive) 3) มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบ (false Negative) 4) มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) (Arslan et al., 2012) แบบสอบวินิจฉัยที่ใช้เพื่อศึกษามีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นแบบสอบที่ใช้กระดาษ (paper & pencil) เมื่อทดสอบเสร็จครูผู้สอนไม่ได้รายงานผลการทดสอบโดยทันที ครูผู้สอนต้องใช้เวลาในการตรวจและสรุปมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยอาจมีการรายงานระดับความสามารถของผู้เรียนให้ทราบในภายหลัง และยังไม่พบการนำข้อมูลสะท้อนกลับ (reflective feedback) มาประยุกต์ใช้กับแบบสอบวินิจฉัยมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในลักษณะของระบบคอมพิวเตอร์

ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) เป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการเรียนรู้ ทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (formative assessment) เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงจุดแข็งจุดอ่อนของตนเอง และทราบแนวทางที่จะบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ โดยจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ พบว่าลักษณะและวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น งานวิจัยของ (วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ คงเฝ้า, 2552) พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการเขียนเรียงความภาษาไทยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ดาวเรือง ลุมทอง, 2554) พบว่า ผู้เรียนกลุ่มทักษะสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับรูปแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการสูงกว่าผู้เรียนกลุ่มทักษะสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและรูปแบบผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ (โชติกา ภาชีผล, ประกอบ กรณีกิจ , & พิทักษ์ ไสตถยาคม, 2558) ได้ศึกษาผลการพัฒนารูปแบบแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีพัฒนาการซึ่งใช้แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงมีจำนวนมากกว่านักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ จากการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการนำข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงมาใช้จะทำให้เกิดประโยชน์อย่างมากต่อผู้เรียน ยิ่งไปกว่านั้นการพัฒนาเป็นระบบคอมพิวเตอร์จะช่วยให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการรายงานผลการวินิจฉัยเพื่อให้ผู้สอนและผู้เรียนได้นำผลไปใช้ในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

วิชาเคมีเป็นศาสตร์สาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของประกอบและสมบัติของสสาร การเปลี่ยนแปลงและกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสสาร ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับวิชาเคมีเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามจุดประสงค์ต่างๆ มากมาย ความรู้เกี่ยวกับวิชาเคมีจึงกว้างขวางมากยิ่งขึ้นทำให้มีมีนทัศน์ที่นักเรียนต้องเรียนรู้มากตามไปด้วย ซึ่งมีมีนทัศน์จำนวนมากเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เช่น โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น จึงเป็นเรื่องที่ยากสำหรับครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีความเข้าใจหรือมีมีนทัศน์ที่ถูกต้อง จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีมีนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีส่วนใหญ่จะเป็นเรื่อง พันธะเคมี โดยนักเรียนส่วนมากมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (Peterson & Treagust 1989; มนตรี เชื้อพันธ์, 2544; เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง, & นฤมล ยุตาคม, 2550) จากนี้ยังมีการรายงานว่ามีนักเรียนบางคนมีความสับสนในการทำนายรูปร่างโมเลกุลโดยใช้ทฤษฎีการผลักของคู่อิเล็กตรอน (Valence Shell Electron Pair Repulsion, VSEPR) โดยเข้าใจว่าสภาพขั้วของพันธะสามารถทำนายรูปร่างโมเลกุลได้ (Ozmen, 2010; ชาตรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง, & วรณทิพา รอดแรงคำ, 2549) และยังสับสนเกี่ยวกับธรรมชาติของแรงระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น นักเรียนเข้าใจว่า HBr ซึ่งมีมวลโมเลกุลมากกว่า HF จึงมีจุดเดือดสูงกว่า โดยไม่ได้คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน (H-bond) ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ HF นอกจากนี้นักเรียนยังเข้าใจว่าแรงระหว่างโมเลกุลเป็นแรงภายในโมเลกุล ส่วนใหญ่เข้าใจว่าการร่วมสร้างพันธะโคเวเลนต์ของอิเล็กตรอนจะเท่ากันในทุกพันธะ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการวินิจฉัยมีนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนพบว่า ในวิชาเคมีนักเรียนมักจะมีมีนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ง่ายเนื่องจากเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีมีนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ เรื่องพันธะเคมี และในการศึกษามีนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ครูมักใช้แบบสอบถามวินิจฉัยเป็นส่วนมากทั้งแบบสอบถามแบบประเพณีนิยม แบบสอบถามวินิจฉัยสองระดับ และพัฒนามาเป็นแบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับที่ให้รายละเอียดในการจำแนกประเภทนักเรียนได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น แต่ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่างานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่แบบสอบถามวินิจฉัยจะเป็นแบบสอบถามที่ใช้กระดาษ (paper & pencil) ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการตรวจ ขาดความสะดวกในการประมวลผลมีนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และเมื่อผู้เรียนสอบเสร็จ ส่วนใหญ่ครูมักจะรายงานคะแนนให้นักเรียนทราบ แต่ยังขาดการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาตนเอง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาระบบวินิจฉัย

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ที่ประยุกต์ใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ ร่วมกับการให้ข้อมูลสะท้อนกลับที่มีการให้ข้อมูลแบบย้อนกลับเป็นรายข้อและข้อมูลย้อนกลับ รวมทั้งฉบับเพื่อการปรับปรุงตนเองโดยใช้ระบบทดสอบผ่านทางคอมพิวเตอร์ (computer-based) ซึ่งระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พัฒนาขึ้นนี้ ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้กับนักเรียนเพื่อ ประเมินผลระหว่างเรียน (formative assessment) ผลการทดสอบจะได้สารสนเทศที่รายงาน จุดเด่น จุดด้อย และแนวทางในการพัฒนาตนเองของผู้ทดสอบ เป็นประโยชน์ต่อตัวผู้ทดสอบเอง และครูผู้สอนสามารถนำมาวางแผนการสอนซ่อมเสริมเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จในการ เรียนตามศักยภาพของแต่ละบุคคล

คำถามวิจัย

1. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรูปแบบอะไรบ้าง
2. แบบสอบวินิจฉัยสามระดับในวิชาเคมีที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะอย่างไร และคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับอยู่ในระดับใด
3. ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรเป็นอย่างไร
4. ผลการตรวจสอบคุณภาพพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในวิชาเคมี
3. เพื่อพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

4. เพื่อตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ ที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับแนวคิดการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (formative assessment) มีเป้าหมายของการพัฒนาระบบเพื่อวินิจัยข้อบกพร่องของผู้เรียนโดยมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้เรียนเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาตนเองหรือแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ 1) ระบบการลงทะเบียนเข้าสู่การทดสอบ 2) ระบบการดำเนินการทดสอบ 3) ระบบการรายงานผลการทดสอบ โดยการพัฒนาระบบสอบวินิจัยสามระดับในครั้งนี้ มีเนื้อหาที่สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 3 เนื้อหาได้แก่ 1) พันธะไอออนิก 2) พันธะโคเวเลนต์ 3) พันธะโลหะ ลักษณะของแบบสอบประกอบด้วย ระดับแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี และตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สองเป็นคำถามเกี่ยวกับเหตุผลสนับสนุนคำตอบในระดับแรกและตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สามระดับความมั่นใจเป็นแบบตรวจสอบรายการ เลือกระหว่างมั่นใจและไม่มั่นใจ เกณฑ์การให้คะแนนถ้าตอบถูกระดับที่ 1 ได้ 1 คะแนน ตอบถูกทั้งระดับที่ 1 และ 2 และได้ 2 คะแนน แต่ถ้าตอบนอกเหนือจากนี้ได้ 0 คะแนน ส่วนระดับที่ 3 ให้เพื่อร่วมพิจารณาการมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจะศึกษาเฉพาะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมี 3 เนื้อหาหลัก 16 เนื้อหาย่อย ประกอบด้วย เนื้อหาหลักที่ 1 พันธะไอออนิก แบ่งเป็นเนื้อหาย่อย 5 เนื้อหา คือ 1) การเกิด

พันธะไอออนิก 2) โครงสร้างของสารประกอบ ไอออนิก 3) การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 4) สมบัติของสารประกอบไอออนิก 5) ปฏิริยาของสารประกอบไอออนิก เนื้อหาหลักที่ 2 พันธะโคเวเลนต์ แบ่งเป็นเนื้อหาย่อย 10 เนื้อหา คือ 1) การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 2) ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 3) โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 4) การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ 5) ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ 6) แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ 7) รูปร่างโมเลกุล 8) มุมพันธะ 9) สภาพขั้วของโมเลกุล 10) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เนื้อหาหลักที่ 3 พันธะโลหะ มีเนื้อหาย่อย 1 เนื้อหา คือ สมบัติของพันธะโลหะ

4. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับในงานวิจัยนี้ยึดตามแนวคิดของ Arslan, Cigdemoglu และ Moseley (2012) ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของนักเรียนออกเป็น 6 ประเภทคือ 1) มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) หมายถึงนักเรียนที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงโดยนักเรียนเลือกตัวเลือกที่ถูกทั้งคำตอบในระดับที่ 1 ระดับที่ 2 และเลือกมั่นใจในระดับที่ 3 2) มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวก (false positive) หมายถึง นักเรียนที่มีความรู้ในบางส่วนโดยนักเรียนเลือกตัวเลือกที่ถูกในคำตอบระดับที่ 1 แต่เลือกตัวเลือกที่ผิดในระดับที่ 2 และเลือกมั่นใจในระดับที่ 3 3) มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบ (false Negative) หมายถึง นักเรียนที่มีความรู้ในบางส่วนโดยนักเรียนเลือกตัวเลือกที่ผิดในคำตอบระดับที่ 1 แต่เลือกตัวเลือกที่ถูกในระดับที่ 2 และเลือกมั่นใจในระดับที่ 3 4) มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) หมายถึง นักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปจากความรู้ที่ถูกต้อง โดยเลือกตัวเลือกที่ผิดแบบสอดคล้องกันทั้งคำตอบระดับที่ 1 กับระดับที่ 2 และเลือกมั่นใจในระดับที่ 3 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) หมายถึง นักเรียนที่เลือกคำตอบถูกทั้งคำตอบในระดับที่ 1 ระดับที่ 2 แต่เลือกไม่มั่นใจในระดับที่ 3 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) หมายถึง นักเรียนที่เลือกตัวเลือกที่ผิดหรือถูกในระดับใดระดับหนึ่งและเลือกไม่มั่นใจในระดับที่ 3 หรือนักเรียนที่เลือกตัวเลือกผิดทั้งสองระดับโดยตัวเลือกทั้งสองไม่สอดคล้องกันและเลือกไม่มั่นใจในระดับที่ 3

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ หมายถึง ชุดขององค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กันในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เข้ารับการทดสอบนำไปพัฒนาและปรับปรุงตนเอง มีองค์ประกอบ

3 องค์ประกอบ คือ 1) ระบบการลงทะเบียนเข้าสู่การทดสอบ ประกอบด้วย การลงทะเบียนข้อมูลเบื้องต้นของผู้เข้ารับการทดสอบ ได้แก่ ชื่อ นามสกุล อายุ ระดับชั้น ผลการเรียนเฉลี่ย ผลการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ สถานศึกษา อำเภอ จังหวัด 2) ระบบการดำเนินการทดสอบ ประกอบด้วย ข้อสอบวินิจฉัยสามระดับจำนวน 16 เนื้อหาๆ ละ 5 ข้อ และข้อมูลย้อนกลับที่รายงานเมื่อทำข้อสอบครบในแต่ละเนื้อหา 3) ระบบการรายงานผลการทดสอบ ประกอบด้วย รายงานข้อมูลเบื้องต้น รายงานคะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ความหมายของคะแนน ตารางแสดงผลการวินิจฉัยจำแนกตามเนื้อหา สรุปผลการวินิจฉัยรายงานจุดเด่น จุดด้อยและเรื่องที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา

แบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ หมายถึง แบบสอบที่มุ่งวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 3 ระดับ ระดับแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี และตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สองเป็นคำถามเกี่ยวกับเหตุผลสนับสนุนคำตอบในระดับแรกและตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สามระดับความมั่นใจเป็นแบบตรวจสอบรายการ เลือกระหว่างมั่นใจและไม่มั่นใจ เกณฑ์การให้คะแนนถ้าตอบถูกระดับที่ 1 ได้ 1 คะแนน ตอบถูกทั้งระดับที่ 1 และ 2 และได้ 2 คะแนน แต่ถ้าตอบนอกเหนือจากนี้ได้ 0 คะแนน ส่วนระดับที่ 3 ให้เพื่อร่วมพิจารณาการมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ การตอบแบบสอบถามเปิด

การสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ หมายถึง ชุดข้อมูลที่ให้กับผู้เรียนเพื่ออธิบายรายละเอียดของคำตอบที่ถูกต้องหรือการชี้แนะคำตอบที่ถูกต้อง และข้อมูลสะท้อนความสามารถตามจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี โดยระบุถึงจุดเด่น จุดที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนควรปรับปรุง และแนวทางในการพัฒนาตนเอง ประกอบด้วย 1. การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป 3 รูปแบบ คือ 1) ข้อมูลย้อนกลับชนิดอธิบายรายละเอียด 2) ข้อมูลย้อนกลับชนิดชี้แนะคำตอบ 3) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม และ 2. การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาปรับปรุง โดยรายงานผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในภาพรวมและมีคำแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาตนเอง

ข้อมูลย้อนกลับชนิดอธิบายรายละเอียด หมายถึง ชุดของข้อมูลที่ให้กับผู้เรียนเพื่ออธิบายรายละเอียดของคำตอบที่ถูกต้อง บอกขั้นตอนการคิดคำตอบอย่างละเอียด โดยผู้วิจัยจะให้ข้อมูลย้อนกลับชนิดนี้กับผู้สอบที่จัดอยู่ในประเภทมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

ข้อมูลย้อนกลับชนิดชี้แนะคำตอบ หมายถึง ชุดของข้อมูลที่ให้กับผู้เรียนเพื่อแนะนำให้ผู้เรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง โดยการให้โจทย์ที่ใกล้เคียงกับข้อสอบและบอกวิธีการคิดหาคำตอบ โดยผู้วิจัยจะให้ข้อมูลย้อนกลับชนิดนี้กับผู้สอบที่จัดอยู่ในประเภทเดาคำตอบถูก (Lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (Lack of confidence)

ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม หมายถึง ชุดของข้อมูลที่ให้กับผู้เรียนเพื่อแนะนำและอธิบายรายละเอียดของให้ผู้เรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง โดยการให้โจทย์ที่ใกล้เคียงกับข้อสอบและบอกวิธีการคิดหาคำตอบอย่างละเอียดเป็นขั้นตอน โดยผู้วิจัยจะให้ข้อมูลย้อนกลับชนิดนี้กับผู้สอบที่จัดอยู่ในประเภทขาดความรู้ (Lack of knowledge)

ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุง หมายถึง ชุดของข้อมูลที่ให้ผู้เรียนทราบผลการวินิจฉัยโดยภาพรวมซึ่งระบุถึงจุดเด่น จุดที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนควรปรับปรุง และแนวทางในการพัฒนาตนเอง ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงเมื่อสิ้นสุดการทำแบบสอบวินิจฉัยทั้งฉบับ

คู่มือการใช้ระบบการวินิจฉัย หมายถึง เอกสารชี้แจงรายละเอียดของระบบการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ ประกอบด้วย 1) บทนำ เสนอลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยที่ใช้ในระบบ 2) การติดตั้งโปรแกรม เสนอวิธีการติดตั้งโปรแกรมและคุณสมบัติของระบบ 3) การใช้งานโปรแกรม

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี หมายถึง ความเข้าใจในวิชาเคมีเรื่อง พันธะเคมีที่ไม่สมบูรณ์ผิดไปจากความจริงที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์ซึ่งวัดได้จากผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Arslan, Cigdemoglu และ Moseley (2012) โดยถ้าผู้สอบเลือกตัวเลือกผิดในระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ซึ่งเป็นตัวเลือกที่มีความสอดคล้องกันและสะท้อนถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และ เลือกมั่นใจในระดับที่ 3 จึงจะถือว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ หมายถึง การพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง แม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ตามสิ่งบ่งชี้คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับคือ ความตรง

ความตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด ผู้วิจัยพิจารณา 2 ประเภท

ความตรงเชิงเนื้อหา หมายถึง ความสามารถของแบบสอบวินิจฉัยในการวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและตัวแทนของมวลเนื้อหาที่มุ่งวัดพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ หมายถึง ความสามารถของแบบสอบวินิจฉัยในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอกคือผลการวินิจฉัยจากครูผู้สอนด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (thinking aloud)

เทคนิคการคิดออกเสียง หมายถึง กระบวนการแสดงความคิดทางสมอง โดยการพูดออกเสียงสะท้อนความคิด ทำให้ทราบถึงกระบวนการคิดและวิธีการแก้ปัญหาของผู้ที่คิดออกเสียง

การตรวจสอบคุณภาพของระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ หมายถึง การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ โดยใช้การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและการประเมินความพึงพอใจจากนักเรียน

การตรวจสอบคุณภาพของระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง การประเมินความรู้สึก ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ โดยใช้แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) ในประเด็นดังนี้ 1) การทำงานของโปรแกรม 2) การออกแบบโปรแกรม 3) ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม 4) คู่มือการใช้โปรแกรม

การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อระบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ หมายถึง การประเมินสภาพความรู้สึก ความคิดเห็นของผู้สอบที่มีต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ โดยใช้แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) ในประเด็นดังนี้ 1) การใช้โปรแกรมการทดสอบ 2) การออกแบบโปรแกรมการทดสอบ 3) ความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. **เชิงวิชาการ** ได้ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ ที่มีมาตรฐานเหมาะสมกับผู้เรียนที่สามารถนำข้อมูลไปพัฒนาตนเอง และครูผู้สอนสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เป็นแนวทางในการสอนซ่อมเสริมเพื่อให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนตามศักยภาพของแต่ละบุคคล

2. **เชิงปฏิบัติการ** ได้แนวทางในการสร้างระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ เพื่อให้ครูผู้สอนและผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ ตอนที่ 3 วิธีการพัฒนาระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1. 1 ความหมายของการวินิจฉัย

ราชบัณฑิตยสถาน (2556) ได้ให้ความหมายของการวินิจฉัยว่า การไตร่ตรอง การใคร่ครวญหรือการตัดสินใจขาด คำว่า วินิจฉัยพบได้ทั้งทางการแพทย์และทางการศึกษา ในทางการแพทย์ การวินิจฉัย (diagnostic) หมายถึง การตรวจวินิจฉัยโรคของผู้ป่วยโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อระบุว่าโรคที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากอะไร ควรใช้ยาชนิดใดและทำการรักษาด้วยวิธีใด สำหรับทางการศึกษามักใช้คำว่าประเมินเพื่อวินิจฉัย (diagnostic assessment) ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของการประเมินวินิจฉัย (Hopkins & Antes, 1990; Miller, Linn, & Gronlund, 2009; Nitko, 2007) ไว้ว่า กระบวนการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนเป็นรายบุคคลเพื่อระบุว่า ผู้เรียนมีจุดแข็ง จุดอ่อนหรือข้อบกพร่องในทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ใด มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในมโนทัศน์ใดบ้าง และเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากสาเหตุใด เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการสอนของครูและหาแนวทางการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเป็นรายบุคคล

1. 2 ระดับของการวินิจฉัย

กรมวิชาการ (2539) ได้แบ่งระดับของการวินิจฉัยเป็น 3 ระดับ คือ 1) ระดับทั่วไป (general level) เป็นการวินิจฉัยแบบหยาบ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความสามารถทั่วไปของนักเรียน แบบสอบที่ใช้ในระดับนี้ใช้แบบสอบมาตรฐาน ในการตรวจให้คะแนนไม่พิจารณาที่คะแนนรวมแต่จะพิจารณาเป็นรายสมรรถนะ หรือคะแนนในแต่ละ domain หรือ subdomain ว่านักเรียนไม่บรรลุวัตถุประสงค์ใน subdomain ไต 2) ระดับเฉพาะ (specific level) เป็นระดับที่มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาข้อบกพร่องในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เป็นการวัดความสามารถที่เฉพาะเจาะจงลง

เช่น การบอก การลบ และแยกย่อยลงไปอีกเป็นการบอกจำนวนเต็ม บอกเศษส่วน หรือบอกทศนิยม เป็นต้น แบบสอบที่ใช้ในระดับนี้คือ แบบสอบวินิจฉัย ทั้งนี้ครูผู้สอนสามารถสร้างและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยได้ ทั้งนี้ต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ วิธีการสร้างรูปแบบของแบบสอบ ตลอดจนกระบวนการตรวจให้คะแนนและการแปลผลคะแนน 3) ระดับละเอียด (intensive level) เป็นการวินิจฉัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหารายละเอียดอย่างลึกซึ้ง โดยทำการหาข้อมูลหลายๆ วิธี ทั้ง การสังเกต การสัมภาษณ์ การทำแบบสอบ อาจมีการวัดเจตคติ บุคลิกภาพ หรืออื่นๆ สำหรับแหล่งข้อมูลก็ได้เก็บเฉพาะนักเรียน แต่มีที่มาหลากหลาย เช่น ผู้ปกครอง ครู เพื่อน เป็นต้น ผู้วินิจฉัยอาจจะไม่ใช่ครูผู้สอนเพียงอย่างเดียว แต่อาจให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดผล นักจิตวิทยา หรือครูแนะแนว

1. 3 ประเภทของการประเมินเพื่อวินิจฉัย

Underhill (1972) ได้ระบุประเภทของการวินิจฉัยตามระดับความละเอียดในการวินิจฉัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1) การวินิจฉัยแบบทั่วไป (general level) เป็นการวินิจฉัยแบบทั่วไปของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในส่วนใหญ่มักจะเป็นแบบสอบแบบทั่วไปทั้งแบบสอบผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างขึ้นเองและแบบสอบมาตรฐาน โดยการเทียบกับเกณฑ์ปกติ(norm) ซึ่งทำให้ทราบข้อบกพร่องในด้านต่างๆ ของผู้เรียนอย่างกว้าง 2) การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์(analytical diagnosis) เป็นการวินิจฉัยแบบวิเคราะห์เป็นการวินิจฉัยระดับเฉพาะ โดยทำการรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียนเพื่อทราบจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียนในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างเฉพาะเจาะจง การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ดำเนินการภายหลังจากการวินิจฉัยแบบทั่วไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น 3) การวินิจฉัยแบบคลินิก (clinical diagnosis) เป็นการวินิจฉัยระดับละเอียดลึกซึ้งเพื่อแสดงให้เห็นถึงสาเหตุของปัญหา หรือจุดที่ควรพัฒนาที่พบในตัวนักเรียนซึ่งมีความซับซ้อนไม่สามารถใช้แหล่งข้อมูลเพียงแหล่งเดียวได้ต้องอาศัยข้อมูลจากหลายๆ แหล่งประกอบกัน เช่น การใช้ข้อมูลจากแบบทดสอบประกอบการสัมภาษณ์ การสังเกต การศึกษาสภาพครอบครัว เป็นต้น

1. 4 รูปแบบและวิธีการประเมินเพื่อวินิจฉัย

ศิริเดช สุชีวะ (2537) ได้แบ่งรูปแบบการวินิจฉัยทางการศึกษา แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ไม่เป็นทางการและรูปแบบที่เป็นทางการซึ่งมีลักษณะและวิธีการวินิจฉัยที่ใช้ใน แต่ละรูปแบบดังนี้

1) การวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการ (informal diagnosis) เป็นการค้นหาข้อบกพร่องของผู้เรียนด้วยวิธีง่ายๆ ไม่มีแบบแผนที่แน่นอน วิธีการที่ใช้ได้แก่ การสังเกต การสอบถาม การสัมภาษณ์ การตรวจผลงาน

2) การวินิจฉัยที่เป็นทางการ (formal diagnosis) เป็นการค้นหาข้อบกพร่องของผู้เรียน โดยวิธีการที่สร้างขึ้นมาอย่างเป็นระบบและมีแบบแผน วิธีการที่ใช้ ได้แก่ การใช้แบบสอบวินิจฉัย หรือการวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบ โดยใช้ดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนการตอบข้อสอบ การใช้วิธีการ Rule space การใช้การย้อนรอยกระบวนการคิด หรือการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เป็นต้น

จะเห็นได้ว่ารูปแบบและวิธีวินิจฉัยมีความหลากหลายทั้งการใช้การสังเกต สัมภาษณ์ การตรวจผลงาน และ การใช้แบบสอบวินิจฉัย ซึ่งการเลือกใช้วิธีวินิจฉัยแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ประเภทของข้อมูลที่ต้องการและระดับของผู้เรียน

ลักษณะของแบบประเมินเพื่อวินิจฉัยนั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแบบสอบเนื่องจากง่ายต่อการใช้วัดประเมินผลนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และประหยัดงบประมาณ ดังนั้นในหัวข้อต่อไปผู้วิจัยจะทำการศึกษานวนคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัย นวนคิดเกี่ยวกับแบบสามวินิจฉัยสองระดับและแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ตามลำดับ

1. 5 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัย

1.5.1 ความหมายของแบบสอบวินิจฉัย

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบสอบวินิจฉัย (Adams & Torgerson., 1964; Brown, 1970; Ebel, 1965; Gronlund, 1981; Karmel, 1966; Wiersma, 1990) สามารถสรุปความหมายของแบบสอบวินิจฉัยได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยเป็นแบบสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดอ่อน หรือความบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล แบบสอบวินิจฉัยไม่เน้นความสำคัญของคะแนนรวม แต่เน้นที่รูปแบบการตอบเป็นสำคัญ ผลของการตอบสามารถบอกชนิดของความบกพร่อง และสาเหตุของความบกพร่อง ผลจากการวินิจฉัยนำมาใช้ปรับปรุงการเรียนการสอนของครูโดยการสอนซ่อมเสริมหรือให้การแนะนำได้ตรงประเด็น

1.5.2 ลักษณะของแบบสอบวินิจฉัย

แบบสอบวินิจฉัยที่มีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างละเอียด ควรมีลักษณะตามที่นักวิชาการหลายท่าน (Adams & Torgerson., 1964; B.S. Bloom, 1971; Gronlund, 1981; S., 1974; ศิริเดช สุชีวะ, 2550) ได้กล่าวเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของแบบสอบวินิจฉัย พอสรุปได้ดังนี้

- 1) แบบสอบวินิจฉัยมีจุดประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล และหาสาเหตุของข้อบกพร่องนั้นๆ
- 2) แบบสอบวินิจฉัยจะแยกเป็นแบบสอบย่อยๆ (subtest) หลายฉบับ แต่ละฉบับวัด

ทักษะเฉพาะที่แตกต่างกัน

3) เป็นแบบสอบที่เน้นความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) มีจุดมุ่งหมายที่จะทดสอบให้ครอบคลุมถึงเนื้อหาและจุดประสงค์ตามหลักสูตร จึงต้องมีการวิเคราะห์และสุ่มเนื้อหาอย่างระมัดระวัง

4) แบบสอบวินิจจัยเป็นแบบสอบที่ง่ายโดย B. S. Bloom (1971) กำหนดค่าความยาก (p)

ตั้งแต่ .65 ขึ้นไป และมีจำนวนข้อมาก เนื่องจากแบบสอบวินิจจัยจะใช้กับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

5) คะแนนรวมของแบบสอบวินิจจัย มีความสำคัญน้อยกว่าการวิเคราะห์คะแนนสอบของนักเรียนเป็นรายข้อ

6) แบบสอบวินิจจัยเป็นแบบสอบที่ไม่เร่งรัดเวลาในการทำแบบสอบ โดยให้เวลานักเรียนอย่างเพียงพอ เพราะต้องการค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียน

7) การให้คะแนนสามารถประเมินผลได้ทั้งแบบอิงกลุ่ม และอิงเกณฑ์

8) แบบสอบวินิจจัยไม่จำเป็นต้องสร้างเกณฑ์ปกติ (norm) แต่สามารถหาได้ถ้าต้องการประเมินผลแบบอิงกลุ่ม

1.5.3 หลักการและวิธีการสร้างแบบสอบวินิจจัย

นักวิชาการหลายท่าน (Brown, 1970; Noll, 1965; S., 1974; ศิริเดช สุชีวะ, 2550) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบสอบวินิจจัยที่ดีโดยสามารถสรุปขั้นตอนการสร้างแบบสอบวินิจจัยได้ดังนี้

- 1) ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาและทักษะ กำหนดขอบเขตเนื้อหาแบ่งออกเป็นเนื้อหาย่อยๆ
- 2) สร้างแบบสอบเพื่อสำรวจ (survey test) เพื่อนำผลการสอบจากแบบสอบนี้ ไปใช้เลือกสร้างแบบสอบวินิจจัยเฉพาะเรื่อง เฉพาะตอนได้ตรงยิ่งขึ้น
- 3) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะ และสมรรถนะย่อยที่มุ่งวัด
- 4) ศึกษาและรวบรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือข้อบกพร่องทางการเรียนในเนื้อหาย่อย เพื่อนำมาสร้างเป็นตัวลงในแบบสอบ
- 5) กำหนดลักษณะเฉพาะข้อสอบ (item specification) และเขียนข้อสอบตามลักษณะข้อสอบ
- 6) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบ นำไปทดลองใช้ คำนวณค่าสถิติ และปรับปรุง

คุณภาพของแบบสอบ

7) เขียนคู่มือการสร้าง และพัฒนาการแบบสอบ คู่มือการใช้แบบสอบ การแปล

ความหมายของคะแนน และคู่มือในการวินิจฉัย

Lindquist (1963) ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบวินิจฉัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) แบบสอบวินิจฉัยต้องมีความสัมพันธ์กับมาตรฐาน ตัวชี้วัด วัตถุประสงค์ของหลักสูตร มีความชัดเจนในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการทดสอบ

2) ข้อคำถามในแบบสอบวินิจฉัยต้องสร้างให้สามารถวัดได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการทดสอบ

3) ทำการวิเคราะห์อย่างละเอียดโดยอาศัยการทดลองและอุปสรรคหรือความไม่เข้าใจในการเรียนเป็นหลัก

4) แบบสอบวินิจฉัยต้องสามารถวัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนได้อย่างเพียงพอและต้องสามารถค้นหาข้อบกพร่องทางการเรียนได้

5) แบบสอบวินิจฉัยต้องเสนอแนะจุดบกพร่องในแต่ละองค์ประกอบการเรียนที่ทำการวัดได้อย่างถูกต้อง

6) แบบสอบวินิจฉัยต้องครอบคลุมกฎเกณฑ์ทางการเรียนรู้อย่างทั่วถึง

7) แบบสอบวินิจฉัยต้องสามารถทดสอบความบกพร่องในการเรียนรู้ที่ผ่านมาได้ และสามารถสืบค้นหาความบกพร่องนั้นจากเนื้อหาแต่ละตอนที่ทำการทดสอบได้

8) ความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละคนจะแสดงให้เห็นได้จากคำตอบที่วัดโดยใช้แบบสอบวินิจฉัย

นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการหลายท่านได้เสนอเทคนิคและวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยอาทิ บุญชม ศรีสะอาด (2535) ได้เสนอเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมีรายละเอียด ดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ

2) ศึกษาทฤษฎี วิธีการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย และวิธีเขียนข้อสอบ

3) วิเคราะห์เนื้อหา จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4) กำหนดจุดประสงค์องค์ประกอบหรือทักษะย่อยและแบบทดสอบย่อยที่จะสอบเพื่อวินิจฉัย

- 5) ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดรายละเอียดตามขั้นตอนที่ 4
- 6) เขียนคำถามเพื่อสำรวจเป็นแบบเต็มคำตอบ
- 7) นำแบบทดสอบเพื่อสำรวจไปทดสอบ
- 8) วิเคราะห์ค่าความยากรายข้อ
- 9) สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้ผลจากขั้นที่ 8 คัดเลือก ปรับปรุงข้อสอบและสร้างตัว

ลวงจากคำตอบผิด

- 10) ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและกำหนดจุดตัด
 - 11) ทดสอบครั้งที่ 1
 - 12) วิเคราะห์หาค่าความยาก อำนาจจำแนกและปรับปรุงข้อสอบ
 - 13) ทดสอบครั้งที่ 2
 - 14) วิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อและของแบบทดสอบ
 - 15) จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบและจัดพิมพ์แบบทดสอบเป็นรูปเล่ม
- สุพรรณณี ภิรมย์ภักดี (2541) ได้เสนอเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมี

รายละเอียด ดังนี้

- 1) กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการดำเนินการสอบ
- 2) วิเคราะห์ทักษะและเนื้อหาออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ
- 3) เขียนคำถามตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้
- 4) สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจหาข้อบกพร่องที่ไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์เชิง

พฤติกรรมนั้น

- 5) สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ใช้คำตอบผิดที่วิเคราะห์แล้วเป็นตัวลวง
 - 6) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้และพัฒนาให้มีคุณภาพ
- สุชาติ สิริมินนนท์ (2542) ได้เสนอเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมี

รายละเอียด ดังนี้

- 1) ตั้งจุดมุ่งหมายและวางแผนในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบ
- 2) วิเคราะห์ทักษะหรือเนื้อหาออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ ให้ชัดเจน
- 3) สร้างแบบทดสอบสำรวจ โดยเขียนข้อความคำถามตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้
- 4) นำไปสอบและวิเคราะห์คำตอบเพื่อหาสาเหตุของการไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์

เชิงพฤติกรรม

- 5) สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยใช้คำตอบที่ผิดที่วิเคราะห์แล้วเป็นตัวลวง

6) นำแบบทดสอบไปใช้และพัฒนาแบบทดสอบเขียนคู่มือการใช้แบบทดสอบ
 ปรากฏพรรณ มั่นสวัสดิ์ (2548) ได้เสนอเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการสร้างแบบสอบวินิจัย
 มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวินิจัย
- 2) ศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 3) วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของเนื้อหาและแบ่งเนื้อหาเป็นฉบับย่อยๆ
- 4) สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
- 5) สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจความบกพร่อง
- 6) ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
- 7) นำไปทดลองเพื่อหาจุดบกพร่องของนักเรียน
- 8) นำผลที่ได้มาปรับปรุงเพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจัย โดยใช้ผลที่ได้จากการสำรวจมา

สร้างเป็นตัวลง

- 9) สร้างแบบทดสอบวินิจัย
- 10) ทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ
- 11) นำไปทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ
- 12) จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจัย
- 13) จัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการสร้างแบบสอบวินิจัยสรุปได้ว่าการ
 สร้างแบบสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนผู้สร้างจะต้องเริ่มต้นจากการกำหนดจุดมุ่งหมายของ
 การสร้างแบบสอบวินิจัย จากนั้นกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม วัตถุประสงค์ของ
 ทักษะย่อยที่จะวินิจัย ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวัตถุประสงค์ เขียนข้อคำถามเพื่อนำไปสำรวจเป็น
 แบบสอบเติมคำตอบ นำแบบสอบไปใช้เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน นำผลการตอบมา
 วิเคราะห์ สร้างแบบสอบวินิจัยโดยใช้คำตอบที่ผิดมาเป็นตัวลง นำไปทดลองใช้และวิเคราะห์
 คุณภาพข้อสอบรายข้อ และวิเคราะห์ค่าความเที่ยง คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ จัดทำคู่มือการ
 ใช้แบบสอบวินิจัย สุดท้ายจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

1. 6 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (two-tier diagnostic test) และแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (three-tier diagnostic test)

1.6.1 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (two-tier diagnostic test)

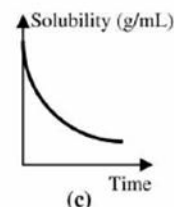
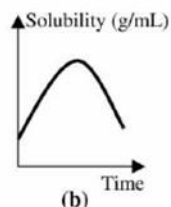
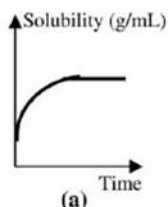
แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบในวิชาวิทยาศาสตร์ แรกเริ่มใช้เป็นแบบสอบแบบประเพณีนิยมประกอบด้วยข้อคำถามและคำตอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แต่เนื่องจากแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมมีข้อจำกัดตรงที่แบบสอบชนิดนี้วินิจฉัยข้อบกพร่องได้จากตัวลวงเพียงแค่ 3-4 แบบเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถมั่นใจได้ว่าการที่นักเรียนเลือกตัวลวงใดจะแสดงถึงการมีแบบการคิดตามที่ระบุไว้ในตัวลวงเสมอไปก็ได้ นักเรียนอาจจะเดาสุ่มตัวเลือกที่กำหนด จึงได้มีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบสอบระดับ (two-tier diagnostic test) ขึ้นมาเพื่อลดข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม

แบบสอบวินิจฉัยสองระดับที่เก่าแก่ที่สุด คือแบบสอบวินิจฉัยของ (Novick & Nussbaum, 1981) เป็นแบบสอบเรื่อง แก๊ส โดยออกแบบมาเพื่อวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติของแก๊สจำนวน 8 ข้อ ตั้งแต่นั้นมาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับเป็นเครื่องมือการทดสอบที่ได้รับความนิยมในการตรวจสอบ มโนทัศน์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพราะมีประสิทธิภาพและเหมาะที่จะใช้ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ประหยัดงบประมาณและเวลาในการทดสอบนักเรียน (D. F. T. Treagust, 1988) โดยแบบสอบวินิจฉัยสองระดับในระดับแรกเรียก ระดับเนื้อหา (content tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ 2-3 ตัวเลือกมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความรู้ของผู้สอบ ระดับที่สองเรียก ระดับเหตุผล (reason tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการอธิบายความรู้ของผู้สอบโดยใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Tsai & Chou, 2002) ดังภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับที่พัฒนาโดย (Adadan & Savasci, 2012)

Question 6

Part 1

A sealed soda can at room temperature is opened. Which one of the following graphs represents the change in the solubility of carbon dioxide in water **within the first minute** of opening the soda can?



Part 2

Which one of the following statements *best explains* your answer in Part 1?

- 1) When pressure decreases, the solubility of carbon dioxide in water increases.
- 2) When the soda can is opened, carbon dioxide reacts with air, and gas evolves.
- 3) When the soda can is opened, the solubility of carbon dioxide rapidly increases at first, and then its solubility slows down.
- 4) When pressure decreases, the solubility of carbon dioxide in water decreases.
- 5) **Other:**.....

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับของ Adadan and Savasci (2012)

นักวิจัยบางท่านได้ตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับปัญหาของการใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ Marek, Maier, and McCann (2008) ตั้งข้อสังเกตว่าการประเมินโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับชนิดเลือกตอบมีนักเรียนบางคนมีเหตุผลอื่นที่นอกเหนือจากตัวเลือกในระดับที่สอง และต้องการจะเขียนเหตุผลของตนเองแต่ไม่สามารถทำได้ จากปัญหานี้ในงานวิจัยที่ใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับในระยะหลังๆ มักจะเพิ่มตัวเลือกในระดับที่สองให้นักเรียนตอบคำตอบของตนเองได้ถ้าเหตุผลที่กำหนดในตัวเลือกไม่ตรงกับความคิดของนักเรียน เช่นงานของ Adadan and Savasci (2012) ดังรูปที่ 2.1

แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแตกต่างจากแบบสอบเลือกตอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในห้องเรียน เพราะผ่านการวิจัยและพัฒนาหลายขั้นตอนเพื่อค้นหาโน้ตที่คลาดเคลื่อน โดยในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น D. F. T. Treagust (1988) ได้เสนอขั้นตอนไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของมโนทัศน์ เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ แผนผังมโนทัศน์ของเนื้อหาที่จำเป็นในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 2) พัฒนาแบบสอบปลายเปิดตามขอบเขตของเนื้อหาที่กำหนด และนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 3) วิเคราะห์คำตอบจากแบบสอบปลายเปิดของนักเรียน ระบุมโนทัศน์ที่

คลาดเคลื่อนที่พบ และดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม 4) สร้างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบ โดยพัฒนามาจากคำตอบของนักเรียนในคำถามปลายเปิดและจากผลการสัมภาษณ์

แบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดกล่าวดังนี้ Caleon and Subramaniam (2010) ได้กล่าวถึงข้อดีของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับว่า ลดโอกาสในการเดา สำหรับแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมจำนวน 4 ตัวเลือกนักเรียนมีโอกาสเดาคำตอบที่ถูกต้องได้ร้อยละ 25 สำหรับแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับที่มี 4 ตัวเลือกทั้งสองระดับโอกาสในการเดาคำตอบลดลงเหลือร้อยละ 6.25 นอกจากนี้ Tsai and Chou (2002) กล่าวว่า แบบสอบวินิจฉัยสองระดับช่วยประเมินการอธิบายความรู้โดยใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และ วนิดา ภู่อี่ยม (2551) กล่าวว่า แบบสอบวินิจฉัยสองระดับสามารถจำแนกนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ตรงและละเอียดกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม

สำหรับข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ คือ เมื่อนักเรียนตอบผิดจะไม่สามารถแยกความแตกต่างของนักเรียนที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) และนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) หรือนักเรียนตอบถูกจะไม่สามารถแยกความแตกต่างของนักเรียนที่ตอบถูกจากความเข้าใจ (scientific knowledge) หรือตอบถูกจากการเดา (lucky guess) (Hasan, Bagayoko, & Kelley, 1999)

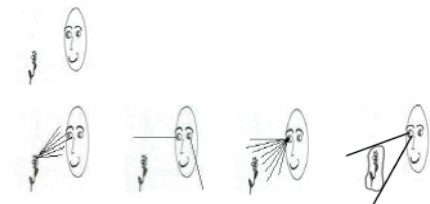
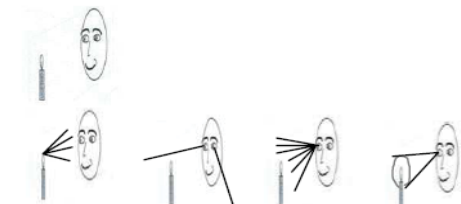
1.6.2 งานวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (two-tier diagnostic test)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (two-tier test) สามารถสังเคราะห์ประเด็นของการศึกษาได้ 2 ประเด็น 1) การพัฒนาเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ เพื่อใช้ในการประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ 2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับกับแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม

ประเด็นที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ เพื่อใช้ในการประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ มีนักวิจัยหลายท่านทำการศึกษาไว้ดังนี้

Chu, Treagust, and Chandrasegaran (2009) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาความเข้าใจเรื่องแสง โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาโมทัศน์เรื่องแสงของนักเรียน 2) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักเรียน การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณมีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่คือ นักเรียนประเทศ

เกาหลีจำนวน 1786 คน แบ่งเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 410 คน เกรด 8 จำนวน 458 คน เกรด 9 จำนวน 367 คน และเกรด 10 จำนวน 551 คน อายุระหว่าง 10-12 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ชุด ได้แก่ 1) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบจำนวน 8 ข้อ โดยนำมาจากงานวิจัยของ (Fetherstonhaugh, 1992; La Rosa, Maye., Patrizi., & Vicentini-Missoni., 1984; Langley, Ronen, & Eylon, 1997) ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในของแบบสอบมีค่า 0.65 ในการใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับครั้งนี้ผู้วิจัยจะให้ให้นักเรียนทำแบบสอบทีละคู่ จำนวน 4 คู่ โดยแบบสอบแต่ละคู่จะเป็นแบบสอบวินิจฉัยที่วัดในเนื้อหาเดียวกันแต่มีสถานการณ์ตัวอย่างที่ต่างกัน เช่นแบบสอบวินิจฉัยสองระดับคู่ที่ 2 ประกอบด้วยข้อ 3 กับ ข้อ 4 วัดในเรื่องของแสงเดินทางเป็นเส้นตรงทั้งจากวัตถุที่เรืองแสง หรือวัตถุไม่เรืองแสงและเดินทางไปสู่ดวงตาที่บริเวณเรตินา แต่สถานการณ์ที่ใช้ต่างกันคือในข้อที่ 3 เป็นวัตถุไม่เรืองแสง ส่วนข้อที่ 4 เป็นวัตถุเรืองแสงแสดงตัวอย่างแบบสอบดังภาพที่ 2

<p>Item 3. A boy sees a flower. How does he see the flower?</p>  <p>Also, for both eyes, and for more than one object point</p> <p>*A B C D</p> <p><i>The reason I chose my answer is because:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> There are bundles of rays from the object, and so the boy can see. Bundles of rays are coming out from the boy's eyes and so he is able to see the flower. Light is not shown emanating from the light source, but is only present around the flower. *4 Light is shown emanating from the object and being received by the eye. The object is located within the region of the boy's vision. 	<p>Item 4. A boy sees a candle. How does he see the candle?</p>  <p>Also, for both eyes and for more than one object point</p> <p>*A B C D</p> <p><i>The reason I chose my answer is because:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> There are bundles of rays from the object, and so the boy can see. Bundles of rays are coming out from the boy's eyes and so he is able to see the candle flame. Light is not shown emanating from the light source, but is only present around the candle flame. *4 Light is shown emanating from the object and being received by the eye. The object is located within the region of the boy's vision.
--	--

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับของ Chu et al. (2009)

เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบแต่ละข้อให้คะแนนโดยตอบถูกทั้งสองระดับ ได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน 2) แบบวัดทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราประมาณค่า 10 ระดับ จำนวน 5 ข้อ มีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในเท่ากับ 0.85

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาข้อสอบเป็นรายคู่ (ข้อ 1 และ 2, 3 และ 4, 5 และ 6, 7 และ 8) ที่วัดเนื้อหาเดียวกัน แต่สถานการณ์ที่ต่างกัน พบว่าร้อยละการตอบถูกทั้งสองข้อของนักเรียนน้อยกว่าร้อยละการตอบถูกข้อเดียว เช่น คู่ที่ 4 (ข้อ 7 และ ข้อ 8) ร้อยละการตอบถูกทั้งสองข้อคิดเป็นร้อยละ 20 ร้อยละการตอบถูกข้อ 7 คิดเป็นร้อยละ 22 และร้อยละการตอบถูกข้อ 8 คิดเป็นร้อยละ 55 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีปัญหาในเรื่องของการประยุกต์ใช้แนวคิดเดียวกันแต่ต่างบริบทกัน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ถูกศึกษาในครั้งนี้มี 11 มโนทัศน์พบว่า นักเรียนเกรด 7 ถึงเกรด 10 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้ง 11 มโนทัศน์ โดยพิจารณาจากนักเรียนมากกว่าร้อยละ 10 เลือกคำตอบที่แสดงถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยสรุปนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องแสง ประมาณร้อยละ 25 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในแนวคิดเกี่ยวกับแสง และทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละเกรด พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ดังนี้ เกรด 7 $r = 0.26$, เกรด 8 $r = 0.27$, เกรด 9 $r = 0.32$ และเกรด 10 $r = 0.33$ ปัจจัยด้านเพศ ที่ตั้งของโรงเรียน คะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับแสง โดยปัจจัยที่มีผลต่อความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับแสงมากที่สุดคือระดับชั้นที่เรียน และทั้ง 4 ปัจจัยก็มีความสัมพันธ์กับทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

Ozmen (2010) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษามโนทัศน์เรื่องพลังงานไอออไนเซชันของนักศึกษาครุสาขาวิทยาศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง พลังงานไอออไนเซชัน โดยใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบเลือกตอบ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาครุสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปี 2 และปี 3 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคนิค Karadeniz ประเทศตุรกี จำนวน 300 คน โดยทั้งหมดได้เรียนวิชาเคมีทั่วไป 1 และเคมีทั่วไป 2 วิชาละ 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และได้เรียนเรื่องพันธะเคมีและพลังงานไอออไนเซชัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถามวิจัยสองระดับเรื่อง พลังงานไอออไนเซชันจำนวน 10 ข้อ โดยนำมาจากงานวิจัยของ Tan, Taber, Goh, and Chia (2005) โดยระดับแรกประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา มี 2-3 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับคำตอบระดับแรกมี 3-5 ตัวเลือก วิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ร้อยละการตอบถูก และร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด 12 มโนทัศน์ ผลการวิจัย พบว่า 1) ร้อยละของการตอบถูกทั้งสองระดับคือ ร้อยละ 34.6 2) ร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจ คลาดเคลื่อนในแต่ละมโนทัศน์อยู่ระหว่างร้อยละ 12 ถึงร้อยละ 45.6 โดยมีมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 45.6 คือ เมื่ออิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมของโซเดียม แรงแดึงดูดของนิวเคลียสหายไปทำให้อิเล็กตรอนกระจายอยู่ในอิเล็กตรอนที่เหลือน้อยของโซเดียมไอออน รองลงมา ร้อยละ

33.6 คือ เนื่องจากโซเดียมไอออน(Na^+) มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนตามกฎออกเตตจึงมีความเสถียรมากกว่าโซเดียมอะตอม (Na) และร้อยละ 33 คือ โซเดียมไอออนจะไม่รวมตัวกับอิเล็กตรอนกลายเป็นโซเดียมเนื่องจากโซเดียมไอออนมีอิเล็กตรอนตามกฎออกเตตซึ่งเสถียรอยู่แล้ว ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่านักศึกษาครูไม่ได้เรียนรู้เรื่องพลังงานไอออนในเซชันและเรื่องที่เกี่ยวข้องอย่างเพียงพอ และขาดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งซึ่งเพราะความเป็นนามธรรมของเนื้อหา

Tsui and Treagust (2010) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ การประเมินการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง พันธุศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบเพื่อประเมินความเข้าใจเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียนเกรด 10 และ 12 วิธีการดำเนินการวิจัยทำการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับในโรงเรียนมัธยมจำนวน 3 โรงเรียนของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งโรงเรียนทั้งสามมีการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาโดยใช้สื่อมัลติมีเดียที่ชื่อ BioLogica สำหรับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับถูกนำไปใช้ประเมินความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียนในโรงเรียนทั้ง 3 การพัฒนาเครื่องมือดำเนินการตามขั้นตอนของ Treagust เมื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนแล้วนำร่างแบบสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์มหาวิทยาลัยจำนวน 2 คน และครูผู้สอนจำนวน 2 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงจนได้แบบสอบรุ่นที่ 1 เป็นแบบสอบแบบออนไลน์นำไปใช้กับโรงเรียนแรกเป็นแบบสอบวินิจฉัยก่อนเรียนจำนวน 11 ข้อ แบบสอบวินิจฉัยหลังเรียนจำนวน 8 ข้อ นำไปใช้กับนักเรียนเกรด 10 จำนวน 24 คน สำหรับแบบสอบวินิจฉัยที่ใช้ในโรงเรียนที่ 2 ได้ทำการปรับปรุงใหม่เป็นแบบสอบวินิจฉัยก่อนเรียนจำนวน 9 ข้อ แบบสอบวินิจฉัยหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ นำไปใช้กับนักเรียนเกรด 10 จำนวน 41 คน และแบบสอบฉบับสุดท้ายได้รับการปรับปรุงให้ใช้กับนักเรียนเกรด 12 ของโรงเรียนที่ 3 จำนวน 11 คน ประกอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยก่อนเรียนและหลังเรียนอย่างละ 13 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอบคลังภายในของแบบสอบวินิจฉัยฉบับสุดท้าย มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ 0.75 และ 0.65 สำหรับแบบสอบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของแบบสอบวินิจฉัยก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนหลังเรียน ($M = 65.68$, $SD = 18.48$) แตกต่างจากคะแนนก่อนเรียน ($M = 46.15$, $SD = 25.12$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งให้เห็นว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาร้อยละการตอบถูกฉบับสุดท้าย หลังเรียนพบว่าร้อยละของการตอบระดับที่ 1 ถูก มีค่า 2.73 และร้อยละของการตอบถูกทั้งสองระดับมีค่า 70.3

Dogan and Demirci (2011) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิกของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและนักศึกษาครู งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและนักศึกษาครูเรื่องพัฒนาไอออนิก โดยใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 120 คน แบ่งเป็น 3 ห้องเรียน และนักศึกษาครูวิชาเอกเคมีชั้นปีสุดท้ายของมหาวิทยาลัยในประเทศตุรกี จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามวิจัยสองระดับ โดยระดับแรกเป็นแบบสอบถามเลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ถูก/ผิด) ระดับที่สองเป็นแบบสอบถามเลือกตอบหลายตัวเลือก การพัฒนาเครื่องมือใช้การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำไปทดลองใช้และหาค่าความเที่ยงด้วยวิธี KR-20 มีค่า 0.78 ผลการวิจัย พบว่า สำหรับนักเรียนจำแนกตามห้องเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากดังนี้ ร้อยละ 81 ของนักเรียนห้อง 2 และร้อยละ 77 ของนักเรียนห้อง 3 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าโซเดียมคลอไรด์เป็นโครงสร้างที่อยู่ในรูปโมเลกุลประกอบด้วยโซเดียมไอออน 1 ไอออนและคลอไรด์ไอออน 1 ไอออน สำหรับครูมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด (ร้อยละ 85) ในเรื่องโซเดียมไอออนสร้างพันธะกับคลอไรด์ไอออน 1 พันธะและดึงดูดกับคลอไรด์อีก 3 ไอออนด้วยแรงชนิดอื่น

Adadan and Savasci (2012) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องสารละลายในวิชาเคมี ของนักเรียนอายุ 16-17 ปี โดยใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับ วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ 1) พัฒนาแบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบเลือกในเรื่องสารละลาย 2) ระบุขอบเขตของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสารละลายโดยใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามวิจัยเรื่องธรรมชาติของสารละลายและความสามารถในการละลายเป็นแบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบเลือกตอบมีขั้นตอนในการพัฒนา 3 ขั้นตอนที่เสนอโดย D. F. Treagust (1995) ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) ขั้นแรกกำหนดเนื้อหาของแบบสอบโดยพิจารณาจากหลักสูตรเคมีในประเทศตุรกี ที่ใช้สำหรับนักเรียนเกรด 9 และเกรด 10 โดยผู้วิจัยกำหนดเนื้อหาจำนวน 6 เรื่อง คือ ธรรมชาติของสารละลายและสภาพการละลาย, ปัจจัยที่ส่งผลต่อการละลายของของแข็ง, ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของแก๊ส, ชนิดของสารละลายที่เกี่ยวข้องกับตัวถูกละลาย, ความเข้มข้นของสารละลาย และการนำไฟฟ้าของสารละลาย จากนั้นกำหนดวัตถุประสงค์เขียนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหา ให้ผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วยอาจารย์มหาวิทยาลัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 2 คน และครูผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี 2 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของผังมโนทัศน์ 2) ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาแบบสอบถามเลือกตอบจำนวน 18 ข้อ พัฒนาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยระดับแรกเป็นแบบสอบถามวิจัยแบบเลือกตอบจำนวน 3-7 ตัวเลือก

และระดับที่สองเป็นแบบเขียนตอบปลายเปิดให้นักเรียนเขียนคำตอบเกี่ยวกับเหตุผลในการเลือกคำตอบระดับแรก และนำไปลองใช้กับนักเรียนเกรด 11 จำนวน 430 คน จากนั้นทำการสุ่มนักเรียนแบบคละความสามารรถ (เก่ง ปานกลาง อ่อน) มา 11 คน เพื่อทำการสัมภาษณ์เกี่ยวกับคำตอบที่ตอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ 3) ขั้นตอนที่ 3 เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบฉบับสมบูรณ์และตรวจสอบคุณภาพ โดยนำคำตอบของนักเรียนที่เขียนตอบและจากการสัมภาษณ์มาพัฒนาเป็นแบบสอบฉบับใหม่จำนวน 13 ข้อ โดยทำการตัดข้อสอบจากฉบับแรกไป 5 ข้อที่มีอำนาจจำแนกต่ำ และทำการปรับปรุงตัวเลือกในระดับแรก และสร้างตัวเลือกในระดับที่สอง โดยใช้ข้อมูลจากการเขียนตอบและการสัมภาษณ์ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจำนวน 4 คน และนำไปทดสอบกับนักเรียนเกรด 11 จำนวน 154 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงเพื่อให้ได้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับที่ระดับที่ 1 มี 3-4 ตัวเลือก ระดับที่สองมี 4-6 ตัวเลือก โดยตัวเลือกสุดท้ายเว้นว่างให้นักเรียนเขียนคำตอบถ้าเหตุผลในตัวเลือกที่กำหนดให้ไม่ตรงกับสิ่งที่นักเรียนคิดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนเกรด 11 จำนวน 756 คน อายุ 16-17 ปี จากโรงเรียนมัธยมศึกษาจำนวน 14 โรงเรียน ประเทศตุรกี ทุกโรงเรียนใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่จัดทำโดยกระทรวงศึกษาธิการ และเรียนวิชาเคมี 3 คาบต่อสัปดาห์ และได้เรียนในเรื่องสารละลาย การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการในฤดูใบไม้ร่วงปี ค.ศ.2009 ใช้เวลาในการทดสอบ 45 นาที วัณระยะ 6 สัปดาห์ทำการสัมภาษณ์นักเรียนร้อยละ 5 (42 คน) การวิเคราะห์ข้อมูล 1) วิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค 2) วิเคราะห์เปรียบเทียบความสอดคล้องของคำตอบระหว่างคำตอบจากแบบสอบกับคำตอบจากการสัมภาษณ์ 3) วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย ค่าความยาก, ค่าอำนาจจำแนก, ค่าเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบแบบสอบในระดับที่หนึ่งถูก และตอบถูกทั้งสองระดับ

ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคในแบบสอบระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.697 และแบบสอบทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 0.748 2) ผลการเปรียบเทียบความสอดคล้องของคำตอบระหว่างคำตอบจากแบบสอบกับคำตอบจากการสัมภาษณ์ด้วยค่า Cohen's Kappa ในแบบสอบระดับที่ 1 มีค่า 0.610 ($p < .000$) และแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า 0.544 ($p < .000$) ซึ่งถือว่าสอดคล้องในระดับดีและปานกลาง ตามลำดับ 3) ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย พบว่าในแบบสอบระดับที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 6.30 (SD = 2.83) และคะแนนเฉลี่ยทั้งสองระดับ 4.16 (SD = 2.84) ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก พบว่า มีค่าตั้งแต่ 0.11 (ยากมาก) ถึง 0.69 (ง่าย) ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.22-0.77 และมี 11 ข้อจาก 13 ข้อที่มีค่าอำนาจเกิน 0.40 ซึ่งถือว่าดีมาก ค่าสัดส่วนการตอบถูกของนักเรียน

พบว่า สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบถูกต้องลงเมื่อคิดรวมทั้งสองระดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ การตอบถูก ในระดับแรกแสดงให้เห็นว่านักเรียนอาจจะรู้เนื้อหาบ้าง แต่ไม่เข้าใจในเหตุผลที่เกี่ยวกับแนวคิด พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ 4) ผลการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนพบว่า เรื่อง ธรรมชาติของ สารละลายและการละลาย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ตัวทำละลายในสารละลายต้องมี สถานะเป็นของเหลวเสมอ ร้อยละ 30.8 เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการละลายของของแข็ง มโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ การเพิ่มอุณหภูมิหรือปริมาณสารละลายจะทำให้สารละลายกอลลอยด์ อิมัตว์ ละลายเพิ่มขึ้น ร้อยละ 27.8 เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการละลายของแก๊ส คือ การเพิ่มปริมาณ (ลดความดัน) ทำให้อัตราการละลายของแก๊สเพิ่มขึ้นแต่ความสามารถในการละลายไม่ เปลี่ยนแปลง ร้อยละ 22 เรื่อง ชนิดของสารละลายที่เกี่ยวข้องกับตัวถูกละลาย คือ ในสารละลาย อิมัตว์โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ ในขณะที่การตกตะกอนเป็นข้อสังเกต ของสารละลายอิมัตว์ ร้อยละ 57 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย คือ สารละลายเกลือเข้มข้น ร้อยละ 10 โดยมวล จะมีมวลของสารละลาย 110 กรัม ร้อยละ 38.5 เรื่อง การนำไฟฟ้าของ สารละลาย คือ สารละลายกรดนำไฟฟ้าได้ดีกว่าสารละลายเบส และสารละลายจะนำไฟฟ้าได้ดี เมื่อถูกนำมาใช้ในวงจรไฟฟ้า ร้อยละ 19.3

Al-Balushi (2012) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนเกรด 12 ประเทศโอมาน วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของ นักเรียนเกรด 12 ขอบเขตของเรื่องที่ศึกษา จำนวน 7 เรื่อง คือเรื่องโครงสร้างอะตอม สารประกอบ พันธะเคมี สมดุลเคมี ไฟฟ้าเคมี การเผาไหม้ และปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือนักเรียนเกรด 12 จำนวน 786 คน ในประเทศโอมาน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามวิจัยแบบสอง ระดับจำนวน 25 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้ 1) ระบุขอบเขตของเนื้อหาวิชาเคมีเกรด 12 ในประเทศโอมาน 2) เก็บรวบรวมข้อมูลมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาเคมีในเอกสารและงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง 3) สร้างข้อคำถาม 4) ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 คน ประกอบด้วย อาจารย์มหาวิทยาลัยสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ อาจารย์สาขาเคมี ครูผู้สอนที่มีประสบการณ์สอนเคมีประมาณ 13 ปี 5) นำไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 12 จำนวน 26 คน ได้ค่าความเที่ยงแอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.772 6) นำผลการทดลองใช้มาปรับและ พัฒนาเป็นแบบสอบถามวิจัยสองระดับจำนวน 25 ข้อ การเก็บรวบรวมข้อมูลนำแบบสอบถามจำนวน 25 ข้อไปใช้กับนักเรียนในเวลา 90 นาที การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ความถี่และร้อยละของแต่ละ ตัวเลือกในทั้งสองระดับ ผลการวิจัยพบว่า 1) เรื่องโครงสร้างอะตอมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาก ที่สุดร้อยละ 60.4 คือ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสเป็นวงกลมคล้ายวงโคจรของดาวเคราะห์

โคจรรอบดวงอาทิตย์ 2) เรื่องสารประกอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 48.8 คือ โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบลิเทียมโบรไมด์คือ ลิเทียมหนึ่งอะตอมเชื่อมต่อกับโบรมีนหนึ่งอะตอม 3) เรื่องพันธะเคมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 44.0 คือ เมื่อทำการสลายพันธะเคมีบริเวณที่สลายพันธะจะไม่ได้รับผลกระทบ 4) เรื่องสมดุลเคมี มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 59 คือ สำหรับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ จะต้องเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าก่อนถึงจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ 5) เรื่องไฟฟ้าเคมี มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 56.7 คือ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังด้านแคโทดผ่านทางสะพานเกลือและเมื่อสิ้นสุดอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่กลับไปขั้วแอโนด 6) เรื่องการเผาไหม้ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 62.2 คือ มวลของแมกนีเซียมมากกว่ามวลของแมกนีเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้แมกนีเซียม 7) เรื่องปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชัน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดร้อยละ 30.6 คือ เมื่อจุ่มแท่งเหล็กลงในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (สีฟ้า) แท่งเหล็กจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากเกิดสนิม

Demircioglu (2012) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาครูเรื่อง สมดุลเคมี วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อตรวจสอบระดับความเข้าใจและศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสมดุลเคมี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาครู ภาควิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ชั้นปีที่ 1-5 จำนวน 97 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบวินิจฉัยสองระดับจำนวน 13 ข้อ โดยแบบสอบระดับแรกมี 3 ตัวเลือก แบบสอบระดับที่สองถามเหตุผลของคำตอบระดับแรกมี 4 ตัวเลือก การพัฒนาแบบสอบใช้แบบสอบจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสมดุลเคมี นำแบบสอบฉบับร่างไปทำการทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีเอกเคมีจำนวน 52 คน พบว่าแบบสอบมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.71 เกณฑ์การให้คะแนนนักเรียนจะได้ 3 คะแนนเมื่อตอบถูกทั้งสองระดับ ได้ 2 คะแนนเมื่อตอบระดับที่ 1 ถูกแต่ตอบผิดระดับที่ 2 ได้ 1 คะแนนเมื่อตอบผิดระดับที่ 1 แต่ตอบถูกระดับที่ 2 และได้ 0 คะแนนเมื่อตอบผิดทั้งสองระดับ ดังนั้นคะแนนรวมของแบบสอบจึงเป็น 39 คะแนน การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยจำแนกตามชั้นปี วิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนสอบ (ANOVA) ร้อยละของการตอบถูกในระดับที่ 1 และร้อยละของการตอบถูกทั้งสองระดับ และวิเคราะห์ร้อยละของนักศึกษาครูที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแต่ละแบบ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษาครูชั้นปี 4 มีค่าเฉลี่ยคะแนนสอบสูงที่สุด ($M = 19.56$; $S.D = 5.73$) และนักเรียนชั้นปี 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนสอบต่ำที่สุด ($M = 12.53$; $S.D = 5.76$) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนสอบพบว่าคะแนนสอบของนักศึกษาครูทั้ง 5 ชั้นปีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F(4;93) = 4.75$; $p = 0.02$) จากนั้นทำ

การทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Tukey's HSD พบว่าคะแนนระหว่างชั้นปีที่ 4 กับ ชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 4 กับชั้นปีที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ร้อยละการตอบถูกระดับที่ 1 ในแต่ละข้อมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 24.7 ถึง ร้อยละ 57.7 ร้อยละการตอบถูกทั้งสองระดับ ในแต่ละข้อมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6.1 ถึง ร้อยละ 52.5 3) นักศึกษาครุมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 10 มโนทัศน์ โดยนักเรียนที่เลือกมโนทัศน์เหล่านี้มีค่าร้อยละ 23.7 ถึงร้อยละ 46.3 โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด(ร้อยละ 46.3) คือ ที่ภาวะสมดุลจะไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น

Adodo (2013) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของการใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบที่มีต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างก่อนและหลังการใช้โมเดลการวินิจฉัยสองระดับ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อแบบสอบวินิจฉัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ประกอบด้วยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศไนจีเรีย จำนวน 108 คน เพศชาย 54 คน เพศหญิง 54 คน ใช้การสุ่มด้วยวิธีแบบแบ่งชั้น (stratified random) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบวินิจฉัยสองระดับจำนวน 20 ข้อ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการดำเนินการทดลองนั้นทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะต้องทำแบบทดสอบก่อนเรียน (pre-test) จากนั้นกลุ่มทดลองจะได้รับสิ่งทดลอง (treatment) เป็นการทำแบบสอบวินิจฉัยสองระดับระหว่างเรียน สุดท้ายทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะต้องทำแบบทดสอบหลังเรียน (post-test) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีค่า 10.81 คะแนน และ 10.92 คะแนนตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีค่า 16.56 คะแนน และ 11.39 คะแนนตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้แบบสอบวินิจฉัยช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อใช้แบบสอบวินิจฉัยจะทำให้นักเรียนทราบข้อบกพร่องของตนเอง และพัฒนาตนเองให้มีความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

Bayrak (2013) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับเพื่อระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรดและเบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อ ระบุความเข้าใจและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกรดและเบส การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในช่วงปี ค.ศ. 2009-2010 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8 ในเมืองอิสตันบูล ประเทศตุรกี จำนวน 56 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบเรื่องกรดและเบส จำนวน 15

ข้อ โดยมีการพัฒนาดังนี้ 1) ศึกษาโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรดและเบสจากเอกสารและงานวิจัย สร้างข้อคำถามเกี่ยวกับโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบในเอกสารและงานวิจัยจำนวน 32 ข้อ 2) นำข้อคำถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์(เคมี) ด้านการศึกษา และครูผู้สอนพิจารณาความเหมาะสมของข้อคำถาม 3) นำแบบสอบวินิจฉัยที่ปรับปรุงแล้วจำนวน 15 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 8 ปีการศึกษา 2008-2009 จำนวน 98 คน พบว่าความเที่ยงของแบบสอบมีค่า .783 4) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 วัดความรู้ในเนื้อหาที่วัตถุประสงค์เพื่อระบุโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ส่วนที่ 2 เหตุผลในการตอบมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุความคิด เหตุผลที่สนับสนุนโมโนทัศน์ที่เลือกในส่วนที่ 1 โดยทั้งสองส่วนเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในส่วนที่ 1 คือระดับเนื้อหา และร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกทั้ง 2 ส่วน คือ เนื้อหาและเหตุผล โดยในการให้คะแนนจะได้ 1 คะแนนเมื่อตอบถูกทั้ง 2 ระดับ ถ้าตอบถูกในระดับที่ 1 แต่ตอบผิดในระดับที่ 2 หรือตอบผิดทั้ง 2 ระดับจะได้ 0 คะแนน ผลการวิจัยพบว่า ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกทั้งสองระดับต่ำกว่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในระดับแรก แสดงว่านักเรียนสามารถตอบคำถามในระดับแรกส่วนของเนื้อหาได้ถูกต้องมากกว่า การตอบถูกทั้งเนื้อหาและเหตุผล ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะนักเรียนบางส่วนเรียนรู้เรื่องกรดและเบสอย่างผิวเผินหรือท่องจำคำตอบมาแต่ไม่เข้าใจเหตุผลในการตอบคำถามเหล่านั้น

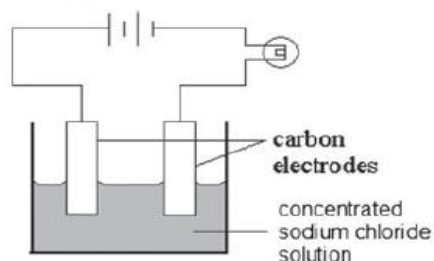
Sesli and Kara (2014) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบสำหรับวัดความเข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์และการสืบพันธุ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับเรื่อง การแบ่งเซลล์และการสืบพันธุ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบจำนวน 14 ข้อ โดยแบบสอบระดับแรกเป็นแบบสอบเลือกตอบ 2-4 ตัวเลือกถามความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาชีววิทยา แบบสอบระดับที่สองเป็นแบบสอบเลือกตอบ 6-7 ตัวเลือกถามเหตุผลของคำตอบในระดับแรก เนื้อหาในแบบสอบประกอบด้วยเรื่อง ชนิดของเซลล์ การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและแบบไมโทซิส การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่มุ่งวัด 2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากนั้นสร้างข้อคำถามปลายเปิดและสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อระบุโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 3) สร้างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับโดยนำข้อมูลจากคำถามปลายเปิดและการสัมภาษณ์มาสร้างตัวลอง จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน สาขาชีววิทยา จำนวน 3 คนตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมของเนื้อหา กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 4) นำไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 112 คน

วิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในมีค่าแอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.81 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเกรด 10 อายุระหว่าง 16 ถึง 19 ปี สุ่มตัวอย่างมาจากโรงเรียนมัธยม 4 โรงเรียนในประเทศไทยสุรกีจำนวน 403 คน โดยกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภูมิหลังทางสังคมและเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน และเรียนหลักสูตรวิชาชีววิทยาหลักสูตรเดียวกัน การวิเคราะห์ข้อมูล 1) วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถามด้านความเที่ยง ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ประสิทธิภาพตัวลวง 2) วิเคราะห์ร้อยละของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแข่งขันและการสืบพันธุ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าแบบสอบถามวินิจฉัยสองระดับเรื่องการแข่งขันและการสืบพันธุ์มีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในเท่ากับ .81 มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 โดยค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.23 ถึง 0.61 สำหรับค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 โดยค่าความยากอยู่ในช่วง 0.31 ถึง 0.72 ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนนักเรียนที่ตอบในระดับแรกถูกในแต่ละข้อมีค่าอยู่ในช่วง 0.27-0.97 ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนนักเรียนที่ตอบทั้งสองระดับถูกในแต่ละข้อมีค่าอยู่ในช่วง 0.23-0.86 แบบสอบถามวินิจฉัยสองระดับเรื่องการแข่งขันและการสืบพันธุ์สามารถระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ 23 มโนทัศน์ พิจารณาจากแต่ละมโนทัศน์ต้องมีนักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 10 เลือกตอบ ร้อยละของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ เรื่องการแข่งขันของโปรแคลิโอต คิดเป็นร้อยละ 34.90

Loh, Subramaniam, and Tan (2014) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การสำรวจความเข้าใจเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสองระดับแนวใหม่ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบสอบถามวินิจฉัยสองระดับแนวใหม่เพื่อวินิจฉัยความรู้เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี 2) เพื่อตรวจสอบศักยภาพของแบบสอบถามวินิจฉัยเพื่อระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามวินิจฉัยสองระดับแนวใหม่โดย ระดับแรกเป็นแบบสอบถามเลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ตัวเลือก 1. ถูก และตัวเลือก 2. ผิด) ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบถามเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือกแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นตัวเลือกที่เป็นเหตุผลสอดคล้องกับตัวเลือกที่ 1 ในระดับแรก ชุดที่ 2 เป็นตัวเลือกที่เป็นเหตุผลสอดคล้องกับตัวเลือกที่ 2 ในระดับแรก ในการตอบ นักเรียนต้องตอบคำถามในระดับแรกก่อนจากนั้นในระดับที่ 2 นักเรียนจะต้องเลือกคำตอบในชุดคำตอบที่สอดคล้องกับตัวเลือกในระดับที่ 1 แสดงตัวอย่างแบบสอบถามไว้ในภาพที่ 3

In the experiment below, sodium and chlorine is produced.



A. True

B. False

The reason for my answer of True is:

- A. Sodium ions are reduced at the cathode and chloride ions are oxidized at the anode
- B. There are only sodium and chlorine present
- C. Sodium and chloride ions carry the charges
- D. The heat from the electrolysis causes them to be produced

The reason for my answer of False is:

- A. Hydrogen and chlorine are produced, based on redox potential
- B. Hydrogen and oxygen are produced because the heat breaks up the water
- C. Nothing is produced as electricity is passed from one electrode to another with the aid of ions
- D. Nothing is produced as the circuit is not complete

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบสอบถามวิจัยสองระดับของ Loh et al. (2014)

การพัฒนาเครื่องมือพัฒนาตามแนวคิดของ D. F. Treagust (1986) โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่อยู่ในหลักสูตรเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากนั้นเขียนสรุปเป็นผังความคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหา 2) สัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับ มโนทัศน์เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยใช้คำถามจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยและจาก ประสบการณ์ในการสอนของผู้วิจัย 3) พัฒนาแบบสอบถามวิจัยสองระดับแนวใหม่โดยใช้ผลจากการ สัมภาษณ์ จากนั้นนำแบบสอบถามวิจัยสองระดับไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมีตรวจสอบ ความตรงตามเนื้อหา พิจารณาภาษาที่ใช้ ความน่าเชื่อถือของตัวลงและพิจารณาความเป็น ตัวแทนของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 4) ทำการปรับปรุงเครื่องมือจนได้เครื่องมือฉบับสุดท้ายที่ ประกอบด้วยข้อคำถาม 13 ข้อ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนเกรด 10 อายุ 16 ปี ประเทศสิงคโปร์ จำนวน 99 คน กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 85 เป็นนักเรียนที่เรียนในหลักสูตรบูรณาการ ซึ่งคัดนักเรียนที่มีความสามารถสูงโดยพิจารณาจากผลการทดสอบระดับชาติตอนจบเกรด 6 การเก็บข้อมูลดำเนินการโดยเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างหลังจากที่เรียนจบในเนื้อหาเซลล์ไฟฟ้าเคมี ใช้เวลาในการทำแบบสอบถามวิจัย 30 นาที การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการวิเคราะห์ข้อสอบจำนวน 10 ข้อ โดยทำการตัดข้อสอบ 3 ข้อที่มีปัญหาในเรื่องของคำตอบถูกไม่ชัดเจนทิ้ง วิเคราะห์ สัดส่วน

ของการตอบถูกทั้งสองระดับ (Facility Index) วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index) วิเคราะห์ความเที่ยงของแบบสอบโดยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการตอบถูกทั้งสองระดับ (Facility Index) มีค่าเท่ากับ 0.32 (SD = 0.16) แสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดความเข้าใจในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีมาก ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้ออยู่ในช่วง 0.13 ถึง 0.23 ซึ่งถือว่าอำนาจจำแนกนักเรียนกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำได้น้อย ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในมีค่า 0.28 ซึ่งถือว่ามีความต่ำมากผู้วิจัยได้ตั้งข้อสังเกตว่าอาจจะเป็นเพราะแบบสอบไม่ได้วัดในมิติเดียว (unidimensional) เมื่อพิจารณาการกระจายของคำตอบของนักเรียนในระดับที่ 2 ของนักเรียนพบว่า จากข้อสอบจำนวน 10 ข้อ มีตัวเลือกในระดับที่สองทั้งหมด 80 ตัวเลือก เป็นตัวลวงจำนวน 70 ตัว นักเรียนไม่เลือกตัวลวงเพียง 4 ตัว แสดงว่าตัวลวงทำงานได้ดีร้อยละ 94.3 และเมื่อพิจารณาร้อยละของการตอบถูกในแต่ละระดับ พบว่าร้อยละการตอบถูกในระดับที่ 1 แต่ผิดในระดับที่ 2 มีค่า 24.7 ร้อยละการตอบถูกทั้งสองระดับมีค่า 31.7 และร้อยละการตอบผิดทั้งสองระดับมีค่า 40.9 กล่าวโดยสรุปแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแนวใหม่นี้สามารถใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างน่าพอใจพิจารณาจากตัวลวงในแต่ละข้อส่วนใหญ่มีนักเรียนมากกว่าร้อยละ 10 เลือกตอบ และเมื่อใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบนี้แล้วจะไม่เกิดปัญหาที่นักเรียนตอบผิดในระดับแรกแต่ตอบถูกในระดับที่สอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับในประเด็นเรื่อง การพัฒนาเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ เพื่อใช้ในการประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ที่มีการพัฒนาเครื่องมือเองตามขั้นตอนของ D. F. T. Treagust (1988) คือ 1) กำหนดขอบเขตของมโนทัศน์ 2) พัฒนาแบบสอบปลายเปิดตามขอบเขตของเนื้อหาที่กำหนด และนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 3) วิเคราะห์คำตอบจากแบบสอบปลายเปิดของนักเรียน ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบ และดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียน 4) สร้างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบจากคำตอบของนักเรียนในคำถามปลายเปิดและจากผลการสัมภาษณ์ รูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยที่พบจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับที่ประกอบด้วยระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ถูก/ผิด) ระดับที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบ 3-4 ตัวเลือก 2) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ ระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 3-4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก และมีตัวเลือกที่ให้ระบุเหตุผลเอง 3) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ ระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ถูก/ผิด) ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

โดยมีชุดของตัวเลือก 2 ชุดที่สอดคล้องกับคำตอบในระดับที่ 1 4) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ ระดับที่ 1 และ 2 เป็นแบบเลือกตอบให้นักเรียนทำแบบสอบทีละ 2 ข้อที่วัดในเนื้อหาเดียวกันแต่มีสถานการณ์ตัวอย่างที่ต่างกัน แบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาทั้งหมดมีค่าความเที่ยงอยู่ระหว่าง 0.28-0.86 บางงานวิจัยมีค่าความยากเฉลี่ยอยู่ในระดับยากมาก ผลจากการใช้แบบสอบวินิจฉัยในการระบุร้อยละของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พบว่า บางงานวิจัยร้อยละของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางมโนทัศน์สูงถึงร้อยละ 62.2 แสดงรายละเอียดของการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการ พัฒนา เครื่องมือ	รูปแบบ เครื่องมือ	คุณภาพ เครื่องมือ
Chu et al. (2009)	การศึกษาความเข้าใจเรื่องแสงโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ	1) ศึกษา มโนทัศน์ เรื่องแสงของนักเรียน 2) ศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักเรียน	นำมาจากงานวิจัยของ Fetherstonaugh and Treagust 1992; Langley, Ronen, and Eylon 1997; La Rosa et al 1984	แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบเลือกตอบให้นักเรียนทำแบบสอบทีละ 2 ข้อ ที่วัดในเนื้อหาเดียวกันแต่มีสถานการณ์ตัวอย่างที่ต่างกัน	ค่าความเที่ยง =0.65

ตารางที่ 2 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจจัยสองระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการ พัฒนา เครื่องมือ	รูปแบบ เครื่องมือ	คุณภาพ เครื่องมือ
Tuysuz (2009)	การพัฒนา แบบสอบ วินิจจัยสอง ระดับเพื่อ ประเมินความ เข้าใจในวิชา เคมี เรื่อง การ แยกสาร	เพื่อพัฒนาแบบ สอบวินิจจัยสอง ระดับเรื่องการ แยกสาร ในวิชา เคมีของนักเรียน เกรด 9	1) สัมภาษณ์ด้วย ข้อคำถาม ปลายเปิด สร้างแบบสอบ แบบประเพณี นิยม 2) นำแบบสอบ วินิจจัยแบบ ประเพณีนิยมไป ทดลองใช้และ นำผลมาพัฒนา แบบสอบ วินิจจัยสอง ระดับ	แบบสอบ วินิจจัยสอง ระดับ ระดับที่ 1 เป็นแบบ เลือกตอบ 3- 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นแบบ เลือกตอบ 4- 5 ตัวเลือก	ค่าความ เที่ยง =0.86
Ozmen (2010)	การศึกษามโน ทัศน์เรื่อง พลังงาน ไอออนไนเซชัน ของนักศึกษา ครูสาขา วิทยาศาสตร์	เพื่อศึกษา มโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน เรื่อง พลังงาน ไอออนไนเซชัน	นำมาจาก งานวิจัยของ Tan, Taber, Goh และ Chia (2005)	ระดับที่ 1 เป็นแบบ เลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ถูก/ ผิด) ระดับที่ 2 เป็นแบบ เลือกตอบ 3- 4 ตัวเลือก	ค่าความ เที่ยง =0.75

ตารางที่ 3 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจัยสองระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการ พัฒนา เครื่องมือ	รูปแบบ เครื่องมือ	คุณภาพ เครื่องมือ
Tsui and Treagu st (2010)	การประเมิน การให้เหตุผล ทาง วิทยาศาสตร์ใน เรื่อง พันธุ ศาสตร์โดยใช้ แบบสอบ วินิจัยสอง ระดับ	เพื่อพัฒนาแบบ สอบวินิจัยสอง ระดับแบบ เลือกตอบเพื่อ ประเมินความ เข้าใจเรื่อง พันธุศาสตร์ของ นักเรียนเกรด10 และ 12	1) กำหนด เนื้อหา 2) พัฒนาแบบ สอบปลายเปิด และสัมภาษณ์ 3) สร้างแบบ สอบ วินิจัย สองระดับ	แบบสอบ วินิจัยสอง ระดับ แบบ เลือกตอบ ออนไลน์	ค่าความ เที่ยง =0.65
Dogan and Demirc i (2011)	ศึกษามโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะไอ ออนิกของ นักเรียนระดับ มัธยมศึกษา และนักศึกษา ครู	ตรวจสอบมโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนของ นักเรียนและ นักศึกษาครูเรื่อง พัฒนาไอออนิก	1)การศึกษา เอกสารและ งานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง 2)สร้างแบบ สอบและนำไป ทดลองใช้	ระดับแรก เป็นแบบสอบ เลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ถูก/ ผิด) ระดับที่ สองเป็นแบบ สอบ เลือกตอบ หลาย ตัวเลือก	KR- 20=0.78

ตารางที่ 4 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการ พัฒนา เครื่องมือ	รูปแบบ เครื่องมือ	คุณภาพ เครื่องมือ
Adadan and Savasci (2012)	การวิเคราะห์ มโนทัศน์เรื่อง สารละลายใน วิชาเคมี ของ นักเรียนอายุ 16-17 ปี	1) พัฒนาแบบ สอบวินิจฉัยสอง ระดับแบบ เลือกตอบในเรื่อง สารละลาย 2) ระบุขอบเขต ของ มโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนใน เรื่องสารละลาย โดยใช้แบบสอบ วินิจฉัยสองระดับ	พัฒนาตาม ขั้นตอนของ Treagust 1) กำหนด เนื้อหา 2) พัฒนาแบบ สอบปลายเปิด และสัมภาษณ์ 3) สร้างแบบ สอบ วินิจฉัย สองระดับ	ระดับที่ 1 เป็นแบบ เลือกตอบ 3 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นแบบ เลือกตอบ 5 ตัวเลือกและ มีตัวเลือกที่ ให้ระบุ เหตุผลเอง	ค่าความ เที่ยง =0.748 ค่าความ ยาก อยู่ในช่วง 0.11-0.69 ค่าอำนาจ จำแนกอยู่ ในช่วง 0.22 – 0.77
Al- Balushi (2012)	มโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน ในวิชาเคมีของ นักเรียนเกรด 12 ประเทศ โอมาน	ศึกษามโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนใน วิชาเคมี เรื่อง โครงสร้างอะตอม สารประกอบ พันธะเคมี สมดุลเคมี ไฟฟ้า เคมี การเผาไหม้ และปฏิกิริยาเคมี	1)กำหนดเนื้อหา 2)รวบรวมมโน ทัศน์ ที่ คลาดเคลื่อน 3)ส ร ำ ง ขั อ คำถาม 4)ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความตรง 5)ทดลองใช้ 6) ปรับปรุงแบบ สอบ	ระดับที่ 1 เป็นแบบ เลือกตอบ 3- 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นแบบ เลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก	ค่าความ เที่ยง= .772

ตารางที่ 5 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจัยสองระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ	รูปแบบเครื่องมือ	คุณภาพเครื่องมือ
Demircioglu (2012)	การตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาครูเรื่องสมมูลเคมี	เพื่อตรวจสอบระดับความเข้าใจและศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสมมูลเคมี	1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) สร้างแบบสอบวินิจัยสองระดับฉบับร่างและนำไปทดลองใช้	ระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก	ค่าความเที่ยง=.71
Adodo (2013)	ผลของการใช้แบบสอบวินิจัยสองระดับแบบเลือกตอบที่มีต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างก่อนและหลังการใช้โมเดลการวินิจัยสองระดับ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อแบบสอบวินิจัย	1) การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) สร้างแบบสอบและนำไปทดลองใช้	แบบสอบวินิจัยสองระดับแบบเลือกตอบ	ค่าความเที่ยง=.76

ตารางที่ 6 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ	รูปแบบเครื่องมือ	คุณภาพเครื่องมือ
Bayrak (2013)	การใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับเพื่อระบุนักเรียนที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรดและเบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น	ระบุนักเรียนที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกรดและเบส	1) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสร้างข้อคำถาม 2) ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อคำถาม 3) ปรับปรุงข้อคำถาม 4) พัฒนาแบบสอบ วินิจฉัยสองระดับ	ระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 3-4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก และมีตัวเลือกที่ให้ระบุเหตุผลเอง	ค่าความเที่ยง=.783
Sesli and Kara (2014)	การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับสำหรับวัดความเข้าใจเรื่อง การแบ่งเซลล์ และการสืบพันธุ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา	พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับเรื่อง การแบ่งเซลล์และการสืบพันธุ์	1) กำหนดขอบเขต 2) ศึกษาเอกสาร สร้างข้อคำถาม ปลายเปิด และสัมภาษณ์ 3) สร้างแบบสอบวินิจฉัย	ระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 3-4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบ 8 ตัวเลือก และมีตัวเลือกที่ให้ระบุเหตุผลเอง	ค่าความเที่ยง=.81

ตารางที่ 7 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ	รูปแบบเครื่องมือ	คุณภาพเครื่องมือ
Loh et al. (2014)	การสำรวจความเข้าใจเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ	1) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแนวใหม่ เพื่อวินิจฉัยความรู้เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี 2) เพื่อตรวจสอบศักยภาพของแบบสอบวินิจฉัยเพื่อระบุโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี	1) ศึกษาเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวกับ เซลล์ไฟฟ้าเคมี เขียนสรุปเป็นผังความคิด 2) สัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี 3) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับและนำไปทดลองใช้ 4) ทำการปรับปรุงเครื่องมือ	ระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ถูก/ผิด) ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยมีชุดของตัวเลือก 2 ชุดที่สอดคล้องกับคำตอบในระดับที่ 1	ความเที่ยง = 0.28

ประเด็นที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับกับแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม มีนักวิจัยได้ทำการศึกษาไว้ดังนี้

วนิดา ภู่อี่ยม (2551) ศึกษาวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมกับแบบสองระดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับ 2. เพื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความ

แปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับ ที่มีจำนวนมวลเนื้อหาและจำนวนข้อสอบต่อมวลเนื้อหาที่ต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรกแบ่งเป็น กลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับใช้เก็บข้อมูลจริงซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi - stage random sampling) จำนวน 686 คน และกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ด้วยเทคนิคคิดออกเสียง (thinking aloud) ซึ่งจะนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของแบบสอบวินิจัย ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโรงเรียนละ 5 คน รวมจำนวนนักเรียน 40 คน กลุ่มที่สอง กลุ่มครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างสำหรับสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบสอบวินิจัยที่สร้างขึ้น ได้แก่ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 8 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ส่วนที่ 1 เครื่องมือสำรวจมโนทัศน์เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ เป็นแบบสอบเชิงสำรวจ (survey test) ส่วนที่ 2 เครื่องมือวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ แบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยมและแบบสอบวินิจัยสองระดับ ส่วนที่ 3 เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของแบบสอบวินิจัยโดยใช้วิธีการคิดออกเสียง (thinking aloud) ส่วนที่ 4 เครื่องมือสำรวจความคิดเห็นในการนำแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับไปใช้ในการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นแบบสัมภาษณ์มีโครงสร้างคำถาม ผลการวิจัยพบว่า 1. ผลการสำรวจมโนทัศน์เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบด้วยแบบสอบเชิงสำรวจ พบว่า ในแต่ละมวลเนื้อหานักเรียนมี มโนทัศน์การคิด 8 รูปแบบ 2. แบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับมีคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา และความตรงเชิงวินิจัยระดับเดียวกัน ด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยมมีความเที่ยงระดับเดียวกัน ด้านค่าเฉลี่ยความยากและอำนาจจำแนก พบว่า แบบสอบสองระดับมีค่าความยากมากกว่าแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยมแต่อำนาจจำแนกอยู่ในระดับดีทั้ง 2 ประเภท 3. แบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับสามารถจำแนกนักเรียนผู้ที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ โดยแบบสอบสองระดับสามารถวินิจัยได้ตรงและละเอียดกว่าแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยม 4. ผลตรวจสอบความตรงของแบบสอบวินิจัยแบบความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ด้วยวิธีการคิดออกเสียง พบว่า แบบสอบวินิจัยแบบสองระดับมีค่าความตรงอยู่ในระดับสูงกว่าแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยม และยังสามารถระบุรายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ดีกว่าแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยม 5. ค่าสัมประสิทธิ์

การสรุปอ้างอิงของแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับทุกช่วงมวลเนื้อหาที่มีการศึกษา ส่วนค่าความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนของแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมต่ำกว่าค่าความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนของแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับทุกช่วงที่มีการศึกษา 6. ผลการสำรวจความคิดเห็นในการนำแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยม และแบบสองระดับไปใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สรุปได้ว่า สามารถนำแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ทั้งสองชนิดไปใช้กับนักเรียนได้

Tuysuz (2009) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับเพื่อประเมินความเข้าใจในวิชาเคมี วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับเรื่องการแยกสาร ในวิชาเคมีของนักเรียนเกรด 9 การวิจัยในครั้งนี้ใช้การวิจัยทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ชุด คือ 1) แบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม 2) แบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับ ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือเป็นสามระยะ ระยะที่ 1 ทำการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 21 คนด้วยข้อคำถามปลายเปิด ผลจากการสัมภาษณ์นำมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม ระยะที่ 2 นำแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมที่พัฒนาในระยะแรกไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 24 คน โดยให้นักเรียนเลือกทำตอบที่ถูกที่สุด จากนั้นให้นักเรียนเขียนบรรยายเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น นำผลของการตอบที่ได้มาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ ระยะที่ 3 นำแบบสอบวินิจฉัยสองระดับเรื่องการแยกสาร จำนวน 25 ข้อไปทำการทดสอบกับนักเรียน 156 คน คำนวณค่าความเที่ยงของแบบสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่า 0.86 จากนั้นทำการคัดเลือกเหลือ 15 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 141 คน การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มตัวอย่างจะต้องทำแบบสอบวินิจฉัยสองระดับและแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมเปรียบเทียบกัน

ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนเฉลี่ยของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับมีค่า 5.48 และแบบประเพณีนิยมมีค่า 9.40 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยค่า t-test พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับช่วยลดโอกาสในการเดาถูกของนักเรียน และการตอบแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมใช้ความรู้ขั้นพื้นฐานในการตอบ แต่แบบสอบวินิจฉัยสองระดับต้องให้การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นทักษะที่สูงขึ้น ผลการใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับช่วยจำแนกนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้มากกว่าทั้งนี้เพราะแบบสอบวินิจฉัยสองระดับในระดับเหตุผลพัฒนามาจากความเข้าใจผิดของนักเรียน และเรื่องที่นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด (ร้อยละ 71) คือ การแยกของผสม 3 ชนิดขึ้นไป

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสองระดับในประเด็น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับกับแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม สามารถสรุปได้ว่า แบบสอบสองระดับมีค่าความยากมากกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมแต่อำนาจจำแนกอยู่ในระดับดีทั้ง 2 ประเภท แบบสอบวินิจฉัยสองระดับสามารถจำแนกนักเรียนผู้ที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ตรงและละเอียดกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม

1.6.3 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (three-tier diagnostic test)

เนื่องจากแบบสอบวินิจฉัยสองระดับมีข้อจำกัดในประเด็นที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างของนักเรียนที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) และนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) หรือไม่สามารถแยกความแตกต่างของนักเรียนที่ตอบถูกจากความเข้าใจ (scientific knowledge) หรือตอบถูกจากการเดา (lucky guess) จึงได้มีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยเพิ่มระดับที่สาม คือ ระดับความเชื่อมั่น (confidence rating) ซึ่งวัดความเชื่อมั่นของผู้สอบในระดับแรกและระดับที่สองซึ่งความเชื่อมั่นถือเป็นคุณลักษณะส่วนบุคคลของผู้สอบในการประเมินความถูกต้องในการตอบของตนเอง การใช้ประโยชน์จากคะแนนความเชื่อมั่นมีที่มาจากสาขาจิตวิทยาที่ให้ผู้สอบประเมินความถูกต้องของประสิทธิภาพการทำงาน

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเริ่มใช้ครั้งแรกในงานวิจัยของ Eryilmaz and Surmeli (2002) ได้พัฒนาแบบสามวินิจฉัยสามระดับเพื่อประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องความร้อนและอุณหภูมิของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่สร้างขึ้นในระดับแรกเป็นระดับที่ถามความรู้ในเนื้อหา ระดับที่สองถามเหตุผลของคำตอบในระดับแรก ระดับที่สามถามความมั่นใจในคำตอบระดับที่ 1 และ 2 จำนวน 57 ข้อ นำไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 77 คน และทำการวิเคราะห์หรือรายละเอียดของนักเรียนที่ตอบถูกในระดับแรก, รายละเอียดของนักเรียนที่ตอบถูกในระดับที่ 1 รวมกับระดับที่ 2 และรายละเอียดของการตอบถูกระดับที่ 1 ระดับที่ 2 และมั่นใจในระดับที่ 3

1.6.3.1 รูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

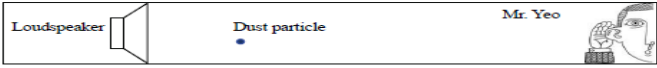
รูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับประกอบด้วย ระดับที่ 1 เรียกว่าระดับเนื้อหา (content tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ 2-4 ตัวเลือกมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความรู้ของผู้สอบ ระดับที่ 2 เรียกว่า ระดับเหตุผล (reason tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก และระดับที่ 3 เรียกว่า ระดับความเชื่อมั่น (confidence rating) ระดับความเชื่อมั่นในแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่พบในงานวิจัยมี 2 ลักษณะ คือรูปแบบที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือกคือ มั่นใจและไม่มั่นใจ เช่น งานวิจัยของ (Arslan et al., 2012; Cetin-Dindar & Gebanc, 2010; Pesman & Eryilmaz, 2010) พิจารณาตัวอย่างได้ที่ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

รูปแบบที่ 1 ของ Cetin-Dindar and Gebanc (2010) รูปแบบที่ 2 เป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 6 ระดับ ตั้งแต่เดาคำตอบ-มั่นใจอย่างยิ่ง พิจารณาตัวอย่างได้ที่ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับรูปแบบที่ 2 ของ Caleon and Subramaniam (2010)

Tiers	A sample three-tier question
First tier	1.1. The chemistry teacher in your class has two beakers and these beakers contain two solutions in the same volume. The teacher tells you that one of the beakers contains, X, a weak acid solution, and the other contains, Y, a strong acid solution. In order to determine which beaker contains <u>the strong acid solution</u> , which of the following information that the teacher gives to you would be <u>merely</u> enough to determine? (a) The concentration of the solutions (b) The pH of the solutions (c) The number of hydrogen atoms in the formulas (d) The dissociation of the solutions (e) The color change rate of litmus paper
Second tier	1.2. Which one of the followings is the reason of your answer for the previous question? (a) As the number of ions in a solution increases, the strength of an acid increases (b) As the dissociation of an acid increases, the strength of an acid increases (c) As the concentration of a solution increases, the strength of an acid increases (d) As the pH of a solution increases, the strength of an acid decreases (e) Strong acids change the color of a solution fast (f) As the number of hydrogen atoms in a molecular formula increases, the strength of an acid increases (g)
Third tier	1.3. Are you sure about your answers for the previous two questions: (a) I am sure. (b) I am not sure.

ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับรูปแบบที่ 1 ของ Caleon and Subramaniam (2010)

Q1: In a room with still air, a dust particle is floating in front of a loudspeaker (see the illustration below) while Mr. Yeo is listening at a distance from the loudspeaker. The loudspeaker is turned on and plays a note at a constant frequency. Which one of the choices below best describes the motion of the dust particle?



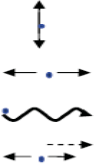
Main answer:

A. The dust particle will move up and down, while keeping about the same distance from the loudspeaker.

B. The dust particle will move left and right while keeping about the same distance from the loudspeaker.**

C. The dust particle will follow a sinusoidal path while moving closer to Mr. Yeo.

D. The dust particle will move left and right while moving closer to Mr. Yeo.



Scientific reason for my answer:

Sound waves make the particles in the medium (including the dust particle) to

- vibrate perpendicular to the wave motion. The particles in the medium return to or near their undisturbed position after the waves have passed by.
- vibrate parallel to the direction of the wave motion. The particles in the medium return to or near their undisturbed position after the waves have passed by.**
- move to follow the amplitude/shape of the longitudinal waves, and not to move in straight lines. The sound waves push the particles in the medium away from the source.
- vibrate parallel to the direction of wave motion. The sound waves push the particles in the medium away from the source.
-

Confidence Rating:

1	2	3	4	5	6
Just	Very	Unconfident	Confident	Very	Absolutely
Guessing	Unconfident			Confident	Confident

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับรูปแบบที่ 2 ของ Caleon and Subramaniam (2010)

1.6.3.2 การให้คะแนนและระบุโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

เมื่อพิจารณาที่แบบสอบวินิจฉัยสามระดับรูปแบบที่ 1 ที่ประกอบด้วยระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reason tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ และระดับที่ 3 ระดับความเชื่อมั่น (confidence rating) 2 ระดับ (ไม่มั่นใจ หรือ มั่นใจ) การให้คะแนนจะแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 first-tier scores หมายถึง คะแนนจากระดับที่ 1 ระดับเดียว ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน คะแนนส่วนนี้แสดงถึงความสามารถของนักเรียนในการตอบคำถามในส่วนของเนื้อหา ส่วนที่ 2 two-tier scores หรือ both tiers scores หมายถึง คะแนนจากระดับที่ 1 รวมกับคะแนนในระดับที่ 2 ตอบถูกทั้งสองระดับได้ 1 คะแนน ตอบผิดทั้งสองระดับหรือถูกเพียงระดับเดียวได้ 0 คะแนน คะแนนส่วนนี้แสดงถึงความสามารถของนักเรียนในการตอบคำถามในส่วนของเนื้อหาและเหตุผล ส่วนที่ 3 three-tier scores หรือ total score หมายถึง คะแนนรวมจากระดับที่ 1 2 และ 3 ตอบถูกในระดับที่ 1, 2 และระดับที่ 3 เลือกมั่นใจได้ 1 คะแนน ในกรณีอื่นๆ ได้ 0 คะแนน ส่วนที่ 4 confidence tiers หมายถึง คะแนนจากระดับที่ 3 ระดับเดียวคะแนนส่วนนี้แสดงถึงความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะนำคะแนนระดับที่ 1 (first-tier scores), คะแนนระดับที่ 1 รวมกับระดับที่ 2 (two-tier scores) และ คะแนนรวมจากระดับที่ 1 2 และ 3 (three-tier scores) มาใช้วิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนก วิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ นอกจากนี้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน two-tier scores กับ confidence tiers โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความสามารถของนักเรียนกับระดับความมั่นใจในคำตอบ

ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสอบวินิจฉัยสามระดับช่วยให้ครูผู้สอนตรวจสอบความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและสามารถศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและจำแนกประเภทของนักเรียนออกเป็น 6 ประเภทคือ 1) มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) หมายความว่านักเรียนที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงสามารถตอบถูกทั้งสองระดับและมั่นใจในคำตอบของตนเอง 2) มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวก (false positive) หมายความว่านักเรียนที่มีความรู้ในบางส่วนสามารถตอบถูกในส่วนของระดับที่ 1 แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง และมั่นใจในคำตอบทั้งสองระดับ 3) มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบ (false Negative) หมายความว่า นักเรียนที่ตอบผิดในคำตอบระดับแรกแต่ให้เหตุผลในระดับที่สองได้ถูกต้อง และมั่นใจในคำตอบทั้งสองระดับ 4) มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) หมายความว่า นักเรียนที่ตอบผิดทั้งสองระดับและมั่นใจในคำตอบ 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) หมายความว่า นักเรียนที่ตอบถูกทั้งสอง

ระดับแต่ไม่มั่นใจในคำตอบ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) หมายถึง นักเรียนที่ตอบผิดหรือตอบถูกในระดับใดระดับหนึ่งและไม่มั่นใจในคำตอบ หรือนักเรียนที่ตอบผิดทั้งสองระดับและไม่มั่นใจในคำตอบ ดังตารางที่ 2 การจำแนกประเภทของนักเรียนเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนของครูช่วยให้ครูสามารถแก้ไขปัญหาของผู้เรียนได้ตรงจุดโดยสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือสอนซ่อมเสริมในประเด็นที่นักเรียนขาดความรู้

ตารางที่ 8 การจำแนกประเภทการนักเรียนตามความเป็นไปได้ทั้งหมดในการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ระดับที่1 (First tier)	ระดับที่2 (Second tier)	ระดับที่3 (Third tier)	ประเภทของนักเรียน (Categories)
ถูก	ถูก	มั่นใจ	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge)
ถูก	ผิด	มั่นใจ	มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวก (False positive)
ผิด	ถูก	มั่นใจ	มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบ (False Negative)
ผิด	ผิด	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception)
ถูก	ถูก	ไม่มั่นใจ	เดาคำตอบถูก (Lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (Lack of confidence)
ถูก	ผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)
ผิด	ถูก	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)
ผิด	ผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)

ที่มา: (Arslan et al., 2012)

การให้คะแนนสำหรับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับรูปแบบที่ 2 ที่ประกอบด้วยระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reason tier) เป็นแบบสอบเลือกตอบ และระดับที่ 3 ระดับความเชื่อมั่น (confidence rating) เป็นแบบมาตราประมาณค่า 6 ระดับตั้งแต่เดาคำตอบ-มั่นใจอย่างยิ่ง การให้คะแนนแบ่งเป็น 1) first-tier scores หมายถึง คะแนนในระดับแรก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน 2) คะแนนรวมทั้งสองระดับ ตอบถูกทั้งสองระดับได้ 1 คะแนน ตอบในกรณีอื่นได้ 0 คะแนน 3) คะแนนเฉลี่ยความ

เชื่อมั่นมีการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้ ค่า CF หมายถึง ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจของนักเรียนทั้งหมด ค่า CFC หมายถึงค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูก ค่า CFW หมายถึงค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบผิด ค่า CAQ หมายถึง ค่าเปรียบเทียบระดับความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูกกับนักเรียนที่ตอบผิดโดยคำนวณจาก ค่า CFC-CFW/SD ของคะแนนความเชื่อมั่นทั้งหมด สำหรับการระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใช้เกณฑ์ดังนี้คือ ร้อยละของนักเรียนที่เลือกมโนทัศน์ต้องมากกว่าร้อยละ 10 และระดับความเชื่อมั่นต้องมากกว่า 3.5 จึงจะจัดว่าเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอย่างแท้จริง

1.6.4 งานวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (three-tier diagnostic test)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในวิชาวิทยาศาสตร์ นักวิจัยส่วนใหญ่ทำการวิจัยในประเด็นเดียวกันคือ การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเพื่อทำการประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ดังงานวิจัยต่อไปนี้

Caleon and Subramaniam (2010) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเพื่อประเมินความเข้าใจเรื่องคลื่นของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องธรรมชาติของคลื่น และระบุประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องคลื่น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 10 ประเทศสิงคโปร์ จำนวน 234 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องคลื่น จำนวน 14 ข้อ เพื่อวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 21 มโนทัศน์ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้ 1) ศึกษาเนื้อหาโดยอ้างอิงจากหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ของ the Singapore-Cambridge GCE "O" level ปีค.ศ. 2006 และหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ที่ใช้ในโรงเรียนมัธยมศึกษา 2) สร้างข้อคำถามปลายเปิดเรื่องคลื่น จำนวน 8 ข้อ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย การสังเกตการณ์สอนเรื่องคลื่นในห้องเรียน ศึกษารายงานผลการทดสอบวิชาฟิสิกส์ ("O" level physics examinations) ในปีที่ผ่านมา ศึกษาจากบันทึกหลังสอนของครู 3) นำแบบสอบปลายเปิดไปทดสอบนักเรียนจำนวน 39 คน และสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มนี้จำนวน 10 คน เกี่ยวกับการตอบแบบสอบ 4) นำผลจากแบบสอบปลายเปิดมาสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยข้อคำถามในระดับแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องคลื่น คำถามในระดับที่สองเป็นเหตุผลของการตอบในระดับแรก จากนั้นตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน ได้แก่ อาจารย์ในมหาวิทยาลัยจำนวน 4 คน ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 4 คน และกำหนดแบบสอบในระดับที่สามโดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 6 ระดับ ตั้งแต่ 1 (คาดเดาคำตอบ) จนถึงระดับ 6 (มั่นใจมากที่สุด) 5) นำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 10 จำนวน 78

คน จากนั้นเว้นระยะ 2 สัปดาห์ ทำการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 7 คน โดยให้นักเรียนระบุคำตอบ และเหตุผลโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) 6) นำผลการทดลองใช้มาปรับปรุง พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ 14 ข้อ จำนวน 2 ฉบับ การเก็บรวบรวมข้อมูล นำแบบสอบ วินิจฉัยสามระดับไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง และเว้นระยะสามสัปดาห์ทำแบบทดสอบวินิจฉัย ฉบับที่ 2 หลังจากนั้นสุ่มนักเรียนมาทำการสัมภาษณ์ประมาณ 30-60 นาที การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบด้านความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Cronbach's alpha) ความเที่ยงแบบสอบซ้ำ (test-retest) ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก กำหนดคะแนนจุดตัด
- 2) วิเคราะห์ระดับความมั่นใจ โดยแบ่งเป็น ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจของนักเรียนทั้งหมด (CF) ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูก (CFC) ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจของ นักเรียนที่ตอบผิด (CFW) ค่าเปรียบเทียบระดับความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูกกับนักเรียนที่ ตอบผิด (CAQ) คำนวณจาก ค่า $CFC-CFW/SD$ ของคะแนนความเชื่อมั่น

ผลการวิจัย 1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน Cronbach's alpha ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับฉบับที่ 1 ในส่วนของเนื้อหา (Content) คะแนนรวม (total score) และระดับความมั่นใจ (confidence) มีค่าความเที่ยง .58, .64 และ .88 ตามลำดับ สำหรับฉบับที่ 2 มีค่าความเที่ยง .63, .69 และ .93 ตามลำดับ ความเที่ยงแบบวัดซ้ำ (test-retest) โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) พบว่าในส่วนของเนื้อหา (content) คะแนนรวม (total score) และระดับความมั่นใจ (confidence) มีค่าความเที่ยง .63 .67 .73 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก พบว่า แบบสอบระดับที่ 1 (Content tier) มีค่าอำนาจจำแนก .39 แบบสอบระดับที่ 1 รวมกับระดับที่ 2 (both tier) มีค่าอำนาจจำแนก .42 ผล การวิเคราะห์ค่าความยากอยู่ในระดับปานกลาง (.42) ถึงระดับยากมาก (.12) ซึ่งสอดคล้องกับ ระดับคะแนนเฉลี่ยส่วนเนื้อหา (content scores) มีค่าเฉลี่ย 5.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.54 ระดับคะแนนเฉลี่ยทั้งหมด (total scores)) มีค่าเฉลี่ย 3.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.51 การ กำหนดคะแนนจุดตัด คะแนนระดับเนื้อหา กำหนด 10 คะแนน (ร้อยละ 75) คะแนนรวมเนื้อหา และเหตุผลกำหนด 8 คะแนน (ร้อยละ 58) และระดับความมั่นใจกำหนด 3.5 คะแนน 2) ค่าเฉลี่ย ของระดับความมั่นใจของนักเรียนทั้งหมด (CF) มีค่าเท่ากับ 3.60 ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจ ของนักเรียนที่ตอบถูก (CFC) มีค่าเท่ากับ 3.66 ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบ ผิด (CFW) มีค่าเท่ากับ 3.54 ค่าเปรียบเทียบระดับความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูกกับนักเรียนที่ ตอบผิด (CAQ) มีค่าเท่ากับ 0.08 แสดงให้เห็นความความเชื่อมั่นของกลุ่มที่ตอบถูกไม่แตกต่าง จากกลุ่มที่ตอบผิด 3) เมื่อพิจารณามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด 21 มโนทัศน์ พบว่ามี 11

มโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจผิดมากพิจารณาจากมีระดับความมั่นใจเฉลี่ยเกิน 3.50 แสดงว่ามโนทัศน์เหล่านี้ฝังลึกอยู่ในฐานความรู้ของนักเรียน โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด (ร้อยละ 73.7) คือ อากาศเป็นตัวกลางที่จำเป็นในการแพร่กระจายของคลื่นเสียง ถ้าไม่มีอากาศเสียงจะไม่สามารถแพร่กระจายได้ และมีระดับความมั่นใจเฉลี่ยในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้มากที่สุด (ร้อยละ 4.59)

Pesman and Eryilmaz (2010) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เพื่อประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 124 คน ในประเทศตุรกี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจำนวน 12 ข้อ แบบสอบระดับที่ 1 เป็นแบบสอบเลือกตอบ 2 - 3 ตัวเลือก แบบสอบระดับที่ 2 ถามเหตุผลของการตอบคำถามในระดับแรก เป็นแบบสอบเลือกตอบ 4-6 ตัวเลือก โดยตัวเลือกสุดท้ายมีการเว้นให้นักเรียนเขียนคำตอบ แบบสอบระดับที่ 3 มี 2 ตัวเลือก (มั่นใจ/ไม่มั่นใจ) มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันความมั่นใจในการตอบคำถามระดับที่ 1 และ 2 ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยสามระดับพัฒนามาจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์การตอบคำถามปลายเปิด คะแนนจากแบบสอบแบ่งเป็น score1 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 ระดับเดียว score2 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 กับคะแนนในระดับที่ 2 score3 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 2 และ 3 confidence tiers คือ คะแนนจากระดับที่ 3 ระดับเดียว scores based on only the second tier คือ คะแนนจากระดับที่ 2 เพียงระดับเดียว misconception 1 คือ การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแบบสอบระดับแรก misconception 2 คือ การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแบบสอบระดับแรกและระดับที่สอง misconception 3 การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแบบสอบทั้งสามระดับ การวิเคราะห์ข้อมูล 1) วิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายของคะแนนรวม (score3) 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมระดับที่ 1 กับ 2 (score2) กับคะแนนจากระดับที่ 3 ระดับเดียว (confidence tiers) 3) วิเคราะห์ร้อยละของ false positives (ตอบถูกระดับที่ 1 ตอบผิดระดับที่ 2 และระดับที่ 3 ตอบมั่นใจ) ร้อยละของ false negatives (ตอบผิดระดับที่ 1 ตอบถูกระดับที่ 2 และระดับที่ 3 ตอบมั่นใจ) และร้อยละของ lack of knowledge (ตอบผิดระดับที่ 1 ตอบถูกระดับที่ 2 ตอบไม่มั่นใจระดับที่ 3 หรือ ตอบถูกระดับที่ 1 ตอบผิดระดับที่ 2 ตอบไม่มั่นใจระดับที่ 3 หรือ ตอบผิดระดับที่ 1 และ 2 ตอบไม่มั่นใจระดับที่ 3) 4) วิเคราะห์ร้อยละของการตอบถูกเป็นรายข้อ 12 ข้อ และร้อยละของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่กำหนดไว้ในแบบสอบจำนวน 11 มโนทัศน์

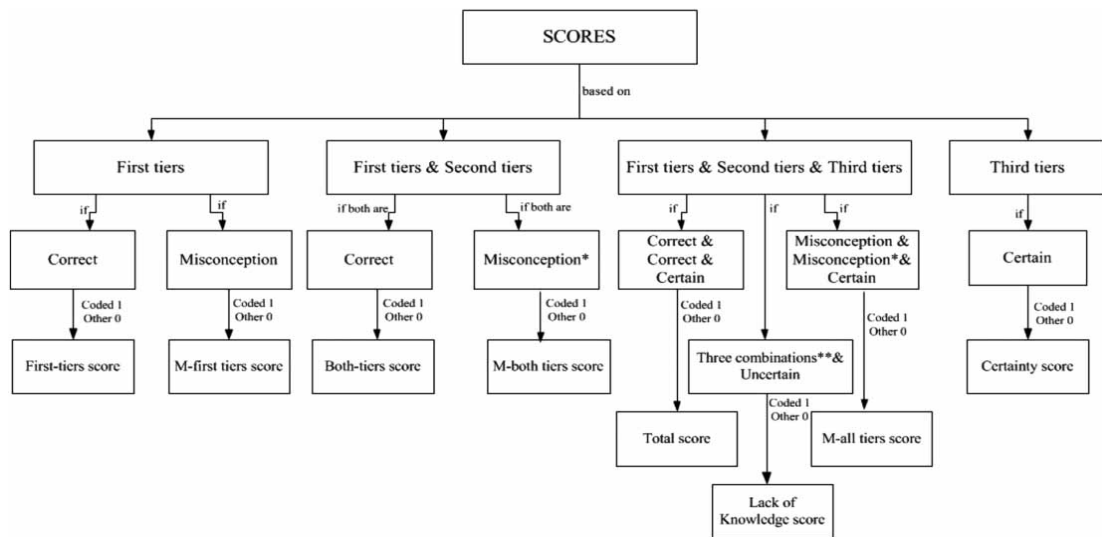
ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มีค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมเท่ากับ 2.93 (SD=2.35) มีค่าความยากเฉลี่ย 0.24 ค่าความเบ้เป็นบวก (Skewness) มีค่า 0.72 ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Cronbach's alpha) มีค่า .69 2) ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน score 2 กับ confidence tiers มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .51 สรุปได้ว่านักเรียนที่ตอบถูกทั้งระดับที่ 1 และ 2 (ได้คะแนนสูง) มีความมั่นใจในคำตอบมากกว่านักเรียนที่ได้คะแนนต่ำ และเมื่อพิจารณาที่กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง score 2 กับ confidence tiers จะพบว่านักเรียนบางกลุ่มที่มีคะแนนความมั่นใจสูง แต่ได้คะแนนต่ำซึ่งกลุ่มนี้ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลดลงและแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 3) เมื่อพิจารณาร้อยละของ false positives พบว่านักเรียนมีร้อยละของ false positives สูงที่สุดเท่ากันในข้อ 1 และ 3 (ร้อยละ 31) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ตอบถูกในระดับแรก แต่นักเรียนเลือกเหตุผลไม่ถูกต้อง เมื่อพิจารณาร้อยละของ false negatives พบว่านักเรียนมีร้อยละของ false negatives สูงที่สุด คือ ข้อ 4 (ร้อยละ 10) วัดเรื่องการเปรียบเทียบปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรแบบอนุกรมที่จุดต่างกัน และความสว่างของหลอดไฟ รองลงมาคือ ข้อ 6 (ร้อยละ 9) วัดเรื่องการเปรียบเทียบปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรแบบขนานที่จุดต่างกัน เมื่อพิจารณาร้อยละของ lack of knowledge พบว่านักเรียนมีร้อยละการขาดความรู้มากที่สุดในข้อ 9 (ร้อยละ 64) นี้เนื่องมาจากข้อ 9 เป็นข้อสอบที่ประยุกต์ไม่คล้ายกับในห้องเรียน หรือนักเรียนอาจได้รับการสอนที่บกพร่องในเรื่องนี้ 4) วิเคราะห์ร้อยละของการตอบถูกเฉลี่ยทั้ง 12 ข้อ พบว่า ร้อยละเฉลี่ยของการตอบถูกระดับที่ 1 มีค่าร้อยละ 48 ร้อยละเฉลี่ยของการตอบถูกระดับที่ 1 รวมกับระดับที่ 2 มีค่าร้อยละ 30 ร้อยละเฉลี่ยของการตอบถูกทั้ง 3 ระดับ มีค่าร้อยละ 24 เมื่อพิจารณาร้อยละของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ยทั้ง 11 มโนทัศน์ พบว่าร้อยละเฉลี่ยของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับที่ 1 มีค่าร้อยละ 44 ร้อยละเฉลี่ยของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับที่ 1 และระดับที่ 2 มีค่าร้อยละ 17 และร้อยละของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 12

Cetin-Dindar and Gebanc (2010) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับเพื่อประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรดและเบสสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องกรดและเบส และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยด้านความตรงและความเที่ยง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ใน Ankara ภาคการศึกษาแรกปี 2009- 2010 ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มนักเรียนที่ถูกสัมภาษณ์ จำนวน 12 คน 2) กลุ่มที่ถูกทดสอบด้วยข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 111

คน 3) กลุ่มที่ถูกทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับจำนวน 156 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบวินิจฉัยสามระดับซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้ 1) กำหนดวัตถุประสงค์โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี 4 คน และครูผู้สอนเคมี 2 คน 2) ศึกษาโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องกรดและเบสจากเอกสารและงานวิจัย 3) สัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 12 คน ด้วยข้อคำถาม 10 ข้อเกี่ยวกับโมโนทัศน์เรื่องกรดและเบส 4) นำผลการสัมภาษณ์มาสร้างแบบสอบชนิดคำถามปลายเปิด 10 ข้อ ทดลองใช้กับนักเรียน 111 คน 5) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบเลือกตอบ จำนวน 18 ข้อ โดยคำถามระดับที่ 1 เป็นคำถามครอบคลุมเนื้อหาในเรื่องทฤษฎีกรดและเบส กรดแก่-อ่อน เบสแก่-อ่อน ปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส ค่า pH และการไทเทรต คำถามระดับที่ 2 เป็นการถามเหตุผลของคำตอบในระดับที่ 1 คำถามระดับที่ 3 เป็นการถามตรวจสอบความมั่นใจของคำตอบในระดับที่ 1 และ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์คะแนนเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 (first-tier scores) คะแนนจากระดับที่ 1 ระดับเดียว ส่วนที่ 2 (two-tier scores) คะแนนจากระดับที่ 1 รวมกับคะแนนในระดับที่ 2 ส่วนที่ 3 (three-tier scores) คะแนนรวมจากระดับที่ 1 2 และ 3 ส่วนที่ 4 (confidence tiers) คะแนนจากระดับที่ 3 ระดับเดียว วิเคราะห์ความเที่ยงของแบบสอบด้วยค่าแอลฟาของครอนบาค (Cronbach alpha) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน two-tier scores กับ confidence tiers โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า 1) ค่าความเที่ยงของคะแนน three-tier scores มีค่าสูงที่สุด .72 รองลงมาคือ ค่าความเที่ยงของคะแนน two-tier scores มีค่า .59 และค่าความเที่ยงของคะแนน first-tier scores มีค่า .58 สรุปได้ว่าการทดสอบสามระดับมีความน่าเชื่อถือมากกว่าสองระดับและระดับเดียว 2) ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน two-tier scores กับ confidence tiers มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .45 สรุปได้ว่าคะแนนในระดับที่ 1 รวมกับระดับที่ 2 (two-tier scores) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความมั่นใจของนักเรียน

Arslan et al. (2012) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง แบบสอบวินิจฉัยสามระดับประเมินโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องภาวะโลกร้อน ปฏิกิริยาเรือนกระจก การทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน และฝนกรด ของนักศึกษาครู วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ 1) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องภาวะโลกร้อน ปฏิกิริยาเรือนกระจก การทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน และฝนกรด 2) เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือการขาดความรู้ในเรื่อง ภาวะโลกร้อน ปฏิกิริยาเรือนกระจก การทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน และฝนกรด กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาครูจำนวน 256 คน ในมหาวิทยาลัยทางตะวันตกเฉียงใต้ของอเมริกา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบวินิจฉัยสามระดับจำนวน 13 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยตามแนวคิด

ของ D. F. T. Treagust (1988) ดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของเนื้อหาจากการศึกษาหนังสือแบบเรียนในเรื่องภาวะโลกร้อน ปรัชญาการณรีเรือนกระจก การทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน และฝนกรด จำนวน 18 ประเด็น และให้ผู้เชี่ยวชาญสาขาสิ่งแวดล้อมศึกษา และสาขาเคมีตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา 2) สร้างข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 13 ข้อจากเนื้อหาที่กำหนดนำไปทดสอบกับนักศึกษาครูจำนวน 157 คน 3) นำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบจากการตอบคำถามปลายเปิดมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ โดยระดับแรกเป็นแบบสอบเลือกตอบ 2-5 ตัวเลือก วัดความรู้ในเนื้อหา ระดับที่สองวัดเหตุผลของคำตอบในระดับแรก และระดับที่สามวัดความมั่นใจในคำตอบ (แน่ใจ/ไม่แน่ใจ) จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และตรวจสอบด้านภาษาที่ใช้ 4) นำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่พัฒนาไปทดลองใช้กับนักศึกษาครูจำนวน 126 คน 5) นำแบบสอบที่ไปทดลองใช้มาวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ และทำการปรับปรุงข้อคำถามบางข้อเพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง เกณฑ์การให้คะแนนผู้วิจัยแบ่งคะแนนเป็น 8 ประเภท 1) first-tiers score คือ คะแนนการตอบถูกจากระดับที่ 1 2) both tiers score คือ คะแนนการตอบถูกจากระดับที่ 1 รวมกับคะแนนในระดับที่ 2 3) total score คือ คะแนนการตอบถูกรวมจากระดับที่ 1 2 และ 3 4) certainty score คือ คะแนนความมั่นใจในระดับที่ 3 5) lack of knowledge score คือ คะแนนที่คิดจากการตอบไม่มั่นใจในระดับ 3 และระดับที่ 1 ตอบถูก ระดับที่ 2 ตอบผิด หรือ ระดับที่ 1 ตอบผิด ระดับที่ 2 ตอบถูก หรือ ระดับที่ 1 ตอบผิด ระดับที่ 2 ตอบผิด 6) misconception first tiers score คือคะแนนที่ได้จากการเลือกตัวเลือกที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับที่ 1 7) misconception both tiers score คือคะแนนที่ได้จากการเลือกตัวเลือกในระดับที่ 1 และ 2 ที่เป็นชุดของตัวเลือกที่แสดงถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 8) misconception all tiers score คือคะแนนที่ได้จากการเลือกตัวเลือกในระดับที่ 1, 2 และ 3 ที่เป็นชุดของตัวเลือกที่แสดงถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 รูปแบบการให้คะแนนของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับของ Arslan et al. (2012)

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 1) วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความเที่ยง ค่าความยาก 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนระดับที่ 1 รวมกับระดับที่สอง (both tiers score) กับ คะแนนระดับที่ 3 (certainty score) 3) วิเคราะห์ร้อยละของการขาดความรู้ และร้อยละของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ผลการวิจัยพบว่า 1) การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยจากคะแนนรวมทั้งสามระดับ (total score) ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่า 0.74 2) ค่าเฉลี่ยค่าความยากของแบบสอบ first tiers = 0.42 , both two tiers=0.28, all three tiers=0.19 ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งสามระดับมีค่า 2.42 (SD= 2.47) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Point biserial (ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.38 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนระดับที่ 1 รวมกับระดับที่สอง (both tiers score) กับ คะแนนระดับที่ 3 (certainty score) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.40 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าผู้สอบที่มีความสามารถสูงจะมีความมั่นใจมากกว่าผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ เป็นหลักฐานแสดงความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบ 4) ผลการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ภาวะโลกร้อน ปฏิกิริยาการเรือนกระจก การทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน และฝนกรด เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของการขาดความรู้ (lack of knowledge) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของการขาดความรู้ร้อยละ 42.9 แสดงให้เห็นว่านักศึกษาครุศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายเรื่องพบว่า เรื่องฝนกรดมีร้อยละของการขาดความรู้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54 ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละของการตอบถูกทั้งสามระดับ (All three tier) และร้อยละความมั่นใจที่มีค่าน้อยที่สุดในเรื่อง ฝนกรด เมื่อ

พิจารณาร้อยละของการตอบถูกต้องทั้งสามระดับ พบว่า ร้อยละของการตอบถูกต้องทั้งสามระดับสูงสุด และต่ำสุดอยู่ในเรื่องเดียวกันคือเรื่อง การทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน โดยข้อที่ได้ ร้อยละของการตอบถูกต้องทั้งสามระดับสูงสุด(ร้อยละ 37) คือข้อ 7 ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติของบรรยากาศชั้นโอโซน และสอดคล้องกับร้อยละความมั่นใจที่สูงที่สุด(ร้อยละ 37) ในข้อที่ 7 ส่วนข้อที่ได้ร้อยละของการตอบถูกต้องทั้งสามระดับต่ำที่สุด(ร้อยละ 7) คือข้อ 9 ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับผลกระทบจากการทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน เมื่อพิจารณาที่ร้อยละของการมีโมทัศน์ที่คาดเคลื่อนทั้ง 3 ระดับ (misconception all tiers) ของนักศึกษาครู พบว่ามีอยู่ 6 โมทัศน์ (จากทั้งหมด 33 โมทัศน์) ที่มีค่าร้อยละของโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 ดังนี้ 1) ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากชั้นโอโซนถูกทำลาย 2)ภาวะโลกร้อนเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งผิวหนัง 3)ฝนกรดเป็นผลมาจากภาวะโลกร้อน 4)ภาวะโลกร้อนจะลดลงเมื่อลดการปล่อยของเสียลงสู่แม่น้ำ 5)ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นอันตรายโดยสิ้นเชิงต่อมนุษย์ 6) การโดยสารรถยนต์สาธารณะช่วยลดภาวะชั้นโอโซนถูกทำลาย

Lemma (2012) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องมือวินิจฉัยในวิชาเคมี การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 12 จำนวน 258 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบเลือกตอบ ขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือ 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเกรด 12 ระบุขอบเขตของเรื่องที่จะศึกษา 2) สร้างข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 8 ข้อ จากนั้นนำไปทดสอบกับนักเรียน 48 คน ใน 24 โรงเรียน 3) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบเลือกตอบจำนวน 13 ข้อ นำไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 56 คน จาก 28 โรงเรียน คำนวณค่าความเที่ยงได้ค่า 0.61, 0.65 และ 0.78 สำหรับแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ จากนั้นนำไปสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนตอบถูกในระดับที่ 1เฉลี่ยร้อยละ 41 นักเรียนตอบถูกในระดับที่ 2 เฉลี่ยร้อยละ 35 และตอบถูกในระดับที่ 3 เฉลี่ยร้อยละ 30 ค่าความเที่ยงของแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.61, 0.65 และ 0.78 ตามลำดับ ค่าความยากเฉลี่ยของแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.41, 0.35 และ 0.33 ตามลำดับ ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.28, 0.32 และ 0.36 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน two-tier scores กับระดับความมั่นใจ confidence tiers มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .45 สรุปได้ว่าคะแนนในระดับที่ 1 รวมกับระดับที่ 2 (two-tier scores) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความมั่นใจของนักเรียน

Kirbulut. (2014) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องสถานะของสสาร มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยสามระดับเรื่อง สถานะของสสาร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนเกรด 10 อายุ 15-16 ปี จำนวน 102 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในประเทศตุรกี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบวินิจัยสามระดับเรื่องสถานะของสสาร ประกอบด้วย 8 หัวข้อย่อย ได้แก่ 1) กฎแก๊สของบอย 2) กฎแก๊สของชาร์ล 3) กฎแก๊สของเกย์ลูสแซก 4) กฎทรงมวล 5)การระเหย 6)การควบแน่น 7) การเดือด 8) ความดันไอ โดยระดับที่ 1 เป็นแบบสอบเลือกตอบ 3-4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นเหตุผลของคำตอบในระดับที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบเลือกตอบ 4-8 ตัวเลือก และตัวเลือกสุดท้ายจะเว้นให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลถ้าเหตุผลในตัวเลือกที่กำหนดให้ไม่ตรงกับตนเอง ระดับที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจในคำตอบระดับที่ 1 และ 2 มีขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่จะศึกษาโดยพิจารณาจากหลักสูตรวิชาเคมีและหนังสือแบบเรียน กำหนดวัตถุประสงค์โดยผู้เชี่ยวชาญการสอนเคมี 4 คนและครูผู้สอน 1 คน 2) ศึกษาโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3) สัมภาษณ์นักเรียน 12 คน โดยใช้แบบสอบปลายเปิดจำนวน 13 ข้อ 4) นำผลการสัมภาษณ์และการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสร้างแบบสอบวินิจัยสองระดับ โดยระดับที่ 1เป็นแบบสอบเลือกตอบจำนวน 13 ข้อ ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบเขียนตอบแสดงเหตุผลของคำตอบระดับแรก นำแบบสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 54 คน 5) นำผลจากการทดลองใช้มาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจัยสามระดับแบบเลือกตอบจำนวน 19 ข้อ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 10 จำนวน 195 คน การให้คะแนนแบ่งเป็น score1 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 ตอบถูกได้ 1 คะแนน score2 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 กับคะแนนในระดับที่ 2 ถ้าตอบถูกทั้ง 2 ระดับได้ 1 คะแนน score3 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 2 และ 3 ถ้าตอบถูกทั้ง 2 ระดับและระดับที่ 3 ตอบมั่นใจ จะได้ 1 คะแนน confidence tiers คือ คะแนนจากระดับที่ 3 ระดับเดียว ถ้าตอบมั่นใจได้ 1 คะแนน misconception 1 คือ การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแบบสอบระดับแรก ถ้าตอบตัวเลือกที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ 1 คะแนน misconception 2 คือ การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแบบสอบระดับแรก และระดับที่สอง ถ้าตอบตัวเลือกที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งสองระดับได้ 1 คะแนน misconception 3 การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแบบสอบทั้งสามระดับ ถ้าตอบตัวเลือกที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งสองระดับและระดับที่สามตอบมั่นใจ ได้ 1 คะแนน การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายของคะแนนรวม (score3) 2) วิเคราะห์ร้อยละของ false positive, false negatives และ lack of knowledge 3) วิเคราะห์

ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมระดับที่ 1 กับ 2 (score2) กับคะแนนระดับที่ 3 (confidence tiers)

ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง สถานะของสสาร มีค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมเท่ากับ 7.96 (SD=4.30) มีค่าความยากเฉลี่ย 0.42 ค่าความเบ้เป็นบวก (Skewness) มีค่า 0.02 ค่าความโด่งเป็นลบ (Kurtosis) มีค่า -0.66 และค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Cronbach's alpha) มีค่า .83 2) ร้อยละเฉลี่ยของ false negatives มีค่า 3.8 และ ร้อยละเฉลี่ยของ false positives มีค่า 8.9 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10 แสดงว่าแบบสอบที่สร้างขึ้นมีความตรง (Hestenes & Halloun, 1995 อ้างถึงใน Kirbulut. (2014)) นอกจากนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละการขาดความรู้ (lack of knowledge) มีค่า 25.2 3) คะแนน score 2 กับ confidence tiers มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .57

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ สามารถสรุปได้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่ที่มีการพัฒนาเครื่องมือตามขั้นตอนของ D. F. T. Treagust (1988) คือ 1) กำหนดขอบเขตของมโนทัศน์ 2) พัฒนาแบบสอบปลายเปิดตามขอบเขตของเนื้อหาที่กำหนด และนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 3) วิเคราะห์คำตอบจากแบบสอบปลายเปิดของนักเรียน ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบ และดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียน 4) สร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบเลือกตอบจากคำตอบของนักเรียนในคำถามปลายเปิดและจากผลการสัมภาษณ์ รูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่พบจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยระดับที่ 1 และ ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบเลือกตอบ และระดับที่ 3 เป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ไม่มั่นใจ หรือ มั่นใจ) รูปแบบที่ 2 ประกอบด้วยระดับที่ 1 และ ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบเลือกตอบ และระดับที่ 3 เป็นแบบมาตรฐานค่า 6 ระดับ (เดาคำตอบ-มั่นใจอย่างยิ่ง) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับมีค่าความเที่ยงอยู่ระหว่าง .69-.93 ผลการการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน two-tier scores กับ confidence tiers พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกแสดงว่านักเรียนที่ได้คะแนนสูงมีแนวโน้มที่จะมั่นใจในคำตอบมากกว่านักเรียนที่ได้คะแนนต่ำ และจากการใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับสามารถจำแนกประเภทของนักเรียนออกเป็นนักเรียนที่มีความรู้ นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และนักเรียนที่ขาดความรู้ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น แสดงรายละเอียดของการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับไว้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 9 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจัยสามระดับ

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การพัฒนา เครื่องมือ	รูปแบบ เครื่องมือ	คุณภาพ เครื่องมือ
Caleon and Subramaniam (2010)	การพัฒนา และ ประยุกต์ใช้ แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับเพื่อ ประเมินความ เข้าใจเรื่อง คลื่น ของ นักเรียนระดับ มัธยมศึกษา	เพื่อพัฒนา และ ประยุกต์ใช้ แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับเรื่อง ธรรมชาติของ คลื่น และระบุ ประเภทของ มโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน ในเรื่องคลื่น	1)ศึกษาเอกสาร 2)สร้างข้อคำถาม ปลายเปิด 3)ทดลองใช้และ สัมภาษณ์ 4)สร้างแบบสอบ วินิจัยสามระดับ ให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ 5)ทดลองใช้และ สัมภาษณ์ 6)ปรับปรุงแบบ สอบวินิจัยสาม ระดับ	แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 เป็นแบบ สอบ เลือกตอบ ระดับที่ 3 เป็นมาตรฐาน ประมาณ ค่า 6 ระดับ	ความเที่ยง แบบ สอดคล้อง ภายใน =.93 ความเที่ยง แบบวัดซ้ำ =.73
Pesman and Eryilmaz (2010)	การพัฒนา แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับเพื่อ ประเมินมโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน เรื่อง วงจรไฟฟ้า อย่างง่าย	เพื่อพัฒนา และตรวจสอบ คุณภาพแบบ สอบวินิจัย สามระดับเรื่อง วงจรไฟฟ้า อย่างง่าย	1)ศึกษาเอกสาร 2)คำถาม ปลายเปิดและ สัมภาษณ์ 3)สร้างแบบสอบ วินิจัยสามระดับ	แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 เป็นแบบ สอบ เลือกตอบ ระดับที่ 3 แบบ เลือกตอบ (มั่นใจ/ไม่ มั่นใจ)	ความเที่ยง แบบ สอดคล้อง ภายใน=.69

ตารางที่ 10 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบวินิจัยสามระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การพัฒนา เครื่องมือ	รูปแบบ เครื่องมือ	คุณภาพ เครื่องมือ
Cetin-Dindar and Gebanc (2010)	การพัฒนา แบบสอบ วินิจัยแบบ สามระดับเพื่อ ประเมินมโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน เรื่องกรดและ เบสสำหรับ นักเรียน	เพื่อพัฒนา แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับเรื่องกรด และเบส และ ตรวจสอบ คุณภาพของ แบบสอบ วินิจัย	1)กำหนด วัตถุประสงค์ 2)ศึกษาเอกสาร และงานวิจัย 3)สัมภาษณ์ 4)สร้างข้อคำถาม ปลายเปิด 5)สร้างแบบสอบ วินิจัยสามระดับ แบบเลือกตอบ	แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 เป็นแบบ สอบ เลือกตอบ ระดับที่ 3 แบบ เลือกตอบ (มั่นใจ/ไม่ มั่นใจ)	ความเที่ยง แบบ สอดคล้อง ภายใน=.72
Arslan et al. (2012)	แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับประเมิน มโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน เรื่องภาวะโลก ร้อน ปรากฏการณ์ เรือนกระจก การทำลาย บรรยากาศชั้น โอโซน และฝน กรด ของ นักศึกษาครู	เพื่อพัฒนา และตรวจสอบ คุณภาพแบบ สอบวินิจัย สามระดับ 2) เพื่อศึกษามโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน หรือการขาด ความรู้	1)กำหนด ขอบเขตของ เนื้อหา 2)สร้างข้อคำถาม ปลายเปิด 3)สร้างแบบสอบ วินิจัยสามระดับ	แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 เป็นแบบ สอบ เลือกตอบ ระดับที่ 3 แบบ เลือกตอบ (มั่นใจ/ไม่ มั่นใจ)	ความเที่ยง แบบ สอดคล้อง ภายใน=.74

ตารางที่ 11 การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจัยสามระดับ (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปี)	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การพัฒนา เครื่องมือ	รูปแบบ เครื่องมือ	คุณภาพ เครื่องมือ
Lemma (2012)	การพัฒนา เครื่องมือ วินิจัยในวิชา เคมี การวิจัย ในครั้งนี้มี วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษามโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน ในวิชาเคมีของ นักเรียน	เพื่อศึกษามโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน ในวิชาเคมี	1) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่ เกี่ยวข้องมโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนใน วิชาเคมีเกรด 12 ระบุขอบเขตของ เรื่องที่จะศึกษา 2) สร้างข้อ คำถามปลายเปิด 3) พัฒนาแบบ สอบวินิจัยสาม ระดับแบบ เลือกตอบ	แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 เป็นแบบ สอบ เลือกตอบ ระดับที่ 3 แบบ เลือกตอบ (มั่นใจ/ไม่ มั่นใจ)	ค่าความ เที่ยง =0.78
Kirbulut. (2014)	การใช้แบบ สอบวินิจัย สามระดับ ประเมินมโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน เรื่องสถานะ ของสสาร	พัฒนาและ ตรวจสอบ คุณภาพของ แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับเรื่อง สถานะของ สสาร	1)กำหนด วัตถุประสงค์ 2)ศึกษาเอกสาร และงานวิจัย 3)สัมภาษณ์ 4)สร้างข้อคำถาม ปลายเปิด 5)สร้างแบบสอบ วินิจัยสามระดับ แบบเลือกตอบ	แบบสอบ วินิจัยสาม ระดับ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 เป็นแบบ สอบ เลือกตอบ ระดับที่ 3 แบบ เลือกตอบ (มั่นใจ/ไม่ มั่นใจ)	ค่าความ เที่ยง =0.83

สำหรับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยจะพัฒนาระบบขึ้นจากการประยุกต์ใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยระดับแรกเป็นการวัดความรู้ตามเนื้อหาเป็นแบบสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ระดับที่สองวัดเหตุผลของคำตอบระดับแรก เป็นแบบสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และระดับที่สามวัดระดับความมั่นใจแบบตรวจสอบรายการ(มั่นใจ/ไม่มั่นใจ) แบบตามรูปแบบของ Pesman and Eryilmaz (2010), Cetin-Dindar and Gebanc (2010), Arslan et al. (2012), Lemma (2012) และ Kirbulut. (2014)

1. 7 แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1.7.1 ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

นักวิชาการได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (K. M. Fisher, 1985; ศิริเดช สุชีวะ, 2537) สามารถสรุปความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ว่า ความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์คลาดเคลื่อนไปจากความจริงที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์และการยอมรับทางสังคม เกิดมาจากการได้รับประสบการณ์หรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง

1.7.2 สาเหตุของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

นักวิชาการได้เสนอสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้หลากหลาย (เกษสุดา บุรณพันธ์ศักดิ์ & 2545; ศิริเดช สุชีวะ, 2537) สามารถสรุปใจความสำคัญได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกิดจากความเชื่อตามผู้ทรงคุณวุฒิในอดีต เนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมทำให้เกิดจินตนาการที่ผิด ตำราที่เขียนไม่ชัดเจนหรือให้ความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ปัญหาเรื่องภาษาสัญลักษณ์ วุฒิกาวการณ์ของพัฒนาการทางปัญญาของนักเรียน ความรู้ของนักเรียนยังไม่เพียงพอต่อการศึกษามโนทัศน์ที่สูงขึ้น ตัวผู้สอนไม่มีความเข้าใจเพียงพอในมโนทัศน์ที่สอน

1.7.3 แนวคิดทางจิตวิทยาเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิดทางจิตวิทยา คือแนวคิดการประมวลผล (information processing approach) หรือทฤษฎีการประมวลผล (information processing theory) เป็นทฤษฎีที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาสติปัญญาของมนุษย์ โดยให้ความสนใจเกี่ยวกับการทำงานของสมอง ทฤษฎีนี้เริ่มได้รับความนิยมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 ทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่าการทำงานของสมองมีความคล้ายคลึงกับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ Klausmeier (1985) ได้อธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์โดยเปรียบเทียบการทำงานของคอมพิวเตอร์กับการทำงานของสมอง ซึ่งมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้ คือ 1) การรับข้อมูล (input) โดยผ่านทางอุปกรณ์หรือเครื่องรับข้อมูล 2) การเข้ารหัส (encoding) โดยอาศัยชุดคำสั่งหรือ

ซอฟต์แวร์ (software) 3) การส่งข้อมูลออก (output) โดยผ่านทางอุปกรณ์ จากแนวคิดนี้ได้มีผู้นำไปประยุกต์เพื่อศึกษาพัฒนาการทางปัญญาของมนุษย์ (cognitive development) อาทิ โรเบิร์ต ซีเกล (Siegler, 1976 อ้างถึงใน ศิริเดช สุชีวะ (2550)) ได้เสนอแนวคิดการประเมินกฎ (rule assessment approach) โดยแนวคิดนี้เชื่อว่าความคิดและการมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สามารถแสดงออกมาได้ในรูปของการเพิ่มขึ้นของกฎหรือแบบการคิดในการแก้ปัญหา มนุษย์จะมีแบบการคิดแก้ปัญหาตามการเรียนรู้ของตนเองจากประสบการณ์ที่แก้ปัญหาได้สำเร็จด้วยวิธีนั้นในครั้งก่อน เมื่อพิจารณาทางด้านการศึกษา ถ้านักเรียนมีความคิดที่ผิดแต่เข้าใจว่าสิ่งนั้นถูก นักเรียนจะมีแนวโน้มใช้การคิดแบบนี้ในการแก้ปัญหาลงเนื่องจากความคิดที่ผิดอาจให้คำตอบได้ถูกต้องในบางกรณีของโจทย์ปัญหาซึ่งถือได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) ในทางตรงกันข้ามนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องก็จะสามารถใช้การคิดแบบนี้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทุกกรณีของโจทย์ปัญหา ดังนั้นถ้าต้องการจะทราบว่านักเรียนมีแบบการคิดอย่างไรต้องพิจารณาที่ผลการตอบทั้งหมดเพราะแบบแผนการตอบจะสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) หรือไม่

1.7.4 ผลเสียของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก่อให้เกิดผลเสียต่อนักเรียนหลายประการซึ่งมีนักวิชาการ (K. M. Fisher, 1985; เกษสุดา บุรณพันธ์ & 2545; ศิริเดช สุชีวะ, 2537) ได้ระบุผลเสียของการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสรุปได้ว่า ถ้าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะเกิดผลกระทบต่อตนเอง เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ที่สูงขึ้นที่มีความเกี่ยวเนื่องจากเนื้อหาที่ผู้เรียนมี มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ผู้เรียนอาจเกิดความท้อแท้หมดกำลังใจในการเรียน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องเกี่ยวข้องกับ ความเชื่ออื่นๆ ซึ่งเกี่ยวโยงกันอย่างเป็นระบบและทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน

1. 8 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ในการนำแบบทดสอบวิจัยไปใช้วิจัย ความตรงเป็นคุณสมบัติประการแรกที่ต้องตรวจสอบ ความตรงสามารถจำแนกได้ตามวัตถุประสงค์ของการวัดได้ 3 ประเภทใหญ่ คือ

- 1) ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ความเป็นตัวแทนหรือความเพียงพอของเนื้อหาในเครื่องมือวัดจากมวลเนื้อหาทั้งหมด ซึ่งเป็นความตรงที่ผู้เชี่ยวชาญตัดสินว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความตรงตามตารางวิเคราะห์เนื้อหา (table of specification)
- 2) ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-related Validity) หมายถึง คุณภาพของ

เครื่องมือที่นำผลจากการวัดของแบบสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่ต้องการเพื่อใช้ในการพยากรณ์ ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity)

2.1 ความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ความตรงที่นำผลการวัดของแบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในสภาพปัจจุบัน เช่นคะแนนของแบบสอบวินิจฉัยนำไปหาความสัมพันธ์กับคะแนนวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง ถ้ามีความสัมพันธ์กันสูงแสดงว่ามีความตรงตามสภาพสูง

2.1.1 เทคนิคการคิดออกเสียง

นักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาด้านเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) โดยมีรายละเอียดดังนี้

Duffy, Roehler, and Beth (1998) ได้สรุปแนวคิดการคิดออกเสียงว่าเป็นวิธีที่แสดงถึงกระบวนการคิดทางสมอง (Mental modeling) ทำให้ครูได้ทราบกระบวนการคิดของนักเรียนซึ่งสามารถช่วยให้พัฒนาการทางการอ่านของนักเรียนดีขึ้น

Ghaith (2001) ได้ให้ความหมายของการคิดออกเสียงว่า เป็นวิธีที่แสดงถึงกระบวนการคิดขณะอ่าน ทำให้ผู้อ่านเข้าใจความคิดขั้นสูง (Metacognitive comprehension strategies) เช่นการประเมินความเข้าใจ การตั้งคำถามกับตัวเองก่อนอ่าน ขณะอ่านและหลังอ่าน

สุदारัตน์ มนต์นิมิตร (2545) ได้อธิบายว่าการคิดออกเสียงเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการคิดแก้ปัญหา โดยให้ผู้แก้ปัญหาพูดรายงานความคิด และกระบวนการทำออกมาในขณะที่อยู่ในกระบวนการคิด อาจมีการบันทึกพฤติกรรมที่คาดหมายโดยการบันทึกวิดิทัศน์ นอกจากนี้เทคนิคการคิดออกเสียงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบายประสบการณ์ในการเรียนรู้เรื่องนั้นๆ ของแต่ละบุคคล การนำเทคนิคการคิดออกเสียงไปใช้ในการวิจัยทำให้ทราบถึงรูปแบบการเรียนรู้ เจตคติ ความสนใจ และความสามารถของนักเรียนอีกด้วย

บุษยารัตน์ จันทร์ประเสริฐ (2550) ได้กล่าวถึงการคิดออกเสียงว่าเป็นการแสดงความคิดทางสมอง ออกมาเป็นถ้อยคำขณะอ่าน เพื่อให้ผู้เรียนและผู้ฟังทราบถึงกระบวนการคิดในการทำความเข้าใจ ความเห็นและความรู้สึกที่มีต่อบทความที่อ่าน

จากการศึกษาความคิดเกี่ยวกับเทคนิคการคิดออกเสียงสามารถสรุปความหมายได้ว่า การคิดออกเสียง หมายถึง กระบวนการแสดงความคิดทางสมอง โดยการพูดออกเสียงสะท้อนความคิด ทำให้ทราบถึงกระบวนการคิดและวิธีการแก้ปัญหาของผู้ที่คิดออกเสียง

2.2 ตามตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง ความตรงที่ได้จากการนำผลการวัดของแบบสอบที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในอนาคต เพื่อนำผลการสอบไปพยากรณ์ผลความสำเร็จในอนาคต

3) ความตรงเชิงทฤษฎี (Construct Validity) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือทฤษฎีต่างๆ ของโครงสร้างนั้น หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะของโครงสร้างของแบบสอบมาตรฐาน การคำนวณค่าความตรงเชิงทฤษฎีมีวิธีการดังนี้

วิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งถือเป็นหลักฐานเบื้องต้นอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาสนับสนุนความตรงเชิงทฤษฎีของแบบสอบ โดยใช้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบถึงความเหมาะสมของทฤษฎีที่นำมาใช้ นิยาม ผังข้อสอบ และคุณภาพของข้อสอบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นหลักฐานหนึ่งที่สามารถนำมาใช้สนับสนุนความตรงเชิงทฤษฎีได้แก่ความตรงตามตัวประกอบ (Factorial Validity) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของการวัดได้ตรงตามตัวประกอบที่มุ่งวัด

วิธีวิเคราะห์เมทริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธี (Multitrait-Multimethod; MTMM) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดลักษณะ (Multitrait) โดยใช้วิธีการวัดหลายวิธี (Multimethod)

วิธีการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มที่ทราบผล (Comparing the scores of know groups) ทฤษฎีนี้มีความเชื่อว่า คะแนนผลการวัดลักษณะที่สนใจนั้นจะมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้สอบที่ทราบแน่ชัดว่ามีลักษณะสำคัญบางประการแตกต่างกัน เช่น กลุ่มที่ประสบความสำเร็จ/ไม่ประสบความสำเร็จ จึงน่าจะหาหลักฐานส่วนหนึ่งใช้สนับสนุนความตรงเชิงทฤษฎีได้ด้วย การเปรียบเทียบคะแนนที่วัดได้ระหว่างกลุ่มที่ทราบแน่ชัดแล้วว่ามีลักษณะที่มุ่งวัดนั้นแตกต่างกัน (Known groups) ถ้าเครื่องมือสามารถวัดลักษณะที่สนใจนั้นได้ ผลการวัดจะต้องมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

นอกจากนี้การให้ผลสอบที่ใกล้เคียงเดิมเมื่อผู้สอบคนเดิมทำการสอบซ้ำภายใต้สภาพการทดสอบเหมือนเดิม คุณสมบัติความคงเส้นคงวาของคะแนนที่ได้จากแบบสอบเรียกว่าความเที่ยงของแบบสอบ จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบวินิจฉัยซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วินิจฉัยมนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยง ส่วนใหญ่ใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เช่นงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010), Pesman and Eryilmaz (2010) Dogan and Demirci (2011) (Arslan et al., 2012)

เทคนิคของการแบ่งครึ่งข้อสอบเพื่อนำคะแนนนั้นสองส่วนมาคำนวณความสัมพันธ์สำหรับประมาณค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในของแบบสอบนั้น สามารถขยายแนวคิดไปใช้กับการแบ่งแบบสอบออกเป็นมากกว่า 2 ส่วน หรือ K ส่วน มีอคำนวณความแปรปรวนของคะแนนแต่ละส่วนและความแปรปรวนของคะแนนรวม เราสามารถนำไปใช้ประมาณค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในได้

Cronbach (1951) ได้เสนอสูตรกรณีทั่วไป (General case) สำหรับประมาณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ซึ่งรู้จักกันดีในชื่อ สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ดังนี้

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right]$$

เมื่อ α = สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบ

σ_i^2 = ความแปรปรวนของคะแนนส่วนที่ i (หรือข้อที่ i)

σ_x^2 = ความแปรปรวนของคะแนนรวม x

k = จำนวนส่วน (component) ที่นำมารวมเป็น x (หรือจำนวนข้อสอบ)

ในการประมาณค่าจากกลุ่มตัวอย่างสุตรมีลักษณะเป็นดังนี้

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right]$$

การใช้สูตรคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ α มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า แบบสอบถูกแบ่งออกเป็น k ส่วน แต่ละส่วนอาจเป็นกลุ่มข้อสอบหรือข้อสอบแต่ละข้อก็ได้ ถ้าแต่ละส่วนมีความทัดเทียมกัน (Essentially -equivalent) หรือมีคะแนนจริงของแต่ละส่วนเป็นฟังก์ชันเชิงบวกต่อกัน ค่า α จึงจะเป็นค่าที่ถูกต้องของความเที่ยงของแบบสอบ แต่ถ้าส่วนต่างๆ ไม่ทัดเทียมกัน ค่า α จะเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าที่แท้จริงของแบบสอบ นอกจากนี้ α จะเป็นค่าประมาณความเที่ยงของแบบสอบได้ดี ก็ต่อเมื่อแบบสอบนั้นมุ่งวัดคุณลักษณะเดียว (One trait)

วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับประมาณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เพราะสะดวกในการนำไปใช้ เนื่องจากทำการทดสอบกลุ่มผู้สอบเพียงครั้งเดียว และยังสามารถใช้ได้กว้างขวางกับแบบสอบที่ให้คะแนนแบบ 0, 1 หรือให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก หรือกำหนดคะแนนแบบมาตราประมาณค่า (Rating scale) หรือแม้แต่ข้อสอบแบบอัตนัย (Essay test)

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ

2.1 ความหมายของข้อมูลย้อนกลับ

ข้อมูลย้อนกลับเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการเรียนรู้ ทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (formative assessment) เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงจุดแข็งจุดอ่อนของตนเอง และทราบแนวทางที่จะบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับไว้ดังนี้

Dictionary. (1981) ได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับว่า เป็นผลลัพธ์ที่คืนสู่ต้นกำเนิด เป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างผลการปฏิบัติจริงกับผลการปฏิบัติตามที่คาดหวัง และนำไปสู่การแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นด้วยตนเอง

Sherman (1994) ได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับว่า เป็นข้อมูลที่สะท้อนหรือตอบสนองจากบุคคลอื่นเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างที่บุคคลหนึ่งได้กระทำ ซึ่งข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่าสิ่งที่กระทำนั้นดีหรือประสบความสำเร็จหรือไม่ นำไปสู่การประเมินความสามารถและปรับปรุงตนเองในอนาคต

Lewis (2003) ได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับว่า เป็นการให้ข้อมูลด้านความก้าวหน้าในผลงานของผู้เรียน รวมไปถึงสิ่งที่ควรปรับปรุงเพื่อพัฒนางานให้ดียิ่งขึ้น

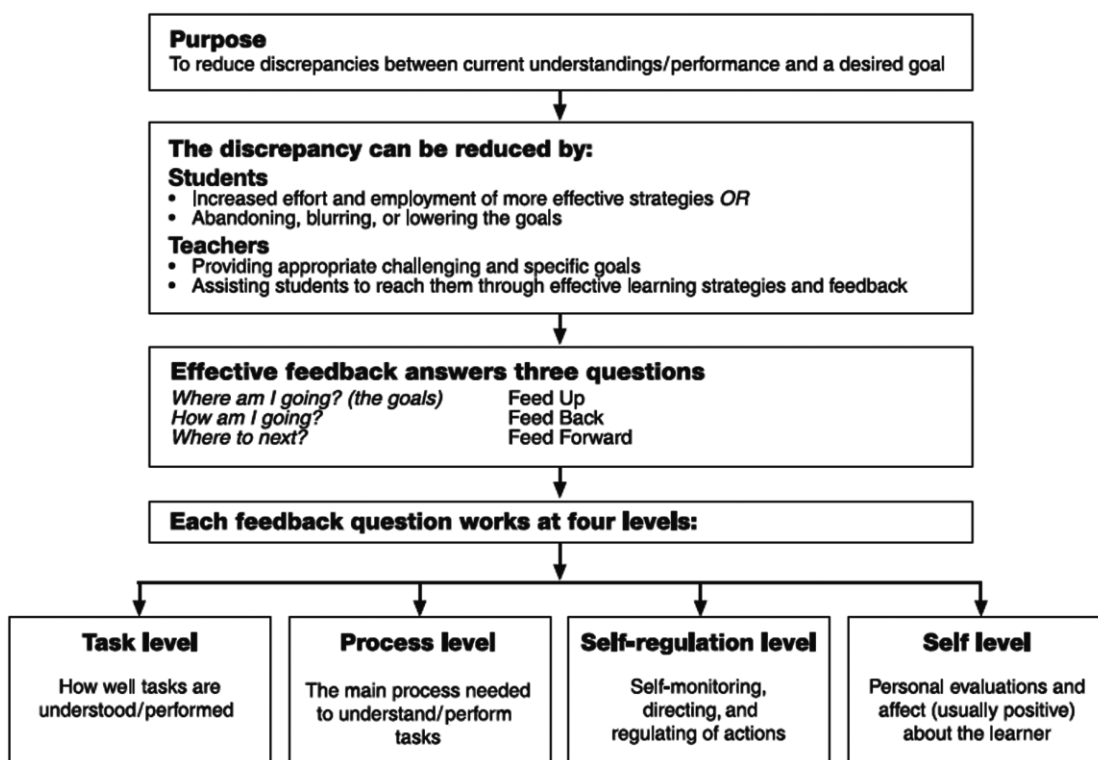
Hattie and Timperley (2007) ได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับว่า เป็นแนวคิดของการได้รับข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น ครู เพื่อน หนังสือ ผู้ปกครอง ตนเอง หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถหรือความเข้าใจของนักเรียน โดยครูสามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้อง เพื่อนสามารถเสนอกลยุทธ์ที่เป็นทางเลือก หนังสือสามารถให้ความกระจ่างในแง่คิด ผู้ปกครองสามารถให้กำลังใจ และนักเรียนสามารถสำรวจตนเองประเมินความถูกต้องของการปฏิบัติงาน ดังนั้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ(Feedback) จึงเป็นผลที่ตามมาของความสามารถในการปฏิบัติงาน

จากความหมายของนักวิชาการแต่ละท่านกล่าวโดยสรุปได้ว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับหมายถึง ข้อมูลที่สะท้อนจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างที่บุคคลหนึ่งกระทำ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างความสามารถหรือทักษะในการปฏิบัติงานจริงกับความสามารถหรือทักษะในการปฏิบัติงานที่คาดหวัง นำไปสู่การประเมิน ปรับปรุง และพัฒนาความสามารถของตนเองให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

2.2 กรอบแนวคิดของให้ข้อมูลย้อนกลับ

Hattie and Timperley (2007) ได้พัฒนากรอบแนวคิดเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ไว้ดังภาพที่ 7 จากแผนภาพระบุวัตถุประสงค์ของการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback)

ว่าเป็นการลดความแตกต่างระหว่างความเข้าใจหรือทักษะกับเป้าหมายที่คาดหวัง โดยใช้กลยุทธ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือครูซึ่งกลยุทธ์อาจทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น นักเรียนเพิ่มความพยายามในการแก้ปัญหาในงานที่ท้าทายเมื่อมีความเชื่อมั่นสูงว่าจะประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย หรือนักเรียนอาจเลือกเฉพาะบางเป้าหมายที่ต้องการบรรลุหรือลดเป้าหมายที่ตั้งไว้ยอมรับผลการดำเนินงานที่ต่ำกว่าความสามารถ ครูใช้กลยุทธ์การกำหนดเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงท้าทายเหมาะสมกับนักเรียน มีการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แสดงถึงหลักเกณฑ์ในการบรรลุเป้าหมาย หรือครูช่วยเหลือนักเรียนในการเสริมสร้างความมุ่งมั่นผ่านการให้ข้อมูลย้อนกลับ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่สำคัญจะต้องตอบคำถามสำคัญ 3 ข้อ คือ 1) เป้าหมายคืออะไร (Where am I going?) 2) จะสามารถก้าวหน้าไปสู่เป้าหมายได้อย่างไร (How am I going?) และ 3) ควรดำเนินการอย่างไรให้ก้าวหน้าไปมากกว่านี้ (Where to next?) ซึ่งกิจกรรมที่จะช่วยตอบคำถามข้างต้นแบ่งเป็น 4 ระดับคือ 1) ระดับความสามารถตามงาน (Task level) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับงานที่ถูกต้อง ความแตกต่างของคำตอบที่ถูกต้องจากคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ข้อมูลมีลักษณะเฉพาะสถานการณ์ไม่สามารถอ้างอิงไปยังงานอื่นๆได้ เช่นการแก้ไขโจทย์ปัญหาข้อนี้ถูกต้องหรือการแก้ไขโจทย์ปัญหาข้อนี้ผิด 2) ระดับกระบวนการ (Process level) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น ข้อมูลมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์หรือขยายกระบวนการทำงาน เช่น กระบวนการที่ใช้ในการปฏิบัติงานมีข้อบกพร่องอย่างไร จะแก้ไขข้อบกพร่องของกระบวนการอย่างไร มีทางเลือกในการปฏิบัติงานด้วยวิธีอื่นหรือไม่ 3) ระดับการกำกับตัวเอง (Self-regulation level) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการตรวจสอบ กำกับและควบคุมตนเองให้ดำเนินการไปสู่เป้าหมายของการเรียนรู้ เช่น นักเรียนทำแบบฝึกหัดไม่ทันเวลาครั้งนี้นักเรียนจะทำอย่างไรให้ทันเวลา 4) ระดับบุคคล (Self level) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการประเมินตนเองว่าผลงานของตนเองอยู่ในระดับใดเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่มีคุณภาพ เช่นนักเรียนพอใจในผลงานของตนหรือไม่หรือผลงานของนักเรียนมีคุณภาพระดับใด



ภาพที่ 7 กรอบแนวคิดของของให้ข้อมูลย้อนกลับของ Hattie and Timperley (2007)

D. Fisher and N. (2011) ได้เสนอขั้นตอนของการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยปรับปรุงจาก Hattie and Timperley (2007) ซึ่งเป็นรูปแบบการประเมินระหว่างเรียน (formative evaluation) ที่มีประสิทธิภาพ มีขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในการเรียน (Feed up) โดยแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และการประเมินที่ชัดเจนเพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าในการเรียนรู้และการประเมิน ทำให้ครูมั่นใจได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจจุดประสงค์การเรียนรู้ ความคิดรวบยอด ภาระงาน และการประเมินผล

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความเข้าใจเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Checking for understanding) โดยการพูด ตอบคำถาม การนำเสนอ การเขียน เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การให้ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับความสำเร็จและสิ่งที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขแก่นักเรียน (Feedback)

ขั้นที่ 4 การให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางบนพื้นฐานของข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดพัฒนาการเรียนรู้ที่สูงขึ้น (Feed forward)

2. 3 รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับ

รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับมีความหลายหลายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ การใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมจะทำให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลที่จำเป็นเหมาะสมสามารถนำมาพัฒนาความรู้และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ในระยะยาวได้ด้วย นักการศึกษาหลายท่าน (Cater, 1984; Chen, 1985; Schimmel, 1988; (สุกัญญา นิมานันท์, 2533) ได้สรุปรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยจำแนกตามเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับที่แสดงแก่ผู้เรียนแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) ข้อมูลย้อนกลับแบบเสริมแรง (motivational feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปแบบของการให้รางวัลหรือคำชมเชย เป็นการเสริมแรงให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทนของผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนมีกำลังใจในการเรียนต่อไป ในการให้ข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้จะไม่มีการลงโทษผู้เรียน

2) ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอสารสนเทศ (information feedback) เป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบของข้อความแก่ผู้เรียนภายหลังที่ผู้เรียนได้ตอบคำถามในบทเรียน ซึ่งรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับแบบนี้มีการให้ข้อมูล เช่น แสดงคำตอบที่ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง จุดประสงค์ของการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบนี้เพื่อป้องกันและแก้ไขข้อผิดพลาดและช่วยลดการตอบผิดที่อาจจะเกิดขึ้นในการเรียนลำดับถัดไป โดยรูปแบบนี้สามารถแบ่งประเภทย่อยเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะของข้อมูลย้อนกลับที่ให้แก่ผู้เรียนดังนี้

2.1 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน (confirmation feedback หรือ knowledge of results feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้ผู้เรียนรู้ผลของการกระทำของตนเอง เช่น บอกคำตอบของผู้เรียนว่าถูกหรือผิด (correct /incorrect)

2.2 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (corrective feedback หรือ knowledge of correct result feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้ผู้เรียนรู้ผลของการกระทำของตนเองว่าถูกหรือผิด และบอกแนวทางที่ถูกต้องแก่ผู้เรียน รูปแบบนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบแรกเพราะผู้เรียนจะรู้ว่าตอบผิดหรือตอบถูก หากตอบผิดก็จะทราบคำตอบที่ถูกต้องเพื่อนำไปสู่การจดจำที่ดีต่อไป

2.3 ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด (elaborated feedback หรือ explanatory feedback) การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ข้อมูล และคำอธิบายเกี่ยวกับการกระทำของผู้เรียนว่าถูกหรือผิด รวมทั้งมีการอธิบายชี้แจงเหตุผลถึงคำตอบที่เหมาะสม มีการบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างละเอียดและหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนใช้ในการแก้ไขข้อบกพร่อง ความเข้าใจผิด

เพิ่มเติมความรู้ให้แก่ผู้เรียน ข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้จะเป็นการให้ข้อมูลที่อธิบายว่าทำไมคำตอบที่ถูกต้องถูกต้อง คำตอบที่ผิดจึงผิด ดังนั้นจึงทำให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูก/ผิด ถ้าตอบผิดก็จะทราบว่าทำไมถึงผิด การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบนี้ให้คำอธิบายมีรูปแบบที่ซับซ้อน อาจใช้การอธิบาย (explain) ชี้นำ (direct) หรือการกำกับติดตาม (monitor)

2.4 การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ หรือแบบให้การวิเคราะห์ (directive feedback หรือ diagnostic feedback) เป็นข้อมูลย้อนกลับที่ชี้นำ หรือกระตุ้น มีการแนะนำแนวทางการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน โดยบอกผลการตอบของนักเรียนว่าถูกต้องหรือไม่ ประกอบกับชี้แนะกลวิธีที่จะนำไปสู่การตอบถูก เช่น การให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนเนื้อหาในบทเรียน เสนอหลักการ แนวทางที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา ใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียน ยกตัวอย่างปัญหาที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่เผชิญในขณะนี้ แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาเสนอแนะแนวทางที่เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหา ข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้จะไม่อธิบายรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาโดยผู้เรียนจะต้องเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาจากตัวอย่างที่เพิ่มมา ผู้เรียนต้องทบทวนโจทย์และได้ตรงตรง ปรับปรุงข้อบกพร่องของตนเองโดยการฝึกสังเกตแล้วนำมาประยุกต์ใช้

Duppenthaler (2002) ได้แบ่งรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับไว้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เน้นความหมาย (meaning-focused feedback) เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหา และให้ข้อชี้แนะเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางสู่การพัฒนาในอนาคต เป็นการเสริมสร้างความเข้าใจให้กับผู้เรียนมากขึ้น

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงบวก (positive feedback) เป็นการให้ความเห็นสั้นๆ ในเชิงบวกเช่น “ทำงานได้ดีแล้ว” “ทำตัวอย่างนี้ต่อไป” เป็นต้น

3) การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เน้นข้อผิดพลาด (error-focused feedback) เป็นการแก้ไขข้อผิดพลาดด้วยหมึกแดง โดยไม่ได้เปลี่ยนแปลงแนวคิดของผู้เรียน เพียงแต่แก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

Kevin (2011) ได้แบ่งข้อมูลย้อนกลับไว้ 4 รูปแบบ ดังนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับทางบวก (positive feedback) เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ผ่านมาว่าพฤติกรรมนั้นเป็นสิ่งที่ดีควรที่จะทำซ้ำ

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับทางลบ (negative feedback) เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ผ่านมาว่าพฤติกรรมนั้นเป็นสิ่งไม่ดีไม่ควรทำซ้ำ

3) การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงทางบวก (positive feedback) เป็นการให้

ข้อมูลเชิงบวกเกี่ยวกับพฤติกรรมในอนาคต ว่าสิ่งนั้นเป็นสิ่งที่ดีควรปรับปรุง พัฒนาให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

4) การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงทางลบ (negative feedforward) เป็นการให้ข้อมูลเชิงลบเกี่ยวกับการแก้ไขพฤติกรรมในอนาคต ว่าสิ่งนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และไม่ควรทำซ้ำ

Hounsell, 2007 และ Garcia-Sanpedro, 2012 (อ้างถึงใน โชติกา ภาชีผล et al. (2558)) ได้แบ่งรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับตามเป้าหมายของการสะท้อนกลับ เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับต่องานปัจจุบัน (feedback) และ 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุง (feedforward) และเมื่อนำกระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งสองส่วนเมื่อนำมาใช้ร่วมกันสามารถเรียกว่าการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ (reflective feedback)

2. 4 หลักการให้ข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับนอกจากจะต้องคำนึงถึงรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วยโดยมีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงหลักการของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดี ดังนี้

สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2545) ได้เสนอหลักของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีว่าควรดำเนินการดังนี้

- 1) ให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีหลังจากที่ผู้เรียนตอบสนอง
- 2) แจ้งให้ผู้เรียนทราบคำตอบถูกหรือผิด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลว่าถูกหรือผิดเพราะเหตุใด
- 3) แสดงคำถาม คำตอบ และข้อมูลย้อนกลับพร้อมกัน
- 4) การใช้เสียงสูงเหมาะสมกับคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เสียงต่ำหรือไม่ใช้เสียง

เหมาะสมกับคำตอบที่ผิด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 5) ในช่วงระหว่างการเรียนรู้ ควรเฉลยคำตอบที่ถูกต้องหลังจากที่ผู้เรียนตอบผิด 1-2 ครั้ง
- 6) ควรมีการให้คะแนนหรือภาพเพื่อแสดงความใกล้ชิดไกลของเป้าหมายที่ตั้งไว้

Shute (2007) ได้กล่าวถึงการให้ข้อมูลย้อนกลับในระหว่างเรียน (formative Feedback) เพื่อใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลงานของผู้เรียน โดยได้เสนอแนะแนวทางการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ควรกระทำและไม่ควรกระทำ โดยสิ่งที่ควรกระทำมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ข้อมูลย้อนกลับควรระบุแนวทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีความสัมพันธ์กับงานมีการให้คำแนะนำว่าควรพัฒนาอย่างไร
- 2) ข้อมูลย้อนกลับควรอธิบายว่าปัญหาเกิดจากอะไร (what) อย่างไร (how) และ/หรือทำไม (why)
- 3) ข้อมูลย้อนกลับต้องมีปริมาณที่เหมาะสมในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ควรมีการ

นำเสนอเป็นลำดับขั้นจะทำให้สามารถควบคุมข้อบกพร่องและให้สารสนเทศที่เพียงพอกับผู้เรียน เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของตัวเอง

4) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ความชัดเจน เฉพาะเจาะจงและมีความเชื่อมโยงกับ จุดมุ่งหมายที่กำหนด

5) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้อาจมีรูปแบบที่ง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนจนเกินไป เช่น การบอกผลของ คำตอบถูกผิด หรือการวิเคราะห์คำตอบ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน

6) ข้อมูลย้อนกลับต้องลดความไม่ชัดเจนระหว่างความสามารถของผู้เรียนและ เป้าหมายที่กำหนด โดยพิจารณาถึงสมรรถนะที่ผู้เรียนมีและมีสิ่งใดที่ต้องพัฒนาไปสู่เป้าหมาย

7) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ความเป็นปรนัย ไม่เอนเอียง มีความน่าเชื่อถือ เช่นการให้ ข้อมูลย้อนกลับทางคอมพิวเตอร์จะขจัดความลำเอียงได้ดีกว่าให้โดยบุคคล

8) ข้อมูลย้อนกลับที่ควรส่งเสริมการพัฒนาเป้าหมายและทิศทางการเรียนรู้

9) การให้ข้อมูลย้อนกลับควรทำเมื่อผู้เรียนมีความพยายามในการแก้ไข ปรับปรุง ข้อบกพร่อง

สำหรับแนวทางที่ควรหลีกเลี่ยงในการให้ข้อมูลย้อนกลับที่Shute (2007) ได้เสนอไว้มีดังนี้

1) หลีกเลี่ยงการเปรียบเทียบกับนักเรียนคนอื่นทั้งทางตรงและทางอ้อม

2) หลีกเลี่ยงการให้เกรดโดยภาพรวมเท่านั้น จากการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้ข้อมูล

ป้อนกลับเป็นเกรดโดยภาพรวมไม่ส่งเสริมทักษะในการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น การให้ข้อมูลย้อนกลับควรมีการระบุจุดแข็งจุดอ่อนและให้ข้อมูลเพื่อพัฒนา

3) หลีกเลี่ยงการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ทำให้ผู้เรียนหมดกำลังใจหรือขัดขวางการเรียนรู้ของผู้เรียน

4) หลีกเลี่ยงการชมเชยจนมากเกินไป เนื่องจากอาจจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนต่อ ผลลัพธ์จากการเรียนรู้

5) หลีกเลี่ยงการให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยการพูดควรให้ข้อมูลย้อนกลับที่ถูกต้องไปด้วย ความเป็นกลาง เช่น การให้ข้อมูลผ่านการเขียนหรือทางคอมพิวเตอร์ซึ่งจะสามารถลดความ ลำเอียงลงไปได้

6) หลีกเลี่ยงการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อผู้เรียนมีความตั้งใจในการเรียนรู้อยู่แล้ว

7) หลีกเลี่ยงการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีการบอกคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งผู้เรียนอาจนำไปใช้

ในทางที่ผิด ดังนั้นควรกำหนดชนิดของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมกับผู้เรียน

8) หลีกเลี่ยงการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปของข้อความเพียงอย่างเดียว ควรมีการใช้
มัลติมีเดียอย่างอื่นควบคู่ไปด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

9) ลดการให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดซึ่งอาจจะให้ประโยชน์ที่ไม่
เพียงพอต่อผู้เรียน

Irons and (2008) ได้กล่าวถึงหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดี ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดเป้าหมายในการประเมินที่ชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจตรงกัน
- 2) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ต้องแสดงถึงสมรรถนะการเรียนรู้ของผู้เรียนในปัจจุบันได้
- 3) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ต้องทำให้สมรรถนะของผู้เรียนเพิ่มขึ้นและไปสู่เป้าหมายของการ
ประเมิน
- 4) ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ควรเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพใน
การแนะนำนักเรียน

นอกจากนี้ Irons and (2008) ยังได้รวบรวมการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่ง
ครูควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นสรุปได้ดังนี้

- 1) ครูไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ ทำให้ผู้เรียนไม่แน่ใจในสิ่งที่ตนเองเรียนรู้ว่าถูกต้องหรือไม่
นอกจากนี้ยังส่งผลต่อแรงจูงใจของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนไม่ให้ความร่วมมือในการประเมินในอนาคต
ได้
- 2) ครูให้ข้อมูลย้อนกลับซ้ำ ซึ่งมีผลเท่ากับการไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ ดังนั้นครูควรให้
ข้อมูลย้อนกลับอย่างทันท่วงทีเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยควรจัดให้ข้อมูล
ย้อนกลับอย่างสอดคล้องกับภาระงานที่ให้ผู้เรียน
- 3) ครูให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นตัวเลขเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ผู้เรียนลดความสนใจต่อการ
ประเมินผลและไม่มี ความพยายามที่จะนำข้อมูลนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์
- 4) ครูให้ข้อมูลย้อนกลับที่ขัดแย้งระหว่างคำอธิบายกับคะแนนที่ให้กับผู้เรียน ทำให้
ผู้เรียนเกิดความสับสน
- 5) ครูให้ข้อมูลย้อนกลับไม่สม่ำเสมอหรือเท่าเทียมกันกับผู้เรียนทุกคน ทำให้เกิดความ
เหลื่อมล้ำในการให้ข้อมูลย้อนกลับ
- 6) ครูให้ข้อมูลย้อนกลับที่ไม่เหมาะสม มีการวิพากษ์วิจารณ์มากเกินไป ขาดจุดเน้นที่
เฉพาะ ทำให้ผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการพัฒนาตนเอง

2. 5 ข้อดีของข้อมูลย้อนกลับ

สุกัญญา นิমানันท์ (2533) กล่าวว่า ข้อมูลป้อนกลับทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน และทำให้ผู้เรียนทราบข้อบกพร่อง สามารถแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองได้ ทราบผลการเรียนของตนเองตลอดเวลาในขณะเรียน เป็นการเสริมสร้างความมั่นใจของผู้เรียนให้มากขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนมีความพยายามและตั้งใจในการเรียนต่อไป และช่วยลดความวิตกกังวล สอดคล้อง Hattie and Timperley (2007) ได้กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้จะช่วยให้ลดช่องว่างระหว่างความสามารถหรือทักษะที่มีอยู่กับความสามารถหรือทักษะที่คาดหวัง และให้ทางเลือกที่จะพัฒนาต่อยอดไปสู่ความสามารถที่สูงขึ้นไป นอกจากนี้ Brookhart (2008) ยังได้กล่าวเกี่ยวกับข้อดีของข้อมูลย้อนกลับว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) ทำให้ผู้เรียนทราบความสามารถของตนเอง ช่วยส่งเสริมแรงบันดาลใจในการเรียน และทราบจุดที่ควรพัฒนาไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ตั้งไว้

2. 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ

วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ คงเฝ้า (2552) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวทางการตรวจงาน การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนของนิสิตปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาแนวทางการตรวจงานและการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียน 2) ผลการใช้แนวทางการตรวจงาน และการใช้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนด้านความสามารถในการเขียนเรียงความภาษาไทยก่อนและหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับ 3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อแนวทางการตรวจงาน และการใช้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 37 คน ผลการวิจัยพบว่า นิสิตชั้นปีที่ 1 มีความสามารถในการเขียนเรียงความภาษาไทยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นิสิตมีความพึงพอใจต่อแนวทางการตรวจงาน และการใช้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนโดยครูผู้สอนและโดยเพื่อนอยู่ในระดับมากร้อยละ 86.53 และ 72.55 ตามลำดับ โดยผู้เรียนมีความคิดเห็นว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับมีประโยชน์ต่อการพัฒนางานเขียนของตนเอง โดยนำข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องของตนเองมาปรับปรุงงานเขียน

ดาวเรือง ลุ่มทอง (2554) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการของผลงานด้านทัศนศิลป์: การประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและเพื่อการปรับปรุง มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) สร้างเกณฑ์การประเมินและข้อมูลย้อนกลับสำหรับผลงานศิลปะตามแนวคิดสำหรับข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง 2) ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การประเมินและรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับที่สร้างขึ้น 3) เปรียบเทียบพัฒนาการของผลงานศิลปะของผู้เรียนตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่และทักษะด้านศิลปะที่แตกต่างกัน กลุ่ม

ตัวอย่างที่ใช้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 79 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ คู่มือการประเมินงานศิลปะ เกณฑ์การประเมินผลงานศิลปะและชุดข้อมูลย้อนกลับ 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบทั่วไป รูปแบบชี้แนะเพื่อปรับปรุง และรูปแบบผสม ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมผู้เรียนมีพัฒนาการของผลงานศิลปะในระยะที่ 2 สูงกว่าระยะที่ 1 และ ในระยะที่ 3 สูงกว่าระยะที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผู้เรียนกลุ่มทักษะสูงที่ได้รับรูปแบบชี้แนะเพื่อปรับปรุงมีพัฒนาการสูงกว่าผู้เรียนกลุ่มทักษะสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและรูปแบบผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม (2556) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในแต่ละระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้รับรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด แบบชี้แนะ แบบผสม และแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง 2) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 140 คน แบ่งเป็นผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับสูง ปานกลาง และต่ำ โดยผู้เรียนแต่ละระดับความสามารถจะได้รับข้อมูลย้อนกลับทั้ง 4 รูปแบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) แบบฝึกทักษะ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และ 3) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เรียนที่มีความสามารถระดับสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดและแบบชี้แนะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด แบบชี้แนะ และแบบผสมมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผู้เรียนที่มีความสามารถระดับต่ำที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด แบบชี้แนะ และแบบผสมมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ

แบบผสมมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์กับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

โชติกา ภาชีผล et al. (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบเพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบเพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน 2) ศึกษาผลการใช้เพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ และ 3) ประเมินรูปแบบเพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ฯ โดยแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ระยะคือ ระยะที่ 1 เป็นการศึกษาสภาพและความต้องการในการใช้เพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ฯ ระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาและตรวจสอบรูปแบบและระบบจัดการเพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ฯ ระยะที่ 3 เป็นการศึกษาผลของการใช้รูปแบบเพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ฯ โดยครูและนักเรียนในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย วิทยาศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี และระยะที่ 4 เป็นการประเมินรูปแบบเพิ่มสะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วยแบบสอบถามความคิดเห็น แบบสัมภาษณ์ แบบประเมินรับรองรูปแบบและระบบจัดการเพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ และแบบบันทึกข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา การใช้เพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป ส่วนใหญ่มีร้อยละของนักเรียนที่มีพัฒนาการต่ำกว่าไม่มีพัฒนาการ ในขณะที่การใช้เพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุงส่วนใหญ่มีร้อยละของนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงกว่าไม่มีพัฒนาการ และสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา การใช้เพิ่มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ส่วนใหญ่มีร้อยละของนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงกว่าไม่มีพัฒนาการ

จากงานวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับ พบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับมีผลทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางด้านความรู้ความสามารถ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมากขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะประยุกต์ให้การให้ข้อมูลสะท้อนกลับ (reflective feedback) ไว้ในระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) แบบรายชื่อใช้ 3 รูปแบบ คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบผสม และให้ข้อมูลย้อนกลับโดยรวมทั้งฉบับมีการรายงานคะแนนตามเนื้อหาแต่ละเรื่อง รายงานจำนวนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุง (feedforward)

ผู้วิจัยจะให้รายละเอียดเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการพัฒนาและปรับปรุงตนเองในอนาคต

ตอนที่ 3 วิธีการพัฒนาระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์

ในการพัฒนาระบบวินิจิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ จำเป็นต้องใช้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ต้องมีการวางแผนและออกแบบโปรแกรมไว้ล่วงหน้า มีการกำหนดขั้นตอนวิธีการทำงานที่ชัดเจน ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ และออกแบบโปรแกรมเรียกว่า วัฏจักรการพัฒนาระบบงาน System Development Life Cycle (SDLC) ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวินิจฉัยวิธีการพัฒนาระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์

ศูนย์พัฒนาทรัพยากรการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (มบป.) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาไว้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาสามารถจำแนกได้ดังนี้

1.1 กำหนดขอบเขตของปัญหา เพื่อให้ทราบขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดังนี้

1.1.1 กำหนดจุดประสงค์การทำงาน เพื่อให้ทราบว่าเขียนโปรแกรมเพื่อต้องการแก้ปัญหาอะไร เช่น ปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณพื้นที่ของสามเหลี่ยม เป็นต้น

1.1.2 กำหนดเป้าหมายให้ชัดเจน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น โปรแกรมคำนวณพื้นที่ของสามเหลี่ยม ต้องการคำนวณพื้นที่รูปสามเหลี่ยมได้หลายขนาดและแสดงผลเป็นตัวเลข

1.1.3 ศึกษาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อออกแบบขั้นตอนการทำงานได้อย่างเหมาะสม เช่น การใช้สูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ต่างๆ

1.1.4 กำหนดข้อจำกัดและศึกษาความเป็นไปได้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามวัตถุประสงค์ เช่น โปรแกรมคำนวณพื้นที่ของสามเหลี่ยม ต้องการคำนวณพื้นที่ได้เฉพาะรูปสามเหลี่ยม

1.2 กำหนดข้อมูลนำเข้า ซึ่งประกอบด้วยประเด็นการพิจารณาดังนี้

1.2.1 กำหนดลักษณะการรับข้อมูล เช่น รับข้อมูลจากแป้นพิมพ์ หรืออ่านข้อมูลจากไฟล์

1.2.2 รูปแบบข้อมูลที่ได้รับเข้ามาเป็นอย่างไร เช่น ข้อมูลที่อินพุตเก็บเป็นตัวอักษรหรือสตริง ข้อมูลเงินเดือนพนักงานเก็บเป็นจำนวนทศนิยม เป็นต้น

1.2.3 ขอบเขตของข้อมูลมีช่วงค่าของข้อมูลได้เท่าไร เช่น รับข้อมูลเงินเดือนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 100,000.00 บาท เก็บข้อมูลเป็นจำนวนทศนิยม เป็นต้น

1.2.4 ข้อจำกัดในการรับข้อมูลอย่างไรบ้าง เช่น รับข้อมูลได้เฉพาะค่าตัวเลขที่มากกว่า 0 เป็นต้น

1.3 วิธีการประมวลผล เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการแก้ปัญหาประกอบด้วยข้อกำหนดดังนี้

1.3.1 กำหนดวิธีการหรือเทคนิคที่ใช้แก้ปัญหา ปัญหาต่างๆ จะมีวิธีการปัญหาแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพของปัญหาและผู้แก้ปัญหา และปัญหาหนึ่งๆสามารถแก้ปัญหได้ด้วยหลายๆ วิธีการ ดังนั้นให้เลือกวิธีการแก้ปัญหที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ

1.3.2 กำหนดขั้นตอนทำงานให้ชัดเจน เพื่อแก้ปัญหาตามลำดับการทำงานของวิธีการที่ได้เลือกใช้ และประมวลผลให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ

1.4 กำหนดผลลัพธ์ ประกอบด้วย

1.4.1 กำหนดรูปแบบการแสดงผล เช่น แสดงผลลัพธ์เป็นภาพกราฟฟิกส์ทางจอภาพ หรือพิมพ์ข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์ เป็นต้น

1.4.2 ตรวจสอบข้อผิดพลาดและความถูกต้องของผลลัพธ์ เช่น ตรวจสอบข้อผิดพลาดจากการคำนวณ ตรวจสอบผลลัพธ์ว่าถูกต้องตรงตามที่ต้องการหรือไม่

1.5 กำหนดโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ ประกอบด้วย

1.5.1 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งขึ้นอยู่กับความถนัด ประเภทของงานและคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องคอมพิวเตอร์

1.5.2 วิธีการเก็บข้อมูลและเรียกใช้ตัวแปร เช่นการประกาศตัวแปรอาเรย์ให้สามารถเก็บข้อมูลได้หลายตัว หรือเก็บข้อมูลเป็นคลาส หรือตามโครงสร้างข้อมูลแบบต่างๆ เป็นต้น

2. การออกแบบโปรแกรม (Program Design) ประกอบด้วยวิธีการดังนี้ คือ

2.1 การออกแบบโปรแกรมโดยใช้อัลกอริทึม (Algorithm) เป็นการอธิบายถึงลำดับขั้นตอนการทำงานของการทำงานแก้ปัญหาโดยใช้ประโยคข้อความที่ชัดเจนไม่คลุมเครือ สามารถบอกลำดับการทำงานได้ ซึ่งมีประโยชน์ดังนี้

2.2.1 ทำให้เห็นลำดับของการทำงานและวิธีการทำงานแต่ละขั้นตอนได้อย่างละเอียด

2.2.2 ทำให้เห็นภาพรวมของการทำงานของขั้นตอนทั้งหมด

2.2.3 เป็นการวางแผนการทำงานไว้ล่วงหน้า ทำให้สามารถนำไปเขียนเป็นโปรแกรมได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

2 การออกแบบโปรแกรมโดยใช้รหัสจำลอง (Pseudo Code) เป็นการออกแบบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโดยการใช้ข้อความภาษาอังกฤษที่ใกล้เคียงกับภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีหลักการทำงานและประโยชน์เหมือนกับการใช้อัลกอริทึม แต่มีข้อดีดังนี้คือ

2.2.1 สามารถนำรหัสจำลองไปใช้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่าการใช้อัลกอริทึม เพราะมีความใกล้เคียงกับคำสั่งคอมพิวเตอร์

2.2.2 ผู้ออกแบบโปรแกรมต้องมีความรู้ทางด้านภาษาคอมพิวเตอร์บ้าง เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้และเขียนโปรแกรมเป็นภาษาอื่น ๆ ได้หลายภาษา

2.3 การออกแบบโปรแกรมโดยใช้ผังงาน (Flowchart) คือ การใช้สัญลักษณ์รูปภาพ หรือกล่องข้อความบรรยายรายละเอียดการทำงาน และใช้ลูกศรบอกทิศทางลำดับ ของการทำงาน ซึ่งมีข้อดีดังนี้ คือ

2.3.1 สามารถอ่านและเข้าใจการทำงานได้ง่าย เพราะมองเห็นภาพรวมขั้นตอนการทำงานทั้งหมดได้ชัดเจน

2.3.2 สามารถออกแบบโครงสร้างการทำงานได้หลากหลายโดยใช้ลูกศรแสดงทิศทางการทำงาน ทำให้แก้ปัญหาที่มีหลายเลือกและซับซ้อนได้

2.3.3 คำสั่งหรือคำบรรยายรายละเอียดในกล่องข้อความสามารถนำไปเขียนเป็นคำสั่งของโปรแกรมได้

3. การเขียนโปรแกรม (Program Coding) เป็นขั้นตอนสำคัญหลังจากได้ผ่านการออกแบบโปรแกรมแล้ว โดยการนำแนวคิดจากอัลกอริทึม หรือผังงานมาแปลงให้อยู่ในรูปคำสั่งคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยความรู้และทักษะการเขียนโปรแกรมและใช้ภาษาคอมพิวเตอร์รวมทั้งเครื่องมือช่วยในการเขียนโปรแกรมต่างๆ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ถูกต้อง และทำงานตามที่เราต้องการสรุปการเขียนโปรแกรม ต้องพิจารณาองค์ประกอบดังนี้ 1) เลือกภาษาที่เหมาะสม 2) ลงมือเขียนโปรแกรม โดยการแปลงขั้นตอนการทำงาน (ประมวลผล) ที่ได้จากการออกแบบ ให้อยู่ในรูปของคำสั่งที่ถูกต้อง ตรงตามรูปแบบของภาษาที่เลือกนั้น

4. การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม (Program Testing & Verification) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนได้ ว่าทำงานถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ หรือตรงตามลักษณะงานของโปรแกรมนั้นหรือไม่ ความผิดพลาด (Errors) ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการเขียน

โปรแกรม มีดังนี้ 1) Syntax Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้คำสั่งผิดรูปแบบที่ภาษานั้นกำหนด เช่น การลืมประกาศตัวแปร การเขียนคำสั่งผิด เช่น คำสั่ง while () เป็น WHILE()

2) Logic Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานผิดไปจากขั้นตอนที่ควรจะเป็น เช่น การตรวจสอบเงื่อนไขผิดไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ คำนวณค่าได้คำตอบไม่ถูกต้อง หรือ ทำงานผิดลำดับขั้นตอน เป็นต้น 3) System Design Error ความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรมทำงานได้ไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขโปรแกรมนี้นี้

4.1 Desk-Checking ผู้เขียนโปรแกรมตรวจสอบโปรแกรมด้วยตนเอง ถ้าให้ผู้อื่นช่วยดูจะเรียกว่า Structured-Walkthrough

4.2 Translating ตรวจสอบรูปแบบคำสั่งต่างๆที่ใช้ในโปรแกรมโดยตัวแปลภาษา (Translator) เป็นผู้ตรวจ

4.3 Debugging เป็นการทดลองใช้โปรแกรมจริง เพื่อค้นหาข้อบกพร่อง เช่น ผลลัพธ์ที่ไม่ตรงตามความต้องการ ซึ่งอาจมีสาเหตุจาก Logic Errors และถ้าได้ทดสอบกับผู้ใช้จริงก็จะสามารถตรวจสอบ System Design Errors ได้

5. การจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน (Program Documentation) ที่เกี่ยวข้องกับระบบหรือการเขียนโปรแกรม ได้แก่

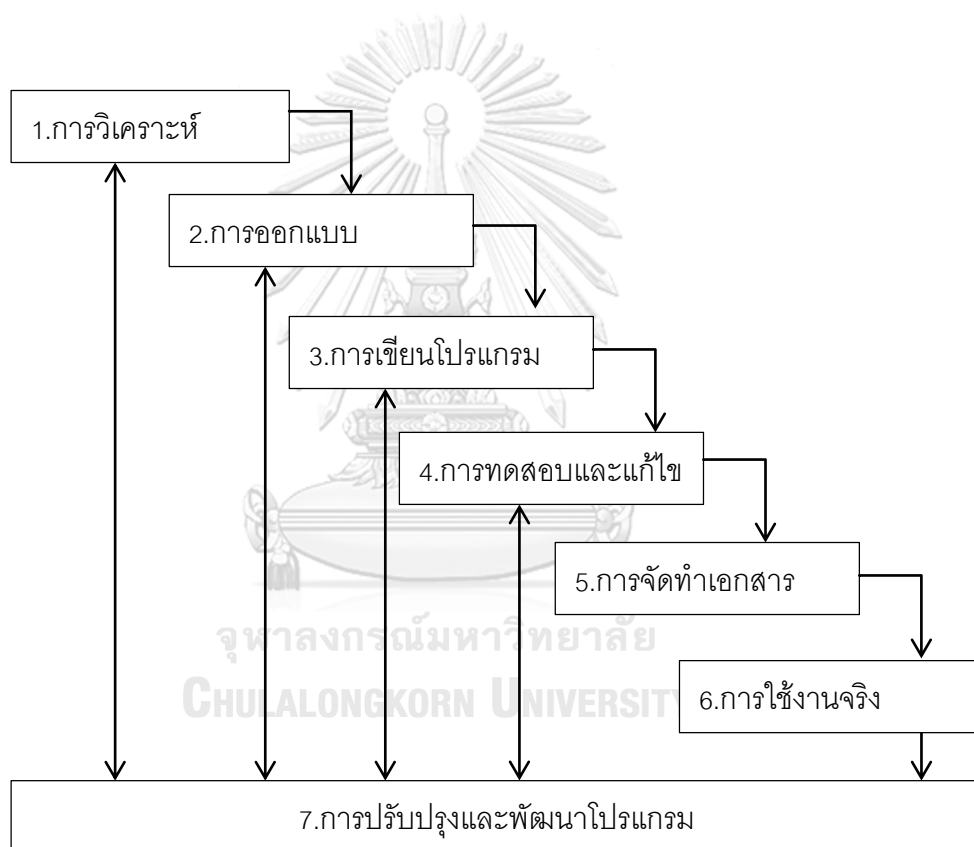
5.1 คู่มือสำหรับผู้ใช้โปรแกรม (User's Manual or User's Guide) คือเอกสารที่อธิบายวิธีการใช้ระบบหรือโปรแกรม เรียกว่า User Manual ใช้สำหรับผู้ใช้งานโปรแกรม แนะนำวิธีการใช้งานโปรแกรม แนะนำคุณสมบัติ และองค์ประกอบของโปรแกรมต่างๆ วิธีการติดตั้งโปรแกรม สามารถทำควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรม อาจทำเป็นคู่มือเอกสารที่อยู่ในรูปแบบโปรแกรมออนไลน์ก็ได้ (Online Manual)

5.2 คู่มือสำหรับผู้เขียนโปรแกรม (Programmer's Manual or Programmer's Guide) เป็นคู่มือที่จัดทำขึ้น เพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรม รวมทั้งเทคนิคพิเศษต่างๆ ของโปรแกรม เพื่อให้สะดวกต่อการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมที่มีอยู่เดิม โดยทั่วไปจะเป็นเอกสารแสดงการวิเคราะห์ และออกแบบระบบ เรียกว่า System Manual ใช้สำหรับผู้พัฒนาระบบหรือโปรแกรมเท่านั้น

6. การใช้งานจริง (Program Implement) การใช้งานจริง เป็นขั้นตอนสำคัญหลังจากทำการทดสอบและแก้ไขโปรแกรมให้มีความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว โดยการนำโปรแกรมไปใช้งานจริงด้วยการป้อนข้อมูลต่างๆ สภาวะแวดล้อม และสถานการณ์ต่างๆโดยผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถ

ทำงานตามฟังก์ชัน และทำตามจุดประสงค์ของโปรแกรมที่เขียนไว้ ขั้นตอนการใช้งานจริงของโปรแกรมหากพบข้อผิดพลาด ก็สามารถปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมให้ถูกต้องได้

7. การปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม (Program Maintenance) การเขียนโปรแกรมที่ดีต้องมีขั้นตอนการปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมให้มีความถูกต้อง ทันสมัย และตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด โดยทั่วไปโปรแกรมที่ใช้งานจะประกอบด้วยหลายรุ่น เช่นรุ่นทดสอบ (Beta Version) และ รุ่นที่ใช้งานจริง (Release Version) และต้องมีการปรับเปลี่ยนโปรแกรมให้ดีขึ้น ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภาพสรุปขั้นตอนการพัฒนาระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 8

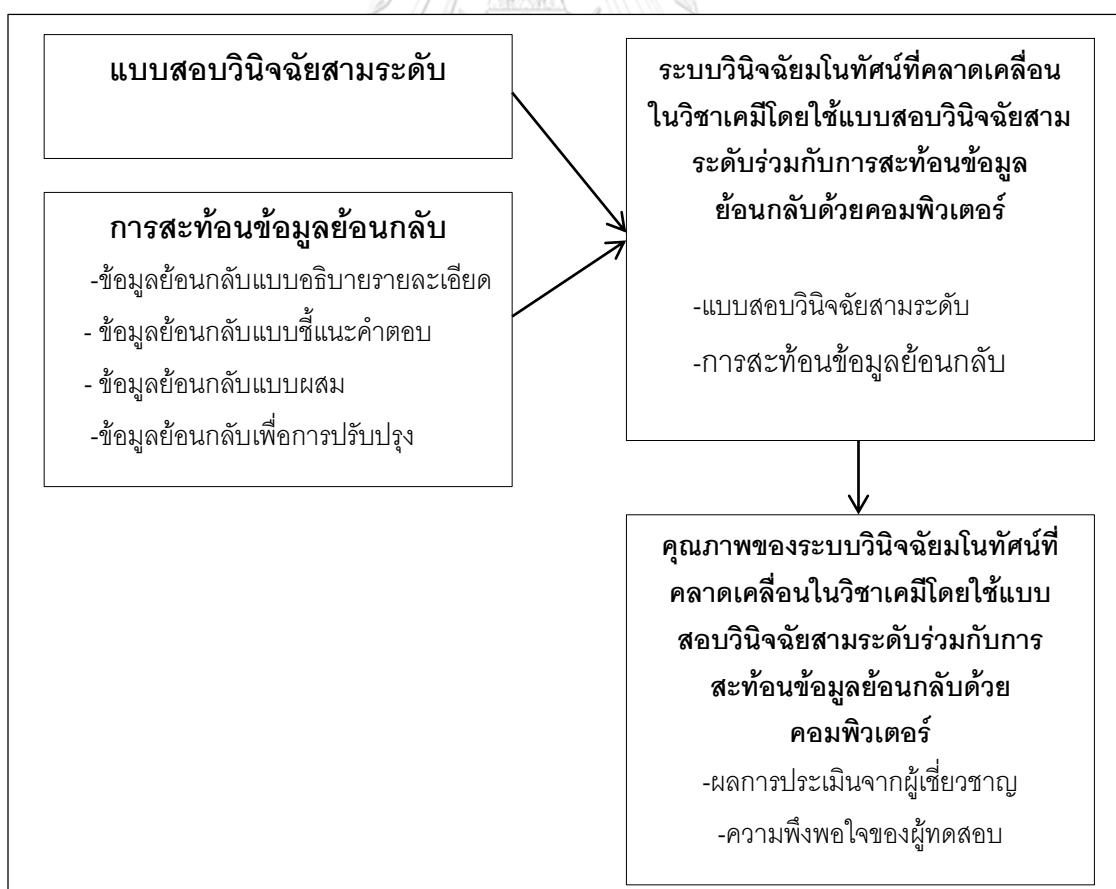


ภาพที่ 8 ขั้นตอนการพัฒนาบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์

จากการศึกษาหลักการและวิธีการพัฒนาระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้นำหลักการไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี โดยได้มีการดำเนินการทั้งสิ้น 6 ขั้นตอน คือ 1)วิเคราะห์ปัญหา 2)การออกแบบโปรแกรม 3)การเขียนโปรแกรม 4)การทดสอบและแก้ไข 5)การจัดทำเอกสาร และ6)การใช้งานจริง

ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเพื่อให้แนวทางในการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี และการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบสอบวินิจฉัย นอกจากนี้ยังศึกษาเกี่ยวกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้ได้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพแก่ผู้เรียนเพื่อให้เกิดการปรับปรุงตนเอง จากผลการศึกษาทั้ง 2 ประเด็นผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 องค์ประกอบ คือ 1) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ 2) การสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ แบบอธิบายรายละเอียด แบบชี้แนะคำตอบ แบบผสม และข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงพัฒนา โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถให้ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นนำระบบไปใช้และมีการตรวจสอบคุณภาพของระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 9

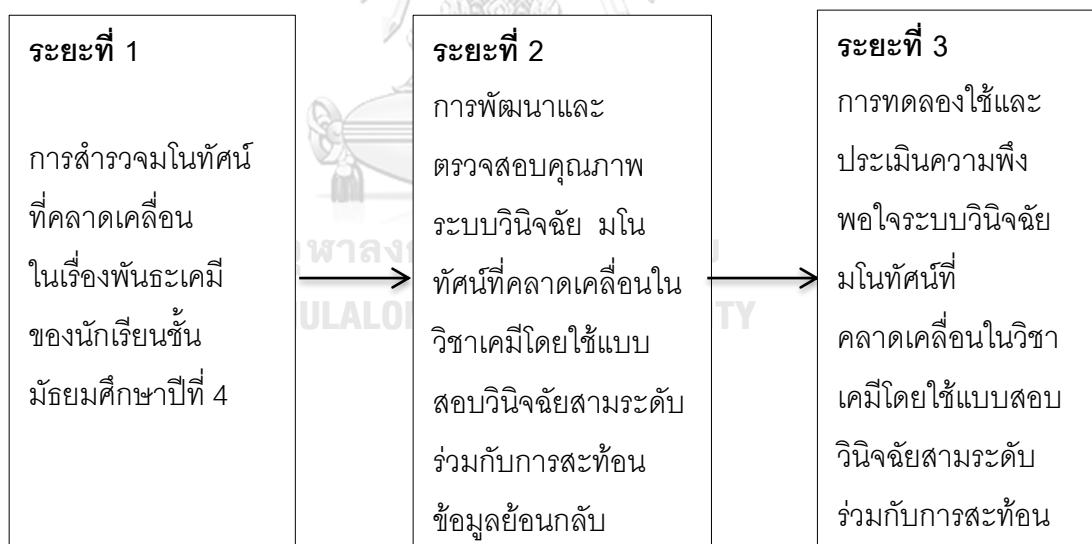


ภาพที่ 9 กรอบแนวคิดในการวิจัยเรื่องการพัฒนาบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี โดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยสามระดับในวิชาเคมี 3) พัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 4) ตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (research and development) ในการศึกษาโดยมีขั้นตอนการวิจัยทั้งสิ้น 3 ระยะ ดังนี้



ภาพที่ 3. 1 การดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอการละเอียดของการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะโดยมีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การดำเนินการวิจัยในขั้นนี้เป็นการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ สร้างข้อมูลย้อนกลับเพื่อเตรียมพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี

1.1 กำหนดมวลเนื้อหาโดยการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 ซึ่งผู้วิจัยศึกษาเอกสารต่างๆ ดังนี้ 1) หลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 2) หนังสือแบบเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) 3) คู่มือครูวิชาเคมีพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) 4) หนังสือแบบเรียนเคมีเพิ่มเติม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) 5) คู่มือครูวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) และกำหนดเนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่มุ่งวินิจฉัยแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 12 เนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่มุ่งวินิจฉัย

เนื้อหาหลัก	เนื้อหาย่อย
1.พันธะไอออนิก	1.1 การเกิดพันธะไอออนิก 1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก 1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก 1.5 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก
2.พันธะโคเวเลนต์	2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ 2.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

ตารางที่ 13 เนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่มุ่งวินิจฉัย (ต่อ)

เนื้อหาหลัก	เนื้อหาย่อย
	2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ 2.7 รูปร่างโมเลกุล 2.8 มุมพันธะ 2.9 สภาพัฒของโมเลกุล 2.10 แรงแยัดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล
3. พันธะโลหะ	3.1 สมบัติของพันธะโลหะ

1.2 สํารวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในขั้นตอนต่อไป

1.3 สัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 15 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ด้วยแบบสัมภาษณ์ ในประเด็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญพบจากประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้อุวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี และสาเหตุที่นักเรียนไม่เข้าใจหรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- 1) เป็นผู้ที่จบการศึกษาอย่างน้อยระดับปริญญาตรี จากคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขามัธยมศึกษา วิชาเอกเคมี หรือ คณะวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี หรือ
- 2) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างน้อย 5 ปี หรือ
- 3) เป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษในวิชาเคมี

1.4 รวบรวมผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผลจากการสัมภาษณ์มาสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.5 นำผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยและผลการสัมภาษณ์มาสร้างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับชนิดปลายเปิด โดยระดับที่หนึ่งเป็นแบบเลือกตอบ ระดับที่สองเป็นเหตุผลของคำตอบในระดับแรกเป็นแบบเขียนตอบ เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพิ่มเติมจากนักเรียน โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) วิเคราะห์หมวดเนื้อหาที่จะสำรวจมโนทัศน์ ผู้วิจัยทำการศึกษาเนื้อหาที่จะทำการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 3 เนื้อหาหลัก 16 เนื้อหาย่อย ประกอบด้วย เนื้อหาหลักที่ 1 พันธะไอออนิก แบ่งเป็นเนื้อหาย่อย 5 เนื้อหา คือ 1) การเกิดพันธะไอออนิก 2) โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก 3) การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 4) สมบัติของสารประกอบไอออนิก 5) ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก เนื้อหาหลักที่ 2 พันธะโคเวเลนต์ แบ่งเป็นเนื้อหาย่อย 10 เนื้อหา คือ 1) การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 2) ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 3) โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 4) การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ 5) ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ 6) แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ 7) รูปร่างโมเลกุล 8) มุมพันธะ 9) สภาพขั้วของโมเลกุล 10) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เนื้อหาหลักที่ 3 พันธะโลหะ มีเนื้อหาย่อย 1 เนื้อหา คือ สมบัติของพันธะโลหะ

2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้จำนวน 16 วัตถุประสงค์ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำนวน 40 มโนทัศน์ (รายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 4)

3) สร้างแผนผังการสร้างข้อสอบ ผู้วิจัยได้วางแผนสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสองระดับปลายเปิด จำนวน 40 ข้อ (รายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 4)

4) ร่างข้อสอบวินิจฉัยแบบสองระดับชนิดปลายเปิด โดยเริ่มจากเขียนข้อคำถามในระดับที่ 1 ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด จากนั้นสร้างตัวเลือกที่ถูกต้องและสร้างตัวลวงที่จะให้นักเรียนเลือกแล้วเขียนเหตุผลประกอบในคำถามระดับที่ 2 โดยถ้านักเรียนเลือกตัวลวงและเขียนเหตุผลที่สอดคล้องกับตัวลวงนั้นแสดงถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เนื้อหาหลัก 1. พันธะไอออนิก

เนื้อหาย่อย 1.1 การเกิดพันธะไอออนิก

จุดประสงค์การเรียนรู้ ระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากอะตอมของสารชนิดใด

ข้อคำถามระดับที่ 1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ตัวเลือกระดับที่ 1

ก. CaF_2

ข. Al_2S_3

ค. N_2O_3

ง. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

ข้อคำถามระดับที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

การกำหนดตัวเลือกและคำตอบปลายเปิดที่สะท้อนถึงการมีโน้ตทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

คำตอบระดับที่ 1	คำตอบในระดับที่ 2	การแปลความหมาย
*ค. N_2O_3	N_2O_3 ไม่ใช่สารประกอบไอออนิก แต่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์เนื่องจากเกิดจากใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอโลหะกับอโลหะ	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก. CaF_2 หรือ ข. Al_2S_3	สารประกอบไอออนิกเกิดได้เฉพาะหมู่ 1 กับ หมู่ 7 เท่านั้น ดังนั้นสารในข้อ ก หรือ ข เป็นสารประกอบโคเวเลนต์	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของอโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น
ง. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	กลุ่มไอออนบวก รวมกับกลุ่มไอออนลบ จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -กลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก
คำตอบนอกเหนือจากนี้ หรือ ไม่เขียนเหตุผล		ขาดความรู้ (Lack of knowledge)

จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 120 คน

1.6 สรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย การสัมภาษณ์ครูผู้สอน และการตอบแบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบปลายเปิดของนักเรียน เพื่อนำไปสร้างเป็นตัวลงในแบบสอบถามวิจัยแบบสามระดับ

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี

2.1 พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ โดยกำหนดวัตถุประสงค์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด สร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยการนำผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยสองระดับนำมาสร้างเป็นตัวลงที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) วิเคราะห์มวลเนื้อหาที่จะสำรวจมโนทัศน์ ผู้วิจัยทำการศึกษาเนื้อหาที่จะทำการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 3 เนื้อหาหลัก 16 เนื้อหาย่อย ตามที่กล่าวมาข้างต้น

2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด

3) สร้างแผนผังการสร้างข้อสอบ ผู้วิจัยได้วางแผนสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ตามเนื้อหาย่อย 16 เนื้อหาๆละ 6 ข้อ รวม 96 ข้อ

4) ร่างข้อสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ โดยเริ่มจากเขียนข้อคำถามในระดับที่ 1 ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด จากนั้นสร้างตัวเลือกและตัวลงในระดับที่ 1 และระดับที่ 2 โดยกำหนดให้มีเป็นตัวลงที่มีความสอดคล้องกันทั้งระดับที่ 1 และระดับที่ 2 สะท้อนถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และขั้นสุดท้ายสร้างคำถามและตัวเลือกระดับที่ 3 เป็นคำถามที่ถามความมั่นใจในคำตอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เนื้อหาหลัก 2. พันธะโคเวเลนต์

เนื้อหาย่อย 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

จุดประสงค์การเรียนรู้ ระบุโมเลกุลที่สามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้

1.1 โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้

- | | | |
|-------------|-------------|----------------------|
| ก. C_6H_6 | ข. NO_3^- | SO_3^{2-} |
| ค. CS_2 | ง. NO_3^- | SO_3^{2-} C_6H_6 |

1.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างที่เลือกเป็นโมเลกุลของเบนซีน
- ข. โครงสร้างที่เลือกเป็นโมเลกุลที่มีพันธะคู่
- ค. โครงสร้างที่เลือกเป็นโมเลกุลที่มีประจุลบ
- ง. โครงสร้างที่เลือกเป็นโมเลกุลที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว

1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
- ข. ไม่มั่นใจ

การกำหนดตัวเลือกเพื่อสะท้อนถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

คำตอบ ระดับที่ 1	คำตอบ ระดับที่ 2	คำตอบ ระดับที่ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซินเท่านั้น
ข.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
ค.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

2.2 ตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Item Objective Congruence; IOC) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน ซึ่งมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- 1) เป็นอาจารย์ที่สอนระดับมหาวิทยาลัย สาขา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอกด้านเคมี หรือ
- 2) เป็นครูผู้สอนวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สำเร็จการศึกษาอย่างน้อยระดับระดับปริญญาตรีในสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี และมีประสบการณ์สอน 10 ปีขึ้นไป หรือ
- 3) เป็นครูผู้สอนวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สำเร็จการศึกษาอย่างน้อยระดับระดับปริญญาตรีในสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี และเป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษขึ้นไป หรือ
- 4) เป็นครูผู้สอนวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาเคมี และปริญญาโทขึ้นไปในสาขาวิชาวัดและประเมินผลการศึกษา หรือ ศึกษาศาสตร์

2.3 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบวินิจฉัยสามระดับตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และจัดพิมพ์แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

2.4 นำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 624 คน วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) หาคุณภาพด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน และตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ด้วยโปรแกรม IRT Pro แบบ 3 พารามิเตอร์ได้แก่ ค่าความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) และการเดา (c) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์เข้าสู่ระบบวินิจฉัย

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมีเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบดังนี้ ค่าความยาก(b) อยู่ในช่วง -2.50 ถึง +2.50 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.5 และความน่าจะเป็นในการเดาไม่เกิน 0.30 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

2.5 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ โดยการหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียง โดยใช้ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ในการตรวจสอบจะทำการตรวจสอบให้ครอบคลุมทุกรูปแบบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามแนวคิดของ Arslan et al. (2012) มีขั้นตอนดังนี้

2.5.1 ศึกษาโครงสร้างและวิธีการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

2.5.2 สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในข้างต้น จำนวน 4 โรงเรียน โรงเรียนละ 10 คน รวม 40 คน เพื่อทำการตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยนำข้อคำถามในแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปใช้วินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

2.5.3 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์และอธิบายวิธีการพูดถึงกระบวนการคิดในการทำแบบสอบ ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างฟังจนเข้าใจ

2.5.4 เริ่มทำการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง และบันทึกผลการวินิจฉัยลงในแบบบันทึกผลการวินิจฉัย การบันทึกผลผู้วิจัยจะพิจารณาว่านักเรียนพูดถึงกระบวนการคิดได้ถูกต้องและตอบคำถามได้ถูกต้องจะได้รับการตัดสินให้ “ผ่าน” เนื้อหานั้นๆ กรณีที่นักเรียนไม่สามารถพูดถึงกระบวนการคิด ไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องหรือทำข้อสอบไม่ได้จะได้รับการตัดสินให้ “ไม่ผ่าน” เนื้อหานั้นๆ

2.5.5 นำผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียงมาหาความสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับโดยใช้ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K)

ขั้นตอนที่ 3 สร้างข้อมูลย้อนกลับที่จะนำไปใช้ในระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

3.1 ศึกษาหลักการและวิธีการใช้ข้อมูลย้อนกลับจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ผู้วิจัยดำเนินการร่างข้อมูลย้อนกลับ (feedback) ที่จะให้กับนักเรียนหลังจากทำการทดสอบด้วยระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยร่างข้อมูลย้อนกลับให้สอดคล้องกับมวล

เนื้อหาและ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำแนกตามความคลาดเคลื่อนที่พบในนักเรียนแต่ละคน และ รูปแบบของข้อมูลย้อนกลับที่ให้จะแตกต่างกันไปตามประเภทของนักเรียน เช่น นักเรียนที่มี มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด นักเรียนที่เดาคำตอบหรือ ขาดความมั่นใจจะได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ และนักเรียนที่ขาดความรู้จะได้รับข้อมูล ย้อนกลับแบบผสม ทั้งนี้ผู้วิจัยอ้างอิงรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับจากผลการวิจัยของ อนงค์ เมธี พิทักษ์ธรรม (2556) ที่พบว่าผู้เรียนที่มีความสามารถต่ำได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบผสม จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบถูก ดังนั้นในกลุ่มขาดความรู้ผู้วิจัยจึงให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม โดยมีรายละเอียดของการร่างข้อมูลย้อนกลับดังนี้

3.2.1 ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด จะเขียนเป็นข้อความ อธิบาย รายละเอียดของคำตอบที่ถูก บอกขั้นตอนการคิดคำตอบ

3.2.2 ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ จะเขียนเป็นโจทย์ที่ใกล้เคียงกับข้อสอบ และบอกวิธีการคิดหาคำตอบ

3.2.3 ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม จะเขียนเป็นข้อความอธิบายรายละเอียดของ คำตอบที่ถูกต้อง พร้อมทั้งให้โจทย์ที่ใกล้เคียงกับข้อสอบและบอกวิธีการคิดหาคำตอบอย่างละเอียดเป็นขั้นตอน (ผลการสร้างข้อมูลย้อนกลับจะอธิบายในบทที่ 4)

3.3 ผู้วิจัยทำการร่างข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา (feed forward) ที่จะให้กับนักเรียน หลังจากทำทดสอบจบทั้งหมด โดยทำการร่างข้อมูลย้อนกลับจากผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดียวกับขั้นการสัมภาษณ์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) โดยรายละเอียดของการเขียน ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนานั้นผู้วิจัยร่างทั้งสิ้น 5 ชุดข้อมูล จำแนกตามการจัดประเภทของ นักเรียนโดยใช้ร้อยละของคะแนนสอบรวม แบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50) 2) กลุ่มอ่อน (ร้อยละ 50-59) 3) พอใช้ (ร้อยละ 60-90) 4) กลุ่มดี (ร้อยละ 70-79) และ 5) กลุ่มดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) (ผลการสร้างข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาจะอธิบายในบทที่ 4)

3.4 ผู้วิจัยนำร่างข้อมูลย้อนกลับ (feedback) และข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา (feed forward) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างความมูลย้อนกลับกับมวลงเนื้อหาใน แบบสอบวินิจฉัย โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน (โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ เหมือนกับที่ใช้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ)

3.5 ผู้วิจัยทำการปรับแก้ข้อมูลย้อนกลับตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จัดพิมพ์เพื่อเตรียม พัฒนาเป็นระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระยะต่อไป

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบปลายเปิด คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 120 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายจากโรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 4 โรงเรียน โรงเรียนละ 30 คน ซึ่งรายละเอียดการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 14 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบปลายเปิด

โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน)		
	ชาย	หญิง	รวม
บรรหารแจ่มใสวิทยา1	14	16	30
วิสุทธิกษัตริ์	15	15	30
วัดราชโอรส	16	14	30
ดีบุกพังงาวิทยายน	13	17	30
รวม	58	62	120

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้แบบสอบถามวิจัยสามระดับ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 624 คน ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน(multi-stage random sampling) ซึ่งมีขั้นตอนในการสุ่มตัวอย่าง ดังนี้ 1) สุ่มจังหวัดโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยสุ่มจังหวัดในแต่ละภูมิภาค ซึ่งผู้วิจัยแบ่งภูมิภาคในประเทศไทยออกเป็น 4 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคเหนือ สุ่มภูมิภาคละ 3 จังหวัด รวมทั้งสิ้น 12 จังหวัด 2) สุ่มโรงเรียนจากจังหวัดที่สุ่มได้ในขั้นตอนแรก จังหวัดละ 2 โรงเรียน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) รวมได้โรงเรียนจำนวน 24 โรงเรียน 3) สุ่มนักเรียนจากโรงเรียนที่สุ่มได้ในขั้นตอนที่สอง โรงเรียนละ 26 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ได้นักเรียนทั้งสิ้น 624 คน แต่นำไปเก็บจริงได้กลับคืนมา 617 คน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 15 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบถามวิจัยสามระดับ

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)			กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน(คน)		
	ชาย	หญิง	รวม		ชาย	หญิง	รวม
ภาคกลาง				ภาคเหนือ			
กรุงเทพฯ				แพร่			
รร.บดินทรเดชา 2	13	13	26	รร.พิริยาลัยจังหวัดแพร่	15	11	26
รร.สตรีวัดอัมปสรวรวรรค์	0	26	26	รร.สองพิทยาคม	14	12	26
กาญจนบุรี				เชียงราย			
รร.ท่ามะกาพิทยาคม	10	15	25	รร.นครพิทยาคม	12	14	26
รร.วิสุทธิรังษี	11	15	26	รร.แม่จ้อพิทยาคม	7	16	23
สุพรรณบุรี				พิษณุโลก			
รร.ตลิ่งชันวิทยา	12	14	26	รร.จุฬารัตนาธิษฐานวิทยาลัย	13	13	26
รร.हरราชสุจิตต์วิทยา2	12	11	23	รร.วังทองพิทยาคม	15	11	26
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ				ภาคใต้			
อุดรธานี				ตรัง			
รร.อุดรพัฒนาการ	13	13	26	รร.สภาราชนิ	11	15	26
รร.อุดรพิทยานุกูล	12	14	26	รร.สภาราชนิ2	13	13	26
มุกดาหาร				นครศรีธรรมราช			
รร.มุกดาหาร	12	14	26	รร.ท่าศาลาประสิทธิ์	12	14	26
รร.มุกดาวิทยานุกูล	11	15	26	รร.เบญจมาชชุทิศ	13	13	26
บุรีรัมย์				สงขลา			
รร.หนองหงส์พิทยาคม	10	16	26	รร.มหาสุริวารุท	17	9	26
รร.พลับพลาชัยพิทยาคม	13	13	26	รร.วรรณรีเฉลิม	11	15	26
รวมทั้งหมด	ชาย 282 คน หญิง 335 คน รวม 617 คน						

ตัวอย่างวิจัยที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ได้จากการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้จากแบบสอบถามวิจัยสามระดับจำนวน 4 โรงเรียน โรงเรียนละ 10 คน รวมจำนวนนักเรียน 40 คน รายละเอียดการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่

ตารางที่ 16 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง

โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน)		
	ชาย	หญิง	รวม
บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2	3	7	10
ท่าศาลาประสิทธิ์	4	6	10
หนองหงส์พิทยาคม	5	5	10
ตลิ่งชันวิทยา	5	5	10
รวม	17	23	40

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อบกพร่องที่พบในการเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี โดยสร้างจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนรู้อุ้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 2) แบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับ ชนิดปลายเปิด สร้างขึ้นจากผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาเคมี 3) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ที่พัฒนาขึ้นจากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการสัมภาษณ์ และผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับชนิดปลายเปิด ประกอบด้วย 3 ระดับ ระดับแรกเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สองประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบระดับแรกและตัวลวงจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สามระดับความมั่นใจเป็นแบบตรวจสอบรายการคือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจ เกณฑ์การให้คะแนนถ้าตอบถูกระดับที่ 1 ได้ 1 คะแนน ตอบถูกทั้งระดับที่ 1 และ 2 และได้ 2 คะแนน แต่ถ้าตอบนอกเหนือจากนี้ได้ 0 คะแนน ส่วนระดับที่ 3 ให้เพื่อร่วมพิจารณาการมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน (รายละเอียดของการพัฒนาจะกล่าวถึงในบทที่ 4)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก การเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองโดยติดต่อครูผู้สอนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล จากนั้นนัดวันและเวลาในการสัมภาษณ์ ขั้นตอนที่ 2 การเก็บข้อมูลการทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับชนิดปลายเปิด ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลไปยังโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และนัดหมายวันและเวลาในการเก็บข้อมูล ขั้นตอนที่ 3 การเก็บข้อมูลการทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยสาม

ระดับ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลทางไปรษณีย์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ผู้วิจัยได้ประสานงานไปยังสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อขอรายชื่อโรงเรียนและที่ตั้งของโรงเรียน 2) ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลไปยังผู้บริหารสถานศึกษาเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย จากนั้นโทรศัพท์ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอเก็บรวบรวมข้อมูล และสอบถามรายชื่อและเบอร์โทรศัพท์ของครูที่ทำหน้าที่รับผิดชอบเก็บข้อมูลนักเรียน 3) ผู้วิจัยดำเนินการจัดส่งเครื่องมือวิจัยที่ประกอบด้วย แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ คู่มือการใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ และของที่ระลึกเพื่อแสดงการขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ 4) ผู้วิจัยดำเนินการโทรศัพท์ติดต่อกับครูผู้สอนที่รับผิดชอบเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่ออธิบายขั้นตอนการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด ได้แก่ การจัดห้องสอบ เวลาที่ใช้สอบ คำชี้แจงต่างๆที่อยู่ในคู่มือ และนัดหมายเกี่ยวกับวันที่จะส่งเครื่องมือกลับมาที่ผู้วิจัย 5) หากยังไม่ได้รับเครื่องมือวิจัยกลับคืน ผู้วิจัยจะโทรศัพท์ติดต่อกลับไปอีกครั้งหนึ่งเพื่อติดตามการเก็บข้อมูลของครู ขั้นตอนที่ 4 การเก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล 2) ติดต่อไปยังครูผู้สอนวิชาเคมี นัดหมายวันและเวลาในการเข้าไปเก็บข้อมูล 3) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลนักเรียนด้วยวิธีการคิดออกเสียง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในประเด็นที่เกี่ยวกับข้อบกพร่องทางการเรียน หรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะเคมี ด้วยการวิเคราะห์ความถี่ (frequency) และการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

2. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน และนำคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Item Objective Congruence; IOC) เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินคือ ค่า IOC ที่คำนวณได้มากกว่า .50 ($IOC > .05$) (ศิริชัยกาญจนวาสี, 2556) จึงจะถือว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด

3. วิเคราะห์ค่าความยาก (difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (discrimination) ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ด้วยโปรแกรม IRT Pro แบบ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) และการเดา (c)

4. วิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency) ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient)

5. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ โดยค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคป้า (K) สำหรับค่าของสถิติแคป้า (K) มีสูตรการคำนวณและแปลผลได้ดังนี้

สูตรการคำนวณค่าสถิติแคป้า (K)

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

P_0 = ความน่าจะเป็นความสอดคล้องของค่าสังเกต

P_e = ความน่าจะเป็นความสอดคล้องของค่าคาดหวัง

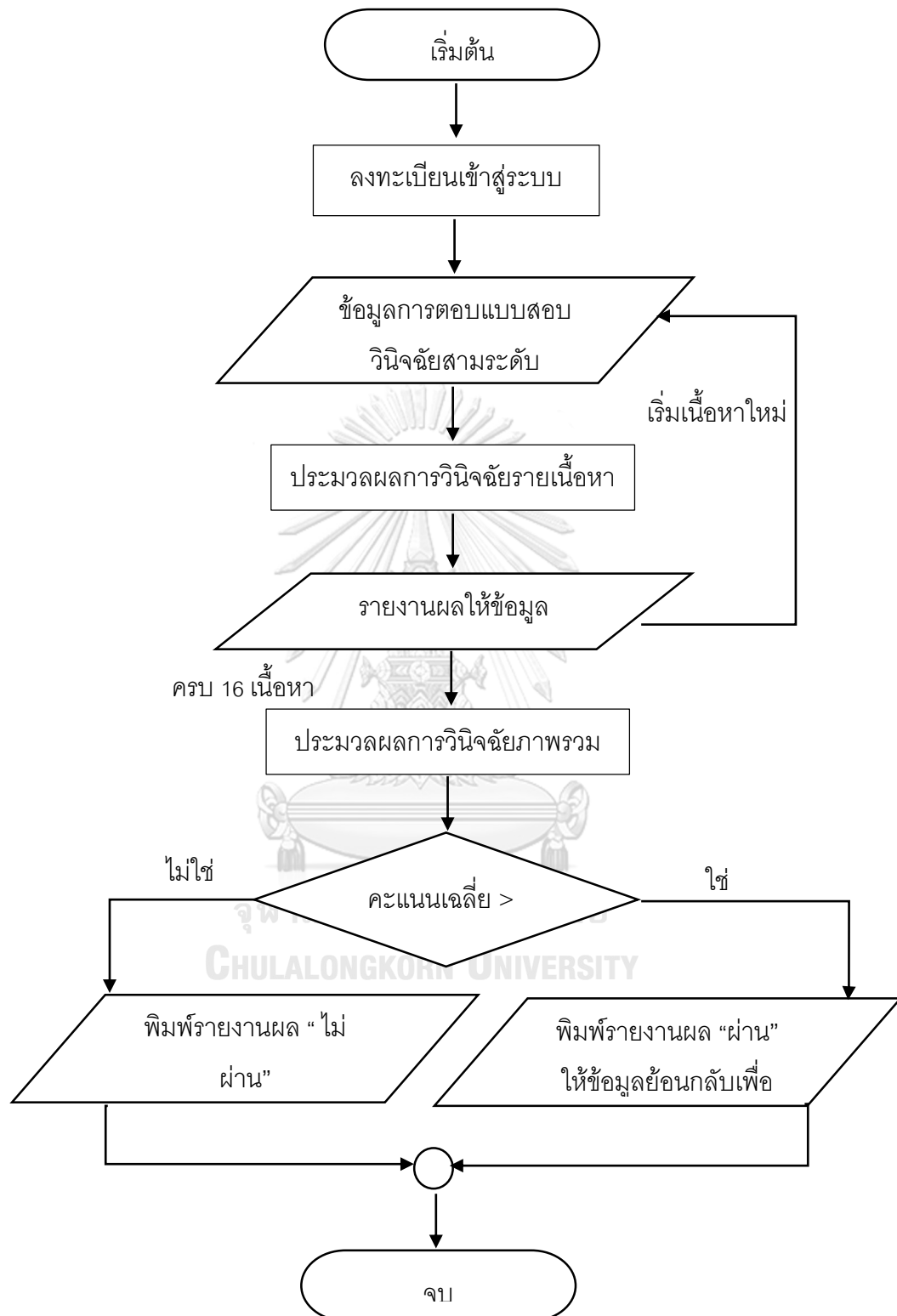
เกณฑ์การแปลผล

K อยู่ระหว่าง 0.81-1.00	แสดงว่า สอดคล้องในระดับดีมาก
K อยู่ระหว่าง 0.61-0.80	แสดงว่า สอดคล้องในระดับดี
K อยู่ระหว่าง 0.41-0.60	แสดงว่า สอดคล้องในระดับปานกลาง
K อยู่ระหว่าง 0.21-0.40	แสดงว่า สอดคล้องในระดับน้อย
K น้อยกว่า 0.20	แสดงว่า ไม่มีความสอดคล้องกัน

ระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การออกแบบและพัฒนาาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เมื่อได้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ และข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณภาพดีแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการจัดทำระบบประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ 1) แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามระดับ 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบและเขียนโปรแกรมผู้วิจัยจะประสานงานกับโปรแกรมเมอร์ เพื่อวางแผนการออกแบบระบบร่วมกัน ส่วนภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสำหรับจัดทำระบบในครั้งนี้คือ Visual Basic 2010 โดยการรายละเอียดของการออกแบบการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

2. ขั้นตอนการทดลองและแก้ไขโปรแกรม เมื่อระบบเสร็จสิ้นสมบูรณ์ผู้วิจัยจะนำโปรแกรมไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน นำผลการทดลองให้มาปรับปรุงเพื่อให้ระบบทำงานได้ราบรื่นทุกขั้นตอน

3. ขั้นตอนการจัดทำเอกสารคู่มือการใช้ระบบ ผู้วิจัยจะดำเนินการทำคู่มือการใช้งานระบบสำหรับผู้ใช้งาน (User's Guide) ควบคู่ไปด้วย โดยคู่มือประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 3 ตอนคือ 1) บทนำ เสนอลักษณะของแบบสอบถามวิจัยที่ใช้ในระบบ 2) การติดตั้งโปรแกรม เสนอวิธีการติดตั้งโปรแกรมและคุณสมบัติของระบบ 3) การใช้งานโปรแกรม เสนอขั้นตอนการใช้โปรแกรมและรายงานผลการวิจัย

4. ดำเนินการเก็บรวบรวมผลการตรวจสอบระบบด้วยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1) ด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 2 คน เป็นผู้ที่มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโท ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการศึกษา มีประสบการณ์ในการพัฒนาสื่อและนวัตกรรมทางการศึกษา

2) ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 2 คน เป็นครูผู้สอนที่มีคุณวุฒิปริญญาเอกสาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา และมีผลงานวิจัยเกี่ยวข้องกับแบบสอบถามวิจัยหรือเกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อและนวัตกรรมทางการศึกษา

3) ด้านการสอนวิชาเคมี จำนวน 1 คน เป็นครูผู้สอนที่มีคุณวุฒิปริญญาตรีในสาขาเคมี ระดับปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา และเป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ มีประสบการณ์ในการพัฒนาสื่อและนวัตกรรมทางการศึกษา

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้ระบบเบื้องต้น คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จากโรงเรียนที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้โปรแกรม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การดำเนินการในระยะที่ 2 เป็นการตรวจสอบระบบวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ คือ แบบประเมินระบบสอบวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี ดำเนินการสร้างโดยกำหนดประเด็นการประเมินในเรื่อง 1) การทำงานของโปรแกรม

2) การออกแบบโปรแกรม 3) ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม 4) คู่มือการใช้โปรแกรม แบบประเมินที่สร้างขึ้นเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) คือ

5 หมายถึง ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

4 หมายถึง ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดี

3 หมายถึง ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

1 หมายถึง ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติบรรยาย ซึ่งสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละของสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV)

การแปลผลความหมายคะแนนการประเมินในส่วนของผู้เชี่ยวชาญ ใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ยดังนี้

เกณฑ์จากค่าเฉลี่ย

ความหมาย

4.51-5.00

ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

3.51-4.50

ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดี

2.51-3.50

ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

1.51-2.50

ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

1.00-1.50

ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การทดลองใช้ระบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมนำระบบวินิจฉัยไปใช้ มีการดำเนินการดังนี้ 1) ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการทดลองใช้ระบบสอบวินิจฉัย จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไปยังผู้บริหารสถานศึกษาเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2) ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองให้ระบบ และสอบถามรายชื่อและเบอร์โทรศัพท์ของครูที่ทำหน้าที่รับผิดชอบเก็บข้อมูล

นักเรียน นัดหมายวันและเวลาในการทดสอบ 3) จัดเตรียมระบบการวินิจฉัยอัตโนมัติที่คลาดเคลื่อนที่ประกอบด้วยแผ่น CD และคู่มือการติดตั้ง เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนนำไปใช้จริง

2. การเตรียมสถานที่ในการจัดสอบ ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์โรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างใช้ห้องคอมพิวเตอร์ โดยในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ผู้เข้าสอบ 40 คน ใช้คอมพิวเตอร์ 1 คน ต่อ 1 เครื่อง

3. การชี้แจงก่อนการทดสอบ ก่อนการทดสอบ 30 นาที จะมีการชี้แจงการใช้งานระบบให้กับผู้เข้ารับการทดสอบก่อนการดำเนินการทดสอบจริง โดยในขั้นตอนการชี้แจงจะให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการเข้าสู่ระบบพร้อมกัน เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบลงทะเบียนครบทุกคนแล้ว จึงเริ่มต้นทำการทดสอบ

4. การดำเนินการทดสอบ ในขั้นตอนการทดสอบผู้เข้ารับการทดสอบ เริ่มทำข้อสอบจำนวน 16 เนื้อหาย่อย เนื้อหาย่อยละ 5 ข้อ รวมข้อสอบทั้งหมด 80 ข้อ ใช้เวลา 2 ชั่วโมง หลังจากทำข้อสอบ 5 ข้อในแต่ละเนื้อหาย่อยแล้วระบบจะรายงานผลการวินิจฉัยและให้ข้อมูลย้อนกลับรูปแบบต่างๆ เมื่อนักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับแล้วให้ทำข้อสอบในเนื้อหาอื่นต่อไป และเมื่อทำการทดสอบครบทั้ง 16 เนื้อหา ระบบจะออกรายงานผลการวินิจฉัยทั้งฉบับซึ่งผู้เข้าทดสอบจะได้รับผลคะแนน รายงานจุดเด่น จุดด้อย สรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงพัฒนาตนเอง

5. เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบแต่ละคนทำการทดสอบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะแจกแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบวินิจฉัยอัตโนมัติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีให้ ผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนประเมินความพึงพอใจ เมื่อประเมินเสร็จสิ้นแล้ว จึงจะอนุญาตให้ออกจากห้องสอบ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองระบบวินิจฉัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 200 คน ได้จากการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากการสุ่มโรงเรียนสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 5 โรงเรียน โรงเรียนละ 40 คน รวมจำนวนนักเรียน 200 คน รายละเอียดการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 17 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้ระบบวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับรวมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา ปีที่ 4

โรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน)		
	ชาย	หญิง	รวม
ตลิ่งชันวิทยา	12	28	40
บรรหารแจ่มใสวิทยา1	14	26	40
วิสุทธิกษัตริ	16	24	40
บางปลาหมอ "สูงสูमारผดุงวิทย์"	7	33	40
หรรษาสุจิตต์วิทยา2	23	17	40
รวม	72	128	200

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1.ระบบสอบวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี องค์ประกอบสำคัญ 2 องค์ประกอบคือ 1) แบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ ประกอบด้วยข้อคำถามและตัวเลือก 2) การสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ 2 รูปแบบ คือ 1.การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบรายหมโนทัศน์แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ข้อมูลย้อนกลับชนิดอธิบายรายละเอียด และข้อมูลย้อนกลับชนิดชี้แนะคำตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบผสม 2. การให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งฉบับรายงานผลการวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในภาพรวมและมีคำแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาตนเอง (รายละเอียดของระบบวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนผู้วิจัยจะอธิบายในบทที่ 4)

2. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อระบบวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับรวมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดำเนินการสร้างข้อคำถามตามประเด็นในเรื่อง 1) การใช้โปรแกรมการทดสอบ 2) การออกแบบโปรแกรมการทดสอบ 3) ความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ แบบสอบถามที่ใช้เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) คือ

5 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับมาก

3 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อย

1 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติบรรยาย ซึ่งสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละของสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV)

การแปลผลความหมายคะแนนการประเมินในส่วนของคุณค่าคะแนนความคิดเห็นของนักเรียน ใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ยดังนี้

เกณฑ์จากค่าเฉลี่ย

4.51-5.00

3.51-4.50

2.51-3.50

1.51-2.50

1.00-1.50

ความหมาย

เห็นด้วยกับข้อความในระดับมากที่สุด

เห็นด้วยกับข้อความในระดับมาก

เห็นด้วยกับข้อความในระดับปานกลาง

เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อย

เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อยที่สุด



ภาพที่ 3. 3 กรอบการดำเนินการพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ 1) สํารวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในวิชาเคมี 3) พัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 4) ตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละตอนมีดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

สำหรับผลการศึกษาในตอนที่ 1 แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ 1) ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี 3) ผลการสร้างข้อมูลย้อนกลับที่จะนำไปใช้ในระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละเนื้อหา ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

สำหรับผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ผลการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมี 3) ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ ชนิดปลายเปิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี

ผลจากการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัยของ ชาตรี ฝ่ายคำตา et al. (2549), สมเจตน์ อูระศิลป์ (2554), D. F. T. Treagust (1988), Unal (2010), Dogan and Demirci (2011) และ Al-Balushi (2012) พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี มีจำนวน 25 มโนทัศน์ โดยมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดคือ เรื่อง การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคือ เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไอด์ (ความถี่= 3) สำหรับเนื้อหาอื่นส่วนใหญ่มีความถี่เท่ากับ 2 อาทิ เรื่องการเกิดพันธะไอออนิก มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น(ความถี่= 2) เรื่องรูปร่างโมเลกุล มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่ารูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น (ความถี่= 2) และอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุลไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล (ความถี่= 2) เรื่องสภาพขั้วโมเลกุล มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าโมเลกุลที่มีค่า EN ระหว่างอะตอมแตกต่างกันจัดเป็นโมเลกุลมีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาทิศทางของขั้วที่หักล้างกัน (ความถี่= 2) รายละเอียดการสังเคราะห์แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 18 สังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ชาตรี และคณะ (2549)	สมเจตน์ (2554)	Treagust (1989)	Unal (2010)	Dogan (20011)	Al-Balushi (2012)	ความถี่
							f
1.พันธะไอออนิก							
เนื้อหาย่อย 1.1 การเกิดพันธะไอออนิก							
1.พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น			✓	✓			2
2.โลหะหมู่ IIA ทุกตัวเมื่อสร้างพันธะกับอโลหะจะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ						✓	1
เนื้อหาย่อย 1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก							
3.สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่โครงร่างผลึก					✓	✓	2
4.สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง				✓		✓	2

ตารางที่ 19 สังเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ชาติรี และคณะ (2549)	สมเจตน์ (2554)	Treagust (1989)	Unal (2010)	Dogan (20011)	Al-Balushi (2012)	ความถี่
							f
เนื่อหาย่อย 1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก							
5.เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไอดี	✓		✓		✓		3
6.เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจากไอออนลบก่อนไอออนบวก	✓				✓		2
เนื่อหาย่อย 1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก							
7..สารประกอบไอออนิกทุกชนิดสามารถละลายน้ำได้	✓					✓	2
8.สารประกอบไอออนิกที่หลอมเหลวจะไม่นำไฟฟ้า จะนำไฟฟ้าได้เฉพาะสารที่ละลายน้ำ	✓						1
เนื่อหาย่อย 1.5 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก							
9.สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น	✓						1
2. พันธะโคเวเลนต์							
เนื่อหาย่อย 2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์							
10. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ อโลหะกับอโลหะจะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันซึ่งอิเล็กตรอนต้องมาจากอะตอมทั้งสองอย่างละเท่าๆ กันเสมอ				✓		✓	2
เนื่อหาย่อย 2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์							
11. โมเลกุลที่ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่จะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ						✓	1
เนื่อหาย่อย 2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต							
12.โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันจะไม่เป็นไปตามกฎออกเตต			✓				1
เนื่อหาย่อย 2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์							
13.เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไอดี	✓						2

ตารางที่ 20 สังเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่					
	ซาตรี และคณะ	สมเจตน์ (2554)	Treagust (1989)	Unal (2010)	Dogan (20011)	Al-Balushi (2012)
เนื่อหาย่อย 2.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ						
14. ความยาวพันธะระหว่างอะตอมคู่เดียวกันในโมเลกุลของสารต่างชนิดกันมีความยาวเท่ากัน			✓			1
15. ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม					✓	1
เนื่อหาย่อย 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์						
16. เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่ทุกโมเลกุล			✓	✓		2
เนื่อหาย่อย 2.7 รูปร่างโมเลกุล						
17. รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น	✓	✓				2
18. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุลไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล	✓	✓				2
เนื่อหาย่อย 2.8 มุมพันธะ						
19. ขนาดของมุมพันธะพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเพียงสิ่งเดียวไม่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของค่า EN				✓		1
เนื่อหาย่อย 2.9 สภาพขั้วของโมเลกุล						
20. โมเลกุลที่มีอะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกันจัดเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว					✓	1
21. โมเลกุลที่มีค่า EN ระหว่างอะตอมแตกต่างกันจัดเป็นโมเลกุลมีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาทิศทางของขั้วที่หักล้างกัน	✓			✓		2
22. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ		✓				1
เนื่อหาย่อย 2.10 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล						
23. โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงระหว่างขั้วเพียงชนิดเดียว มีผลให้จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลเสมอ โดยไม่พิจารณาว่าบางโมเลกุลอาจจะมีพันธะไฮโดรเจน	✓	✓				2

ตารางที่ 21 สังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ชาติรี และคณะ สมเจตน์ (2554) Treagust (1989) Unal (2010) Dogan (20011) Al-Balushi (2012)	ความถี่
		f
24. พันธะไฮโดรเจน แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว เป็นพันธะภายในโมเลกุลโคเวเลนต์	✓	1
3. พันธะโลหะ		
เนื้อหาย่อย 3.1 สมบัติของพันธะโลหะ		
25. สารที่มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงจัดเป็นโลหะเสมอ	✓	1

2) ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมี

ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีจำนวน 15 ท่าน ในประเด็นความคิดเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมีที่ผู้วิจัยสังเคราะห์มาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมีที่ผู้เชี่ยวชาญพบจากประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการศึกษาเอกสารตรงกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเคยพบทุกมโนทัศน์ และผู้เชี่ยวชาญได้เสนอ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพิ่มเติม 15 มโนทัศน์ โดยมโนทัศน์ที่ถูกเสนอเพิ่มเติมนั้นประกอบด้วยเนื้อหาย่อย 1.1 จำนวน 2 มโนทัศน์ ได้แก่ กลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก และพันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างโลหะกับอโลหะ เนื้อหาย่อย 1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 1 มโนทัศน์ คือ เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า ด้วยตัวเลขภาษากรีกตามหลักการอ่านของสารประกอบโคเวเลนต์ เนื้อหาย่อย 1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก จำนวน 1 มโนทัศน์ คือ สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกชนิด เนื้อหา
ย่อย 1.5 ปฏิบัติการของสารประกอบไอออนิก จำนวน 1 มโนทัศน์ คือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนเหมือนสมการโมเลกุล เนื้อหาย่อย 2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์จำนวน 1 มโนทัศน์ คือ สารประกอบของโลหะ Be หรือ B กับอโลหะไม่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจาก

สารประกอบโคเวเลนต์ต้องเกิดจากอะตอมของอโลหะกับอโลหะเท่านั้น เนื้อหาย่อย 2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 1 มโนทัศน์ คือโมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์ เนื้อหาย่อย 2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต จำนวน 1 มโนทัศน์ คือ สารประกอบโคเวเลนต์ทุกตัวเป็นไปตามกฎออกเตต เนื้อหาย่อย 2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ จำนวน 2 มโนทัศน์ คือ เรียกชื่อสารประกอบ โคเวเลนต์จากชื่อธาตุก่อนระบุจำนวนอะตอมของธาตุเป็นตัวเลขภาษากรีก และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า “มอนอ” นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว เนื้อหาย่อย 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ จำนวน 1 มโนทัศน์ คือเรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น เนื้อหาย่อย 2.8 มุมพันธะ จำนวน 1 มโนทัศน์คือ โมเลกุลที่มีรูปร่างโมเลกุลเหมือนกันจะมีขนาดมุมพันธะเท่ากันเสมอ เนื้อหาย่อย 2.9 สภาพขั้วของโมเลกุล จำนวน 1 มโนทัศน์ คือ สารประกอบโคเวเลนต์ที่เขียนสูตรโครงสร้างได้มากกว่า 1 แบบ จะมีสภาพขั้วและทิศของขั้วเหมือนกันทุกโครงสร้าง เนื้อหาย่อย 2.10 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จำนวน 1 มโนทัศน์ คือพันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะที่เกิดขึ้นในโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของ H กับ F O หรือ N โดยไม่พิจารณาว่าอะตอมของ H อยู่ติดกับอะตอมของ F O หรือ N หรือไม่ เนื้อหาย่อยที่ 3.1 จำนวน 1 มโนทัศน์ คือ โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก สรุปมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่สังเคราะห์จากเอกสารและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 40 มโนทัศน์

เมื่อพิจารณาตามเนื้อหาหลักที่ 1 พันธะไอออนิก มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอตรงกันมากที่สุดคือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น (ความถี่= 12) รองลงมาคือ สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่โครงร่างผลึก (ความถี่= 11) และกลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก (ความถี่= 8) และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอมาน้อยที่สุดมี 2 มโนทัศน์ซึ่งมีความถี่เท่ากัน คือ พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างโลหะกับอโลหะ และ สารประกอบไอออนิกทุกชนิดสามารถละลายน้ำได้ (ความถี่= 2)

เมื่อพิจารณาตามเนื้อหาหลักที่ 2 พันธะโคเวเลนต์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอตรงกันมากที่สุดคือ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงระหว่างขั้วเพียงชนิดเดียว มีผลให้จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลเสมอ โดยไม่พิจารณาว่าบางโมเลกุลอาจจะมีพันธะไฮโดรเจน (ความถี่=14) รองลงมาคือ โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็น

อะตอมต่างชนิดกันจะไม่เป็นไปตามกฎออกเตต (ความถี่=10) และมนิกซ์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอมาน้อยที่สุด คือ สารประกอบโคเวเลนต์ที่เขียนสูตรโครงสร้างได้มากกว่า 1 แบบ จะมีสภาพขั้วและทิศของขั้วเหมือนกันทุกโครงสร้าง (ความถี่= 2)

เมื่อพิจารณาตามเนื้อหาหลักที่ 3 พันธะโลหะ มนิกซ์ที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอตรงกันมากที่สุดคือ โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก (ความถี่= 8) และมนิกซ์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอมาน้อยที่สุด คือ สารที่มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงจัดเป็นโลหะเสมอ (ความถี่=2) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 22 ตารางสังเคราะห์มนิกซ์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

มนิกซ์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่															f
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1. พันธะไอออนิก																
เนื้อหาย่อย 1.1 การเกิดพันธะไอออนิก																
1. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของโลหะหมู่ IA กับโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น		✓		✓				✓		✓				✓		5
2. โลหะหมู่ IIA ทุกตัวเมื่อสร้างพันธะกับอโลหะจะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ	✓		✓		✓		✓					✓			✓	6
3. กลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก	✓	✓		✓		✓		✓		✓			✓		✓	8
4. พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้																
อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างโลหะกับอโลหะ						✓					✓					2

ตารางที่ 24 ตารางสังเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่															f	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
14. สมการไอออนิกสุทธิเขียนเหมือนกับสมการโมเลกุล				✓	✓					✓					✓		4
2. พันธะโคเวเลนต์																	
เนื้อหาย่อย 2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์																	
15. สารประกอบของโลหะ Be หรือ B กับโลหะไม่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากสารประกอบโคเวเลนต์ต้องเกิดจากอะตอมของอโลหะกับอโลหะเท่านั้น	✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	11
16. การเกิดพันธะโคเวเลนต์อโลหะกับอโลหะจะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันซึ่งอิเล็กตรอนต้องมาจากอะตอมทั้งสองอย่างละเท่าๆ กันเสมอ		✓	✓							✓					✓		4
เนื้อหาย่อย 2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์																	
17. โมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์		✓		✓	✓			✓		✓			✓	✓	✓	✓	9
18. โมเลกุลที่ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่จะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ		✓				✓	✓		✓		✓						6

ตารางที่ 25 ตารางสังเคราะห์ห่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่															f
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
เนื้อหาย่อย 2.3 โมเลกุลที่ไม่																
เป็นไปตามกฎออกเตต																
19. โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอม กลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันจะ ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต		✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓		10
เนื้อหาย่อย 2.4 การเรียกชื่อ																
สารประกอบโคเวเลนต์																
21. เรียกชื่อสารประกอบ โคเวเลนต์โดยไม่เปลี่ยนเสียงท้าย เป็นไอต์	✓		✓		✓		✓		✓			✓		✓		7
22. เรียกชื่อสารประกอบ โคเวเลนต์จากชื่อธาตุก่อนระบุ จำนวนอะตอมของธาตุเป็น ตัวเลขภาษากรีก				✓	✓					✓			✓			4
23. เรียกชื่อสารประกอบ โคเวเลนต์โดยใช้คำว่า “มอนอ” นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่ เพียงอะตอมเดียว		✓	✓		✓		✓		✓			✓		✓	✓	8
เนื้อหาย่อย 2.5 ความยาว																
พันธะและพลังงานพันธะ																
24. ความยาวพันธะระหว่าง อะตอมคู่เดียวกันในโมเลกุลของ สารต่างชนิดกันมีความยาว เท่ากัน		✓		✓		✓		✓							✓	5
25. ความยาวพันธะมากจะมี พลังงานพันธะมากตาม	✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓				8

ตารางที่ 26 ตารางสังเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่															f	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
เนือหาย่อย 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์																	
26.เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่ทุกโมเลกุล		✓		✓							✓					✓	4
27. เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น		✓		✓		✓		✓		✓	✓		✓		✓		8
เนือหาย่อย 2.7รูปร่างโมเลกุล																	
28.รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น			✓		✓	✓			✓		✓	✓	✓		✓	✓	9
29. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุลไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล		✓		✓		✓	✓		✓		✓		✓		✓		8
เนือหาย่อย 2.8 มุมพันธะ																	
30.ขนาดของมุมพันธะพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเพียงสิ่งเดียวไม่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของค่า EN		✓	✓		✓		✓	✓		✓		✓	✓		✓		9
31.โมเลกุลที่มีรูปร่างโมเลกุลเหมือนกันจะมีขนาดมุมพันธะเท่ากันเสมอ			✓	✓		✓		✓		✓		✓					4
เนือหาย่อย 2.9 สภาพขั้วของโมเลกุล																	
32.โมเลกุลที่มีอะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกันจัดเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว		✓	✓		✓		✓	✓		✓		✓		✓			7

ตารางที่ 27 ตารางสังเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่															f		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
33.โมเลกุลที่มีค่า EN ระหว่างอะตอมแตกต่างกันจัดเป็นโมเลกุลมีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาทิศทางของขั้วที่หักล้าง		✓			✓	✓		✓	✓						✓		6	
34.โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ			✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓			✓	8	
35. สารประกอบโคเวเลนต์ที่เขียนสูตรโครงสร้างได้มากกว่า 1 แบบ จะมีสภาพขั้วและทิศของขั้วเหมือนกันทุกโครงสร้าง										✓					✓		2	
เนื้อหาย่อย 2.10																		
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล																		
36.โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงระหว่างขั้วเพียงชนิดเดียว มีผลให้จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลเสมอ โดยไม่พิจารณาว่าบางโมเลกุลอาจจะมีพันธะไฮโดรเจน		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14
37.พันธะไฮโดรเจน แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว เป็นพันธะภายในโมเลกุลโคเวเลนต์		✓									✓	✓					3	

ตารางที่ 28 ตารางสังเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่															f	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
38. พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะที่เกิดขึ้นในโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของ H กับ F O หรือ N โดยไม่พิจารณาว่าอะตอมของ H อยู่ติดกับอะตอมของ F O หรือ N หรือไม่		✓				✓	✓									✓	4
3. พันธะโลหะ เนื่อหาย่อย 3.1 สมบัติของพันธะโลหะ																	
39. สารที่มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงจัดเป็นโลหะเสมอ		✓														✓	2
40. โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓						✓	8

3) ผลการวิจัยจากแบบสอบถามวิจัยสองระดับชนิดปลายเปิด

ผู้วิจัยนำผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยและผลการสัมภาษณ์มาสร้างแบบสอบถามวิจัยสองระดับชนิดปลายเปิด โดยระดับที่หนึ่งเป็นแบบเลือกตอบ ระดับที่สองเป็นเหตุผลของคำตอบในระดับแรกเป็นแบบเขียนตอบ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้ 1) วิเคราะห์หมวดเนื้อหาที่จะสำรวจหมโนทัศน์ 2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด 3) สร้างแผนผังการสร้างข้อสอบ 4) ร่างข้อสอบวิจัยแบบสองระดับ รายละเอียดดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์หมวดเนื้อหาที่จะสำรวจหมโนทัศน์ ผู้วิจัยกำหนดหมวดเนื้อหาที่จะสร้างแบบสอบถามวิจัยสองระดับชนิดปลายเปิดจำนวน 3 เนื้อหาหลัก 16 เนื้อหาย่อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

2) การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด ผู้วิจัยกำหนดวัตถุประสงค์เนื้อหาย่อยละ 1 วัตถุประสงค์ รวมเป็น 16 วัตถุประสงค์ และหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดกำหนดจำนวน 40 มโนทัศน์ตามผลการศึกษาเอกสารและการสัมภาษณ์ ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 29 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
1.พันธะไอออนิก		
1.1 การเกิดพันธะไอออนิก	ระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	<ol style="list-style-type: none"> พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น โลหะหมู่ IIA ทุกตัวเมื่อสร้างพันธะกับอโลหะจะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ กลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างโลหะกับอโลหะ
1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	ระบุโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	<ol style="list-style-type: none"> สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่โครงร่างผลึก สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	<ol style="list-style-type: none"> เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไอต์ เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่าด้วยตัวเลขภาษากรีกตามหลักการอ่านของสารประกอบโคเวเลนต์ เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจากไอออนลบก่อนไอออนบวก

ตารางที่ 30 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก	ระบุสมบัติการละลายน้ำ การนำไฟฟ้าและจุดเดือด จุดหลอมเหลวของ สารประกอบไอออนิกได้	10.สารประกอบไอออนิกทุกชนิด สามารถละลายน้ำได้ 11.สารประกอบไอออนิกที่ หลอมเหลวจะไม่นำไฟฟ้าจะนำ ไฟฟ้าได้เฉพาะสารที่ละลายน้ำ 12.สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกชนิด
1.5 ปฏิกริยาของ สารประกอบไอออนิก	เขียนสมการไอออนิกสุทธิ ได้	13.สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้ เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็น ตะกอนเท่านั้น 14. สมการไอออนิกสุทธิเขียน เหมือนกับสมการโมเลกุล
2. พันธะโคเวเลนต์		
2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์	ระบุได้ว่าสารประกอบโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	15. สารประกอบของโลหะ Be หรือ B กับอโลหะไม่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากสารประกอบโคเวเลนต์ต้องเกิดจากอะตอมของอโลหะกับอโลหะเท่านั้น 16. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ อโลหะกับอโลหะจะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันซึ่งอิเล็กตรอนต้องมาจากอะตอมทั้งสองอย่างละเท่าๆ กันเสมอ
2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	ระบุโมเลกุลที่มีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์ได้	17.โมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์

ตารางที่ 31 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
		18. โมเลกุลที่ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่จะเกิดโคเวเลนต์โคเวเลนต์เสมอ
2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	ระบุได้ว่าโมเลกุลโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	19. โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันจะไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 20. สารประกอบโคเวเลนต์ทุกตัวเป็นไปตามกฎออกเตตเสมอ
2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้	21. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยไม่เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไอดี 22. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์จากชื่อธาตุก่อนระบุจำนวนอะตอมของธาตุเป็นตัวเลขภาษากรีก 23. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า “มอนอ” นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว
2.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	เปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	24. ความยาวพันธะระหว่างอะตอมคู่เดียวกันในโมเลกุลของสารต่างชนิดกันมีความยาวเท่ากัน 25. ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	ระบุโมเลกุลที่สามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้	26. เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่ทุกโมเลกุล 27. เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น

ตารางที่ 32 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
2.7 รูปร่างโมเลกุล	ระบุโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	28.รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น 29. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุลไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล
2.8 มุมพันธะ	เปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	30.ขนาดของมุมพันธะพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเพียงสิ่งเดียวไม่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของค่า EN 31.โมเลกุลที่มีรูปร่างโมเลกุลกันเหมือนจะมีขนาดมุมพันธะเท่ากันเสมอ
2.9 สภาพขั้วของโมเลกุล	ระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	32.โมเลกุลที่มีอะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกันจัดเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 33.โมเลกุลที่มีค่า EN ระหว่างอะตอมแตกต่างกันจัดเป็นโมเลกุลมีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาทิศทางของขั้วที่หักล้างกัน 34.โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ 35. สารประกอบโคเวเลนต์ที่เขียนสูตรโครงสร้างได้มากกว่า 1 แบบ จะมีสภาพขั้วและทิศของขั้วเหมือนกันทุกโครงสร้าง

ตารางที่ 33 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
2.10 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	อธิบายความแตกต่างของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิดต่างๆ และผลของแรงยึดเหนี่ยวต่อจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	36. โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงระหว่างขั้วเพียงชนิดเดียว มีผลให้จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลเสมอ โดยไม่พิจารณาว่าบางโมเลกุลอาจจะมีพันธะไฮโดรเจน 37. พันธะไฮโดรเจน แรงลอนดอน และแรงดึงดูดระหว่างขั้ว เป็นพันธะภายในโมเลกุลโคเวเลนต์ 38. พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะที่เกิดขึ้นในโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของ H กับ F O หรือ N โดยไม่พิจารณาว่าอะตอมของ H อยู่ติดกับอะตอมของ F O หรือ N หรือไม่
3. พันธะโลหะ		
3.1 สมบัติของพันธะโลหะ	ระบุสมบัติของพันธะโลหะได้	39. สารที่มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงจัดเป็นโลหะเสมอ 40. โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

3) สร้างผังการสร้าข้อสอบ เมื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้จำนวน 16 ข้อ แล้วผู้วิจัยสร้างผังการสร้าข้อสอบ (table of specification) โดยแต่ละเนื้อหาผู้วิจัยจะสร้าข้อสอบตามจำนวนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด มโนทัศน์ละ 1 ข้อ รวมทั้งสิ้น 40 ข้อรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 34 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิฉัยสองระดับ

หมวดเนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ข้อ)	น้ำหนัก (ร้อยละ)
1. พันธะไอออนิก			
1.1 การเกิดพันธะไอออนิก	ระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	4	10.00
1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	ระบุโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	2	5.00
1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	3	7.50
1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก	ระบุสมบัติการละลายน้ำ การนำไฟฟ้า และจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารประกอบไอออนิกได้	3	7.50
1.5 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก	เขียนสมการไอออนิกสุทธิได้	2	5.00
2. พันธะโคเวเลนต์			
2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์	ระบุได้ว่าสารประกอบโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	2	5.00
2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	ระบุโมเลกุลที่มีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์ได้	2	5.00
2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	ระบุได้ว่าโมเลกุลโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	2	5.00
2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้	3	7.50
2.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	เปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	2	5.00
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	ระบุโมเลกุลที่สามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้	2	5.00

ตารางที่ 35 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)

มวลเนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ข้อ)	น้ำหนัก (ร้อยละ)
2.7 รูปร่างโมเลกุล	ระบุโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	2	5.00
2.8 มุมพันธะ	เปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	2	5.00
2.9 สภาพขั้วของโมเลกุล	ระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	4	10.00
2.10 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	อธิบายความแตกต่างของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิดต่างๆ และผลของแรงยึดเหนี่ยวต่อจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	3	7.50
3. พันธะโลหะ			
3.1 สมบัติของพันธะโลหะ	ระบุสมบัติของพันธะโลหะได้	2	5.00
รวม		40	100.00

4) การร่างข้อสอบวินิจฉัยสองระดับแบบปลายเปิด โดยระดับที่หนึ่งเป็นแบบเลือกตอบ ระดับที่สองเป็นเหตุผลของคำตอบในระดับแรกเป็นแบบเขียนตอบ ผู้วิจัยทำการร่างข้อคำถามจำนวน 40 ข้อ โดยยึดจากจุดประสงค์การเรียนรู้ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด โดยแต่ละข้อจะมีการแปลความหมายคำตอบเพื่อจะจำแนกนักเรียนที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) ถูกต้อง หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) ตัวอย่างร่างข้อสอบวินิจฉัยสองระดับแบบปลายเปิดรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.1

เนื้อหาหลัก 1.พันธะไอออนิก

เนื้อหาย่อย 1.1 การเกิดพันธะไอออนิก

จุดประสงค์การเรียนรู้ ระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากอะตอมของสารชนิดใด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของโลหะหมู่ IA
 กับอโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น

ข้อคำถามระดับที่ 1

สารประกอบในข้อใด**ไม่จัด**เป็นสารประกอบไอออนิก

ตัวเลือกระดับที่ 1

ก. CaF_2

ข. LiCl

ค. N_2O_3

ง. NaBr

ข้อคำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

การแปลความหมายคำตอบ

คำตอบ ระดับที่ 1	คำตอบในระดับที่ 2	การแปลความหมาย
*ค.	N_2O_3 ไม่ใช่สารประกอบไอออนิก แต่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากเกิดจากใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอโลหะกับอโลหะ	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	Ca (หมู่ IIA) รวมกับ F (หมู่ VIIA) จะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ เพราะสารประกอบไอออนิกเกิดได้เฉพาะหมู่ IA รวมกับหมู่ VIIA เท่านั้น	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าพันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น
	คำตอบนอกเหนือจากนี้ หรือไม่เขียนเหตุผล	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)

*หมายถึงตัวเลือกที่ถูกต้อง

ภาพที่ 4. 1 ตัวอย่างร่างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับชนิดปลายเปิด

เมื่อสร้างข้อสอบจำนวน 40 ข้อแล้วผู้วิจัยนำไปใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 120 คน

ผลจากการใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า เมื่อพิจารณาจากเนื้อหาหลักที่ 1. เรื่องพันธะไอออนิก มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดคือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น (ความถี่= 31, ร้อยละ 25.33) รองลงมาคือ สารประกอบ ไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่โครงร่างผลึก (ความถี่= 18, ร้อยละ 15.00) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบน้อยที่สุดคือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนเหมือนกับสมการโมเลกุล (ความถี่= 2, ร้อยละ 1.67)

เมื่อพิจารณาจากเนื้อหาหลักที่ 2 พันธะโคเวเลนต์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดคือ โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ (ความถี่= 25, ร้อยละ 20.83) รองลงมาคือ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงระหว่างขั้วเพียงชนิดเดียวมีผลให้จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลเสมอโดยไม่พิจารณาว่าบางโมเลกุลอาจจะมีพันธะไฮโดรเจน (ความถี่= 23, ร้อยละ 19.17) และ รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น (ความถี่= 19, ร้อยละ 15.83)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบน้อยที่สุดคือ พันธะไฮโดรเจน แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้วเป็นพันธะภายในโมเลกุลโคเวเลนต์ (ความถี่= 3, ร้อยละ 2.50)

เมื่อพิจารณาเนื้อหาหลักที่ 3 พันธะโลหะ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดคือ โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก (ความถี่= 13, ร้อยละ 10.83) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบน้อยที่สุดคือ สารที่มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงจัดเป็นโลหะเสมอ (ความถี่= 6, ร้อยละ 5.00) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 13

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้ง 3 วิธีคือ การศึกษาเอกสาร การสัมภาษณ์ และการวิจัยจากนักเรียน พบว่า ผลการศึกษามีความสอดคล้องกันกล่าวคือ มโนทัศน์ที่พบในเอกสาร และจากการสัมภาษณ์ที่มีความถี่มาก เมื่อนำมาวิจัยกับนักเรียนด้วยแบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบปลายเปิดก็พบว่า มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์นั้นคลาดเคลื่อนมากตามไปด้วย อาทิ เนื้อหาย่อย 1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคือ สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่โครงร่างผลึก พบในเอกสาร 2 ฉบับ ผู้เชี่ยวชาญ 11 ท่าน และมีนักเรียนร้อยละ 15.00 คลาดเคลื่อนมโนทัศน์นี้ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 36 สรุปผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ และวินิจัยจากนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามวินิจัยสองระดับ

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	เอกสาร f	ครู f	นักเรียน	
			f	%
1. พันธะไอออนิก				
เนื้หาย่อย 1.1 การเกิดพันธะไอออนิก				
1. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะของโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIIA เท่านั้น	2	5	7	5.83
2. โลหะหมู่ IIA ทุกตัวเมื่อสร้างพันธะกับอโลหะจะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ	1	6	5	4.17
3. กลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก	-	8	13	10.83
4. พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างโลหะกับอโลหะ	-	2	3	2.50
เนื้หาย่อย 1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก				
5. สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่โครงร่างผลึก	2	11	18	15.00
6. สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง	2	4	10	8.33
เนื้หาย่อย 1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก				
7. เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไอต์	3	6	7	5.83
8. เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่าด้วยตัวเลขภาษากรีกตามหลักการอ่านของสารประกอบโคเวเลนต์	-	8	12	10.00
9. เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกจากไอออนลบก่อนไอออนบวก	2	3	5	4.17
เนื้หาย่อย 1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก				
10. สารประกอบไอออนิกทุกชนิดสามารถละลายน้ำได้	2	2	6	5.00
11. สารประกอบไอออนิกที่หลอมเหลวจะไม่นำไฟฟ้า จะนำไฟฟ้าได้เฉพาะสารที่ละลายน้ำ	1	5	9	7.50
12. สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกชนิด	-	9	12	10.00
เนื้หาย่อย 1.5 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก				
13. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น	1	12	31	25.33
14. สมการไอออนิกสุทธิเขียนเหมือนกับสมการโมเลกุล	-	4	2	1.67

ตารางที่ 37 สรุปผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ และวินิจฉัยจากนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสองระดับ (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	เอกสาร f	ครู f	นักเรียน	
			f	%
2. พันธะโคเวเลนต์				
เนื้อหาย่อย 2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์				
15. สารประกอบของโลหะ Be หรือ B กับอโลหะไม่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากสารประกอบโคเวเลนต์ต้องเกิดจากอะตอมของอโลหะกับอโลหะเท่านั้น	-	11	14	11.67
16. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ อโลหะกับอโลหะจะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันซึ่งอิเล็กตรอนต้องมาจากอะตอมทั้งสองอย่างละเท่าๆ กันเสมอ	2	4	5	4.17
เนื้อหาย่อย 2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์				
17. โมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์	-	9	15	12.50
18. โมเลกุลที่ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่จะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ	1	6	9	7.50
เนื้อหาย่อย 2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต				
19. โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันจะไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	1	10	13	10.83
20. สารประกอบโคเวเลนต์ทุกตัวเป็นไปตามกฎออกเตตเสมอ	-	5	7	5.83
เนื้อหาย่อย 2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์				
21. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยไม่เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไอด์	2	7	11	9.17
22. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์จากชื่อธาตุก่อนระบุจำนวนอะตอมของธาตุเป็นตัวเลขภาษากรีก	-	4	6	5.00
23. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า “มอนอ” นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว	-	8	18	15.00
เนื้อหาย่อย 2.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ				
24. ความยาวพันธะระหว่างอะตอมคู่เดียวกันในโมเลกุลของสารต่างชนิดกันมีความยาวเท่ากัน	1	5	4	3.33

ตารางที่ 38 สรุปผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ และวินิจัยจากนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามวินิจัยสองระดับ (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	เอกสาร f	ครู f	นักเรียน	
			f	%
25. ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม	1	8	12	10.00
เนื้อหาย่อย 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์				
26. เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่ทุกโมเลกุล	2	4	11	9.17
27. เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น	-	8	17	14.17
เนื้อหาย่อย 2.7 รูปร่างโมเลกุล				
28. รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น	2	9	19	15.83
29. อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุลไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล	2	8	10	8.33
เนื้อหาย่อย 2.8 มุมพันธะ				
30. ขนาดของมุมพันธะพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวสิ่งเดียวไม่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของค่า EN	1	9	14	11.67
31. โมเลกุลที่มีรูปร่างโมเลกุลกันเหมือนจะมีขนาดมุมพันธะเท่ากันเสมอ	-	4	6	5.00
เนื้อหาย่อย 2.9 สภาพขั้วของโมเลกุล				
32. โมเลกุลที่มีอะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกันจัดเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว	1	7	11	9.17
33. โมเลกุลที่มีค่า EN ระหว่างอะตอมแตกต่างกันจัดเป็นโมเลกุลมีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาทิศทางของขั้วที่หักล้างกัน	2	6	9	7.50
34. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ	1	8	25	20.83
35. สารประกอบโคเวเลนต์ที่เขียนสูตรโครงสร้างได้มากกว่า 1 แบบจะมีสภาพขั้วและทิศของขั้วเหมือนกันทุกโครงสร้าง	-	2	7	5.83
เนื้อหาย่อย 2.10 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล				
36. โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงระหว่างขั้วเพียงชนิดเดียว มีผลให้จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลเสมอ โดยไม่พิจารณาว่าบางโมเลกุลอาจจะมีพันธะไฮโดรเจน	2	14	23	19.17
37. พันธะไฮโดรเจน แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว เป็นพันธะภายในโมเลกุลโคเวเลนต์	1	3	3	2.50

ตารางที่ 39 สรุปผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ และวินิจัยจากนักเรียนโดยใช้แบบสอบวินิจัยสองระดับ (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	เอกสาร	ครู	นักเรียน	
	f	f	f	%
38. พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะที่เกิดขึ้นในโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของ H กับ F O หรือ N โดยไม่พิจารณาว่าอะตอมของ H อยู่ติดกับอะตอมของ F O หรือ N หรือไม่	-	4	8	6.67
3. พันธะโลหะ				
เนื้อหาย่อย 3.1 สมบัติของพันธะโลหะ				
39. สารที่มีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงจัดเป็นโลหะเสมอ	1	2	6	5.00
40. โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก	-	8	13	10.83

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ผลการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี

1) ผลการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้ 1) วิเคราะห์หมวดเนื้อหาที่จะสำรวจมโนทัศน์ 2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด 3) สร้างแผนผังการสร้างข้อสอบ 4) ร่างข้อสอบวินิจัยแบบสามระดับ รายละเอียดดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์หมวดเนื้อหาที่จะสำรวจมโนทัศน์ ผู้วิจัยกำหนดหมวดเนื้อหาที่จะสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับจำนวน 3 เนื้อหาหลัก 16 เนื้อหาย่อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และการวินิจัยกับนักเรียนด้วยแบบสอบวินิจัยสองระดับแบบปลายเปิด

2) การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด ผู้วิจัยกำหนดวัตถุประสงค์เนื้อหาย่อยละ 1 วัตถุประสงค์ รวมเป็น 16 วัตถุประสงค์ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดกำหนดจำนวน 16 มโนทัศน์ โดยพิจารณาจากมโนทัศน์ที่มีจำนวนนักเรียนคลาดเคลื่อนตั้งแต่ร้อยละ 10 ซึ่งคือว่ามีปริมาณมากตามงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 40 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
1. พันธะไอออนิก		
1.1 การเกิดพันธะไอออนิก	ระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	กลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก
1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	ระบุโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่โครงร่างผลึก
1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า ด้วยตัวเลขภาษากรีกตามหลักการอ่านของสารประกอบโคเวเลนต์
1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก	ระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกใดละลายน้ำได้	สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกชนิด
1.5 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก	เขียนสมการไอออนิกสุทธิได้	สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น
2. พันธะโคเวเลนต์		
2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์	ระบุได้ว่าสารประกอบโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	สารประกอบของโลหะ Be หรือ B กับอโลหะไม่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์เนื่องจากสารประกอบโคเวเลนต์ต้องเกิดจากอะตอมของอโลหะกับอโลหะเท่านั้น

ตารางที่ 41 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	ระบุโมเลกุลที่มีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์ได้	โมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์
2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	ระบุได้ว่าโมเลกุลโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันจะไม่เป็นไปตามกฎออกเตต
2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้	เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า “มอนอ” นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว
2.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	เปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	ระบุโมเลกุลที่สามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้	เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น
2.7 รูปร่างโมเลกุล	ระบุรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น
2.8 มุมพันธะ	เปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	ขนาดของมุมพันธะพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเพียงสิ่งเดียวไม่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของค่า EN
2.9 สภาพขั้วของโมเลกุล	ระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ

ตารางที่ 42 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
2.10 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	อธิบายความแตกต่างของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิดต่างๆ และผลของแรงยึดเหนี่ยวต่อจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	โมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงระหว่างขั้วเพียงชนิดเดียว มีผลให้จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลเสมอ โดยไม่พิจารณาว่าบางโมเลกุลอาจจะมีพันธะไฮโดรเจน
3.พันธะโลหะ		
3.1 สมบัติของพันธะโลหะ	ระบุสมบัติของพันธะโลหะได้	โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

3) สร้างผังการสร้างข้อสอบ เมื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้จำนวน 16 ข้อ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำนวน 16 มโนทัศน์แล้วผู้วิจัยสร้างผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) โดยแต่ละเนื้อหาผู้วิจัยจะสร้างข้อสอบตามจำนวนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ มุ่งวัด มโนทัศน์ละ 6 ข้อ รวมทั้งสิ้น 96 ข้อรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 43 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิจัยสามระดับ

มวลเนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ข้อ)	น้ำหนัก (ร้อยละ)
1.พันธะไอออนิก			
1.1 การเกิดพันธะไอออนิก	ระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกเกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	6	6.25
1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	ระบุโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	6	6.25
1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	6	6.25

ตารางที่ 44 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (ต่อ)

มวลเนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ข้อ)	น้ำหนัก (ร้อยละ)
1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก	ระบุสมบัติการละลายน้ำ การนำไฟฟ้า และจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารประกอบไอออนิกได้	6	6.25
1.5 ปฏิริยาของสารประกอบไอออนิก	เขียนสมการไอออนิกสุทธิได้	6	6.25
2. พันธะโคเวเลนต์			
2.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์	ระบุได้ว่าสารประกอบโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมของสารชนิดใด	6	6.25
2.2 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	ระบุโมเลกุลที่มีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์ได้	6	6.25
2.3 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	ระบุได้ว่าโมเลกุลโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	6	6.25
2.4 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้	6	6.25
2.5 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	เปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	6	6.25
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	ระบุโมเลกุลที่สามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้	6	6.25
2.7 รูปร่างโมเลกุล	ระบุโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ได้	6	6.25
2.8 มุมพันธะ	เปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	6	6.25

ตารางที่ 45 ผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (ต่อ)

มวลงเนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ข้อ)	น้ำหนัก (ร้อยละ)
2.9 สภาพัฒของโมเลกุล	ระบุสภาพัฒของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	6	6.25
2.10 แรงยึดเหนี่ยวระหว่ง โมเลกุล	อธิบายความแตกต่างของแรงยึดเหนี่ยว ระหว่งโมเลกุลชนิดต่างๆ และผลของ แรงยึดเหนี่ยวต่อจุดเดือดจุดหลอมเหลว ของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	6	6.25
3. พันธะโลหะ			
3.1 สมบัติของพันธะโลหะ	ระบุสมบัติของพันธะโลหะได้	6	6.25
	รวม	96	100

4) การร่างข้อสอบวินิจฉัยสามระดับ โดยระดับที่หนึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ระดับที่สองเป็นเหตุผลของคำตอบในระดับแรกเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และระดับที่สามเป็นระดับความมั่นใจในคำตอบ (เลือกตอบมั่นใจ/ไม่มั่นใจ) ผู้วิจัยทำการร่างข้อคำถามจำนวน 96 ข้อ โดยยึดจากจุดประสงค์การเรียนรู้ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด โดยแต่ละข้อจะมีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยพิจารณาจากคำตอบในระดับที่ 1 และระดับที่ 2 นักเรียนเลือกตัวลวงที่สะท้อนถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นๆ และระดับที่ 3 เลือกมั่นใจ ตัวอย่างร่างข้อสอบวินิจฉัยสามระดับรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.2

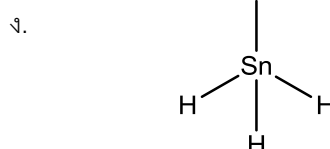
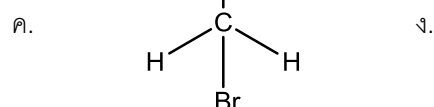
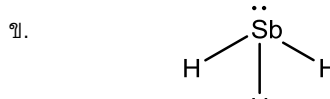
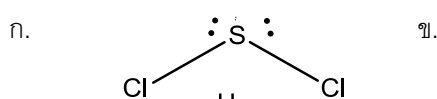
เนื้อหาหลัก 2. พันธะโคเวเลนต์

เนื้อหาย่อย 2.8 สภาพขั้วของโมเลกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ ระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่วัด โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอโดยไม่พิจารณาถึงอะตอมล้อมรอบอะตอมกลาง

1.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุล**ไม่มีขั้ว**



1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบข้างต้น

- ก. โมเลกุลมีรูปร่างสมมาตรทำให้อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด
- ข. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
- ค. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน
- ง. พันธะไม่มีขั้วโมเลกุลจึงไม่มีขั้ว

1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

การแปลความหมายคำตอบประยุกต์จากงานวิจัยของ Arslan, Cigdemoglu, & Moseley (2012)

ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ก.	ก.	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน(misconception) ว่า - โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอโดยไม่พิจารณาถึงอะตอมล้อมรอบอะตอมกลาง
*ง.	ข./ค./ง.	ก.	มีความผิดพลาดบวก (false positive)
ก./ข./ค.	*ก.	ก.	มีความผิดพลาดลบ (false Negative)
*ง.	*ก.	ข.	เดาถูก(lucky guess)/ขาดความมั่นใจ(lack of confidence)
คำตอบนอกเหนือจากนี้			ขาดความรู้ (Lack of knowledge)

*หมายถึง คำตอบที่ถูกต้อง

ภาพที่ 4. 2 ตัวอย่างร่างแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ

2) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี

2.1 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสามระดับทั้งระดับที่ 1 และระดับที่ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) อยู่ในช่วง 0.57- 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์คือมีค่า $IOC > 0.50$ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ถือว่าข้อสอบทั้ง 96 ข้อ สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัดรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 46 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ข้อ	ค่า IOC		ข้อเสนอนแนะ
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	
1	0.86	0.71	
2	0.86	0.71	
3	1.00	0.86	
4	0.86	0.86	
5	0.71	0.71	เปลี่ยนตัวเลือกในระดับที่ 1 จาก ข. Ra^{2+} กับ Cl^- เป็น ข. Ca^{2+} กับ I^-
6	0.71	0.86	เปลี่ยนตัวเลือกในระดับที่ 1 จาก ก. Ra^{2+} กับ Br^- เป็น ก. Ca^{2+} กับ Br^-
7	1.00	1.00	
8	1.00	1.00	
9	1.00	1.00	
10	1.00	1.00	
11	1.00	1.00	
12	1.00	1.00	
13	0.71	0.71	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 2 จาก ก.อ่านไอออนบวกก่อนไอออนลบ เป็น ก. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ
14	0.71	0.71	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 2 จาก ง.อ่านไอออนลบก่อนไอออนบวกลงท้ายด้วยไ-ด์ เป็น ง.อ่านไอออนลบแล้วตามด้วยไอออนบวกลงท้ายด้วยไ-ด์
15	0.71	0.71	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 2 จาก ข.อ่านไอออนบวกก่อนไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์ เป็น ข. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
16	0.86	0.71	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 2 จาก ก.อ่านไอออนบวกก่อนไอออนลบ เป็น ก. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ

ตารางที่ 47 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจัยสามระดับ (ต่อ)

ข้อ	ค่า IOC		ข้อเสนอนแนะ
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	
17	0.86	0.86	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 2 จาก ค.อ่านไอออนบวกก่อนไอออนลบลงท้ายด้วยไต์ เป็น ค. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วยไต์
18	0.71	0.71	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 2 จาก ก.อ่านไอออนบวกก่อนไอออนลบ เป็น ก. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ
19	1.00	0.86	
20	0.86	0.71	
21	1.00	0.86	
22	0.86	0.86	
23	0.71	0.71	
24	0.86	0.71	
25	0.57	0.57	เปลี่ยนสมการเคมีจาก ค. $Pb^{2+}(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow Pb(NO_3)_2(s)$ เป็น ค. $Pb^{2+}(aq) + I^-(aq) \rightarrow PbI_2(s)$
26	0.71	0.71	
27	0.71	0.57	ปรับภาษาตัวเลือกระดับ 2 จาก ง. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโลหะหมู่ IA ซึ่งละลายน้ำได้เป็น ง.ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของโลหะหมู่IAซึ่งละลายน้ำได้
28	0.71	0.71	เปลี่ยนตัวเลือกระดับที่ 1 จาก ข. $LiNO_3(aq)$ กับ $NaCl(aq)$ เป็น ข. $AgNO_3(aq)$ กับ $NaCl(aq)$
29	0.71	0.71	
30	0.71	0.71	
31	1.00	1.00	
32	1.00	1.00	
33	1.00	1.00	
34	1.00	1.00	
35	1.00	1.00	
36	1.00	1.00	
37	0.86	0.86	
38	0.71	0.71	
39	0.71	0.71	เปลี่ยนสูตรเคมีในตัวเลือกระดับที่ 1 จาก ค. H_2O เป็น ค. CH_4
40	0.71	0.71	

ตารางที่ 48 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจัยสามระดับ (ต่อ)

ข้อ	ค่า IOC		ข้อเสนอนแนะ
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	
41	0.86	0.86	
42	0.71	0.86	เปลี่ยนสูตรเคมีในตัวเลือกระดับที่ 1 จาก ก. PCl_5 เป็น ก. NH_4
43	0.86	0.86	
44	0.86	0.71	
45	0.86	0.71	
46	0.86	0.86	
47	0.86	0.86	
48	0.71	0.71	
49	0.86	0.86	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 1 จาก ข. โมโนฟอสฟอรัส (V) คลอไรด์ เป็น ข. โมโนฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์
50	0.86	0.86	ปรับภาษาตัวเลือกระดับที่ 2 จาก ค. อ่านชื่อธาตุก่อนอ่านเลขห้อยลงท้ายด้วย -ไต์ เป็น ค. อ่านชื่อธาตุตามด้วยอ่านเลขห้อยลงท้ายด้วย -ไต์
51	0.86	0.86	
52	0.71	0.71	
53	0.86	0.86	
54	0.86	0.86	
55	1.00	1.00	
56	1.00	1.00	
57	0.86	0.86	
58	1.00	1.00	
59	0.86	0.86	ปรับภาษาจาก ข. พันธะใน $COCl_2$ เป็นพันธะเดี่ยวแต่ใน CO_3^{2-} เป็นพันธะคู่ เป็น ข. พันธะระหว่าง C-O ใน $COCl_2$ เป็นพันธะเดี่ยวแต่ใน CO_3^{2-} เป็นพันธะคู่
60	1.00	1.00	
61	1.00	0.86	ปรับภาษาในคำถามระดับที่ 1 จาก โมเลกุลใดมีโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ เป็น โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้
62	0.57	0.71	ปรับคำถาม เป็น โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้
63	0.71	0.71	ปรับคำถาม เป็น โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้
64	0.71	0.71	ปรับคำถาม เป็น โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้
65	0.86	0.86	ปรับคำถาม เป็น โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้
66	1.00	0.86	ปรับคำถาม เป็น โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้

ตารางที่ 49 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจัยสามระดับ (ต่อ)

ข้อ	ค่า IOC		ข้อเสนอนั้นะ
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	
67	1.00	1.00	
68	1.00	1.00	
69	0.86	0.86	
70	0.71	0.86	
71	1.00	0.86	
72	0.86	0.71	
73	0.57	0.57	ปรับภาษาจาก ค. OCl_2 มีอิเล็กตรอนอยู่ห่างอะตอมกลางมากกว่า OF_2 ค. OCl_2 มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางมากกว่า OF_2
74	0.86	0.86	
75	1.00	1.00	
76	1.00	0.86	
77	1.00	1.00	
78	1.00	1.00	
79	0.86	0.86	เปลี่ยนสูตรโครงสร้างของตัวเลือก จาก ค. CH_4 เป็น ค. CH_3F
80	1.00	1.00	
81	0.86	0.71	
82	0.71	0.86	เปลี่ยนสูตรโครงสร้างของตัวเลือก จาก ข. H_2O ข. H_2TI
83	0.71	0.86	
84	0.86	0.86	เปลี่ยนตัวเลือกระดับที่ 1 จาก ง. โมเลกุลของ CH_2Br_2 แบบมีสมมาตร เป็น ง. โมเลกุลของ CH_2Br_2 แบบไม่มีสมมาตร
85	1.00	0.86	
86	1.00	1.00	
87	1.00	1.00	
88	1.00	1.00	
89	1.00	1.00	
90	0.86	1.00	
91	1.00	1.00	
92	1.00	1.00	
93	0.86	1.00	
94	0.86	0.86	
95	1.00	1.00	
96	1.00	1.00	

2.2 การตรวจสอบค่าความยาก อำนาจจำแนกตามทฤษฎีแบบดั้งเดิม

เมื่อแบบสอบวินิจฉัยสามระดับผ่านเกณฑ์ค่า IOC แล้วผู้วิจัยได้นำแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 617 คน โดยนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน พบว่า คะแนนในส่วนของแบบสอบระดับที่ 1 เต็ม 96 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 64.16 คะแนน มีฐานนิยม (mode) เท่ากับ 69 มัธยฐาน (median) เท่ากับ 67 พิสัยเท่ากับ 64 คะแนนสูงสุด 89 คะแนน คะแนนต่ำสุด 25 คะแนน การแจกแจงของคะแนนเป็นแบบเบ้ซ้าย ($skewness = -0.805$) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนในระดับสูง ความโด่งสูงกว่าโค้งปกติ ($kurtosis = 0.315$) แสดงว่า คะแนนของนักเรียนส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกัน

คะแนนในส่วนของแบบสอบระดับที่ 2 เต็ม 96 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 48.17 คะแนน มีฐานนิยม (mode) เท่ากับ 69 มัธยฐาน (median) เท่ากับ 47 พิสัยเท่ากับ 63 คะแนนสูงสุด 80 คะแนน คะแนนต่ำสุด 17 คะแนน การแจกแจงของคะแนนเป็นแบบเบ้ขวา ($skewness = 0.315$) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนในระดับต่ำ ความโด่งต่ำกว่าโค้งปกติ ($kurtosis = -0.006$) แสดงว่า คะแนนของนักเรียนส่วนใหญ่กระจายกัน แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 50 สถิติพื้นฐานของคะแนนสอบจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ค่าสถิติพื้นฐาน	แบบสอบวินิจฉัยระดับที่ 1	แบบสอบวินิจฉัยระดับที่ 2
คะแนนเต็ม	96	96
mode	69	49
mean	64.16	48.17
S.D.	12.43	12.34
median	67	47
range	64	63
max	89	80
min	25	17
skewness	-0.805	0.36
kurtosis	0.315	-0.006

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ความยาก ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) พบว่าคะแนนในส่วนของแบบสอบระดับที่ 1 แบบสอบทั้ง 96 ข้อ มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.57-0.59 (ความยากพอเหมาะ) จำนวน 6 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 6.25 ค่า p อยู่ในช่วง 0.6-

0.76 (ค่อนข้างง่าย) จำนวน 90 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 93.75 ค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 ค่อนข้างง่าย มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.23-0.39 (อำนาจจำแนกพอใช้) จำนวน 92 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 95.83 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.40-0.50 (อำนาจจำแนกดี) จำนวน 4 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 4.17 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 มีอำนาจจำแนกพอใช้

คะแนนในส่วนขอแบบสอบระดับที่ 2 แบบสอบทั้ง 96 ข้อ มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.42-0.56 (ความยากพอเหมาะ) จำนวน 96 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 ค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 ยากง่ายปานกลาง มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.20-0.39 (อำนาจจำแนกพอใช้) จำนวน 96 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 มีอำนาจจำแนกพอใช้ แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 51 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม

ข้อ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		ข้อ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2	
	P	r	P	r		P	r	P	r
1.	0.73	0.25	0.52	0.28	13.	0.72	0.25	0.50	0.24
2.	0.68	0.33	0.49	0.27	14.	0.70	0.27	0.45	0.20
3.	0.70	0.32	0.51	0.23	15.	0.64	0.33	0.45	0.20
4.	0.69	0.27	0.48	0.28	16.	0.71	0.32	0.56	0.29
5.	0.65	0.25	0.47	0.25	17.	0.69	0.26	0.52	0.27
6.	0.69	0.28	0.50	0.27	18.	0.71	0.34	0.48	0.24
7.	0.66	0.33	0.52	0.29	19.	0.63	0.40	0.46	0.20
8.	0.71	0.27	0.51	0.29	20.	0.61	0.50	0.48	0.34
9.	0.72	0.25	0.53	0.34	21.	0.61	0.25	0.45	0.20
10.	0.71	0.24	0.52	0.27	22.	0.59	0.27	0.46	0.22
11.	0.69	0.25	0.53	0.32	23.	0.63	0.23	0.47	0.27
12.	0.66	0.28	0.51	0.31	24.	0.63	0.31	0.47	0.28

ตารางที่ 52 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม (ต่อ)

ข้อ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		ข้อ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2	
	P	r	P	r		P	r	P	r
25.	0.62	0.35	0.46	0.22	49.	0.60	0.26	0.50	0.21
26.	0.57	0.30	0.47	0.27	50.	0.71	0.28	0.50	0.34
27.	0.64	0.31	0.47	0.28	51.	0.68	0.31	0.55	0.25
28.	0.61	0.27	0.44	0.29	52.	0.69	0.25	0.46	0.23
29.	0.63	0.28	0.44	0.24	53.	0.70	0.23	0.55	0.35
30.	0.67	0.25	0.45	0.20	54.	0.65	0.24	0.54	0.29
31.	0.67	0.30	0.42	0.24	55.	0.76	0.31	0.50	0.35
32.	0.71	0.24	0.46	0.26	56.	0.73	0.25	0.56	0.30
33.	0.68	0.25	0.50	0.22	57.	0.71	0.26	0.47	0.30
34.	0.70	0.24	0.52	0.24	58.	0.67	0.29	0.54	0.38
35.	0.58	0.23	0.50	0.23	59.	0.70	0.3	0.50	0.34
36.	0.64	0.24	0.54	0.32	60.	0.70	0.23	0.54	0.35
37.	0.73	0.23	0.56	0.29	61.	0.65	0.26	0.47	0.33
38.	0.69	0.23	0.46	0.21	62.	0.66	0.29	0.54	0.26
39.	0.71	0.23	0.52	0.26	63.	0.65	0.3	0.50	0.21
40.	0.71	0.25	0.55	0.38	64.	0.68	0.24	0.48	0.27
41.	0.70	0.24	0.51	0.33	65.	0.62	0.24	0.52	0.27
42.	0.69	0.33	0.54	0.32	66.	0.66	0.28	0.46	0.23
43.	0.66	0.25	0.53	0.31	67.	0.59	0.23	0.52	0.26
44.	0.69	0.23	0.52	0.29	68.	0.59	0.24	0.49	0.24
45.	0.68	0.30	0.53	0.36	69.	0.64	0.23	0.50	0.24
46.	0.71	0.25	0.49	0.33	70.	0.62	0.25	0.50	0.23
47.	0.68	0.30	0.49	0.25	71.	0.63	0.4	0.46	0.20
48.	0.72	0.25	0.48	0.34	72.	0.58	0.26	0.50	0.29

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม (ต่อ)

ข้อ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		ข้อ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2	
	P	r	P	r		P	r	P	r
73.	0.61	0.41	0.50	0.36	85.	0.68	0.27	0.50	0.30
74.	0.66	0.27	0.51	0.28	86.	0.66	0.25	0.51	0.25
75.	0.63	0.32	0.50	0.33	87.	0.67	0.27	0.50	0.21
76.	0.62	0.33	0.54	0.29	88.	0.72	0.32	0.54	0.27
77.	0.63	0.28	0.50	0.25	89.	0.70	0.27	0.54	0.30
78.	0.61	0.28	0.47	0.29	90.	0.67	0.31	0.50	0.36
79.	0.70	0.26	0.53	0.33	91.	0.70	0.32	0.51	0.39
80.	0.74	0.25	0.54	0.35	92.	0.61	0.26	0.47	0.20
81.	0.72	0.23	0.51	0.20	93.	0.67	0.27	0.50	0.35
82.	0.68	0.31	0.53	0.21	94.	0.66	0.26	0.49	0.31
83.	0.70	0.23	0.51	0.21	95.	0.66	0.25	0.47	0.22
84.	0.70	0.25	0.52	0.29	96.	0.68	0.27	0.51	0.28

2.3 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ พบว่า ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในส่วนของคะแนนระดับที่ 1 มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.723 แปลว่า มีความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้ออยู่ในระดับสูง ส่วนของคะแนนระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.850 แปลว่า มีความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้ออยู่ในระดับสูง แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 54 ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

แบบสอบวินิจฉัย	แบบสอบวินิจฉัยระดับที่ 1	แบบสอบวินิจฉัยระดับที่ 2
ค่าความเที่ยง	0.723	0.850

2.4 การวิเคราะห์แบบสอบวินิจฉัยตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

ผลการวิเคราะห์แบบสอบวินิจฉัยตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) ด้วยโปรแกรม IRT Pro พบว่า แบบสอบระดับที่ 1 ค่าความยาก (b) อยู่ในช่วง -1.74 ถึง 1.10 มีเฉลี่ยเท่ากับ -0.65 แสดงว่าเป็นข้อสอบระดับที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นข้อสอบที่ง่าย เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (a) พบว่า ค่า a อยู่ในช่วง 0.26 ถึง 1.80 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.65 แสดงว่าข้อสอบสามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ ค่าโอกาสการเดา(c) อยู่ในช่วง 0.09 ถึง 0.50 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 แสดงว่าข้อสอบส่วนใหญ่ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำจะมีโอกาสตอบถูกได้น้อย รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 20 และมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information; $I(\theta)$) มีค่าสูงสุดที่ $\theta = 0$ แสดงว่า แบบสอบวินิจฉัยในระดับที่ 1 มีความแม่นยำในการประมาณค่าผู้สอบที่มีความสามารถปานกลาง แสดงดังภาพที่ 4.3

สำหรับแบบสอบระดับที่ 2 ค่าความยาก (b) อยู่ในช่วง -0.03 ถึง 10.22 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.43 แสดงว่าข้อสอบส่วนใหญ่เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก ค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ในช่วง 0.08 ถึง 4.40 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 แสดงว่าข้อสอบสามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ ค่าโอกาสการเดา(c) อยู่ในช่วง 0.14 ถึง 0.50 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24 แสดงว่า ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำจะมีโอกาสตอบถูกได้น้อย รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 20 และมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information; $I(\theta)$) มีค่าสูงสุดที่ $\theta = 1.5$ แสดงว่าแบบสอบวินิจฉัยในระดับที่ 2 มีความแม่นยำในการประมาณค่าผู้สอบที่มีความสามารถค่อนข้างสูง แสดงดังภาพที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 55 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT

ข้อที่	แบบสอบระดับที่ 1			แบบสอบระดับที่ 2		
	a	b	c	a	b	c
1.	0.70	-0.99	0.22	2.39	0.83	0.39
2.	0.89	-0.69	0.13	0.58	0.58	0.17
3.	0.81	-0.80	0.18	0.54	0.64	0.21
4.	0.69	-0.91	0.15	0.70	0.58	0.18
5.	0.63	-0.69	0.14	0.42	1.10	0.16
6.	0.72	-0.82	0.16	0.84	0.28	0.14
7.	0.90	-0.62	0.12	0.84	0.20	0.15

ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT (ต่อ)

ข้อที่	แบบสอบระดับที่ 1			แบบสอบระดับที่ 2		
	a	b	c	a	b	c
8.	0.72	-0.96	0.16	0.65	0.35	0.17
9.	0.73	-0.90	0.20	1.06	0.52	0.31
10.	0.60	-1.08	0.17	<u>0.42</u>	0.23	0.18
11.	0.47	-1.22	0.18	0.47	0.12	0.18
12.	0.66	-0.51	0.2	0.45	0.73	0.23
13.	0.46	-1.33	0.22	0.09	2.56	0.22
14.	0.62	-0.91	0.20	0.12	<u>5.61</u>	0.22
15.	0.78	-0.28	0.19	0.16	3.57	0.21
16.	0.94	-0.92	0.12	0.66	-0.01	0.17
17.	0.65	-0.83	0.18	0.34	1.21	0.22
18.	0.99	-0.82	0.15	0.22	1.89	0.19
19.	1.04	-0.40	0.09	0.43	1.49	0.19
20.	1.42	-0.03	0.19	1.07	0.71	0.23
21.	0.54	-0.36	0.14	0.31	2.18	0.18
22.	0.52	-0.05	0.17	0.16	<u>4.55</u>	0.21
23.	1.80	0.98	0.50	1.40	2.06	0.45
24.	0.73	-0.45	0.14	0.49	0.92	0.18
25.	0.79	-0.23	0.17	0.88	1.52	0.30
26.	0.44	0.27	0.21	0.25	3.45	0.23
27.	0.68	-0.39	0.18	0.22	2.93	0.20
28.	0.54	-0.33	0.16	0.17	<u>4.94</u>	0.21
29.	0.55	-0.25	0.2	0.19	3.17	0.22
30.	0.50	-0.65	0.21	0.14	2.83	0.22
31.	0.68	-0.65	0.17	0.45	0.80	0.21
32.	0.63	-1.09	0.17	0.26	1.11	0.19
33.	0.65	-0.76	0.17	0.93	0.33	0.22
34.	0.49	-0.92	0.22	0.36	0.70	0.23

ตารางที่ 57 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT
(ต่อ)

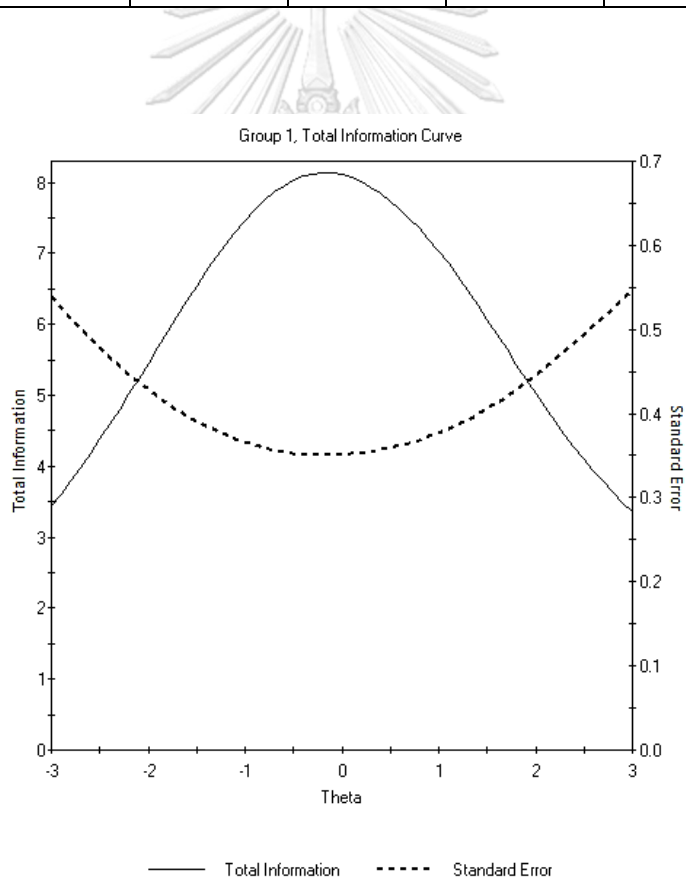
ข้อที่	แบบสอบระดับที่ 1			แบบสอบระดับที่ 2		
	a	b	c	a	b	c
35.	<u>0.37</u>	0.12	0.18	<u>0.08</u>	<u>10.22</u>	0.24
36.	0.54	-0.48	0.17	0.43	1.13	0.20
37.	<u>0.44</u>	-1.59	0.22	0.90	0.50	<u>0.33</u>
38.	0.54	-1.01	0.16	0.50	0.41	0.18
39.	0.57	-1.19	0.18	0.95	0.11	0.19
40.	0.50	-1.17	0.20	1.10	1.07	0.38
41.	0.48	-1.15	0.20	0.58	0.60	0.23
42.	0.78	-0.76	0.16	0.71	0.16	0.17
43.	0.56	-0.47	0.23	1.02	0.99	0.34
44.	0.57	-0.79	0.20	0.41	0.87	0.20
45.	0.84	-0.71	0.13	1.29	0.55	0.22
46.	0.62	-0.82	0.23	<u>0.34</u>	1.04	0.20
47.	0.68	-0.78	0.15	1.18	0.54	0.25
48.	0.39	-1.46	0.23	2.32	1.36	0.50
49.	<u>0.39</u>	-0.03	0.20	<u>0.10</u>	<u>8.50</u>	0.23
50.	0.75	-0.93	0.16	0.99	0.17	0.21
51.	0.80	-0.46	0.23	3.90	1.02	0.47
52.	0.50	-1.22	0.17	0.56	0.33	0.16
53.	0.39	-1.29	0.21	1.35	0.76	0.4
54.	0.43	-0.54	0.20	0.27	2.32	0.22
55.	0.88	-1.16	0.17	0.76	-0.03	0.19
56.	0.57	-1.16	0.22	1.39	0.92	0.36
57.	0.62	-0.86	0.24	1.27	0.88	0.40
58.	0.72	-0.73	0.13	0.72	0.59	0.15
59.	0.45	-1.36	0.22	2.16	1.29	0.5
60.	<u>0.28</u>	-1.74	0.22	<u>0.27</u>	1.74	0.24
61.	0.67	-0.25	0.23	1.09	1.23	0.34
62.	0.66	-0.57	0.17	0.69	0.44	0.20

ตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT
(ต่อ)

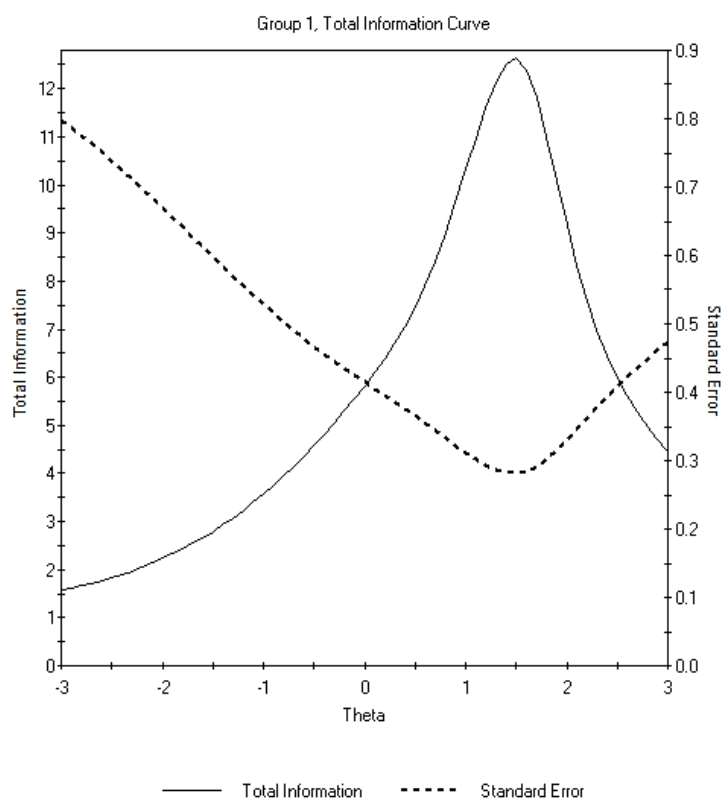
ข้อที่	แบบสอบระดับที่ 1			แบบสอบระดับที่ 2		
	a	b	c	a	b	c
63.	0.69	-0.55	0.15	<u>0.20</u>	<u>3.14</u>	0.20
64.	0.38	-0.91	0.23	1.49	1.43	0.44
65.	0.49	-0.48	0.15	0.40	1.19	0.17
66.	0.58	-0.47	0.22	0.34	1.58	0.23
67.	1.28	1.10	0.44	1.91	1.59	0.43
68.	0.58	-0.17	0.14	0.38	1.81	0.19
69.	0.48	-0.21	0.25	1.01	1.36	0.39
70.	0.68	-0.38	0.14	0.80	0.43	0.16
71.	1.06	-0.19	0.19	0.67	0.52	0.21
72.	<u>0.26</u>	-0.02	0.21	<u>0.08</u>	<u>6.65</u>	0.23
73.	0.88	0.01	0.24	1.36	1.07	0.36
74.	0.64	-0.63	0.17	0.62	0.71	0.2
75.	0.66	-0.39	0.15	0.53	0.52	0.16
76.	0.53	-0.29	0.21	1.05	0.92	0.35
77.	0.57	-0.26	0.2	0.49	1.02	0.21
78.	0.52	-0.27	0.17	<u>0.21</u>	<u>2.75</u>	0.20
79.	0.66	-0.97	0.16	0.53	0.29	0.17
80.	0.71	-1.14	0.19	0.75	0.33	0.22
81.	0.60	-0.97	0.24	0.24	1.12	0.2
82.	0.75	-0.63	0.18	0.46	0.76	0.21
83.	0.52	-1.07	0.2	4.36	1.58	0.49
84.	0.55	-0.94	0.21	<u>4.40</u>	1.37	<u>0.49</u>
85.	0.60	-0.79	0.18	0.56	0.69	0.20
86.	<u>0.48</u>	-0.68	0.19	<u>0.29</u>	0.92	0.20
87.	0.52	-0.89	0.16	0.18	1.70	0.20
88.	0.73	-0.96	0.2	0.56	0.26	0.21
89.	0.65	-0.88	0.18	0.69	0.08	0.18
90.	0.75	-0.71	0.15	1.04	0.24	0.16

ตารางที่ 59 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก(a) ความยาก(b) และโอกาสการเดา(c)ตามทฤษฎี IRT (ต่อ)

ข้อที่	แบบสอบระดับที่ 1			แบบสอบระดับที่ 2		
	a	b	c	a	b	c
91.	0.78	-0.62	0.23	1.07	0.44	0.26
92.	0.51	0.16	0.24	0.19	3.42	0.21
93.	0.70	-0.72	0.16	0.88	0.28	0.16
94.	0.70	-0.67	0.15	0.78	0.35	0.17
95.	0.58	-0.16	0.27	0.43	1.99	0.27
96.	0.52	-0.89	0.21	0.55	0.53	0.22
เฉลี่ย	0.65	-0.65	0.19	0.79	1.43	0.24



ภาพที่ 4.3 โค้งสารสนเทศของแบบสอบวินิจฉัยระดับที่ 1



ภาพที่ 4. 4 โค้งสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยระดับที่ 2

สำหรับการคัดเลือกข้อสอบวินิจัยสามระดับเข้าสู่ระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ในวิชาเคมีผู้วิจัยพิจารณาทั้งคุณภาพตามทฤษฎีแบบดั้งเดิมและตามทฤษฎีแนวใหม่ (IRT) โดยจากผลการวิจัยข้างต้นข้อสอบทั้ง 96 ข้อมีคุณภาพด้านความยาก (p) อำนาจจำแนก (r) ผ่านเกณฑ์ตามทฤษฎีแบบดั้งเดิมทุกข้อ ผู้วิจัยจึงทำการตัดข้อสอบทิ้งโดยการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ a b และ c ตามทฤษฎี IRT ซึ่งมีวิธีดำเนินการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พิจารณาข้อสอบทีละ 6 ข้อ ตามเนื้อหาย่อย โดยผู้วิจัยจะตัดข้อสอบทิ้งเนื้อหาย่อยละ 1 ข้อ เนื่องจากผู้วิจัยวางแผนที่จะใช้ข้อสอบเนื้อหาละ 5 ข้อในระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

2. พิจารณาค่าพารามิเตอร์ความยาก (b) ถ้ามีค่าความยากสูงกว่า +2.50 จะตัดข้อนั้นทิ้ง แต่ถ้ามีค่า (b) สูงกว่า +2.50 มากกว่า 1 ข้อจะตัดข้อที่มีค่า b สูงที่สุดทิ้ง

3. พิจารณาค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) ผ่านเกณฑ์ที่มีค่า a อยู่ระหว่าง +0.50 ถึง +2.50 ถ้ามีข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์มากกว่า 1 ข้อจะตัดข้อที่ถ้าค่า a ต่ำที่สุดทิ้ง

4. ถ้าข้อสอบทั้ง 6 ข้อในแต่ละเรื่องผ่านเกณฑ์ทั้งค่า a และ b จะพิจารณาตัดข้อที่มีค่า c มากกว่า 0.30 ทั้ง หรือตัดข้อที่มีค่า c สูงที่สุดทั้ง

ผลการคัดเลือกผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบไว้ในระบบวินิจฉัยจำนวน 80 ข้อ ตัดทิ้ง 16 ข้อ ได้แก่ข้อ 5, 10, 14, 22, 28, 35, 37, 46, 49, 60, 63, 72, 78, 84, 86 และ 92 แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 60 ผลการคัดเลือกข้อสอบวินิจฉัยสามระดับเข้าสู่ระบบวินิจฉัย

เนื้อหาย่อย	ข้อที่	ข้อที่ตัดทิ้ง
1.การเกิดพันธะไอออนิก	1-6	5. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์
2.โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	7-12	10. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์
3.การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	13-18	14. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า b ไม่ผ่านเกณฑ์
4.สมบัติของสารประกอบไอออนิก	19-24	22. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า b ไม่ผ่านเกณฑ์
5.ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	25-30	28. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า b ไม่ผ่านเกณฑ์
6.การเกิดพันธะโคเวเลนต์	31-36	35. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 1 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์ แบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a, b ไม่ผ่านเกณฑ์
7.ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	37-42	37. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 1 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์ แบบสอบระดับที่ 2 มีค่า c ไม่ผ่านเกณฑ์
8.โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	43-48	46. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์
9.การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	49-54	49. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 1 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์ แบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a, b ไม่ผ่านเกณฑ์
10.ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	55-60	60. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 1 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์ แบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์
11.แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	61-66	63. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a, b ไม่ผ่านเกณฑ์
12.รูปร่างโมเลกุล	67-72	72. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 1 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์ แบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a, b ไม่ผ่านเกณฑ์
13.มุมพันธะ	73-78	78. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a, b ไม่ผ่านเกณฑ์
14.สภาพขั้วของโมเลกุล	79-84	84. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a, c ไม่ผ่านเกณฑ์
15.แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	85-90	86. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 1 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์ แบบสอบระดับที่ 2 มีค่า a ไม่ผ่านเกณฑ์
16.สมบัติของพันธะโลหะ	91-96	92. เนื่องจากแบบสอบระดับที่ 2 มีค่า b ไม่ผ่านเกณฑ์

2.5 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์

สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียง ผู้วิจัยสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับจำนวน 40 คน โดยนำผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่จำแนกนักเรียนเป็น 6 กลุ่มตามแนวคิดของ Arslan et al. (2012) กับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงซึ่งจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มตามแนวคิดข้างต้นเช่นกัน มาหาค่าสัดส่วนความสอดคล้องด้วยสถิติแคปปา (K) โดยผู้วิจัยรายงานผลการหาความสัมพันธ์จำแนกตามมวลงเนื่อหาย่อยที่มุ่งวัด

เนื่อหาย่อยที่ 1 การเกิดสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้ จำนวน 19 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 1 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 4 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้จำนวน 4 คน รวมทั้งสิ้น 31 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.775 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ 0.633 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 61 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 1 การเกิดสารประกอบไอออนิก

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	19 47.50%	1 2.50%	-	1 2.50%	1 2.50%	3 7.50%	25 62.5%
2.false positive	1 2.50%	2 5.00%	-	-	-	-	3 7.50%
3.false negative	1 2.50%	-	1 2.50%	-	-	-	2 5.00%
4. misconception	-	-	-	4 10.00%	-	-	4 10.00%
5.lucky guess	-	-	-	-	1 2.50%	-	1 2.50%
6.lack of knowledge	1 2.50%	-	-	-	-	4 10.00%	5 12.50%
รวม	22 55.00%	3 7.50%	1 2.50%	5 12.50%	2 5.00%	7 17.50%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้ จำนวน 19 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 1 คน มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 5 คน และขาดความรู้จำนวน 8 คน รวมทั้งสิ้น 35 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.875 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ 0.806 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 23

ตารางที่ 62 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	19 47.50%	-	1 2.50%	1 2.50%	-	2 5.00%	23 57.50%
2.false positive	-	2 5.00%	-	-	-	-	2 5.00%
3.false negative	-	-	1 2.50%	-	-	-	1 2.50%
4. misconception	-	-	-	5 12.50%	-	-	5 12.50%
5.lucky guess	-	-	-	-	-	-	-
6.lack of knowledge	-	-	-	1 2.50%	-	8 20.00%	9 22.50%
รวม	19 47.50%	2 5.00%	2 5.00%	7 17.50%	-	10 25.00%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้ จำนวน 16 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 2 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 5 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 2 คน และขาดความรู้จำนวน 4 คน รวมทั้งสิ้น 31 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.775 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ 0.676 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 24

ตารางที่ 63 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	16 40.00%	1 2.50%	-	1 2.50%		3 7.50%	21 52.50%
2.false positive	2 5.00%	2 5.00%					4 10.00%
3.false negative	1 2.50%		2 5.00%				3 7.50%
4. misconception				5 12.50%			5 12.50%
5.lucky guess					2 5.00%		2 5.00%
6.lack of knowledge			1 2.50%			4 10.00%	5 12.50%
รวม	19 47.50%	3 7.50%	3 7.50%	6 15.00%	2 5.00%	7 17.50%	40 100%

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

เนื้อหาย่อยที่ 4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้ จำนวน 15 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 3 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 6 คน และขาดความรู้จำนวน 2 คน รวมทั้งสิ้น 28 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.700 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .573 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 25

ตารางที่ 64 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

	1.	2.	3.	4.	5	6.	รวม
1.scientific knowledge	15 37.50%					2 5.00%	17 42.50%
2.false positive		2 5.00%					2 5.00%
3.false negative		2 5.00%	3 7.50%				5 12.50%
4. misconception	1 2.50%			6 15.00%		1 2.50%	8 20.00%
5.lucky guess							
6.lack of knowledge	5 12.50%			1 2.50%		2 5.00%	8 20.00%
รวม	21 52.50%	4 10.00%	3 7.50%	7 17.50%		5 12.50%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 5 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 14 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 5 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 2 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 8 คน และขาดความรู้จำนวน 6คน รวมทั้งสิ้น 35 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.875 และมีค่าสถิติแคปพาเท่ากับ .834 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 26

ตารางที่ 65 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 5 ปฏิบัติของสารประกอบไอออนิก
ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

	1.	2.	3.	4.	5	6.	รวม
1.scientific knowledge	14 35.00%						14 35.00%
2.false positive	2 5.00%	5 12.50%					7 17.50%
3.false negative			2 5.00%			1 2.50%	3 7.50%
4. misconception			1 2.50%	8 20.00%			9 22.50%
5.lucky guess							
6.lack of knowledge				1 2.50%		6 15.00%	7 17.50%
รวม	16 40%	5 12.50%	3 7.50%	9 22.50%		7 17.50%	40 100%

เนื้อหาที่ย่อย 6 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 12 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 2 คน มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 9 คน เตาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้

จำนวน 4 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.750 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .658 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 27

ตารางที่ 66 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 6 การเกิดพันธะโคเวเลนต์

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	12 30.00%	1 2.50%		2 5.00%		1 2.50%	16 40.00%
2.false positive		2 5.00%					2 5.00%
3.false negative	2 5.00%		2 5.00%	1 2.50%			5 12.50%
4. misconception				9 22.50%			9 22.50%
5.lucky guess					1 2.50%		1 2.50%
6.lack of knowledge	3 7.50%					4 10.00%	7 17.50%
รวม	17 42.50%	3 7.50%	2 5.00%	12 30.00%	1 2.50%	5 12.50%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 7 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 13 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีมีนทศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 7 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้จำนวน 8 คน รวมทั้งสิ้น 31 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.775 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .693 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 28

ตารางที่ 67 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 7 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	13 32.50%					1 2.50%	14 35.00%
2.false positive		2 5.00%					2 5.00%
3.false negative				1 2.50%			1 2.50%
4. misconception	1 2.50%	1 2.50%		7 17.50%			9 22.50%
5.lucky guess					1 2.50%	2 5.00%	3 7.50%
6.lack of knowledge	2 5.00%		1 2.50%			8 20.00%	11 27.50%
รวม	16 40.00%	3 7.50%	1 2.50%	8 20.00%	1 2.50%	11 27.50%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 8 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 12 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 3 คน มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 4 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 2 คน และขาดความรู้จำนวน 8 คน รวมทั้งสิ้น 29 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.725 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .641 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 29

ตารางที่ 68 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 8 โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	12 30.00%			2 5.00%		1 2.50%	15 37.50%
2.false positive		3 7.50%	1 2.50%				4 10.00%
3.false negative		1 2.50%					1 2.50%
4. misconception				4 10.00%		1 2.50%	5 12.50%
5.lucky guess				2 5.00%	2 5.00%		4 10.00%
6.lack of knowledge	1 2.50%		1 2.50%	1 2.50%		8 20.00%	11 27.50%
รวม	13 32.50%	4 10.00%	2 5.00%	9 22.50%	2 5.00%	10 25.00%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 9 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 14 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 4 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 3 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 2 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้จำนวน 4 คน รวมทั้งสิ้น 28 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.700 และมีค่าสถิติแคปตาเท่ากับ .606 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 30

ตารางที่ 69 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 9 การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์
ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	14 35.00%	1 2.50%		2 5.00%			17 42.50%
2.false positive	1 2.50%	4 10.00%		2 5.00%			7 17.50%
3.false negative			3 7.50%	1 2.50%			4 10.00%
4. misconception				2 5.00%			2 5.00%
5.lucky guess			1 2.50%		1 2.50%	1 2.50%	3 7.50%
6.lack of knowledge	1 2.50%		1 2.50%		1 2.50%	4 10.00%	7 17.50%
รวม	16 40.00%	5 12.50%	5 12.50%	7 17.50%	2 5.00%	5 12.50%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 10 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 12 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 4 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 7 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้จำนวน 7 คน รวมทั้งสิ้น 31 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.775 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .703 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 31

ตารางที่ 70 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 10 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	12 30.00%		1 2.50 %	2 5.00%		1 2.50%	16 40.00%
2.false positive		4 10.00 %		1 2.50%			5 12.50%
3.false negative				2 5.00%			2 5.00%
4. misconception	1 2.50%			7 17.50 %			8 20.00%
5.lucky guess		1 2.50%			1 2.50 %		2 5.00%
6.lack of knowledge						7 17.50 %	7 17.50%
รวม	13 32.50%	5 12.50 %	1 2.50 %	12 30.00 %	1 2.50 %	8 20.00 %	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 11 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 14 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 1 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 5 คน และ

ขาดความรู้จำนวน 7 คน รวมทั้งสิ้น 27 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.675 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .545 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 32

ตารางที่ 71 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 11 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	14 35.00 %	1 2.50%		3 7.50%		1 2.50%	19 47.50%
2.false positive	1 2.50%		1 2.50%				2 5.00%
3.false negative	1 2.50%		1 2.50%	1 2.50%			3 7.50%
4. misconception				5 12.50%	1 2.50%	1 2.50%	7 17.50%
5.lucky guess					0	1 2.50%	1 2.50%
6.lack of knowledge					1 2.50%	7 17.50%	8 20.00%
รวม	16 40.00 %	1 2.50%	2 5.00%	9 22.50%	2 5.00%	10 25.00%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 12 รูปร่างโมเลกุล

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 15 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 1 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 4 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 3 คน และขาดความรู้

จำนวน 5 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.750 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .659 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 33

ตารางที่ 72 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 12 รูปร่างโมเลกุล

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	15 37.50%	3 7.50%	1 2.50%				19 47.50%
2.false positive		2 5.00%					2 5.00%
3.false negative			1 2.50%				1 2.50%
4. misconception	1 2.50%		2 5.00%	4 10.00%		1 2.50%	8 20.00%
5.lucky guess					3 7.50%		3 7.50%
6.lack of knowledge	1 2.50%			1 2.50%		5 12.50%	7 17.50%
รวม	17 42.50%	5 12.50%	4 10.00%	5 12.50%	3 7.50%	6 15.00%	40 100%

เนื้อหาย่อยที่ 13 มุมพันธะ

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 15 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 1 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 3 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้จำนวน 8 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.750 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .638 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 34

ตารางที่ 73 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 13 มุมพันธะ

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	15 37.50%		2 5.00%			2 5.00%	19 47.50%
2.false positive		2 5.00%					2 5.00%
3.false negative	1 2.50%		1 2.50%	1 2.50%			3 7.50%
4. misconception	1 2.50%			3 7.50%			4 10.00%
5.lucky guess				1 2.50%	1 2.50%		2 5.00%
6.lack of knowledge	2 5.00%					8 20.00%	10 25.00%
รวม	19 47.50%	2 5.00%	3 7.50%	5 12.50%	1 2.50%	10 25.00%	40 100%

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

เนื้อหาย่อยที่ 14 สภาขั้วของโมเลกุล

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 13 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 2 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 3 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 9 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้จำนวน 3 คน รวมทั้งสิ้น 31 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.775 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .697 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 35

ตารางที่ 74 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 14 สภาพัฒน์ของโมเลกุล

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	13 32.50%		1 2.50%	1 2.50%		1 2.50%	16 40.00%
2.false positive		2 5.00%					2 5.00%
3.false negative			3 7.50%				3 7.50%
4. misconception			2 5.00%	9 22.50%			11 27.50%
5.lucky guess	1 2.50%				1 2.50%		2 5.00%
6.lack of knowledge	1 2.50%		1 2.50%	1 2.50%		3 7.50%	6 15.00%
รวม	15 37.50%	2 5.00%	7 17.50%	11 27.50%	1 2.50%	4 10.00%	40 100%

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

เนื้อหาย่อยที่ 15 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 12 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 3 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 3 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 5 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 1 คน และขาดความรู้จำนวน 6 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.750 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .675 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 36

ตารางที่ 75 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 15 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	12 30.00%	2 5.00%	2 5.00%	1 2.50%			17 42.50%
2.false positive		3 7.50%					3 7.50%
3.false negative			3 7.50%				3 7.50%
4. misconception	2 5.00%		1 2.50%	5 12.50%			8 20.00%
5.lucky guess			1 2.50%	1 2.50%	1 2.50%		3 7.50%
6.lack of knowledge						6 15.00%	6 15.00%
รวม	14 35.00%	5 12.50%	7 17.50%	7 17.59%	1 2.50%	6 15.00%	40 100%

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

เนื้อหาย่อยที่ 16 สมบัติของพันธะโลหะ

การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสอดคล้องกันกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง โดยนักเรียนที่มีความรู้จำนวน 15 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกจำนวน 1 คน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบจำนวน 1 คน มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 4 คน เดาคำตอบถูกจำนวน 3 คน และขาดความรู้จำนวน 6 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.750 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ .666 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 37

ตารางที่ 76 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงของเนื้อหาย่อยที่ 16 สมบัติของพันธะโลหะ

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเทคนิคการคิดออกเสียง

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	รวม
1.scientific knowledge	15 37.50%			1 2.50%			16 40.00%
2.false positive		1 2.50%				1 2.50%	2 5.00%
3.false negative			1 2.50%	2 5.00%			3 7.50%
4. misconception	1 2.50%	1 2.50%		4 10.00%			6 15.00%
5.lucky guess					3 7.50%		3 7.50%
6.lack of knowledge		1 2.50%		3 7.50%		6 15.00%	10 25.00%
รวม	16 40.00%	3 7.50%	1 2.50%	10 25.00%	3 7.50%	7 17.50%	40 100%

ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ตอนที่ 3 ผลการสร้างข้อมูลย้อนกลับที่จะนำไปใช้ในระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างข้อมูลย้อนกลับ 2 รูปแบบคือ 1) ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป (feedback) 2) ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา (feedforward)

1) รายงานข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป (feedback) ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปนี้จะให้นักเรียนเมื่อทำข้อสอบครบในแต่ละเนื้อหาย่อย ผู้วิจัยพัฒนาข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) ข้อมูลย้อนกลับชนิดอธิบายรายละเอียด ให้นักเรียนกลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวกและมีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบ 2) ข้อมูลย้อนกลับชนิดชี้แนะคำตอบ ให้นักเรียนในกลุ่มเดาคำตอบถูก 3) ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม ให้นักเรียนกลุ่มขาดความรู้

59) กลุ่มพอใช้ (ร้อยละ 60-69) กลุ่มดี (ร้อยละ 70-79) และกลุ่มดีมาก (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) ข้อมูลย้อนกลับชนิดนี้สร้างมาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในประเด็นเกี่ยวกับแนวทางในการเรียนวิชาเคมีให้ประสบความสำเร็จตามแต่ละระดับความสามารถของนักเรียน ผลการสัมภาษณ์พบว่าครูให้ความเห็นว่า

“...นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาเคมีต่ำกว่าเกณฑ์นั้น ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากมีพื้นฐานวิชาเคมีไม่แน่นพอ เช่น การจดจำธาตุตามหมู่ในตารางธาตุ การเรียกชื่อกลุ่มไอออนบวก ไอออนลบ ดังนั้นการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดคือ การฝึกฝนให้นักเรียนได้ท่องจำตารางธาตุให้ได้เป็นลำดับแรก..”

ครูเคมีคนที่ 4

“...ความรู้พื้นฐานที่สำคัญของวิชาเคมีคือ การจดจำธาตุตามหมู่ ตามคาบ ของธาตุหมู่หลักในตารางธาตุให้ได้ ครูควรฝึกฝนให้นักเรียนจดจำให้ได้โดยอาจจะใช้การท่องจำเป็นเพลง หรือกลอนเพื่อให้ง่ายต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะนักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาเคมีต่ำกว่าเกณฑ์ควรได้รับการฝึกฝนก่อน...”

ครูเคมีคนที่ 1

“...นักเรียนกลุ่มอ่อน หรือมีผลการเรียนรู้ในวิชาเคมีอยู่ในระดับต่ำนั้น อาจเกิดจากนักเรียนไม่สามารถประมวลความรู้ที่ครูสอนได้อย่างครบถ้วน ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาอาจจะให้นักเรียนได้สรุปความรู้เป็นผังความคิดหรือผังมโนทัศน์ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้จดจำเนื้อหาได้ง่ายขึ้น...”

ครูเคมีคนที่ 3

“...นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับเกรด 1, เกรด 1.5 นั้นส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากเนื้อหาวิชาเคมีที่เป็นนามธรรมจับต้องยาก ทางแก้หนึ่งคือนักเรียนอาจใช้การวาดภาพระบายสีรูปร่างโมเลกุลเป็นสามมิติเพื่อช่วยเพิ่มความเข้าใจในการเรียนวิชาเคมีเรื่องพันธะโคเวเลนต์ได้ง่ายขึ้น..”

ครูเคมีคนที่ 11

“..นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับพอใช้หรือ เกเรด 2 นั้นอาจจะมีสาเหตุมาจากบางประเด็นหรือบางเนื้อหา นักเรียนยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอยู่ นักเรียนควรได้รับการวินิจฉัยข้อบกพร่องโดยครูผู้สอนและได้รับข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปพัฒนาตนเองในจุดที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ทันเวลา...”

ครูเคมีคนที่ 10

“...นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับเกรด 2, 2.5 นั้นอาจจะเกิดจากบางเนื้อหา นักเรียนยังขาดความรู้ หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ควรแก้ไขโดยฝึกฝนตนเองด้วการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลที่ถูกต้อง เช่น ตำราเรียนวิชาเคมีของ สสวท. ตำราเรียนเคมีจากโครงการตำราเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มูลนิธิ สอวน. ...”

ครูเคมีคนที่ 5

“...สำหรับนักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับดีหรือเกรด 3 ควรได้รับการพัฒนาต่อยอดให้นักเรียนเพิ่มพูนความรู้ในห้องเรียน โดยฝึกทำแบบฝึกหัด หรือข้อสอบที่ยากขึ้นจากหนังสือรวมข้อสอบแอดมิชชัน...”

ครูเคมีคนที่ 15

“...นักเรียนในกลุ่มที่เรียนดี มักจะมีความรู้ในเรื่องที่เรียนในห้องเรียนอยู่แล้ว ดังนั้นครูควรสนับสนุนพัฒนาต่อยอดให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพิ่มขึ้น ถ้านักเรียนพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอก็จะมีแนวโน้มที่จะได้ผลการเรียนวิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้น...”

ครูเคมีคนที่ 13

“...เด็กเก่งที่มีความรู้วิชาเคมีอยู่ในระดับดีเยี่ยม ควรได้รับการพัฒนาโดยครูควรสนับสนุนให้นักเรียนได้ทำโจทย์ข้อสอบที่ยากขึ้น เช่น แนวข้อสอบเคมีโอลิมปิก...”

ครูเคมีคนที่ 7

“...นักเรียนที่มีความรู้เคมีดีเยี่ยม ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนได้ต่อยอดความรู้ในเนื้อหาที่ยากขึ้น และควรแนะนำให้นักเรียนไปศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัยในสาขาที่เน้นวิชาเคมีเช่น วิทยาศาสตร์เคมี วิศวกรรมเคมี ปิโตรเคมี เป็นต้น...”

ครูเคมีคนที่ 8

จากผลการสัมภาษณ์สามารถสรุปได้ว่า แนวทางในการเรียนเคมีให้ประสบผลสำเร็จนั้น สำหรับกลุ่มที่มีผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์จะต้องเน้นให้นักเรียนพัฒนาตนเองจากความรู้พื้นฐานวิชาเคมีคือการท่องจำตารางธาตุด้วยเทคนิควิธีต่างๆ กลุ่มที่มีผลการเรียนอ่อนควรให้นักเรียนเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้เช่น การสรุปความรู้เป็นผังความคิดหรือผังมโนทัศน์เพื่อช่วยให้นักเรียนได้จดจำเนื้อหาได้ง่าย กลุ่มที่มีผลการเรียนพอใช้จะต้องเน้นให้นักเรียนพัฒนาในจุดด้อยของตนเอง และเรื่องที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน กลุ่มที่มีผลการเรียนดีจะต้องเน้นที่การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทำแบบฝึกหัดหรือข้อสอบต่างๆ และกลุ่มที่มีผลการเรียนดีเยี่ยมจะต้องเน้นให้นักเรียนได้ฝึกทำโจทย์ที่ยากขึ้นและแนะนำให้นักเรียนเรียนต่อในสาขาวิชาที่ใช้ความรู้วิชาเคมีมาก

ผู้วิจัยนำผลการสัมภาษณ์มาเขียนร่างข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาตนเอง และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ซึ่งรายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเองแสดงดังตารางที่ 39

ตารางที่ 79 รายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง

กลุ่ม	รายงาน
ไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50)	นักเรียนมีความรู้ในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี ไม่ผ่านเกณฑ์ แนวทางในการพัฒนาตนเองนักเรียนควรเริ่มต้นจากพื้นฐานวิชาเคมีคือ การท่องจำตารางธาตุ โดยอาจจะใช้วิธีการจำเป็นเพลง หรือใช้กลวิธีอื่นๆ ที่ช่วยในการจดจำตารางธาตุได้ง่าย และควรจดจำชื่อไอออน และกลุ่มไอออนต่างๆ ให้ได้ เมื่อมีความรู้พื้นฐานแล้วนักเรียนควรตั้งใจเรียนในห้องเรียนให้มากขึ้น ควรจดสาระสำคัญที่ครูสอนนอกเหนือจากตำราเรียน หมั่นศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น หนังสืออ่านเสริม หนังสือรวมข้อสอบ เว็บไซต์ความรู้ เป็นต้น ถ้านักเรียนพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอตามคำแนะนำนี้ก็จะมีความมั่นใจที่จะได้ผลการเรียนวิชาเคมีผ่านเกณฑ์
อ่อน (ร้อยละ 50-59)	นักเรียนมีความรู้ในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี อยู่ในเกณฑ์อ่อน แนวทางในการพัฒนาตนเองนักเรียนควรเริ่มจากการทบทวนความรู้ในวิชาเคมีที่ตนเองไม่เข้าใจ เปลี่ยนวิธีการเรียนรู้ในห้องเรียน เช่น การจดสาระสำคัญนอกเหนือจากในตำราเรียน สรุปบทเรียนเป็นผังความคิด การวาดภาพระบายสีรูปร่างโมเลกุลเพื่อช่วยจำ เป็นต้น และหมั่นศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ ถ้านักเรียนพัฒนาตนเองตามคำแนะนำนี้ก็จะมีความมั่นใจที่จะได้ผลการเรียนวิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้น

ตารางที่ 80 รายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง (ต่อ)

กลุ่ม	รายงาน
พอใช้ (ร้อยละ 60-69)	<p>นักเรียนมีความรู้ในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี อยู่ในเกณฑ์พอใช้ แนวทางในการพัฒนาตนเองนักเรียนควรนำข้อมูลจากการรายงานจุดด้อยด้านที่มีมีโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาใช้ในการพัฒนาตนเองด้วยการหาความรู้เพิ่มเติมในเนื้อหาอื่นๆ จากแหล่งข้อมูลที่ถูกต้องเช่น ตำราเรียนวิชาเคมีของ สสวท. ตำราเรียนเคมีจากโครงการตำราเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มูลนิธิสอรน. เป็นต้น เพื่อปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้เข้าใจได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และการเรียนในห้องเรียนก็ควรตั้งใจเรียนทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติทดลอง ซึ่งการทดลองในวิชาเคมี จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจและเห็นภาพของวิชาเคมีมากขึ้น ถ้านักเรียนพัฒนาตนเองตามคำแนะนำนี้ก็จะมีความมั่นใจที่จะได้ผลการเรียนวิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้น</p>
ดี (ร้อยละ 70-79)	<p>นักเรียนมีความรู้ในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี อยู่ในเกณฑ์ดี แนวทางในการพัฒนาตนเองนักเรียนควรศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากสิ่งที่เรียนรู้ในห้องเรียน หรือความรู้ที่น่าสนใจใหม่ๆ ในวิชาเคมี และฝึกทำแบบฝึกหัด หรือข้อสอบที่ยากขึ้นจากหนังสือรวมข้อสอบ admission PAT-2 หรือ O-Net ซึ่งการทำข้อสอบที่หลากหลายอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้นักเรียนได้ทราบถึงประเด็นที่นิยมนำมาออกข้อสอบ และได้เห็นถึงรูปแบบวิธีการหาคำตอบจากเฉลย ถ้านักเรียนพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอก็จะมีแนวโน้มที่จะได้ผลการเรียนวิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้น</p>
ดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป)	<p>นักเรียนมีความรู้ในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม แนวทางในการพัฒนาตนเองนักเรียนควรฝึกทำโจทย์ที่ยากขึ้น จากหนังสือที่รวบรวมข้อสอบ admission PAT-2 หรือ O-Net ซึ่งการทำข้อสอบที่หลากหลายอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้นักเรียนได้ทราบถึงประเด็นที่นิยมนำมาออกข้อสอบ และได้เห็นถึงรูปแบบวิธีการหาคำตอบจากเฉลย ถ้านักเรียนพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอก็จะมีแนวโน้มที่จะได้ผลการเรียนวิชาเคมีในระดับดีเยี่ยม (เกรด 4) ตลอดทั้งม.ปลาย และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปสอบเข้าเรียนต่อในมหาวิทยาลัย ซึ่งสาขาวิชาที่เหมาะสมกับนักเรียนที่เก่ง</p>

ตารางที่ 81 รายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง (ต่อ)

กลุ่ม	รายงาน
	วิชาเคมีคือ กลุ่มคณะวิทยาศาสตร์ เช่น วิทยาศาสตร์เคมี วิศวกรรมเคมี ปิโตรเคมี กลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ เช่น เภสัชศาสตร์ แพทยศาสตร์ และสัตวแพทยศาสตร์ เป็นต้น

เมื่อผู้วิจัยสร้างข้อมูลย้อนกลับทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและ 2) ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.71-1.00 แสดงว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 40 และ 41 ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลย้อนกลับมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและนำไปใช้ในการพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในตอนต่อไป

ตารางที่ 82 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป

เนื้อหา	ค่า IOC			ข้อเสนอแนะ
	แบบอธิบาย รายละเอียด	แบบชี้แนะ คำตอบ	แบบผสม	
พันธะไอออนิก				
1.1 การเกิดพันธะไอออนิก	1.00	1.00	1.00	-
1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	0.71	0.86	0.86	เพิ่มข้อความในข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดว่า โครงสร้างผลึกมีลักษณะแตกต่างกันตามขนาดของไอออนบวก ไอออนลบ สัดส่วนของไอออนบวกต่อไอออนลบในสารประกอบ
1.3 การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	1.00	0.86	0.86	ปรับตัวเล็กในตัวอย่างโจทย์เพิ่มเติมของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ จาก $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ เป็น FeCl_3
1.4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก	1.00	1.00	1.00	-

ตารางที่ 83 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป (ต่อ)

เนื้อหา	ค่า IOC			ข้อเสนอแนะ
	แบบอธิบาย รายละเอียด	แบบชี้แนะ คำตอบ	แบบผสม	
1.5 ปฏิบัติของ สารประกอบไอออนิก	0.71	1.00	0.86	เพิ่มข้อความในข้อมูลย้อนกลับแบบ อธิบายรายละเอียดว่า ถ้าสมการเคมีได้ มีผลิตภัณฑ์ที่ละลายน้ำได้จะ ไม่ใช่ สมการไอออนิกสุทธิ
พันธะโคเวเลนต์				
2.1 การเกิดพันธะ โคเวเลนต์	0.71	0.86	0.86	เพิ่มข้อความในข้อมูลย้อนกลับแบบ อธิบายรายละเอียดว่า ยกเว้น โลหะ Be และ B สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้
2.2 ชนิดของพันธะ โคเวเลนต์	1.00	1.00	1.00	-
2.3 โมเลกุลที่ไม่ เป็นไปตามกฎ ออกเตต	1.00	1.00	1.00	-
2.4 การเรียกชื่อ สารประกอบ โคเวเลนต์	0.86	1.00	0.86	เพิ่มข้อความในข้อมูลย้อนกลับแบบ อธิบายรายละเอียดว่า ยกเว้น กรณีที่มี ธาตุตัวแรกที่มีเพียงอะตอมเดียวไม่ต้อง ระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้น
2.5 ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ	1.00	1.00	1.00	-
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับ เรโซแนนซ์	1.00	0.86	0.86	ปรับตัวอย่างในตัวอย่างโจทย์เพิ่มเติม ของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ จาก ข. CH_2Cl_2 เป็น ข. SiH_4
2.7 รูปร่างโมเลกุล	0.86	0.71	0.86	ปรับการเขียนวิธีการคิดหาคำตอบของ ของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ ให้ ละเอียดขึ้นโดยการเพิ่มข้อความได้ รูปภาพโมเลกุล

ตารางที่ 84 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป (ต่อ)

เนื้อหา	ค่า IOC			ข้อเสนอแนะ
	แบบอธิบาย รายละเอียด	แบบชี้แนะ คำตอบ	แบบผสม	
2.8 มุมพันธะ	0.86	0.71	0.71	ปรับการเขียนวิธีการคิดหาคำตอบของ ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบให้ ละเอียดขึ้น โดยการเพิ่มข้อความใต้ รูปภาพโมเลกุล
2.9 สภาพผิวของ โมเลกุล	1.00	1.00	1.00	-
2.10 แรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุล	1.00	1.00	1.00	-
3.พันธะโลหะ				
3.1 สมบัติของพันธะ โลหะ	1.00	1.00	1.00	-

ตารางที่ 85 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง

กลุ่มผู้สอบ	ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
ไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50)	0.86	เพิ่มรายละเอียดเกี่ยวกับเทคนิคการท่องจำตารางธาตุ เช่น การท่องตารางธาตุเป็นเพลง
อ่อน (ร้อยละ 50-59)	1.00	-
พอใช้ (ร้อยละ 60-69)	1.00	-
ดี (ร้อยละ 70-79)	1.00	-
ดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป)	0.86	เพิ่มเติมคณะที่แนะนำให้นักเรียนเลือกเรียน กลุ่ม คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ เช่น เกษษศาสตร์ แพทยศาสตร์ และ สัตวแพทยศาสตร์ เป็นต้น

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลังจากได้แบบสอบวินิจัยสามระดับ และข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณภาพดีแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำองค์ประกอบทั้งสองมาออกแบบและพัฒนาเป็นระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี สำหรับการออกแบบและพัฒนาระบบวินิจัยและรูปแบบการรายงานผลที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการออกแบบระบบ 2) ขั้นตอนการพัฒนาระบบ 3) ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพระบบ โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบ

สำหรับขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยวางแผนออกแบบโปรแกรมร่วมกับโปรแกรมเมอร์ โดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมจัดทำระบบในครั้งนี้คือ Visual Basic 2010 ผู้วิจัยนำเสนอขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1.1 การออกแบบระบบการลงทะเบียน 1.2 การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับ 1.3 การออกแบบหน้าจอของระบบ 1.4 การออกแบบรายงานผลการทดสอบ 1.5 การออกแบบคู่มือการใช้ระบบ

1.1 การออกแบบระบบการลงทะเบียน

ในการออกแบบระบบการลงทะเบียนนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดข้อมูลที่ต้องการใช้ ผู้เข้าทดสอบระบบกรอกข้อมูลลงในระบบการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปแสดงในหน้าแรกของรายงานผลการทดสอบ โดยข้อมูลที่กำหนดให้ผู้เข้าทดสอบระบบกรอก ได้แก่ ชื่อ นามสกุล อายุ ระดับชั้น ผลการเรียนเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชื่อโรงเรียน อำเภอ และจังหวัด

1.2 การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับ

สำหรับการออกแบบลำดับขั้นตอนในการทำข้อสอบและให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นดังนี้ ข้อสอบประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลักเรื่องพันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ 16 เนื้อหาย่อย เนื้อหาย่อยละ 5 ข้อ รวมทั้งหมด 80 ข้อ ผู้วิจัยออกแบบให้ผู้เข้าสอบทำแบบสอบเรียงลำดับไปตามเนื้อหาย่อย โดยทำข้อสอบทีละ 1 ข้อ เมื่อส่งคำตอบในแต่ละข้อระบบจะเก็บข้อมูลว่าความสามารถของนักเรียนว่าจัดอยู่ในประเภทใดตามแนวคิดของ Arslan et al. (2012) แสดงดังตารางที่ 42

ตารางที่ 86 ผลการวินิจฉัยผู้สอบเมื่อทำข้อสอบ 1 ข้อ ตามแนวคิดของ Arslan et al. (2012)

ระดับที่1 (First tier)	ระดับที่2 (Second tier)	ระดับที่3 (Third tier)	ประเภทของผู้สอบ (Categories)
ถูก	ถูก	มั่นใจ	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge)
ถูก	ผิด	มั่นใจ	มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางบวก (False positive)
ผิด	ถูก	มั่นใจ	มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดทางลบ (False Negative)
ผิด	ผิด	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception)
ถูก	ถูก	ไม่มั่นใจ	เดาคำตอบถูก (Lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (Lack of confidence)
ถูก	ผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)
ผิด	ถูก	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)
ผิด	ผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)

โดยในแต่ละเนื้อหาย่อยผู้เข้าสอบต้องทำข้อสอบ 5 ข้อ เมื่อผู้เข้าสอบทำครบทั้ง 5 ข้อ ระบบจะประมวลผลโดยใช้ฐานนิยม (Mode) เป็นเครื่องตัดสินว่าความสามารถผู้เข้าสอบจัดอยู่ในประเภทใด และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับรูปแบบที่ต่างกันไปตามประเภทของผู้สอบ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 43

ตารางที่ 87 ผลการวินิจฉัยเมื่อทำข้อสอบ 5 ข้อ และรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ

ผลการตอบข้อสอบ 5 ข้อ	ประเภทของผู้สอบ	รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ
มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ครบทั้ง 5 ข้อ	มีความรู้ดีมาก (very good in scientific knowledge)	-
มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) 3-4 ข้อ	มีความรู้ดี (good in scientific knowledge)	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ

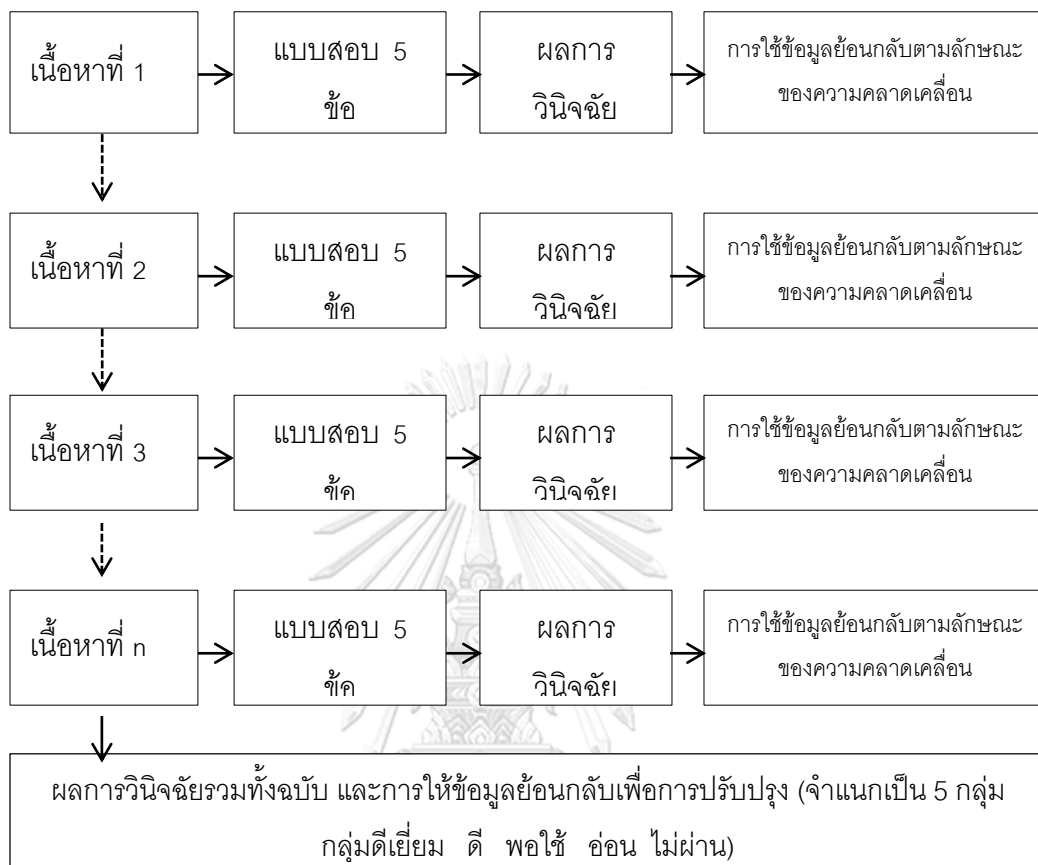
ตารางที่ 88 ผลการวินิจฉัยเมื่อทำข้อสอบ 5 ข้อ และรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ (ต่อ)

มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) 3 ข้อขึ้นไป	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception)	ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบาย รายละเอียด
มีความคลาดเคลื่อนทางบวก (False positive) 3 ข้อขึ้นไป	มีความคลาดเคลื่อน ทางบวก(False positive)	ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบาย รายละเอียด
มีความคลาดเคลื่อนทางลบ (False Negative) 3 ข้อขึ้นไป	มีความคลาดเคลื่อนทาง ลบ(False Negative)	ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบาย รายละเอียด
เดาคำตอบถูก (Lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (Lack of confidence) 3 ข้อขึ้นไป	เดาคำตอบถูก (Lucky guess) หรือ ขาดความ มั่นใจ (Lack of confidence)	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะคำตอบ
ขาดความรู้ (Lack of knowledge) 3 ข้อขึ้นไป	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)	ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม
กรณีจำแนกประเภทแล้วมี การกระจายเป็นหลาย ประเภท	ขาดความรู้ (Lack of knowledge)	ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อทำข้อสอบครบทั้ง 16 เนื้อหา ระบบจะรายงานผลสะท้อนข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับ
คะแนนรวม ความสามารถและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน พร้อมทั้งข้อมูลในการปรับปรุง
และพัฒนาตนเอง ซึ่งลำดับการแสดงผลข้อสอบและการให้ข้อมูลย้อนกลับ แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4. 5 ลำดับการแสดงข้อสอบและการให้ข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 การออกแบบหน้าจอของระบบ

หน้าจอการทดสอบจะมีองค์ประกอบหลักที่แสดง ได้แก่ แถบแสดงเนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่ผู้เข้าสอบกำลังดำเนินการทดสอบ ข้อสอบวินิจฉัยสามระดับซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามและตัวเลือกที่ผู้สอบจะต้องเลือกตอบ ระยะเวลาที่เหลือในการทำแบบสอบซึ่งระยะเวลาทั้งหมดในการเข้าทดสอบคือ 120 นาที แถบเครื่องมือเลือกข้อต่อไปและแถบเครื่องมือย้อนไปข้อที่แล้ว แถบแสดงข้อความแจ้งเตือนข้อผิดพลาดเมื่อมีการตอบข้อสอบไม่ครบทั้งสามระดับ และเพื่อเพิ่มความสวยงาม น่าสนใจผู้วิจัยออกแบบให้ด้านซ้ายและขวามือของหน้าจอมีรูปการ์ตูนนักวิทยาศาสตร์ชายและหญิงพูดข้อความให้กำลังใจผู้เข้าสอบ

สำหรับหน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยตามรายเนื้อหาย่อย มีองค์ประกอบหน้าที่แสดง ได้แก่

แถบแสดงเนื้อหาที่แสดงผลการวินิจฉัย ข้อมูลย้อนกลับรูปแบบต่างๆ ตามผลการวินิจฉัย แถบเครื่องมือเลือกทำข้อสอบต่อไป และมีภาพการ์ตูนนักวิทยาศาสตร์ถามถึงผลการสอบของผู้เข้าสอบ

1.4 การออกแบบรายงานผลการทดสอบ

สำหรับรายงานผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าทดสอบ ได้แก่ ชื่อ นามสกุล อายุ ระดับชั้น ผลการเรียนเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชื่อโรงเรียน อำเภอ จังหวัด 2) ตารางและกราฟแสดงคะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ความหมายของคะแนนจำแนกเป็น 5 ระดับ ไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50) อ่อน (ร้อยละ 50-59) พอใช้ (ร้อยละ 60-69) ดี (ร้อยละ 70-79) และดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) จำแนกตามเนื้อหาหลักและรวมทั้งหมด 3) ตารางแสดงผลการวินิจฉัยวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี จำแนกตามเนื้อหาย่อยทั้ง 16 เนื้อหา โดยจะระบุว่าในแต่ละเนื้อหานักเรียนมีผลการวินิจฉัยเป็นอย่างไร ถ้ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายงานจะแสดงมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้ 4) สรุปผลการวินิจฉัยวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยจะสรุปภาพรวมเนื้อหาย่อยที่เป็นจุดเด่นคือเรื่องที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีมาก เรื่องที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน และจุดด้อยคือเรื่องที่ขาดความรู้ หรือเดาคำตอบถูก/ขาดความมั่นใจ 5) ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา (feed forward) โดยจะให้แตกต่างกันไปตามคะแนนรวมที่ถูกเปลี่ยนเป็นร้อยละและแปลความหมายเป็น 5 ระดับ ไม่ผ่าน อ่อน พอใช้ ดี และดีเยี่ยม

1.5 การออกแบบคู่มือการใช้ระบบ

การออกแบบคู่มือการใช้งานระบบสำหรับผู้ใช้งาน (User's Guide) โดยคู่มือประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 3 ส่วน คือ 1) บทนำ เสนอลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยที่ใช้ในระบบ 2) การติดตั้งโปรแกรม เสนอวิธีการติดตั้งโปรแกรมและคุณสมบัติของระบบ 3) การใช้งานโปรแกรมสำหรับผู้ทดสอบ โดยส่วนนี้มีการอธิบายรายละเอียดเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบทดสอบ ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดสอบ และขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการทดสอบ ในแต่ละขั้นตอนจะมีภาพประกอบเพื่อความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2. ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

สำหรับขั้นตอนการพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 2.1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบทดสอบ 2.2 การดำเนินการทดสอบ 2.3 การรายงานผลการทดสอบ โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบทดสอบ


ผู้เข้ารับการทดสอบดำเนินการเข้าสู่ระบบในหน้าแรกของระบบ จะปรากฏภาพ คลิกที่ปุ่ม
เข้าสู่ระบบ ทางด้านล่างขวาของหน้าจอ แสดงดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4. 6 หน้าจอหลักของระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

เมื่อผู้เข้าร่วมทดสอบเข้าสู่ระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงหน้าจอรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ดังภาพ ให้ผู้เข้ารับการทดสอบคลิกที่ปุ่ม เข้าสู่ระบบ ทางด้านล่างซ้ายของจอ ระบบจะแสดงคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ ซึ่งระบบนี้จัดทำขึ้นเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนในเรื่องพันธะเคมีโดยมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับให้กับนักเรียนเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาตนเอง รายละเอียดของหน้าจอแสดงดังภาพ แสดงดังภาพที่ 4.7 และ 4.8

MDCS : Misconception Diagnostic System in Chemistry



ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

ชื่อ-นามสกุล : นายรักเรียน เรียนเก่ง

อายุ : 16 ปี ระดับชั้น : ม.4/2

เกรดเฉลี่ย : 2.50 เกรดวิชาวิทยาศาสตร์ : 2.5

สถานศึกษา : โรงเรียนทตลอง

อำเภอ : อำเภอทตลอง

จังหวัด : จังหวัดทตลอง

วันที่ทดสอบ : 08 กันยายน 2560

เข้าทดสอบ (ทตลองโปรแกรม)


เข้าทดสอบ	ดูผลการทดสอบ
เลือกเครื่องพิมพ์	พิมพ์ผลการทดสอบ
ลบข้อมูล	ออกจากโปรแกรม

ลำดับ	ชื่อ - นามสกุล
1	นายทตลอง ทำข้อสอบ
2	นายรักเรียน เรียนเก่ง
3	ทตลอง สอบ


Search ค้นหา

ภาพที่ 4.7 หน้าจอแสดงรายละเอียดของข้อมูลผู้เข้ารับการทดสอบ

MDCS : Misconception Diagnostic System in Chemistry



คำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ




การทดสอบครั้งนี้ใช้แนวคิดการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (Formative Assessment) มีเป้าหมายเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนในเรื่องพันธะเคมี โดยมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับให้กับนักเรียนเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาตนเองหรือแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ให้นักเรียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ และกรอกข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน
2. ข้อสอบจะแบ่งเป็น 16 เนื้อหาย่อยครอบคลุมเรื่องพันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ เนื้อหาย่อยละ 5 ข้อ รวมเป็น 80 ข้อ ใช้เวลา 120 นาที
3. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบครบ 5 ข้อในแต่ละเนื้อหานักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับ
4. เมื่อทำการทดสอบครบทั้ง 16 เนื้อหาแล้วระบบจะรายงานผลการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความสามารถและข้อบกพร่องของนักเรียนเพื่อใช้ในการพัฒนาตนเองต่อไป
5. ให้นักเรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบการทดสอบ

ถ้าพร้อมแล้วกดปุ่มเข้าทดสอบเลยล่ะ

เข้าทดสอบ



ภาพที่ 4.8 หน้าจอคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ

จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบ กดที่ปุ่มเข้าทดสอบ จะปรากฏ หน้าจอให้กรอกข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ชื่อ นามสกุล อายุ ระดับชั้น ผลการเรียนเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียน อำเภอ จังหวัด ให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบกรอกข้อมูลให้ครบถ้วนเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในรายงานผลการทดสอบ หน้าจอแสดงดังภาพที่ 4.9

MDCS : Misconception Diagnostic System in Chemistry

ข้อมูลผู้รับการทดสอบ

ชื่อ : นามสกุล :

อายุ : ปี กำลังศึกษาอยู่ชั้น : เกรดเฉลี่ยที่ผ่านมา :

สถานศึกษา : เกรดวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา :

อำเภอ : จังหวัด :

กรอกข้อมูลให้ครบนะครับ..

ภาพที่ 4. 9 หน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลผู้เข้ารับการทดสอบ

2.2 การดำเนินการทดสอบ

หลังจากที่ผู้เข้าร่วมการทดสอบอ่านคำชี้แจง และกรอกข้อมูลส่วนตัวเรียบร้อยแล้ว ผู้เข้าร่วมจะต้องกดที่ปุ่มเริ่มทดสอบที่ด้านขวาล่างของหน้าจอ จะปรากฏข้อสอบทีละ 1 ข้อ และแสดงเวลาที่เหลือในการทดสอบไว้ที่มุมบนขวา โดยผู้ทดสอบจะต้องตอบ 3 คำตอบใน 1 ข้อ และคลิกปุ่มข้อถัดไปเพื่อทำข้อสอบต่อ รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.10 ในกรณีที่ผู้เข้าสอบตอบไม่ครบในแต่ละข้อจะมีข้อความแจ้งเตือนให้ผู้เข้าสอบตอบให้ครบ แสดงดังภาพที่ 4.1

MDS-C : Misconception Diagnostic System in Chemistry

เนื้อหาหลัก : 1. พันธะไอออนิก

เนื้อหาย่อย : 1.1 การเกิดพันธะไอออนิก

เหลือเวลาสอบ 119 : 54

ตั้งใจสอบกันนะครับ

สู้ ๆ นะคะ

1.1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

- ก CaF_2
- ข Al_2S_3
- ค N_2O_3
- ง $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
- ข อโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับโลหะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
- ค กลุ่มไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
- ง โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก มั่นใจ
- ข ไม่มั่นใจ

ข้อต่อไป >>

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

ภาพที่ 4. 10 หน้าจอแสดงข้อสอบวินิจัยสามระดับ

1.1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

- ก CaF_2
- ข Al_2S_3
- ค N_2O_3
- ง $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
- ข อโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับโลหะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
- ค กลุ่มไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
- ง โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก มั่นใจ
- ข ไม่มั่นใจ

ภาพที่ 4. 11 หน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อตอบข้อสอบไม่ครบ

เมื่อทำข้อสอบครบ 5 ข้อในแต่ละเนื้อหา ระบบจะแสดงข้อมูลย้อนกลับให้ผู้ทดสอบทราบ โดยข้อมูลย้อนกลับจะมีรูปแบบแตกต่างกันไปตามประเภทของความสามารถของผู้เข้าสอบ แสดงดังภาพที่ 4.12

MDS: Misconception Diagnostic System in Chemistry

ผลการวินิจฉัย: การเกิดพันธะไอออนิก

นักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (Lack of Knowledge) ให้นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ที่ให้ต่อไปนี้

ข้อมูลย้อนกลับ (feedback)

การพิจารณาว่าสารใด **ไม่ใช่** เป็นสารประกอบไอออนิก ควรพิจารณาว่า สารใดเป็นสารประกอบไอออนิกก่อน โดยพิจารณาจากสูตรที่กำหนดให้ถ้าประกอบด้วยไอออนบวก (ของโลหะเช่น a กับ b) รวมกับไอออนลบ (ของอโลหะ) จึงจัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ในบางกรณีไอออนบวกกับไอออนลบที่รวมตัวกันเกิดสารประกอบไอออนิกอาจเป็นไอออนบวกและไอออนลบที่เกิดจากกลุ่มอะตอมก็ได้

ตัวอย่างเพิ่มเติม สารประกอบในข้อใด **ไม่ใช่** เป็นสารประกอบไอออนิก

ก. KCl	ข. NH ₄ OH
ค. PCl ₅	ง. Al ₂ O ₃

วิธีคิด

พิจารณาตัวเลือก ก. และ ง. เป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวของไอออนบวก และไอออนลบ
ตัวเลือก ข. เป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวของไอออนบวก และไอออนลบที่เกิดจากกลุ่มอะตอม
ตัวเลือก ค. เป็นสารประกอบที่เกิดจากการอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน **ไม่ใช่** เป็นสารประกอบไอออนิก

ทำต่อ >>

ผลตอบ เป็นยังไงเอ...
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

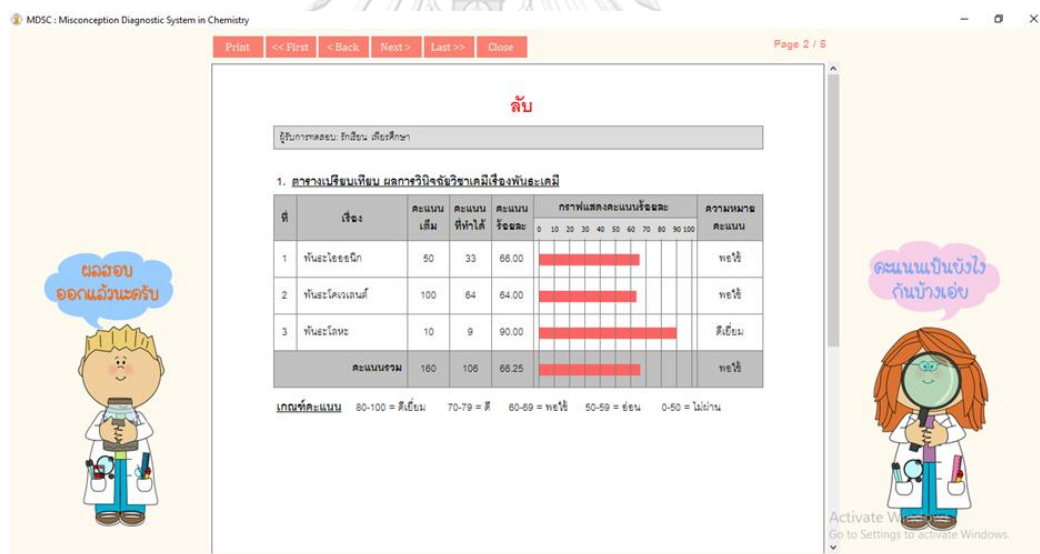
ภาพที่ 4. 12 หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยรายเนื้อหาและข้อมูลย้อนกลับ

2.3 การรายงานผลการทดสอบ

เมื่อผู้เข้าทดสอบดำเนินการสอบครบทั้ง 16 เนื้อหาย่อยซึ่งครอบคลุมเรื่องพันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ แล้วระบบจะรายงานผลการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความสามารถและข้อบกพร่องของนักเรียนเพื่อใช้ในการพัฒนาตนเอง สำหรับรายงานผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าทดสอบ 2) ตารางและกราฟแสดงคะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ความหมายของคะแนน 3) ตารางแสดงผลการวินิจฉัยวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี จำแนกตามเนื้อหาย่อยทั้ง 16 เนื้อหา 4) สรุปผลการวินิจฉัยวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยรายงานจุดเด่นคือเรื่องนี้นักเรียนมีความรู้ดีมาก จุดด้อยคือเรื่องนี้นักเรียนขาดความรู้ และเรื่องที่มีมีในทัศนคติคลาดเคลื่อน 5) ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา (feed forward) แสดงดังภาพที่ 4.13 ถึง 4.17



ภาพที่ 4. 13 รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าทดสอบ



ภาพที่ 4. 14 หน้าจอแสดงตารางและกราฟแสดงคะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ความหมายของคะแนน

MDSIC : Misconception Diagnostic System in Chemistry Page 3 / 5

Print << First < Back Next > Last >> Close

2. ตารางแสดงผลการวินิจฉัยวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี จำแนกตาม 16 เรื่องย่อย

ที่	เรื่อง	ผลการวินิจฉัย
1	การเกิดพันธะไอออนิก	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีมาก (Very Good in Scientific Knowledge)
2	โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	มีแนวโน้มที่คลาดเคลื่อน (Misconception) นักเรียนมีทักษะหรือความรู้/ทักษะอันดีแต่กลับกลายเป็นโครงสร้างหรือพันธะไอออนิกที่คลาดเคลื่อน
3	การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	ขาดความรู้ (Lack of Knowledge)
4	สมบัติของสารประกอบไอออนิก	เดาคำตอบถูก (Lucky Guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence)
5	ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดี (Good in Scientific Knowledge)
6	การเกิดพันธะโคเวเลนต์	มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดพลาด (False Positive)
7	ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดพลาด (False Negative)
8	โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดี (Good in Scientific Knowledge)
9	การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดี (Good in Scientific Knowledge)
10	ความยาวและพลังงานพันธะ	มีความคลาดเคลื่อนแบบผิดพลาด (False Positive)
11	แนวคิดเกี่ยวกับเวเลนซ์	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีมาก (Very Good in Scientific Knowledge)
12	รูปร่างโมเลกุล	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีมาก (Very Good in Scientific Knowledge)
13	มุมพันธะ	มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดี (Good in Scientific Knowledge)
14	สภาพขั้วของโมเลกุล	มีแนวโน้มที่คลาดเคลื่อน (Misconception) นักเรียนมีทักษะหรือความรู้ในโมเลกุลที่มีขั้วแต่กลับมองว่าโมเลกุลไม่มีขั้วหรือมองว่าโมเลกุลที่มีขั้วกลับมองว่าไม่มีขั้ว

ผลสอบ ออกแล้วนะครับ

คะแนนเป็นยังไงกันบ้างเอ่ย

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

ภาพที่ 4. 15 หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยแยกตาม 16 เรื่องย่อย

MDSIC : Misconception Diagnostic System in Chemistry Page 4 / 5

Print << First < Back Next > Last >> Close

สรุปผลการวินิจฉัยวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี

ผู้รับการทดสอบ: อภิเชษฐ์ เวียงศึกษา

- จุดเด่น (มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีมาก Very Good in Scientific Knowledge)
 - การเกิดพันธะไอออนิก
 - แนวคิดเกี่ยวกับเวเลนซ์
 - รูปร่างโมเลกุล
- เรื่องที่มีแนวโน้มที่คลาดเคลื่อน (Misconception)
 - โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก
 - สภาพขั้วของโมเลกุล
- จุดด้อย (เรื่องที่ขาดความรู้หรือเดาคำตอบถูก หรือขาดความมั่นใจ)
 - การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก
 - สมบัติของสารประกอบไอออนิก

ผลสอบ ออกแล้วนะครับ

คะแนนเป็นยังไงกันบ้างเอ่ย

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

ภาพที่ 4. 16 หน้าจอสรุปจุดเด่นและจุดด้อย



ภาพที่ 4. 17 หน้าจอแสดงแนวทางในการพัฒนาตนเอง

3. ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพระบบ

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพระบบก่อนนำระบบไปใช้งานจริง ผู้วิจัยแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 3.1 ตรวจสอบคุณภาพจากการนำไปทดลองใช้เบื้องต้น 3.2 ตรวจสอบคุณภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ

3.1 ตรวจสอบคุณภาพจากการนำไปทดลองใช้เบื้องต้น

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของระบบจากการนำไปทดลองใช้เบื้องต้น ได้นำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า

“...หลังจากใช้โปรแกรมการวินิจฉัยผมคิดว่า ข้อดีของโปรแกรมนี้คือ โปรแกรมทำงานราบรื่นดี สามารถประมวลผลการสอบได้รวดเร็ว...”

นักเรียนคนที่ 1

“...โปรแกรมมีรูปภาพประกอบสวยงามพอสมควรคะ ไม่มากจนเกินไป ถ้ามีรูปภาพอาจจะทำให้เบี่ยงเบนความสนใจจากการทำข้อสอบไปคะ...”

นักเรียนคนที่ 2

“... ตัวอักษรบนหน้าจออ่านง่ายดีค่ะ และเมื่อสอบเสร็จก็รายงานผลออกมาอย่างรวดเร็ว สามารถพิมพ์รายงานผลมาอ่านได้หนูคิดว่าน่าจะเหมาะกับนักเรียนทั่วไปค่ะ...”

นักเรียนคนที่ 5

“...ผมชอบตรงที่มีผลการวินิจฉัยในแต่ละเนื้อหาให้อ่านทันทีที่ทำข้อสอบจบในแต่ละเรื่อง และยังมีผลสรุปรวมตอนท้ายอีกครั้ง...”

นักเรียนคนที่ 7

“...หนูคิดว่าข้อสอบมีจำนวนมากแต่ไม่ยากมาก จึงสามารถทำได้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดค่ะ...”

นักเรียนคนที่ 10

สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนสามารถทำข้อสอบทั้งหมดได้ภายในเวลาที่กำหนด ตัวอักษรบนหน้าจอสามารถอ่านได้ชัดเจน รูปภาพบนหน้าจอสวยงามพอเหมาะไม่มากจนเกินไป ระบบสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น สามารถประมวลผล ให้ข้อมูลย้อนกลับในแต่ละเนื้อหา และข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงและพัฒนาตนเองได้อย่างรวดเร็ว

3.1 ตรวจสอบคุณภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีคุณภาพเฉลี่ยด้านลักษณะทั่วไปของระบบอยู่ในระดับมาก ($M = 4.32$, $S.D. = 0.60$) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุดคือ มีการระบุเป้าหมายของการทดสอบอย่างชัดเจน และ มีการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทดสอบอย่างครบถ้วน ($M = 4.60$, $S.D. = 0.55$) คุณภาพเฉลี่ยด้านการออกแบบระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.60$, $S.D. = 0.60$) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุดคือ มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม ($M = 4.80$, $S.D. = 0.45$) คุณภาพเฉลี่ยด้านการทำงานของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.60$, $S.D. = 0.52$) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุดคือ ระบบมีแนวโน้มในการทำงานอย่างราบรื่น ($M = 4.80$, $S.D. = 0.45$) คุณภาพเฉลี่ยด้านคู่มือการใช้ระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.50$, $S.D. = 0.60$) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุดคือ คู่มือการใช้ระบบมีภาพประกอบที่ชัดเจน ($M = 4.80$, $S.D. = 0.45$) แสดงดังตารางที่ 44

ตารางที่ 89 ผลการตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดย
ผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	M	SD	C.V.	ความหมาย
1. ลักษณะทั่วไปของระบบ				
1.1 มีการระบุเป้าหมายของการทดสอบอย่างชัดเจน	4.60	0.55	11.96	มากที่สุด
1.2 มีการระบุเนื้อหาที่ทดสอบอย่างชัดเจน	4.20	0.45	10.71	มาก
1.3 มีการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทดสอบอย่างครบถ้วน	4.60	0.55	11.96	มากที่สุด
1.4 ระยะเวลาในการทดสอบมีความเหมาะสม	3.60	0.55	15.28	มาก
1.5 รายงานผลการทดสอบมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.60	0.89	19.35	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.32	0.60	13.89	มาก
2. การออกแบบระบบ				
2.1 มีการออกแบบระบบให้สวยงาม และน่าสนใจ	4.40	0.55	12.50	มาก
2.2 มีการออกแบบข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจอให้อ่านง่าย	4.60	0.55	11.96	มากที่สุด
2.3 มีการออกแบบระบบเครื่องมือบนหน้าจอให้ใช้งานได้ง่าย	4.60	0.55	11.96	มากที่สุด
2.4 มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม	4.80	0.45	9.38	มากที่สุด
2.5 มีการออกแบบลำดับการแสดงผลข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับที่ชัดเจน	4.60	0.89	19.35	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.60	0.60	13.04	มากที่สุด

ตารางที่ 90 ผลการตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดย
ผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

3. การทำงานของระบบ				
3.1 ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว	4.40	0.55	12.50	มาก
3.2 ระบบมีแนวโน้มในการทำงานอย่างราบรื่น	4.80	0.45	9.38	มากที่สุด
3.3 ระบบมีความเที่ยง (reliability)	4.60	0.55	11.96	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.60	0.52	11.30	มากที่สุด
4. คู่มือการใช้ระบบ				
4.1 คู่มือการใช้ระบบมีบทนำที่อธิบายความ เป็นมาอย่างชัดเจน	4.20	0.84	20.00	มาก
4.2 คู่มือการใช้ระบบ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	4.40	0.55	12.50	มาก
4.3 คู่มือการใช้ระบบมีภาพประกอบที่ชัดเจน	4.80	0.45	9.38	มากที่สุด
4.4 คู่มือการใช้ระบบอธิบายเป็นขั้นตอนชัดเจน	4.60	0.55	11.96	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.50	0.60	13.33	มากที่สุด

**ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่
คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูล
ย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4**

สำหรับระยะที่ 3 นี้เป็นการนำระบบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง
2) ข้อมูลเกี่ยวกับผลการตอบข้อสอบและผลการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 3) ผลการประเมิน
ความพึงพอใจในการใช้ระบบ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างในการวิจัย

หลังจากนำระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจสอบคุณภาพ พบว่าระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีสามารถนำไปทดลอง
ใช้ได้ โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 200 คน ซึ่ง
แบ่งเป็นเพศชาย 72 คน คิดเป็นร้อยละ 36.00 เพศหญิง 128 คน คิดเป็นร้อยละ 64.00 สำหรับ
อายุของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยส่วนใหญ่อายุ 16 ปี จำนวน 177 คน คิดเป็นร้อยละ 88.50 ผล

การเรียนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3.00-3.49 จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 รองลงมาอยู่ในช่วง 2.50-2.99 จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 27.00 สำหรับผลการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ พบว่า ส่วนใหญ่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 3 จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00 รองลงมา มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 3.5 จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และมีผลการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 2.5 จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 19.50 ดังตารางที่ 45

ตารางที่ 91 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
-ชาย	72	36.00
-หญิง	128	64.00
รวม	200	100
อายุ		
-15 ปี	2	1.00
-16 ปี	177	88.50
-17 ปี	20	10.00
-18 ปี	1	0.50
รวม	200	100
ผลการเรียนเฉลี่ย		
1.00-1.49	2	1.00
1.50-1.99	2	1.00
2.00-2.49	26	13.00
2.50-2.99	54	27.00
3.00-3.49	80	40.00
3.50-4.00	36	18.00
รวม	200	100

ตารางที่ 92 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย (ต่อ)

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์		
1.50	9	4.50
2.00	20	10.00
2.50	39	19.50
3.00	56	28.00
3.50	40	20.00
4.00	36	18.00
รวม	200	100

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลการตอบข้อสอบและผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

สำหรับข้อมูลผลการตอบข้อสอบของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) สถิติพื้นฐานของคะแนนผลการทดสอบ 2) ผลการทดสอบจากระบบวินิจฉัยจำแนกตามข้อมูลทั่วไป 3) ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี

1. สถิติพื้นฐานของคะแนนผลการทดสอบ

หลังจากการสอบเสร็จสิ้นระบบจะรายงานผลการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้นำคะแนนรวมทั้งฉบับของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยมาคำนวณสถิติพื้นฐาน พบว่า คะแนนรวมเต็ม 160 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 106.02 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.42 คะแนน สูงสุด 143 คะแนน คะแนนต่ำสุด 35 คะแนน การแจกแจงของคะแนนเป็นแบบเบ้ซ้าย (skewness = -0.555) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนในระดับสูง ความโด่งสูงกว่าโค้งปกติ (kurtosis = 0.373) แสดงว่า คะแนนของนักเรียนส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกัน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 46

ตารางที่ 93 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนรวมผลการทดสอบ

ค่าสถิติ	คะแนน	mean	S.D.	range	max	min	skewness	kurtosis	
คะแนนรวม	เต็ม	160	106.02	18.42	108	143	35	-0.555	0.373

2. ผลการทดสอบจากระบบวินิจฉัยจำแนกตามข้อมูลทั่วไป

เมื่อผู้สอบเข้าทำการทดสอบในระบบเสร็จสิ้นระบบจะรายงานคะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย และมีการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับ ไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50) อ่อน (ร้อยละ 50-59) พอใช้ (ร้อยละ 60-69) ดี (ร้อยละ 70-79) และดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) ผู้วิจัยได้นำผลการแปลความหมายคะแนน 5 ระดับกับข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยมาจัดทำตารางไขว้ (crosstabs) พบว่า เพศชายส่วนใหญ่มีผลการทดสอบพอใช้ จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 10.0 เพศหญิงส่วนใหญ่มีผลการทดสอบพอใช้ จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 21.5 เมื่อพิจารณาที่เกรดเฉลี่ยพบว่านักเรียนที่ได้เกรดเฉลี่ย 3.50-4.00 ส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 9.0 นักเรียนที่ได้เกรดเฉลี่ย 2.50-2.99 ส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 13.5 สำหรับนักเรียนที่มีผลการเรียนเฉลี่ย 2.00-2.49 ส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับอ่อน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 6.0 และเมื่อพิจารณาที่เกรดวิชาวิทยาศาสตร์พบว่าสอดคล้องกับผลการเรียนเฉลี่ย กล่าวคือนักเรียนที่ได้เกรดวิชาวิทยาศาสตร์สูงมีแนวโน้มที่จะได้ผลการทดสอบจากระบบอยู่ในระดับดี อาทิ นักเรียนที่ได้เกรดวิชาวิทยาศาสตร์ 3.5 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 9.5 นักเรียนที่ได้เกรดวิชาวิทยาศาสตร์ 2.5 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับอ่อนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 8.5 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 47

ตารางที่ 94 ผลการทดสอบจากระบบวินิจฉัยจำแนกตามข้อมูลทั่วไป

รายการ	เพศ	ผลการทดสอบจากระบบ (จำนวนร้อยละ)					รวม
		ไม่ผ่าน	อ่อน	พอใช้	ดี	ดีเยี่ยม	
เพศ	ชาย	9 (4.5)	19 (9.5)	20 (10.0)	18 (9.0)	6 (3.0)	72 (36.0)
	หญิง	6 (3.0)	21 (10.5)	43 (21.5)	40 (20.0)	18 (9.0)	128 (64.0)
	รวม	15 (7.5)	40 (20.0)	63 (31.5)	58 (29.0)	24 (12.0)	200 (100.0)

ตารางที่ 95 ผลการทดสอบจากระบบวินิจฉัยจำแนกตามข้อมูลทั่วไป (ต่อ)

รายการ		ผลการทดสอบจากระบบ (จำนวนร้อยละ)					รวม
		ไม่ผ่าน	อ่อน	พอใช้	ดี	ดีเยี่ยม	
เกรดเฉลี่ย	1.00-1.49	1 (0.5)	1 (0.5)	-	-	-	2 (1)
	1.50-1.99	1 (0.5)	1 (0.5)	-	-	-	2 (1)
	2.00-2.49	10 (5.0)	12 (6.0)	2 (1.0)	2 (1.0)	-	26 (13.0)
	2.50-2.99	3 (1.5)	15 (7.5)	27 (13.5)	8 (4.0)	1 (0.5)	54 (27.0)
	3.00-3.49	-	9 (4.5)	28 (14.0)	30 (15.0)	13 (7.5)	80 (40.0)
	3.50-4.00	-	2 (1.0)	6 (3.0)	18 (9.0)	10 (5.0)	36 (18.0)
รวม		15 (7.5)	40 (20.0)	63 (31.5)	58 (29.0)	24 (12.0)	200 (100.0)
เกรดวิชา	1.5	7 (3.5)	2 (1.0)	-	-	-	9 (4.5)
วิทยาศาสตร์	2	6 (3.0)	10 (5.0)	3 (1.5)	1 (0.5)	-	20 (10.0)
	2.5	1 (0.5)	17 (8.5)	17 (8.5)	4 (2.0)	-	39 (19.5)
	3	1 (0.5)	8 (4.0)	28 (14.0)	17 (8.5)	2 (1.0)	56 (28.0)
	3.5	-	3 (1.5)	11 (5.5)	19 (9.5)	7 (3.5)	40 (20.0)
	4	-	-	4 (2.0)	17 (8.5)	15 (7.5)	36 (18.0)
รวม		15 (7.5)	40 (20.0)	63 (31.5)	58 (29.0)	24 (12.0)	200 (100.0)

3. ผลการวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี

เมื่อพิจารณาที่เนื้อหาหลักพันธะไอออนิก เรื่องที่นักเรียนมีความรู้ดีมาก คือ โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก จำนวน 131 คน คิดเป็นร้อยละ 66.50 รองลงมาคือ การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 25.50 เรื่องที่นักเรียนมีความผิดพลาดหรือมีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลไม่ถูกต้อง มากที่สุดคือ ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 เรื่องที่นักเรียนมีความผิดพลาด หรือไม่มีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลถูกต้อง มากที่สุดคือ การเกิดพันธะไอออนิก จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 สำหรับเรื่องที่นักเรียนเดาถูกหรือขาดความมั่นใจมากที่สุด คือ โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และสมบัติของสารประกอบไอออนิก มีจำนวนเท่ากัน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 และเรื่องที่นักเรียนขาดความรู้มากที่สุด คือ ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 25.50

สำหรับพันธะไอออนิกเรื่องนี้นักเรียนมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 14.00 รองลงมาคือ สมบัติของสารประกอบไอออนิก ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกชนิด จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 11.00 เรื่องนี้นักเรียนมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ การเกิดพันธะไอออนิก ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า กลุ่มของไอออนบวกหรือไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นพันธะไอออนิก จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 6.50

เมื่อพิจารณาที่เนื้อหาหลักพันธะโคเวเลนต์ เรื่องนี้นักเรียนมีความรู้ดีมาก คือ การเกิดพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 32.00 รองลงมาคือ การเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์จำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 31.00 เรื่องนี้นักเรียนมีความผิดพลาดหรือมีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลไม่ถูกต้อง มากที่สุดคือ สภาพขั้วของโมเลกุล จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 5.50 เรื่องนี้นักเรียนมีความผิดพลาด หรือไม่มีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลถูกต้อง มากที่สุดคือ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 สำหรับเรื่องนี้นักเรียนเดาถูกหรือขาดความมั่นใจมากที่สุด คือ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ มีจำนวนเท่ากัน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 และเรื่องนี้นักเรียนขาดความรู้มากที่สุด คือ ความยาวและพลังงานพันธะ จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00

สำหรับพันธะโคเวเลนต์เรื่องนี้นักเรียนมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ มุมพันธะ ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า ขนาดของมุมพันธะพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเพียงสิ่งเดียวไม่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของค่า EN จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 รองลงมาคือ รูปร่างโมเลกุล ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 เรื่องนี้นักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า โมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 7.00

เมื่อพิจารณาที่เนื้อหาหลักพันธะโลหะ ซึ่งมีเพียง 1 เนื้อหาย่อยคือ สมบัติของพันธะโลหะ พบว่า นักเรียนที่มีความรู้ดีมี 16 คน คิดเป็นร้อยละ 8.00 มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนว่า โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 3.50 นักเรียนมีความผิดพลาดหรือมีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลไม่ถูกต้องจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 7.50 และมีความผิดพลาด หรือไม่มีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลถูกต้องจำนวน 1 คน

คิดเป็นร้อยละ 0.50 สำหรับนักเรียนที่ขาดความรู้มีจำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 18 แสดงดังตารางที่ 48

ตารางที่ 96 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ด้วยระบบวินิจฉัย

เนื้อหาที่มุ่งวัด	มีความรู้ดี มาก		มีความรู้ดี		ความคลาด เคลื่อนแบบ ผิดทางบวก		ความคลาด เคลื่อนแบบ ผิดทางลบ		มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน		เดาถูก/ ขาด ความ มั่นใจ		ขาด ความรู้	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
พันธะไอออนิก														
1.การเกิดพันธะไอออนิก	45	22.50	91	45.50	5	2.50	5	2.50	13	6.50	3	1.50	38	19.00
2.โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	131	65.50	24	12.00	4	2.00	1	0.50	15	7.50	5	2.50	20	10.00
3. การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	51	25.50	92	46.00	5	2.50	1	0.50	16	8.00	4	2.00	31	15.50
4. สมบัติของสารประกอบไอออนิก	35	17.50	85	42.50	9	4.50	2	1.00	22	11.00	5	2.50	42	21.00
5. ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก	23	11.50	82	41.00	10	5.00	3	1.50	28	14.00	3	1.50	51	25.50
พันธะโคเวเลนต์														
6.การเกิดพันธะโคเวเลนต์	64	32.00	83	41.50	6	3.00	2	1.00	17	8.50	5	2.50	23	11.50
7.ชนิดของพันธะโคเวเลนต์	54	27.00	68	34.00	4	2.00	5	2.50	14	7.00	10	5.00	45	22.50

ตารางที่ 97 ผลการวิจัยนิยมโน้ตทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ด้วยระบบวิจัย
(ต่อ)

เนื้อหาที่มุ่ง วัด	มีความรู้ดี มาก		มีความรู้ดี		ความคลาด เคลื่อนแบบ ผิดทางบวก		ความคลาด เคลื่อนแบบ ผิดทางลบ		มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน		เดาถูก/ ขาด ความ มั่นใจ		ขาด ความรู้	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
8.โมเลกุลที่ ไม่เป็นไปตาม กฎออกเตต	52	26.00	76	38.00	7	3.50	3	1.50	16	8.00	5	2.50	41	20.50
9.การเรียกชื่อ สารประกอบ โคเวเลนต์	62	31.00	85	42.50	4	2.00	1	0.50	18	9.00	5	2.50	25	12.50
10.ความยาว พันธะและ พลังงาน พันธะ	33	16.50	75	37.50	10	5.00	3	1.50	16	8.00	7	3.50	56	28.00
11.แนวคิด เกี่ยวกับเร โซแนนซ์	45	22.50	85	42.50	4	2.00	1	0.50	21	10.50	4	2.00	40	20.00
12.รูปร่าง โมเลกุล	41	20.50	75	37.50	8	4.00	2	1.00	24	12.00	2	1.00	48	24.00
13.มุมพันธะ	39	19.50	71	35.50	8	4.00	3	1.50	25	12.50	2	1.00	52	26.00
14.สภาพขั้ว ของโมเลกุล	53	26.50	62	31.00	11	5.50	3	1.50	16	8.00	3	1.50	52	26.00
15.แรงยึด เหนี่ยว ระหว่าง โมเลกุล	48	24.00	87	43.50	2	1.00	2	1.00	19	9.50	1	0.50	41	20.50
พันธะโลหะ														
16.สมบัติของ พันธะโลหะ	16	8.00	122	61.00	15	7.50	1	0.50	7	3.50	3	1.50	36	18.00

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ด้านการใช้ระบบการทดสอบนักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($M= 4.34, S.D.= 0.64$) โดยรายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ระบบใช้งานง่ายทำงานไปข้างหน้าอย่างราบรื่น ($M= 4.59, S.D.= 0.56$) ด้านการออกแบบระบบการทดสอบนักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($M= 4.29, S.D.= 0.62$) โดยรายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ มีการออกแบบให้ข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจออ่านง่าย ($M= 4.54, S.D.= 0.50$) สำหรับด้านความรู้สึกต่อระบบการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับนักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($M= 4.34, S.D.= 0.62$) โดยรายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ผลที่ได้จากการทดสอบมีความคุ้มค่า ($M= 4.58, S.D.= 0.56$) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 49

ตารางที่ 98 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ประเด็นการประเมิน	M	SD	C.V.	ความหมาย
การใช้ระบบการทดสอบ				
ระบบใช้งานง่ายทำงานไปข้างหน้าอย่างราบรื่น	4.59	0.56	12.20	มากที่สุด
ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว	4.16	0.71	17.07	มาก
ระบบมีความสะดวกในการพิมพ์รายงานผลการทดสอบ	4.28	0.66	15.42	มาก
เฉลี่ยรวม	4.34	0.64	14.75	มาก
การออกแบบระบบการทดสอบ				
มีการออกแบบระบบให้มีความสวยงาม และน่าสนใจ	4.21	0.66	15.68	มาก
มีการออกแบบให้เครื่องมือบนหน้าจอสามารถใช้งานง่าย	4.17	0.74	17.75	มาก

ตารางที่ 99 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	M	SD	C.V.	ความหมาย
มีการออกแบบให้ข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจออ่านง่าย	4.54	0.50	11.01	มากที่สุด
มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม	4.53	0.52	11.48	มากที่สุด
มีการออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับให้มีความชัดเจน	4.02	0.69	17.16	มาก
เฉลี่ยรวม	4.29	0.62	14.45	มาก
ความรู้สึกต่อระบบการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ				
เนื้อหาของการทดสอบครอบคลุมเรื่องพื้นฐานเคมี	4.29	0.61	14.22	มาก
ระยะเวลาของการทดสอบมีความเหมาะสม	3.99	0.75	18.80	มาก
รายงานผลการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง	4.51	0.54	11.97	มากที่สุด
ผลที่ได้จากการทดสอบมีความคุ้มค่า	4.58	0.56	12.23	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.34	0.62	14.29	มาก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ 1) สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในวิชาเคมี 3) พัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 4) ตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการดำเนินการวิจัยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ระยะที่ 1 แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี โดยการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชาเคมีจำนวน 15 ท่าน และการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนด้วยแบบสอบวินิจฉัยสองระดับชนิดปลายเปิด จำนวน 120 คน สรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการศึกษาทั้ง 3 วิธี นำผลที่ได้ไปสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี โดยกำหนดวัตถุประสงค์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด สร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยการนำผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยสองระดับนำมาสร้างเป็นตัวลงที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยค่า IOC โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน นำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 617 คน วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) วิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน และตาม

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ด้วยโปรแกรม IRT Pro แบบ 3 พารามิเตอร์ได้แก่ ค่าความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) และการเดา (c) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์เข้าสู่ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยการหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียง โดยใช้ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ขั้นตอนที่ 3 สร้างข้อมูลย้อนกลับที่จะนำไปใช้ในระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยผู้วิจัยดำเนินการร่างข้อมูลย้อนกลับประกอบด้วย 1. การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป 3 รูปแบบ คือ 1) ข้อมูลย้อนกลับชนิดอธิบายรายละเอียด 2) ข้อมูลย้อนกลับชนิดชี้แนะคำตอบ 3) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม และ 2. การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุง จากนั้นนำร่างข้อมูลย้อนกลับไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างความมูลย้อนกลับกับมวลเนื้อหาในแบบสอบวินิจฉัย โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน

สำหรับระยะที่ 2 เป็นการการออกแบบ พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เริ่มจากออกแบบและเขียนโปรแกรมผู้วิจัยจะประสานงานกับโปรแกรมเมอร์ เพื่อวางแผนการออกแบบระบบร่วมกันโดยระบบมีองค์ประกอบสำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ 1) ระบบการลงทะเบียนเข้าสู่การทดสอบ 2) ระบบการดำเนินการทดสอบ 3) ระบบการรายงานผลการทดสอบ นำระบบที่สร้างเสร็จแล้วไปทดลองใช้เบื้องต้นกับนักเรียนจำนวน 10 คน พร้อมทั้งจัดทำคู่มือการใช้ระบบที่ประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 3 ตอนคือ 1) บทนำเสนอลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยที่ใช้ในระบบ 2) การติดตั้งโปรแกรม เสนอวิธีการติดตั้งโปรแกรมและคุณสมบัติของระบบ 3) การใช้งานโปรแกรม นำระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินคุณภาพของระบบ

สำหรับระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นการนำระบบวินิจฉัยไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 200 คน และประเมินความพึงพอใจต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใน 3 ประเด็น คือ 1) การใช้โปรแกรมการทดสอบ 2) การออกแบบโปรแกรมการทดสอบ 3) ความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ และข้อมูลย้อนกลับ

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยเป็น 3 ประเด็นตามระยะการดำเนินการวิจัยรายละเอียดมีดังนี้

1. ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมีจำนวน 25 มโนทัศน์ ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีจำนวน 15 ท่าน พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการศึกษาเอกสารตรงกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเคยพบทุกมโนทัศน์ และผู้เชี่ยวชาญได้เสนอ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพิ่มเติม 15 มโนทัศน์ โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอมากที่สุดคือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น (ผู้เชี่ยวชาญ 12 คนจาก 15 ท่านเสนอมโนทัศน์นี้)

สรุปรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้จากการศึกษาเอกสารและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งสิ้น 40 มโนทัศน์ ผู้วิจัยได้นำมโนทัศน์ทั้ง 40 มโนทัศน์ มาสำรวจกับนักเรียนจำนวน 120 คน โดยสร้างเป็นแบบสอบถามวิจัยสองระดับแบบปลายเปิด จำนวน 40 ข้อ ผลจากการใช้แบบสอบถามวิจัยสองระดับ พบว่า เมื่อพิจารณาจากเนื้อหาหลักที่ 1 เรื่องพันธะไอออนิก มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดคือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น เนื้อหาหลักที่ 2 พันธะโคเวเลนต์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดคือ โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ และเนื้อหาหลักที่ 3 พันธะโลหะ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดคือ โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามวิจัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี ผู้วิจัยพัฒนาแบบสอบถามวิจัยสามระดับเรื่อง พันธะเคมี ตามมวลเนื้อหาทยอยจำนวน 16 เนื้อหา และกำหนดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำนวน 16 มโนทัศน์ โดยพิจารณาจากมโนทัศน์ที่มีจำนวนนักเรียนคลาดเคลื่อนตั้งแต่ร้อยละ 10 ซึ่งคือว่ามีปริมาณมากตามงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) สร้างข้อสอบมโนทัศน์ละ 6 ข้อ รวมทั้งสิ้น 96 ข้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนก ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) พบว่าคะแนนในส่วนของแบบสอบระดับที่ 1 แบบสอบทั้ง 96 ข้อ มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.57-0.76 ค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 ค่อนข้างง่าย มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.23-0.50 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 มีอำนาจจำแนกพอใช้ ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.723 ด้านความตรงเชิงเนื้อหา มีค่า IOC อยู่ในช่วง 0.57- 1.00

สำหรับคะแนนในส่วนของแบบสอบระดับที่ 2 มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.42-0.56 ค่าความยากเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 ยากง่ายปานกลาง มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.20-0.39 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 มีอำนาจจำแนกพอใช้ ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.850 ด้านความตรงเชิงเนื้อหา มีค่า IOC อยู่ในช่วง 0.57-1.00

ผลการวิเคราะห์แบบสอบวินิจฉัยตามทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) พบว่า แบบสอบระดับที่ 1 ค่าความยาก (b) เฉลี่ยเท่ากับ -0.65 แสดงว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย ค่าอำนาจจำแนก (a) เฉลี่ยเท่ากับ 0.65 ค่าโอกาสการเดา (c) เฉลี่ยเท่ากับ 0.19 และมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information; $I(\theta)$) มีค่าสูงสุดที่ $\theta = 0$ แสดงว่า แบบสอบวินิจฉัยในระดับที่ 1 มีความแม่นยำในการประมาณค่าผู้สอบที่มีความสามารถปานกลาง

สำหรับแบบสอบระดับที่ 2 ค่าความยาก (b) เฉลี่ยเท่ากับ 1.43 แสดงว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก ค่าอำนาจจำแนก (a) เฉลี่ยเท่ากับ 0.79 ค่าโอกาสการเดา (c) เฉลี่ยเท่ากับ 0.24 และมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information; $I(\theta)$) มีค่าสูงสุดที่ $\theta = 1.5$ แสดงว่าแบบสอบวินิจฉัยในระดับที่ 2 มีความแม่นยำในการประมาณค่าผู้สอบที่มีความสามารถค่อนข้างสูง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ โดยหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียง (thinking aloud) กับนักเรียนจำนวน 40 คน พบว่า เมื่อพิจารณาภาพรวมผลการวินิจฉัยทั้ง 16 เนื้อหาย่อย มีความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงทุกเนื้อหา โดยมีค่าสถิติแคปปา (K) อยู่ระหว่าง 0.545-0.834 โดยเนื้อหาย่อยที่วินิจฉัยได้สอดคล้องกันมากที่สุดคือเนื้อหาย่อยที่ 1.5 ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิกมีค่าแคปปาเท่ากับ 0.834 แปลว่า สอดคล้องในระดับดีมาก รองลงมา คือเนื้อหาย่อย 1.2 โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกมีค่าแคปปา เท่ากับ 0.806 แปลว่า สอดคล้องในระดับดีมาก และเนื้อหาที่สอดคล้องกันน้อยที่สุด คือเนื้อหาย่อย 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ มีค่าแคปปาเท่ากับ 0.545 แปลว่า มีความสอดคล้องในระดับปานกลาง สามารถสรุปได้ว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับมีความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์

2. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี โดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การออกแบบระบบมีขั้นตอนทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การออกแบบระบบการลงทะเบียน 2) การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับ 3) การออกแบบหน้าจอของระบบ 4) การออกแบบรายงานผลการทดสอบ 5) การออกแบบคู่มือการใช้ระบบ สำหรับการพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบทดสอบ 2) การดำเนินการทดสอบ 3) การรายงานผลการทดสอบ

ผลการประเมินคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ มีรายการประเมิน 4 ด้าน รวมทั้งสิ้น 17 รายการ พบว่า ระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีคุณภาพเฉลี่ยด้านลักษณะทั่วไปของระบบอยู่ในระดับมาก คุณภาพเฉลี่ยด้านการออกแบบระบบอยู่ในระดับมากที่สุด คุณภาพเฉลี่ยด้านการทำงานของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด และ คุณภาพเฉลี่ยด้านคู่มือการใช้ระบบอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนรวมเต็ม 160 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 106.02 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.42 คะแนนสูงสุด 143 คะแนน คะแนนต่ำสุด 35คะแนน การแจกแจงของคะแนนเป็นแบบเบ้ซ้าย แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนในระดับสูง ความโด่งสูงกว่าโค้งปกติ แสดงว่า คะแนนของนักเรียนส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกัน

สำหรับผลการทดสอบจากระบบวินิจัยจำแนกตามข้อมูลทั่วไป พบว่า เพศชายส่วนใหญ่มีผลการทดสอบพอใช้ จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 10 เพศหญิงส่วนใหญ่มีผลการทดสอบพอใช้จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 21.5 นักเรียนที่ได้เกรดเฉลี่ย 3.50-4.00 ส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 9 นักเรียนที่ได้เกรดเฉลี่ย 2.50-2.99 ส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 13.5 สำหรับนักเรียนที่มีผลการเรียนเฉลี่ย 2.00-2.49 ส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับอ่อน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 6 และนักเรียนที่ได้เกรดวิชาวิทยาศาสตร์สูงมีแนวโน้มที่จะได้ผลการทดสอบจากระบบอยู่ในระดับดี

อาทิ นักเรียนที่ได้เกรดวิชาวิทยาศาสตร์ 3.5 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 9.5

สำหรับผลการวินิจฉัยชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี เนื้อหาหลักที่ 1 พันธะไอออนิก เรื่องที่นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 14.00 รองลงมาคือ สมบัติของสารประกอบไอออนิก ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกชนิด จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 11.00

เนื้อหาหลักที่ 2 พันธะโคเวเลนต์ เรื่องที่นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ มุมพันธะ ซึ่งคลาดเคลื่อนว่า ขนาดของมุมพันธะพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเพียงสิ่งเดียวไม่ต้องพิจารณาจากความแตกต่างของค่า EN จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 รองลงมาคือ รูปร่างโมเลกุลซึ่งคลาดเคลื่อนว่า รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลางเท่านั้น จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00

เนื้อหาหลักที่ 3 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่องสมบัติของพันธะโลหะว่า โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 3.50

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจฉัยชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีรายการประเมินทั้งสิ้น 12 ประเด็น พบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ระบบใช้งานง่ายทำงานไปข้างหน้าอย่างราบรื่น รองลงมาคือ การออกแบบให้ข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจออ่านง่าย สำหรับรายการที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ระยะเวลาของการทดสอบมีความเหมาะสม

อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับการอภิปรายผลการวิจัยผู้วิจัยนำเสนอเป็น 4 ประเด็นคือ 1) การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี 2) การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับ 3) การพัฒนาข้อมูลย้อนกลับที่ใช้ในระบบวินิจฉัยชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 4) การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่คลาดเคลื่อน รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี ซึ่งผลการวิจัยพบว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มี 40 มโนทัศน์ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดมาจากเรื่องพันธะไอออนิก คือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น (ร้อยละ 25.33) รองลงมาเรื่องพันธะโคเวเลนต์ คือ โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ (ร้อยละ 20.83) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะเนื้อหาเหล่านี้มีความเป็นนามธรรมสูง ดังนั้นอาจส่งผลให้นักเรียนเข้าใจได้ยาก หรือเข้าใจคลาดเคลื่อนไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dogan and Demirci (2011) และสมเจตน์ อูระศิลป์ (2554) ที่พบว่านักเรียนส่วนมากมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องพันธะไอออนิก รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

สำหรับขั้นตอนการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากผลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะนำมาสู่การกำหนดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดที่มุ่งวัดในแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบปลายเปิดที่จะใช้วินิจฉัยกับนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยมีการเตรียมประเด็นคำถามไว้ล่วงหน้า โดยจะถามคำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเคยพบจากประสบการณ์การจัดการเรียนวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมี และเตรียมร่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นด้วย แต่ในการสัมภาษณ์นั้นอุปสรรคที่เกิดขึ้นคือผู้เชี่ยวชาญเสนอมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาบางมโนทัศน์มีความซ้ำซ้อนกันหรือถือว่าเป็นประเด็นความคลาดเคลื่อนแบบเดียวกัน ดังนั้นในขั้นตอนของการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์จึงต้องใช้เวลามาก และต้องมีความละเอียดรอบคอบในการสรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

2. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่ค่อนข้างง่ายไปจนถึงความยากง่ายปานกลาง ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้วินิจฉัยกับนักเรียนที่มีความสามารถปานกลางและต่ำ สอดคล้องแนวคิดของ (B.S. Bloom, 1971) เสนอว่า แบบสอบวินิจฉัยควรมีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ .65 ขึ้นไป และควรมีจำนวนข้อมาก เนื่องจากแบบสอบ

วินิจฉัยจะใช้กับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และยังคงสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Pesman and Eryilmaz (2010), Cetin-Dindar and Gebanc (2010), Arslan et al. (2012) ที่พบว่า เมื่อนำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับไปทดลองใช้และตรวจสอบคุณภาพ แบบสอบวินิจฉัยจะมีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วงค่อนข้างง่ายไปจนถึงยากปานกลาง อำนาจจำแนกพอใช้

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังตั้งข้อสังเกตว่าค่าความยาก (p) และค่าพารามิเตอร์ (b) ของข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 1 นั้นแปลความได้ว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย สำหรับข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 2 นั้นแปลความได้ว่าเป็นข้อสอบที่ยากปานกลางไปจนถึงค่อนข้างยาก ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 1 เป็นคำถามตามเนื้อหาที่มุ่งวัด นักเรียนที่มีความเข้าใจในเนื้อหาเหล่านั้นส่วนใหญ่จึงตอบข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 1 ได้ถูกต้อง แต่ข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 2 เป็นคำถามที่ถามเหตุผลของการเลือกคำตอบในระดับที่ 1 ซึ่งนักเรียนต้องมีความรู้และเข้าใจเหตุผลจริงๆ จึงจะตอบข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 2 ได้ถูกต้องจึงเป็นผลให้ข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 2 มีความยากมากกว่าข้อสอบวินิจฉัยในระดับที่ 1

ผลการวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) พบว่า จากข้อสอบทั้งหมด 96 ข้อ มีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพโดยพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ a, b, และ c จำนวน 16 ข้อ เมื่อพิจารณาข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพนั้นผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าน่าจะเป็นเพราะว่าข้อสอบส่วนใหญ่ตัวเลือกบางตัวเลือกในระดับที่ 1 เป็นสูตรเคมีที่มาจากตัวอย่างในหนังสือแบบเรียนของสสวท.ที่โรงเรียนส่วนใหญ่ใช้ประกอบการสอนวิชาเคมี ซึ่งอาจจะส่งผลให้นักเรียนจดจำตัวอย่างเหล่านั้นได้ทำให้ข้อสอบไม่ได้วัดความเข้าใจอย่างแท้จริงอาจส่งผลให้ข้อสอบเหล่านั้นเป็นข้อสอบที่ง่ายเกินไป และอำนาจจำแนกต่ำ ดังนั้นในการสร้างแบบสอบวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้สอนจึงควรระมัดระวังในการสร้างตัวเลือก ไม่ควรนำตัวอย่างในแบบเรียนมาเป็นตัวเลือก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียง (thinking aloud) พบว่า มีความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงทุกเนื้อหา โดยมีค่าสถิติแคปปา (K) อยู่ระหว่าง 0.545-0.834 แปลว่ามีความสอดคล้องในระดับปานกลางไปจนถึงดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วนิดา ภู่อี่ยม (2551) ที่ศึกษาวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมกับแบบสองระดับ พบว่า แบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับมีค่า

ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ด้วยวิธีการคิดออกเสียงอยู่ในระดับสูง ถ้าพิจารณาแยกเป็นรายเนื้อหาพบว่า ส่วนใหญ่แต่ละเนื้อหาย่อยมีผลความสอดคล้องอยู่ในระดับดีและดีมาก ยกเว้นเนื้อหาย่อยที่ 4 สมบัติของสารประกอบไอออนิก และเนื้อหาย่อยที่ 11 แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ มีความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียงจะดำเนินการหลังจากที่วินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับผ่านมา 2 สัปดาห์แล้ว ซึ่งการทิ้งช่วงเวลาอาจจะมีผลให้นักเรียนลืมเนื้อหา หรืออาจจะทำให้นักเรียนได้กลับไปทบทวนเนื้อส่งผลให้มีโอกาสที่ผลการวินิจฉัยจากทั้ง 2 วิธีจะออกมาแตกต่างกันทำให้ค่าสถิติแคปปามีความสอดคล้องในระดับปานกลาง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่พัฒนาขึ้นมีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับของ Pesman และ Ryilmaz (2010), Cetin-Dindar และ Gebanc (2011), Arslan, Cigdemoglu และ Moseley (2012), Lemma (2012) และ Kirbulut (2014) ที่พบว่าคุณภาพแบบสอบด้านความเที่ยงจะอยู่ระหว่าง .69 - .93 ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะเนื้อหาของข้อสอบที่วัดในแบบสอบวินิจฉัยทั้งฉบับเป็นข้อสอบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันสูง เนื้อหาที่มีความเป็นเอกพันธ์ เหตุผลอีกประการหนึ่งน่าจะเป็นเพราะผู้วิจัยเก็บข้อมูลกับกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถหลากหลายคละกันทั้งนักเรียน เก่ง ปานกลางและอ่อนจึงเป็นผลให้สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบสูงขึ้น เหตุผลประการสุดท้ายคือข้อสอบวินิจฉัยสามระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้นมีจำนวน 96 ข้อ ซึ่งเป็นแบบสอบที่มีความยาวมากจึงมีผลต่อสัมประสิทธิ์ความเที่ยงทำให้มีค่าความเที่ยงสูง สอดคล้องกับ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ที่กล่าวว่า การเพิ่มความยาวของแบบสอบจะช่วยเพิ่มความแปรปรวนของคะแนนจริงในอัตราที่รวดเร็วกว่าการเพิ่มความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงสูงขึ้น

3.การพัฒนาข้อมูลย้อนกลับที่ใช้ในระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

การวิจัยครั้งนี้มีพัฒนาระบบและสร้างรายงานข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไป (feedback) และข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา (feed forward) ซึ่งนำมารวมกันเรียกว่า การสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ (reflective feedback) โดยข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปจะให้กับนักเรียนเมื่อทำข้อสอบครบในแต่ละเนื้อหาย่อย แบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) ข้อมูลย้อนกลับชนิดอธิบายรายละเอียด ให้กับนักเรียนกลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน มีความผิดพลาดและมีความผิดพลาด 2) ข้อมูลย้อนกลับชนิดชี้แนะคำตอบ ให้กับนักเรียนในกลุ่มเดาคำตอบถูก 3) ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม ให้กับนักเรียนกลุ่ม

ขาดความรู้ ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปจะมีความสอดคล้องกับมวลเนื้อหาและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สำหรับข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาจะให้กับนักเรียนหลังจากการทดสอบเสร็จสิ้นแล้วโดยรายงานผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในภาพรวมและมีคำแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาตนเองผู้วิจัยสร้างขึ้นมาจำนวน 5 ข้อมูล จำแนกตามเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยร้อยละ คือ กลุ่มไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50) กลุ่มอ่อน (ร้อยละ 50-59) กลุ่มพอใช้ (ร้อยละ 60-69) กลุ่มดี (ร้อยละ 70-79) และกลุ่มดีมาก (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) โดยข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาตนเองนี้จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน เช่น ข้อมูลย้อนกลับสำหรับกลุ่มไม่ผ่าน จะเน้นให้นักเรียนพัฒนาตนเองจากความรู้พื้นฐานวิชาเคมีคือการท่องจำตารางธาตุด้วยเทคนิควิธีต่างๆ ข้อมูลย้อนกลับสำหรับกลุ่มพอใช้ จะเน้นให้นักเรียนพัฒนาใน จุดด้อยของตนเองและเรื่องที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ข้อมูลย้อนกลับสำหรับกลุ่มดีเยี่ยม จะเน้นให้นักเรียนเพิ่มความรู้ต่อยอดด้วยการฝึกทำโจทย์ที่ยากขึ้น จากหนังสือรวมข้อสอบต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นจึงนับได้ว่าระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้มี การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ละเอียด สะดวกและรวดเร็วเนื่องจากใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Irons (2008) ที่กล่าวว่า ครูให้ข้อมูลย้อนกลับซ้ำซึ่งมีผลเท่ากับการไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ ดังนั้นครูควรให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างทันท่วงทีเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายการประเมินที่ว่า รายงานผลการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่านักเรียนคิดว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งจำเป็นที่นักเรียนต้องได้รับอย่างทันทีและนำไปใช้ปรับปรุงพัฒนาตนเองสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ต่อไปในอนาคต สอดคล้องกับแนวคิดของ Brookhart (2008) ที่กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) ทำให้ผู้เรียนทราบความสามารถของตนเอง ช่วยส่งเสริมแรงบันดาลใจในการเรียน และทราบจุดที่ควรพัฒนาไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของโชติกา ภาชีผล et al. (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบเพิ่มคะแนนานิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ใช้เพิ่มคะแนนานิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง มีร้อยละของนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงกว่านักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ

ถึงแม้ว่าข้อมูลย้อนกลับจะถูกสร้างขึ้นมาตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบแต่ในขั้นตอนของการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับ พบว่าข้อมูลย้อนกลับบางชุดข้อมูลได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญให้ปรับเปลี่ยนในบางประเด็น เช่น ข้อมูลย้อนกลับแบบที่แนะนำคำตอบซึ่งจะต้องมีตัวอย่างโจทย์ที่ใกล้เคียงกับข้อสอบในเนื้อหา นั้น ผู้เชี่ยวชาญเสนอว่าตัวเลือกในตัวอย่างโจทย์บางตัวเลือกผู้วิจัยกำหนดสูตรเคมีขึ้นมาเองตามหลักการแต่ตามธรรมชาติแล้วไม่พบสูตรเคมีเหล่านั้นจึงไม่ควรใช้สูตรเคมีเหล่านั้น ซึ่งประเด็นนี้เป็นข้อควรระวังในการสร้างข้อสอบ และข้อมูลย้อนกลับในวิชาเคมีมากเนื่องจากอาจจะทำให้นักเรียนจดจำสูตรเคมีที่ผิดหรือไม่มีจริงในธรรมชาติได้

4. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี ใน 3 ด้านได้แก่ ด้านการใช้ระบบการทดสอบ ด้านการออกแบบระบบ และด้านความรู้สึกระบบการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ พบว่ามีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทั้ง 3 ด้าน ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะระบบมีการระบุเป้าหมายของการทดสอบ เนื้อหาที่จะทดสอบ และระยะเวลาในการทดสอบไว้อย่างชัดเจน มีการออกแบบเมนูให้สะดวกต่อการใช้งาน มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสมเมื่อผู้ทดสอบตอบข้อสอบไม่ครบหรือแจ้งเตือนเพื่อยืนยันการส่งคำตอบหลังจากทำข้อสอบครบ 5 ข้อในแต่ละเนื้อหา มีการออกแบบลำดับการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับที่เป็นลำดับชัดเจนโดยออกแบบให้ข้อสอบเรียงลำดับตามเนื้อหาจากง่ายไปยาก เมื่อทำข้อสอบจบแต่ละเนื้อหาจะได้รับข้อมูลย้อนกลับทันที ทำให้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากทำข้อสอบต่อในเรื่องถัดไป และเมื่อทำการทดสอบจบทุกเนื้อหาแล้วจะมีรายงานผลการทดสอบภาพรวมซึ่งมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับถึงจุดเด่น จุดด้อย เรื่องที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและจะได้รับข้อมูลย้อนกลับสำหรับการพัฒนาที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย เหตุผลสนับสนุนความพึงพอใจของนักเรียนต่อระบบการทดสอบที่กล่าวมาข้างต้นยังสอดคล้องกับคำกล่าวของ ธนอมพร เลาหจรัสแสง (2541) ที่กล่าวถึงข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ประเภทแบบทดสอบว่าโปรแกรมการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยให้ผู้เรียนได้รับผลย้อนกลับทันที (immediate feedback) ซึ่งการทดสอบแบบกระดาษที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณผลสอบก็ยังคงมีความแม่นยำและรวดเร็วอีกด้วย และยังสอดคล้องกับ กิตานันท์ มลิทอง (2548) ที่กล่าวเกี่ยวกับข้อดีของระบบการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ว่า การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการทดสอบมิใช่เป็นการใช้เพียงเพื่อวัดความรู้

ของผู้เรียนเท่านั้น แต่ยังคงช่วยให้ผู้สอนมีความรู้สึกที่เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ต่างๆ เกี่ยวกับการทดสอบได้อีกด้วย เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงการทดสอบจากแบบแผนเก่าๆ ของปรนัยหรือคำถามจากบทเรียนมาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนหรือผู้ที่ได้รับการทดสอบซึ่งเป็นที่น่าสนุกและน่าสนใจว่าการทดสอบด้วยกระดาษ จะเห็นได้ว่าการใช้โปรแกรมการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นประโยชน์ต่อนักเรียนมากในเรื่องของการได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยทันที และนักเรียนให้ความสนใจ ไม่น่าเบื่ออีกทั้งยังเป็นการประหยัดกระดาษที่ต้องใช้เป็นจำนวนมากในการทดสอบแต่ละครั้ง

นอกจากนี้ด้านการพัฒนาระบบ ระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในชั้นตรวจสอบคุณภาพของระบบโดยทำการปรับขนาดของข้อความบางส่วนให้อ่านง่ายขึ้น และปรับโทนสีที่ใช้ให้มีความสว่างมากขึ้น ทำให้นักเรียนอ่านข้อสอบได้สบายตา สอดคล้องกับ กิตติศักดิ์ ณ พัทลุง (2545) ที่กล่าวว่า ถึงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบการเรียนรู้หรือการทดสอบ ถ้าโปรแกรมมีสีสัน ภาพและเสียงที่เหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัวและไม่เบื่อหน่าย และผู้เชี่ยวชาญยังได้แนะนำให้ลดจำนวนภาพการ์ตูนลงในบางหน้าจอโดยให้เหตุผลว่าการมีภาพการ์ตูนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนให้ความสนใจข้อสอบน้อยลง

ถึงแม้ว่าระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับและการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบไปด้วยข้อสอบวินิจัยสามระดับและข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณภาพแล้วแต่จากการนำระบบไปใช้กับนักเรียนจำนวน 200 คน พบว่าระบบก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บางประการ คือ 1) ระยะเวลาในการทดสอบจำนวน 2 ชั่วโมง ซึ่งคือว่าใช้เวลาค่อนข้างมากในระหว่างการทดสอบนักเรียนอาจจะเกิดอาการเหมื่อยล้า เนื่องจากผู้ทดสอบต้องทำแบบทดสอบให้ครบทั้ง 16 เนื้อหาครอบคลุมเรื่องพันธะเคมีทั้งหมด ระบบจึงจะสามารถรายงานผลการวินิจัยโดยภาพรวมได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถแบ่งทำข้อสอบทีละเนื้อหาได้ ในอนาคตอาจจะพัฒนาโปรแกรมให้นักเรียนสามารถทำข้อสอบทีละเนื้อหาและกำหนดเวลาให้พอเหมาะกับเนื้อหานั้นๆ 2) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้กับนักเรียนมีลักษณะเป็นข้อความตัวอักษรซึ่งนักเรียนต้องอ่านข้อความเหล่านั้นจำนวนมากพอสมควร อาจจะส่งผลให้นักเรียนไม่ตั้งใจอ่านข้อความ ในอนาคตอาจจะพัฒนาข้อมูลย้อนกลับเป็นข้อความเสียง หรือใช้สื่อแอนิเมชันมาประกอบการอธิบายซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ กิดานันท์ มลิทอง (2548) ที่กล่าวว่า การใช้สี ภาพเคลื่อนไหว เสียงนานาประเภท จะเป็นการเพิ่มความเหมือนจริงและเร้าใจผู้เรียนให้เกิดความอยากเรียนรู้ ทำแบบฝึกหัด หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ

3) ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือ ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พัฒนาขึ้น ขาดการรายงาน ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบใดในแต่ละข้อ แต่จะแสดงผลเป็นภาพรวมว่านักเรียน คลาดเคลื่อนในเนื้อหาใด

ข้อเสนอแนะ

การนำเสนอข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยขอนำเสนอโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อเสนอแนะในการ นำผลวิจัยไปใช้และ 2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยในระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ครูผู้สอนสามารถนำผลการวิจัยในส่วนนี้ไปใช้เป็นสารสนเทศในการวางแผนการจัดการเรียน การสอนวิชาเคมี ในเรื่องพันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเริ่มต้นจากการ วิเคราะห์ว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบ อยู่ในมาตรฐาน ตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้ใด จากนั้น ครูผู้สอนควรออกแบบหน่วยการเรียนรู้ เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และกำหนดระยะเวลาการ จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมโดยเนื้อหาที่มักพบว่านักเรียนจำนวนมากมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนควร กำหนดเวลาที่สอนให้มากพอสมควรเพื่อให้ครูผู้สอนได้เน้นย้ำเนื้อหาเหล่านั้นให้นักเรียนเข้าใจมาก ยิ่งขึ้น และควรวางแผนการสอนซ่อมเสริมเพื่อให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนตามศักยภาพ ของแต่ละบุคคล

2. ครูผู้สอนหรือผู้สนใจสามารถนำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องพันธะเคมี ที่ผ่านการ พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยอาจจะแบ่งส่วนไปใช้วินิจฉัยทีละเนื้อหาย่อยเพื่อให้เหมาะสมกับระยะเวลา ที่มีอยู่อย่างจำกัดในแต่ละคาบเรียน

3. ครูผู้สอน ผู้สนใจหรือนักวิจัยสามารถประยุกต์ใช้ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย สามระดับไปใช้ในการสร้างเครื่องมือช่วยในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนใน เนื้อหาหรือวิชาอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต โดยเริ่มจากการกำหนดเนื้อหา วัดอุปสงค์ การเรียนรู้ที่มุ่งวัด สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบปลายเปิด นำผลที่ ได้มากำหนดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด และสร้างแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับพร้อมทั้ง แบบสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพและนำมาใช้จริง

4. ครูผู้สอนหรือผู้สนใจสามารถนำระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปใช้ทดสอบกับนักเรียนซึ่งจัดเป็นการประเมินผลระหว่างเรียน (formative assessment) ผลการทดสอบจะได้สารสนเทศที่รายงานจุดเด่น จุดด้อย และแนวทางในการพัฒนาตนเองของผู้ทดสอบ เป็นประโยชน์ต่อตัวผู้ทดสอบเองและครูผู้สอนสามารถนำมาวางแผนการสอนซ่อมเสริมเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จในการเรียนตามศักยภาพของแต่ละบุคคล โดยในการนำระบบไปใช้นั้นครูผู้สอนหรือผู้สนใจควรมีความรู้ในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เนื่องจากต้องมีการติดตั้งโปรแกรมลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ ควรมีการจัดเตรียมห้องคอมพิวเตอร์ และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน และควรศึกษาคู่มือการใช้โปรแกรมให้เข้าใจก่อนการใช้งานโปรแกรม เพื่อให้เกิดความคล่องแคล่วและสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน และหลังจากที่นักเรียนใช้งานโปรแกรมเสร็จแล้วครูผู้สอนควรทำการพิมพ์ใบรายงานผลการทดสอบให้กับนักเรียนในทันทีประกอบกับครูควรให้กำลังใจและข้อมูลย้อนกลับอย่างสร้างสรรค์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาตนเอง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. งานวิจัยครั้งนี้เน้นพัฒนาระบบวินิจัยที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยออกแบบระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้มีองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ 1) ระบบการลงทะเบียนเข้าสู่การทดสอบ 2) ระบบการดำเนินการทดสอบ 3) ระบบการรายงานผลการทดสอบ ซึ่งการใช้งานระบบนั้นเมื่อผู้ทดสอบทำข้อสอบเสร็จสิ้นแต่ละเนื้อหาจะได้อ่านข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและเมื่อทำข้อสอบครบทุกเนื้อหาจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนาตนเอง แต่งานวิจัยในครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาและติดตามผลหลังจากการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์กับนักเรียนเพิ่มขึ้นควรมีการศึกษาวิจัยในเรื่อง พัฒนาการของนักเรียนหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับไปปรับปรุงและพัฒนาตนเองโดยใช้การวัดซ้ำ
2. ระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้นี้มีการสร้างข้อมูลย้อนกลับที่ให้กับนักเรียนในรูปแบบของข้อความอักษรและรูปภาพโมเลกุลของสารเคมีแบบ 2 มิติเท่านั้น ดังนั้นเพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้มากยิ่งขึ้น ในการวิจัยครั้งต่อไปควรพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีให้มีข้อความเสียง

บรรยายข้อมูลย้อนกลับ ข้อความเสียงแสดงคำพูดให้กำลังใจ และเพิ่มแอนิเมชัน 3 มิติแสดงโมเดลของสารเคมีให้นักเรียนเห็นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

3. ระบบวินิจจัยที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้เป็นการทำงานแบบออนไลน์ เมื่อครูหรือผู้สนใจต้องการใช้งานระบบวินิจจัยผู้ใช้จะต้องมีไฟล์ของระบบวินิจจัยและต้องทำการติดตั้งโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ก่อนจึงจะใช้งานได้ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาและพัฒนา ระบบวินิจจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มีการทำงานแบบออนไลน์ ในรูปแบบของเว็บไซต์เพื่อความสะดวกต่อครูผู้สอน ผู้สนใจ และนักเรียน โดยสามารถใช้งานได้ทุกที่ไม่จำกัดเฉพาะในโรงเรียน

4. ระบบวินิจจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ใช้แบบสอบถามวินิจจัยสามระดับตามแนวคิดของ Arslan, Cigdemoglu และ Moseley (2012) ซึ่งผลการวินิจจัยจะได้ผลว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใดแต่ยังไม่สามารถระบุได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบใด ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนา ระบบวินิจจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่สามารถวิเคราะห์ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบใดได้

5. การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเปรียบเทียบในประเด็นระหว่างการพัฒนา ระบบวินิจจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ และระบบวินิจจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ไม่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

รายการอ้างอิง

- Adadan, E., & Savasci, F. (2012). An analysis of 16–17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 34(4), 513-544.
- Adams, G. S., & Torgerson., T. L. (1964). *Measurement and Evaluation in Education Psychology and Guidance*. New York: Rinchart and Winston.
- Adodo, S. O. (2013). Effects of Two-Tier Multiple Choice Diagnostic Assessment Items on Students' Learning Outcome in Basic Science Technology (BST). *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 2(2), 201-210.
- Al-Balushi, S. M. (2012). Omani twelfth grade students' most common misconceptions in chemistry. *Science Education International*, 23(3), 221-240.
- Arslan, H. O., Cigdemoglu, C., & Moseley, C. (2012). A Three-Tier Diagnostic Test to Assess Pre-Service Teachers' Misconceptions about Global Warming, Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion, and Acid Rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667-1686.
- Bayrak, B. K. (2013). Using Two-Tier Test to Identify Primary Students' Conceptual Understanding and Alternative Conceptions in Acid Base. *Mevlana International Journal of Education*, 3(2), 19-26.
- Bloom, B. S. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Bloom, B. S. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Brookhart, S. M. (2008). *How to give effective feedback to your students*. Alexandria, VA: ASCD.
- Brown, F. G. (1970). *Principles of Educational and Psychological and Psychological Testing*. U.S.A: the Dryden Press, Inc.

- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010). Development and Application of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education*, 32, 939-961.
- Cetin-Dindar, A., & Gebanc, O. (2010). Development of a three-tier test to assess high school students' understanding of acids and bases. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 600–604.
- Chu, H. E., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2009). A stratified study of students' understanding of basic optics concepts in different contexts using two-tier multiple-choice items. *Research in Science and Technological Education*, 27(3), 253–265.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334.
- Demircioglu, G. (2012). An Investigation of Chemistry Student Teachers' Understanding of Chemical Equilibrium. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 4(2), 185-192.
- Dictionary., W. s. T. N. I. (1981). *Springfield, Mass G. & C: Webster*.
- Dogan, D., & Demirci, B. (2011). High School Chemistry Students' and Prospective Chemistry Teachers' Misconceptions about Ionic Bonding. *Inonu University Journal of The Faculty of Education*, 12(1), 67-84.
- Duffy, Roehler, G. G., & Beth, H. (1998). Modeling mental processes helps poor readers become strategic readers *The Reading Teacher*. 41, 8(762- 767).
- Duppenthaler, P. M. (2002). The effect of three types of written feedback on student motivation. *JALT JOURNAL*, 24(2), 130-151.
- Ebel, R. L. (1965). *Measuring Educational Achievement*. New Jersey: Practice-Hall, Engle Wood Cliffs.
- Eryilmaz, A., & Surmeli, E. (2002). *The assessment of students' misconceptions about heat and temperature concepts by means of three-tier questions*. ODTU: Ankara.

- Fetherstonhaugh, T., Treagust, D. F. . (1992). Students' Understanding of Light and Its Properties: Teaching to Engender Conceptual Change. *Science Education*, 76(6), 53-72.
- Fisher, D., & N., F. (2011). *The formative assessment action plan*. Alexandria, VA: ASCD.
- Fisher, K. M. (1985). A Misconception in biology; Amino acid and translation. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Ghaith, G. (2001). Effect of Think Alouds on Literal and Higher-order Reading Comprehension. *Educational Research Quarterly*, 26(4), 13-21.
- Gronlund, N. E. (1981). *Measurement and Evaluation in Testing*. New York: Macmillan.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, 34(5), 294–299.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Hopkins, C. D., & Antes, R. L. (1990). *Classroom Measurement and Evaluation* Itasc, IL F.E. Peacock.
- Irons, A., & (2008). *Enhancing Learning through Formative Assessment and Feedback*. NY: Routledge.
- Karmel, L. J. (1966). *Measurement and Evaluation in the Schools*. London: Collier-Macmillan Limited.
- Kirbulut. (2014). Using Three-Tier Diagnostic Test to Assess Students' Misconceptions of States of Matter. *Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(5), 509-521.
- Klausmeier, H. J. (1985). *Educational psychology*. New York: Harper & Row.
- La Rosa, C., Maye., M., Patrizi., P., & Vicentini-Missoni., M. (1984). Commonsense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light. *European Journal of Science Education*, 6(4), 387–397.

- Langley, D., Ronen, M., & Eylon, B. S. (1997). Light propagation and visual patterns: Preinstruction learners' conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.
- Lemma, A. (2012). Diagnosing the diagnostics: misconceptions of twelfth grade students on selected chemistry concepts in two preparatory schools in eastern Ethiopia. *AJCE*, 2(2), 16-31.
- Lewis, M. (2003). *Giving feedback in language classes*. Singapore: SEAMEO Regional Language Centre.
- Lindquist, E. F. (1963). *Design and Analysis of Experiments in Psychology and Education*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Loh, A. S. L., Subramaniam, R., & Tan, K. C. D. (2014). Exploring students' understanding of electrochemical cells using an enhanced two-tier diagnostic instrument. *Research in Science & Technological Education*, 32(3), 229-250.
- Marek, E. A., Maier, S. J., & McCann, F. (2008). Assessing understanding of the learning cycle: The ULC. *Journal of Science Teacher Education*, 19, 375-389.
- Miller, M. D., Linn, R. L., & Gronlund, N. E. (2009). *Measurement and Assessment in Teaching*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.
- Nitko, A. J. (2007). *Educational assessment of students*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Noll, V. H. (1965). *Introduction to Education Measurement*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupil's understanding of the particulate nature of matter: a cross age study. *Science Education*, 65, 187-196.
- Ozmen, H. (2010). Determination of science student teachers' conceptions about ionization energy. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9, 1025-1029.
- Pesman, H., & Eryilmaz, A. (2010). Development of a Three-Tier Test to Assess Misconceptions About Simple Electric Circuits. *The Journal of Educational Research in Science & Technological Education*, 103, 208-222.

- Peterson , R. F., & Treagust , D. F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of chemical Education.*, 66(6), 459-460.
- S., S. H. (1974). *Modern Education Teaching*. New Delhi, Sterling Publishing PVT: LTD.
- Sesli, E., & Kara, Y. (2014). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic test for high school students' understanding of cell division and reproduction. *Journal of Biological Education*, 46(4), 214-225.
- Sherman, J. (1994). *Feedback: Essential writing skills for intermediate students*. Oxford: Oxford University Press.
- Shute, V. J. (2007). *Focus on Formative Feedback*: Education Testing Service (ETS) research report.
- Tan, K. C., Taber, K. S., Goh, N. K., & Chia, L. S. (2005). The ionization energy diagnostic instrument: A two-tier multiple-choice instrument to determine high school students' understanding of ionization energy. *Chemistry Education: Research and Practice*, 6(4), 180-197.
- Treagust, D. F. (1986). Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science Education*, 16, 199-207.
- Treagust, D. F. (1995). Diagnostic assessment of students' science knowledge. *In Learning science in the schools: Research reforming practice*, 1, 327-346.
- Treagust, D. F. T. (1988). The development and use of diagnostic instruments to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10, 159-169.
- Tsai, C. C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 157-165.
- Tsui, C. Y., & Treagust , D. (2010). Evaluating Secondary Students' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument. *International Journal of Science Education International*, 32(8), 1073-1098.
- Tuysuz, C. (2009). Development of two-tier diagnostic instrument and assess students' understanding in chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4, 626-631.

Unal, S. (2010). Secondary school students' misconceptions of covalent bonding.

Journal of Turkish Science Education, 7(2), 3-29.

Wiersma, W. (1990). *Educational measurement and testing*. United States.

เกษสุดา บุรณพันธ์ศักดิ์, & (2545). การศึกษามโนทัศน์เรื่องฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกในวิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 19(2), 10-25.

ชาติรี ฝ่ายคำตา, เพ็ญศรี บุญสุวรรณศรีสง, & วรณทิพา รอดแรงคำ. (2549). การสำรวจความรู้ใน เนื้อหาวิชาเคมีของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์สังคมศาสตร์, 27(1), 27-38.

โชติกา ภาชีผล, ประกอบ กรณีกิจ, & พัทธ์ชัย ไสตถยาคม. (2558). การพัฒนารูปแบบแฟ้ม สะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของ นักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. วารสารวิธีวิทยาการวิจัย, 28(1), 2-25.

ดาวเรือง ลุ่มทอง. (2554). ผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการของผลงานด้าน ทัศนศิลป์: การประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและเพื่อการปรับปรุง. วารสาร อิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 6(1), 353-367.

บุญชม ศรีสะอาด. (2535). หลักการวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุษยารัตน์ จันทร์ประเสริฐ. (2550). การตรวจสอบประสิทธิผลของเทคนิคการคิดออกเสียงในการ พัฒนาความสามารถในการอ่านภาษาไทยเพื่อความเข้าใจของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 การทดลองแบบอนุกรมเวลา. (วิทยานิพนธ์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประภาพรรณ มั่นสวัสดิ์. (2548). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

มนตรี เชื้อพันธ์. (2544). การวิเคราะห์หัตถ์โนมิตที่ตลาดเคลื่อนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณศรีสง, & นฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 13(4), 541-553.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. ๒๕๕๔. กรุงเทพฯ ราชบัณฑิตยสถาน.
- วนิดา ภู่อเยี่ยม. (2551). การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสุ่มอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมกับแบบสองระดับ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ คงเฝ้า. (2552). การพัฒนาแนวทางการตรวจงาน การให้ข้อมูลย้อนกลับ และผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนของนิสิตปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2537). การพัฒนาวิธีวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบโมดูลที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2550). การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์พัฒนาทรัพยากรการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (มปป.). หน่วยที่ 2 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ใน การโปรแกรมคอมพิวเตอร์. Retrieved 1 กุมภาพันธ์, 2559, from http://www.elearning.msu.ac.th/opencourse/1201104/Unit_2/Unit_1_01_2.htm
- สมเจตน์ อูระศิลป์. (2554). การเปรียบเทียบโมดูลก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาศ. วารสารวิจัย มข, 1(1), 38-57.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. (2545). IT เพื่อสร้างองค์ความรู้ผู้เรียน. ประมวลบทความนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้สำหรับครูชุดปฏิรูปการศึกษา. 2, 228.
- สุกัญญา นิมานันท์. (2533). ข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. วารสารวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 12(1), 22-28.

- สุชาติ สิริเมื่อนันท์. (2542). การสร้างแบบสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร. (ปริญญา นิพนธ์), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุดารัตน์ มนต์นิมิตร. (2545). การใช้เทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเครื่องมือในการวินิจฉัย ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เพื่อจัดสอนซ่อมเสริม สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุพรรณณี ภิรมย์ภักดี. (2541). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญา นิพนธ์), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม. (2556). ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 8(1), 2061-2074.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญสัมภาษณ์ในทัศนที่คลาดเคลื่อน

1. นางสาวอุบลวดี อติเรกตระการ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย สุพรรณบุรี
2. นางเนตรนภา เกียรติสมกิจ โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย สุพรรณบุรี
3. นายวิสูตร ชีวะสุขานนท์ โรงเรียนตลิ่งชันวิทยา สุพรรณบุรี
4. นางสาวนฤมล แก้วมาก โรงเรียนวิสุทธิกษัตริ์ สมุทรปราการ
5. นางสาวมาชพันธุ์ อ๋านาคิล โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม ชัยนาท
6. นางสาววันสนันท์ ดอนหมื่นศรี โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล อุดรธานี
7. นางสาวพรพิมล พาราษฎร์ โรงเรียนหนองหงส์พิทยาคม บุรีรัมย์
8. นายสุรสิทธิ์ ว่องไว โรงเรียนมุกดาวิทยานุกูล มุกดาหาร
9. นางสาวสุวา จำรูญ โรงเรียนมุกดาวิทยานุกูล มุกดาหาร
10. นายฐานภพ ทวีศักดิ์ โรงเรียนสภาราชนี 2 ตรัง
11. นายสาริน ผดุงสวัสดิ์ โรงเรียนเซนต์คาเบรียล กรุงเทพมหานคร
12. นายประธีป ผาสุภาะ โรงเรียนวิเศษไชยชาญ “ตันติวิทยานูมิ”
อ่างทอง
13. นางสาวนระดา แสงวิมาน โรงเรียนท่าศาลาประสิทธิ์ศึกษา
นครศรีธรรมราช
14. นางสาวพรศิริ ดีเลิศ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2
กรุงเทพมหานคร
15. นางสาวพูลศิริ ระหงส์ โรงเรียนสามชุกรัตนโกศาราม
สุพรรณบุรี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจความตรงตามเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ
เรื่องพันธะเคมี

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ วรรณสุภากุล
อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ประยงค์พันธ์
อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ดร.พีรวิภา ภูมิพรอด
รองผู้อำนวยการโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
อดีตครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
กรุงเทพมหานคร
4. อาจารย์ดร.เกียรติภูมิ รอดพันธ์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ นครปฐม
5. อาจารย์สถาพร สู้สุข
ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
กรุงเทพมหานคร
6. อาจารย์ชนิษฐา ลีลาเอก
ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2
กรุงเทพมหานคร
7. อาจารย์สุรรัตน์ อ่อนนิภา
ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนสารวิทยา กรุงเทพมหานคร

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจความตรงตามเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ประยงค์พันธ์
อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ดร.พีรานุรักษ์ พิมพ์รอด
รองผู้อำนวยการโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
อดีตครูวิทย์ฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
กรุงเทพมหานคร
3. อาจารย์สถาพร สู้สุข
ครูวิทย์ฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
กรุงเทพมหานคร
4. อาจารย์ชนิษฐา ลีลาเอก
ครูวิทย์ฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2
กรุงเทพมหานคร
5. อาจารย์สุรวิรัตน์ อ่อนนิภา
ครูวิทย์ฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนสารวิทยา กรุงเทพมหานคร
6. อาจารย์วิสูตร ชิวสุขานนท์
ครูวิทย์ฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนตลิ่งชันวิทยา สุพรรณบุรี
7. อาจารย์สาริน ผดุงสวัสดิ์
ครูโรงเรียนเซนต์คาเบรียล กรุงเทพมหานคร

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญผู้เชี่ยวชาญประเมินระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา

1. อาจารย์ดร.ปิยพจน์ ตัณฑะผลิน
อาจารย์ประจำสำนักเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2. อาจารย์นิลวรรณ โพธิ์ศรี
ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนตลิ่งชันวิทยา สุพรรณบุรี

ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา

3. อาจารย์ดร.พรพิมล ยังฉิม
ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบางปลาม้า “สูงสูมารมดุจวิทย์” สุพรรณบุรี
4. อาจารย์ดร.บุญสม ศรีศักดิ์
ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสงวนหญิง สุพรรณบุรี

ด้านการสอนวิชาเคมี

5. อาจารย์สถาพร สุธุข
ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข

แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (แบบสอบวินิจฉัยสองระดับแบบปลายเปิด)

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

แบบประเมินระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

แบบประเมินความพึงพอใจต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่

แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเครื่องมือเพื่อดำเนินการวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากระบวนการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี โดยใช้แบบสอบถามวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4” ของนายสุรเดช อนันตสวัสดิ์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์ และรองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาชีผล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ขอความอนุเคราะห์ท่านให้ความร่วมมือในการตอบแบบสำรวจนี้ด้วยความตั้งใจ เพื่อประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้ด้วย

นายสุรเดช อนันตสวัสดิ์

ผู้วิจัย

คำชี้แจง

- 1.แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้มี หน้า จำนวน 40 ข้อ
- 2.เขียนคำตอบลงในแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยดินสอ หรือ ปากกาถูลูกกลิ้งสีดำ/สีน้ำเงิน
- 3.ให้เวลาในการทำแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 1 ชั่วโมง 30 นาที
4. แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามสองระดับ ซึ่งใน 1 ข้อนักเรียนต้องตอบคำถามสองระดับ

ระดับที่ 1 เป็นแบบสอบถามวินิจัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบ “ก” “ข” “ค” หรือ “ง” ที่เป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง

ข้อ 0.1 กำหนดเลขอะตอมของธาตุมาให้ดังนี้ ธาตุ A = 16 ธาตุ B = 19 ธาตุ C = 35 ธาตุ D = 38

ธาตุชนิดใดมีค่า EN สูงที่สุด

ก. ธาตุ A

ข. ธาตุ B

ค. ธาตุ C

ง. ธาตุ D

ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบวินิจฉัยแบบปลายเปิด ให้นักเรียนเขียนเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ อธิบายประกอบคำตอบในระดับที่ 1

ข้อ 0.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ตอบ พิจารณาจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนธาตุ C จัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 8 18 7 แสดงว่า ธาตุ C อยู่หมู่ 7 จึงมีค่า EN สูงกว่าธาตุอื่นๆ



ข้อที่ 1

1.1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ก. CaF_2

ข. LiCl

ค. N_2O_3

ง. NaBr

1.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 2

2.1 สารประกอบในข้อใดจัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ก. KI

ข. BeH_2

ค. H_2S

ง. SO_2

2.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 3

3.1 การรวมตัวของอะตอมหรือไอออนหรือกลุ่มไอออนใดต่อไปนี้ไม่เกิดสารประกอบไอออนิก

ก. NH_4^+ กับ SO_4^{2-}

ข. K^+ กับ O^{2-}

ค. Mg^{2+} กับ F^-

ง. O กับ S

3.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 4

4.1 การรวมตัวของอะตอมใดต่อไปนี้จะเกิดสารประกอบไอออนิก

ก. P กับ Cl

ข. Ca กับ I

ค. O กับ N

ง. C กับ H

4.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

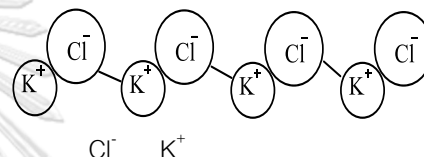
ข้อที่ 5

5.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของโพแทสเซียมคลอไรด์ได้ถูกต้อง

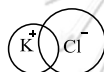
ก.



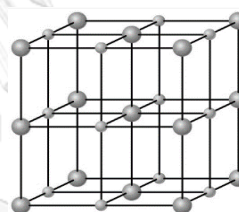
ข.



ค.



ง.



5.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

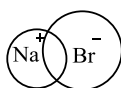
.....

.....

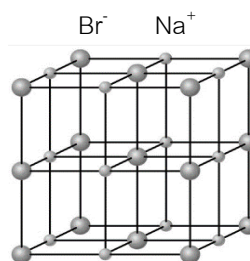
ข้อที่ 6

6.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของโซเดียมโบรไมด์ได้ถูกต้อง

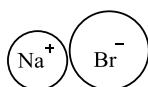
ก.



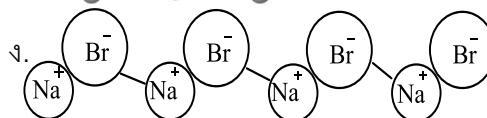
ข.



ค.



ง.



6.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 7

7.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบ K_2S ได้ถูกต้อง

ก. โพแทสเซียมซัลเฟอร์

ข. ไดโพแทสเซียมมอนอซัลไฟด์

ค. โพแทสเซียมซัลไฟด์

ง. ไดโพแทสเซียมซัลไฟด์

7.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 8

8.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบ PbO_2 ได้ถูกต้อง

ก. เลดออกไซด์

ข. มอนอเลดไดออกไซด์

ค. เลดไดออกไซด์

ง. เลด (II) ออกไซด์

8.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 9

9.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบ MgI_2 ได้ถูกต้อง

ก. ไอโอดีนแมกนีไซด์

ข. แมกนีเซียม(II) ไอโอไดด์

ค. แมกนีเซียมไดไอโอไดด์

ง. แมกนีเซียมไอโอไดด์

9.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 10

10. กำหนดสารประกอบไอออนิกให้ดังนี้



สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้

ก. LiCl RbCl

ข. LiCl RbCl AgCl

ค. CaSO_4 MgCO_3

ง. CaSO_4 MgCO_3 LiCl RbCl AgCl

10.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 11

11.1 กำหนดผลการทดสอบสารตัวอย่างให้ดังตาราง

ชนิดของสาร	สถานะของสาร	จุดหลอมเหลว (°c)	จุดเดือด (°c)	การละลายน้ำ	การนำไฟฟ้าเมื่อ		
					เป็นของแข็ง	หลอมเหลว	ละลายน้ำ
1	ของแข็ง	801	1465	ละลาย	ไม่นำไฟฟ้า	นำไฟฟ้า	นำไฟฟ้า
2	ของแข็ง	1,310	2,850	ไม่ละลาย	นำไฟฟ้า	นำไฟฟ้า	-
3	ของแข็ง	114	184	ไม่ละลาย	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่นำไฟฟ้า	-
4	ของแข็ง	192	250	ละลาย	ไม่นำไฟฟ้า	ไม่นำไฟฟ้า	นำไฟฟ้า

- หมายถึง ไม่ได้ทดสอบเนื่องจากไม่ละลายน้ำ

สารชนิดใดเป็นสารประกอบไอออนิก

ก. ชนิดที่ 1

ข. ชนิดที่ 2

ค. ชนิดที่ 3

ง. ชนิดที่ 4

11.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

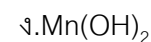
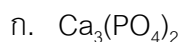
.....

.....

.....

ข้อที่ 12

12.1 สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้



12.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

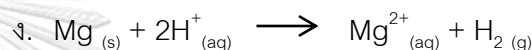
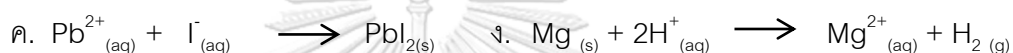
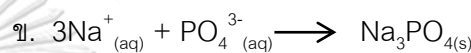
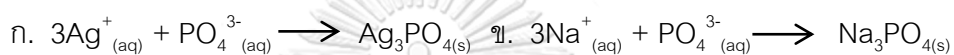
.....

.....

.....

ข้อที่ 13

13.1 ข้อใดไม่ใช่สมการไอออนิกสุทธิ



13.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

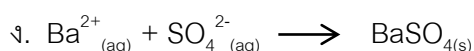
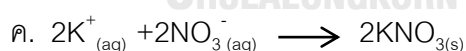
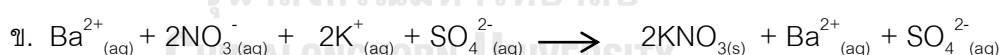
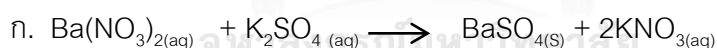
.....

.....

ข้อที่ 14

14.1 เมื่อผสมผลึก $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ กับ K_2SO_4 ลงในน้ำ 100 cm^3 ข้อใดแสดงสมการไอออนิกสุทธิได้

ถูกต้อง



14.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

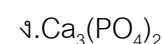
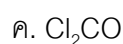
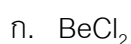
.....

.....

.....

ข้อที่ 15

15.1 ข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์



15.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

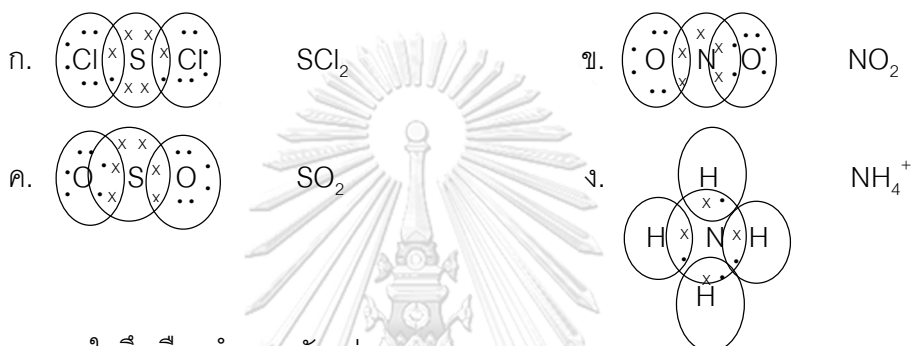
.....

.....

.....

ข้อที่ 16

16.1 รูปใดแสดงอิเล็กตรอนในโมเลกุลโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง (● แทนอิเล็กตรอนของอะตอมกลาง x แทนอิเล็กตรอนของอะตอมรอบอะตอมกลาง)



16.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 17

17.1 โมเลกุลในข้อใดมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์



17.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

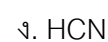
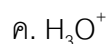
.....

.....

.....

ข้อ 18

18.1 โมเลกุลในข้อใดไม่มีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์



18.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

ข้อที่ 19

19.1 กำหนดสารประกอบโคเวเลนต์ให้ดังนี้ CH_3Cl HCN NCl_3 PCl_5 SF_6

สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ก. CH_3Cl HCN

ข. PCl_5 SF_6

ค. NCl_3 PCl_5

ง. HCN NCl_3

19.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 20

20.1 สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ก. CH_2O

ข. XeF_4

ค. NF_3

ง. ไม่มีข้อถูก

20.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 21

21.1 สารประกอบ N_2O_3 อ่านชื่อว่าอย่างไร

ก. ไนโตรเจนออกไซด์

ข. ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์

ค. ไนโตรเจน (III) ออกไซด์

ง. ไดไนโตรเจนไตรออกซิเจน

21.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 22

22.1 สารประกอบ F_2O อ่านชื่อว่าอย่างไร

ก. ฟลูออรีนออกไซด์

ข. ไดฟลูออรีนมอนอกไซด์

ค. ฟลูออรีน (II) ออกไซด์

ง. ฟลูออรีนไดออกไซด์

22.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 23

23.1 สารประกอบ PCl_3 อ่านชื่ออย่างไร

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| ก. โมโนฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ | ข. ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ |
| ค. ฟอสฟอรัสคลอไรด์ | ง. คลอรีนฟอสฟอไรด์ |

23.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 24

24.1 ข้อใดเปรียบเทียบความยาวพันธะของ O กับ H ในโมเลกุลของ H_2O กับ CH_3OH ได้ถูกต้อง

- | | |
|--|---|
| ก. $\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{OH}$ | ข. $\text{H}_2\text{O} \neq \text{CH}_3\text{OH}$ |
| ค. $\text{H}_2\text{O} < \text{CH}_3\text{OH}$ | ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ |

24.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 25

25.1 ข้อใดเปรียบเทียบพลังงานพันธะของ C กับ C ในโมเลกุลต่อไปนี้ได้ถูกต้อง

- | | |
|---|---|
| ก. $\text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_2$ | ข. $\text{C}_2\text{H}_2 > \text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_6$ |
| ค. $\text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_2 > \text{C}_2\text{H}_6$ | ง. $\text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_2$ |

25.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 26

26.1 โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



26.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

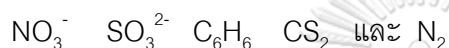
.....

.....

.....

ข้อที่ 27

27.1 กำหนดโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ให้ดังนี้



โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



27.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

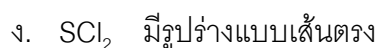
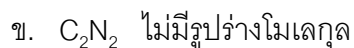
.....

.....

.....

ข้อที่ 28

28.1 ข้อใดระบุรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ถูกต้อง



28.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

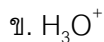
.....

.....

.....

ข้อที่ 29

29.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดมีรูปร่างโมเลกุลแบบสามเหลี่ยมแบบราบ



29.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

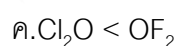
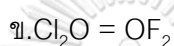
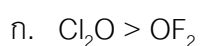
.....

.....

.....

ข้อที่ 30

30.1 ข้อใดเปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง



30.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

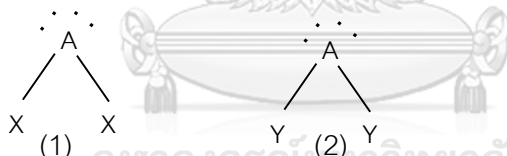
.....

.....

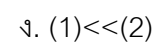
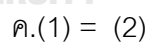
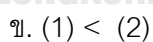
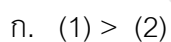
.....

ข้อที่ 31

31.1 ถ้าสารประกอบโคเวเลนต์มีรูปร่างดังรูป (กำหนดค่า EN ของ $X > Y$)



ข้อใดเปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง



31.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

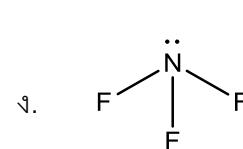
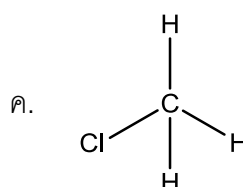
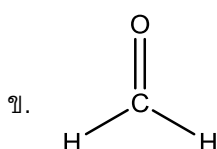
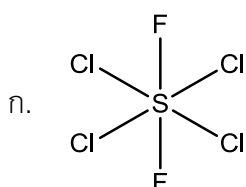
.....

.....

.....

ข้อที่ 32

32.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว



32.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

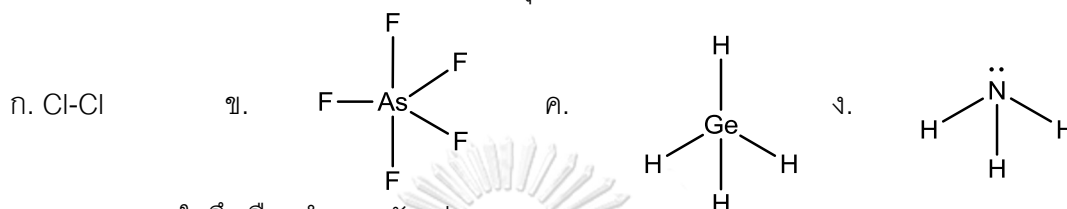
.....

.....

.....

ข้อที่ 33

33.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลมีขั้ว



33.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

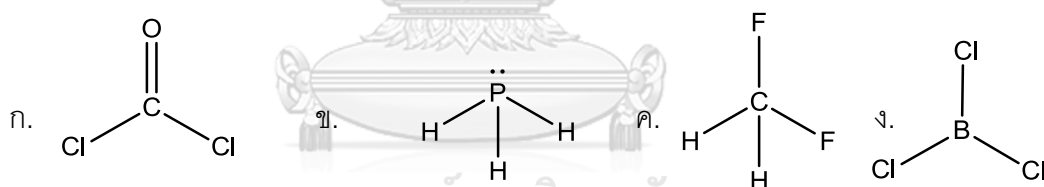
.....

.....

.....

ข้อ34

34.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว



34.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

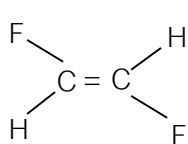
.....

.....

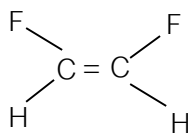
.....

ข้อที่ 35

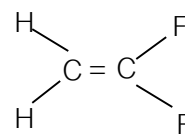
35.1 โมเลกุล $C_2H_2F_2$ เป็นโมเลกุลที่สามารถเขียนโครงสร้างได้หลายแบบดังนี้



โครงสร้างที่ 1



โครงสร้างที่ 2



โครงสร้างที่ 3

ข้อใดระบุสภาพขั้วและทิศทางของขั้วในโครงสร้างทั้งสามถูกต้อง

ตัวเลือก	โมเลกุล 1		โมเลกุล 2		โมเลกุล 3	
	สภาพขั้ว	ทิศทาง	สภาพขั้ว	ทิศทาง	สภาพขั้ว	ทิศทาง
ก.	ไม่มีขั้ว	-	ไม่มีขั้ว	-	ไม่มีขั้ว	-
ข.	ไม่มีขั้ว	-	มีขั้ว	↑	มีขั้ว	→
ค.	มีขั้ว	↑	มีขั้ว	↑	มีขั้ว	↑
ง.	ไม่มีขั้ว	-	มีขั้ว	↓	มีขั้ว	←

35.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

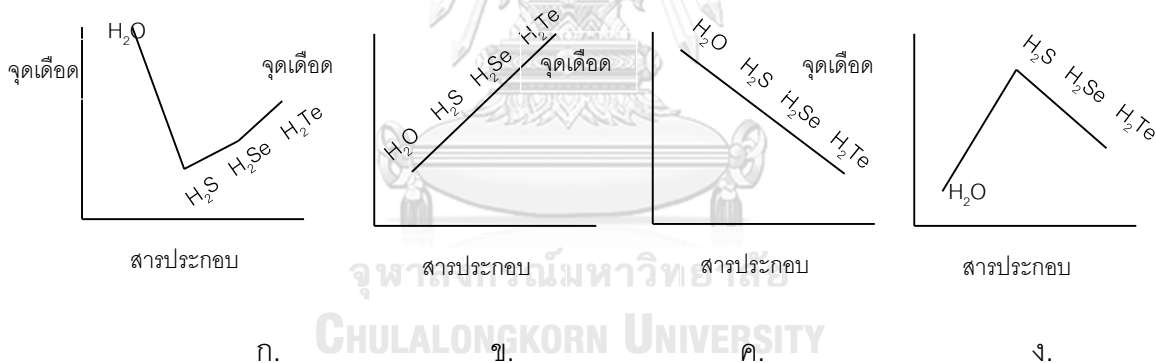
.....

.....

.....

ข้อที่ 36

36.1 กราฟในข้อใดแสดงการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรเจนกับธาตุหมู่ 6 ได้ถูกต้อง



36.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

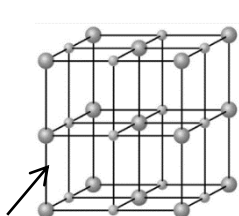
.....

.....

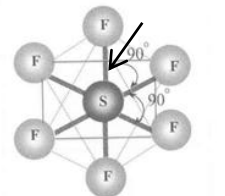
.....

ข้อที่ 37

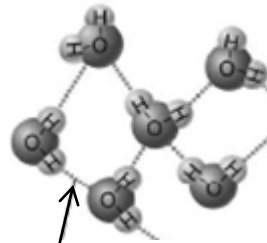
37.1 ข้อใดแสดงตำแหน่งของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้ถูกต้อง



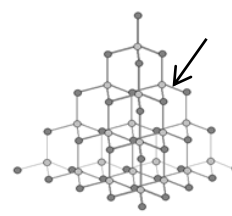
ก.



ข.



ค.



ง.

37.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

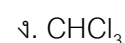
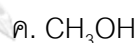
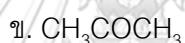
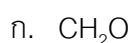
.....

.....

.....

ข้อที่ 38

38.1 สารชนิดใดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจน



38.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

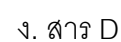
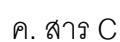
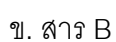
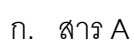
.....

ข้อที่ 39

39.1 พิจารณาสสมบัติของสารในตารางต่อไปนี้

สาร	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	การนำไฟฟ้าในสถานะ		การละลายน้ำ
		ของแข็ง	ของเหลว	
A	114	ไม่นำ	ไม่นำ	ไม่ละลาย
B	1,560	ไม่นำ	นำ	ละลาย
C	3,550	ไม่นำ	ไม่นำ	ไม่ละลาย
D	1,535	นำ	นำ	ไม่ละลาย

สารชนิดใดมีพันธะโลหะ



39.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

ข้อที่ 40

40.1 นำสารตัวอย่างจำนวน 3 ชนิดมาทำการทดสอบได้ผลดังนี้

ชนิดที่ 1 เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว 89°C เมื่อหลอมเหลวไม่นำไฟฟ้าจุดเดือด 220°C

ชนิดที่ 2 เป็นของแข็งนำไฟฟ้าได้ทั้งของแข็งและของเหลวจุดหลอมเหลว 1310°C จุดเดือด 2850°C

ชนิดที่ 3 เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้าจุดหลอมเหลว 890°C เมื่อหลอมเหลวนำไฟฟ้าจุดเดือด 910°C

สารชนิดใดมีพันธะโลหะ

ก. สาร 1

ข. สาร 2

ค. สาร 3

ง. สาร 1, 2 และ 3

40.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

.....

.....

.....

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบสอบวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนเรื่อง พันธะเคมี เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเครื่องมือเพื่อดำเนินการวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาระบบวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4” ของนายสุรเดช อนันตสวัสดิ์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา และประเมินผล การศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนากานนท์ และรองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาชีผล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ขอความอนุเคราะห์ท่านให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบนี้ด้วยความตั้งใจ เพื่อประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้ด้วย

นายสุรเดช อนันตสวัสดิ์

คำชี้แจง

1. แบบสอบวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้มี 36 หน้า จำนวน 96 ข้อ
2. ให้เวลาในการทำแบบสอบวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อน จำนวน 2 ชั่วโมง
3. แบบสอบวินิจฉัยในทัศนที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้ มีลักษณะเป็นแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ ซึ่งใน 1 ข้อ นักเรียนต้องตอบคำถาม 3 ข้อย่อย

ข้อย่อยที่ 1 เป็นแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงบนช่อง “ก” “ข” “ค” หรือ “ง” ที่เป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง

ข้อย่อยที่ 2 เป็นแบบสอบวินิจฉัยที่ถามเหตุผลของคำตอบข้อย่อยที่ 1 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงบนช่อง “ก” “ข” “ค” หรือ “ง” ที่เป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง

ข้อย่อยที่ 3 เป็นการตรวจสอบความมั่นใจในคำตอบ ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบให้ทำเครื่องหมาย X ลงบนช่อง “ก” ถ้าไม่มั่นใจ ให้ทำเครื่องหมาย X ลงบนช่อง “ข”

ตัวอย่างข้อสอบข้อที่ 0

0.1 กำหนดเลขอะตอมของธาตุมาให้ดังนี้ ธาตุ A = 16 ธาตุ B = 19 ธาตุ C = 35 ธาตุ D = 38

ธาตุชนิดใดมีค่า EN สูงที่สุด

- ก. ธาตุ A ข. ธาตุ B ค. ธาตุ C ง. ธาตุ D

0.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. ธาตุนั้นอยู่ในหมู่ VIIA ข. ธาตุนั้นมีเลขอะตอมมากที่สุด
ค. ธาตุนั้นมีโปรตอนน้อยที่สุด ง. ธาตุนั้นอยู่ในหมู่ IA

0.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ข้อที่	ก	ข	ค	ง.
0	0.1		X	

ตัวอย่างการทำเครื่องหมาย ในกระดาษคำตอบ

	0.2	X			
	0.3	X			

ข้อ 1

1.1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ก. CaF_2 ข. Al_2S_3 ค. N_2O_3 ง. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ข. อโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอโลหะจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ค. กลุ่มไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
 ง. โลหะหมู่ IIIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก..	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เมื่อโลหะหมู่ IIA รวมตัวกับอโลหะหมู่ VIIA จะเกิดพันธะโคเวเลนต์
ข.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดได้เฉพาะจากการรวมตัวของโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIIA
ง.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุรวมกัน ไม่เกี่ยวกับการรวมกันของกลุ่มไอออนบวกและกลุ่มไอออนลบ

ข้อ 2

2.1 การรวมตัวของอะตอมหรือไอออนหรือกลุ่มไอออนใดต่อไปนี้ไม่เกิดสารประกอบไอออนิก

ก. NH_4^+ กับ SO_4^{2-} ข. K^+ กับ O^{2-} ค. Ba^{2+} กับ F^- ง. O กับ S

2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอโลหะจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ข. กลุ่มไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
 ค. โลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ง. โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

2.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เมื่อโลหะหมู่ IIA รวมตัวกับอโลหะหมู่ VIIA จะเกิดพันธะโคเวเลนต์

ข.	ค.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดได้เฉพาะจากการรวมตัวของโลหะหมู่ IA กับอโลหะหมู่ VIA
ก.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุรวมกัน ไม่เกี่ยวกับการรวมกันของกลุ่มไอออนบวกและกลุ่มไอออนลบ

ข้อ 3

3.1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ก. SO_2 ข. SrCl_2 ค. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ง. Ga_2O_3

3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ข. ไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
 ค. โลหะหมู่ IIIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ง. อโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอโลหะจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

3.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ง	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เมื่อโลหะหมู่ IIA รวมตัวกับอโลหะหมู่ VIIA จะเกิดพันธะโคเวเลนต์
ง.	ค.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดได้เฉพาะจากการรวมตัวของโลหะหมู่ IIIA กับอโลหะหมู่ VIA
ค.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุรวมกัน ไม่เกี่ยวกับการรวมกันของกลุ่มไอออนบวกและกลุ่มไอออนลบ

ข้อ 4

4.1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

ก. MgBr_2 ข. In_2O_3 ค. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ง. NCl_3

4.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. ไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
 ข. โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ค. อโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอโลหะจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ง. โลหะหมู่ IIIA สร้างพันธะกับอโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

4.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ			ข. ไม่มั่นใจ
คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เมื่อโลหะหมู่ IIA รวมตัวกับโลหะหมู่ VIIA จะเกิดพันธะโคเวเลนต์
ข.	ง.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดได้เฉพาะจากการรวมตัวของโลหะหมู่ IIIA กับโลหะหมู่ VIA
ค.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุรวมกัน ไม่เกี่ยวกับการรวมกันของกลุ่มไอออนบวกและกลุ่มไอออนลบ

ข้อ 5

5.1 การรวมตัวของดอมหรือไอออนใดต่อไปนี้ไม่เกิดสารประกอบไอออนิก

ก. Ca^{2+} กับ Br^- ข. Li^+ กับ I^- ค. Ca^{2+} กับ CO_3^{2-} ง. N กับ H

5.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับโลหะหมู่ VIIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ข. อโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอโลหะจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ค. กลุ่มไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
 ง. โลหะหมู่ IA กับโลหะหมู่ VIIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

5.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ก. มั่นใจ			ข. ไม่มั่นใจ
คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เมื่อโลหะหมู่ IIA รวมตัวกับโลหะหมู่ VIIA จะเกิดพันธะโคเวเลนต์
ข.	ง.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดได้เฉพาะจากการรวมตัวของโลหะหมู่ IA กับโลหะหมู่ VIIA
ค.	ค.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุรวมกัน ไม่เกี่ยวกับการรวมกันของกลุ่มไอออนบวกและกลุ่มไอออนลบ

ข้อ 6

6.1 การรวมตัวของอะตอมหรือไอออนใดต่อไปนี้ไม่เกิดสารประกอบไอออนิก

ข. P กับ Cl ข. Ca^{2+} กับ I^- ค. Cs^+ กับ S^{2-} ง. NH_4^+ กับ CO_3^{2-}

6.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับโลหะหมู่ VIIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

- ข. โลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับโลหะจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
 ค. กลุ่มไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
 ง. โลหะหมู่ IA กับโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

6.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

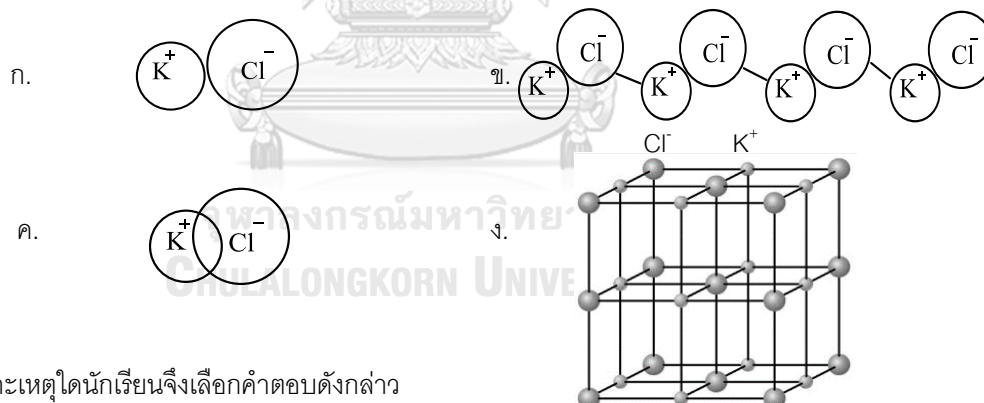
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เมื่อโลหะหมู่ IIA รวมตัวกับโลหะหมู่ VIIA จะเกิดพันธะโคเวเลนต์
ข.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดได้เฉพาะจากการรวมตัวของโลหะหมู่ IA กับโลหะหมู่ VIA
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากอะตอมของธาตุรวมกัน ไม่เกี่ยวกับการรวมกันของกลุ่มไอออนบวกและกลุ่มไอออนลบ

ข้อ 7

7.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของโพแทสเซียมคลอไรด์ได้ถูกต้อง



7.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างประกอบด้วยโพแทสเซียม 1 อะตอม คลอรีน 1 อะตอม
 ข. โครงสร้างมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
 ค. โครงสร้างประกอบด้วยโพแทสเซียมและคลอรีนที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
 ง. โครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกัน

7.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

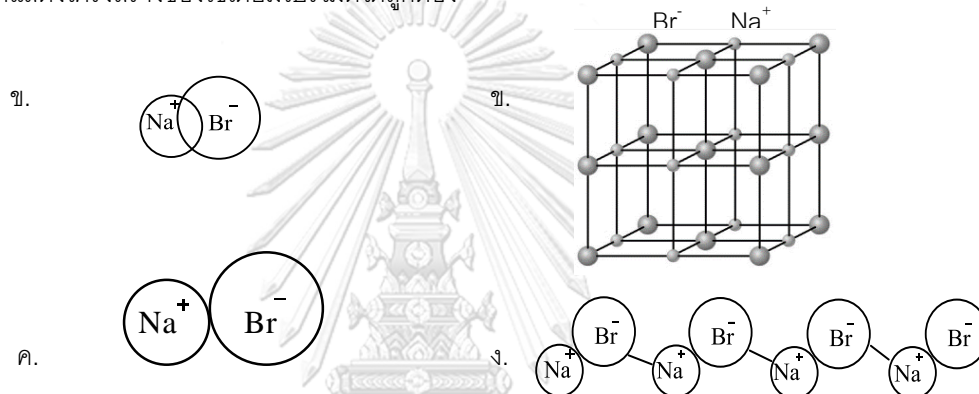
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่ผลึก
ข.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ผลึกไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุที่เป็นโลหะกับอโลหะ

ข้อ 8

8.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของโซเดียมโบรไมด์ได้ถูกต้อง



8.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
- ข. โครงสร้างประกอบด้วยโซเดียม 1 อะตอม โบรมีน 1 อะตอม
- ค. โครงสร้างประกอบด้วยโซเดียมและโบรมีนที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
- ง. โครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกัน

8.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

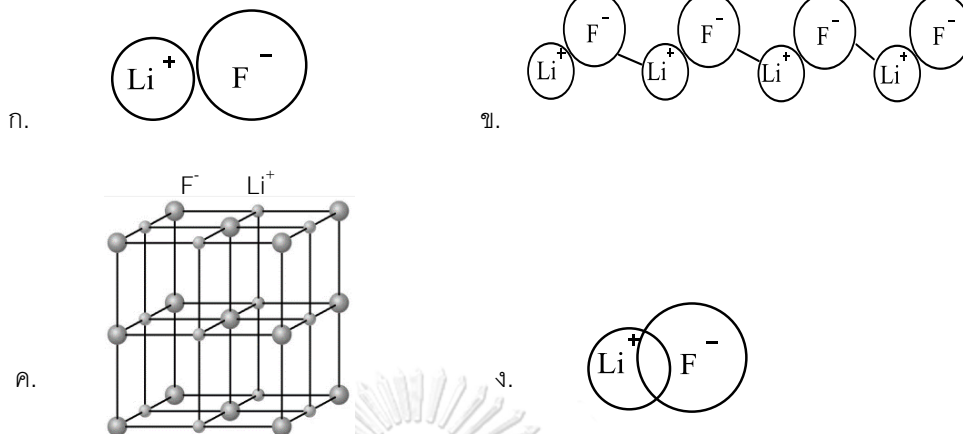
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่ผลึก
ง.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ผลึกไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
ก.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุที่เป็นโลหะกับอโลหะ

ข้อ 9

9.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของลิเทียมฟลูออไรด์ได้ถูกต้อง



9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างประกอบด้วยลิเทียม 1 อะตอม ฟลูออรีน 1 อะตอม
- ข. โครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกัน
- ค. โครงสร้างมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
- ง. โครงสร้างประกอบด้วยลิเทียมและฟลูออรีนที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

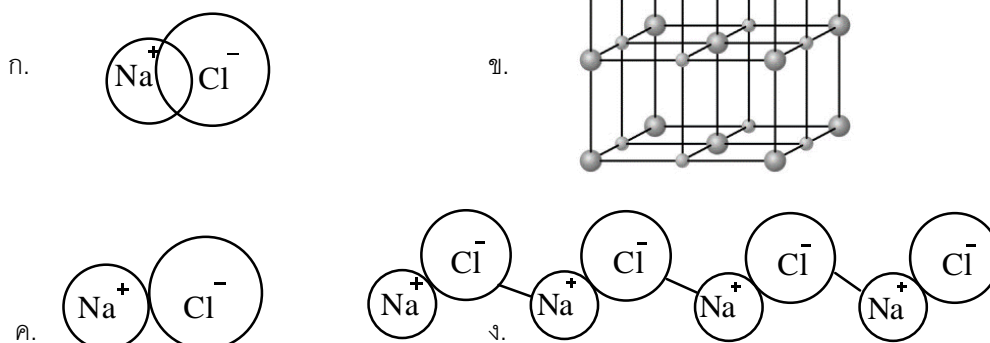
9.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
- ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่ผลึก
ข.	ค.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ผลึกไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
ง.	ง.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุที่เป็นโลหะกับอโลหะ

ข้อ 10

10.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของโซเดียมโบรไมด์ได้ถูกต้อง



10.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
- ข. โครงสร้างประกอบด้วยไฮเดียม 1 อะตอม คลอรีน 1 อะตอม
- ค. โครงสร้างประกอบด้วยไฮเดียมและคลอรีนที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
- ง. โครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกัน

10.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

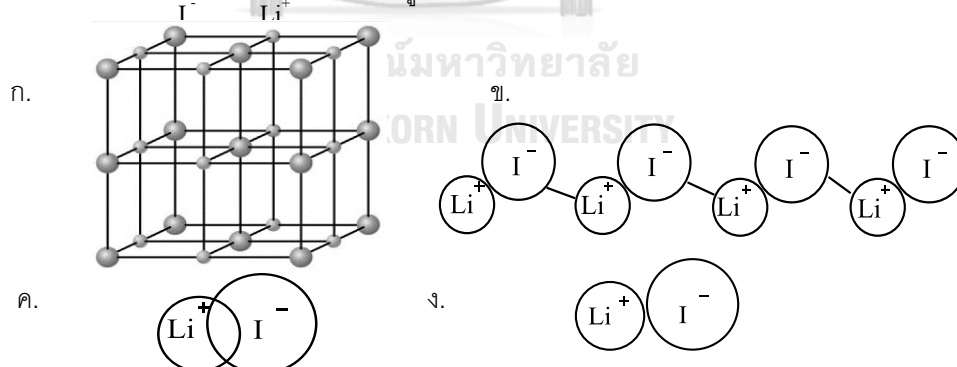
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ง	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่ผลึก
ง.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ผลึกไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเส้นตรง
ก	ค	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุที่เป็นโลหะกับอโลหะ

ข้อ 11

11.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของลิเทียมไอโอไดด์ได้ถูกต้อง



11.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
- ข. โครงสร้างประกอบด้วยลิเทียม 1 อะตอม ไอโอดีน 1 อะตอม
- ค. โครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกัน
- ง. โครงสร้างประกอบด้วยลิเทียมและไอโอดีนที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

11.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

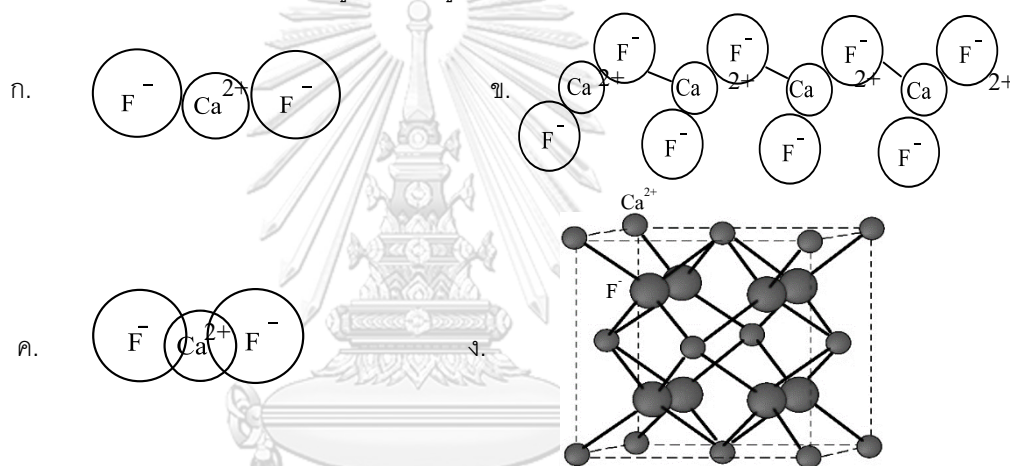
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ค	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ง.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่ผลึก
ข.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ผลึกไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
ค	ง	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุที่เป็นโลหะกับอโลหะ

ข้อ 12

12.1 รูปใดแสดงโครงสร้างของแคลเซียมฟลูออไรด์ได้ถูกต้อง



12.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง
- ข. โครงสร้างประกอบด้วยแคลเซียม 1 อะตอม ฟลูออรีน 2 อะตอม
- ค. โครงสร้างประกอบด้วยแคลเซียมและฟลูออรีนที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
- ง. โครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกที่เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบเรียงสลับกัน

12.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ค	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ง.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - สารประกอบไอออนิกมีลักษณะเป็นโมเลกุลไม่ใช่ผลึก
ข.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ผลึกไอออนิกมีลักษณะเชื่อมกันเป็นเส้นตรง

ค	ง	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้เล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุที่เป็นโลหะกับอโลหะ
---	---	----	--

ข้อ 13

13.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

- ก. ZnS อ่านว่า ซิงค์ซัลเฟอร์ ข. FeCl₂ อ่านว่า ไอออนไดคลอไรด์
ค. K₂S อ่านว่า โพแทสเซียมซัลไฟด์ ง. CaF₂ อ่านว่า ฟลูออรีนแคลไซด์

13.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ
ข. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ค. อ่านไอออนบวกตามด้วยเลขห้อยและไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ง. อ่านไอออนลบแล้วตามด้วยไอออนบวกลงท้ายด้วยไ-ด์

13.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านชื่อโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็น ไ-ด์
ข.	ค	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะอ่านเป็นเลขกรีกตามหลักการอ่านเลขห้อยของสารประกอบ โคเวเลนต์
ง.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านไอออนลบก่อนไอออนบวก

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อ 14

14.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

- ก. FeO อ่านว่า ไอร์ออนมอนออกไซด์ ข. Lil อ่านว่า ลิเทียมไอโอดีน
ค. MgBr₂ อ่านว่า โบรมีนแมกนีไซด์ ง. Rb₂O อ่านว่า รูบิเดียมออกไซด์

14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ
ข. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ค. อ่านไอออนบวกตามด้วยเลขห้อยและไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ง. อ่านไอออนลบแล้วตามด้วยไอออนบวกลงท้ายด้วยไ-ด์

14.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านชื่อโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงทำเป็นไ-ด์
ก.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะอ่านเป็นเลขกรีกตามหลักการอ่านเลขห้อยของสารประกอบ โคเวเลนต์
ค.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านไอออนลบก่อนไอออนบวก

ข้อ 15

15.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

- ก. Hg_2Cl_2 อ่านว่า เมอร์คิวรี (I) คลอไรด์ ข. LiBr อ่านว่า ลิเทียมโบรมีน
ค. PbO_2 อ่านว่า เลดไดออกไซด์ ง. MgCl_2 อ่านว่า แมกนีเซียมคลอไรด์

15.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ
ข. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ค. อ่านไอออนบวกตามด้วยเลขห้อยและไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ง. อ่านไอออนลบแล้วตามด้วยไอออนบวกลงท้ายด้วยไ-ด์

15.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านชื่อโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงทำเป็นไ-ด์
ก.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะอ่านเป็นเลขกรีกตามหลักการอ่านเลขห้อยของสารประกอบ โคเวเลนต์

ข้อ 16

16.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

- ก. LiCl อ่านว่า ลิเทียมคลอไรด์ ข. CaCl_2 อ่านว่า แคลเซียมคลอไรด์
ค. SnCl_2 อ่านว่า สนิโดคลอไรด์ ง. RbF อ่านว่า รูบิเดียมฟลูออไรด์

16.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านไอออนบวกตามด้วยเลขห้อยและไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ข. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์
ค. อ่านไอออนลบแล้วตามด้วยไอออนบวกลงท้ายด้วยไ-ด์

ง. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ

16.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านชื่อโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงทำเป็นไ-ด์
ค.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะอ่านเป็นเลขกรีกตามหลักการอ่านเลขห้อยของสารประกอบ โคเวเลนต์
ง.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านไอออนลบก่อนไอออนบวก

ข้อ 17

17.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

ก. CsI อ่านว่า ซีเซียมไอไดดีน

ข. CaS อ่านว่า ซัลเฟอร์แคลไซด์

ค. FeS₂ อ่านว่า ไฮร์ออนไดซัลไฟด์

ง. Na₂Se อ่านว่า โซเดียมซีลีไนด์

17.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ

ข. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วย-ด์

ค. อ่านไอออนบวกตามด้วยเลขห้อยและไอออนลบลงท้ายด้วย-ด์

ง. อ่านไอออนลบแล้วตามด้วยไอออนบวกลงท้ายด้วย-ด์

17.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านชื่อโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงทำเป็นไ-ด์
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะอ่านเป็นเลขกรีกตามหลักการอ่านเลขห้อยของสารประกอบ โคเวเลนต์
ข.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านไอออนลบก่อนไอออนบวก

ข้อ 18

18.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

ก. Rb_2O อ่านว่า รูบิเดียมออกซิเจนข. CuF_2 อ่านว่า คอปเปอร์ไดฟลูออไรด์ค. MgI_2 อ่านว่า ไอโอดีนแมกนีไซด์ง. Na_2O อ่านว่า โซเดียมออกไซด์

18.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อ่านไอออนบวกตามด้วยเลขห้อยและไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์

ข. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบ

ค. อ่านไอออนบวกแล้วตามด้วยไอออนลบลงท้ายด้วยไ-ด์

ง. อ่านไอออนลบแล้วตามด้วยไอออนบวกลงท้ายด้วยไ-ด์

18.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านชื่อโดยไม่ได้เปลี่ยนเสียงท้ายเป็นไ-ด์
ข.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะอ่านเป็นเลขกรีกตามหลักการอ่านเลขห้อยของสารประกอบ โคเวเลนต์
ค.	ง.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -อ่านไอออนลบก่อนไอออนบวก

ข้อ 19

19.1 สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้

ก. $AgCl$ ข. $LiCl$ ค. $SrSO_4$ ง. $MgCO_3$

19.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ค. สารประกอบไอออนิกของโลหะแทรนซิชันละลายน้ำได้ทุกตัว

ง. สารประกอบซัลเฟตละลายน้ำได้

19.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ง.	ข.	ก.	-สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข้อ 20

20.1 สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้

ก. NH_4Cl ข. $CaCO_3$ ค. Hg_2Cl_2 ง. $Fe(OH)_3$

20.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. สารประกอบแอมโมเนียมละลายน้ำได้ทุกตัว
- ข. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ VIIA ละลายน้ำได้ทุกตัว
- ค. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว
- ง. สารประกอบไอออนิกของโลหะทรานซิชันละลายน้ำได้ทุกตัว

20.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
- ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ค	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข้อ 21

21.1 สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้

- ก. BaSO_4
- ข. AgBr
- ค. CuS
- ง. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ VIIA ละลายน้ำได้ทุกตัว
- ข. สารประกอบไนเตรตละลายน้ำได้ทุกตัว
- ค. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว
- ง. สารประกอบไอออนิกของโลหะทรานซิชันละลายน้ำได้ทุกตัว

21.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
- ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ค	ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข้อ 22

22.1 สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้

- ก. Na_2S
- ข. CaSO_4
- ค. PbSO_4
- ง. PbCl_2

22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ VIIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

- ข. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว
 ค. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IA ละลายน้ำได้ทุกตัว
 ง. สารประกอบไอออนิกของโลหะแทรนซิชันละลายน้ำได้ทุกตัว

22.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ข	ก	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข้อ 23

23.1 สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้

ก. RbO_2

ข. SrCO_3

ค. PbBr_2

ง. FePO_4

23.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ VIIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ค. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ง. สารประกอบไอออนิกของโลหะแทรนซิชันละลายน้ำได้ทุกตัว

23.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ค	ก	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข้อ 24

24.1 สารประกอบไอออนิกในข้อใดละลายน้ำได้

ก. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

ข. PbI_2

ค. Rb_2S

ง. $\text{Mn}(\text{OH})_2$

24.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ VIIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ค. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IA ละลายน้ำได้ทุกตัว

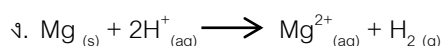
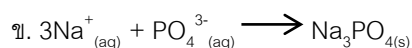
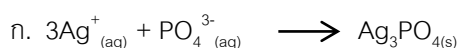
ง. สารประกอบไอออนิกของโลหะแทรนซิชันละลายน้ำได้ทุกตัว

24.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ		ข. ไม่มั่นใจ	
คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ข	ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สารประกอบไอออนิกของหมู่ IIA ละลายน้ำได้ทุกตัว

ข้อ 25

25.1 ข้อใดไม่ใช่สมการไอออนิกสุทธิ



25.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของโลหะหมู่ IA ซึ่งละลายน้ำได้

ข. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

ค. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของโลหะหมู่ VIIA ซึ่งละลายน้ำได้

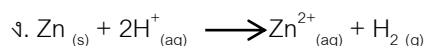
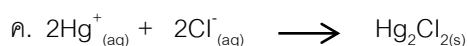
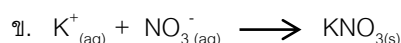
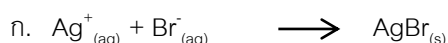
ง. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของธาตุแทรนซิชัน ซึ่งละลายน้ำได้

25.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ		ข. ไม่มั่นใจ	
คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ง.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

ข้อ 26

26.1 ข้อใดไม่ใช่สมการไอออนิกสุทธิ



26.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของโลหะหมู่ VIIA ซึ่งละลายน้ำได้

ข. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบในเตรต ซึ่งละลายน้ำได้

ค. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของธาตุแทรนซิชัน ซึ่งละลายน้ำได้

ง. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

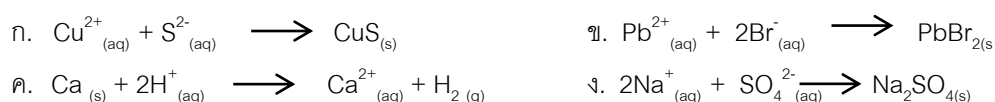
26.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ		ข. ไม่มั่นใจ	
-----------	--	--------------	--

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ง.	ง.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

ข้อ 27

27.1 ข้อใดไม่ใช่สมการไอออนิกสุทธิ



27.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น
 ข. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของโลหะหมู่ VIIA ซึ่งละลายน้ำได้
 ค. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของธาตุแทรนซิชัน ซึ่งละลายน้ำได้
 ง. ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสารประกอบของโลหะหมู่ IA ซึ่งละลายน้ำได้

27.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

ข้อ 28

28.1 ถ้าผสมสารคู่ต่อไปแล้วไม่สามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้



28.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสารประกอบของโลหะหมู่ IA ซึ่งละลายน้ำได้
 ข. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสารประกอบของโลหะหมู่ VIIA ซึ่งละลายน้ำได้
 ค. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสารประกอบของโลหะแทรนซิชันซึ่งละลายน้ำได้
 ง. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

28.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

41.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อะตอม 2 อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันครบ $8 e^-$ พันธะที่เหลือนจึงเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์
 ข. โมเลกุลที่มีรูปร่างสมมาตรจะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ
 ค. โมเลกุลที่ประกอบด้วยพันธะเดียวกับพันธะคู่จะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ
 ง. โมเลกุลที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ

41.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์

ข้อ 42

42.1 โมเลกุลในข้อใดมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์

ก. Cl_2O

ข. H_3O^+

ค. SF_6

ง. C_6H_6

42.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลที่มีรูปร่างสมมาตรจะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ
 ข. อะตอม 2 อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันครบ $8 e^-$ พันธะที่เหลือนจึงเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์
 ค. โมเลกุลที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ
 ง. โมเลกุลที่ประกอบด้วยพันธะเดียวกับพันธะคู่จะเกิดโคออดิเนตโคเวเลนต์เสมอ

42.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจะมีพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์

ข้อ 43

43.1 สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ก. CH_3Cl

ข. PCl_5

ค. NCl_5

ง. CH_4

43.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกัน
 ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเกิน 8
 ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบน้อยกว่า 8
 ง. อะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

43.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ก	ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข้อ 44

44.1 สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ก. CH_2O ข. SF_6 ค. NF_3 ง. CCl_4

44.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ข. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกัน

ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเกิน 8

ง. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบน้อยกว่า 8

44.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ข	ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข้อ 45

45.1 สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ก. CH_2F_2 ข. NH_3 ค. SiCl_4 ง. XeF_4

45.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกัน

ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบน้อยกว่า 8

ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ง. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเกิน 8

45.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ก	ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข้อ 46

46.1 สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

- ก. HCN ข. NCl_3 ค. CO_2 ง. TeF_6

46.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
 ข. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกัน
 ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเกิน 8
 ง. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบน้อยกว่า 8

46.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ข	ก	มีมติที่คนทีตลาดเค็ลื่อนว่ -โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข้อ 47

47.1 สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

- ก. AsF_5 ข. CCl_3F ค. PH_3 ง. SiH_4

47.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเกิน 8
 ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบน้อยกว่า 8
 ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
 ง. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกัน

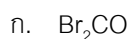
47.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ง	ก	มีมติที่คนทีตลาดเค็ลื่อนว่ -โมเลกุลที่อะตอมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข้อ 48

48.1 สารประกอบโคเวเลนต์ใดไม่เป็นไปตามกฎออกเตต



48.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกัน

ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบเกิน 8

ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนล้อมรอบน้อยกว่า 8

ง. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

48.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โมเลกุลที่อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมต่างชนิดกันไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ข้อ 49

49.1 สารประกอบ BCl_3 อ่านชื่ออย่างไร

ก. โบรอนไตรคลอไรด์

ข. โบรอนคลอไรด์

ค. โมโนโบรอนไตรคลอไรด์

ง. โบรอน (III) คลอไรด์

49.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อ่านโมโนหน้าธาตุที่มี 1 อะตอมตามด้วยชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย -ไดด์

ข. อ่านชื่อธาตุแรกตามด้วยธาตุท้ายแล้วลงท้ายด้วย -ไดด์

ค. อ่านชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย -ไดด์

ง. อ่านธาตุตัวแรกระบุเลขออกซิเดชัน แล้วอ่านชื่อธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย -ไดด์

49.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า "มอนอ" นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว

ข้อ 50

50.1 สารประกอบ PCl_5 อ่านชื่ออย่างไร

- ก. ฟอสฟอรัสคลอไรด์
 ข. โมโนฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์
 ค. ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์
 ง. ฟอสฟอรัส (V) คลอไรด์

50.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านโมโนนำหน้าธาตุที่มี 1 อะตอมตามด้วยชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ได์
 ข. อ่านชื่อธาตุแรกตามด้วยธาตุท้ายแล้วลงท้ายด้วย ได์
 ค. อ่านชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ได์
 ง. อ่านธาตุตัวแรกระบุเลขออกซิเดชัน แล้วอ่านชื่อธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ได์

50.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
 ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า "มอนอ" นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว

ข้อ 51

51.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. PCl_3 อ่านว่า โมโนฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์
 ข. Cl_2O อ่านว่า คลอรีนไดออกไซด์
 ค. B_2S_3 อ่านว่า ไดโบรอนไตรซัลเฟอร์
 ง. P_2O_5 อ่านว่า ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์

51.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านชื่อเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ได์
 ข. อ่านชื่อเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้าย
 ค. อ่านชื่อธาตุก่อนอ่านเลขห้อย ลงท้ายด้วย ได์
 ง. อ่านโมโนนำหน้าธาตุที่มี 1 อะตอมตามด้วยชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ได์

51.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
 ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง

ก.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า “มอนอ” นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว
----	----	----	--

ข้อ 52

52.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. NCl_3 อ่านว่า โมโนไนโตรเจนไตรคลอไรด์ ข. N_2O อ่านว่า ไนโตรเจนไดออกไซด์
 ค. N_2O_4 อ่านว่า ไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ ง. N_2O_3 อ่านว่า ไดไนโตรเจนไตรออกซิเจน

52.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านชื่อเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ไลต์
 ข. อ่านชื่อเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้าย
 ค. อ่านชื่อธาตุก่อนอ่านเลขห้อย ลงท้ายด้วย ไลต์
 ง. อ่านโมโนนำหน้าธาตุที่มี 1 อะตอมตามด้วยชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ไลต์

52.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า “มอนอ” นำหน้ากรณีธาตุตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว

ข้อ 53

53.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. CS_2 อ่านว่า โมโนคาร์บอนไดซัลไฟด์ ข. AsF_5 อ่านว่า อาร์เซนิกเพนตะฟลูออไรด์
 ค. Br_2O อ่านว่า ไบรอมินไดออกไซด์ ง. CCl_4 อ่านว่า คาร์บอนเตตระคลอรีน

53.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านชื่อธาตุก่อนอ่านเลขห้อย ลงท้ายด้วย ไลต์
 ข. อ่านชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ไลต์
 ค. อ่านชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้าย
 ง. อ่านโมโนนำหน้าธาตุที่มี 1 อะตอมตามด้วยชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย ไลต์

53.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า "มอนอ" นำหน้ากรณีสถานะตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว

ข้อ 54

54.1 ข้อใดอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. Cl_2O_7 อ่านว่า ไดคลอรินเฮปตะออกไซด์ ข. SiCl_4 อ่านว่า โมโนซิลิคอนเตตระคลอไรด์
 ค. H_2S อ่านว่า ไฮโดรเจนไดซัลไฟด์ ง. N_2O_5 อ่านว่า ไดไนโตรเจนเพนตะออกซิเจน

54.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อ่านชื่อเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย -ด์
 ข. อ่านชื่อเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้าย
 ค. อ่านโมโนนำหน้าธาตุที่มี 1 อะตอมตามด้วยชื่อธาตุตัวแรกและอ่านเลขห้อยตามด้วยธาตุตัวสุดท้ายลงท้ายด้วย -ด์
 ง. อ่านชื่อธาตุก่อนอ่านเลขห้อย ลงท้ายด้วย -ด์

54.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ค.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์โดยใช้คำว่า "มอนอ" นำหน้ากรณีสถานะตัวแรกมีอยู่เพียงอะตอมเดียว

ข้อ 55

55.1 ข้อใดเปรียบเทียบพลังงานพันธะของ C กับ C ในโมเลกุลต่อไปนี้ได้ถูกต้อง

- ก. $\text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_2$ ข. $\text{C}_2\text{H}_2 > \text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_6$
 ค. $\text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_2 > \text{C}_2\text{H}_6$ ง. $\text{C}_2\text{H}_4 > \text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_2$

55.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลที่มีความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะน้อย
 ข. โมเลกุลที่มีความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมาก
 ค. โมเลกุลที่มีมวลมากจะมีพลังงานพันธะมาก
 ง. โมเลกุลที่มีอะตอม H มากจะมีพลังงานพันธะมาก

55.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ข	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม

ข้อ 56

56.1 สาร A_2 , B_2 และ C_2 มีพลังงานพันธะระหว่างอะตอมเท่ากับ 498, 945 และ 151 KJ/mol

ข้อใดเรียงความยาวพันธะระหว่างอะตอมจากน้อยไปมากได้ถูกต้อง

- ก. A_2 , B_2 , C_2 ข. C_2 , A_2 , B_2 ค. B_2 , A_2 , C_2 ง. B_2 , C_2 , A_2

56.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลที่มีพลังงานพันธะมากจะมีความยาวพันธะน้อย
ข. โมเลกุลที่มีพลังงานพันธะมากจะมีความยาวพันธะมาก
ค. C_2 เป็นพันธะเดี่ยว, A_2 เป็นพันธะคู่ และ B_2 เป็นพันธะสาม
ง. B_2 เป็นพันธะเดี่ยว, A_2 เป็นพันธะคู่ และ C_2 เป็นพันธะสาม

56.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ข	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม

ข้อ 57

57.1 ข้อใดเปรียบเทียบพลังงานพันธะ O กับ O ได้ถูกต้อง

- ก. $O_2 < H_2O_2$ ข. $O_3 > O_2$ ค. $H_2O_2 > H_2O$ ง. $O_3 > H_2O_2$

57.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. ความยาวพันธะระหว่าง O กับ O ใน O_3 น้อยกว่าใน H_2O_2
ข. ความยาวพันธะระหว่าง O กับ O ใน O_3 มากกว่าใน O_2
ค. ความยาวพันธะระหว่าง O กับ O ใน O_2 น้อยกว่าใน H_2O_2
ง. ความยาวพันธะระหว่าง O กับ O ใน H_2O_2 มากกว่าใน H_2O

57.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ง	ข	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม

ข้อ 58

58.1 ข้อใดเปรียบเทียบความยาวพันธะของ H กับ O ได้ถูกต้อง

- ก. $H_2O > H_2O_2$ ข. $H_2O = H_2O_2$ ค. $CH_3OH > H_2O$ ง. $CH_3OH < H_2O$

58.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. พันธะระหว่าง H-O ใน H_2O และ H_2O_2 เป็นพันธะเดี่ยวเหมือนกัน
 ข. พันธะระหว่าง H-O ใน H_2O เป็นพันธะเดี่ยว แต่ใน H_2O_2 เป็นพันธะคู่
 ค. พลังงานพันธะของ H-O ใน CH_3OH มีค่ามากกว่าใน H_2O
 ง. พลังงานพันธะของ H-O ใน CH_3OH มีค่าน้อยกว่าใน H_2O

58.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ง.	ง.	ก.	- ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม

ข้อ 59

59.1 ข้อใดเปรียบเทียบความยาวพันธะเฉลี่ยของ C กับ O ได้ถูกต้อง

- ก. $COCl_2 > CO_3^{2-}$ ข. $COCl_2 < CO_3^{2-}$ ค. $CO_2 > COCl_2$ ง. $CO_2 < COCl_2$

59.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. พันธะระหว่าง C-O ใน $COCl_2$ เป็นพันธะคู่ แต่ใน CO_3^{2-} เป็นพันธะผสม
 ข. พันธะระหว่าง C-O ใน $COCl_2$ เป็นพันธะเดี่ยว แต่ใน CO_3^{2-} เป็นพันธะคู่
 ค. พลังงานพันธะของ C-O ใน CO_2 มีค่ามากกว่าใน $COCl_2$
 ง. พลังงานพันธะของ C-O ใน CO_2 มีค่าน้อยกว่าใน $COCl_2$

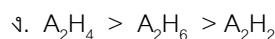
59.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ง.	ง.	ก.	- ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม

ข้อ 60

60.1 ข้อใดเปรียบเทียบความยาวพันธะของ A กับ A ในโมเลกุลต่อไปนี้ได้ถูกต้อง เมื่อ A คือธาตุที่มีเลขอะตอม 6



60.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. โมเลกุลที่มีพลังงานพันธะมากจะมีความยาวพันธะน้อย

ข. โมเลกุลที่มีพลังงานพันธะมากจะมีความยาวพันธะมาก

ค. โมเลกุลที่มีมวลมากจะมีความยาวพันธะมาก

ง. โมเลกุลที่มีอะตอม H มากจะมีความยาวพันธะมาก

60.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

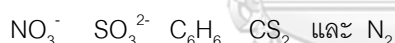
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ข.	ง.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ความยาวพันธะมากจะมีพลังงานพันธะมากตาม

ข้อ 61

61.1 กำหนดโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ให้ดังนี้



โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



61.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้เฉพาะในโมเลกุลของเบนซีน

ข. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

ค. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ

ง. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว

61.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

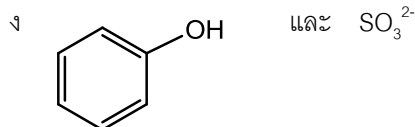
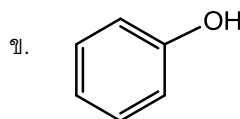
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น
ข.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า-เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
ค.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

ข้อ 62

62.1 โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



62.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่
 ข. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
 ค. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว
 ง. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้เฉพาะในโมเลกุลที่มีวงเบนซิน

62.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

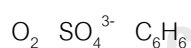
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

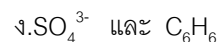
คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซินเท่านั้น
ก.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า-เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
ค.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

ข้อ 63

63.1 กำหนดโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ให้ดังนี้



โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



63.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้เฉพาะในโมเลกุลของเบนซิน
 ข. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่
 ค. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
 ง. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว

63.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

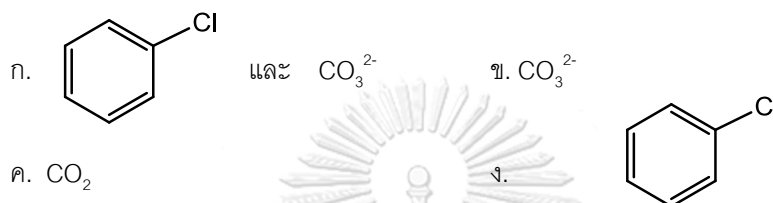
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น
ค.	ค.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า-เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
ข.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

ข้อ 64

64.1 โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



64.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว
 ข. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้เฉพาะในโมเลกุลที่มีวงเบนซีน
 ค. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่
 ง. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ

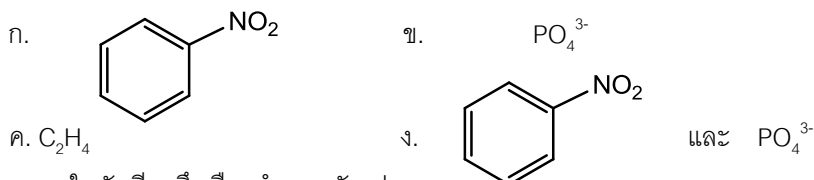
64.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ง.	ข.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น
ข.	ง.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า-เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
ค.	ค.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

ข้อ 65

65.1 โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



65.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
 ข. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้เฉพาะในโมเลกุลที่มีวงเบนซีน
 ข. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่
 ง. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว

65.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

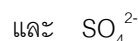
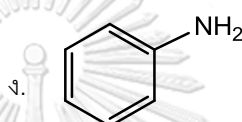
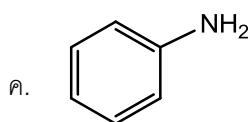
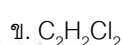
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น
ข.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า-เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

ข้อ 66

66.1 โมเลกุลใดสามารถเกิดโครงสร้างแบบเรโซแนนซ์ได้



66.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้เฉพาะในโมเลกุลที่มีวงเบนซีน
- ข. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่
- ค. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
- ง. โครงสร้างเรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว

66.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในวงเบนซีนเท่านั้น
ก.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า-เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีประจุลบ
ข.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า- เรโซแนนซ์เกิดได้ในโมเลกุลที่มีพันธะคู่

ข้อ 67

67.1 โมเลกุลโคเวเลนต์ในข้อใดมีรูปร่างโมเลกุลแบบสามเหลี่ยมแบนราบ



67.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
- ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่
- ค. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางมี 3 อะตอม
- ง. เป็นไอออนที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

67.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก / ข / ง	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล
ก / ข / ง	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลาง
ข	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - กรณีที่มีไฮออนรวมอยู่ด้วย เข้าใจว่าไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวส่งผลให้ทำนายรูปร่างโมเลกุล โคเวเลนต์คลาดเคลื่อน

ข้อ 68

68.1 โมเลกุลโคเวเลนต์ในข้อใดมีรูปร่างโมเลกุลแบบทรงสี่หน้า

ก. SiH_4 ข. XeF_4 ค. SF_4 ง. ICl_4^-

68.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 4 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 4 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่

ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 4 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่

ง. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางมี 4 อะตอม

68.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข/ ค/ ง	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล
ข/ ค/ ง	ง.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลาง
ง	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - กรณีที่มีไฮออนรวมอยู่ด้วย เข้าใจว่าไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวส่งผลให้ทำนายรูปร่างโมเลกุล โคเวเลนต์คลาดเคลื่อน

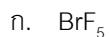
ข้อ 69

69.1 ข้อใดระบุรูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์ถูกต้อง

ก. ClF_3 มีรูปร่างแบบสามเหลี่ยมแบนราบข. C_2N_2 ไม่มีรูปร่างโมเลกุลค. ICl_3 มีรูปร่างแบบตัวทีง. SCl_2 มีรูปร่างแบบเส้นตรง

ข้อ 71

71.1 โมเลกุลโคเวเลนต์ในข้อใดมีรูปร่างโมเลกุลแบบพีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม



71.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางมี 5 อะตอม

ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่

ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 5 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่

ง. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 5 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

71.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค หรือ ง	ข. ค	ก. ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล
ก หรือ ค หรือ ง	ก	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - รูปร่างโมเลกุลพิจารณาจากจำนวนอะตอมที่อยู่รอบอะตอมกลาง

ข้อ 72

72.1 โมเลกุลโคเวเลนต์ในข้อใดมีรูปร่างโมเลกุลแบบทรงแปดหน้า



72.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางมี 4 อะตอม

ข. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 5 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

ค. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 4 คู่ มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่

ง. อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 6 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

72.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

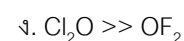
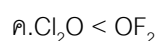
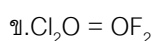
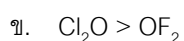
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวไม่มีผลต่อรูปร่างโมเลกุล

ข้อ 73

73.1 ข้อใดเปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง



73.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลทั้งสองมีรูปร่างแบบมุมงอเหมือนกัน
 ข. โมเลกุลทั้งสองมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเท่ากัน
 ค. OCl_2 มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางมากกว่า OF_2
 ง. OCl_2 มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางน้อยกว่า OF_2

73.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ก	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ขนาดของมุมงอแต่ละชนิดเท่ากัน โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
ข	ข	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -ขนาดของมุมงอพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โดยไม่พิจารณาจากค่า EN

ข้อ 74

74.1 ข้อใดเปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$ ข. $\text{H}_2\text{S} = \text{H}_2\text{O}$ ค. $\text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{O}$ ง. $\text{H}_2\text{S} \gg \text{H}_2\text{O}$

74.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลทั้งสองมีรูปร่างโมเลกุลเหมือนกัน
 ข. โมเลกุลทั้งสองมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่
 ค. H_2S มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางมากกว่า H_2O
 ง. H_2S มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางน้อยกว่า H_2O

74.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ก	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ขนาดของมุมงอแต่ละชนิดเท่ากัน โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
ข	ข	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -ขนาดของมุมงอพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โดยไม่พิจารณาจากค่า EN

ข้อ 75

75.1 ข้อใดเปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. $\text{NH}_3 > \text{PH}_3$ ข. $\text{NH}_3 = \text{PH}_3$ ค. $\text{NH}_3 < \text{PH}_3$ ง. $\text{NH}_3 \gg \text{PH}_3$

- ข. (1) > (2) ข. (1) < (2) ค. (1) = (2) ง. (1) << (2)

77.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลทั้งสองมีรูปร่างแบบมุมงอเหมือนกัน
 ข. โมเลกุลทั้งสองมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่เหมือนกัน
 ค. โมเลกุล (1) มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางมากกว่าโมเลกุล (2)
 ง. โมเลกุล (1) มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางน้อยกว่าโมเลกุล (2)

77.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค	ก	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ขนาดของมุมงอแต่ละชนิดเท่ากัน โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
ค	ข	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ขนาดของมุมงอพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดอย่างเดียว โดยไม่พิจารณาจากค่า EN

ข้อ 78

78.1 ถ้าสารประกอบโคเวเลนต์มีรูปร่างดังรูป (กำหนดค่า EN ของ X < Y)



ข้อใดเปรียบเทียบมุมระหว่างพันธะในโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. (1) > (2) ข. (1) < (2) ค. (1) = (2) ง. (1) << (2)

78.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลทั้งสองมีรูปร่างแบบมุมงอเหมือนกัน
 ข. โมเลกุลทั้งสองมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 คู่เหมือนกัน
 ค. โมเลกุล (1) มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางมากกว่าโมเลกุล (2)
 ง. โมเลกุล (1) มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่ห่างจากอะตอมกลางน้อยกว่าโมเลกุล (2)

78.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

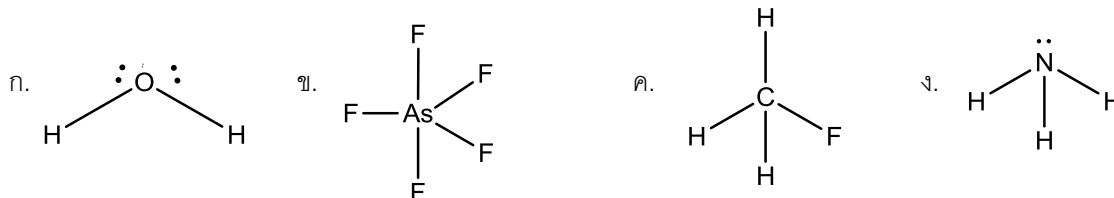
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค	ก	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ขนาดของมุมงอแต่ละชนิดเท่ากัน โดยไม่พิจารณาอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
ค	ก	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - ขนาดของมุมงอพิจารณาจากอิเล็กตรอนคู่โดดอย่างเดียว โดยไม่พิจารณาจากค่า EN

ข้อ 79

79.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว



79.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
 ข. พันธะไม่มีขั้วโมเลกุลจึงไม่มีขั้ว
 ค. โมเลกุลมีรูปร่างสมมาตรทำให้อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด
 ง. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน

79.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

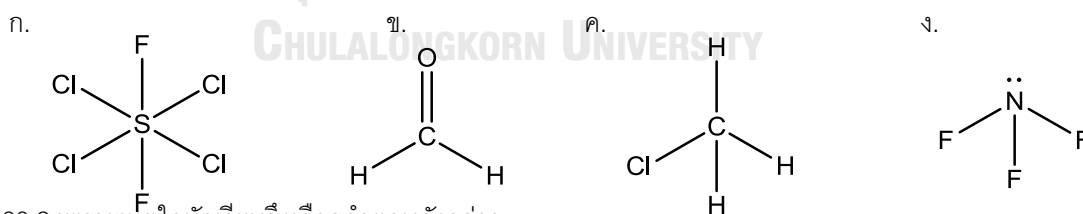
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ก	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
ค	ก	ก	

ข้อ 80

80.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว



80.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
 ข. โมเลกุลมีพันธะโคเวเลนต์ทั้งพันธะเดี่ยวและพันธะคู่
 ค. โมเลกุลมีรูปร่างสมมาตรทำให้อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด
 ง. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน

80.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

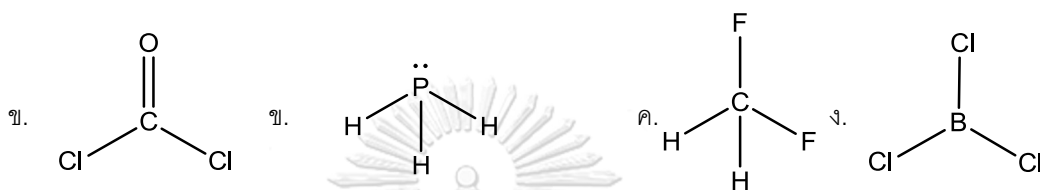
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข	ก	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
ค	ก	ก	

ข้อ 81

81.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว



81.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
 ข. โมเลกุลมีพันธะโคเวเลนต์ทั้งพันธะเดี่ยวและพันธะคู่
 ค. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน
 ง. โมเลกุลมีรูปร่างสมมาตรทำให้อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด

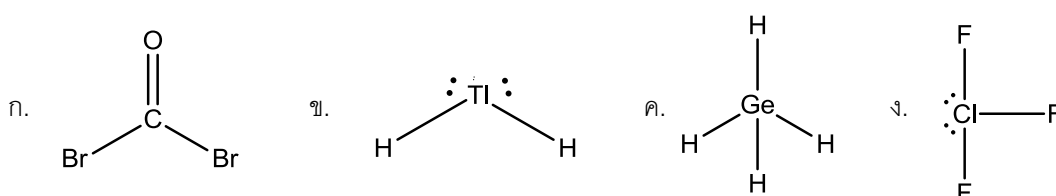
81.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ก	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
ค	ก	ก	

ข้อ 82

82.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว



82.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลมีรูปร่างสมมาตรทำให้อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด
 ข. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ

ค. โมเลกุลมีพันธะโคเวเลนต์ทั้งพันธะเดี่ยวและพันธะคู่

ง. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน

82.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

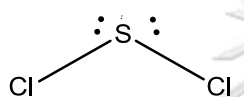
ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ค.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ข	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาถึงอะตอมล้อมรอบอะตอมกลางที่ต่างชนิดกัน

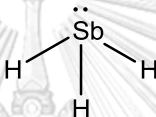
ข้อ 83

83.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

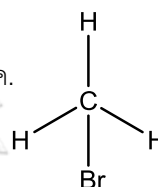
ข.



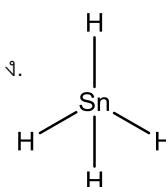
ข.



ค.



ง.



83.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. โมเลกุลมีรูปร่างสมมาตรทำให้อ่านาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด

ข. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ

ค. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน

ง. พันธะไม่มีขั้วโมเลกุลจึงไม่มีขั้ว

83.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

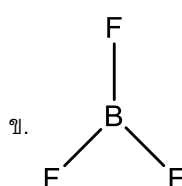
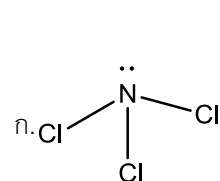
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

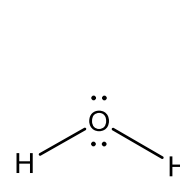
คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค	ข	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาถึงอะตอมล้อมรอบอะตอมกลางที่ต่างชนิดกัน

ข้อ 84

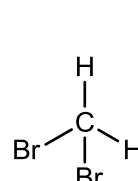
84.1 สารประกอบโคเวเลนต์ในข้อใดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว



ค.



ง.



84.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ
 ข. โมเลกุลมีพันธะโคเวเลนต์พันธะเดี่ยวทั้งหมด
 ค. อะตอมล้อมรอบอะตอมกลางเป็นอะตอมชนิดเดียวกัน
 ง. โมเลกุลมีรูปร่างสมมาตรทำให้อำนาจไฟฟ้าหักล้างกันหมด

84.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ง.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - โมเลกุลที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วเสมอ โดยไม่พิจารณาถึงอะตอมล้อมรอบอะตอมกลางที่ต่างชนิดกัน

ข้อ 85

85.1 ข้อใดเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรเจนเฮไลด์ได้ถูกต้อง

- ก. $HF < HI$ ข. $HF > HI$ ค. $HF = HI$ ง. $HF \ll HI$

85.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. HI มีมวลโมเลกุลมากกว่า HF
 ข. HF และ HI เป็นสารประกอบไฮโดรเจนเฮไลด์เหมือนกัน
 ค. HF และ HI มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว
 ง. HF มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนแต่ HI เป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

85.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า - พิจารณาจุดเดือดจากมวลโมเลกุล ไม่คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน

ข้อ 86

86.1 ข้อใดเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรเจนเฮไลด์ได้ถูกต้อง

- ก. $H_2O < H_2Te$ ข. $H_2O > H_2Te$ ค. $H_2O = H_2Te$ ง. $H_2O \ll H_2Te$

86.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. H_2Te มีมวลโมเลกุลมากกว่า H_2O
 ข. H_2O และ H_2Te เป็นสารประกอบไฮโดรเจนเฮไลด์เหมือนกัน
 ค. H_2O และ H_2Te มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว
 ง. H_2O มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนแต่ H_2Te เป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

86.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ก.	ค.	ก.	- พิจารณาจุดเดือดจากมวลโมเลกุล ไม่คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน

ข้อ 87

87.1 ข้อใดเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์ได้ถูกต้อง

- ก. $H_2O < H_2S$ ข. $H_2O = H_2S$ ค. $H_2O \ll H_2S$ ง. $H_2O > H_2S$

87.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. H_2S มีมวลโมเลกุลมากกว่า H_2O
 ข. H_2O และ H_2S เป็นสารประกอบไฮโดรเจนกับหมู่ VIA เหมือนกัน
 ค. H_2O และ H_2S มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว
 ง. H_2O มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนแต่ H_2S เป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

87.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ก.	ค.	ก.	- พิจารณาจุดเดือดจากมวลโมเลกุล ไม่คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน

ข้อ 88

88.1 ข้อใดเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบไฮไดรด์ของธาตุหมู่ VA ได้ถูกต้อง

- ก. $NH_3 > AsH_3$ ข. $NH_3 < AsH_3$ ค. $NH_3 = AsH_3$ ง. $NH_3 \ll AsH_3$

88.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. AsH_3 มีมวลโมเลกุลมากกว่า NH_3
 ข. NH_3 และ AsH_3 มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว
 ค. NH_3 และ AsH_3 เป็นสารประกอบไฮไดรด์ของธาตุหมู่ VA เหมือนกัน
 ง. NH_3 มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนแต่ AsH_3 เป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

88.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

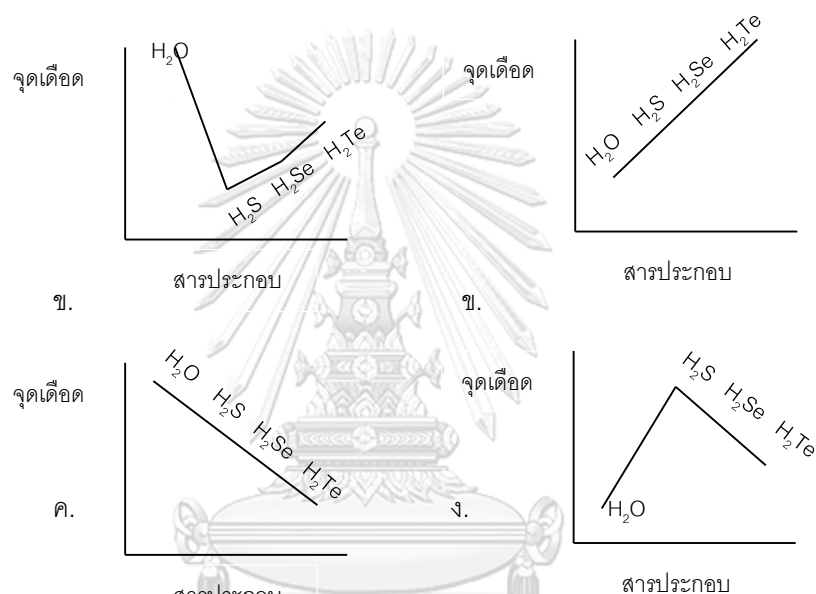
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ข.	ข.	ก.	- พิจารณาจุดเดือดจากมวลโมเลกุล ไม่คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน

ข้อ 89

89.1 กราฟในข้อใดแสดงการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรเจนกับธาตุหมู่ VIA ได้ถูกต้อง



89.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- จุดเดือดของสารประกอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามมวล
- จุดเดือดของสารประกอบจะมีค่าลดลงตามมวล
- H₂O มีพันธะไฮโดรเจน แต่ H₂S H₂Se H₂Te มีแรงดึงดูดระหว่างขั้ว
- สารทั้งสี่ชนิดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

89.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

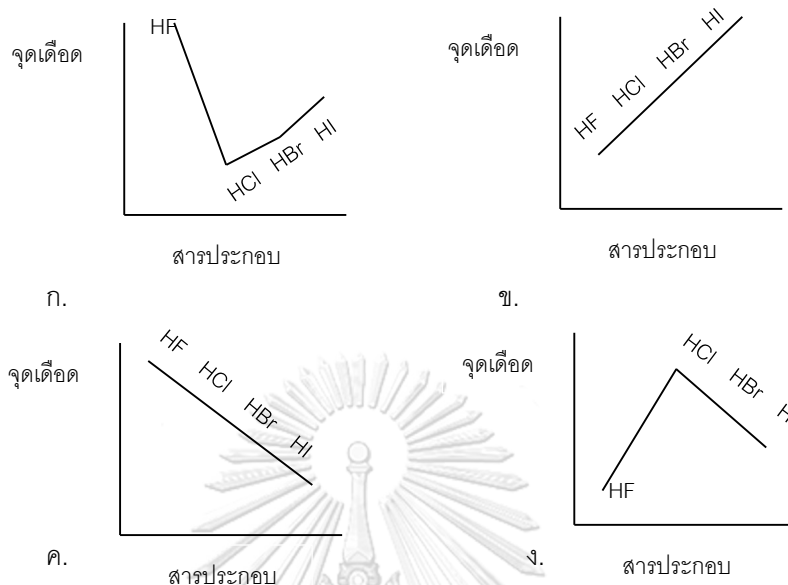
ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ข.	ง.	ก.	- พิจารณาจุดเดือดจากมวลโมเลกุล ไม่คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน

ข้อ 90

90.1 กราฟในข้อใดแสดงการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรเจนเฮไลด์ ได้ถูกต้อง



90.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. จุดเดือดของสารประกอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามมวล
- ข. จุดเดือดของสารประกอบจะมีค่าลดลงตามมวล
- ค. HF มีพันธะไฮโดรเจน แต่ HCl HBr HI มีแรงดึงดูดระหว่างขั้ว
- ง. สารทั้งสี่ชนิดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงดึงดูดระหว่างขั้ว

90.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
- ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ค.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ก.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ข.	ง.	ก.	- พิจารณาจุดเดือดจากมวลโมเลกุล ไม่คำนึงถึงพันธะไฮโดรเจน

ข้อ 91

91.1 พิจารณาสสมบัติของสารในตารางต่อไปนี้

สาร	จุดหลอมเหลว (C^0)	การนำไฟฟ้าในสถานะ		การละลายน้ำ
		ของแข็ง	ของเหลว	
A	114	ไม่นำ	ไม่นำ	ไม่ละลาย
B	1560	ไม่นำ	นำ	ละลาย
C	3550	ไม่นำ	ไม่นำ	ไม่ละลาย
D	1535	นำ	นำ	ไม่ละลาย

สารชนิดใดมีพันธะโลหะ

ข. สาร A

ข. สาร B

ค. สาร C

ง. สาร D

91.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงที่สุด

ข. นำไฟฟ้าได้เมื่อเป็นของเหลว

ค. ไม่สามารถละลายน้ำได้

ง. นำไฟฟ้าได้ทั้งของเหลวและของแข็ง

91.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ข.	ข.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

ข้อ 92

92.1 นำสารตัวอย่างจำนวน 3 ชนิดมาทำการทดสอบได้ผลดังนี้

ชนิดที่ 1 เป็นของแข็ง ไม่นำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว 543°C เมื่อหลอมเหลวนำไฟฟ้า จุดเดือด 931°C

ชนิดที่ 2 เป็นของแข็ง ไม่นำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว 75°C เมื่อหลอมเหลวไม่นำไฟฟ้า จุดเดือด 215°C

ชนิดที่ 3 เป็นของแข็ง นำไฟฟ้าได้ทั้งของแข็งและของเหลว จุดหลอมเหลว 1275°C จุดเดือด 2765°C

สารชนิดใดมีพันธะโลหะ

ก. สาร 1

ข. สาร 2

ค. สาร 3

ง. สาร 1 2 และ 3

92.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. นำไฟฟ้าได้ทั้งของเหลวและของแข็ง

ข. มีสถานะเป็นของแข็ง

ค. นำไฟฟ้าได้เมื่อเป็นของเหลว

ง. จุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำ

92.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
ค*	ก*	ก*	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก	ค	ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

ข้อ 93

93.1 พิจารณาสสมบัติของสารในตารางต่อไปนี้

สาร	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	การนำไฟฟ้าในสถานะ		ลักษณะที่ปรากฏ
		ของแข็ง	ของเหลว	
A	1465	ไม่นำ	นำ	ของแข็งสีขาว
B	78.3	-	ไม่นำ	ของเหลวใส

C	4830	ไม่นำ	ไม่นำ	ของแข็งใส
D	2572	นำ	นำ	ของแข็งสีน้ำตาล

สารชนิดใดมีพันธะโลหะ

- ก. สาร A ข. สาร B ค. สาร C ง. สาร D

93.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. จุดเดือดจุดเดือดสูงที่สุด ข. นำไฟฟ้าได้ทั้งของเหลวและของแข็ง
ค. นำไฟฟ้าได้เมื่อเป็นของเหลว ง. มีสถานะเป็นของเหลว

93.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ง.	*ข.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ก.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

ข้อ 94

94.1 นำสารตัวอย่างจำนวน 3 ชนิดมาทำการทดสอบได้ผลดังนี้

- ชนิดที่ 1 เป็นของแข็ง ไม่นำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว 89°C เมื่อหลอมเหลวไม่นำไฟฟ้า จุดเดือด 220°C
ชนิดที่ 2 เป็นของแข็ง นำไฟฟ้าได้ทั้งของแข็งและของเหลว จุดหลอมเหลว 1310°C จุดเดือด 2850°C
ชนิดที่ 3 เป็นของแข็ง ไม่นำไฟฟ้า จุดหลอมเหลว 890°C เมื่อหลอมเหลวนำไฟฟ้า จุดเดือด 910°C

สารชนิดใดมีพันธะโลหะ

- ก. สาร 1 ข. สาร 2 ค. สาร 3 ง. สาร 1 2 และ 3

94.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. นำไฟฟ้าได้ทั้งของเหลวและของแข็ง ข. มีสถานะเป็นของแข็ง
ค. นำไฟฟ้าได้เมื่อเป็นของเหลว ง. จุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำ

94.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ก.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค.	ค.	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

ข้อ 95

95.1 นำของแข็ง 4 ชนิดมาทดสอบการละลายน้ำและนำไฟฟ้า ได้ผลการทดสอบดังตาราง

สาร	การละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	
		ของแข็ง	ของเหลว
โครเมียม	×	✓	✓
น้ำตาลทราย	✓	×	×
โพแทสเซียมฟลูออไรด์	✓	×	✓
โซเดียมออกไซด์	✓	×	✓

สารชนิดใดยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะ

ก. โครเมียม

ข. น้ำตาลทราย

ค. โพแทสเซียมฟลูออไรด์

ง. โซเดียมออกไซด์

95.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. เป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้ดี

ข. เป็นของแข็งที่เปราะแตกง่าย

ค. เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้าหลอมเหลวแล้วนำไฟฟ้าได้

ง. เป็นของแข็งที่นำไฟฟ้าได้

95.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ก.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค	ค	ก.	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า
ง	ค	ก	-โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อ 96

96.1 นำของแข็ง 4 ชนิดมาทดสอบการละลายน้ำและนำไฟฟ้า ได้ผลการทดสอบดังตาราง

สาร	การละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	
		ของแข็ง	ของเหลว
กลูโคส	✓	×	×
อลูมิเนียม	×	✓	✓
แคลเซียมฟลูออไรด์	✓	×	✓
ลิเทียมออกไซด์	✓	×	✓

สารชนิดใดยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะ

ก. กลูโคส

ข. อลูมิเนียม

ค. แคลเซียมฟลูออไรด์

ง. ลิเทียมออกไซด์

96.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. เป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้ดี

ข. เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้าแต่ถ้าหลอมเหลวแล้วนำไฟฟ้าได้

ค. เป็นของแข็งที่เปราะแตกง่าย

ง. เป็นของแข็งที่นำไฟฟ้าได้

96.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

คำตอบ 1	คำตอบ 2	คำตอบ 3	การแปลความหมาย
*ข.	*ง.	*ก.	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ถูกต้อง
ค ง	ข ข	ก. ก	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า -โลหะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้นเหมือนสารประกอบไอออนิก



แบบประเมินระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจัยสาม
ระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์

ชื่อผู้ประเมิน

.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความเห็นของท่านของท่าน

5= เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4= เห็นด้วย 3=ไม่แน่ใจ 2= ไม่เห็นด้วย 1=ไม่เห็นด้วยอย่าง

ยิ่ง

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	5	4	3	2	1
	ลักษณะทั่วไปของระบบ					
1	มีการระบุเป้าหมายของการทดสอบอย่างชัดเจน					
2	มีการระบุเนื้อหาที่ทดสอบอย่างชัดเจน					
3	มีการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทดสอบอย่างครบถ้วน					
4	ระยะเวลาในการทดสอบมีความเหมาะสม					
5	รายงานผลการทดสอบมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย					
	การออกแบบระบบ					
6	มีการออกแบบระบบให้สวยงาม และน่าสนใจ					
7	มีการออกแบบข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจอให้อ่านง่าย					
8	มีการออกแบบระบบเครื่องมือบนหน้าจอให้ใช้งานได้ง่าย					
9	มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม					
10	มีการออกแบบลำดับการแสดงผลและข้อมูลย้อนกลับที่ชัดเจน					
	การทำงานของระบบ					
11	ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว					
12	ระบบมีแนวโน้มในการทำงานอย่างราบรื่น					
13	ระบบมีความเที่ยง (reliability)					

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	5	4	3	2	1
	คู่มือการใช้ระบบ					
14	คู่มือการใช้ระบบมีบทนำที่อธิบายความเป็นมาอย่างชัดเจน					
15	คู่มือการใช้ระบบ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย					
16	คู่มือการใช้ระบบมีภาพประกอบที่ชัดเจน					
17	คู่มือการใช้ระบบอธิบายเป็นขั้นตอนชัดเจน					

ข้อเสนอนี้เพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(สำหรับนักเรียน)

แบบประเมินความพึงพอใจระบบวินิจฉัยชมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้
แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์
ข้อมูลทั่วไป

เพศ ชาย หญิง

อายุ.....ปี

โรงเรียน.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความเห็นของท่านของท่าน

5= เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4= เห็นด้วย 3=ไม่แน่ใจ 2= ไม่เห็นด้วย 1=ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	5	4	3	2	1
	การใช้ระบบการทดสอบ					
1.	ระบบใช้งานง่ายทำงานไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว					
2.	ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว					
3.	ระบบมีความสะดวกในการพิมพ์รายงานผลการทดสอบ					
	การออกแบบระบบการทดสอบ					
4.	มีการออกแบบระบบให้มีความสวยงาม และน่าสนใจ					
5.	มีการออกแบบให้เครื่องมือบนหน้าจอสามารถใช้งานง่าย					
6.	มีการออกแบบให้ข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจออ่านง่าย					
7.	มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม					
8.	มีการออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับให้มีความชัดเจน					
	ความรู้สึกต่อระบบการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับ					
9.	เนื้อหาของบททดสอบครอบคลุมเรื่องพื้นฐานเคมี					
10.	ระยะเวลาของการทดสอบมีความเหมาะสม					
11.	รายงานผลการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง					
12.	ผลที่ได้จากการทดสอบมีความคุ้มค่า					

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้ระบบ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คู่มือการใช้ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี (MDSC: Misconception Diagnostic System in Chemistry)



ระบบนี้เป็นส่วนหนึ่งในวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต เรื่องการพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อน

ข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ ที่สร้างขึ้นนี้สอดคล้องกับแนวคิดการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (formative assessment) มีเป้าหมายของการพัฒนาระบบเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียนโดยมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้เรียนเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาตนเองหรือแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 องค์ประกอบ คือ 1) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ 2) การให้ข้อมูลสะท้อนกลับ โดยการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในครั้งนี้ มีเนื้อหาที่สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 3 เนื้อหา ได้แก่ 1) พันธะไอออนิก 2) พันธะโคเวเลนต์ 3) พันธะโลหะ เนื้อหาย่อย 16 เนื้อหา ผู้สอบต้องทำข้อสอบเนื้อหาย่อยละ 5 ข้อ รวมทั้งหมด 80 ข้อ

ลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับประกอบด้วย ระดับแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี และตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สองเป็นคำถามเกี่ยวกับเหตุผลสนับสนุนคำตอบในระดับแรกและตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่สามระดับความมั่นใจเป็นแบบตรวจสอบรายการ เลือกระหว่างมั่นใจและไม่มั่นใจ เกณฑ์การให้คะแนนถ้าตอบถูกระดับที่ 1 ได้ 1 คะแนน ตอบถูกทั้งระดับที่ 1 และ 2 และได้ 2 คะแนน แต่ถ้าตอบนอกเหนือจากนี้ได้ 0 คะแนน ส่วนระดับที่ 3 ให้เพื่อร่วมพิจารณาการมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน

ระบบวินิจฉัยจะรายงานผลการวินิจฉัยในแต่ละเนื้อหาย่อย โดยจัดกลุ่มนักเรียนออกเป็น 7 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีความหมายดังนี้

- 1) นักเรียนที่มีความรู้ดีมาก (very good in scientific knowledge) หมายความว่า นักเรียนทำข้อสอบได้ถูกต้องทั้ง 5 ข้อ ในแต่ละเนื้อหา
- 2) นักเรียนที่มีความรู้ดี (good in scientific knowledge) หมายความว่า นักเรียนทำข้อสอบได้ถูกต้อง 3-4 ข้อ ในแต่ละเนื้อหา
- 3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) หมายความว่า นักเรียนมีความเข้าใจในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมีที่ไม่สมบูรณ์คลาดเคลื่อนไปจากความจริงที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์ 3 ข้อขึ้นไปในแต่ละเนื้อหา

4) นักเรียนที่มีความคลาดเคลื่อนทางบวก (False positive) หมายความว่า นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลไม่ถูกต้อง 3 ข้อขึ้นไปในแต่ละเนื้อหา

5) นักเรียนที่มีความคลาดเคลื่อนทางลบ (False Negative) หมายความว่า นักเรียนไม่มีความรู้ในเนื้อหาแต่ตอบเหตุผลถูกต้อง 3 ข้อขึ้นไปในแต่ละเนื้อหา

6) นักเรียนที่เดาคำตอบถูก (Lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (Lack of confidence) หมายความว่า นักเรียนตอบข้อสอบได้ถูกต้องแต่ขาดความมั่นใจในคำตอบ 3 ข้อขึ้นไป

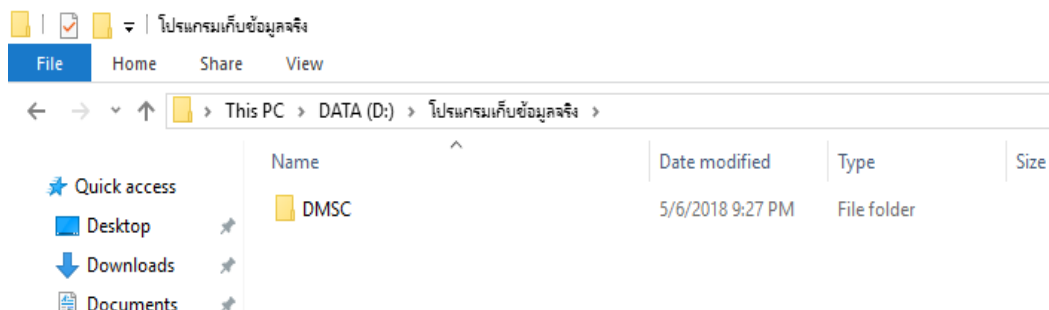
7) นักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge) หมายความว่านักเรียนตอบข้อสอบไม่ถูกต้อง 3 ข้อขึ้นไป

สำหรับผลการวินิจฉัยรวมทั้งหมดนั้นจะรายงานหลังจากการทำข้อสอบครบทั้ง 16 เนื้อหาย่อย โดยจะมีการรายงานคะแนนรวม คะแนนเฉลี่ยร้อยละ การแปลความหมายคะแนน จุดเด่น จุดด้อย และเรื่องที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการปรับปรุงและพัฒนาตนเอง

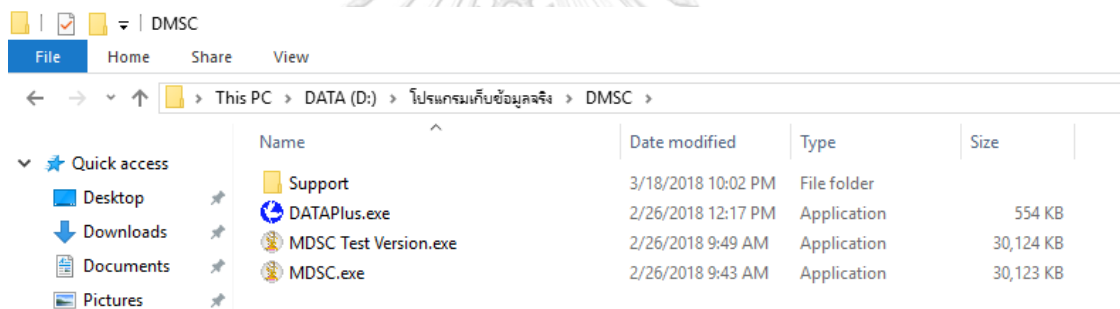
ผู้จัดทำระบบหวังเป็นอย่างยิ่งว่าระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำผลการทดสอบไปใช้ในการพัฒนาตนเองต่อไปในอนาคต

การติดตั้งโปรแกรม

1. การติดตั้งโปรแกรมเริ่มจากนำแฟ้มข้อมูล DMSC มาลงไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการติดตั้ง



2. คลิกที่แฟ้มข้อมูลจะปรากฏไฟล์ทั้งหมด 3 ไฟล์ และ 1 แฟ้มข้อมูล ได้แก่ 1) ไฟล์ MDSC Test Version.exe ใช้สำหรับทดลองโปรแกรม 2) ไฟล์ MDSC.exe ใช้ในการทดสอบจริง 3) ไฟล์ DATAPlus.exe ใช้สำหรับรวมข้อมูลของผู้สอบทุกคน ที่สอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างเครื่องกัน 4) แฟ้มข้อมูล Support เป็นที่เก็บข้อมูลภาพที่ใช้ในโปรแกรม



3. ให้ผู้ติดตั้งคลิกที่ไฟล์ MDSC.exe จะปรากฏหน้าจอที่พร้อมใช้งาน

การใช้งานโปรแกรมสำหรับผู้ทดสอบ

ขั้นตอนที่ 1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ

ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องดำเนินการเข้าสู่ระบบโดยคลิกที่ไฟล์ MDSC.exe หน้าแรก จะปรากฏข้อความดังภาพที่ 3 คลิกที่ปุ่มเข้าสู่ระบบ ทางด้านล่างขวาของหน้าจอ



ภาพที่ 3 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

เมื่อผู้เข้าทดสอบเข้าสู่ระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงหน้าจอรายละเอียดข้อมูลของผู้เข้าสอบต่างๆที่ระบบต้องการให้กรอก ดังภาพที่ 4

MDSC : Misconception Diagnostic System in Chemistry

ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

ชื่อ-นามสกุล : นายรักเรียน เรียนแก่ง

อายุ : 16 ปี ระดับชั้น : ม.4/2

เกรดเฉลี่ย : 2.50 เกรดวิชาวิทยาศาสตร์ : 2.5

สถานศึกษา : โรงเรียนทตลอง

อำเภอ : อำเภอทตลอง

จังหวัด : จังหวัดทตลอง

วันที่ทดสอบ : 08 กันยายน 2560

เข้าทดสอบ (ทดลองโปรแกรม)

ลำดับ	ชื่อ - นามสกุล
1	นายทตลอง ทำข้อสอบ
2	นายรักเรียน เรียนแก่ง
3	ทตลอง สอบ

Search ค้นหา

เข้าทดสอบ	ดูผลการทดสอบ
เลือกเครื่องพิมพ์	พิมพ์ผลการทดสอบ
ลบข้อมูล	ออกจากโปรแกรม

ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงข้อมูลผู้เข้าสอบ

ให้ผู้เข้ารับการทดสอบคลิกที่ปุ่ม เข้าทดสอบทางด้านล่างซ้ายของจอ ระบบจะแสดงคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ ซึ่งระบบนี้จัดทำขึ้นเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนในเรื่องพันธะเคมีโดยมีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับให้กับนักเรียนเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาตนเอง รายละเอียดของหน้าจอแสดงดังภาพที่ 5

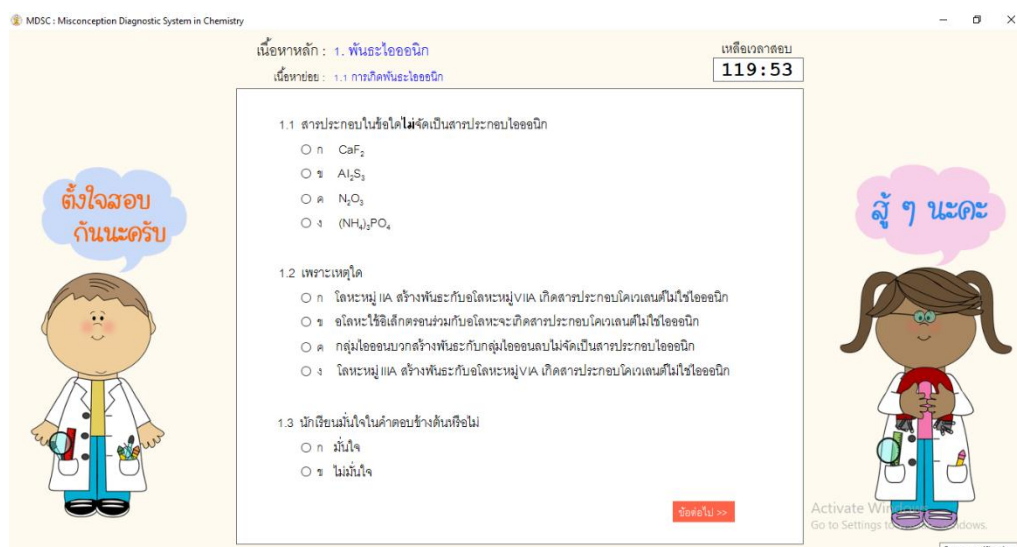
ภาพที่ 5 หน้าจอคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ

จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบ กดที่ปุ่มเข้าทดสอบ จะปรากฏ หน้าจอให้กรอกข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ชื่อ นามสกุล อายุ ระดับชั้น ผลการเรียนเฉลี่ย ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียน อำเภอ จังหวัด ให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบกรอกข้อมูลให้ครบถ้วนเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในรายงานผลการทดสอบ หน้าจอแสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 หน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลผู้เข้ารับการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดสอบ

เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบอ่านคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ พร้อมทั้งกรอกข้อมูลอย่างครบถ้วนแล้ว จะต้องกดปุ่ม เข้าทดสอบ จะปรากฏข้อสอบที่ละ 1 ข้อ และแสดงเวลาที่เหลือในการทดสอบไว้ที่มุมบนขวา ดังภาพที่ 7 โดยผู้ทดสอบจะต้องตอบ 3 คำตอบใน 1 ข้อ ในกรณีที่ผู้เข้าสอบตอบไม่ครบในแต่ละข้อจะมีข้อความแจ้งเตือนให้ผู้เข้าสอบตอบให้ครบ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงข้อสอบวินิจฉัยสามระดับ

1.1 สารประกอบในข้อใดไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก

- ก. CaF_2
- ข. Al_2S_3
- ค. N_2O_3
- ง. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกค่า

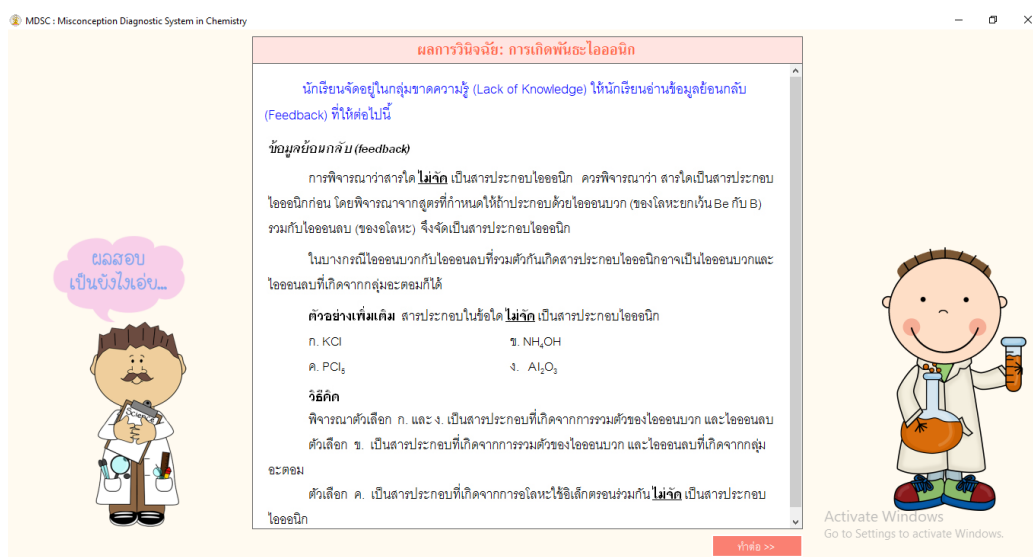
- ก. โลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
- ข. โลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกับโลหะจะเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก
- ค. กลุ่มไอออนบวกสร้างพันธะกับกลุ่มไอออนลบไม่จัดเป็นสารประกอบไอออนิก
- ง. โลหะหมู่ IIIA สร้างพันธะกับโลหะหมู่ VIA เกิดสารประกอบโคเวเลนต์ไม่ใช่ไอออนิก

1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่

- ก. มั่นใจ
- ข. ไม่มั่นใจ

ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อตอบข้อสอบไม่ครบ

จากนั้นคลิกปุ่ม ข้อถัดไป เพื่อทำข้อสอบต่อ เมื่อทำข้อสอบครบ 5 ข้อในแต่ละเนื้อหา ระบบจะแสดงข้อมูลย้อนกลับให้ผู้ทดสอบทราบ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยรายเนื้อหาและข้อมูลย้อนกลับ

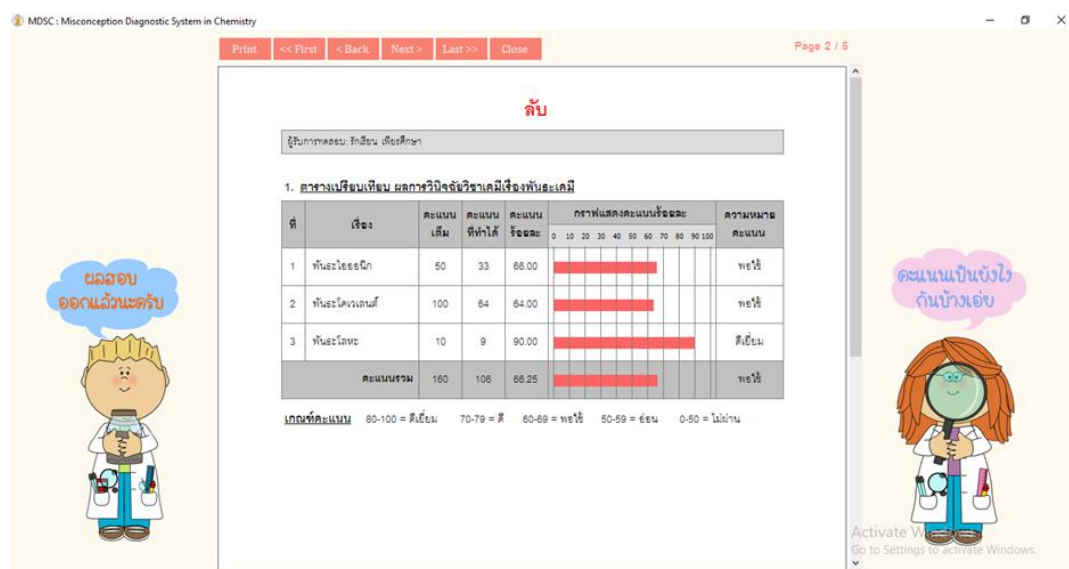
ขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการทดสอบ

เมื่อผู้เข้าทดสอบทำข้อสอบครบ 16 เนื้อหาย่อยซึ่งครอบคลุมเรื่องพันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ แล้วระบบจะรายงานผลการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความสามารถและข้อบกพร่องของนักเรียนเพื่อใช้ในการพัฒนาตนเอง สำหรับหน้าจอรายงานผลหน้าแรกจะแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าทดสอบแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าทดสอบ

หน้าจอรายงานผลหน้าที่ 2 แสดง ตารางและกราฟแสดงคะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ความหมายของคะแนนจำแนกเป็น 5 ระดับ ไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50) อ่อน (ร้อยละ 50-59) พอใช้ (ร้อยละ 60-69) ดี (ร้อยละ 70-79) และดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 รายงานคะแนนผลการวินิจฉัย

หน้าจอรายงานผลหน้าที่ 3 แสดง ตารางแสดงผลการวินิจฉัยวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี จำแนกตามเนื้อหาย่อยทั้ง 16 เนื้อหา โดยจะระบุว่าในแต่ละเนื้อหานักเรียนมีผลการวินิจฉัยเป็นอย่างไร ถ้ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายงานจะแสดงมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้ ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ผลการวินิจฉัยแยกตาม 16 เรื่องย่อย

หน้ารายงานผลหน้าที่ 4 เป็นสรุปผลการวินิจฉัยวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยจะสรุปภาพรวมเนื้อหาย่อยที่เป็นจุดเด่นคือเรื่องที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีมาก เรื่องที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน และจุดด้อยคือเรื่องที่ขาดความรู้ หรือเดาคำตอบถูก/ขาดความมั่นใจ ดังภาพที่ 13

ภาพที่ 13 สรุปจุดเด่นและจุดด้อย

หน้ารายงานผลหน้าที่ 5 รายงานข้อมูลย้อนกลับเพื่อการพัฒนา (feed forward) โดยจะให้แตกต่างกันไปตามคะแนนรวมที่ถูกเปลี่ยนเป็นร้อยละและแปลความหมายเป็น 5 ระดับ ไม่ผ่าน อ่อน พอใช้ ดี และดีเยี่ยม ดังภาพที่ 14

ภาพที่ 14 แนวทางในการพัฒนาตนเอง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุรเดช อนันตสวัสดิ์ เกิดวันพฤหัสบดีที่ 10 ตุลาคม พ.ศ.2528 ที่อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขามัธยมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอก เคมี-วิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 และสำเร็จการศึกษาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2556 ปัจจุบันรับราชการครู ตำแหน่ง ครู อันดับ คศ.2 โรงเรียนตลิ่งชันวิทยา อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

