ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายกิตติทัศน์ หวานฉ่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF FEEDBACK AND ANSWER CHANGING ON ACHIEVEMENT, GAINED SCORE, AND ABILITY TO SOLVE PHYSICS PROBLEMS OF TENTH GRADE STUDENTS

Mr. Kittitas Wancham

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education 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	ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดย	นายกิตติทัศน์ หวานฉ่ำ
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินดา วราสุนันท์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิตติทัศน์ หวานฉ่ำ : ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF FEEDBACK AND ANSWER CHANGING ON ACHIEVEMENT, GAINED SCORE, AND ABILITY TO SOLVE PHYSICS PROBLEMS OF TENTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์, 296 หน้า.

การวิจัยเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ แบบให้คำชี้แนะลดลง และแบบบอกผลการกระทำ (2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับและได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และ (3) วิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 381 คน ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือวิจัย คือ (1) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานซึ่งทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ 3 ประเภท จำนวน 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานกัน (2) แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำนวน 2 ฉบับที่มีความเป็นคู่ขนานกัน และ (3) แบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย สถิติทดสอบที (t-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างประเภทกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .93, $F(6, 752) = 4.37$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$ นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างประเภทกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่และแบบให้คำชี้แนะลดลงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างประเภทกันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่และแบบให้คำชี้แนะลดลงมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างประเภทกันมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่มีรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .93, $F(2, 378) = 14.84$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .07$ นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งนักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, Wilks' Lambda = .98, $F(4, 748) = 1.81$, $p = .13$, $\eta_p^2 = .01$ ทั้งนี้ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 อย่างไรก็ตาม มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5983376927 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEYWORDS: FEEDBACK/ FEEDBACK SCHEDULES/ ANSWER CHANGING/ PHYSICS ACHIEVEMENT/ ABILITY TO SOLVE PHYSICS PROBLEMS

KITTITAS WANCHAM: EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF FEEDBACK AND ANSWER CHANGING ON ACHIEVEMENT, GAINED SCORE, AND ABILITY TO SOLVE PHYSICS PROBLEMS OF TENTH GRADE STUDENTS. ADVISOR: ASSOC. PROF. KAMONWAN TANGDHANAKANOND, Ph.D., 296 pp.

This experimental research aimed to (1) compare achievement, gained score and ability to solve physics problems among students provided with static feedback with hints, reducing feedback with hints and knowledge of response feedback, (2) compare achievement and ability to solve physics problems among students who got and did not get the opportunities to change answers, and (3) examine interaction between feedback types and answer changing on achievement and ability to solve physics problems. Participants were 381 tenth grade students which were randomized by using multistage sampling method. Materials composed of two parallel computerized tests provided with 3 feedback types, two parallel physics problem-solving tests, and feedback and answer changing questionnaire. Descriptive statistics, t-test, ANOVA and MANOVA were performed to analyze the data. Research findings can be summarized as follows

1. The achievement, gained score and ability to solve physics problems of students provided with different feedback types were statistically significant different at .05 level, Wilks' Lambda = .93, $F(6, 752) = 4.37$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$. The achievement of students provided with different feedback types was statistically significant different at .05 level. Students provided with static feedback with hints and those provided with reducing feedback with hints had significantly higher achievement than students provided with knowledge of response feedback. Similarly, the ability to solve physics problems of students provided with different feedback types was statistically significant different at .05 level. Students provided with static feedback with hints and those provided with reducing feedback with hints had significantly higher ability to solve physics problems than students provided with knowledge of response feedback. However, the gained score of students provided with different feedback types was not statistically significant different at .05 level.

2. The achievement and ability to solve physics problems of students who got and did not get the opportunities to change answers was statistically significant different at .05 level, Wilks' Lambda = .93, $F(2, 378) = 14.84$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .07$. Students who got the opportunities to change answers had significantly higher achievement than those who did not get the opportunities to change answers. Furthermore, students who got the opportunities to change answers had significantly higher ability to solve physics problems than those who did not get the opportunities to change answers.

3. There was no interaction between feedback types and answer changing on achievement and ability to solve physics problems at .05 level of significance, Wilks' Lambda = .98, $F(4, 748) = 1.81$, $p = .13$, $\eta_p^2 = .01$. Similarly, there was no interaction between feedback types and answer changing on achievement at .05 level of significance. However, there was an interaction between feedback types and answer changing on ability to solve physics problems at .05 level of significance.

Department: Educational Research and Psychology Student's Signature .....
Field of Study: Educational Measurement and Evaluation Advisor's Signature .....
Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับความช่วยเหลือจากหลายบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย อีกทั้งยังกรุณาช่วยตรวจสอบการดำเนินการวิจัยในทุกขั้นตอน พร้อมทั้งดูแลเอาใจใส่และให้การสนับสนุนด้านต่างๆ รวมไปจนถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินดา วราสุนันท์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาการวัดประเมินผลการศึกษา และคณาจารย์ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาที่กรุณาถ่ายทอดความรู้อันทรงคุณค่า ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ความสามารถเพียงพอในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งขอขอบคุณนายกรวุฒิ แผนพรหม นายจิตวัฒน์ วิจิตรถาวร และเพื่อนๆ สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัยทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยให้มีคุณภาพ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาษีผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อมรรัตน์ บุบผโชติ อาจารย์น้ำฝน นาสวาสดิ์ อาจารย์พรเทพ ทองตั้ง อาจารย์พีรยุทธ ภักดีเจริญ อาจารย์วรรณา นาคศรีอาภรณ์ และอาจารย์ศศิพัชร ขวัญประชา อีกทั้งขอขอบคุณนายปัญญา รุ่งชัยวงศ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่าช่วยตรวจคำตอบแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอขอบคุณนางสาวณัฐฤทัย สุชาติล้ำพงศ์ นายศรายุทธ ดวงจันทร์ นางสาวอโณทัย สำลีอ่อน และนายอานนท์ เลิศประเสริฐ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณนางสาวเสาวรภย์ แสงอรุณ นางสาวรชยา เศรษฐจักษ์ และนางสาวเยาวเรศว์ อุปนันท์ ที่ช่วยติดต่อประสานงานกับทางโรงเรียน ทั้งนี้ขอขอบคุณผู้อำนวยการ และคณะครูโรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย โรงเรียนวัดสุทธิวราราม โรงเรียนราชวินิตมัธยม โรงเรียนเทพศิรินทร์ และโรงเรียนสิริรัตนาธรที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณพ่อและแม่ที่เลี้ยงดู และสนับสนุนด้านการศึกษาด้วยดีตลอดมา ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
คำถามการวิจัย 6
วัตถุประสงค์การวิจัย 6
สมมติฐานการวิจัย 7
ขอบเขตการวิจัย 8
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 9
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
ตอนที่ 1 การเปลี่ยนคำตอบ 13
ตอนที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับ 36
ตอนที่ 3 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 54
ตอนที่ 4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบแบบเติมคำ 62
ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย 78
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 80
กำหนดแบบแผนการวิจัย 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

กำหนดประชากรและตัวอย่างวิจัย 82
สร้างเครื่องมือวิจัย 85
เก็บรวบรวมข้อมูล 100
วิเคราะห์ข้อมูล 103
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 105
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลังของตัวอย่างวิจัย 105
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของผลการตอบคำถาม 106
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย 150
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 184
สรุปผลการวิจัย 185
อภิปรายผลการวิจัย 188
ข้อเสนอแนะ 192
รายการอ้างอิง 195
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย 208
ภาคผนวก ข ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 210
ภาคผนวก ค ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับ 231
ภาคผนวก ง โปรแกรมการทดสอบเรื่องงานและพลังงาน 262
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ Graded Response Model 273
ภาคผนวก ฉ ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 280
ภาคผนวก ช ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R 290
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 296

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตาราง 1.1 การให้คะแนนแบบบางส่วนของการตอบคำถามถูกต้องในแต่ละครั้ง..... 11

ตาราง 2.1 ข้อสรุปเกี่ยวกับผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ..... 31

ตาราง 2.2 ข้อสรุปเกี่ยวกับผลการศึกษาประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ... 47

ตาราง 2.3 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก..... 68

ตาราง 2.4 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก..... 69

ตาราง 3.1 รูปแบบสิ่งทดลอง..... 81

ตาราง 3.2 ข้อมูลโรงเรียนที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย..... 83

ตาราง 3.3 ความหมายของระดับผลการเรียนรายวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้..... 84

ตาราง 3.4 จำนวนตัวอย่างวิจัยแต่ละกลุ่มจำแนกตามระดับความสามารถ..... 85

ตาราง 3.5 ผังข้อสอบเรื่องงานและพลังงาน..... 86

ตาราง 3.6 แนวทางในการสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง..... 90

ตาราง 3.7 ผังข้อสอบสำหรับการสร้างแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์..... 95

ตาราง 3.8 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่นำไปทดลองใช้..... 98

ตาราง 3.9 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่นำไปทดสอบจริง..... 99

ตาราง 4.1 จำนวนตัวอย่างวิจัยที่เข้ารับการทดสอบแต่ละรูปแบบจำแนกตามเพศและระดับความสามารถ..... 106

ตาราง 4.2 เวลาที่นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกสำหรับการทดสอบแต่ละรูปแบบจากการทดสอบครั้งที่ 1..... 108

ตาราง 4.3 เวลาที่นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกสำหรับการทดสอบแต่ละรูปแบบจากการทดสอบครั้งที่ 2..... 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.4 เวลาที่นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกจำแนกตามรูปแบบการทดสอบและระดับความสามารถ 110

ตาราง 4.5 เวลาที่นักเรียนตอบคำถามแต่ละครั้งสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 2, 4 และ 6 ทดสอบครั้งที่ 1 112

ตาราง 4.6 เวลาที่นักเรียนตอบคำถามแต่ละครั้งสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 2, 4 และ 6 ทดสอบครั้งที่ 2 113

ตาราง 4.7 เวลาที่นักเรียนตอบคำถามแต่ละครั้งจำแนกตามรูปแบบการทดสอบและระดับความสามารถ 115

ตาราง 4.8 เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 1 และ 2 117

ตาราง 4.9 เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 3 และ 4 118

ตาราง 4.10 เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 5 และ 6 119

ตาราง 4.11 เวลาในการทำแบบสอบจำแนกตามรูปแบบการทดสอบและระดับความสามารถ 121

ตาราง 4.12 จำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้ง 123

ตาราง 4.13 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 124

ตาราง 4.14 ผลการเปรียบเทียบภายหลังของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และ 2 128

ตาราง 4.15 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ การเปลี่ยนคำตอบ และระดับความสามารถของนักเรียน 131

ตาราง 4.16 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้น 135

ตาราง 4.17 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้นจำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน 139

ตาราง 4.18 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 140

ตาราง 4.19 ผลการเปรียบเทียบภายหลังของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลอง 144

ตาราง 4.20 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ การเปลี่ยนคำตอบ และระดับความสามารถของนักเรียน 147

ตาราง 4.21 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติตัวแปรเดียวของตัวแปรตาม 151

ตาราง 4.22 ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยใช้ Levene's test 154

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของประเภทข้อมูลย้อนกลับ 157

ตาราง 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของการเปลี่ยนคำตอบ 157

ตาราง 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของตัวแปรต้น 159

ตาราง 4.26 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม 3 ตัว 161

ตาราง 4.27 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 162

ตาราง 4.28 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อคะแนนที่เพิ่มขึ้น 162

ตาราง 4.29 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 162

ตาราง 4.30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับ .. 163

ตาราง 4.31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 164

ตาราง 4.32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับโดยพิจารณาคะแนนที่เพิ่มขึ้น 165

ตาราง 4.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 166

ตาราง 4.34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของการเปลี่ยนคำตอบ 168

ตาราง 4.35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 168

ตาราง 4.36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 169

ตาราง 4.37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทางของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ 171

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทางของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 172

ตาราง 4.39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทางของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 174

ตาราง 4.40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทางของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ..... 177

ตาราง 4.41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทางของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 178

ตาราง 4.42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทางของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 180

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพ 2.1 ตัวอย่างลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ 42
ภาพ 2.2 โมเดล 5 ขั้น ของ Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan 53
ภาพ 2.3 โค้งลักษณะปฏิบัติการสำหรับข้อสอบที่มี 4 รายการคำตอบ 75
ภาพ 2.4 โค้งการเลือกรายการคำตอบสำหรับข้อสอบที่มี 4 รายการคำตอบ 77
ภาพ 2.5 กรอบแนวคิดการวิจัย 79
ภาพ 3.1 แบบแผนการวิจัย 81
ภาพ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง .. 91
ภาพ 3.3 หน้าลงทะเบียนเข้าทำแบบสอบในโปรแกรมการทดสอบ 93
ภาพ 3.4 ตัวอย่างบัตรประจำตัวผู้สอบ 103
ภาพ 4.1 เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกเฉลี่ยสำหรับการทดสอบแต่ละรูปแบบ 110
ภาพ 4.2 เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามแต่ละครั้งเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งที่ 1 111
ภาพ 4.3 เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามแต่ละครั้งเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งที่ 2 114
ภาพ 4.4 เวลาที่นักเรียนใช้ในการทำแบบสอบเฉลี่ยสำหรับรูปแบบการทดสอบ 6 รูปแบบ 120
ภาพ 4.5 ร้อยละของจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้ง 123
ภาพ 4.6 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ ... 125
ภาพ 4.7 การแจกแจงของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 127
ภาพ 4.8 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ 127
ภาพ 4.9 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ 130
ภาพ 4.10 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ 132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 4.11 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกระดับความสามารถของนักเรียน 133

ภาพ 4.12 คะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ ... 134

ภาพ 4.13 การแจกแจงของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 136

ภาพ 4.14 box-and-whisker plot ของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ 137

ภาพ 4.15 box-and-whisker plot ของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 จำแนกระดับความสามารถของนักเรียน 139

ภาพ 4.16 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองจำแนกตามรูปแบบการทดสอบ 141

ภาพ 4.17 การแจกแจงของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง 142

ภาพ 4.18 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ 143

ภาพ 4.19 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ 145

ภาพ 4.20 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ 148

ภาพ 4.21 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกระดับความสามารถของนักเรียน 150

ภาพ 4.22 normal Q-Q plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 152

ภาพ 4.23 แผนภาพการกระจายของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของประเภทข้อมูลย้อนกลับ 158

ภาพ 4.24 แผนภาพการกระจายของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของการเปลี่ยนคำตอบ 158

ภาพ 4.25 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ 165

ภาพ 4.26 ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ 165

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพ 4.27 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ 167
ภาพ 4.28 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ 169
ภาพ 4.29 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ 170
ภาพ 4.30 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ 173
ภาพ 4.31 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ 174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตั้งอยู่บนจุดมุ่งหมายพื้นฐาน 2 ประการ คือ การประเมินเพื่อการพัฒนา (formative assessment) และการประเมินสรุปผลการเรียนรู้ (summative assessment) การประเมินเพื่อการพัฒนาเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาจุดเด่นและจุดอ่อนของนักเรียน จึงนำไปสู่การส่งเสริมหรือปรับปรุงการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนทราบพัฒนาการและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ รวมทั้งได้แก้ไขข้อบกพร่องของตนเอง สิ่งสำคัญที่สุดในการประเมินเพื่อการพัฒนา คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนเพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ตลอดจนทำให้นักเรียนสามารถตั้งเป้าหมายและพัฒนาตนเองได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553; ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2551) จะเห็นได้ว่าการประเมินเพื่อการพัฒนาเป็นสิ่งที่สำคัญและควรประเมินควบคู่ไปกับกระบวนการเรียนรู้ (Brookhart, 2008) นอกจากนี้ หากพิจารณาการประเมินเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้แบบสอบพบว่า เมื่อนักเรียนตอบคำถามผิด นักเรียนจะไม่ได้รับคะแนนในข้อนั้น อีกทั้งยังไม่ได้รับโอกาสในการแก้ไขข้อผิดพลาดของตน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วถึงแม้ว่านักเรียนจะไม่ได้มีความรู้อย่างสมบูรณ์ที่จะตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้อง แต่นักเรียนอาจจะมีความรู้เพียงบางส่วนที่พอจะตอบคำถามได้ถูกต้อง จึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองตามความรู้ที่มีอยู่จึงจะแสดงถึงระดับความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน (Attali & Powers, 2010)

แนวคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบเริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1929 จนกระทั่งปัจจุบันพบว่ามีผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน นั่นคือการเปลี่ยนคำตอบส่งผลดีต่อคะแนนสอบโดยทำให้นักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบ (Al-Hamly & Coombe, 2005) กล่าวคือ นักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่าการเปลี่ยนคำตอบประเภทอื่นจึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนคำตอบ (Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Bridgeman, 2012; Liu, Bridgeman, Gu, Xu, & Kong, 2015; Waddell & Blankenship, 1994) ทั้งนี้การเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนยังได้รับอิทธิพลมาจากระดับความสามารถ โดยนักเรียน

ที่มีความสามารถระดับสูงมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (Friedman & Cook, 1995; Liu et al., 2015; McMorris, DeMers, & Schwarz, 1987; Vispoel, 2000) หากพิจารณาเกี่ยวกับเพศของนักเรียนพบว่าเพศชายและเพศหญิงมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน (Geiger, 1991; Mueller & Wasser, 1977; Smith, White, & Coop, 1979) นอกจากนี้ปัจจัยด้านแบบสอบยังส่งผลต่อการเปลี่ยนคำตอบไม่ว่าจะเป็นความยากของข้อสอบและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ข้อสอบมุ่งวัด โดยนักเรียนเปลี่ยนคำตอบเมื่อข้อสอบยากมากกว่าข้อสอบง่าย โดยที่หลังจากการเปลี่ยนคำตอบ นักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นสำหรับข้อสอบง่ายมากกว่าข้อสอบยาก (Al-Hamly & Coombe, 2005; Ferguson, Kreiter, Peterson, Rowat, & Elliott, 2002; Green, 1981) อย่างไรก็ตาม นักเรียนจะเปลี่ยนคำตอบเมื่อทำข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูงมากกว่าข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับต่ำ อีกทั้งพบว่านักเรียนมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกเมื่อทำข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูงมากกว่าข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับต่ำ (Smith, White, & Coop, 1979)

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบในการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์เปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้ตั้งแต่ 1 ครั้ง จนถึง 3 ครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบไม่เกิน 3 ครั้ง ต่อการทำข้อสอบ 1 ข้อ (Edwards & Marshall, 1977; Tiemann & Kingston, 2014) ทั้งนี้การเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบแต่ละรูปแบบล้วนทำให้นักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ (Attali & Powers, 2010; Attali & van der Kleij, 2017; Narciss et al., 2014) อีกทั้งการเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบจะช่วยลดความตึงเครียดในการสอบและเพิ่มความตรงของคะแนนสอบ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนได้อ่านและคิดทบทวนคำตอบจะทำให้เข้าใจคำถามมากยิ่งขึ้น จึงทำให้พบข้อผิดพลาดในการทำข้อสอบไม่ว่าจะเป็นการตีความข้อสอบผิด การคำนวณผิดพลาด การทำเครื่องหมายตอบคำถามผิดช่อง รวมทั้งยังอาจจะระลึกความรู้ได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นคะแนนสอบที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบจะสะท้อนถึงระดับความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน คะแนนสอบที่ได้จึงไม่รวมผลจากการเลือกคำตอบผิดพลาดหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ (Vispoel, 1998; Vispoel, Hendrickson, & Bleiler, 2000) นอกจากนี้หากเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามครั้งที่ 2 หลังจากตอบคำถามครั้งแรกผิด จะได้ว่านักเรียนมีจำนวนข้อสอบที่เปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่าจำนวนข้อสอบที่เดาถูกอย่างสุ่ม (Merrel, Cirillo, Schwartz, & Webb, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าเมื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำตอบได้ 2 ครั้ง หลังการตอบคำถามครั้งที่ 2 นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการตอบคำถามครั้งที่ 1 และหลังการตอบคำถามครั้งที่ 3 นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการตอบคำถามครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Attali, 2011)

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบในระยะหลังมีการศึกษาร่วมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ เนื่องจากนักเรียนจะตัดสินใจเปลี่ยนคำตอบเมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลเพิ่มเติม ทั้งนี้ข้อมูลที่นักเรียนได้รับนั้นควรมาจากข้อมูลย้อนกลับ (Attali & Powers, 2010; Attali, 2011; Attali, Laitusis & Stone, 2016) โดยข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินเพื่อการพัฒนาเนื่องจากข้อมูลย้อนกลับช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น ทราบข้อผิดพลาด และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเอง พร้อมทั้งทราบแนวทางที่ควรปฏิบัติเพื่อให้สามารถดำเนินงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ (Attali, 2015; Shute, 2007; van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนสามารถให้โดยครู เพื่อน พ่อแม่ ตัวนักเรียนเอง ประสบการณ์ หนังสือ และคอมพิวเตอร์ (Brookhart, 2008; Hattie & Timperley, 2007; McMillan, 2014; Shute, 2007) ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์มีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยแหล่งข้อมูลอื่น (Hattie & Timperley, 2007) เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันทีหลังจากนักเรียนแต่ละคนตอบคำถามและสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนได้จำนวนมากโดยปราศจากอคติ (Mason & Bruning, 2001)

ข้อมูลย้อนกลับสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามความซับซ้อนของข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด (elaborated feedback) มีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน (verified feedback) (van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลย้อนกลับที่มีแนวโน้มมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับประเภทอื่น คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะ (hints) (อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม, 2555; Attali, 2015; Narciss et al., 2014) ในการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนนอกจากจะพิจารณาจากองค์ประกอบและเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแล้ว ควรพิจารณาลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback schedules) (Johnson, Reisslein, & Reisslein, 2015)

ลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับสามารถแบ่งได้เป็นข้อมูลย้อนกลับคงที่ (static feedback) การลดข้อมูลย้อนกลับ (reducing feedback) และการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับ (increasing feedback) โดยทั่วไปแล้วการให้ข้อมูลย้อนกลับนั้นเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่ซึ่งให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยให้จำนวนสารสนเทศอย่างคงที่ตลอดการทำแบบสอบ ส่วนการลดข้อมูลย้อนกลับเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ลดสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียน กล่าวคือ หากแบ่งแบบสอบเป็น 2 ส่วน เท่าๆ กัน จะได้ว่าแบบสอบส่วนที่สองนั้น นักเรียนจะได้รับสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับน้อยกว่าสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับเมื่อทำแบบสอบส่วนที่หนึ่ง และการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เพิ่มสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียน กล่าวคือ หากแบ่งแบบสอบเป็น 2 ส่วน เท่าๆ กัน จะได้ว่าแบบสอบส่วนที่สองนั้น นักเรียนจะได้รับสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับมากกว่าสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับเมื่อทำแบบสอบส่วนที่หนึ่ง ทั้งนี้มีผลการศึกษาที่พบว่าเมื่อให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ (response-contingent feedback) โดยให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่และการลดข้อมูลย้อนกลับจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับ (Johnson, Reisslein, & Reisslein, 2015) อาจเนื่องมาจากการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับ นักเรียนจะได้รับสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับในส่วนแรกน้อยกว่าสารสนเทศที่จะได้รับจากข้อมูลย้อนกลับในส่วนที่สอง ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการนำไปแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเอง จึงทำให้พัฒนาตนเองได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้มีแรงจูงใจในการเรียนลดลงและขัดขวางการเรียนรู้ของนักเรียน (Goodman & Wood, 2009)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ อย่างไรก็ดี อิทธิพลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนขึ้นอยู่กับระดับของตัวแปรอื่นไม่ว่าจะเป็นความละเอียดของข้อมูลย้อนกลับ ระดับความสามารถของนักเรียน ความซับซ้อนของพฤติกรรมการเรียนรู้ เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ และรูปแบบข้อคำถาม โดยข้อมูลย้อนกลับที่มีความละเอียดมากส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับที่มีความละเอียดน้อย โดยที่ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดเหมาะสำหรับพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูง ทั้งนี้นักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันจะได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภทแตกต่างกัน กล่าวคือนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยันมากที่สุด ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดมากที่สุด ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับทั้ง 2 ประเภท ไม่แตกต่างกัน (Mason & Bruning, 2001; Shute, 2007) นอกจากนี้แล้วรูปแบบข้อคำถามยังส่งผลต่ออิทธิพลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กล่าวคือ หากให้ข้อมูลย้อนกลับและเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบ พบว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำมีคะแนนเพิ่มขึ้นสูงกว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก โดยที่ทั้งความเที่ยงและความตรงของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คะแนนสอบหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบจากแบบสอบแบบเติมคำมีค่าสูงกว่าความเที่ยงและความตรงของคะแนนสอบหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบจากแบบสอบแบบหลายตัวเลือก และหากพิจารณาถึงความพยายามในการเปลี่ยนคำตอบพบว่า นักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือกมีความพยายามในการเปลี่ยนคำตอบน้อยกว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำ (Attali, 2015; Attali, Laitusis & Stone, 2016) นอกจากข้อมูลย้อนกลับจะส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแล้ว ข้อมูลย้อนกลับยังช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นความสามารถในการแสดงวิธีการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดย Belikov (1989) ได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไว้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์คำตอบ อย่างไรก็ดี การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สามารถทำได้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การสอนแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยตรง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนตามแนวอริยสัจ 4 และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (นฤมล ฉิมงาม, 2558; เสฏฐวุฒิ มุลอามาตย์, 2549; Selçuk, Çalışkan, & Erol, 2008) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ยังสามารถพัฒนาโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน กล่าวคือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบโดยให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่และการลดข้อมูลย้อนกลับจะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่าการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับ (Johnson, Reisslein, & Reisslein, 2015) นอกจากนี้นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยบอกความถูกต้อง (multiple-try feedback with knowledge of the correct response) และข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยให้คำชี้แนะ (multiple-try feedback with hints) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ (Attali, 2015)

จากผลการศึกษาที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ และยังมีการศึกษาเกี่ยวกับลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับค่อนข้างน้อย ทำให้มีผลการศึกษาที่ไม่ชัดเจนเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่และการลดข้อมูลย้อนกลับ อีกทั้งข้อมูลย้อนกลับยังช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในบริบทของการประเมินเพื่อการพัฒนา โดยเลือกใช้ข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด นั่นคือข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะร่วมกับลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ 2 ประเภท ได้แก่ การให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่ และการลดข้อมูลย้อนกลับ โดยให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (static feedback with hints) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (reducing feedback with hints) และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of response feedback) ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนกลับระดับพื้นฐาน และมีการเปลี่ยนคำตอบ 2 รูปแบบ คือ การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้สูงสุดจำนวน 3 ครั้ง การวิจัยนี้ใช้แบบสอบแบบเติมคำในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเนื่องจากเป็นแบบสอบที่ให้ประโยชน์สำหรับการประเมินเพื่อการพัฒนามากที่สุด ซึ่งผลการวิจัยนี้จะให้สารสนเทศแก่ครูผู้สอนในการออกแบบข้อมูลย้อนกลับ และกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบที่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

คำถามการวิจัย

1. ข้อมูลย้อนกลับประเภทใดที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่ากัน

2. การเปลี่ยนคำตอบรูปแบบใดที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่ากัน

3. มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หรือไม่ อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำโดยได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบและได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบเมื่อทำแบบสอบแบบเติมคำ

3. เพื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำ

สมมติฐานการวิจัย

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยเพื่อใช้ในการตั้งสมมติฐานการวิจัยพบว่า การลดข้อมูลย้อนกลับช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการถ่ายโอนความรู้ที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับ (Goodman & Wood, 2009) ซึ่งข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะเป็นข้อมูลย้อนกลับที่ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีแนวโน้มมีประสิทธิภาพมากที่สุด (อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม, 2555; Attali, 2015; Narciss et al., 2014) หากพิจารณาเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบพบว่า นักเรียนที่เปลี่ยนคำตอบส่วนใหญ่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ (Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984) อีกทั้งการเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามครั้งที่ 2 หลังจากตอบคำถามครั้งแรกผิดพบว่า นักเรียนมีจำนวนข้อสอบที่เปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่าจำนวนข้อสอบที่เดาถูกอย่างสุ่ม (Merrel et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าเมื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้ 2 ครั้ง หลังการตอบคำถามครั้งที่ 2 นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการตอบคำถามครั้งที่ 1 และหลังการตอบคำถามครั้งที่ 3 นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการตอบคำถามครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Attali & Powers, 2010; Attali, 2011) จากรายละเอียดข้างต้นจึงนำไปสู่การตั้งสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงน่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

2. นักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบน่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

3. น่าจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนโดยใช้แบบสอบแบบเติมคำซึ่งมีคำตอบเป็นตัวเลข ทั้งนี้ข้อสอบมุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับการประยุกต์ใช้ ซึ่งเหมาะสมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะ (van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015; van der Kleij, Timmers, & Eggen, 2011) ซึ่งให้ข้อมูลย้อนกลับโดยคอมพิวเตอร์ ส่วนการตรวจให้คะแนนนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการให้คะแนนแบบบางส่วน (partial credit score) เนื่องจากการให้คะแนนแบบบางส่วนจะทำให้แบบสอบมีความตรงและความเที่ยงสูงกว่าการให้คะแนนแบบสูงสุด (maximum score) ซึ่งให้คะแนนเต็มสำหรับนักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้องไม่ว่าตอบถูกในการตอบคำถามครั้งใดก็ตาม (Attali & Powers, 2010) ประชากรวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 36,272 คน แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 15,913 คน และเพศหญิง จำนวน 20,359 คน ซึ่งเป็นข้อมูล ณ วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ.2560 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) โดยมีตัวแปรที่ศึกษาดังนี้

ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระในการวิจัยมี 2 ตัวแปร ได้แก่

1) ประเภทข้อมูลย้อนกลับ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

2) การเปลี่ยนคำตอบ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามในการวิจัยมี 3 ตัวแปร ได้แก่

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) คะแนนที่เพิ่มขึ้น

3) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลย้อนกลับ หมายถึง สารสนเทศที่คอมพิวเตอร์ให้แก่นักเรียนหลังจากนักเรียนตอบคำถาม เพื่อให้นักเรียนนำสารสนเทศที่ได้รับไปปรับปรุงกระบวนการหาคำตอบที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งข้อมูลย้อนกลับที่ให้แก่นักเรียนมี 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะแก่นักเรียนเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน โดยมีจำนวนสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียนเท่ากันตลอดทั้งแบบสอบ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะให้ข้อเสนอแนะหลังจากนักเรียนตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบครั้งแรกผิด และให้ข้อมูลย้อนกลับเพียงชุดเดียวสำหรับข้อสอบแต่ละข้อ

ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะแก่นักเรียนเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน โดยมีจำนวนสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียนเท่ากับสารสนเทศของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่สำหรับข้อสอบ 5 ข้อแรก ส่วนข้อสอบ 5 ข้อสุดท้าย สารสนเทศที่ให้แก่นักเรียนมีจำนวนน้อยกว่าสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับสำหรับข้อสอบ 5 ข้อแรก ซึ่งคอมพิวเตอร์จะให้ข้อเสนอแนะหลังจากนักเรียนตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบครั้งแรกผิด และให้ข้อมูลย้อนกลับเพียงชุดเดียวสำหรับข้อสอบแต่ละข้อ

ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบว่าคำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด โดยคอมพิวเตอร์จะบอกผลการตอบหลังจากนักเรียนตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบแต่ละครั้ง

การเปลี่ยนคำตอบ หมายถึง กระบวนการที่นักเรียนเกิดความไม่แน่ใจในคำตอบเดิมหลังจากพิจารณาคำตอบนั้นอย่างรอบคอบ จึงตัดสินใจเปลี่ยนเป็นคำตอบใหม่โดยตรวจสอบจากผลการตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบ ซึ่งมีการเปลี่ยนคำตอบ 2 รูปแบบ ได้แก่ การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ หมายถึง การไม่อนุญาตให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหลังจากตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบครั้งแรกผิด

การเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ หมายถึง การอนุญาตให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหลังจากตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบครั้งแรกผิด โดยนักเรียนสามารถเปลี่ยนคำตอบได้สูงสุดจำนวน 3 ครั้ง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนสอบรวมทั้งฉบับของนักเรียนที่ทำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน สำหรับนักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบพิจารณาคะแนนสอบรวมทั้งฉบับจากการตอบคำถามครั้งสุดท้าย

คะแนนที่เพิ่มขึ้น หมายถึง คะแนนสอบจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนที่ได้รับเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ ซึ่งคำนวณได้โดยนำคะแนนสอบรวมทั้งฉบับของนักเรียนสำหรับการตอบคำถามครั้งสุดท้ายลบด้วยคะแนนสอบรวมทั้งฉบับของนักเรียนสำหรับการตอบคำถามครั้งแรก

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงวิธีการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เสนอโดย Belikov (1989) วัดโดยใช้แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ซึ่งเป็นแบบสอบแบบความเรียงจำกัดคำตอบ จำนวน 4 ข้อ โดยมีแบบสอบ 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานกัน

แบบสอบ หมายถึง แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน มีลักษณะเป็นแบบสอบแบบเติมคำซึ่งมีคำตอบเป็นตัวเลข จำนวน 10 ข้อ โดยมีแบบสอบ 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โปรแกรมการทดสอบ หมายถึง โปรแกรมการทดสอบเรื่องงานและพลังงานโดยมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ (1) หน้าลงทะเบียน (2) คำชี้แจงในการทำแบบสอบ (3) ตัวอย่างการตอบคำถาม (4) พื้นที่ในการทำแบบสอบ ซึ่งแบ่งเป็นแถบเครื่องมือ พื้นที่สำหรับโจทย์ปัญหาและการตอบคำถาม ผลการตอบคำถาม และข้อมูลย้อนกลับ และ (5) หน้าสรุปผลคะแนนสอบ ซึ่งโปรแกรมการทดสอบจะเก็บข้อมูลพื้นฐาน ผลการตอบคำถามแต่ละครั้ง เวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ และเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบของนักเรียน

การให้คะแนนแบบบางส่วน หมายถึง ระบบการให้คะแนนที่ให้คะแนนเต็มสำหรับนักเรียนที่ตอบคำถามแต่ละข้อถูกต้องครั้งแรก ซึ่งเท่ากับ 1 คะแนน ส่วนคะแนนสำหรับการตอบคำถามถูกต้องในครั้งถัดไปจะลดลงตามจำนวนครั้งที่ตอบคำถาม และหากนักเรียนตอบคำถามผิดสำหรับ

การตอบคำถามครั้งที่ 4 จะได้รับ 0 คะแนน โดยในการวิจัยนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้สูงสุดจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งคะแนนจากการตอบคำถามถูกต้องในแต่ละครั้งแสดงดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1

การให้คะแนนแบบบางส่วนของการตอบคำถามถูกต้องในแต่ละครั้ง

ครั้งที่ตอบคำถามถูกต้อง	คะแนนที่ได้รับ
1	1.00
2	0.75
3	0.50
4	0.25

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการเลือกใช้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการเลือกรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

3. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการออกแบบข้อมูลย้อนกลับ และกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบที่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งนำเสนอเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปลี่ยนคำตอบ

1.1 ความหมายของการเปลี่ยนคำตอบ

1.2 ประเภทของการเปลี่ยนคำตอบ

1.3 สาเหตุของการเปลี่ยนคำตอบ

1.4 ผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบ

1.5 รูปแบบการทดสอบที่ศึกษาการเปลี่ยนคำตอบ

1.6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ

1.7 วิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบ

ตอนที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับ

2.1 ความหมายของข้อมูลย้อนกลับ

2.2 องค์ประกอบของข้อมูลย้อนกลับ

2.3 เนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับ

2.4 ประเภทของข้อมูลย้อนกลับ

2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ

2.6 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ

2.7 ประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.1 ความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.2 ประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.3 ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

3.5 วิธีการวัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ตอนที่ 4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบแบบเติมคำ

4.1 ขั้นตอนการสร้าง

4.2 การตรวจสอบคุณภาพ

4.3 Graded Response Model

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

โดยแต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การเปลี่ยนคำตอบ

1.1 ความหมายของการเปลี่ยนคำตอบ

การเปลี่ยนคำตอบ (answer changing) มีคำที่ใช้ในความหมายเดียวกันหลายคำ ได้แก่ การเปลี่ยนผลการตอบ (answer responsing) การสับเปลี่ยนคำตอบ (answer switching) การแก้ไขคำตอบ (answer revisioning) และการลบคำตอบ (answer erasuring) โดยมีนักวิชาการให้ความหมายของการเปลี่ยนคำตอบที่สอดคล้องกัน คือ ร่องรอยที่เหลือจากการยกเลิกคำตอบเดิมหรือลบคำตอบเดิม แล้วเปลี่ยนเป็นคำตอบใหม่ในกระดาษคำตอบ (Afolabi, 2007; Mroch, Lu, Huang, & Harris, 2012; NJ ASK 3-8 Report, 2013; Qualls, 2001; Sinharay & Johnson, 2017)

Afolabi (2007) และ Qualls (2001) ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่าก่อนการเปลี่ยนคำตอบนักเรียนจะต้องพิจารณาคำตอบเดิมพร้อมทั้งคิดทบทวนเกี่ยวกับคำตอบดังกล่าวแล้วจึงตัดสินใจเลือกคำตอบใหม่ นอกจากการเปลี่ยนคำตอบจะเกิดขึ้นกับการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบแล้ว การเปลี่ยนคำตอบยังเกิดขึ้นได้ในกรณีการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์หากยินยอมให้นักเรียนย้อนกลับไปทบทวน

คำตอบเดิม และยังสามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบไว้ได้ (Mroch, Lu, Huang, & Harris, 2012; Sinharay & Johnson, 2017)

สรุปได้ว่า การเปลี่ยนคำตอบ คือ กระบวนการที่นักเรียนเกิดความไม่แน่ใจในคำตอบเดิม หลังจากพิจารณาคำตอบนั้นอย่างรอบคอบ จึงตัดสินใจเปลี่ยนเป็นคำตอบใหม่โดยหลงเหลือร่องรอยของการเปลี่ยนคำตอบไว้ ซึ่งการเปลี่ยนคำตอบนั้นเกิดขึ้นได้ทั้งการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบและการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์

1.2 ประเภทของการเปลี่ยนคำตอบ

การเปลี่ยนคำตอบสามารถแบ่งได้หลายประเภท โดยมีเกณฑ์ในการจำแนก 2 เกณฑ์ ได้แก่ ทิศทางการเปลี่ยนคำตอบ และเจตนาที่เปลี่ยนคำตอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ, 2556; Belov, 2015; Di Milia, 2007; Edwards & Marshall, 1977; Ferguson et al., 2002; Jeon, De Boeck, & van der Linden, 2017; McMorris & Leonard, 1976; Mroch, Lu, Huang, & Harris, 2012; NJ ASK 3-8 Report, 2013; Schwarz, McMorris, & DeMers, 1991; Shahabudin, 1983; Sinharay & Johnson, 2017; Stoffer Davis, & Brown, 1977; van der Linden & Lewis, 2015; Wollack, Cohen, & Eckerly, 2015)

1.2.1 ประเภทของการเปลี่ยนคำตอบจำแนกตามทิศทางการเปลี่ยนคำตอบ

การจำแนกประเภทของการเปลี่ยนคำตอบโดยใช้ทิศทางการเปลี่ยนคำตอบเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2.1.1 การเปลี่ยนคำตอบเดิม คือ การเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบหนึ่งไปยังอีกคำตอบหนึ่ง แบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) เปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก (wrong-to-right: WTR) คือ การเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก

2) เปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิด (wrong-to-wrong: WTW) คือ การเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบอื่นที่ผิด

3) เปลี่ยนจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด (right-to-wrong: RTW) คือ การเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด

4) เปลี่ยนจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ถูก (right-to-right: RTR) คือ การเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด จากนั้นเปลี่ยนกลับมาเลือกคำตอบที่ถูกอีกครั้ง

1.2.1.2 การคงคำตอบเดิม คือ การคงคำตอบเดิมไว้โดยไม่มีการเปลี่ยนคำตอบหลังจากทบทวนคำตอบ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) คงคำตอบผิด (wrong-to-no switch) คือ การคงคำตอบเดิมที่ผิดโดยไม่มีการเปลี่ยนคำตอบ

2) คงคำตอบถูก (right-to-no switch) คือ การคงคำตอบเดิมที่ถูกโดยไม่มีการเปลี่ยนคำตอบ

1.2.2 ประเภทของการเปลี่ยนคำตอบจำแนกตามเจตนาที่เปลี่ยนคำตอบ

การจำแนกประเภทของการเปลี่ยนคำตอบโดยใช้เจตนาที่เปลี่ยนคำตอบเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.2.2.1 การเปลี่ยนคำตอบโดยสุจริต (benign answer changing) คือ การเปลี่ยนคำตอบที่นักเรียนเปลี่ยนคำตอบเดิมเป็นคำตอบใหม่หลังจากพิจารณาไตร่ตรองเป็นอย่างดี โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) การเปลี่ยนคำตอบอย่างสุ่ม (random answer changing) คือ การเปลี่ยนคำตอบที่นักเรียนทำเครื่องหมายเลือกคำตอบผิดพลาด แล้วเปลี่ยนเป็นคำตอบที่ต้องการในทันที หรือการเปลี่ยนคำตอบที่นักเรียนเลือกคำตอบเดิมไว้ หลังจากทบทวนคำตอบจึงเปลี่ยนเป็นคำตอบอื่นที่คิดว่าดีกว่าคำตอบเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การเปลี่ยนคำตอบแบบเยื้องจากคำตอบเดิม (misalignment answer changing or shift error) คือ การเปลี่ยนคำตอบที่นักเรียนทำเครื่องหมายเลือกคำตอบในช่องของข้อสอบข้ออื่นที่เว้นไว้ ทำให้เกิดการตอบคำถามผิดพลาดต่อเนื่องกันเป็นลำดับ เมื่อนักเรียนทราบถึงข้อผิดพลาดจึงเปลี่ยนเป็นคำตอบที่ต้องการ ทำให้เกิดการลบคำตอบเป็นชุดคำตอบที่ต่อเนื่องกัน

3) การเปลี่ยนคำตอบช่วงหลังของแบบสอบ (string-end answer changing) คือ การเปลี่ยนคำตอบที่นักเรียนเดาคำตอบสำหรับข้อสอบที่ยังไม่ได้ตอบคำถามซึ่งอยู่ในช่วงหลังของแบบสอบเนื่องจากรู้สึกว่ามีเวลาเหลือไม่เพียงพอต่อการทำแบบสอบ แต่เมื่อพบว่ายังพอมีเวลาเหลือในการทำแบบสอบ นักเรียนจึงกลับมาทำข้อสอบที่เดาคำตอบไว้จึงเกิดการเปลี่ยนเป็นคำตอบที่ต้องการ

1.2.2.2 การเปลี่ยนคำตอบโดยทุจริต (aberrant answer changing or fraudulent answer changing) คือ การเปลี่ยนคำตอบที่ครู หรือผู้บริหารโรงเรียนลักลอบเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกหลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบโดยเฉพาะนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำโดยมุ่งหวังให้นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน หรือการเปลี่ยนคำตอบที่นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหลังจากได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนในระหว่างช่วงพักการทดสอบ หรือได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนผ่านทางโทรศัพท์ โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) การเปลี่ยนคำตอบที่กำหนดจำนวนคำตอบที่ต้องการเปลี่ยน (fixed tampering) คือ การเปลี่ยนคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก โดยกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบไว้ล่วงหน้า

2) การเปลี่ยนคำตอบที่ไม่กำหนดจำนวนคำตอบที่ต้องการเปลี่ยน (variable tampering) คือ การเปลี่ยนคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก โดยจำนวนการเปลี่ยนคำตอบขึ้นอยู่กับคะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคนที่เมื่อเปลี่ยนคำตอบแล้วทำให้นักเรียนมีคะแนนสอบผ่านเกณฑ์การประเมิน

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยยึดการจำแนกประเภทของการเปลี่ยนคำตอบโดยใช้ทิศทางการเปลี่ยนคำตอบเป็นเกณฑ์เนื่องจากเหมาะสมกับการวิจัยมากที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบสอบแบบเติมคำในการทดสอบและเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหลังจากตอบคำถามครั้งแรกผิด ดังนั้นการเปลี่ยนคำตอบจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้ 2 ประเภท ได้แก่ การเปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกและการเปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 สาเหตุของการเปลี่ยนคำตอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุของการเปลี่ยนคำตอบพบว่า มีผลการวิจัยที่สอดคล้องกัน โดยสามารถสรุปสาเหตุของการเปลี่ยนคำตอบได้ 9 ประการ ได้แก่ การคิดทบทวนคำตอบ การอ่านทบทวนคำตอบ การจำข้อมูลได้เพิ่มขึ้นระหว่างการทำแบบสอบ การอ่านและการคิดทบทวนคำตอบร่วมกัน การได้รับข้อมูลจากข้อสอบข้ออื่น การตอบคำถามไม่ตรงกับข้อสอบที่ต้องการตอบ การเดาคำตอบ การได้รับข้อมูลเพิ่มเติมจากครูผู้สอน และการคำนวณผิดพลาด ซึ่งสาเหตุที่ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เปลี่ยนคำตอบ คือ การคิดทบทวนคำตอบ และการอ่านทบทวนคำตอบ (Cox-

Davenport, Haynes, & Lawson, 2013; Harvill & Davis, 1997; McMorris, DeMers, & Schwarz, 1987; Schwarz, McMorris, & DeMers, 1991)

นักเรียนที่เปลี่ยนคำตอบโดยมีเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจะมีการเปลี่ยนคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่าการเปลี่ยนคำตอบรูปแบบอื่น ยกเว้นการเปลี่ยนคำตอบเนื่องจากการเดาคำตอบ ซึ่งพบมากในนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนคำตอบเนื่องจากการจำข้อมูลได้เพิ่มขึ้นระหว่างการทำแบบสอบจะทำให้นักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ การเปลี่ยนคำตอบเนื่องจากการอ่านทบทวนคำตอบ และการตอบคำถามไม่ตรงกับข้อสอบที่ต้องการตอบ ตามลำดับ

1.4 ผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่ามีผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน กล่าวคือการเปลี่ยนคำตอบส่งผลดีต่อคะแนนสอบไม่ว่าจะเป็นการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ หรือการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ แบบสอบแบบหลายตัวเลือก แบบสอบแบบถูกผิด หรือแบบสอบแบบเติมคำ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือแบบวัดความถนัด แบบสอบมาตรฐาน หรือแบบสอบที่ครูสร้างขึ้น การทดสอบที่กำหนดเวลาในการสอบหรือการทดสอบที่ไม่กำหนดเวลาในการสอบ และเป็นจริงสำหรับทุกระดับการศึกษา ซึ่งสามารถสรุปผลการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนนักศึกษาได้ดังนี้ (กานดา ทองวัฒนะ, 2522; พิมพ์สิริ เธียรนรเสรษฐ์, 2549; Ahmadi, 2011; Al-Hamly & Coombe, 2005; Bauer, Kopp, & Fischer, 2007; Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Di Milia, 2007; Edwards & Marshall, 1977; Ferguson et al., 2002; Geiger, 1997; Harvill & Davis, 1997; Kruger, Wirtz, & Miller, 2005; Liu et al., 2015; Lunz, Bergstrom, & Wright, 1992; Mueller & Shwedel, 1975; Nieswiadomy, Arnold, & Garza, 2001; NJ ASK 3-8 Report, 2013; Prinsell, Ramsey, & Ramsey, 1994; Tiemann & Kingston, 2014; Vidler & Hansen, 1980; Vispoel, Hendrickson, & Bleiler, 2000; Waddell & Blankenship, 1994)

1) นักเรียนนักศึกษาส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนคำตอบอย่างน้อย 1 ข้อ (ร้อยละ 51.14 - 98.00)

2) ข้อสอบที่นักเรียนนักศึกษาเปลี่ยนคำตอบมีจำนวนน้อย (ร้อยละ 1.70 - 9.00 ของข้อสอบทั้งหมด) และนักเรียนนักศึกษามีการเปลี่ยนคำตอบเฉลี่ยคนละ 1.12 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) ประเภทการเปลี่ยนคำตอบที่นักเรียนเปลี่ยนคำตอบมากที่สุด คือ การเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก และงานวิจัยส่วนมากพบว่า การเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมีจำนวนมากกว่าผลรวมระหว่างการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิด และการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนนักศึกษามีการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิดมากกว่าการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด

4) นักเรียนนักศึกษาที่เปลี่ยนคำตอบส่วนใหญ่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนคำตอบโดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1.50 - 3.00 ซึ่งข้อสอบที่นักเรียนนักศึกษามีความมั่นใจในการเปลี่ยนคำตอบสูงจะทำให้นักเรียนนักศึกษาได้รับคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าข้อสอบที่นักเรียนนักศึกษามีความมั่นใจในการเปลี่ยนคำตอบระดับปานกลางและต่ำ

5) นักเรียนนักศึกษาส่วนใหญ่เปลี่ยนคำตอบจำนวน 1 ครั้ง และเปลี่ยนคำตอบไม่เกิน 3 ครั้งต่อข้อสอบ 1 ข้อ

จากผลการศึกษาข้างต้น นักวิจัยส่วนใหญ่เลือกศึกษากับนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย โดยสัดส่วนการเปลี่ยนคำตอบแต่ละประเภทแตกต่างกันไปในแต่ละรายวิชา (Ahmadi, 2011) หากพิจารณาระดับความสำคัญของการทดสอบ พบว่าความสำคัญของการทดสอบแต่ละระดับนักเรียนมีรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบคล้ายคลึงกัน แต่การทดสอบที่มีความสำคัญสูง (high-stake testing) นักเรียนมีแนวโน้มเปลี่ยนคำตอบมากกว่าการทดสอบที่มีความสำคัญปานกลาง (moderate-stake testing) และความสำคัญต่ำ (low-stake testing) อีกทั้งนักเรียนแต่ละเชื้อชาติยังมีผลการเปลี่ยนคำตอบที่คล้ายคลึงกัน (Liu et al., 2015; Qualls, 2001) นอกจากนี้ยังพบว่าแบบสอบที่วัดความรู้ความจำ และแบบสอบที่วัดการวิเคราะห์ นักเรียนมีผลการเปลี่ยนคำตอบที่ใกล้เคียงกัน (Attali & Powers, 2010)

จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนคำตอบส่งผลดีต่อคะแนนสอบโดยทำให้นักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบ นักการศึกษาจึงส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบเมื่อไม่แน่ใจในคำตอบเดิม ทั้งนี้ van der Linden, Jeon และ Ferrara (2011) ได้วิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบซึ่งประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในการหาค่าประโยชน์ที่คาดหวัง (expected benefits) จากการเปลี่ยนคำตอบในแต่ละระดับความสามารถของผู้สอบ พบว่าค่าประโยชน์ที่คาดหวังของคะแนนสอบหลังการเปลี่ยนคำตอบเป็นลบทุกระดับความสามารถโดยเฉพาะผู้ที่มีความสามารถระดับต่ำ ซึ่งมีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกับผลการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทั้งหมดที่ผ่านมา van der Linden, Jeon และ Ferrara จึงแนะนำให้นักเรียนคงคำตอบเดิมไว้หากไม่แน่ใจในคำตอบเดิม เนื่องจากการเปลี่ยนคำตอบจะส่งผลเสียต่อคะแนนสอบ หลังจากการตีพิมพ์ผลการศึกษาดังกล่าว Bridgeman (2012) Liu และคณะ (2015) พบว่าข้อมูลที่ van der Linden, Jeon และ Ferrara (2011) ใช้ในการวิเคราะห์มีข้อผิดพลาด หากนำข้อมูลที่ถูกต้องไปดำเนินการวิเคราะห์พบว่าโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่ลู่เข้า จึงไม่สามารถตอบคำถามการวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ของการเปลี่ยนคำตอบของนักวิจัยได้ Bridgeman (2012) จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบโดยแบ่งผู้สอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้สอบที่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้น ผู้สอบที่มีคะแนนสอบลดลง และผู้สอบที่มีคะแนนสอบไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ ผลการวิเคราะห์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบ ดังนั้นผลการวิจัยในปัจจุบันยังคงยืนยันว่าการเปลี่ยนคำตอบส่งผลดีต่อคะแนนสอบของนักเรียน

1.5 รูปแบบการทดสอบที่ศึกษาการเปลี่ยนคำตอบ

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบมีทั้งการศึกษากับการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ (paper-pencil test) และการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ (computer-based test) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 การทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ

การศึกษาการเปลี่ยนคำตอบส่วนใหญ่ศึกษากับการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ ซึ่งวิชาที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นวิชาเกี่ยวกับจิตวิทยา นอกจากนั้นเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลทางการศึกษา การบัญชี สถิติ การแพทย์ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ข้อสอบวัดความถนัด และข้อสอบคำศัพท์ การศึกษาการเปลี่ยนคำตอบในการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบมีการศึกษากับแบบสอบแบบหลายตัวเลือก และแบบสอบแบบถูกผิด โดยผลการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนให้ผลที่สอดคล้องกันดังหัวข้อผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบ นอกจากการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนแล้ว ยังมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนกับตัวแปรอื่นๆ เมื่อนักเรียนทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก และแบบสอบแบบถูกผิด ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอในหัวข้อปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนเมื่อทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือกและแบบสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบถูกผิดเมื่อทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ ดังนี้ (Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Afolabi, 2007)

1) นักเรียนที่ทำแบบสอบแบบถูกผิดมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบมากกว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก

2) นักเรียนที่ทำแบบสอบแบบถูกผิดมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก

นอกจากนี้ Merrel และคณะ (2015) ศึกษาการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนเมื่อให้ข้อมูลย้อนกลับทันที (immediate feedback) สำหรับนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือกโดยใช้ immediate assessment technique forms ซึ่งเป็นกระดาษคำตอบที่มีฟิล์มบางทับตัวเลือกไว้ หากนักเรียนขูดฟิล์มออกจะพบว่าคำตอบที่เลือกนั้นเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิดโดยสังเกตจากสัญลักษณ์ใต้ฟิล์มบาง ผลการศึกษาพบว่า หลังการตอบคำถามผิดครั้งแรก หากให้โอกาสนักเรียนตอบคำถามครั้งที่ 2 นักเรียนมีจำนวนข้อสอบที่เปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่าจำนวนข้อสอบที่เดาถูกอย่างสุ่ม (25%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีจำนวนมากกว่าการเดาถูกอย่างสุ่มร้อยละ 80

1.5.2 การทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์

การศึกษาการเปลี่ยนคำตอบในการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์มีทั้งการศึกษากับการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป และการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ (computerized adaptive testing: CAT) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) การทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป

การศึกษาการเปลี่ยนคำตอบในการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไปนั้นมีผลการศึกษาใกล้เคียงกับผลการศึกษาการเปลี่ยนคำตอบในการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ แต่การทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไปสามารถบันทึกเวลาที่นักเรียนใช้ในการทำข้อสอบ และเวลาในการทบทวนและเปลี่ยนคำตอบได้ Ferguson และคณะ (2002) พบว่านักเรียนใช้เวลาในการทำข้อสอบแบบหลายตัวเลือกวิชาพื้นฐานการปฏิบัติการทางคลินิกเฉลี่ยข้อละ 60 วินาที ทั้งนี้การตอบคำถามครั้งที่สอง นักเรียนใช้เวลาในสอบนานกว่าการตอบคำถามครั้งแรกร้อยละ 50 ศึกษากับนักเรียนที่ทำแบบสอบ graduate record examinations (GRE) ซึ่งเป็นแบบสอบแบบเติมคำ โดยทั้งคะแนนสอบหลังการเปลี่ยนคำตอบและความเที่ยงมีค่าสูงกว่าคะแนนสอบก่อนการเปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความตรงของคะแนนสอบก่อนการเปลี่ยนคำตอบและความตรงของคะแนนสอบหลังการเปลี่ยน

คำตอบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Attali & Powers, 2008) นอกจากนี้ Tiemann และ Kingston (2014) ยังพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือกส่วนใหญ่เปลี่ยนคำตอบข้อละ 1 ครั้ง โดยที่ไม่มีนักเรียนคนใดเปลี่ยนคำตอบมากกว่า 3 ครั้ง และนักเรียนใช้เวลาเฉลี่ย 56 วินาที ในการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบในระยะหลังมีการศึกษาร่วมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ ได้แก่ การศึกษาของ Attali & Powers (2010) Attali (2011) Attali, Laitusis, & Stone (2016) ซึ่งมีข้อสรุปดังนี้

(1) Attali & Powers (2010) และ Attali (2011) ศึกษาการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบสอบ graduate record examinations (GRE) ซึ่งเป็นแบบสอบแบบเติมคำ โดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ และกลุ่มที่ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบตอบจนกระทั่งถูก (answer-until-correct feedback) ซึ่งนักเรียนมีโอกาสเปลี่ยนคำตอบได้ 2 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับมีคะแนนสอบหลังการเปลี่ยนคำตอบสูงกว่าและคะแนนสอบมีความเที่ยงสูงกว่าคะแนนสอบของนักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากการให้ข้อมูลย้อนกลับมีนักเรียนตอบคำถามครั้งที่ 2 ได้ถูกเพิ่มขึ้นจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 และการตอบคำถามครั้งที่ 3 มีนักเรียนตอบคำถามได้ถูกเพิ่มขึ้นจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากพิจารณาคะแนนสอบของนักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยให้ข้อมูลย้อนกลับพบว่า คะแนนสอบก่อนการให้ข้อมูลย้อนกลับและหลังให้ข้อมูลย้อนกลับมีความสัมพันธ์กันสูง อย่างไรก็ดี การเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับจะทำให้นักเรียนใช้เวลาสอบมากกว่านักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับร้อยละ 36 สำหรับแบบสอบเกี่ยวกับความสามารถทางภาษา และร้อยละ 28 สำหรับแบบสอบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถือว่าคุ้มค่าเนื่องจากทำให้ความเที่ยงของแบบสอบมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าหลังจากการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบสอบมีสารสนเทศสูงกว่าแบบสอบที่ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน

(2) Attali, Laitusis และ Stone (2016) ศึกษาการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ทำแบบสอบวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ แบบหลายตัวเลือก และแบบเติมคำโดยมีคำตอบเป็นตัวเลข ผลการศึกษาพบว่าความเที่ยงของคะแนนสอบก่อนการให้ข้อมูลย้อนกลับและความเที่ยงของคะแนนสอบหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก ส่วนนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำนั้น ความเที่ยงของคะแนนสอบหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับมีค่าสูงกว่าความเที่ยงของคะแนนสอบก่อนการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งความเที่ยงและความตรงของคะแนนสอบหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบแบบเติมคำมีค่าสูงกว่าความเที่ยงและความตรงของคะแนนสอบหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบแบบหลายตัวเลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือรูปแบบข้อคำถามมีผลต่อความแม่นยำในการวัด โดยนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือกมีความพยายามในการแก้ไขคำตอบน้อยกว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำ หากพิจารณาเวลาที่ใช้ในการทดสอบนั้นพบว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือกกับแบบเติมคำใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งแรกใกล้เคียงกัน ส่วนการตอบคำถามครั้งที่สอง นักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือกใช้เวลาในการทำข้อสอบน้อยกว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำ

2) การทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบในการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์พบว่า มีผลการศึกษาใกล้เคียงกับผลการศึกษาการเปลี่ยนคำตอบในการทดสอบรูปแบบอื่น แต่มีผลการศึกษาเพิ่มเติม ดังนี้ นักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยเปิดโอกาสให้ทวนและเปลี่ยนคำตอบมีค่าความสามารถสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยไม่ให้ทวนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Lunz, Bergstrom, & Wright, 1992) ในขณะที่พิมพ์สิริ เธียรนรเศรษฐ์ (2549) พบว่าสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำและปานกลางมีค่าความสามารถจากการทดสอบโดยเปิดโอกาสให้ทวนและเปลี่ยนคำตอบมากกว่าค่าความสามารถของนักเรียนจากการทดสอบโดยไม่ให้ทวนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญอย่างสถิติ ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีค่าความสามารถไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้ง Vispoel, Hendrickson และ Bleiler (2000) ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยเปิดโอกาสให้ทวนและเปลี่ยนคำตอบมีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ให้ทวนคำตอบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่าความสามารถของนักเรียนก่อนและหลังการทวนคำตอบมีความสัมพันธ์เข้าใกล้ 1 ซึ่งหลังจากการทวนคำตอบทำให้ประสิทธิภาพของแบบสอบลดลงเพียงร้อยละ 1 และผลการตัดสินผ่านหรือไม่ผ่านไม่มีเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้แล้วการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทวนและเปลี่ยนคำตอบสำหรับการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ยังช่วยลดความตึงเครียดในการสอบ และเพิ่มความตรงของคะแนนสอบ หากการเปลี่ยนคำตอบนั้นสะท้อนถึงการแก้ไขข้อผิดพลาดด้านการพิมพ์ การตีความข้อสอบผิด ความจำหายไปชั่วคราว หรือการสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กรอบแนวคิดใหม่สำหรับข้อสอบที่ได้ตอบไปแล้ว เงื่อนไขดังกล่าวจะช่วยเพิ่มความตรงของคะแนนสอบเนื่องจากคะแนนสะท้อนถึงระดับความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน คะแนนสอบที่ได้จึงไม่รวมผลจากการเลือกคำตอบผิดพลาดหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ อย่างไรก็ตามยังมีผู้ที่คัดค้านการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทวนและเปลี่ยนคำตอบสำหรับการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับความซับซ้อนในการบริหารจัดการข้อสอบ และอัลกอริทึมในการให้คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบนานขึ้น รวมทั้งลดความแม่นยำในการวัด และลดความตรงของคะแนนสอบ (Vispoel, 1998; Vispoel, Hendrickson, & Bleiler, 2000) โดยนักเรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันใช้เวลาในการทำข้อสอบจากการทดสอบโดยเปิดโอกาสให้ทวนและเปลี่ยนคำตอบและการทดสอบโดยไม่ให้ทวนคำตอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเปิดโอกาสให้นักเรียนทวนคำตอบจะทำให้นักเรียนใช้เวลาในการสอบเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.90 ถึงร้อยละ 35.00 (พิมพ์สิริ เธียรนรเศรษฐ์, 2549; Vispoel, 2000)

นอกจากผลการศึกษาข้างต้นแล้ว Vispoel, Hendrickson และ Bleiler (2000) ยังศึกษาผลของจำนวนข้อสอบที่ให้ทวนคำตอบแต่ละครั้งต่อการเปลี่ยนคำตอบ โดยมีรูปแบบการทวนคำตอบ 4 รูปแบบ คือ (1) ไม่ให้ทวนคำตอบ (2) ทวนคำตอบครั้งละ 5 ข้อ (3) ทวนคำตอบครั้งละ 10 ข้อ และ (4) ทวนคำตอบครั้งเดียว 40 ข้อ ผลการศึกษาพบว่า จำนวนข้อที่ให้ทวนคำตอบแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น นักเรียนมีแนวโน้มเปลี่ยนคำตอบ และใช้เวลาในการทวนคำตอบมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบพบว่ามีปัจจัยทั้งที่ส่งผลและไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนคำตอบ โดยสามารถจำแนกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบได้ 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านบุคคล ปัจจัยด้านแบบสอบ และปัจจัยด้านการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.6.1 ปัจจัยด้านบุคคล

ปัจจัยด้านบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ ประกอบด้วย ระดับความสามารถ เพศ รูปแบบการคิด ความวิตกกังวล การเห็นคุณค่าในตนเอง มโนภาพแห่งตน และความชำนาญในการทำข้อสอบ โดยแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

1) ระดับความสามารถ

การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนคำตอบและระดับความสามารถของนักเรียนมีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกัน ซึ่งสรุปได้ 3 ประเด็น ดังนี้

(1) จำนวนการเปลี่ยนคำตอบมีความสัมพันธ์ทั้งทางบวก ทางลบ และไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความสามารถของนักเรียน (ขวัญใจ อุตราภรณ์, 2528; Beck, 1978; Casteel, 1991; McMorris, DeMers, & Schwarz, 1987; Papanastasiou, 2015; Tiemann & Kingston, 2014) ทั้งนี้จากการสังเคราะห์งานวิจัยของ Benjamin, Cavell และ Shallenberger (1984) พบว่างานวิจัยส่วนมากรายงานว่าจำนวนการเปลี่ยนคำตอบมีความสัมพันธ์ทางลบกับระดับความสามารถของนักเรียน

(2) นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (ประณาท เทียนศรี, 2545; พิมพ์สิริ เธียรนรเศรษฐ์, 2549; Shahabudin, 1983) ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิดมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูง (Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; McMorris, DeMers, & Schwarz, 1987) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิดมากกว่าจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก ในขณะที่ Smith, White และ Coop (1979) พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำและปานกลางมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงทั้งข้อคำถามระดับต่ำและระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(3) คะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบมีความสัมพันธ์ทั้งทางบวก ทางลบ และไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความสามารถของนักเรียน (Attali & Powers, 2010; Casteel, 1991; Ferguson et al., 2002; Jacobs, 1971; Smith, White, & Coop, 1979) โดยงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (Friedman & Cook, 1995; Liu et al., 2015; McMorris, DeMers, & Schwarz, 1987; Mueller & Wasser, 1977; Stoffer, Davis, & Brown, 1977; Vispoel, 2000)

2) เพศ

ผลการวิจัยที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบกับเพศมีผลการวิจัยที่ขัดแย้งกัน กล่าวคือ มีทั้งผลการวิจัยที่พบว่าเพศชายมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าเพศหญิง และเพศหญิงมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าเพศชาย (Ahmadi, 2011; Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; McMorris, Schwarz, Richlichi, Fischer, Buczek, Chevalier, & Meland, 1991; Stoffer, Davis, & Brown, 1977) แต่งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าเพศชายและเพศหญิงมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งเพศชายและเพศหญิงมีรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบที่คล้ายคลึงกัน (ขวัญใจ อุตราภรณ์, 2528; Al-Hamly & Coombe, 2005; Beck, 1978; Di Milia, 2007; Geiger, 1991; Liu et al., 2015; Shahabudin, 1983) ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบพบว่าให้ผลการศึกษาที่ขัดแย้งเช่นเดียวกัน โดยมีทั้งผลการศึกษาที่พบว่า เพศชายมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าเพศหญิง และเพศหญิงมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าเพศชาย (Ahmadi, 2011; Al-Hamly & Coombe, 2005; Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984) แต่งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าเพศชายและเพศหญิงมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Geiger, 1991; Mueller & Wasser, 1977; Smith, White, & Coop, 1979; Stoffer, Davis, & Brown, 1977)

3) รูปแบบการคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบและรูปแบบการคิด (cognitive style) จำนวน 2 เรื่อง สามารถสรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

(1) จำนวนการเปลี่ยนคำตอบไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนรูปแบบการคิดแบบอิสระ (field independence) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับคะแนนรูปแบบการคิดแบบหุนหัน (impulsivity) ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนรูปแบบการคิดแบบอิสระ แต่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับคะแนนรูปแบบการคิดแบบหุนหันระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ นักเรียนที่มีรูปแบบการคิดแบบหุนหันมีแนวโน้มเปลี่ยนคำตอบน้อย แต่มีแนวโน้มได้คะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบ (McMorris & Leonard, 1976)

(2) จำนวนการเปลี่ยนคำตอบมีความสัมพันธ์ทางลบกับคะแนนจากแบบวัดรูปแบบการคิดแบบหุนหันและแบบไตร่ตรองระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจำนวนการเปลี่ยนคำตอบไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนจากแบบวัดรูปแบบการคิดแบบพึ่งพาและแบบอิสระ กล่าวคือ นักเรียนที่มีรูปแบบการคิดแบบหุนหันมีแนวโน้มเปลี่ยนคำตอบน้อยซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ McMorris และ Leonard (1976) อย่างไรก็ตาม คะแนนจากแบบวัดรูปแบบการคิดแบบหุนหันและแบบไตร่ตรอง และคะแนนจากแบบวัดรูปแบบการคิดแบบพึ่งพาและแบบอิสระไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบ (Friedman & Cook, 1995)

4) ความวิตกกังวล

งานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนคำตอบกับความวิตกกังวลมีทั้งการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนคำตอบกับความวิตกกังวลตามสถานการณ์ (state anxiety) ความวิตกกังวลแฝง (trait anxiety) และความวิตกกังวลในการสอบ (test anxiety) โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

(1) นักเรียนที่มีความวิตกกังวลในการสอบสูงมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบมากกว่านักเรียนที่มีความวิตกกังวลในการสอบต่ำ แต่นักเรียนที่มีระดับความวิตกกังวลในการสอบแตกต่างกันมีอัตราส่วนระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกต่อจำนวนการเปลี่ยนคำตอบทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือนักเรียนที่มีความวิตกกังวลในการสอบแต่ละระดับได้รับประโยชน์จากการเปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน (Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Green, 1981)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) จำนวนการเปลี่ยนคำตอบไม่มีความสัมพันธ์กับความวิตกกังวลตามสถานการณ์ และความวิตกกังวลแฝง (McMorris & Leonard, 1976) ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Afolabi (2007) ที่พบว่าความวิตกกังวลแฝงส่งผลต่อจำนวนการเปลี่ยนคำตอบ โดยนักเรียนที่มีความวิตกกังวลแฝงระดับปานกลางมีแนวโน้มเปลี่ยนคำตอบมากกว่านักเรียนที่มีความวิตกกังวลแฝงระดับต่ำและสูง ส่วนคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบมีความสัมพันธ์ทางลบกับความวิตกกังวลตามสถานการณ์ และความวิตกกังวลแฝงระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ นักเรียนที่มีความวิตกกังวลตามสถานการณ์ และความวิตกกังวลแฝงระดับต่ำมีแนวโน้มได้คะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบมากกว่านักเรียนที่มีความวิตกกังวลตามสถานการณ์ และความวิตกกังวลแฝงระดับสูง (McMorris & Leonard, 1976)

5) การเห็นคุณค่าในตนเอง

Hutchison (1994) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบกับการเห็นคุณค่าในตนเอง (self-esteem) ของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์เมื่อทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก ผลการศึกษาพบว่าจำนวนการเปลี่ยนคำตอบมีความสัมพันธ์ทางลบกับการเห็นคุณค่าในตนเองระดับต่ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

6) มโนภาพแห่งตน

Afolabi (2007) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบกับมโนภาพแห่งตน (self-concept) ของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการให้คำปรึกษาทางจิตวิทยาซึ่งทดสอบโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก และแบบถูกผิด พบว่ามโนภาพแห่งตนทั่วไป (general self-concept) และมโนภาพแห่งตนด้านการศึกษา (academic self-concept) ไม่ส่งผลต่อจำนวนการเปลี่ยนคำตอบ

7) ความชำนาญในการทำข้อสอบ

Geiger (1997) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนคำตอบกับความชำนาญในการทำข้อสอบ (testwiseness) ของนักศึกษาสาขาวิชาการบัญชีโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือกพบว่า ความชำนาญในการทำข้อสอบไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบ จำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก จำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิด จำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด และคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6.2 ปัจจัยด้านแบบสอบ

ปัจจัยด้านแบบสอบที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ ประกอบด้วยความยาก อำนาจจำแนก ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ข้อสอบมุ่งวัด และตำแหน่งของข้อสอบ โดยแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

1) ความยาก

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนคำตอบและค่าความยากของข้อสอบ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

(1) นักเรียนเปลี่ยนคำตอบเมื่อข้อสอบยากมากกว่าข้อสอบง่าย (ขวัญใจ อุตราภรณ์, 2528; Beck, 1978; Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Ferguson, et al., 2002; Green, 1981; Jacobs, 1971; McMorris, DeMers, & Schwarz, 1987; Vidler & Hansen,

1980) ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของกานดา ทองวัฒนะ (2522) ที่พบว่านักเรียนมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบเมื่อข้อสอบยาก และข้อสอบง่ายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(2) นักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบสำหรับข้อสอบง่ายมากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลางและยาก อีกทั้งนักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบสำหรับข้อสอบง่ายมากกว่าข้อสอบยาก (Beck, 1978; Jacobs, 1971; Prinsell, Ramsey, & Ramsey, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Al-Hamly และ Coombe (2005) ที่พบว่าจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความยากของข้อสอบระดับต่ำ นั่นคือ นักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกสำหรับข้อสอบง่ายมากกว่าข้อสอบยาก ส่วนจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิดมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความยากของข้อสอบระดับปานกลาง กล่าวคือ นักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิดสำหรับข้อสอบยากมากกว่าข้อสอบง่าย ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Green (1981) ที่พบว่านักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบสำหรับข้อสอบยากมากกว่าข้อสอบง่าย แต่ข้อสอบยากมีอัตราส่วนระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกต่อจำนวนการเปลี่ยนคำตอบทั้งหมดน้อยกว่าข้อสอบง่าย อาจเป็นเพราะนักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบสำหรับข้อสอบยากจำนวนมากจึงมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นมากตามไปด้วย เมื่อพิจารณาคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบต่อการเปลี่ยนคำตอบทั้งหมดถือว่านักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบสำหรับข้อสอบง่ายมากกว่าข้อสอบยาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(3) ข้อสอบที่มีจำนวนนักเรียนได้คะแนนสอบลดลงมากกว่าจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบจะยากกว่าข้อสอบที่มีจำนวนนักเรียนได้คะแนนสอบลดลงใกล้เคียงกับจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนสอบเพิ่มขึ้น (Liu et al., 2015)

2) อำนาจจำแนก

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบกับค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีความขัดแย้งกันโดย Ferguson et al. (2002); McMorris, DeMers, & Schwarz (1987) พบว่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ นักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบเมื่อทำข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกสูงมากกว่าข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกต่ำ ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาที่พบว่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นั่นคือ นักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบเมื่อทำข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกต่ำมากกว่าข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกสูง (กานดา ทองวัฒนะ, 2522; ขวัญใจ อุตราภรณ์, 2528; Vidler & Hansen, 1980) นอกจากนี้ Vidler และ Hansen (1980) ยังพบว่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิดระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกระดับต่ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ข้อสอบมุ่งวัด

Smith, White และ Coop (1979) ศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนคำตอบของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิชาจิตวิทยาการศึกษาโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก พบว่านักศึกษาที่ทำข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูง ได้แก่ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์ มีการเปลี่ยนคำตอบมากกว่านักศึกษาที่ทำข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับต่ำ ได้แก่ ความรู้ และความเข้าใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีอัตราส่วนระหว่างคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นต่อคะแนนสอบที่ลดลงหลังการเปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน และพบว่านักเรียนที่ทำข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูงมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกสูงกว่านักเรียนที่ทำข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิดไม่แตกต่างกัน

4) ตำแหน่งของข้อสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบกับตำแหน่งของข้อสอบ สรุปได้ว่านักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบสำหรับข้อสอบช่วงแรกมากกว่าข้อสอบช่วงหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีเวลาไม่เพียงพอในการทวนคำตอบสำหรับข้อสอบช่วงหลังจึงทำให้มีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบน้อยกว่าข้อสอบช่วงแรก (Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Di Milia, 2007; Mueller & Wasser, 1977; Slem, 1985)

1.6.3 ปัจจัยด้านการทดสอบ

ปัจจัยด้านการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ ประกอบด้วยเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ และวิธีการพิจารณาการเปลี่ยนคำตอบ โดยแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

1) เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ

Ferguson และคณะ (2002) พบว่าเวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในการทำข้อสอบมีความสัมพันธ์กับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความยากมีความสัมพันธ์ทางลบกับเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ หากนักเรียนใช้เวลาในการทำข้อสอบข้อใดนานมีแนวโน้มที่นักเรียนจะเปลี่ยนคำตอบมากกว่าข้อสอบที่นักเรียนใช้เวลาในการทำข้อสอบน้อย ซึ่งนักเรียนใช้เวลาในการทำข้อสอบที่ยากมากกว่าข้อสอบที่ง่าย โดยเวลาเฉลี่ยเมื่อนักเรียนเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก เท่ากับ 56 วินาที (Tiemann & Kingston, 2014) นอกจากนี้ยังพบว่าหากให้โอกาสนักเรียนทบทวนคำตอบ นักเรียนจะใช้เวลาในการสอบเพิ่มขึ้น ร้อยละ 28.00 ถึงร้อยละ 36.00 (Attali & Powers, 2010; Vispoel, 2000)

2) วิธีการพิจารณาการเปลี่ยนคำตอบ

Waddell และ Blankenship (1994) ได้สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบพบว่า วิธีการพิจารณาการเปลี่ยนคำตอบมีความสัมพันธ์กับจำนวนการเปลี่ยนคำตอบระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้กระดาษคำตอบที่ตรวจคำตอบโดยคอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลการเปลี่ยนคำตอบของนักเรียน ส่วนงานวิจัยที่ใช้วิธีการพิจารณาการเปลี่ยนคำตอบรูปแบบอื่นจะให้ผลการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าการใช้กระดาษคำตอบที่ตรวจคำตอบโดยคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การใช้แบล็กไลท์ (blacklighting) และกระดาษคำตอบลักษณะพิเศษที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบใหม่ในช่องว่างที่ถัดจากคำตอบเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนคำตอบกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบแล้ว ยังมีผู้ที่ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนคำตอบ ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความมั่นใจในการเปลี่ยนคำตอบกับความยากของข้อสอบส่งผลต่อคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบ โดยข้อสอบที่ง่าย และนักเรียนมีความมั่นใจในการเปลี่ยนคำตอบสูงจะทำให้นักเรียนได้รับคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าข้อสอบที่ยาก และนักเรียนมีความมั่นใจในการเปลี่ยนคำตอบต่ำ (Prinsell, Ramsey, & Ramsey, 1994)

2) Afolabi (2007) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบข้อคำถามกับมโนภาพแห่งตนทั่วไป ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบข้อคำถามกับมโนภาพแห่งตนด้านการศึกษา ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบ

ข้อคำถามกับความวิตกกังวลตามสถานการณ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบข้อคำถามกับความวิตกกังวลแฝงที่ส่งผลต่อจำนวนการเปลี่ยนคำตอบ พบว่าอิทธิพลของรูปแบบข้อคำถามที่ส่งผลต่อจำนวนการเปลี่ยนคำตอบไม่ขึ้นอยู่กับระดับของมโนภาพแห่งตนทั่วไป มโนภาพแห่งตนด้านการศึกษา ความวิตกกังวลตามสถานการณ์ และความวิตกกังวลแฝง

3) จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ (2556) ศึกษาอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเรียงลำดับข้อสอบ ระยะเวลาในการสอบ และระดับความสามารถของนักเรียนต่อการเปลี่ยนคำตอบเมื่อทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก ผลการศึกษาพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเรียงลำดับข้อสอบ ระยะเวลาในการสอบ และระดับความสามารถของนักเรียนส่งผลต่อการเปลี่ยนคำตอบ ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ว่า นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางมีจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทำแบบสอบที่เรียงลำดับจากข้อง่ายไปข้อยาก โดยให้เวลาในการทำข้อสอบ 60 วินาที ต่อข้อ แต่หากให้เวลาในการทำข้อสอบ 75 วินาที ต่อข้อ นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีจำนวนเปลี่ยนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้จากการศึกษาเกี่ยวกับผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบดังผลการศึกษาข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตาราง 2.1 ซึ่งเป็นข้อสรุปเกี่ยวกับผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบจากงานวิจัยส่วนหนึ่งที่ผู้วิจัยได้ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 2.1

ข้อสรุปเกี่ยวกับผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ

ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	วิชา	รูปแบบการทดสอบ	ตัวแปรต้น	ผลการวิจัยและผลของตัวแปรต้นต่อการเปลี่ยนคำตอบ
Ferguson, Kreiter, Peterson, Rowat, & Elliott (2002)	พื้นฐานทางปฏิบัติการคลินิก	คอมพิวเตอร์โดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก	1) ระดับความสามารถ 2) ความยากของข้อสอบ 3) อำนาจจำแนกของข้อสอบ	1) ระดับความสามารถไม่ส่งผล 2) ความยากส่งผล 3) อำนาจจำแนกส่งผล

ตาราง 2.1 (ต่อ)

ข้อสรุปเกี่ยวกับผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ

ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	วิชา	รูปแบบการทดสอบ	ตัวแปรต้น	ผลการวิจัยและผลของตัวแปรต้นต่อการเปลี่ยนคำตอบ
Al-Hamly & Coombe (2005)	ภาษาอังกฤษ	เขียนตอบโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก	1) เพศ 2) ความยากของข้อสอบ	1) WTR>WTW>RTW 2) Gainer>Samer> Loser 3) เพศไม่ส่งผล 4) ความยากส่งผล
Afolabi (2007)	การให้คำปรึกษาทางจิตวิทยา	เขียนตอบโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก และแบบถูกผิด	1) รูปแบบข้อคำถาม 2) มโนภาพแห่งตน 3) ความวิตกกังวลตามสถานการณ์ 4) ความวิตกกังวลแฝง	1) รูปแบบข้อคำถามส่งผล 2) มโนภาพแห่งตนไม่ส่งผล 3) ความวิตกกังวลตามสถานการณ์ไม่ส่งผล 4) ความวิตกกังวลแฝงส่งผล
Di Milia (2007)	กฎหมาย และการจัดการทรัพยากรมนุษย์	เขียนตอบโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก	1) เพศ 2) ตำแหน่งของข้อสอบ	1) Gainer>Samer> Loser 2) เพศไม่ส่งผล 3) ตำแหน่งของข้อสอบส่งผล
Ahmadi (2011)	1) ภาษาอังกฤษ 2) วิธีวิทยาการวิจัย 3) วิธีวิทยาการสอน	เขียนตอบโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก	1) เพศ 2) รายวิชา	1) WTR>WTW>RTW 2) เพศไม่ส่งผล 3) รายวิชาไม่ส่งผล
Liu, Bridgeman, Gu, Xu, & Kong (2015)	แบบสอบ Graduate Record Examinations (GRE)	คอมพิวเตอร์โดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก	1) ระดับความสามารถ 2) เพศ 3) ความยากของข้อสอบ	1) Gainer>Samer> Loser 2) ระดับความสามารถส่งผล 3) เพศไม่ส่งผล 4) ความยากส่งผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 2.1 (ต่อ)

ข้อสรุปเกี่ยวกับผลที่ได้จากการเปลี่ยนคำตอบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคำตอบ

ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	วิชา	รูปแบบการทดสอบ	ตัวแปรต้น	ผลการวิจัยและผลของตัวแปรต้นต่อการเปลี่ยนคำตอบ
Papanastasiou (2015)	วิธีวิทยาการวิจัย	เขียนตอบโดยใช้แบบสอบแบบหลายตัวเลือก	1) ระดับความสามารถ 2) ความยากของข้อสอบ	1) WTR>WTW>RTW 2) ระดับความสามารถไม่ส่งผล 3) ความยากส่งผล
Benjamin , Cavell, & Shallenberger (1984)	การวิเคราะห์อภิมาน	-	-	1) WTR>WTW>RTW 2) Gainer> Loser> Samer 3) ระดับความสามารถส่งผล 4) เพศไม่ส่งผล 5) ความวิตกกังวลส่งผล 6) ความยากส่งผล 7) ตำแหน่งของข้อสอบส่งผล

หมายเหตุ 1) WTR คือ การเปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก

2) WTW คือ การเปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิด

3) RTW คือ การเปลี่ยนจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด

4) Gainer คือ ผู้สอบที่ได้รับคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบ

5) Loser คือ ผู้สอบที่ได้รับคะแนนสอบลดลงหลังการเปลี่ยนคำตอบ

6) Samer คือ ผู้สอบที่มีคะแนนสอบไม่เปลี่ยนแปลงหลังการเปลี่ยนคำตอบ

7) เครื่องหมาย > คือ มีจำนวนมากกว่า

1.7 วิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบ

วิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม (classical approach) และวิธีการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (item response

theory approach) (Jeon, De Boeck, & van der Linden, 2017) โดยวิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม สามารถแบ่งออกเป็น 8 วิธี ดังนี้ (จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ, 2556; Bridgeman, 2012; McClintock, 2015; Mroch, Lu, Huang, & Harris, 2012)

1) การวิเคราะห์จำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก

การวิเคราะห์จำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก (classic WTR analysis) เป็นการพิจารณาจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกในกลุ่มที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนคำตอบ

2) การวิเคราะห์จำนวนผู้สอบที่มีการเปลี่ยนคำตอบแต่ละประเภท

การวิเคราะห์จำนวนผู้สอบที่มีการเปลี่ยนคำตอบแต่ละประเภทเป็นการพิจารณาร้อยละของผู้สอบที่มีการเปลี่ยนคำตอบประเภทต่างๆ เช่น ร้อยละของผู้สอบที่เปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก (WTR) ร้อยละของผู้สอบที่เปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิด (WTW) และร้อยละของผู้สอบที่เปลี่ยนจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด (RTW)

3) การวิเคราะห์ด้วยดัชนี WRT

การวิเคราะห์ด้วยดัชนี WRT เป็นการหาอัตราส่วนระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกต่อจำนวนข้อสอบทั้งหมด (ratio of wrong-to-right erasures to total number of items: WRT) สามารถคำนวณได้จากจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกหารด้วยจำนวนข้อสอบทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การวิเคราะห์ด้วยดัชนี WRC

การวิเคราะห์ด้วยดัชนี WRC เป็นการหาอัตราส่วนระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกต่อจำนวนข้อสอบที่ตอบถูก (ratio of wrong-to-right erasures to the number of correct responses: WRC) สามารถคำนวณได้จากจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกหารด้วยจำนวนข้อสอบที่ตอบถูก

5) การวิเคราะห์ด้วยดัชนี WRE

การวิเคราะห์ด้วยดัชนี WRE เป็นการหาอัตราส่วนระหว่างจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกต่อจำนวนการเปลี่ยนคำตอบ (ratio of wrong-to-right erasures to the total number of erasures: WRE) สามารถคำนวณได้จากจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกหารด้วยจำนวนข้อสอบที่มีการเปลี่ยนคำตอบ

6) การวิเคราะห์ WTR × Noise

noise คือ ค่าที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนคำตอบจำนวนมากโดยมีเจตนาสุจริต ซึ่งคำนวณได้จากจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกหารด้วยจำนวนการเปลี่ยนคำตอบทั้งหมด

การวิเคราะห์ WTR × Noise สามารถทำได้โดยนำจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกคูณด้วยค่า noise

7) การวิเคราะห์คะแนนที่เพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์คะแนนที่เพิ่มขึ้น (points analysis) เป็นการพิจารณาคะแนนสอบที่นักเรียนได้รับเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ โดยคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นคำนวณได้จากจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกลบด้วยจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด (WTR - RTW) นอกจากนี้ Bauer, Kopp, & Fischer (2007); McMorris, DeMers, & Schwarz (1987); Schwarz, McMorris, & DeMers (1991) เสนอว่าการคำนวณหาคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบของผู้สอบ (gain score) ควรหาจากจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกลบด้วยจำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิดหารด้วยจำนวนข้อสอบทั้งหมด

8) การวิเคราะห์จำนวนผู้สอบที่มีคะแนนสอบหลังการเปลี่ยนคำตอบต่างกัน

การวิเคราะห์จำนวนผู้สอบที่มีคะแนนสอบหลังการเปลี่ยนคำตอบต่างกันเป็นการจำแนกผู้สอบโดยใช้คะแนนสอบหลังการเปลี่ยนคำตอบซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้สอบที่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้น (gainer) ผู้สอบที่มีคะแนนสอบลดลง (loser) และผู้สอบที่มีคะแนนสอบไม่เปลี่ยนแปลง (samer) โดยวิเคราะห์ว่าผู้สอบกลุ่มใดที่มีจำนวนมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นการวิเคราะห์ที่นำระดับความสามารถของผู้สอบ และคุณสมบัติของข้อสอบมาใช้ในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนคำตอบของผู้สอบ โดยมีผู้เสนอโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบ จำนวน 2 โมเดล ได้แก่ โมเดลกระบวนการตอบคำถามสองขั้น (van der Linden & Jeon, 2012) และโมเดลการเปลี่ยนคำตอบตามแนวคิด generalized response tree model (Jeon, De Boeck, & van der Linden, 2017) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบสำหรับแบบสอบแบบหลายตัวเลือก แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบแบบเติมคำในการทดสอบกับนักเรียน ผู้วิจัยจึงไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบสอบแบบเติมคำในการทดสอบกับนักเรียนพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้มากที่สุดจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งการเปลี่ยนคำตอบในการวิจัยนี้มีโอกาสเกิดขึ้นได้ 2 ประเภท ได้แก่ การเปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูก และการเปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ผิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์การเปลี่ยนคำตอบโดยใช้การวิเคราะห์จำนวนการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกหลังจากการเปลี่ยนคำตอบแต่ละครั้ง

ตอนที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับ

2.1 ความหมายของข้อมูลย้อนกลับ

นักวิชาการได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับ (feedback) ไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ ข้อมูลย้อนกลับ หมายถึง ข้อมูลที่ให้แก่นักเรียนหลังจากนักเรียนได้ตอบคำถามหรือทำกิจกรรมตามที่กำหนดเพื่อสะท้อนคุณภาพผลการปฏิบัติงานของนักเรียน (ผ่าน บาลโพธิ์, 2539; Brookhart, 2008; Hattie & Timperley, 2007; Kluger & DeNisi, 1996; Mason & Bruning, 2001; McMillan, 2014; Shute, 2007) โดยมุ่งหวังให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนความคิด และพฤติกรรมในการเรียนรู้ (Shute, 2007) ซึ่งแหล่งข้อมูลที่สามารถให้ข้อมูลแก่นักเรียน ได้แก่ ครู เพื่อน พ่อแม่ ตัวนักเรียนเอง ประสบการณ์ หนังสือ และคอมพิวเตอร์ (Brookhart, 2008; Hattie & Timperley, 2007; McMillan, 2014; Shute, 2007) นอกจากนี้ผ่าน บาลโพธิ์ (2539) ได้เสนอว่าข้อมูลที่ให้แก่นักเรียนอาจอยู่ในรูปของข้อความ รูปภาพ หรือเสียง

สรุปได้ว่า ข้อมูลย้อนกลับ คือ สารสนเทศที่แหล่งข้อมูลต่างๆ ให้แก่นักเรียนหลังจากนักเรียนทำกิจกรรมตามที่กำหนดเพื่อให้นักเรียนนำสารสนเทศที่ได้รับไปปรับปรุงการปฏิบัติงานของตนให้บรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยการวิจัยในครั้งนี้เลือกใช้คอมพิวเตอร์ในการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันทีหลังจากนักเรียนแต่ละคนตอบคำถาม (Mason & Bruning, 2001) ซึ่งสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนได้จำนวนมากโดยปราศจากอคติ อีกทั้งการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยคอมพิวเตอร์มีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยแหล่งข้อมูลอื่น (Hattie & Timperley, 2007)

2.2 องค์ประกอบของข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของข้อมูลย้อนกลับ จำนวน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ (timing) จำนวนข้อมูลย้อนกลับ (amount) วิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (mode) และกลุ่มเป้าหมายในการให้ข้อมูลย้อนกลับ (audience) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบสามารถปรับเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ในการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยองค์ประกอบของข้อมูลย้อนกลับทั้ง 4 องค์ประกอบ มีรายละเอียด ดังนี้ (Brookhart, 2008; McMillan, 2014; van der Kleij, Eggen, Timmers, & Veldkamp, 2012; van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015)

2.2.1 เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ

เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับทันที (immediate feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนทันทีหลังจากที่แสดงพฤติกรรมที่กำหนด หรือหลังจากทำข้อสอบแต่ละข้อ และการให้ข้อมูลย้อนกลับล่าช้า (delayed feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับหลังจากที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่กำหนด ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับล่าช้ามีหลายระดับ เช่น การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนหลังจากทำแบบสอบเสร็จทั้งฉบับ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนหลังจากทำแบบสอบเสร็จ 1 วัน หรือการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนหลังจากทำแบบสอบเสร็จนานกว่า 1 วัน

2.2.2 จำนวนข้อมูลย้อนกลับ

จำนวนข้อมูลย้อนกลับที่ให้นักเรียนจะต้องมีความเหมาะสม นั่นคือ ข้อมูลจะต้องไม่มากหรือน้อยจนเกินไป และนักเรียนมีข้อมูลเพียงพอต่อการปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง ทั้งนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับควรมีความเฉพาะเจาะจงและอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และแนวทางที่นักเรียนควรปฏิบัติเพื่อพัฒนาการปฏิบัติงานให้บรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และควรบอกจุดเด่นและจุดด้อยของนักเรียน โดยข้อมูลย้อนกลับที่มีความเฉพาะเจาะจงมีประสิทธิภาพกว่าข้อมูลย้อนกลับที่กว้าง เนื่องจากข้อมูลย้อนกลับที่กว้างจะให้ข้อมูลที่ไม่ชัดเจน จึงทำให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้รับไปปรับปรุงการเรียนรู้ได้ไม่ดีเท่าที่ควร

จากการสังเคราะห์งานวิจัยของ Shute (2007) พบว่าข้อมูลย้อนกลับที่มีความซับซ้อนมากเกินไปช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนน้อยกว่าข้อมูลย้อนกลับที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อภิมานของ Hattie และ Timperley (2007) ที่พบว่าข้อมูลย้อนกลับที่มีข้อมูลน้อยมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับที่มีข้อมูลมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อย่างไรก็ดีผลการสังเคราะห์งานวิจัยของ Clariana และ Koul (2005) ให้ผลการศึกษาที่ตรงกันข้าม นั่นคือ ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ข้อมูลมากมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับที่ให้ข้อมูลน้อย

2.2.3 วิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

วิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติ โดยวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ แบ่งเป็น 3 วิธี ได้แก่ (1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบปากเปล่า (oral feedback) เหมาะสมสำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนที่นั่งทำงานในห้องเรียน และเหมาะสำหรับนักเรียนที่อายุน้อยซึ่งยังอ่านไม่คล่อง (2) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการเขียน (written feedback) เหมาะสมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับงานเขียน โครงงาน แบบสอบ ซึ่งนักเรียนสามารถเก็บข้อมูลย้อนกลับไว้ได้และสามารถนำมาอ่านในภายหลัง และ (3) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการสาธิต (demonstration feedback) เหมาะสมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เกี่ยวข้องกับทักษะพิสัย โดยครูสาธิตกระบวนการที่ถูกต้องให้กับนักเรียนที่มีปัญหาในการปฏิบัติ ซึ่งการเลือกใช้วิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนควรพิจารณาจากความสามารถทางการอ่านของนักเรียน จำนวนข้อมูลย้อนกลับ เนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับ และวิธีการทบทวนข้อมูลย้อนกลับ

2.2.4 กลุ่มเป้าหมายในการให้ข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนสามารถให้เป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่ม โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับรายบุคคลเหมาะสำหรับภาระงานที่นักเรียนปฏิบัติเป็นรายบุคคล หรือภาระงานที่มีเป้าหมายเพื่อพัฒนานักเรียนเป็นรายบุคคล แต่หากข้อมูลย้อนกลับนั้นมีประโยชน์สำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ หรือนักเรียนส่วนใหญ่มีข้อผิดพลาดที่เหมือนกันควรให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นรายกลุ่มเพื่อประหยัดเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 เนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับ

เนื้อหาสำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละครั้งเป็นผลรวมระหว่าง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ จุดเน้นของข้อมูลย้อนกลับ (focus) วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลย้อนกลับ (comparison) หน้าที่ของข้อมูลย้อนกลับ (function) และทิศทางของข้อมูลย้อนกลับ (valence) แต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด ดังนี้ (Brookhart, 2008; Hattie & Timperley, 2007; McMillan, 2014)

2.3.1 จุดเน้น

สิ่งที่ควรพิจารณาเป็นลำดับแรกสำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนคือการพิจารณาว่าข้อมูลย้อนกลับนั้นให้ความสำคัญกับสิ่งใด โดยความสำคัญของข้อมูลย้อนกลับแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1) ข้อมูลย้อนกลับระดับตัวบุคคล คือ ข้อมูลย้อนกลับที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับภาระงานเพียงเล็กน้อย ข้อมูลย้อนกลับระดับนี้ทำให้นักเรียนมีความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนรู้ต่ำ มีการรับรู้ความสามารถในตนเองต่ำ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับภาระงานต่ำ กล่าวได้ว่าข้อมูลย้อนกลับระดับตัวบุคคลมีผลต่อการเรียนรู้น้อย

2) ข้อมูลย้อนกลับระดับภาระงาน คือ ข้อมูลย้อนกลับที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนบรรลุผล เช่น การแยกคำตอบที่ผิดกับคำตอบที่ถูก การให้ข้อมูลแก่นักเรียนเพิ่มขึ้น นั่นคือ ข้อมูลย้อนกลับระดับภาระงานเกี่ยวข้องกับความถูกต้อง ความเรียบร้อย หรือพฤติกรรมที่ต้องการให้นักเรียนบรรลุผล ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสร้างความสามารถในการกำกับตนเองของนักเรียนที่มีประสิทธิภาพ

3) ข้อมูลย้อนกลับระดับกระบวนการทำงาน คือ ข้อมูลย้อนกลับที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์ในการระบุข้อผิดพลาดของนักเรียนซึ่งอาศัยสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเอง โดยใช้กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมหรือมองหาความช่วยเหลือจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อให้สามารถบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง การให้ข้อมูลย้อนกลับระดับกระบวนการทำงานทำให้นักเรียนมีการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับระดับภาระงานและระดับบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ข้อมูลย้อนกลับระดับความสามารถในการกำกับตนเอง คือ ข้อมูลย้อนกลับที่ส่งเสริมความสามารถในการกำกับตนเอง (self-regulation) ของนักเรียน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนติดตาม จัดการ และควบคุมเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง นักเรียนสามารถสร้างข้อมูลย้อนกลับภายในเพื่อใช้ในการประเมินตนเอง มีความพยายามในการค้นหาและจัดการกับข้อมูลย้อนกลับ ทราบถึงคุณลักษณะของความสำเร็จและความล้มเหลว และสามารถขอความช่วยเหลือได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องพึ่งพาข้อมูลย้อนกลับจากภายนอกมากนัก

2.3.2 วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการเปรียบเทียบได้ 3 วิธี ได้แก่ (1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอิงกลุ่ม เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเปรียบเทียบความสามารถ

ของนักเรียนกับนักเรียนคนอื่น ซึ่งเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ไม่ควรใช้เพราะไม่ได้ให้ข้อมูลแก่นักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่ควรพัฒนา ส่งเสริมให้นักเรียนมีการเรียนรู้แบบแข่งขัน และยังทำให้นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำไม่มีแรงจูงใจในการเรียน (2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอิงเกณฑ์ เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีที่สุดเนื่องจากบอกถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐาน และ (3) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอิงตนเอง เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนในปัจจุบันกับความสามารถในอดีตเพื่อแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในการเรียนรู้ของนักเรียน

2.3.3 หน้าที่ของข้อมูลย้อนกลับ

หน้าที่ของข้อมูลย้อนกลับ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลย้อนกลับเชิงบรรยาย (descriptive feedback) และข้อมูลย้อนกลับเชิงประเมิน (evaluative feedback) โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนควรให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงบรรยายที่มุ่งอธิบายข้อดีและข้อด้อยของนักเรียนแทนที่จะให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นการตัดสินนักเรียนหรือการให้เป็นระดับคุณภาพซึ่งจะทำให้นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำไม่มีแรงจูงใจในการเรียน นอกจากนี้ข้อมูลย้อนกลับจะต้องระบุถึงประเด็นที่นักเรียนควรปรับปรุง

2.3.4 ทิศทางของข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับมี 2 ทิศทาง คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับทางบวก และการให้ข้อมูลย้อนกลับทางลบ โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับทางบวกเป็นการให้ข้อมูลแก่นักเรียนเกี่ยวกับข้อดีของผลงานนักเรียนโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ระบุประเด็นในการปรับปรุง และให้คำแนะนำในการปรับปรุงผลงานให้ดียิ่งขึ้น เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียน และความเชื่อมั่นในการเรียนรู้ ส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับทางลบเป็นการให้ข้อมูลแก่นักเรียนเกี่ยวกับข้อผิดพลาดโดยไม่ให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุง การลงโทษ และการติเตียน

นอกจากนี้ Goodman & Wood (2009); Johnson, Reisslein, & Reisslein (2015) ยังเสนอว่าเนื้อหาสำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับควรพิจารณาเกี่ยวกับลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback schedule) ซึ่งลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) ข้อมูลย้อนกลับคงที่ (static feedback schedules) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนโดยให้จำนวนสารสนเทศอย่างคงที่ตลอดการทำแบบสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ข้อมูลย้อนกลับแปรเปลี่ยน (transitional feedback schedules) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนโดยมีจำนวนสารสนเทศแตกต่างกันตามลำดับข้อสอบ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

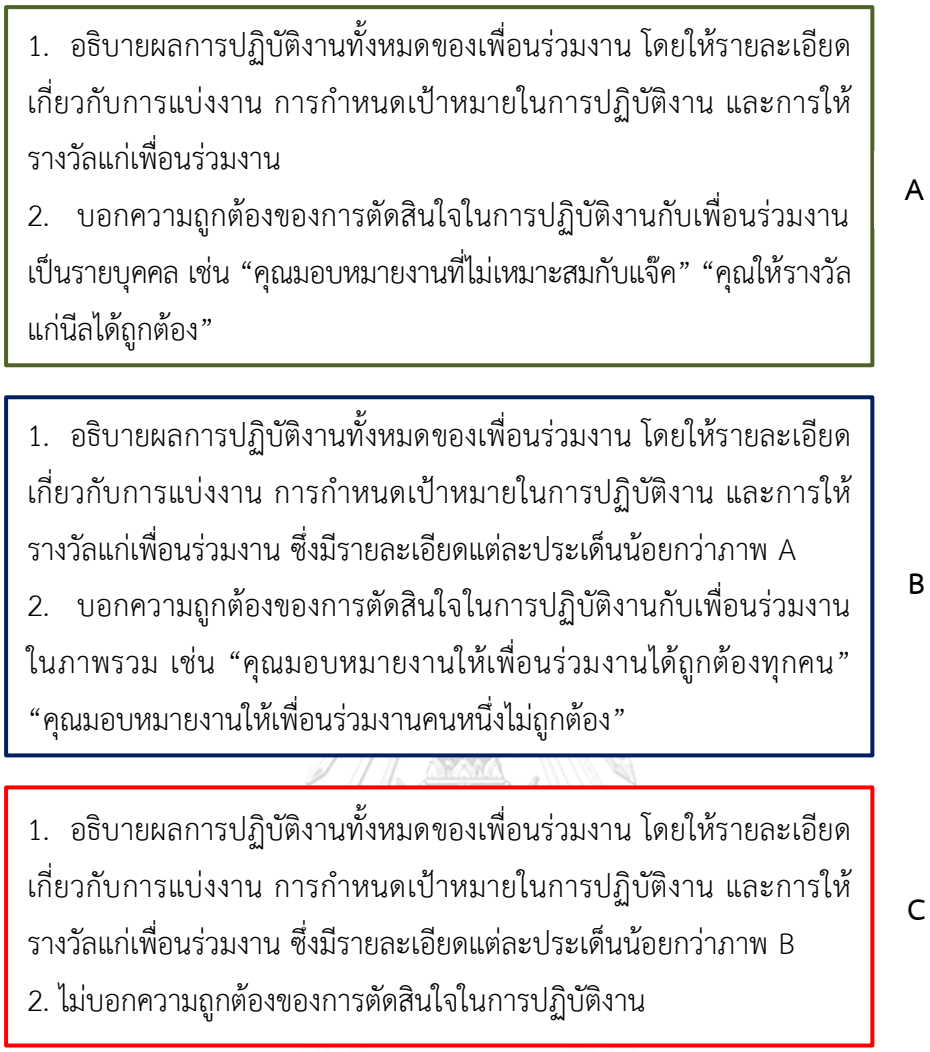
2.1) การลดข้อมูลย้อนกลับ (reducing or fading feedback) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ลดสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียน กล่าวคือ หากแบ่งแบบสอบเป็น 2 ส่วน เท่าๆ กัน จะได้ว่าแบบสอบส่วนที่สองนั้น นักเรียนจะได้รับสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับน้อยกว่าสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับเมื่อทำแบบสอบส่วนที่หนึ่ง

2.2) การเพิ่มข้อมูลย้อนกลับ (increasing feedback) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เพิ่มสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียน กล่าวคือ หากแบ่งแบบสอบเป็น 2 ส่วน เท่าๆ กัน จะได้ว่าแบบสอบส่วนที่สองนั้น นักเรียนจะได้รับสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับมากกว่าสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับเมื่อทำแบบสอบส่วนที่หนึ่ง

ตัวอย่างลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภทแสดงดังภาพ 2.1 โดย Goodman และ Wood (2009) กำหนดสถานการณ์จำลองเกี่ยวกับโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เพื่อวัดการตัดสินใจในการบริหารงาน ซึ่งกำหนดให้นักศึกษาทำแบบทดสอบเกี่ยวกับการดำเนินงานในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์จำนวน 18 ข้อ เป็นกลุ่มๆ ละ 3 คน โดยแบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยข้อสอบข้อที่ 1 - 6 ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยข้อสอบข้อที่ 7 - 12 และส่วนที่ 3 ประกอบด้วยข้อสอบข้อที่ 13 - 18 การให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่นั้นเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนโดยมีรายละเอียดดังภาพ 2.1A สำหรับข้อสอบทั้ง 18 ข้อ ส่วนการลดข้อมูลย้อนกลับ สำหรับการทดสอบส่วนที่ 1 ให้ข้อมูลย้อนกลับโดยมีรายละเอียดดังภาพ 2.1A การทดสอบส่วนที่ 2 ให้ข้อมูลย้อนกลับโดยมีรายละเอียดดังภาพ 2.1B การทดสอบส่วนที่ 3 ให้ข้อมูลย้อนกลับโดยมีรายละเอียดดังภาพ 2.1C และการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับสำหรับการทดสอบส่วนที่ 1 ให้ข้อมูลย้อนกลับโดยมีรายละเอียดดังภาพ 2.1C การทดสอบส่วนที่ 2 ให้ข้อมูลย้อนกลับโดยมีรายละเอียดดังภาพ 2.1B การทดสอบส่วนที่ 3 ให้ข้อมูลย้อนกลับโดยมีรายละเอียดดังภาพ 2.1A

จากการศึกษาของ Goodman & Wood (2009) พบว่าการลดข้อมูลย้อนกลับจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับ นอกจากนี้ Johnson, Reisslein และ Reisslein (2015) พบว่าการลดข้อมูลย้อนกลับทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนแบบอธิบายผลการตอบ (response-contingent feedback)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 2.1 ตัวอย่างลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4 ประเภทของข้อมูลย้อนกลับ

ข้อมูลย้อนกลับสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท โดยพิจารณาจากความซับซ้อนของข้อมูลย้อนกลับ ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน (verified feedback) ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีความซับซ้อนต่ำ และข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด (elaborated feedback) ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีความซับซ้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (Clariana & Koul, 2005; Golke, Dörfler, & Artelt, 2015; Mason & Bruning, 2001; McMillan, 2014; Shute, 2007)

2.4.1 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับความถูกต้องของคำตอบ โดยข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน แบ่งเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of response feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบว่าคำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด

2) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (knowledge of correct response feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบว่าคำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด จากนั้นจึงแสดงคำตอบที่ถูกต้อง

3) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้ง (try-again feedback or multiple-try feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบว่าคำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด หากเป็นคำตอบที่ผิดจะเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามใหม่ตั้งแต่ 1 ครั้ง ขึ้นไป

4) ข้อมูลย้อนกลับแบบตอบจนกระทั่งถูก (answer-until-correct feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบว่าคำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด หากเป็นคำตอบที่ผิดจะเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามจนกระทั่งตอบคำถามได้ถูกต้อง ซึ่งข้อมูลย้อนกลับแบบตอบจนกระทั่งถูกเป็นข้อมูลย้อนกลับที่รวมข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำและข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งเข้าด้วยกัน

5) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกข้อผิดพลาด (error-flagging feedback or location of mistakes feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบถึงข้อผิดพลาดในการหาคำตอบ โดยไม่บอกคำตอบที่ถูกต้อง

2.4.2 ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้นักเรียนทราบว่าคำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด พร้อมทั้งให้ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อชี้แนะให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้ถูกต้อง ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดแบ่งเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1) ข้อมูลย้อนกลับแบบแยกแยะคุณลักษณะ (attribute-isolation feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบ พร้อมทั้งแสดงคุณลักษณะหลักของมโนทัศน์ที่ต้องการวัด

2) ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ (response-contingent feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลของคำตอบที่ถูกและอธิบายเหตุผลของคำตอบที่ผิด

3) ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอเอกสารให้ศึกษาเพิ่มเติม (topic-contingent feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบ พร้อมทั้งแสดงเอกสารที่มีคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียนศึกษา โดยนักเรียนจะต้องใช้ความสามารถของตนเองในการค้นหาคำตอบที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (bug-related feedback) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบ พร้อมทั้งอธิบายเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งได้มาจากการวินิจฉัยข้อผิดพลาดในการตอบคำถามของนักเรียน

5) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะหรือข้อมูลย้อนกลับแบบกระตุ้น (hints/ cues/prompts) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบ พร้อมทั้งให้คำชี้แนะแก่นักเรียนเกี่ยวกับทิศทางในการหาคำตอบที่ถูกต้อง เช่น การแสดงตัวอย่างงาน (worked-out example) การให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสิ่งที่ควรทำ การกระตุ้นด้วยการอนุมาน (inference-prompt) เป็นการบอกให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับสิ่งที่ควรทำโดยใช้คำถามกระตุ้นให้เกิดความคิดเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์กับสถานการณ์ และการกระตุ้นให้ติดตาม (monitoring-prompt) เป็นการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจในคำถาม

6) การให้ความรู้ (informative tutoring) คือ ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลการตอบ พร้อมทั้งบอกให้นักเรียนทราบถึงข้อผิดพลาดในการหาคำตอบ และให้คำชี้แนะเกี่ยวกับกลยุทธ์และวิธีการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวังโดยไม่บอกคำตอบที่ถูกต้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับพบว่า งานวิจัยส่วนมากศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภท โดย Mason และ Bruning (2001) ได้สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภท ได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอเอกสารให้ศึกษาเพิ่มเติม และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

2) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำร่วมกับการให้ข้อมูลเพิ่มเติม และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

3) ข้อมูลย้อนกลับแบบแยกแยะคุณลักษณะ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

4) ข้อมูลย้อนกลับแบบตอบจนกระทั่งถูก และข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอเอกสารให้ศึกษาเพิ่มเติมร่วมกับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

5) ข้อมูลย้อนกลับแบบตอบจนกระทั่งถูก ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

6) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบตอบจนกระทั่งถูก

7) ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

8) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องร่วมกับการให้ข้อมูลเพิ่มเติมมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำร่วมกับการให้ข้อมูลเพิ่มเติม และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง

จากข้อสรุปข้างต้น จะเห็นว่าผู้วิจัยส่วนใหญ่เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยันแต่ละประเภท โดยข้อมูลย้อนกลับที่มีแนวโน้มมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องร่วมกับการให้ข้อมูลเพิ่มเติม ทั้งนี้จากการสังเคราะห์งานวิจัยของ van der Kleij, Eggen, Timmers และ Veldkamp (2012) พบว่าข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดร่วมกับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อภิมานของ Van der Kleij, Feskens, และ Eggen (2015) ที่พบว่าข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภท ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องร่วมกับการให้ตัวอย่างงานมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (Finn, Thomas, & Rawson, 2017)

2) ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (สามารถ แก้วแรมเรือน, 2552) ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของนฤมล แสงพรหม (2547) ที่พบว่าข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

3) ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบโดยที่นักเรียนใช้ข้อมูลย้อนกลับในการแก้ไขข้อผิดพลาด และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับ

แบบอธิบายผลการตอบโดยที่นักเรียนไม่ได้ใช้ข้อมูลย้อนกลับในการแก้ไขข้อผิดพลาด (Maier, Wolf, & Randler, 2016)

4) ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ ข้อมูลย้อนกลับแบบการกระตุ้นด้วยการอนุมาน ข้อมูลย้อนกลับแบบการกระตุ้นให้ติดตาม และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน (Golke, Dörfler, & Artelt, 2015)

5) ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ มีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (Attali & van der Kleij, 2017)

6) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ (Narciss et al., 2014)

7) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม, 2555)

8) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะร่วมกับข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม, 2555)

9) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยบอกความถูกต้อง (multiple-try feedback with knowledge of the correct response) มีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (Attali, 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

10) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยให้คำชี้แนะ (multiple-try feedback with hints) มีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยบอกความถูกต้อง (multiple-try feedback with knowledge of the correct response) (Attali, 2015)

กล่าวโดยสรุป ข้อมูลย้อนกลับที่มีแนวโน้มมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะ (hints) ทั้งนี้สามารถพิจารณาข้อสรุปเกี่ยวกับผลการศึกษาประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับได้ดังตาราง 2.2 อีกทั้งยังมีผู้ศึกษาเกี่ยวกับลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback schedule) ค่อนข้างน้อย ซึ่งยังมีผลการวิจัยที่ยังไม่แน่ชัดว่าข้อมูลย้อนกลับคงที่ (static feedback schedules) หรือการลดข้อมูลย้อนกลับ (reducing feedback) จะมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะที่มีลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ 2 ประเภท โดยให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบ

ให้คำชี้แนะคงที่ (static feedback with hints) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (reducing feedback with hints) และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of response feedback) ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนกลับระดับพื้นฐาน

ตาราง 2.2

ข้อสรุปเกี่ยวกับผลการศึกษาประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	วิชา	รูปแบบข้อมูลย้อนกลับ	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ	ผลการวิจัย
นฤมล แสงพรหม (2547)	คณิตศาสตร์	1) KR 2) RC	-	RC=KR
สามารถ แก้วแรมเรือน (2552)	คณิตศาสตร์	1) KR 2) RC	-	RC>KR
อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม (2555)	คณิตศาสตร์	1) KCR 2) Hints 3) RC 4) Hints + RC	ระดับความสามารถ	1) Hints, RC, Hints+RC>KCR 2) Hints, Hints+RC>RC
Goodman & Wood (2009)	การบริหารจัดการ	1) Reducing+RC 2) Increasing+RC	-	Reducing+RC> Increasing+RC
Attali (2015)	แบบสอบ Graduate Record Examinations (GRE)	1) KCR 2) MTC 3) MTH	รูปแบบข้อคำถาม	1) MTC, MTH> KCR 2) MTH>MTC
Golke, Dörfler, & Artelt (2015)	แบบสอบความเข้าใจในภาษา	1) KR 2) RC 3) RC+IP 4) RC+MP	-	KR=RC=RC+IP= RC+MP
Johnson, Reisslein, & Reisslein (2015)	ฟิสิกส์	1) Static+RC 2) Reducing+RC 3) Increasing+RC	-	1) Static+RC, Reducing+RC >Increasing+RC 2) Static+RC= Reducing+RC

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 2.2 (ต่อ)

ข้อสรุปเกี่ยวกับผลการศึกษาประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	วิชา	รูปแบบข้อมูลย้อนกลับ	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ	ผลการวิจัย
Attali & van der Kleij (2017)	คณิตศาสตร์	1) KCR 2) RC	เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ	1) RC>KCR 2) IF>DF
Finn, Thomas, & Rawson (2017)	จิตวิทยา	1) KCR 2) KCR+WE	-	KCR+WE> KCR
Mason & Bruning (2001)	การสังเคราะห์งานวิจัย	-	1) ความละเอียดของข้อมูลย้อนกลับ 2) ระดับความสามารถของนักเรียน 3) ความมั่นใจในคำตอบ 4) ความซับซ้อนของพฤติกรรมการเรียนรู้ 5) เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ	-
Shute (2007)	การสังเคราะห์งานวิจัย	-	1) ระดับความสามารถของนักเรียน 2) ความมั่นใจในคำตอบ	-

หมายเหตุ 1) KR คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

2) KCR คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง

3) RC คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ

4) Hints คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะ

5) MTC คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยบอกความถูกต้อง

6) MTH คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยให้คำชี้แนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7) Static คือ ข้อมูลย้อนกลับคงที่

8) Reducing คือ การลดข้อมูลย้อนกลับ

9) Increasing คือ การเพิ่มข้อมูลย้อนกลับ

10) IP คือ การกระตุ้นด้วยการอนุมาน

11) MP คือ การกระตุ้นให้ติดตาม

12) WE คือ การแสดงตัวอย่างงาน

13) IF คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับทันที

14) DF คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับล่าช้า

15) เครื่องหมาย > คือ มีประสิทธิภาพมากกว่า

16) เครื่องหมาย = คือ มีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ

จากการศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพบว่าผลการศึกษามีความขัดแย้งกัน อาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนขึ้นอยู่กับระดับของตัวแปรอื่น โดย Mason & Bruning (2001); Shute (2007) ได้สังเคราะห์การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ สรุปได้ว่าอิทธิพลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนขึ้นอยู่กับระดับของความละเอียดของข้อมูลย้อนกลับ ระดับความสามารถของนักเรียน ความมั่นใจในคำตอบ ความซับซ้อนของพฤติกรรมการเรียนรู้ เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ เจตคติต่อข้อมูลย้อนกลับ เนื้อหาวิชา และรูปแบบข้อคำถาม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.1 ความละเอียดของข้อมูลย้อนกลับ

ผลการศึกษาที่เกี่ยวกับความละเอียดของข้อมูลย้อนกลับที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ผลการศึกษาที่ขัดแย้งกัน กล่าวคือ มีทั้งผลการศึกษาที่พบว่าความละเอียดของข้อมูลย้อนกลับไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าข้อมูลย้อนกลับที่มีความละเอียดมากส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับที่มีความละเอียดน้อย โดยประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภทกล่าวไว้ในหัวข้อประเภทของข้อมูลย้อนกลับ

2.5.2 ระดับความสามารถของนักเรียน

หากพิจารณาเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับพบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับทันทีมากกว่าข้อมูลย้อนกลับล่าช้า ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับล่าช้ามากกว่าข้อมูลย้อนกลับทันที นอกจากนี้นักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันจะได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภทแตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยันมากที่สุด ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดมากที่สุด ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับทั้ง 2 ประเภท ไม่แตกต่างกัน

2.5.3 ความมั่นใจในคำตอบ

ความมั่นใจในคำตอบแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ มั่นใจว่าคำตอบถูก มั่นใจว่าคำตอบผิด ไม่มั่นใจว่าคำตอบถูกหรือผิด นั่นคือ หากนักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบแสดงว่านักเรียนไม่มีความสามารถหรือทักษะเพียงพอที่จะได้รับประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับซึ่งนักเรียนจะใช้เวลาน้อยในการพิจารณาข้อมูลย้อนกลับ ในขณะที่นักเรียนที่มั่นใจว่าคำตอบถูก นักเรียนจะใช้เวลาในการพิจารณาข้อมูลย้อนกลับน้อยเช่นเดียวกันซึ่งมีจุดประสงค์ในการพิจารณาเพื่อยืนยันคำตอบของนักเรียน แต่ถ้าหากนักเรียนมั่นใจว่าคำตอบผิด นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นให้หาข้อผิดพลาดของตนเอง โดยที่ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดจะช่วยให้นักเรียนค้นหาข้อผิดพลาดและหาคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน อย่างไรก็ดีมีผู้วิจัยพบว่าเวลาที่ใช้ในการพิจารณาข้อมูลย้อนกลับไม่ส่งผลต่อความมั่นใจและความถูกต้องของคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.4 ความซับซ้อนของพฤติกรรมการเรียนรู้

ประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของพฤติกรรมการเรียนรู้ กล่าวคือ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องมีประสิทธิภาพสำหรับพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับต่ำ ส่วนข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดมีประสิทธิภาพสำหรับพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูง (van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015; van der Kleij, Timmers, & Eggen, 2011)

2.5.5 เวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับผลของเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านมามีความขัดแย้งกัน อาจเนื่องมาจากข้อมูลย้อนกลับล่าช้ามีการให้นิยามที่แตกต่างกัน กล่าวคือ มีทั้งผลการศึกษาที่พบว่าข้อมูลย้อนกลับทันทีมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลย้อนกลับล่าช้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อภิมานของ Van der Kleij, Feskens และ Eggen (2015) ที่สรุปว่าข้อมูลย้อนกลับทันทีมีขนาดอิทธิต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับล่าช้า โดยข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูงจะทำให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับต่ำ นอกจากนี้ Attali และ van der Kleij (2017) ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับทันทีมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับล่าช้า

2.5.6 เจตคติต่อข้อมูลย้อนกลับ

เจตคติต่อข้อมูลย้อนกลับไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งนี้นักเรียนรู้สึกชอบข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด และข้อมูลย้อนกลับทันที ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ van der Kleij, Feskens, & Eggen (2015); van der Kleij, Eggen, Timmers, & Veldkamp (2012) ที่พบว่านักเรียนรู้สึกชอบข้อมูลย้อนกลับทันทีมากกว่าข้อมูลย้อนกลับล่าช้า อีกทั้งนักเรียนใช้เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีมากกว่าข้อมูลย้อนกลับล่าช้า

2.5.7 เนื้อหาวิชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับที่ผ่านมามีการศึกษาในหลากหลายวิชาซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ สังคมวิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และภาษา และจากผลการวิเคราะห์อภิมานพบว่าขนาดอิทธิพลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง ส่วนวิชาสังคมศาสตร์ และวิชาวิทยาศาสตร์มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง และวิชาที่เกี่ยวข้องกับภาษามีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ จะเห็นได้ว่าอิทธิพลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแตกต่างกันในแต่ละรายวิชา

2.5.8 รูปแบบข้อคำถาม

Attali (2015) ศึกษาผลของข้อมูลย้อนกลับต่อคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นหลังการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้แบบสอบ graduate record examinations (GRE) ซึ่งมีแบบสอบ 2 ประเภท คือ แบบสอบแบบหลายตัวเลือก และแบบสอบแบบเติมคำ พบว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำมีคะแนนสอบ

ที่เพิ่มขึ้นสูงกว่านักเรียนที่ทำแบบสอบแบบหลายตัวเลือก จึงสรุปได้ว่าผลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนขึ้นอยู่กับรูปแบบข้อคำถาม

2.6 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ

จากการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับพบว่ามีผู้เสนอแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับ จำนวน 5 แนวคิด ได้แก่ โมเดล 5 ขั้น ของ Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับของ Kluger และ DeNisi โมเดลข้อมูลย้อนกลับสำหรับการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานของ Mason และ Bruning โมเดลการออกแบบข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงของ Narciss และ Huth และโมเดลข้อมูลย้อนกลับของ Hattie และ Timperley (Hattie & Timperley, 2007; Kluger & DeNisi, 1996; Mason & Bruning, 2001; Shute, 2007; van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015) ทั้งนี้โมเดล 5 ขั้น ของ Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan เป็นโมเดลข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับความนิยมมากที่สุด และสอดคล้องกับการวิจัยนี้มากที่สุด ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอเฉพาะรายละเอียดเกี่ยวกับโมเดล 5 ขั้น ของ Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan ดังนี้

เมื่อปี ค.ศ.1991 Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan นำข้อมูลจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับมาสร้างเป็นโมเดล 5 ขั้น (five-stage model) เพื่ออธิบายการตอบสนองของนักเรียนเมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับ โดยโมเดล 5 ขั้น อธิบายการตอบสนองของนักเรียนเมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับเป็นวงจรจำนวน 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นเริ่มต้น (initial state) ขั้นการค้นหาหรือเรียกคืนความจำ (search/retrieval) ขั้นการตอบสนอง (response) ขั้นการประเมินผล (evaluation) และขั้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม (adjustment) ดังภาพ 2.2 ซึ่งนักเรียนมีการตอบสนองต่อข้อมูลย้อนกลับแต่ละขั้น ดังนี้

1) ขั้นเริ่มต้น เป็นขั้นที่แสดงถึงสภาพของนักเรียนก่อนการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งนักเรียนจะมีความสนใจ การยึดมั่นในเป้าหมาย การรับรู้ความสามารถของตนเอง และความรู้ในระดับหนึ่ง

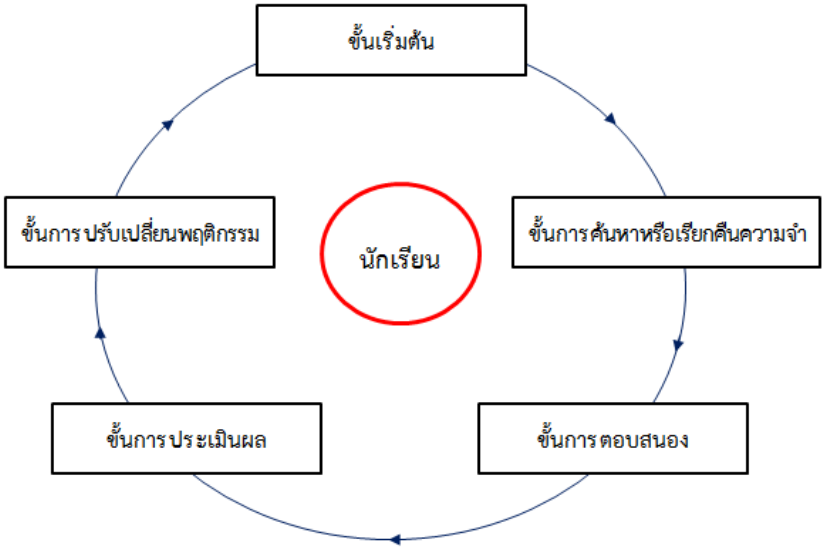
2) ขั้นการค้นหาหรือเรียกคืนความจำ เป็นขั้นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสมองของนักเรียน เมื่อนักเรียนทำแบบสอบ หรือทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย ข้อคำถามจะกระตุ้นความคิดของนักเรียนให้เรียกคืนความจำเพื่อค้นหาคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) ขั้นการตอบสนอง เป็นขั้นที่นักเรียนตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนจะรู้สึกมั่นใจในคำตอบระดับหนึ่ง และสร้างความคาดหวังต่อข้อมูลย้อนกลับที่จะได้รับ

4) ขั้นการประเมินผล เป็นขั้นที่นักเรียนประเมินคำตอบโดยใช้สารสนเทศที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับ โดยการประเมินคำตอบขึ้นอยู่กับความคาดหวังต่อข้อมูลย้อนกลับ กล่าวคือ หากนักเรียนมั่นใจในคำตอบและข้อมูลย้อนกลับช่วยยืนยันความถูกต้อง นักเรียนจะไม่เปลี่ยนคำตอบ แต่หากนักเรียนมั่นใจในคำตอบ แต่ข้อมูลย้อนกลับบ่งชี้ว่าเป็นคำตอบที่ผิด นักเรียนจะพยามทำความเข้าใจคำถามใหม่อีกครั้งเพื่อหาคำตอบที่สอดคล้องกับข้อมูลย้อนกลับ

5) ขั้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เป็นขั้นที่นักเรียนปรับเปลี่ยนความรู้ ความเชื่อและกลยุทธ์ในการดำเนินงาน โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ การรับรู้ความสามารถของตนเอง ความสนใจของนักเรียน ซึ่งพฤติกรรมที่ปรับเปลี่ยนจะเป็นขั้นเริ่มต้นในวงจรการตอบสนองต่อข้อมูลย้อนกลับวงจรใหม่



ภาพ 2.2 โมเดล 5 ขั้น ของ Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan (Shute, 2007: 24)

2.7 ประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับ สามารถสรุปประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับต่อการเรียนรู้ของนักเรียนได้ 11 ประเด็น ดังนี้ (พรศรี ลีทวีกุลสมบูรณ์, 2539; อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม, 2555; Attali, 2015; Brookhart, 2008; Hattie & Timperley, 2007;

Mason & Bruning, 2001; McMillan, 2014; Shute, 2007; van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015)

1) นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น

2) นักเรียนทราบข้อผิดพลาด และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเอง

3) นักเรียนทราบแนวทางที่ควรปฏิบัติเพื่อพัฒนาความสามารถของตนเอง และเหตุผลในการปฏิบัติกิจกรรมนั้น

4) ลดช่องว่างระหว่างความเข้าใจของนักเรียนในปัจจุบันกับความเข้าใจที่ต้องการบรรลุผล

5) กระตุ้นให้นักเรียนมีความพยายามในการปรับกลยุทธ์การทำงานที่ไม่เหมาะสมเพื่อให้สามารถดำเนินงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้

6) ช่วยยืนยันความคาดหวังต่อผลการปฏิบัติงานของนักเรียน พร้อมทั้งช่วยในการตัดสินระดับความเข้าใจของนักเรียน

7) นักเรียนสนใจในการเรียนตลอดเวลา และทราบความก้าวหน้าของตนเอง

8) สร้างแรงจูงใจในการเรียน

9) ส่งเสริมความสามารถในการกำกับตนเอง

10) นักเรียนเรียนไปตามความสามารถของตนเอง

11) ลดความวิตกกังวลในการเรียน

อย่างไรก็ดี หากข้อมูลย้อนกลับที่ให้นักเรียนนั้นไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนลดลง และลดความพยามในการทำงาน (Hattie & Timperley, 2007)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 3 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.1 ความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

จากการศึกษาความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์พบว่า นักวิชาการได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่สอดคล้องกัน คือ สถานการณ์ที่เป็นข้อความ หรือปริมาณที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ (นฤมล ฉิมงาม, 2558; นิพนธ์ นิลคง, 2541; วันวิสาข์ ภักดี, 2557) โดยปริมาณทางฟิสิกส์นั้นมีทั้งปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่า ซึ่งในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นการแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณที่ไม่ทราบค่า (Belikov, 1989)

สรุปได้ว่าโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ โดยนำเสนอในรูปข้อความ และปริมาณทางฟิสิกส์ที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยมุ่งหวังให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาปริมาณที่ไม่ทราบค่า

3.2 ประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

Belikov (1989) ได้จำแนกโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้เกณฑ์ในการจำแนก 2 เกณฑ์ คือ วิธีการหาคำตอบเชิงปริมาณ และเนื้อหาฟิสิกส์

3.2.1 ประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามวิธีการหาคำตอบเชิงปริมาณ

วิธีการหาคำตอบสำหรับปริมาณทางฟิสิกส์ที่ไม่ทราบค่าสามารถดำเนินการได้ 2 วิธี คือ การทดลอง และการคำนวณทางทฤษฎี ดังนั้นจึงสามารถจำแนกประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) โจทย์ปัญหาที่ใช้การทดลองในการหาคำตอบ คือ โจทย์ปัญหาที่ให้นักเรียนหาปริมาณทางฟิสิกส์โดยการทดลองซึ่งจะต้องจัดสภาพการทดลองให้เหมาะสมพร้อมทั้งใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณที่ต้องการ

2) โจทย์ปัญหาที่ใช้การคำนวณทางทฤษฎีในการหาคำตอบ คือ โจทย์ปัญหาที่ให้นักเรียนหาปริมาณทางฟิสิกส์โดยการคำนวณ นั่นคือ นักเรียนจะต้องหาหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาพร้อมทั้งวิเคราะห์ปริมาณที่โจทย์กำหนดให้ จากนั้นจึงดำเนินการแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบโดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลจากการทดลอง ซึ่งโจทย์ปัญหาที่ใช้การคำนวณทางทฤษฎีในการหาคำตอบแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1) โจทย์ปัญหาแบบเจาะจง คือ โจทย์ปัญหาที่เสนอสถานการณ์ในอุดมคติให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยการประมาณค่าต่างๆ ให้เป็นไปตามทฤษฎีเพื่อให้สามารถหาคำตอบได้ง่ายขึ้น

2.2) โจทย์ปัญหาแบบไม่เจาะจง คือ โจทย์ปัญหาที่เสนอสถานการณ์เกี่ยวกับชีวิตจริงให้นักเรียนแก้ปัญหาซึ่งมีปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องจำนวนมากส่งผลให้การแก้โจทย์ปัญหามีความซับซ้อนและยากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.2 ประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามเนื้อหาฟิสิกส์

เนื้อหาวิชาฟิสิกส์สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท หากพิจารณาจากขนาดอนุภาค ได้แก่ ฟิสิกส์ยุคเก่า และฟิสิกส์ยุคใหม่ ดังนั้นจึงสามารถจำแนกประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ยุคเก่า คือ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เสนอปรากฏการณ์เกี่ยวกับฟิสิกส์ยุคเก่าให้นักเรียนแก้ปัญหาซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอนุภาคขนาดใหญ่โดยมีความเร็วต่ำ

2) โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ยุคใหม่ คือ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เสนอปรากฏการณ์เกี่ยวกับฟิสิกส์ยุคใหม่ให้นักเรียนแก้ปัญหาซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอนุภาคขนาดเล็กโดยมีความเร็วสูง

3.3 ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

Belikov (1989) แบ่งขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ (physical) การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (mathematical) และการวิเคราะห์คำตอบ (analysis of solution) ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เสนอโดย Morin (2008) โดยการโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

3.3.1 การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์

ขั้นตอนแรกในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์คือการทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ปรากฏในโจทย์ปัญหาพร้อมทั้งวิเคราะห์ปริมาณที่โจทย์กำหนดให้ และปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ โดยเขียนสรุปไว้บริเวณที่ว่างสำหรับตอบคำถาม เพื่อให้ง่ายต่อการแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นจึงแปลงโจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของข้อความเป็นรูปภาพและแผนภาพวัตถุอิสระเพื่อให้เข้าใจโจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น โดยแผนภาพวัตถุอิสระ (free-body diagrams) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เนื่องจากเป็นแผนภาพที่แสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุทุกแรง นอกจากนี้ควรกำหนดปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องลงในแผนภาพวัตถุอิสระ หลังจากการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ขั้นต่อไปคือการเลือกสูตรหรือสมการเพื่อใช้ในการหาคำตอบตามที่โจทย์ต้องการทราบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3.2 การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

หลังจากเลือกสูตรหรือสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แล้ว ขั้นต่อมาจึงแก้สมการเพื่อหาคำตอบ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) จัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่าย กล่าวคือ จัดรูปสมการ

เพื่อหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบจากสมการหรือสูตรที่เลือกใช้เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ คำนวณได้รวดเร็ว มีข้อผิดพลาดน้อยกว่าการแทนค่าปริมาณที่โจทย์กำหนดให้ลงในสมการ ตรวจคำตอบได้ง่าย และสามารถพิจารณาหน่วยของคำตอบได้อย่างถูกต้อง และ 2) การแทนค่าสมการ เป็นการแทนค่าปริมาณที่โจทย์กำหนดให้ลงในสมการอย่างง่าย แล้วจึงคำนวณเพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

3.3.3 การวิเคราะห์คำตอบ

ขั้นตอนสุดท้ายของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ การวิเคราะห์คำตอบ โดยการประเมินความถูกต้องของคำตอบ ซึ่งมีสิ่งที่ต้องพิจารณา คือ มิติหรือหน่วย คำอุปสรรค ความหมายทางฟิสิกส์ และความเป็นไปได้ของคำตอบ

ทั้งนี้นักการศึกษาส่วนมากนิยมนำเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของ Polya มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน ซึ่งเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของ Polya มีพื้นฐานความคิดมาจากขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การวางแผนแก้โจทย์ปัญหา การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา และการตรวจสอบคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ดังกล่าวข้างต้น (Çalışkan, Selçuk, & Erol, 2010; Selçuk, Çalişkan, & Erol, 2008)

3.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม (2555) ได้สรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 8 ปัจจัย ได้แก่ ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ทักษะการแก้ปัญหา ความสามารถในการคำนวณและการใช้เหตุผล แรงขับ ความยืดหยุ่นในการคิด ระดับความสามารถ การอบรมเลี้ยงดู และการจัดการเรียนรู้ของครู ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา

ก่อนการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนจะต้องอ่านโจทย์ปัญหาอย่างรอบคอบ ตลอดจนทำความเข้าใจและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเพื่อให้ทราบสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ นิยาม มโนทัศน์และหลักการที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ทักษะการแก้ปัญหา

นักเรียนที่ฝึกฝนแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอจะทำให้นักเรียนเผชิญกับโจทย์ปัญหาหลากหลายรูปแบบ นั่นคือ จะทำให้นักเรียนสามารถวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสมเนื่องจากมีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหา

3) ความสามารถในการคำนวณและการใช้เหตุผล

การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ทั้งความสามารถในการคำนวณและการใช้เหตุผล ดังนั้นการที่จะแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างสำเร็จ นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการคำนวณและการใช้เหตุผลที่เพียงพอต่อการแก้โจทย์ปัญหานั้นๆ

4) แรงขับ

เมื่อนักเรียนเผชิญกับโจทย์ปัญหาที่แปลกใหม่ซึ่งไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ในทันที นักเรียนจึงต้องสร้างแรงขับเพื่อผลักดันให้เกิดการคิด และวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างเต็มที่เพื่อให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

5) ความยืดหยุ่นในการคิด

นักเรียนไม่ควรยึดติดกับรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหารูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง หรือรูปแบบที่ตนเองคุ้นเคย แต่ต้องยอมรับการแก้โจทย์ปัญหารูปแบบใหม่ ซึ่งจะทำให้นักเรียนปรับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาโดยบูรณาการความรู้ ทักษะ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) ระดับความสามารถ

การแก้โจทย์ปัญหาจะต้องใช้การคิดระดับสูง นั่นคือ การแก้โจทย์ปัญหาสัมพันธ์กับระดับความสามารถ โดยนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงย่อมมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดีกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ

7) การอบรมเลี้ยงดู

นักเรียนที่มาจากครอบครัวที่มีการเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยมีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่มาจากครอบครัวที่มีการเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยหรือแบบเข้มงวด เนื่องจากนักเรียนที่มาจากครอบครัวที่มีการเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยสามารถแสดงความคิดเห็นและตัดสินใจได้ด้วยตนเอง

8) การจัดการเรียนรู้ของครู

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดอย่างอิสระและให้ความสำคัญกับการคิดของนักเรียนย่อมส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดีกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ยึดครูเป็นสำคัญ นอกจากนี้การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ยังส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา กล่าวคือ ครูจะต้องจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่ ทำให้นักเรียนรู้สึกผ่อนคลายในการแสดงความคิด ไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกอับอายเมื่อตอบคำถามผิด ไม่ทำให้นักเรียนกลัวความผิดพลาด และที่สำคัญครูจะต้องให้ความสำคัญกับวิธีการคิดของนักเรียน

3.5 วิธีการวัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

การวัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีหลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการประเมิน การใช้ผลการประเมิน จำนวนนักเรียนที่ต้องการประเมิน เวลาในการประเมิน และความสามารถของผู้ประเมิน ซึ่งนฤมล ฉิมงาม (2558) และอนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม (2555) ได้สรุปวิธีการวัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 4 วิธี ดังนี้

1) การสังเกตและการถามคำถาม

การสังเกตและการถามคำถามเป็นวิธีการที่ใช้ระหว่างการจัดการเรียนรู้ นั่นคือ เหมาะสมสำหรับครูที่เดินดูนักเรียนแก้โจทย์ปัญหาในชั้นเรียนพร้อมทั้งซักถามนักเรียนเพื่อให้เห็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งนี้ก่อนการสังเกต ครูจะต้องตั้งเป้าหมายในการสังเกต ประเด็นในการสังเกตและวางแผนการสังเกตล่วงหน้า โดยการสังเกต ครูควรสังเกตนักเรียนครั้งละประมาณ 2 - 3 คน ส่วนการถามคำถามนั้นควรกำหนดวัตถุประสงค์ในการถามคำถาม และประเด็นในการถามคำถาม โดยหลังจากการสังเกตและการถามคำถาม ครูควรบันทึกผลการสังเกตและการถามคำถามทันทีตามวัตถุประสงค์ในการสังเกตและการถามคำถามโดยใช้มาตรประมาณค่า หรือแบบบันทึกข้อมูล

2) การประเมินตนเอง

การประเมินตนเองเป็นวิธีการที่ให้นักเรียนเล่าหรือเขียนรายงานเกี่ยวกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นตอนการคิด แนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ความรู้สึกในการแก้โจทย์ปัญหา ตลอดจนการประเมินการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) การให้คะแนนแบบรูบริค

การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนโดยใช้การให้คะแนนแบบรูบริค (scoring rubrics) แบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ (1) การให้คะแนนแบบแยกส่วน (analytic scoring) (2) การให้คะแนนแบบองค์รวม (holistic scoring) และ (3) การให้คะแนนจากความรู้สึกโดยทั่วไปต่องาน (general impression scoring) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1) การให้คะแนนแบบแยกส่วน เป็นการประเมินที่แยกขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาเป็นประเด็นต่างๆ โดยกำหนดระดับคุณภาพ และเกณฑ์ในการประเมิน ทำให้ครูสามารถประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ทีละขั้นตอน ซึ่งทำให้เห็นจุดแข็งและจุดอ่อนของนักเรียนแต่ละคน นั่นคือ สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองเพื่อปรับปรุงจุดอ่อนในการแก้โจทย์ปัญหา

3.2) การให้คะแนนแบบองค์รวม เป็นการประเมินที่แตกต่างจากการให้คะแนนแบบแยกส่วนตรงที่ไม่กำหนดประเด็นในการประเมินการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอน แต่จะประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในภาพรวม ทำให้สามารถประเมินนักเรียนได้รวดเร็ว แต่ไม่สามารถบอกจุดแข็งและจุดอ่อนในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอนได้

3.3) การให้คะแนนจากความรู้สึกโดยทั่วไปต่องาน เป็นการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนโดยพิจารณาการแก้โจทย์ปัญหา และให้คะแนนจากความรู้สึกโดยทั่วไปตามระดับคุณภาพที่กำหนดไว้โดยไม่มีเกณฑ์ในการประเมิน ครูที่ใช้วิธีการนี้จะต้องมีประสบการณ์ในการประเมินซึ่งดำเนินการโดยเขียนข้อคิดเห็น หรือคำถามเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนบนกระดาษคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนี้ยังสามารถใช้แบบตรวจสอบรายการ (checklist) ในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยแยกขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาออกเป็นประเด็นที่ต้องการประเมินให้ชัดเจน

4) การใช้แบบสอบ

การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนสามารถใช้ได้ทั้งแบบสอบประเภทเสนอคำตอบ และแบบสอบประเภทเลือกคำตอบ โดยครูจะต้องกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาที่สะท้อนถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา อย่างไรก็ดี หากใช้แบบสอบประเภทเสนอคำตอบในการวัด ควรมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน และครอบคลุมคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนโดยใช้แบบสอบแบบความเรียงจำกัดคำตอบพร้อมทั้งกำหนดประเด็นในการประเมินคำตอบของนักเรียนตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จากนั้นจึงสร้างมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ในการประเมินคำตอบของนักเรียน

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

Selçuk, Çalişkan และ Erol (2008) ได้สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์พบว่า การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การเปรียบเทียบพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับสูงกับนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับต่ำ โดยผลการวิจัยมีความสอดคล้องกันดังนี้ นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับสูงจะวิเคราะห์โจทย์ปัญหาบนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ จากนั้นจึงแก้โจทย์ปัญหาโดยแก้สมการทางคณิตศาสตร์ ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับต่ำส่วนใหญ่มักแก้โจทย์ปัญหาโดยการแทนค่าปริมาณที่โจทย์กำหนดให้ในสูตร และพยายามหาสูตรอื่นๆ ที่สามารถแทนค่าปริมาณที่โจทย์กำหนดให้

2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การแก้โจทย์ปัญหาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่าวิธีการสอนที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ การสอนแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยตรง ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่ครูสอนนักเรียนแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทีละขั้นตอนพร้อมทั้งเพิ่มเทคนิคในการแก้โจทย์ปัญหา นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ SSCS ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนตามแนวอริยสัจ 4 และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (นฤมล ฉิมงาม, 2558; วันวิสาข์ ภักดี, 2557; เสฏฐวุฒิ มุลอามาตย์, 2549) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ยังสามารถพัฒนาโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายผลการตอบ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยบอกความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ถูกต้อง และข้อมูลย้อนกลับแบบให้ตอบหลายครั้งโดยให้คำชี้แนะ (Attali, 2015; Attali & van der Kleij, 2017; Johnson, Reisslein, & Reisslein, 2015)

ตอนที่ 4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบแบบเติมคำ

4.1 ขั้นตอนการสร้าง

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เสนอโดยโชติกา ภาษีผล (2554) และศิริชัย กาญจนวาสี (2556) สรุปได้ว่าขั้นตอนในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 6 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 การกำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ

การกำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบเริ่มต้นจากการวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดมุ่งหมาย เนื้อหา และกิจกรรมที่เป็นเป้าหมายสำคัญของหลักสูตร สำหรับใช้ในการวางแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ทั้งนี้ในการทดสอบ ครูผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

4.1.2 การออกแบบการสร้างแบบสอบ

การออกแบบการสร้างแบบสอบเป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางในการสร้างแบบสอบที่มีคุณภาพ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1) วางแผนการทดสอบ ครูผู้สอนจะต้องวางแผนการทดสอบเกี่ยวกับจำนวนครั้งในการทดสอบ ความถี่ในการทดสอบ เนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบ และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

2) กำหนดรูปแบบของแบบสอบ ครูผู้สอนจะต้องเลือกประเภทของแบบสอบที่เหมาะสมกับการทดสอบแต่ละครั้ง โดยพิจารณาจากประเภทของแบบสอบ ดังนี้

(1) แบบสอบแบบอิงเกณฑ์หรือแบบสอบแบบอิงกลุ่ม

(2) แบบสอบข้อเขียนหรือแบบสอบปฏิบัติการ

(3) แบบสอบแบบเสนอคำตอบหรือแบบสอบแบบเลือกตอบ

(4) แบบสอบความเร็วหรือแบบสอบความสามารถ

(5) แบบสอบเป็นกลุ่มหรือแบบสอบรายบุคคล

3) สร้างแผนผังการทดสอบ การสร้างแผนผังการทดสอบมีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และจุดมุ่งหมายของการสอบมีความสอดคล้องกันอย่างเป็นระบบ ซึ่งแผนผังการทดสอบจะช่วยให้เห็นถึงจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด การกำหนดน้ำหนักความสำคัญ ความถี่ของการทดสอบ และประเภทของแบบสอบ

4) สร้างผังข้อสอบ (test blueprint) หรือตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (table of specifications) ผังข้อสอบเป็นตารางที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาที่ต้องการวัดและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักความสำคัญ และจำนวนข้อสอบที่สร้างเป็นแบบสอบ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

(1) ระบุเนื้อหาลงในผังข้อสอบตามแนวนอนทางด้านซ้ายมือ ส่วนระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ให้ระบุไว้ตามแนวตั้งบริเวณหัวตาราง

(2) วิเคราะห์ว่าเนื้อหาแต่ละเรื่องมีพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับใดบ้างที่ต้องการวัด

(3) กำหนดน้ำหนักในแต่ละช่อง โดยพิจารณาว่าเนื้อหาแต่ละเรื่องมีน้ำหนักความสำคัญอยู่ที่พฤติกรรมการเรียนรู้ระดับใดบ้าง และจำนวนเท่าใด ซึ่งการกำหนดน้ำหนักความสำคัญควรทำเป็นตารางร้อย หรือตารางพันเพื่อความสะดวกสำหรับการนำไปใช้ในการกำหนดสัดส่วนของข้อสอบในการทดสอบแต่ละครั้ง

(4) จัดอันดับความสำคัญของเนื้อหาและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.3 เขียนข้อสอบ

ครูผู้สอนดำเนินการเขียนข้อสอบตามรายละเอียดในผังข้อสอบ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดแบบแผนข้อสอบ แบบแผนข้อสอบเป็นรูปแบบทั่วไปของข้อสอบที่ทำให้ได้ข้อสอบที่วัดได้ตรงวัตถุประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยประหยัดเวลาในการเขียนข้อสอบครั้งต่อไป และยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบสอบคู่ขนาน

2) ร่างข้อสอบ เป็นการร่างข้อสอบตามแบบแผนข้อสอบที่ได้กำหนดไว้ให้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด ตลอดจนให้มีปริมาณข้อสอบตามสัดส่วนความสำคัญที่กำหนดไว้ โดยควรเขียนข้อสอบเผื่อไว้ประมาณร้อยละ 25 ของข้อสอบที่ต้องการใช้จริง

หากเป็นไปได้ควรเขียนข้อสอบเผื่อไว้ 1 ถึง 2 เท่า ของข้อสอบที่ต้องการใช้จริง ในการวิจัยนี้ใช้แบบสอบแบบเติมคำในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผู้วิจัยจึงศึกษาแนวทางในการสร้างแบบสอบแบบเติมคำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1) ลักษณะของแบบสอบแบบเติมคำ (completion)

แบบสอบแบบเติมคำเป็นแบบสอบที่มีลักษณะเป็นประโยคไม่สมบูรณ์ โดยมีช่องว่างเพื่อให้นักเรียนเติมคำตอบ นั่นคือ ให้นักเรียนคิดและสร้างคำตอบด้วยตนเองซึ่งเป็นคำตอบสั้นๆ โดยคำตอบอาจอยู่ในรูปคำ วลี ประโยคเพียง 1 หรือ 2 ประโยค จำนวน หรือสัญลักษณ์ต่างๆ แบบสอบแบบเติมคำเหมาะสำหรับวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับความจำ ความเข้าใจ เช่น ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ หลักการและข้อเท็จจริงต่างๆ ทั้งนี้แบบสอบแบบเติมคำยังสามารถใช้ในการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นสูงได้ เช่น การตีความหมายข้อมูล ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (โชติกา ภาษีผล, 2554; McMillan, 2014; Nitko, 2004)

2.2) ข้อเสนอแนะในการเขียนข้อสอบแบบเติมคำ

การเขียนข้อสอบแบบเติมคำที่มีคุณภาพควรดำเนินการตามข้อเสนอแนะต่อไปนี้ (โชติกา ภาษีผล, 2554; Gronlund & Waugh, 2013; McMillan, 2014; Nitko, 2004)

(1) ข้อสอบแต่ละข้อควรวัดเฉพาะเนื้อหาที่สำคัญ มีเพียงประเด็นเดียว และสอดคล้องกับผังข้อสอบ

(2) คำถามจะต้องมีความชัดเจน ไม่คลุมเครือ เมื่ออ่านแล้วพบว่ามีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) คำถามควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และกระชับ

(4) หลีกเลี่ยงการคัดลอกข้อความจากเอกสารประกอบการเรียนมาตั้งเป็นคำถาม เพราะจะทำให้นักเรียนมุ่งจดจำเนื้อหาบทเรียนมากกว่าทำความเข้าใจ

(5) ควรเว้นช่องว่างสำหรับตอบคำถามไว้ท้ายประโยค

(6) ควรเว้นช่องว่างสำหรับการตอบคำถามให้เพียงพอกับคำตอบและมีความยาวเท่ากันทุกข้อ เพื่อลดโอกาสในการเดาคำตอบของนักเรียนจากการพิจารณาความยาวของช่องว่าง

(7) การเว้นช่องว่างสำหรับให้นักเรียนตอบคำถามไม่ควรเว้นเกิน 2 ตำแหน่ง เพราะจะทำให้กำกวม และมีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ

(8) สำหรับคำตอบที่เป็นตัวเลขควรระบุหน่วย เลขชี้กำลัง และตำแหน่งทศนิยมสำหรับคำตอบเพื่อให้นักเรียนตอบคำถามไปในทิศทางเดียวกัน และไม่เสียเวลาในการทำข้อสอบ ถ้าหากมีคำถามที่มีคำตอบเป็นตัวเลขมากกว่า 1 ข้อ ควรระบุไว้ในส่วนของคำชี้แจงในการทำแบบสอบ

(9) หลีกเลี่ยงการสร้างคำถามที่มีการชี้แนะคำตอบ

2.3) ข้อดีของแบบสอบแบบเติมคำ

แบบสอบแบบเติมคำมีข้อดี 3 ประการ ดังนี้ (โชติกา ภาษีผล, 2554; Gronlund & Waugh, 2013; McMillan, 2014; Nitko, 2004)

(1) ลดโอกาสในการเดาคำตอบของนักเรียน

(2) สร้างง่าย และรวดเร็ว

(3) สามารถสร้างได้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด

2.4) ข้อจำกัดของแบบสอบแบบเติมคำ

แบบสอบแบบเติมคำมีข้อจำกัด 3 ประการ ดังนี้ (โชติกา ภาษีผล, 2554; Gronlund & Waugh, 2013; McMillan, 2014; Nitko, 2004)

(1) วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ในขอบเขตที่จำกัด และไม่เหมาะสำหรับวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ซับซ้อน

(2) หากสร้างคำถามไม่ชัดเจนจะทำให้มีคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) ใช้เวลาในการตรวจให้คะแนนนานกว่าแบบสอบแบบเลือกคำตอบ และไม่มีความเป็นปรนัยเนื่องจากการตรวจให้คะแนนได้รับอิทธิพลจากปัญหาการสะกดคำ หลักไวยากรณ์ และลายมือของนักเรียน

3) ทบทวนร่างข้อสอบ หลังจากร่างข้อสอบเสร็จแล้ว ครูผู้สอนควรทบทวนร่างข้อสอบที่ได้เขียนขึ้นโดยพิจารณาถึงความสมเหตุสมผล ความตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และความชัดเจนของภาษา จากนั้นจึงให้ผู้อื่นช่วยทบทวนร่างข้อสอบเพื่อนำข้อบกพร่องไปปรับปรุงข้อสอบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) บรรณาธิการข้อสอบ หลังจากครูผู้สอนปรับปรุงข้อบกพร่องของข้อสอบที่เขียนขึ้นแล้ว จึงนำข้อสอบมาเรียบเรียงเป็นแบบสอบโดยในการเรียงข้อสอบมีแนวทางที่ควรปฏิบัติดังนี้

(1) หากแบบสอบประกอบด้วยข้อสอบหลายประเภท ควรแบ่งแบบสอบเป็นตอน นั่นคือข้อสอบที่อยู่ในตอนเดียวกันเป็นข้อสอบประเภทเดียวกัน โดยเรียงจากตอนที่ประกอบด้วยข้อสอบที่ตอบง่ายไปยังตอนที่ประกอบด้วยข้อสอบที่มีความซับซ้อนในการตอบ ดังนี้ ข้อสอบแบบถูกผิด ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบตอบสั้นหรือแบบเติมคำ ข้อสอบแบบหลายตัวเลือก และข้อสอบแบบความเรียง

(2) ในแบบสอบแต่ละตอน ควรเรียงข้อสอบจากข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับต่ำไปยังข้อสอบที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสูงโดยเรียงจากข้อสอบที่ง่ายไปข้อสอบที่ยาก

4.1.4 ทดลองใช้และวิเคราะห์ข้อสอบ

ก่อนการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบจะต้องนำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ต้องการนำแบบสอบไปใช้ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างควรมีอย่างน้อย 50 คน เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างคงที่และน่าเชื่อถือ จากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อสอบโดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ และการวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ

1) การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อแบ่งเป็นการวิเคราะห์ทางกายภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการวิเคราะห์ทางกายภาพจะพิจารณาถึงความชัดเจนของคำสั่ง คำถาม คำตอบ ความเหมาะสมของภาษา ความยาวของแบบสอบ และระยะเวลาในการสอบ ส่วนการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะวิเคราะห์เกี่ยวกับค่าความยาก อำนาจจำแนกของข้อสอบ และประสิทธิภาพของตัวลวง โดยจะคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .20 ถึง .80 และมีค่าอำนาจจำแนกมากกว่า .20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ หลังจากการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพรวมเป็นแบบสอบแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบโดยพิจารณาจากค่าความตรง และความเที่ยง

4.1.5 นำแบบสอบไปใช้

การนำแบบสอบไปใช้ ครูผู้สอนจะต้องคำนึงเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อคะแนนสอบของนักเรียน ได้แก่ ความชัดเจนของคำสั่ง เวลาที่ใช้ในการสอบ สภาพแวดล้อมในการสอบซึ่งจะต้องมีแสงสว่าง เสียง การถ่ายเทของอากาศ และอุณหภูมิห้องที่เหมาะสม รวมทั้งผู้คุมสอบจะต้องไม่แสดงพฤติกรรมที่รบกวนสมาธิของนักเรียนและไม่สร้างความเครียดและความวิตกกังวลให้แก่นักเรียน หลังการดำเนินการทดสอบเสร็จแล้ว ขั้นต่อไปคือการตรวจให้คะแนน สิ่งสำคัญในการตรวจให้คะแนน

คือความเป็นปรนัยโดยมีการเตรียมคำตอบถูกไว้ตรวจให้คะแนน และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ชัดเจน และเหมาะสม เพื่อนำผลการสอบไปใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนและการสอนของครูผู้สอน

4.1.6 วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบ

การวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างแบบสอบเพื่อทำให้ทราบคุณภาพของแบบสอบ โดยการวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นของคะแนนสอบ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ และความโด่ง เพื่อประโยชน์ในการแปลผลคะแนนสอบ และการปรับปรุงแบบสอบ นอกจากนี้จะต้องวิเคราะห์ความตรง และความเที่ยง เพื่อทำให้ทราบว่าแบบสอบที่นำไปใช้จริงนั้นสามารถวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัดหรือไม่ อย่างไร และผลการวัดมีความคงเส้นคงวาหรือไม่ อย่างไร ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับบ่งบอกถึงความคลาดเคลื่อนของการวัด ความน่าเชื่อถือของคะแนน และการแปลผลคะแนนสอบ หากผลการวิเคราะห์บ่งบอกว่าแบบสอบมีคุณภาพ ควรพัฒนาเก็บไว้ในคลังข้อสอบต่อไป

4.2 การตรวจสอบคุณภาพ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ และการวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเป็นการพิจารณาคุณภาพของข้อสอบ โดยตัวบ่งชี้คุณภาพที่สำคัญของข้อสอบ คือ ความยาก และอำนาจจำแนก (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แนวทาง คือ การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ และการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม โดยการวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการสร้างแบบสอบแบบเติมคำซึ่งสร้างตามแนวคิดแบบสอบผลสัมฤทธิ์แบบอิงเกณฑ์จึงเหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ ทั้งนี้ในการตรวจให้คะแนนนั้นมีการให้คะแนน 2 ค่า คือ 1 คะแนน สำหรับคำตอบที่ถูกต้อง และ 0 คะแนน สำหรับคำตอบที่ผิด จึงสามารถใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบเช่นเดียวกับแบบสอบแบบเลือกตอบ แต่แตกต่างกันที่ไม่ต้องวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวลวง ส่วนแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นแบบสอบแบบความเรียงจึงต้องวิเคราะห์ข้อสอบแบบความเรียง โดยมีแนวทางในการวิเคราะห์ ดังนี้

1) ความยาก (item difficulty)

ความยาก คือ สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ซึ่งศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้เสนอสูตรการคำนวณเกี่ยวกับค่าความยากของข้อสอบเลือกตอบแบบอิงเกณฑ์ไว้ดังนี้

$$P_i = \frac{R_i}{N_i}$$

เมื่อ P_i คือ ค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i

R_i คือ จำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบที่ i ถูกต้อง

N_i คือ จำนวนผู้ตอบข้อสอบที่ i ทั้งหมด

การคำนวณค่าความยากของข้อสอบแบบความเรียงใช้สูตรดังนี้

$$P_i = \frac{P_H + P_L}{2}$$

เมื่อ P_H คือ คะแนนรวมรายข้อของทุกคนในกลุ่มสูงหารด้วยคะแนนเต็มรายข้อของทุกคนในกลุ่มสูง

P_L คือ คะแนนรวมรายข้อของทุกคนในกลุ่มต่ำหารด้วยคะแนนเต็มรายข้อของทุกคนในกลุ่มต่ำ

ข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .20 ถึง .80 โดยมีเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าความยาก ดังตาราง 2.3 (โชติกา ภาษีผล, 2559; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 2.3

เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยาก

ความยาก (p)	ความหมาย
.81 - 1.00	ง่ายมาก
.60 - .80	ค่อนข้างง่าย
.40 - .59	ปานกลาง
.20 - .39	ค่อนข้างยาก
.00 - .19	ยากมาก

2) อำนาจจำแนก

การวิเคราะห์อำนาจจำแนกสำหรับแบบสอบแบบอิงเกณฑ์มีดัชนีที่พิจารณา 2 ค่า คือ ดัชนีความไว (sensitivity index) และดัชนีอำนาจจำแนกบี (B-Index) โดยดัชนีความไวเป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของข้อสอบในการจำแนกผู้ที่รอบรู้ออกจากผู้ไม่รอบรู้ ซึ่งจะต้องดำเนินการทดสอบ 2 ครั้ง คือ ทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน (โชติกา ภาษีผล, 2559; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) หากมีการทดสอบเพียงครั้งเดียวควรวิเคราะห์อำนาจจำแนกของข้อสอบโดยใช้ดัชนีอำนาจจำแนกบี ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้รอบรู้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมออกจากผู้ไม่รอบรู้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยจะต้องกำหนดจุดตัดเพื่อแบ่งผู้รอบรู้และไม่รอบรู้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (โชติกา ภาษีผล, 2559) ซึ่ง Brennan (1972) ได้เสนอสูตรในการคำนวณดัชนีอำนาจจำแนกบีไว้ดังนี้

$$\text{B-Index} = P_U - P_L$$

เมื่อ P_U คือ สัดส่วนของผู้รอบรู้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตอบถูก

P_L คือ สัดส่วนของผู้ไม่รอบรู้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตอบถูก

การคำนวณอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบความเรียงใช้สูตรดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$R_i = P_H - P_L$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อสอบที่มีคุณภาพจะต้องมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป โดยมีเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าอำนาจจำแนกดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4

เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก	ความหมาย
.60 - 1.00	ดีมาก
.40 - .59	ดี
.20 - .39	พอใช้
.10 - .19	ค่อนข้างต่ำ
.00 - .09	ต่ำมาก

4.2.2 การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ

การวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบทั้งฉบับเพื่อพิจารณาถึงคุณภาพของแบบสอบนั้นจะต้องวิเคราะห์ทั้งความตรงและความเที่ยง ซึ่งมีแนวทางในการวิเคราะห์ ดังนี้ (โชติกา ภาษีผล, 2554; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

1) ความตรง (validity)

ความตรง คือ ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ความตรงตามเนื้อเรื่อง (content validation) คือ ความสามารถของเครื่องมือที่วัดได้ตรงและครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด

(2) ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion-related validation) คือ ความสามารถของเครื่องมือในการวัดได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอกที่วัดได้จากเครื่องมือที่เป็นอิสระ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) และความตรงเชิงทำนาย (predictive validity)

(3) ความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validation) คือ ความสามารถของเครื่องในการวัดได้ตามทฤษฎีหรือแนวคิดของเรื่องที่ต้องการวัด

การวิจัยในครั้งนี้วิเคราะห์ความตรงตามเนื้อเรื่อง และความตรงตามสภาพ จึงขอนำเสนอรายละเอียดเฉพาะความตรงดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.1) ความตรงตามเนื้อเรื่อง ความตรงตามเนื้อเรื่องสามารถตรวจสอบได้โดยการตัดสินของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอิสระจากกัน นั่นคือ ให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงกับเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้

จากนั้นจึงคำนวณค่าความตรงตามเนื้อเรื่องของข้อสอบโดยคำนวณความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด (item-objective congruence: IOC) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$IOC = \frac{\sum I_j}{N}$$

เมื่อ I_j คือ ผลการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) เสนอว่าค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด (IOC) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า .80 จึงจะถือว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด ทั้งนี้ยังสามารถคำนวณดัชนีความตรงตามเนื้อเรื่องของแบบสอบ (content validity index: CVI) ได้ดังนี้

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^{k} IOC_i}{k}$$

เมื่อ k คือ จำนวนข้อสอบ

โดยค่าดัชนีความตรงตามเนื้อเรื่องของแบบสอบ (CVI) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า .70

1.2) ความตรงตามสภาพ สามารถคำนวณได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างคะแนนจากแบบสอบกับคะแนนเกณฑ์จากเครื่องมืออื่นที่สามารถใช้บ่งบอกสถานภาพปัจจุบันของลักษณะที่ต้องการวัด หากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูงทางบวกหมายความว่าคะแนนจากแบบสอบสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของสถานภาพของลักษณะที่ต้องการวัด โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$R_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ R_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบสอบกับคะแนนเกณฑ์

x คือ คะแนนจากแบบสอบ

y คือ คะแนนเกณฑ์

n คือ จำนวนผู้สอบ

2) ความเที่ยง (reliability)

ความเที่ยง คือ ความคงเส้นคงวาของคะแนนที่ได้จากเครื่องมือ ซึ่งการประมาณค่าความเที่ยงสามารถวิเคราะห์ได้หลากหลายวิธี สำหรับการวิจัยในครั้งนี้มุ่งสร้างแบบสอบแบบอิงเกณฑ์ จึงเหมาะสมสำหรับวิธีการประมาณค่าสำหรับแบบสอบแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งวิธีการประมาณค่าความเที่ยงที่เหมาะสมสำหรับแบบสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ การประมาณค่าความเที่ยงวิธีของลิฟวิงตัน (Livington, 1970 อ้างใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) เนื่องจากมีการจัดสอบเพียงครั้งเดียว ซึ่งสัมประสิทธิ์ความเที่ยงประมาณค่ามาจากความเที่ยงแบบอิงกลุ่ม และคะแนนจุดตัด โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$r_{cc} = \frac{r_{tt}\sigma_x^2 + (\mu_x - c)^2}{\sigma_x^2 + (\mu_x - c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} คือ สัมประสิทธิ์ความเที่ยงวิธีของลิฟวิงตัน

r_{tt} คือ ความเที่ยงของแบบสอบแบบอิงกลุ่ม

σ_x^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ

μ_x คือ คะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบทั้งฉบับ

c คือ คะแนนจุดตัด

โดยความเที่ยงของแบบสอบแบบอิงกลุ่มที่ผู้วิจัยเลือกใช้คือวิธีการประมาณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha method) เนื่องจากเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความเที่ยงของแบบสอบที่จัดสอบเพียงครั้งเดียว และสามารถวิเคราะห์กับแบบสอบที่ให้คะแนนแบบ 2 ค่า หรือแบบสอบที่ให้คะแนนแบบหลายค่า โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

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

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ความเที่ยงวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนสอบข้อที่ i

S_x^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวม

k คือ จำนวนข้อสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) เสนอว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงควรมีค่าไม่น้อยกว่า .50

4.3 Graded Response Model

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (item response theory: IRT) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบได้ถูกต้องกับความสามารถของผู้สอบและคุณลักษณะของข้อสอบ โดยมีโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 2 โมเดล ตามลักษณะการตรวจให้คะแนน ได้แก่ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (dichotomous IRT models) ใช้สำหรับการตรวจให้คะแนนรายข้อแบบ 2 ค่า เช่น การตรวจให้คะแนนแบบ 0 หรือ 1 ถูกหรือผิด เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย และโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (polytomous IRT models) ใช้สำหรับการตรวจให้คะแนนรายข้อมากกว่า 2 ค่า เช่น การให้คะแนนแบบมาตรประมาณค่า การตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน และการตรวจให้คะแนนตามลำดับขั้นของรายการหลายคำตอบ ซึ่งเป็นโมเดลความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เชิงเส้นตรงระหว่างความสามารถของผู้สอบกับโอกาสในการเลือกตอบแต่ละรายการคำตอบ ทั้งนี้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า มีหลากหลายโมเดล เช่น Graded Response Model (GRM), Modified-Graded Response Model (M-GRM), Partial Credit Model (PCM), Generalized Partial Credit Model (G-PCM), Rating Scale Model (RSM) และ Nominal Response Model (NRM) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ Graded Response Model (GRM) เนื่องจากสอดคล้องกับวิธีการให้คะแนนสำหรับแบบสอบแบบเติมคำที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้หลายครั้งมากที่สุด (Attali, 2011) โดย Graded Response Model มีรายละเอียดดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555; Embretson & Reise, 2000)

4.3.1 โมเดล

Graded Response Model เหมาะสำหรับแบบสอบหรือแบบวัดที่แต่ละข้อคำถามมีรายการคำตอบแบบมาตรเรียงลำดับ (ordered categorical response) โดยข้อสอบแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องมีจำนวนรายการคำตอบที่เท่ากัน Graded Response Model มีลักษณะเป็นโมเดลทั่วไปของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ และใช้หลักการคำนวณความน่าจะเป็นของการเลือกแต่ละรายการคำตอบแบบ 2 ขั้นตอน (indirect IRT model) โดยขั้นตอนแรกคำนวณค่าความชันร่วม

(common item slope parameter) ของข้อสอบแต่ละข้อ จากนั้นจึงคำนวณค่าพารามิเตอร์ของแต่ละรายการคำตอบในข้อสอบแต่ละข้อ

สำหรับ Graded Response Model ข้อสอบแต่ละข้อแทนด้วย i อธิบายได้ด้วยค่าความชันร่วมของข้อสอบ (α_i) และค่า threshold ของแต่ละรายการคำตอบ (category threshold parameter: β_{ij}) เมื่อ j คือ ค่า threshold และ j = 1, 2, ..., m_i โดยที่ m_i เป็นจำนวน threshold ของข้อสอบที่ i และจำนวนรายการคำตอบของข้อสอบข้อที่ i (K_i) เท่ากับ $m_i + 1$ ดังนั้นการวิเคราะห์ตาม Graded Response Model จึงมีเป้าหมายเพื่อประมาณค่า α_i และตำแหน่งของ β_{ij} สำหรับผู้สอบที่มีค่าคุณลักษณะ (θ) บนสเกลที่ต่อเนื่อง โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

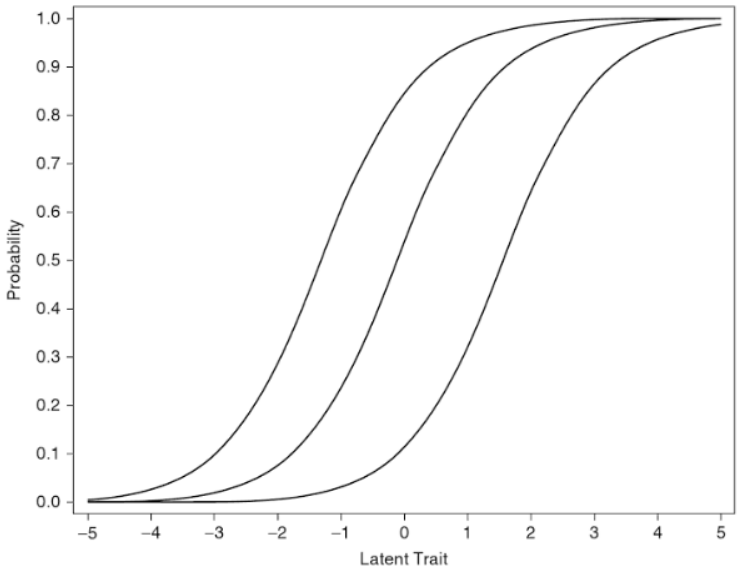
$$P_{ix}^{*}(\theta) = \frac{\exp[\alpha_i (\theta - \beta_{ij})]}{1 + \exp[\alpha_i (\theta - \beta_{ij})]}$$

เมื่อ x = j = 1, 2, ..., m_i

$P_{ix}^{*}(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบซึ่งมีคุณลักษณะ θ ตอบคำถามข้อที่ i ด้วยการเลือกรายการคำตอบที่ x

ค่า α_i คล้ายกับค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม แต่ไม่ควรพิจารณาโดยตรงว่าเป็นค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ เพราะการประเมินขนาดความสามารถในการจำแนกจำเป็นต้องคำนวณจากค่าสารสนเทศของข้อสอบที่ระดับความสามารถต่างๆ ของผู้สอบ

โค้งแสดงค่าฟังก์ชันของ $P_{ix}^{*}(\theta)$ เรียกว่า โค้งลักษณะปฏิบัติการ (operating characteristic curves: OCC) ดังภาพ 2.3 ซึ่งจะต้องคำนวณแต่ละโค้งที่แยกระหว่างรายการคำตอบ ดังนั้นจึงต้องประมาณค่า β_{ij} เท่ากับจำนวน threshold และค่า α_i จำนวน 1 ค่า ที่ร่วมกันของข้อสอบแต่ละข้อ โดย β_{ij} มีความหมายคล้ายกับระดับ θ ที่จำเป็นต้องมีเพื่อให้มีโอกาสตอบเหนือ threshold ที่ j ด้วยความน่าจะเป็น 0.50



ภาพ 2.3 โค้งลักษณะปฏิบัติการสำหรับข้อสอบที่มี 4 รายการคำตอบ
(Widaman & Grimm, 2014: 557)

จากภาพ 2.3 โค้งลักษณะปฏิบัติการสำหรับข้อสอบที่มี 4 รายการคำตอบ ได้แก่ 0 ถึง 3 จึงมี threshold จำนวน 3 ค่า นั่นคือ สามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ของแต่ละ threshold ได้จากการพิจารณา 3 กรณี ต่อไปนี้

1) การตอบ 0 เทียบกับ 1, 2, 3

2) การตอบ 0, 1 เทียบกับ 2, 3

3) การตอบ 0, 1, 2 เทียบกับ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ สำหรับแต่ละรายการคำตอบภายใต้เงื่อนไขความชันของโค้งลักษณะปฏิบัติการที่เท่ากันสำหรับแต่ละข้อ ทำให้สามารถคำนวณความน่าจะเป็นในการตอบแต่ละรายการคำตอบของผู้สอบที่มีคุณลักษณะ θ โดยใช้การลบความน่าจะเป็นดังสมการด้านล่าง

$$P_{ix}(\theta) = P^{*}_{ix}(\theta) - P^{*}_{i(x+1)}(\theta)$$

เมื่อพิจารณาจากข้อเท็จจริง ความน่าจะเป็นของการเลือกรายการคำตอบต่ำสุดหรือเหนือกว่าจะมีค่าเป็น 1 นั่นคือ $P^{*}_{i0}(\theta) = 1$ และความน่าจะเป็นของการเลือกรายการคำตอบเหนือกว่า

รายการคำตอบสูงสุดจะมีค่าเป็น 0 นั่นคือ $P_{i4}^{*}(\theta) = 0$ จะได้ว่าความน่าจะเป็นของการเลือกรายการคำตอบแต่ละรายการคำตอบของผู้สอบที่มีคุณลักษณะ θ มีค่าดังนี้

$$P_{i0}(\theta) = 1 - P_{i1}^{*}(\theta)$$

$$P_{i1}(\theta) = P_{i1}^{*}(\theta) - P_{i2}^{*}(\theta)$$

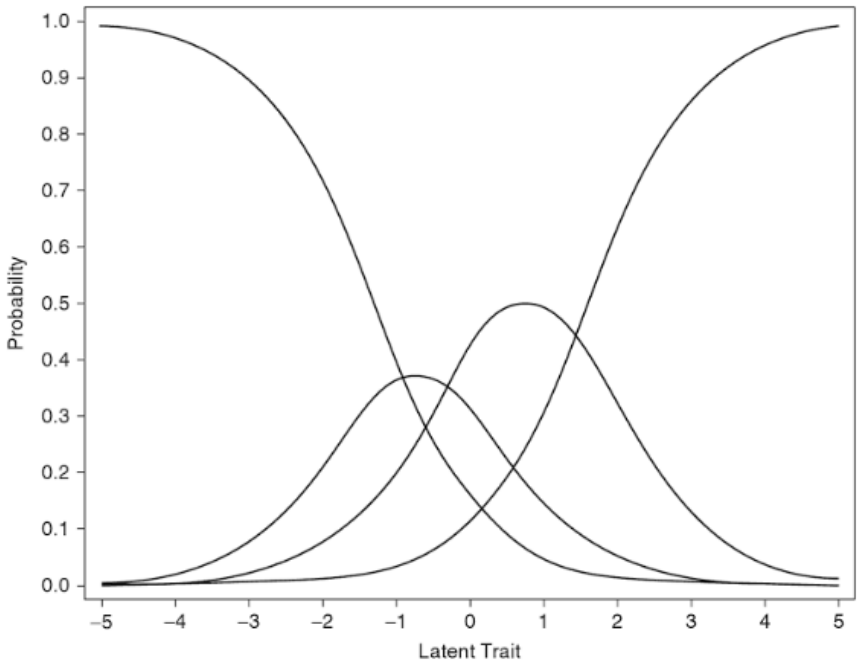
$$P_{i2}(\theta) = P_{i2}^{*}(\theta) - P_{i3}^{*}(\theta)$$

$$P_{i3}(\theta) = P_{i3}^{*}(\theta) - 0$$

โค้งแสดงฟังก์ชันของความน่าจะเป็นในการเลือกแต่ละรายการคำตอบของผู้สอบที่มีคุณลักษณะ θ เรียกว่า โค้งการเลือกรายการคำตอบ (category response curves: CRC) โดยลักษณะของโค้งการเลือกรายการคำตอบมีความเกี่ยวข้องกับโค้งลักษณะปฏิบัติการและค่าพารามิเตอร์ความชันร่วมของข้อสอบดังภาพ 2.4 โดยโค้งการเลือกรายการคำตอบแต่ละเส้นบ่งบอกถึงความน่าจะเป็นของผู้สอบที่มีคุณลักษณะระดับ θ จะเลือกแต่ละรายคำตอบ ซึ่งที่จุด θ ใดๆ ผลรวมของความน่าจะเป็นในการเลือกแต่ละรายการคำตอบมีค่าเท่ากับ 1

ค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามใน Graded Response Model จะเป็นสิ่งที่กำหนดรูปร่างและตำแหน่งของโค้งการเลือกรายการคำตอบและโค้งลักษณะปฏิบัติการ โดยทั่วไปถ้าค่าพารามิเตอร์ความชันร่วมของข้อสอบมีค่าสูงขึ้น จะทำให้โค้งลักษณะปฏิบัติการมีความชันมากขึ้น เป็นผลให้ช่วงการกระจายของโค้งการเลือกรายการคำตอบแคบลงและมียอดสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่ารายการคำตอบนั้นสามารถจำแนกระหว่างระดับ θ ของผู้สอบได้ดี ส่วนค่าพารามิเตอร์ของ threshold ของแต่ละรายการคำตอบบ่งบอกถึงตำแหน่งของโค้งลักษณะปฏิบัติการและตำแหน่งบริเวณที่พบกันของโค้งการเลือกรายการคำตอบของรายการคำตอบที่อยู่ติดกัน

หากพิจารณาในบริบทของการวิจัยนี้ พบว่ามีรายการคำตอบ $K_i = m_i + 1$ เมื่อ m_i คือ จำนวนครั้งในการตอบคำถาม ซึ่งเท่ากับจำนวน threshold โดยค่า threshold สูงสุด หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะตอบคำตอบถูกต้องจากการตอบคำถามครั้งแรกหรือได้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน ส่วนค่า threshold ต่ำสุด หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะตอบคำถามถูกต้องจากการตอบคำถามครั้งสุดท้ายหรือได้คะแนน 0.25 คะแนน



ภาพ 2.4 โค้งการเลือกรายการคำตอบสำหรับข้อสอบที่มี 4 รายการคำตอบ (Widaman & Grimm, 2014: 557)

4.3.2 สารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ

สารสนเทศของข้อสอบ (item information: $I_i(\theta)$) เป็นดัชนีผสมที่สร้างจากดัชนีคุณลักษณะของข้อสอบหลายลักษณะเพื่อใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของข้อสอบ ส่วนสารสนเทศของแบบสอบ (test information: $I(\theta)$) เป็นดัชนีที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของแบบสอบโดยพิจารณาจากความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

เมื่อพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อ จะได้ว่าสามารถแปลงโค้งรายการคำตอบให้เป็นโค้งสารสนเทศของข้อสอบได้ และยังสามารถแปลงโค้งสารสนเทศของข้อสอบทั้งฉบับเป็นโค้งสารสนเทศของแบบสอบ ได้ดังสมการด้านล่าง

$$I_i(\theta) = \sum_{x=0}^{m} \left[\frac{P_{ix}^{*}(\theta)^2}{P_{ix}(\theta)}\right]$$

$$I(\theta) = \sum_{i=0}^{k} I_i(\theta)$$

4.3.3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

Reise และ Yu (1990 อ้างใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ได้ศึกษาการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ Graded Response Model โดยใช้การจำลองข้อมูลพบว่า สามารถใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 250 คน ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ แต่ถ้าต้องการให้ได้ผลดี ควรใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 500 คน อย่างไรก็ดี De Ayala (1994) ได้ศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ Graded Response Model สำหรับแบบสอบที่มี 5 รายการคำตอบ จำนวน 15 ข้อ พบว่าควรใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 375 คน จึงจะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์มีความแม่นยำและให้ผลที่คงที่ โดย De Ayala ให้ความเห็นว่าหากพิจารณาอัตราส่วนระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างกับพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้จึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Reise และ Yu เนื่องจากแบบสอบที่ Reise และ Yu ใช้ในการศึกษานั้นมี 5 รายการคำตอบ จำนวน 25 ข้อ

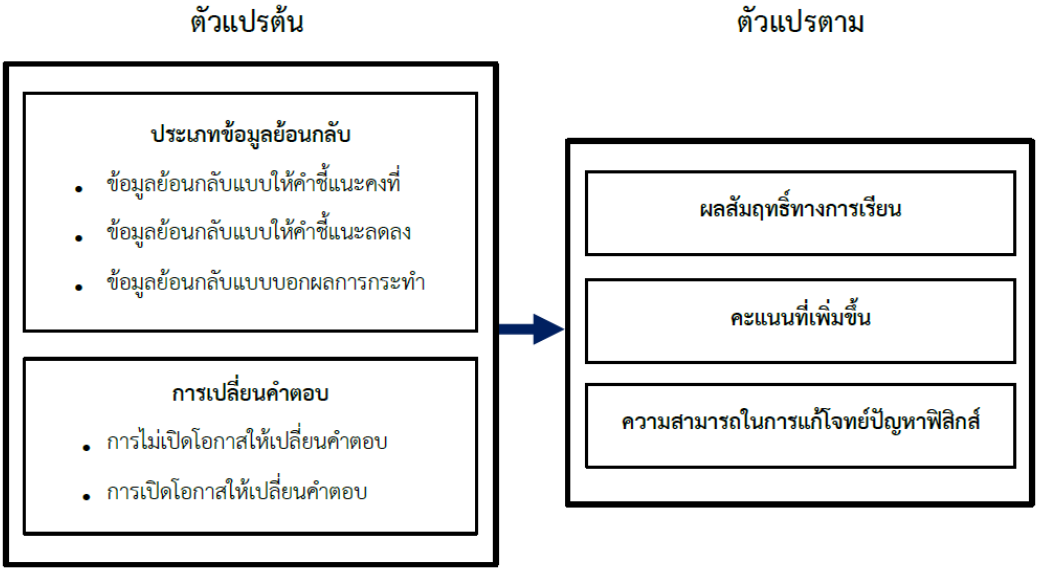
ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่องผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย ซึ่งได้ผลการศึกษาดังภาพ 2.5 โดยมีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร ได้แก่ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบ และมีตัวแปรตาม 3 ตัวแปร ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะร่วมกับลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับ 2 ประเภท คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่ และการลดข้อมูลย้อนกลับ เนื่องจากข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด (อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม, 2555; Attali, 2015; Narciss et al., 2014) รวมทั้งมีการศึกษาเกี่ยวกับลำดับการให้ข้อมูลย้อนกลับค่อนข้างน้อย ซึ่งมีผลการศึกษาที่ไม่ชัดเจนระหว่างประสิทธิภาพของการให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่และการลดข้อมูลย้อนกลับ โดยการเปรียบเทียบผลของข้อมูลย้อนกลับทั้งสองประเภทต่อตัวแปรตาม ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลที่ได้กับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำเนื่องจากเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดและเป็นพื้นฐานสำหรับข้อมูลย้อนกลับประเภทอื่น ดังนั้นในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงศึกษาผลของข้อมูลย้อนกลับ 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ นอกจากนี้ข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน (Attali, 2015; Attali & van der Kleij, 2017; Johnson, Reisslein, & Reisslein, 2015)

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบนั้นมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้ตั้งแต่ 1 ครั้ง จนถึง 3 ครั้ง ซึ่งการเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบแต่ละรูปแบบล้วนทำให้นักเรียนมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ (Attali, 2015; Attali, Laitusis, & Stone, 2016; Attali & Powers, 2010; Attali & van der Kleij, 2017; Golke, Dörfler, & Artelt, 2015; Maier, Wolf, & Randler, 2016; Narciss et al., 2014; van der Kleij, Eggen, Timmers, & Veldkamp, 2012) อีกทั้งมีผลการศึกษาที่พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนคำตอบไม่เกิน 3 ครั้ง ต่อการทำข้อสอบ 1 ข้อ (Edwards & Marshall, 1977; Tiemann & Kingston, 2014) ผู้วิจัยจึงศึกษาผลของการเปลี่ยนคำตอบ 2 รูปแบบ ได้แก่ การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้สูงสุด จำนวน 3 ครั้ง



ภาพ 2.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ซึ่งมีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำโดยได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบและได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบเมื่อทำแบบสอบแบบเติมคำ และ (3) เพื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำ โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้ (1) กำหนดแบบแผนการวิจัย (2) กำหนดประชากรและตัวอย่างวิจัย (3) สร้างเครื่องมือวิจัย (4) เก็บรวบรวมข้อมูล และ (5) วิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กำหนดแบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ 3 × 2 แฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ (3 × 2 completely randomized factorial designs) กล่าวคือ แบบแผนการวิจัยนี้มีตัวแปรต้น 2 ตัวแปร ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งมี 3 ประเภท คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (SH) ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (RH) และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (KR) และการเปลี่ยนคำตอบซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (AC1) และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (AC2) นั่นคือ มีสิ่งทดลองทั้งหมด 6 รูปแบบ ดังตาราง 3.1 โดยวัดตัวแปรตาม 3 ตัวแปร ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนที่เพิ่มขึ้นได้มาจากการทดสอบครั้งที่ 2 เนื่องจากมีความเข้มของสิ่งทดลองมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 1 ส่วนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นคะแนนหลังการทดลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษากับตัวอย่างการวิจัยจำนวน 6 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (2) กลุ่มที่ได้รับข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (3) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (4) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (5) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และ (6) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

ผู้วิจัยกำหนดให้กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบเป็นกลุ่มควบคุม เนื่องจากเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดและเป็นพื้นฐานสำหรับข้อมูลย้อนกลับประเภทอื่น นั่นคือ ผู้วิจัยแบ่งตัวอย่างวิจัยเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 5 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม จำนวน 1 กลุ่ม ดังภาพ 3.1 ซึ่งวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง จากนั้นจึงให้สิ่งทดลองแก่ตัวอย่างวิจัย จำนวน 2 ครั้ง โดยมีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง รวมทั้งวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลอง

ตาราง 3.1

รูปแบบสิ่งทดลอง

ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	การเปลี่ยนคำตอบ	
	การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	การเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ
ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่	SHAC1	SHAC2
ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง	RHAC1	RHAC2
ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ	KRAC1	KRAC2

E_1	R	O_1	X_{SHAC1}	O_2
E_2	R	O_1	X_{SHAC2}	O_2
E_3	R	O_1	X_{RHAC1}	O_2
E_4	R	O_1	X_{RHAC2}	O_2
E_5	R	O_1	X_{KRAC2}	O_2
C	R	O_1	X_{KRAC1}	O_2

ภาพ 3.1 แบบแผนการวิจัย

เมื่อ $E_1 - E_5$ หมายถึง กลุ่มทดลอง

C หมายถึง กลุ่มควบคุม

R หมายถึง การสุ่มตัวอย่างวิจัยเข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

X_{SHAC1} หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

X_{SHAC2} หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

X_{RHAC1} หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

X_{RHAC2} หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

X_{KRAC2} หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

X_{KRAC1} หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

O_1 หมายถึง การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง

O_2 หมายถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลอง

กำหนดประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากรวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 36,272 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 15,913 คน และเพศหญิง จำนวน 20,359 คน จากโรงเรียนทั้งสิ้น 119 โรงเรียน ซึ่งเป็นข้อมูล ณ วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ.2560 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

ตัวอย่างวิจัยได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multistage random) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดขนาดตัวอย่างวิจัย การวิจัยนี้ยึดการกำหนดตัวอย่างวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมหลายตัวแปรทางเดียว (one-way MANCOVA) เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ที่ต้องใช้ตัวอย่างวิจัยมากที่สุด ทั้งนี้ไม่มีการคำนวณขนาดตัวอย่างวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมหลายตัวแปร (MANCOVA) โดยตรง แต่อย่างไรก็ตาม Dattalo (2008) เสนอว่าให้คำนวณขนาดตัวอย่างวิจัยเช่นเดียวกับการคำนวณขนาดตัวอย่างวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) นั่นคือ หากใช้โปรแกรม G*Power ในการคำนวณขนาดตัวอย่างวิจัย ให้ระบุจำนวนกลุ่ม

ตัวอย่างวิจัยโดยหาผลรวมระหว่างจำนวนกลุ่มตัวอย่างวิจัยที่แท้จริงกับจำนวนตัวแปรร่วม (covariates) ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างวิจัยโดยใช้โปรแกรม G*Power โดยเลือกสถิติทดสอบเป็น MANOVA: Special effects and interactions และกำหนดค่าสถิติ ดังนี้

(1) ขนาดอิทธิพล (f^2) เท่ากับ .0625 ซึ่งเป็นขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (Cohen, 1988)

(2) ระดับนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ .05

(3) อำนาจการทดสอบ เท่ากับ .95

(4) จำนวนกลุ่มตัวอย่างวิจัย เท่ากับ 7 เนื่องจากการวิจัยนี้แบ่งตัวอย่างวิจัยออกเป็น 6 กลุ่ม และมีตัวแปรร่วม จำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง

(5) จำนวนตัวแปรอิสระ เท่ากับ 1

(6) จำนวนตัวแปรตาม เท่ากับ 3

จากการคำนวณขนาดตัวอย่างวิจัยข้างต้นพบว่า ควรใช้ตัวอย่างวิจัยอย่างน้อย 279 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานโดยใช้ Graded Response Model ซึ่งควรใช้ตัวอย่างวิจัยอย่างน้อย 375 คน (De Ayala, 1994) และเพื่อป้องกันการขาดหายของตัวอย่างวิจัย ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างวิจัยทั้งสิ้น 409 คน

2) สุ่มโรงเรียนสำหรับใช้ในการวิจัยโดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ได้โรงเรียน จำนวน 3 โรงเรียน ซึ่งแต่ละโรงเรียนมีจำนวนห้องเรียน และจำนวนนักเรียนดังตาราง 3.2 โดยเลือกศึกษาเฉพาะห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 3.2

ข้อมูลโรงเรียนที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย

ชื่อโรงเรียน	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียน
1. โรงเรียนวัดสุทธิวราราม	4	147
2. โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย	4	146
3. โรงเรียนราชวินิตมัธยม	3	116
รวม	11	409

3) เก็บข้อมูลผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560 เพื่อจำแนกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง และนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ โดยมีเกณฑ์ในการจำแนก ดังนี้

(1) นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง คือ นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560 ตั้งแต่เกรด 3 ขึ้นไป

(2) นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง คือ นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560 เกรด 2 และเกรด 2.5

(3) นักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ คือ นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560 ต่ำกว่าเกรด 2

การจำแนกระดับความสามารถของนักเรียนโดยใช้ผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ออกเป็น 3 ระดับข้างต้นนั้น พิจารณาจากความหมายของระดับผลการเรียนรายวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้ตามที่กระทรวงศึกษาธิการ (2553) กำหนดไว้ ซึ่งความหมายของผลการเรียนแต่ละระดับแสดงดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3

ความหมายของระดับผลการเรียนรายวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้

ระดับผลการเรียน	ความหมาย	ระดับผลการเรียน	ความหมาย
4	ดีเยี่ยม	2	ปานกลาง
3.5	ดีมาก	1.5	พอใช้
3	ดี	1	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
2.5	ค่อนข้างดี	0	ต่ำกว่าเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) สุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม โดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน เนื่องจากระดับความสามารถของนักเรียนส่งผลต่อตัวแปรตาม ผู้วิจัยจึงสุ่มนักเรียนแต่ละระดับความสามารถเข้าแต่ละกลุ่มโดยให้มีจำนวนเท่าๆ กัน เพื่อให้ระดับความสามารถของนักเรียนส่งผลต่อตัวแปรตามเท่ากันในแต่ละกลุ่ม นอกจากนี้ ในการสุ่มนักเรียนเข้ากลุ่ม ผู้วิจัยยังสุ่มนักเรียนแต่ละโรงเรียนเข้าแต่ละกลุ่มเท่าๆ กัน เพื่อให้ตัวแปรแทรกซ้อนต่างๆ ส่งผลต่อตัวแปรตามเท่ากันในแต่ละกลุ่ม จากนั้นจึงสุ่มสิ่งทดลองให้ตัวอย่างวิจัยทั้ง 6 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 5 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม จำนวน 1 กลุ่ม ทั้งนี้ในแต่ละกลุ่มมีนักเรียนแต่ละระดับ

ความสามารถดังตาราง 3.4 จะได้ว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีจำนวนกลุ่มละ 135 คน 137 คน และ 137 คน ตามลำดับ ส่วนนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ มีจำนวนกลุ่มละ 205 คน และ 204 คน ตามลำดับ

ตาราง 3.4

จำนวนตัวอย่างวิจัยแต่ละกลุ่มจำแนกตามระดับความสามารถ

ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	การเปลี่ยนคำตอบ	ระดับความสามารถ			รวม
		สูง	ปานกลาง	ต่ำ	
ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่	การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	19	24	24	67
	การเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	20	24	24	68
ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง	การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	20	24	25	69
	การเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	20	23	25	68
ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ	การไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	23	23	23	69
	การเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	22	23	23	68
	รวม	124	141	144	409

สร้างเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานซึ่งมีลักษณะเป็นแบบสอบแบบเติมคำทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานเป็นแบบสอบแบบเติมคำโดยที่คำตอบเป็นตัวเลข จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็มของแบบสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 10 คะแนน ซึ่งทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ ทั้งนี้มีการทดสอบ จำนวน 2 ครั้ง ด้วยแบบสอบที่มีความเป็นคู่ขนาน โดยผู้วิจัยแบ่งแบบสอบแต่ละฉบับเป็น 2 ส่วน ให้แต่ละส่วนมีเนื้อหาที่ต้องการวัดใกล้เคียงกัน นั่นคือ แบบสอบแต่ละส่วนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงาน จำนวน 1 ข้อ เรื่องกำลัง จำนวน 1 ข้อ และ

เรื่องพลังงานกล จำนวน 3 ข้อ โดยแบบสอบส่วนที่ 1 ประกอบด้วยข้อสอบข้อที่ 1 - 5 ส่วนแบบสอบส่วนที่ 2 ประกอบด้วยข้อสอบข้อที่ 6 -10 ซึ่งแบบสอบมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรและเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการศึกษาปลาย

2) กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและออกแบบการสร้างแบบสอบ โดยแบบสอบที่สร้างขึ้นมีจุดประสงค์เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในหน่วยการเรียนรู้งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการศึกษาปลาย โดยมีเนื้อหาหลัก 3 หัวข้อ ได้แก่ งาน กำลัง และพลังงานกล ทั้งนี้แบบสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบสอบแบบเติมคำโดยที่คำตอบเป็นตัวเลขและจัดเป็นแบบสอบแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งมีจำนวน 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานกันสำหรับใช้ในการทดสอบนักเรียนจำนวน 2 ครั้ง โดยเนื้อหาแต่ละเรื่องมีผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และสัดส่วนข้อสอบดังตาราง 3.5

ตาราง 3.5

ผังข้อสอบเรื่องงานและพลังงาน

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	จำนวนข้อสอบ
งาน	คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	2
กำลัง	คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	2
พลังงานกล	คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	3
	ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้	3
	รวม	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) เขียนข้อสอบ ผู้วิจัยเขียนข้อสอบตามผังข้อสอบ โดยคำนึงถึงข้อเสนอแนะในการเขียนข้อสอบแบบเติมคำ และเขียนข้อสอบเป็น 2 เท่า ของจำนวนข้อสอบในผังข้อสอบ สำหรับตัดข้อสอบที่ไม่มีคุณภาพออก จากนั้นจึงให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาความสมเหตุสมผล ความตรงตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และความชัดเจนของภาษา หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ จำนวน 4 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อเรื่องโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด (Item-Objective Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบมีความเป็นคู่ขนาน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความเป็นคู่ขนาน

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความเป็นคู่ขนาน

เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ คือ ผู้เชี่ยวชาญจะต้องสำเร็จการศึกษาจากคณะครุศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ และมีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี ส่วนเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา คือ ผู้เชี่ยวชาญจะต้องสำเร็จการศึกษาด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา และทำงานหรือเป็นอาจารย์ด้านการวัดและประเมินผลการศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี โดยมีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

หลังจากให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อเรื่อง และความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อคำถามที่มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด (IOC) มากกว่า .80 นำมาเรียบเรียงเป็นแบบสอบเพื่อนำไปทดลองใช้ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อเรื่องของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 พบว่ามีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกฉบับละ 16 ข้อ (ข้อ 1 - 16) โดยมีดัชนีความตรงตามเนื้อเรื่องของแบบสอบ (content validity index: CVI) เท่ากับ 1.00 ทั้ง 2 ฉบับ และผลการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ พบว่าข้อสอบมีค่า IOC อยู่ระหว่าง .80 - 1.00 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) ทดลองใช้และวิเคราะห์ข้อสอบ ผู้วิจัยนำแบบสอบที่จัดเรียงขึ้นไปทดสอบกับนักเรียนโรงเรียนเทพศิรินทร์ จำนวน 47 คน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างวิจัย จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .20 ถึง .80 และมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกบีมากกว่า .20 ให้มีจำนวนข้อสอบตามผังข้อสอบ

ข้อสอบที่คัดเลือกเข้าเป็นแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานฉบับที่ 1 (ข้อ 1 - 10) มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .26 ถึง .77 และมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกบีอยู่ระหว่าง .22 ถึง .85 ส่วนแบบสอบฉบับที่ 2 (ข้อ 1 - 10) มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .21 ถึง .79 และมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกบีอยู่ระหว่าง .21 ถึง .93 จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบพบว่า แบบสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ .52 และ .64 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับน่าพอใจ โดยความเที่ยงควรมีค่าไม่น้อยกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) โดยที่แบบสอบทั้งสองฉบับมีความเที่ยงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Z = 0.92, p = .82) และมีความเที่ยงแบบอิงเกณฑ์วิธีของลิฟวิงตันเท่ากับ .65 และ .71 ตามลำดับ โดยกำหนดคะแนนจุดตัด เท่ากับ 5 คะแนน เนื่องจากกระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้กำหนดเกณฑ์การตัดสินผ่านการประเมินไว้ที่ร้อยละ 50

จากการวิเคราะห์ความตรงตามสภาพโดยคำนวณจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างคะแนนรวมของแบบสอบกับผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560 พบว่า แบบสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน เท่ากับ .78 และ .76 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ทางบวกระดับสูง แสดงว่าแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ มีความตรงตามสภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) วิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ เนื่องจากแบบสอบ 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานจะต้องมีคะแนนสอบเฉลี่ย ความแปรปรวนของคะแนนสอบ ค่าความยากของข้อสอบและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบไม่แตกต่างกัน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ ดังนี้

(1) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบ ค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบ และค่าดัชนีอำนาจจำแนกบีเฉลี่ยของข้อสอบโดยใช้การทดสอบทีสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่มีความสัมพันธ์กัน (t-test for dependent samples)

(2) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของคะแนนสอบโดยใช้การทดสอบของเลวีนสำหรับความเท่ากันของความแปรปรวน (Levene's test for equality of variances)

ผลการวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบพบว่า แบบสอบทั้ง 2 ฉบับ มีความเป็นคู่ขนานกัน เนื่องจากแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ มีคะแนนสอบเฉลี่ย , $t(46) = -0.71$, $p = .48$, $d = .06$ ความแปรปรวนของคะแนนสอบ, $F(1, 92) = 0.40$, $p = .53$ ค่าความยากของข้อสอบ, $t(9) = -0.63$, $p = .55$, $d = .05$ และค่าดัชนีอำนาจจำแนกบีของข้อสอบ, $t(9) = -0.76$, $p = .47$, $d = .01$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6) ออกแบบข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ซึ่งตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับทั้ง 2 ประเภท แสดงดังภาพ 3.2 กล่าวคือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่จะให้ข้อแนะนำแก่นักเรียนเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยมีจำนวนสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียนเท่ากันตลอดทั้งแบบสอบดังภาพ 3.2A (แบบสอบส่วนที่ 1) และภาพ 3.2B (แบบสอบส่วนที่ 2) ส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงจะแบ่งแบบสอบเป็น 2 ส่วน สำหรับแบบสอบส่วนที่ 1 จะให้ข้อแนะนำแก่นักเรียนเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยมีจำนวนสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียนเท่ากับสารสนเทศของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ดังภาพ 3.2A และสำหรับแบบสอบส่วนที่ 2 จะลดสารสนเทศที่ให้แก่นักเรียนซึ่งมีลักษณะข้อมูลย้อนกลับดังภาพ 3.2C หลังจากนั้นจึงให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการสร้างข้อมูลย้อนกลับทั้งสองประเภท ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(1) แนวทางในการสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่

การสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่สำหรับข้อสอบทั้ง 10 ข้อ มีแนวทางดังนี้ อธิบายขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานเป็นลำดับขั้น โดยอธิบายขั้นตอนการหาปริมาณต่างๆ สำหรับใช้ในการคำนวณหาปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งระบุแรงที่กระทำต่อวัตถุ ประเภทของพลังงานที่เกี่ยวข้อง และสูตรการคำนวณ นอกจากนี้จะต้องเน้นย้ำให้นักเรียนใช้หน่วยเอสไอในการคำนวณ และจัดรูปสมการให้ง่ายต่อการคำนวณก่อนการแทนค่าปริมาณที่โจทย์กำหนดให้

(2) แนวทางในการสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง

การสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงสำหรับข้อสอบ 5 ข้อแรก มีแนวทางในการสร้างเช่นเดียวกับการสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ส่วนการสร้างข้อมูลย้อนกลับ

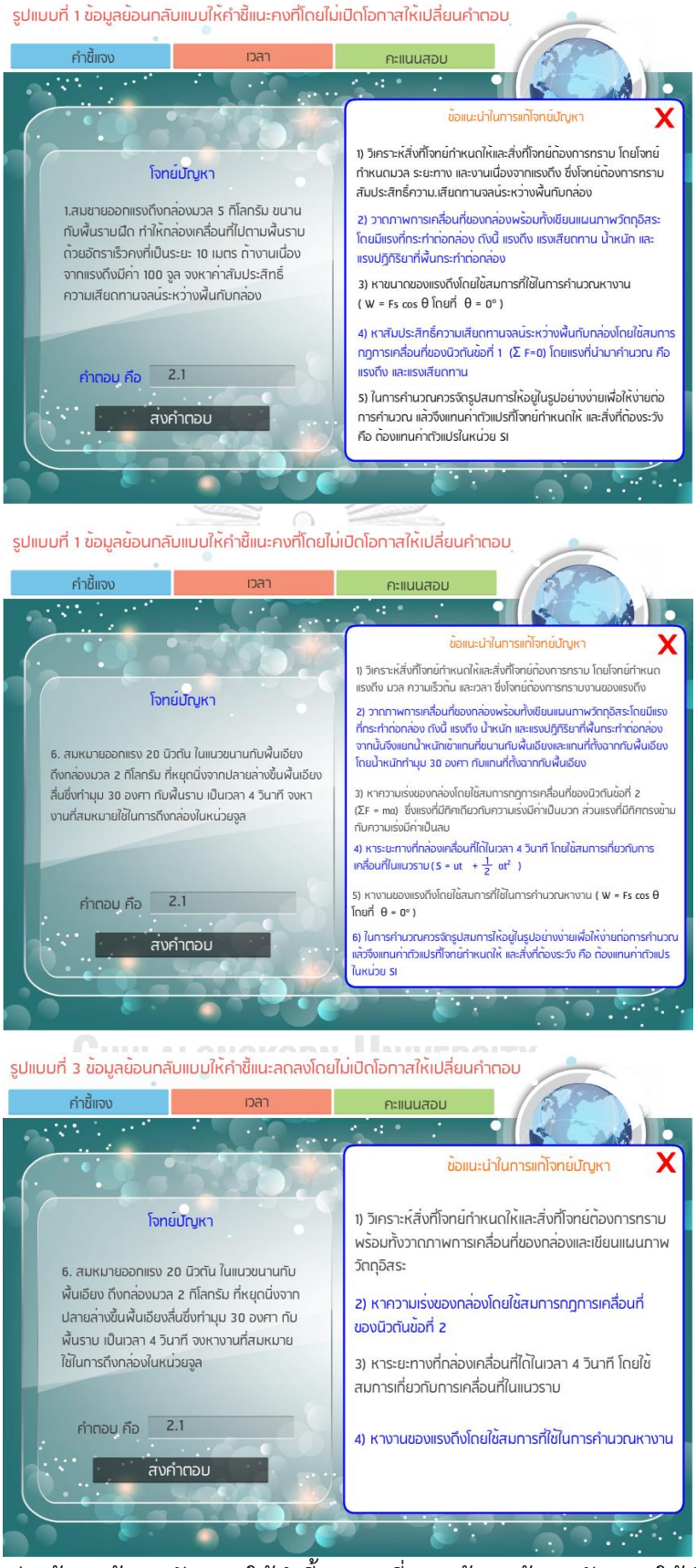
แบบให้คำชี้แนะลดลงสำหรับข้อสอบ 5 ข้อสุดท้าย มีแนวทางดังนี้ อธิบายขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานเป็นลำดับขั้น โดยอธิบายขั้นตอนการหาปริมาณต่างๆ สำหรับใช้ในการคำนวณหาปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบเช่นเดียวกับการสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ โดยที่ไม่ระบุแรงที่กระทำต่อวัตถุ ประเภทของพลังงานที่เกี่ยวข้อง และสูตรการคำนวณ และไม่เน้นย้ำนักเรียนให้ใช้หน่วยเอสไอในการคำนวณ และจัดรูปสมการก่อนการแทนค่าปริมาณที่โจทย์กำหนดให้ ทั้งนี้สามารถสรุปแนวทางในการสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ดังตาราง 3.6

ตาราง 3.6

แนวทางในการสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง

รายการ	ประเภทข้อมูลย้อนกลับ			
	แบบให้คำชี้แนะคงที่		แบบให้คำชี้แนะลดลง	
	ข้อ 1-5	ข้อ 6-10	ข้อ 1-5	ข้อ 6-10
1. อธิบายขั้นตอนการหาปริมาณต่างๆ	✓	✓	✓	✓
2. ระบุแรงที่กระทำต่อวัตถุ	✓	✓	✓	
3. ระบุประเภทของพลังงานที่เกี่ยวข้อง	✓	✓	✓	
4. ระบุสูตรการคำนวณ	✓	✓	✓	
5. เน้นย้ำเรื่องการใช้หน่วยเอสไอ	✓	✓	✓	
6. เน้นย้ำเรื่องการจัดรูปสมการ	✓	✓	✓	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง

7) ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อมูลย้อนกลับมีความเหมาะสม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อมูลย้อนกลับมีความเหมาะสม

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อมูลย้อนกลับไม่มีความเหมาะสม

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับพบว่า ข้อมูลย้อนกลับที่สร้างขึ้นมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค

8) ออกแบบโปรแกรมการทดสอบ ผู้วิจัยออกแบบโปรแกรมการทดสอบเพื่อนำแบบสอบและข้อมูลย้อนกลับที่ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปบรรจุในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของโปรแกรมการทดสอบ

9) ทดลองใช้โปรแกรมทดสอบกับนักเรียนโรงเรียนสิริรัตนาธรจำนวน 37 คน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างวิจัย เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมการทดสอบ ความถูกต้องและความชัดเจนของข้อมูลย้อนกลับ รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการทดสอบ จากนั้นจึงให้นักเรียนทำแบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ

ผลการทดลองใช้โปรแกรมทดสอบพบว่า โดยภาพรวม นักเรียนเห็นด้วยว่ารูปแบบโปรแกรมการทดสอบ (M = 3.25, SD = 0.52) การเข้าใช้งานโปรแกรม (M = 3.29, SD = 0.46) และคำชี้แจงในการทำแบบสอบ (M= 3.28, SD = 0.52) มีความเหมาะสม และเห็นด้วยว่าโปรแกรมการทดสอบโดยรวมมีความเหมาะสม (M = 3.27, SD = 0.42) ส่วนผลการประเมินความเข้าใจในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ และความเป็นประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับต่อการแก้โจทย์ปัญหาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าข้อมูลย้อนกลับอ่านเข้าใจง่ายในระดับมาก (ร้อยละ 50.00 - 93.33) และมากที่สุด (ร้อยละ 50.00 - 78.57) ส่วนความเป็นประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่อยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 50.00 - 87.50) และมากที่สุด (ร้อยละ 50.00 - 66.67) ในขณะที่ความเป็นประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอยู่ในระดับน้อย (ร้อยละ 50.00 - 62.50) และมาก (ร้อยละ 50.00 - 85.71) เนื่องจากนักเรียนคิดว่าควรให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหามากขึ้น ทั้งนี้ข้อมูลย้อนกลับดังกล่าวควรมีรายละเอียดน้อยกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ โดยมีผลการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิเคราะห์ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค กล่าวโดยสรุป โปรแกรมการทดสอบ และข้อมูลย้อนกลับโดยภาพรวมมีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ

10) ปรับปรุงข้อบกพร่องของโปรแกรมการทดสอบเพื่อนำไปเก็บข้อมูลจริง

ภาพ 3.3 หน้าลงทะเบียนเข้าทำแบบสอบในโปรแกรมการทดสอบ

11) นำโปรแกรมการทดสอบไปเก็บข้อมูลจริง และวิเคราะห์คุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบโดยผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ ดังนี้

(1) วิเคราะห์ความยาก อำนาจจำแนก สารสนเทศของข้อสอบ และสารสนเทศของแบบสอบโดยใช้ Graded Response Model

(2) วิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างวิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มที่ทราบ

(3) วิเคราะห์ความเที่ยงของแบบสอบแบบความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค และความเที่ยงแบบอิงเกณฑ์ตามวิธีของลิฟวิงตัน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานฉบับที่ 1 โดยใช้ Graded Response Model พบว่าข้อสอบมีค่า β_1 อยู่ระหว่าง -0.38 ถึง 1.99 มีค่า β_2 อยู่ระหว่าง -0.22 ถึง 2.06 มีค่า β_3 อยู่ระหว่าง -0.10 ถึง 2.23 และมีค่า β_4 อยู่ระหว่าง

0.15 ถึง 2.26 โดยค่า β ของข้อสอบกระจายอยู่ในช่วงผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงโดยมีค่าเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมาก แสดงว่าข้อสอบส่วนใหญ่ค่อนข้างยาก ข้อสอบมีค่า α อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจซึ่งมีค่าระหว่าง 0.92 ถึง 1.59 ข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าสารสนเทศของข้อสอบมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง (θ ระหว่าง -1 ถึง 1) แสดงว่าข้อสอบจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางได้ดี หากพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบพบว่า แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1 ให้สารสนเทศมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูง (θ มากกว่า -1) แสดงว่าแบบสอบฉบับนี้จำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงได้ดี โดยมีผลการวิเคราะห์ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานฉบับที่ 2 โดยใช้ Graded Response Model พบว่าข้อสอบมีค่า β_1 อยู่ระหว่าง -0.81 ถึง 1.91 มีค่า β_2 อยู่ระหว่าง -0.66 ถึง 2.13 มีค่า β_3 อยู่ระหว่าง -0.46 ถึง 2.27 และมีค่า β_4 อยู่ระหว่าง -0.19 ถึง 2.49 โดยค่า β ของข้อสอบกระจายอยู่ในช่วงผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงโดยมีค่าเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมาก แสดงว่าข้อสอบส่วนใหญ่ค่อนข้างยาก ข้อสอบมีค่า α อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจซึ่งมีค่าระหว่าง 0.92 ถึง 1.70 ข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าสารสนเทศของข้อสอบมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง (θ ระหว่าง -1 ถึง 1) แสดงว่าข้อสอบจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางได้ดี หากพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบพบว่า แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2 ให้สารสนเทศมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูง (θ มากกว่า -1) แสดงว่าแบบสอบฉบับนี้จำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงได้ดี โดยมีผลการวิเคราะห์ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างวิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มที่ทราบโดยวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนรวมจากแบบสอบระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงกับนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ พบว่าสำหรับแบบสอบฉบับที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง (M = 5.41, SD = 1.42) มีคะแนนสอบสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (M = 1.41, SD = 1.52) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(249) = 21.55$, $p < .001$, $d = 2.72$ ส่วนแบบสอบฉบับที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง (M = 6.05, SD = 1.66) มีคะแนนสอบสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (M = 1.65, SD = 1.64) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(249) = 21.12$, $p < .001$, $d = 2.67$ สรุปได้ว่า แบบสอบทั้ง 2 ฉบับ มีความตรงเชิงโครงสร้าง

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงพบว่า แบบสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .73 และ .78 ตามลำดับ และมีความเที่ยงแบบอิงเกณฑ์วิธีของลิฟวิงตัน เท่ากับ .82 และ .83 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงอยู่ในระดับสูง

2. แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นแบบสอบแบบความเรียงจำกัดคำตอบโดยให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงานอย่างละเอียด จำนวน 4 ข้อ ข้อละ 8 คะแนน คะแนนเต็มของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้งฉบับ เท่ากับ 32 คะแนน แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีจำนวน 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานกัน คือ แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลอง ซึ่งเนื้อหาในการออกข้อสอบมีผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และสัดส่วนข้อสอบดังตาราง 3.7 การสร้างแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบมีขั้นตอนเหมือนกับการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน แต่แตกต่างกันที่แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นแบบสอบแบบความเรียงจำกัดคำตอบซึ่งทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ (paper-pencil test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 3.7

ผังข้อสอบสำหรับการสร้างแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	จำนวนข้อสอบ
งาน	คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1
กำลัง	คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1
พลังงานกล	ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้	2
	รวม	4

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อเรื่องของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองพบว่า มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกฉบับละ 7 ข้อ (ข้อ 1 - 7) มีดัชนีความตรงตามเนื้อเรื่องของแบบสอบ (content validity index: CVI) เท่ากับ 1.00 ทั้ง 2 ฉบับ และผลการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบพบว่า ข้อสอบมีค่า IOC อยู่ระหว่าง .80 - 1.00 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ฉ

หลังการทดลองการใช้ข้อสอบกับนักเรียนโรงเรียนเทพศิรินทร์ จำนวน 45 คน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างวิจัย ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบเข้าเป็นแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง (ข้อ 1 - 4) ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .22 ถึง .43 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .21 ถึง .53 ส่วนแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลอง (ข้อ 1 - 4) มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .23 ถึง .49 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .22 ถึง .55 จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบพบว่า แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองมีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .57 และ .63 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับน่าพอใจ โดยความเที่ยงควรมีค่าไม่น้อยกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) โดยที่แบบสอบทั้งสองฉบับมีความเที่ยงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Z = 0.43, p = .67) และมีความเที่ยงแบบอิงเกณฑ์วิธีของลิฟวิงตัน เท่ากับ .60 และ .64 ตามลำดับ โดยกำหนดคะแนนจุดตัด เท่ากับ 16 คะแนน เนื่องจากกระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้กำหนดเกณฑ์การตัดสินผ่านการประเมินไว้ที่ร้อยละ 50 อีกทั้งจากการวิเคราะห์ความตรงตามสภาพ โดยคำนวณจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างคะแนนรวมของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้งฉบับกับผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560 พบว่าแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน เท่ากับ .74 (p < .001) และ .72 (p < .001) ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ทางบวกระดับสูง แสดงว่าแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ มีความตรงตามสภาพ

ผลการวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบพบว่า แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้ง 2 ฉบับ มีความเป็นคู่ขนานกัน เนื่องจากแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้งสองฉบับมีคะแนนสอบเฉลี่ย , t(44) = 1.55, p = .13, d = 0.11 ความแปรปรวนของคะแนนสอบ, F(1, 88) = 0.09, p = .77 ค่าความยากของข้อสอบ, t(3) = -2.47, p = .09, d = 0.40 และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ, $t(3) = -0.61$, $p = .59$, $d = 0.19$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การตรวจคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและหลังการทดลองเพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์นั้นตรวจคำตอบโดยใช้มาตรประมาตรค่า 3 ระดับ โดยกำหนดให้ 0 หมายถึง ไม่ถูกต้อง 0.5 หมายถึง ถูกต้องบางส่วน และ 1 หมายถึง ถูกต้องทั้งหมด ซึ่งมีประเด็นในการพิจารณาตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เสนอโดย Belikov (1989) ดังนี้

1) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ (physical)

1.1) การเขียนปริมาณที่โจทย์กำหนดให้และปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบ

1.2) การแปลงโจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นรูปภาพ

1.3) การเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ

1.4) การเลือกสมการในการคำนวณ

2) การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (mathematical)

2.1) การจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่าย

2.2) การคำนวณเพื่อหาคำตอบ

3) การวิเคราะห์คำตอบ (analysis of solution)

3.1) การพิจารณาหน่วย

3.2) การพิจารณาคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การตรวจคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์นั้นใช้ผู้ตรวจให้คะแนนจำนวน 2 คน ได้แก่ ผู้วิจัย และครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (inter-rater reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ทดลองใช้มีค่าความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ระหว่าง .82 - .93 ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ดังตาราง 3.8 ดังนั้น ประเด็นที่ใช้ในการตรวจคำตอบจากแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้ตรวจมีการให้คะแนนที่สอดคล้องกัน หลังจากนำแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไปทดสอบจริงพบว่า แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองมีความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ระหว่าง .90 - .96 ส่วนแบบสอบความสามารถในการ

แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองมีความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ระหว่าง .94 - .95 ดังตาราง 3.9 นั่นคือ แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้ง 2 ฉบับ มีความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้ผู้วิจัยนำคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ตรวจโดยครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปวิเคราะห์ผล เพื่อลดความลำเอียงของการเป็นผู้วิจัย

ตาราง 3.8

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่นำไปทดลองใช้

	ฉบับก่อนการทดลอง		ฉบับหลังการทดลอง	
ข้อสอบ	*r*	*p*	*r*	*p*
1	.93	< .001	.90	< .001
2	.86	< .001	.82	< .001
3	.87	< .001	.86	< .001
4	.90	< .001	.87	< .001
5	.86	< .001	.83	< .001
6	.86	< .001	.93	< .001
7	.93	< .001	.92	< .001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .59 และ .69 ตามลำดับ และมีความเที่ยงแบบอิงเกณฑ์ตามวิธีของลิฟวิงตัน เท่ากับ .91 และ .86 ตามลำดับ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างวิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มที่ทราบพบว่า แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองมีความตรงเชิงโครงสร้าง เนื่องจากนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง (M = 11.93, SD = 3.43) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (M = 5.70, SD = 2.47) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(216.94) = 16.41$, $p < .001$, $d = 2.08$ ส่วนแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองมีความตรงเชิงโครงสร้างเช่นเดียวกัน เนื่องจากนักเรียนที่มี

ความสามารถระดับสูง (*M* = 13.95, *SD* = 4.12) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (*M* = 6.69, *SD* = 3.64) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(249) = 14.83$, $p < .001$, $d = 1.87$

ตาราง 3.9

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่นำไปทดสอบจริง

	ฉบับก่อนการทดลอง		ฉบับหลังการทดลอง	
ข้อสอบ	*r*	*p*	*r*	*p*
1	.94	< .001	.94	< .001
2	.90	< .001	.94	< .001
3	.96	< .001	.95	< .001
4	.93	< .001	.95	< .001

3. แบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ

แบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 โปรแกรมการทดสอบ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 4 ระดับ ดังนี้ 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 3 หมายถึง เห็นด้วย และ 4 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยมีประเด็นในการสอบถาม 3 ประเด็น คือ รูปแบบของโปรแกรม การใช้งานโปรแกรม และคำชี้แจงในการทำแบบสอบ ส่วนตอนที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับ แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ การอ่านเข้าใจง่าย และความเป็นประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 4 ระดับ ดังนี้ 1 หมายถึง น้อยที่สุด 2 หมายถึง น้อย 3 หมายถึง มาก และ 4 หมายถึง มากที่สุด โดยนำเสนอข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงแก่นักเรียนแล้วให้นักเรียนประเมินการอ่านเข้าใจง่ายและความเป็นประโยชน์ของข้อมูลย้อนกลับในการให้สารสนเทศแก่นักเรียนเพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานและพลังงาน ซึ่งใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับในขั้นทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบเพื่อพิจารณาข้อบกพร่องของโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรคที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ รวมถึงข้อมูลที่นักเรียนต้องการสำหรับใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยสุ่มนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระดับความสามารถละ 2 คน รวม 6 คน สำหรับการสัมภาษณ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงข้อมูลย้อนกลับให้มีความครอบคลุมมากขึ้น

เก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทดลองใช้แบบสอบ

1) จัดพิมพ์แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน และแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามจำนวนนักเรียน พร้อมทั้งจัดพิมพ์แบบสอบสำรอง

2) จัดทำหนังสือขออนุญาตในการทดลองใช้แบบสอบจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน พร้อมทั้งชี้แจงรายละเอียดในการวิจัย

3) ประสานงานกับครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อชี้แจงรายละเอียดในการวิจัย และนัดหมายเวลาในการทดสอบ

4) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน และแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไปทดสอบกับนักเรียน โดยไม่กำหนดเวลาในการทดสอบสำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดเวลาที่ใช้ในการทดสอบจริง

5) นำคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบมาวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบรายข้อเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพสำหรับนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง พร้อมทั้งวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ และคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 2 ทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบ

1) จัดทำหนังสือขออนุญาตในการทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน พร้อมทั้งชี้แจงรายละเอียดในการวิจัย

2) ประสานงานกับครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อชี้แจงรายละเอียดในการวิจัย พร้อมทั้งขออนุญาตในการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ และนัดหมายเวลาในการทดสอบ

3) สุ่มนักเรียนเข้ารับการทดสอบทั้ง 6 รูปแบบ จำแนกตามระดับความสามารถ พร้อมทั้งชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบ โดยไม่กำหนดเวลาในการทดสอบสำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดเวลาที่ใช้ในการทดสอบจริง

4) หลังจากทำแบบสอบ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับให้มีประสิทธิภาพ

5) สุ่มนักเรียนระดับความสามารถละ 2 คน รวม 6 คน เพื่อสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรคที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ รวมถึงข้อมูลที่นักเรียนต้องการเพิ่มเติมสำหรับใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 3 เก็บข้อมูลจริง

1) จัดพิมพ์แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จำนวน 2 ฉบับ ได้แก่ แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง และแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองตามจำนวนนักเรียน พร้อมทั้งจัดพิมพ์แบบสอบสำรอง

2) จัดทำหนังสือขออนุญาตในการเก็บข้อมูลวิจัยจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน พร้อมทั้งชี้แจงรายละเอียดในการวิจัย

3) ประสานงานกับครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อชี้แจงรายละเอียดในการวิจัย และขอข้อมูลเกี่ยวกับผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ภาคเรียนการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560

4) ขออนุญาตในการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ และนัดหมายเวลาในการทดสอบ

5) จัดนักเรียนให้นั่งประจำที่ตามแผนผังที่นั่งสอบโดยกำหนดให้นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบเหมือนกันนั่งใกล้กัน พร้อมทั้งแจกบัตรประจำตัวผู้สอบดังภาพ 3.4 และชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการทดสอบ และการตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบ กล่าวคือ นักเรียนจะต้องกรอกข้อมูลตามบัตรประจำตัวผู้สอบเพื่อลงทะเบียนเข้าทำแบบสอบแบบออนไลน์โดยเข้าถึงได้จาก workandenergy.info หากนักเรียนเลือกรูปแบบการทดสอบไม่ตรงกับที่กำหนดไว้โปรแกรมการทดสอบจะไม่อนุญาตให้นักเรียนเข้าไปทำแบบสอบ ดังนั้นนักเรียนจะต้องเลือกรูปแบบการทดสอบให้ถูกต้อง หลังจากการลงทะเบียน นักเรียนจะต้องอ่านคำชี้แจงเกี่ยวกับการทดสอบ และการใช้เมนูต่างๆ ในโปรแกรมการทดสอบ ก่อนการทดสอบจริง โปรแกรมการทดสอบจะแสดงตัวอย่างข้อสอบเพื่อให้นักเรียนทดลองตอบคำถาม และพิจารณารายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนทดลองตอบคำถามทั้งที่มีผลการตอบที่ถูกและมีผลการตอบที่ผิด หลังจากนั้นจึงเริ่มต้นการทดสอบโดยจะเริ่มจับเวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มทำข้อสอบข้อแรก ทั้งนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงจะให้ข้อมูลย้อนกลับเพียงชุดเดียวหลังจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นักเรียนตอบคำถามครั้งแรกผิดเพื่อความเป็นมาตรฐานในการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Attali & Powers, 2010) ส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำจะให้ข้อมูลย้อนกลับหลังจากนักเรียนตอบคำถามแต่ละครั้ง โดยมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

5.1) การเก็บข้อมูลครั้งที่ 1

ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นเวลา 25 นาที เพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนการทดลอง จากนั้นจึงให้นักเรียนทั้ง 6 กลุ่ม ตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบ เป็นเวลา 75 นาที ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเปิดระบบการทดสอบเฉพาะช่วงเวลาที่มีการเก็บข้อมูลเท่านั้นเพื่อป้องกันนักเรียนเข้าไปทำแบบสอบล่วงหน้าและป้องกันการเปิดเผยข้อสอบ

5.2) การเก็บข้อมูลครั้งที่ 2

หลังจากเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบโดยใช้แบบสอบที่มีความเป็นคู่ขนานกับแบบสอบที่ใช้ในการทดสอบครั้งที่ 1 เป็นเวลา 75 นาที หลังจากนักเรียนตอบคำถามเสร็จสิ้นแล้ว จึงให้นักเรียนทำแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ซึ่งเป็นแบบสอบที่มีความเป็นคู่ขนานกับแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ใช้ในการทดสอบครั้งที่ 1 เป็นเวลา 25 นาที เพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการทดลอง พร้อมทั้งนำผลการตอบคำถามของนักเรียนไปวิเคราะห์ผลเพื่อตอบคำถามการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6) สุ่มนักเรียนจากกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทั้ง 6 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน รวม 12 คน โดยคละความสามารถ เพื่อสัมภาษณ์เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ พร้อมทั้งขออนุญาตในการบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยกำหนดประเด็นคำถามในการสัมภาษณ์ไว้ดังนี้

(1) รูปแบบการทดสอบที่นักเรียนได้รับมีจุดเด่นอะไรบ้าง

(2) รูปแบบการทดสอบที่นักเรียนได้รับมีจุดอ่อนอะไรบ้าง

(3) นักเรียนชอบการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบหรือการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

7) ถอดเทปการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นต่อการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล และการสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย

บัตรประจำตัวผู้สอบ	
ชื่อ - นามสกุล	นายกิตติทัศน์ หวานฉ่ำ
เลขที่นั่งสอบ	1101
รหัสโรงเรียน	1
รหัสกลุ่ม	1
ครั้งที่สอบ	1
รูปแบบการทดสอบ	4

ภาพ 3.4 ตัวอย่างบัตรประจำตัวผู้สอบ

วิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ความถี่ และร้อยละ

2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ เวลาในการตอบคำถาม และจำนวนคำตอบที่ถูกต้องโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด สัมประสิทธิ์การกระจาย ความเบ้ และความโด่ง และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ เวลาในการตอบคำถาม จำนวนคำตอบที่ถูกต้องโดยใช้สถิติทดสอบทีสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for independent samples) สถิติทดสอบทีสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่มีความสัมพันธ์กัน (t-test for dependent samples) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

3. นำเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิแท่ง แผนภูมิวงกลม ฮีสโทแกรม box-and-whisker plot และแผนภาพการกระจายโดยใช้โปรแกรม R ดังรายละเอียดในภาคผนวก ช

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำโดยได้รับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียว (one-way MANOVA)

4.2 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบเมื่อทำแบบสอบแบบเติมคำโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียว (one-way MANOVA)

4.3 วิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทาง (two-way MANOVA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้นและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำโดยได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบและได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบเมื่อทำแบบสอบแบบเติมคำ และ (3) เพื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำ โดยผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลังของตัวอย่างวิจัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของผลการตอบคำถาม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิหลังของตัวอย่างวิจัย

การวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างวิจัยไว้จำนวน 409 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยคัดเลือกผลการตอบคำถามจากตัวอย่างวิจัยที่เข้ารับการทดสอบครบ 2 ครั้ง และมีผลการตอบครบทุกข้อเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล พบว่ามีตัวอย่างวิจัยที่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งสิ้น 381 คน แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 179 คน (ร้อยละ 46.98) เพศหญิง จำนวน 202 คน (ร้อยละ 53.02) เป็นนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง จำนวน 121 คน (ร้อยละ 31.76) ความสามารถระดับปานกลาง จำนวน 130 คน (ร้อยละ 34.12) และความสามารถระดับต่ำ จำนวน 130 คน (ร้อยละ 34.12) ตัวอย่างวิจัยที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

มีจำนวน 127 คน (ร้อยละ 33.33) 122 คน (ร้อยละ 32.02) และ 132 คน (ร้อยละ 24.65) ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างวิจัยที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบและได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีจำนวน 192 คน (ร้อยละ 50.39) และ 189 คน (ร้อยละ 49.61) ตามลำดับ โดยรูปแบบการทดสอบแต่ละรูปแบบมีตัวอย่างวิจัยจำแนกตามเพศและระดับความสามารถดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1

จำนวนตัวอย่างวิจัยที่เข้ารับการทดสอบแต่ละรูปแบบจำแนกตามเพศและระดับความสามารถ

			ระดับความสามารถ						
			สูง		ปานกลาง		ต่ำ		
			ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	รวม
รูปแบบ	ประเภท	การเปลี่ยน	*n*	*n*	*n*	*n*	*n*	*n*	*n*
การทดสอบ	ข้อมูลย้อนกลับ	คำตอบ	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
รูปแบบที่ 1	ให้คำชี้แนะคงที่	ไม่ให้เปลี่ยน	12	6	7	17	10	11	63
			(3.15)	(1.57)	(1.84)	(4.46)	(2.62)	(2.89)	(16.54)
รูปแบบที่ 2	ให้คำชี้แนะคงที่	ให้เปลี่ยน	13	7	7	15	10	12	64
			(3.41)	(1.84)	(1.84)	(3.94)	(2.62)	(3.15)	(16.80)
รูปแบบที่ 3	ให้คำชี้แนะลดลง	ไม่ให้เปลี่ยน	13	7	8	12	13	10	63
			(3.41)	(1.84)	(2.10)	(3.15)	(3.41)	(2.62)	(16.54)
รูปแบบที่ 4	ให้คำชี้แนะลดลง	ให้เปลี่ยน	14	4	6	14	10	11	59
			(3.67)	(1.05)	(1.57)	(3.67)	(2.62)	(2.89)	(15.49)
รูปแบบที่ 5	บอกผลการกระทำ	ไม่ให้เปลี่ยน	11	12	5	17	12	9	66
			(2.89)	(3.15)	(1.31)	(4.46)	(3.15)	(2.36)	(17.32)
รูปแบบที่ 6	บอกผลการกระทำ	ให้เปลี่ยน	13	9	7	15	8	14	66
			(3.41)	(2.36)	(1.84)	(3.94)	(2.10)	(3.67)	(17.32)
	รวม		76	45	40	90	63	67	381
			(19.94)	(11.81)	(10.50)	(23.62)	(16.54)	(17.59)	(100.00)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของผลการตอบคำถาม

2.1 เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ

นักเรียนที่ได้รับการทดสอบรูปแบบการทดสอบที่ 1 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC1) รูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) รูปแบบการทดสอบที่ 3 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดย

ไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC1) และรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) เมื่อตอบคำถามครั้งแรกผิด จะได้รับข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา จากการทดสอบครั้งที่ 1 เวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในการอ่านข้อมูลย้อนกลับหลังจากตอบคำถามผิดครั้งแรกสำหรับข้อสอบแต่ละข้อของรูปแบบการทดสอบที่ 1 - 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 41.86 - 51.23 วินาที 48.20 - 61.49 วินาที 18.54 - 47.63 วินาที และ 25.04 - 58.87 วินาที ตามลำดับ ดังตาราง 4.2 และภาพ 4.1 ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 เวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในการอ่านข้อมูลย้อนกลับหลังจากตอบคำถามผิดครั้งแรกสำหรับข้อสอบแต่ละข้อของรูปแบบการทดสอบที่ 1 - 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 36.86 - 47.85 วินาที 48.49 - 57.96 วินาที 22.26 - 45.74 วินาที และ 32.96 - 67.32 วินาที ตามลำดับ ดังตาราง 4.3 และภาพ 4.1

เวลาที่นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกโดยเฉลี่ยสำหรับการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ของรูปแบบการทดสอบที่ 1 - 4 จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนแสดงดังตาราง 4.4 โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (รูปแบบที่ 1 และ 2, M = 49.14, SD = 19.04) ใช้เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกมากกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (รูปแบบที่ 3 และ 4, M = 40.04, SD = 19.59) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(3480) = 13.89$, $p < .001$, d = 0.47 ส่วนนักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (รูปแบบที่ 2 และ 4, M = 49.85, SD = 20.55) ใช้เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกมากกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (รูปแบบที่ 1 และ 3, M = 39.55, SD = 17.69) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(3383.24) = 15.84$, $p < .001$, d = 0.54 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันใช้เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 3479) = 40.80$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .02$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงและนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางใช้เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, d = 0.30 และ $p < .001$, d = 0.32 ตามลำดับ) และนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงและปานกลางใช้เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .74, d = 0.03)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.2

เวลาที่นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกสำหรับการทดสอบแต่ละรูปแบบจากการทดสอบครั้งที่ 1

	เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ (วินาที)									
	รูปแบบที่ 1 (n = 454)		รูปแบบที่ 2 (n = 455)		รูปแบบที่ 3 (n = 457)		รูปแบบที่ 4 (n = 431)		รวม (n = 1797)	
ข้อสอบ	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range
1	41.86 (21.33)	15 - 125	53.84 (21.97)	14 - 108	46.09 (12.68)	29 - 79	51.94 (16.36)	26 - 98	48.60 (18.73)	14 - 125
2	43.59 (19.44)	17 - 132	61.49 (22.77)	24 - 119	47.63 (14.93)	25 - 87	56.19 (16.10)	25 - 100	52.11 (19.88)	17 - 132
3	51.23 (25.62)	12 - 133	56.32 (20.40)	23 - 105	44.54 (15.56)	23 - 105	57.64 (22.82)	18 - 109	52.45 (21.78)	12 - 133
4	47.95 (22.56)	9 - 133	56.07 (21.57)	21 -100	45.23 (13.39)	27 - 101	58.87 (24.66)	21 - 112	51.82 (21.39)	9 - 133
5	42.72 (19.70)	13 - 128	53.14 (19.46)	20 - 117	44.09 (14.80)	18 - 107	54.23 (20.66)	11 - 109	48.52 (19.36)	11 - 128
6	48.44 (21.97)	17 - 139	54.24 (15.24)	26 - 88	27.67 (8.17)	13 - 52	38.92 (23.99)	12 - 114	42.95 (20.79)	12 - 139
7	48.12 (18.86)	13 - 97	52.57 (15.95)	24 - 99	18.54 (6.95)	11 - 43	34.17 (20.87)	12 - 91	38.72 (21.33)	11 - 99
8	47.72 (21.84)	15 - 129	53.28 (16.88)	23 - 97	25.26 (6.57)	12 - 45	39.34 (23.58)	14 - 96	41.89 (20.99)	12 - 129
9	44.15 (19.07)	15 - 100	52.71 (17.06)	13 - 98	24.14 (8.06)	12 - 43	31.56 (15.86)	12 - 86	37.58 (18.88)	12 - 100
10	41.97 (26.57)	10 - 146	48.20 (12.14)	19 - 85	25.48 (6.46)	10 - 43	25.04 (7.67)	10 - 44	35.09 (18.67)	10 - 146
รวม	45.67 (21.94)	9 - 146	54.05 (18.50)	13 - 119	34.60 (13.82)	12 - 107	44.05 (22.88)	10 - 114	44.52 (21.07)	9 - 146

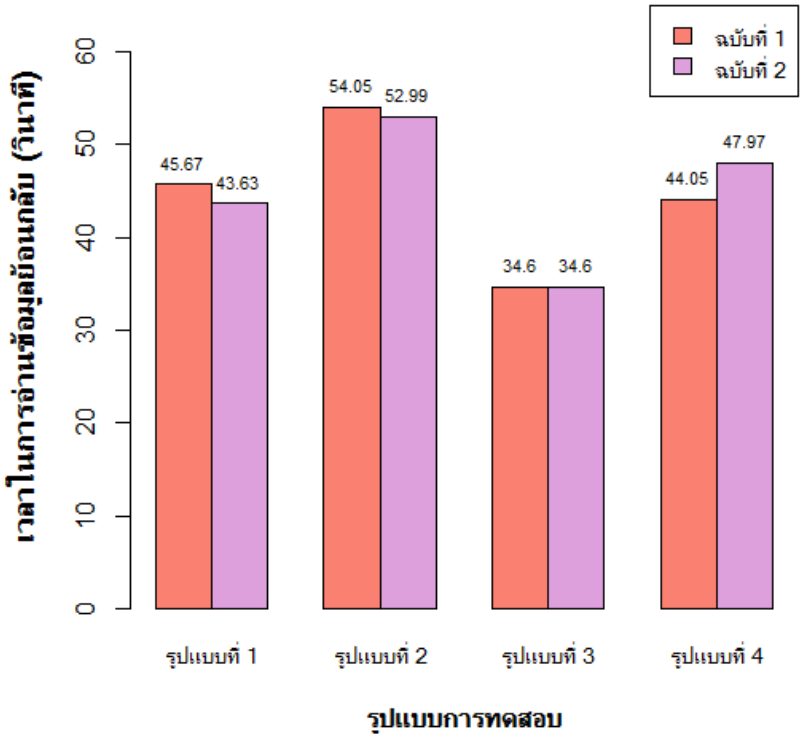
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.3

เวลาที่นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกสำหรับการทดสอบแต่ละรูปแบบจากการทดสอบครั้งที่ 2

	เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ (วินาที)									
	รูปแบบที่ 1 (n = 422)		รูปแบบที่ 2 (n = 433)		รูปแบบที่ 3 (n = 426)		รูปแบบที่ 4 (n = 404)		รวม (n = 1685)	
ข้อสอบ	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range
1	44.48 (11.70)	26 - 78	50.29 (17.19)	19 - 97	44.81 (9.11)	30 - 69	56.19 (19.95)	23 - 109	48.61 (15.32)	19 - 109
2	46.80 (19.33)	21 - 109	57.96 (23.00)	18 - 120	45.74 (9.97)	32 - 74	67.32 (19.84)	32 - 104	54.09 (20.67)	18 - 120
3	46.43 (12.94)	22 - 80	53.48 (15.13)	31 - 128	45.81 (10.90)	23 - 85	51.46 (10.08)	26 - 69	49.47 (12.90)	22 - 128
4	47.85 (21.70)	21 - 134	52.61 (17.20)	21 - 114	43.02 (12.41)	21 - 107	63.58 (19.28)	37 - 100	51.31 (19.05)	21 - 134
5	45.08 (10.63)	22 - 68	54.84 (16.01)	30 - 107	42.88 (12.12)	19 - 88	58.11 (23.23)	11 - 109	50.22 (17.38)	11 - 109
6	43.93 (15.11)	23 - 89	57.34 (17.49)	32 - 115	27.24 (11.49)	14 - 75	48.60 (20.14)	21 - 87	44.41 (19.54)	14 - 115
7	42.69 (10.92)	23 - 70	55.26 (18.70)	23 - 96	22.26 (9.31)	12 - 55	35.53 (13.73)	12 - 70	38.02 (17.95)	12 - 96
8	41.89 (15.39)	23 - 110	51.31 (14.71)	24 - 82	26.00 (6.82)	14 - 45	37.77 (16.68)	14 - 92	39.10 (16.45)	14 - 110
9	43.04 (14.66)	22 - 116	48.49 (16.28)	13 - 86	23.63 (6.29)	14 - 36	35.86 (16.40)	12 - 93	37.93 (16.77)	12 - 116
10	36.86 (11.08)	13 - 68	48.69 (17.99)	10 - 105	26.37 (8.34)	12 - 60	32.96 (14.31)	10 - 88	36.28 (15.64)	10 - 105
รวม	43.63 (15.01)	13 - 134	52.99 (17.71)	10 - 128	34.60 (13.82)	12 - 107	47.97 (21.33)	10 - 109	44.79 (18.44)	10 - 134

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.1 เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกเฉลี่ยสำหรับการทดสอบแต่ละรูปแบบ

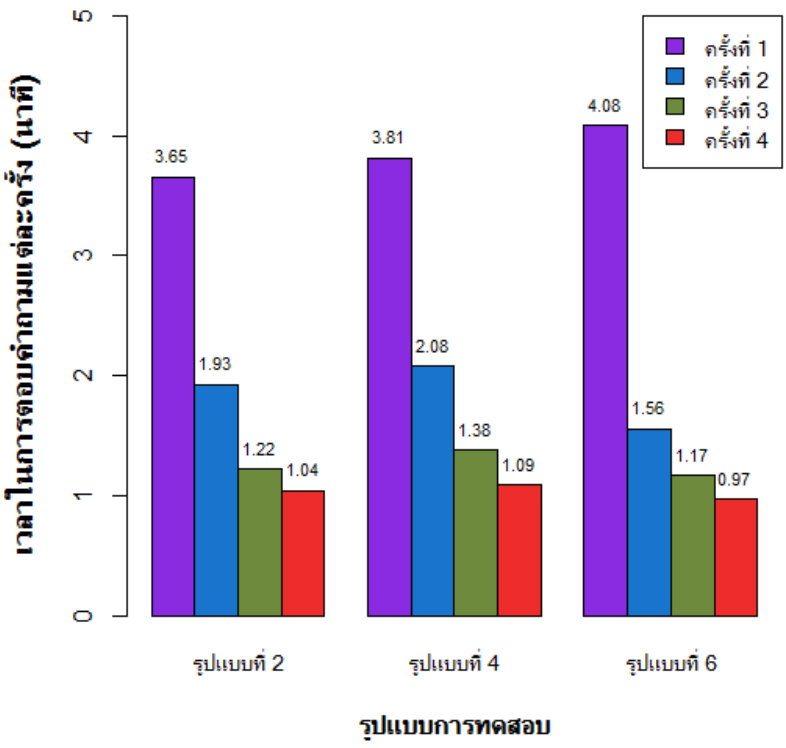
ตาราง 4.4

เวลาที่นักเรียนอ่านข้อมูลย้อนกลับครั้งแรกจำแนกตามรูปแบบการทดสอบและระดับความสามารถ

รูปแบบการทดสอบ	*n*	เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ (วินาที) ความสามารถระดับสูง *M* (*SD*)	ความสามารถระดับปานกลาง *M* (*SD*)	ความสามารถระดับต่ำ *M* (*SD*)	รวม *M* (*SD*)
รูปแบบที่ 1	876	48.38 (16.91)	48.20 (22.13)	40.25 (15.82)	44.68 (18.94)
รูปแบบที่ 2	888	57.90 (18.74)	55.29 (19.07)	49.70 (16.10)	53.54 (18.11)
รูปแบบที่ 3	883	35.44 (14.33)	35.42 (16.37)	33.43 (13.65)	34.47 (14.71)
รูปแบบที่ 4	835	44.90 (20.84)	49.92 (24.35)	42.13 (20.52)	45.94 (22.22)
รวม	3,482	46.87 (19.65)	47.59 (21.93)	41.30 (17.57)	44.63 (19.84)

2.2 เวลาในการตอบคำถามแต่ละครั้ง

นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) รูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) และรูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) จะได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบหลังจากตอบคำถามครั้งแรกผิด โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบได้มากที่สุดจำนวน 3 ครั้ง การทดสอบครั้งที่ 1 เวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในตอบคำถามแต่ละครั้งสำหรับข้อสอบแต่ละข้อของรูปแบบการทดสอบที่ 2, 4 และ 6 แสดงดังตาราง 4.5 และภาพ 4.2 ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 เวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในตอบคำถามแต่ละครั้งสำหรับข้อสอบแต่ละข้อของรูปแบบการทดสอบที่ 2, 4 และ 6 แสดงดังตาราง 4.6 และภาพ 4.3 โดยเวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในตอบคำถามครั้งที่ 1 คำนวณมาจากนักเรียนทุกคนที่เข้ารับการทดสอบแต่ละรูปแบบ ส่วนเวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในตอบคำถามครั้งที่ 2, 3 และ 4 คำนวณมาจากนักเรียนที่มีผลการตอบคำถามครั้งที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 1 มากที่สุด รองลงมาเป็นครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 ตามลำดับ สำหรับทุกรูปแบบการทดสอบทั้งการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



ภาพ 4.2 เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามแต่ละครั้งเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งที่ 1

ตาราง 4.5

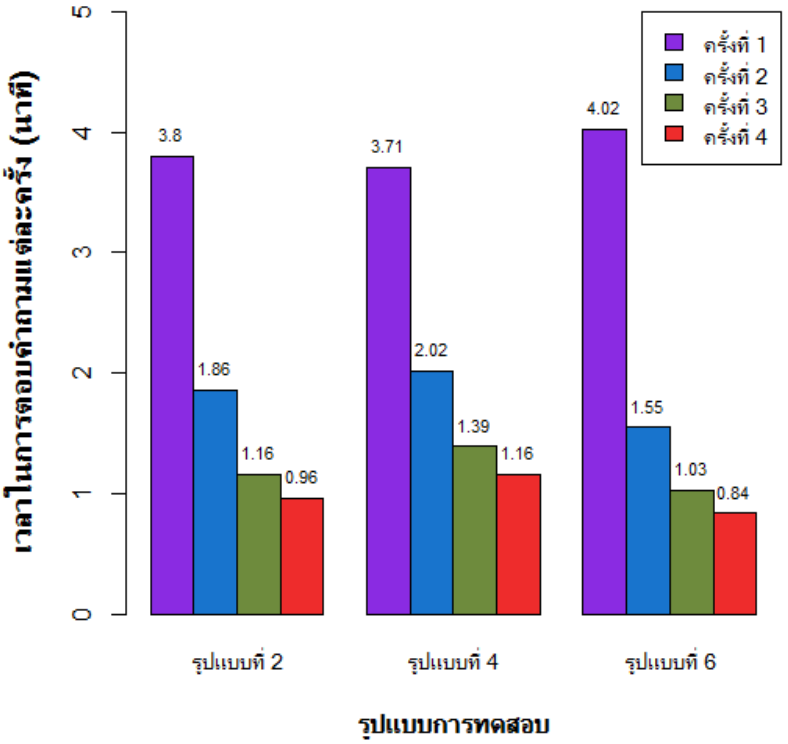
เวลาที่นักเรียนตอบคำถามแต่ละครั้งสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 2, 4 และ 6 ทดสอบครั้งที่ 1

	เวลาในการตอบคำถาม (นาที)																							
	รูปแบบการทดสอบที่ 2								รูปแบบการทดสอบที่ 4								รูปแบบการทดสอบที่ 6							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
ข้อสอบ	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range
1	2.82	1.38 -	1.75	0.70 -	1.07	0.40 -	1.12	0.10 -	2.95	0.97 -	2.36	1.02 -	1.28	0.13 -	1.07	0.08 -	3.10	1.17 -	1.53	0.38 -	1.13	0.25 -	0.86	0.22 -
	(0.72)	5.20	(0.52)	2.78	(0.40)	1.90	(0.47)	1.98	(0.97)	6.38	(0.93)	6.05	(0.65)	2.42	(0.55)	2.45	(0.85)	5.18	(0.68)	2.98	(0.61)	2.67	(0.50)	2.53
2	3.94	2.18 -	1.94	0.63 -	1.11	0.05 -	1.05	0.27 -	4.22	1.85 -	2.46	0.70 -	1.66	0.30 -	1.03	0.17 -	4.18	1.83 -	1.60	0.42 -	1.25	0.03 -	0.81	0.20 -
	(0.80)	6.00	(0.71)	3.65	(0.51)	2.20	(0.42)	1.88	(1.46)	8.67	(0.75)	4.10	(0.68)	2.80	(0.49)	1.83	(1.12)	7.22	(1.01)	5.80	(0.75)	4.13	(0.45)	1.63
3	3.69	1.48 -	1.88	0.38 -	1.36	0.35 -	1.04	0.07 -	4.08	2.10 -	2.29	0.62 -	1.41	0.20 -	1.03	0.17 -	4.40	1.68 -	1.41	0.33 -	1.14	0.20 -	0.92	0.08 -
	(1.01)	5.90	(0.73)	4.37	(0.57)	3.05	(0.55)	2.17	(1.34)	9.67	(0.88)	4.67	(0.66)	2.57	(0.49)	2.57	(1.13)	6.80	(0.72)	3.00	(0.59)	2.83	(0.55)	2.57
4	3.69	0.85 -	2.01	0.90 -	1.28	0.27 -	1.04	0.27 -	4.46	2.05 -	2.03	0.35 -	1.44	0.38 -	0.95	0.27 -	4.38	1.67 -	1.48	0.33 -	1.07	0.20 -	0.99	0.35 -
	(1.06)	5.72	(0.88)	4.47	(0.55)	2.72	(0.50)	1.97	(1.38)	7.97	(0.83)	5.27	(0.74)	2.93	(0.43)	1.67	(1.28)	7.97	(0.61)	2.93	(0.55)	3.00	(0.39)	1.97
5	3.76	1.30 -	1.98	0.63 -	1.24	0.17 -	0.96	0.18 -	3.58	1.73 -	2.18	0.58 -	1.37	0.25 -	1.18	0.25 -	4.08	1.68 -	1.65	0.40 -	1.20	0.27 -	1.02	0.23 -
	(1.23)	6.38	(0.72)	4.33	(0.54)	2.50	(0.46)	1.98	(1.16)	6.63	(0.69)	3.92	(0.72)	3.15	(0.65)	2.83	(1.25)	6.57	(0.73)	3.07	(0.62)	2.92	(0.55)	3.53
6	3.66	1.22 -	2.02	0.63 -	1.16	0.40 -	1.17	0.22 -	4.47	1.98 -	2.18	0.30 -	1.25	0.42 -	1.17	0.35 -	4.37	1.87 -	1.61	0.35 -	1.11	0.20 -	0.77	0.07 -
	(1.08)	6.37	(0.83)	4.45	(0.38)	2.17	(0.47)	1.92	(1.54)	9.13	(0.74)	3.73	(0.45)	2.00	(0.49)	2.00	(1.20)	7.92	(0.70)	3.08	(0.44)	2.57	(0.37)	1.55
7	3.73	0.40 -	2.24	0.75 -	1.40	0.30 -	0.96	0.18 -	4.09	1.75 -	2.05	0.35 -	1.32	0.35 -	1.01	0.25 -	4.32	1.53 -	1.58	0.20 -	1.08	0.18 -	1.04	0.17 -
	(1.23)	6.38	(0.89)	4.78	(0.60)	2.72	(0.49)	1.87	(1.39)	9.13	(0.86)	4.40	(0.70)	2.78	(0.51)	2.35	(1.28)	7.92	(0.85)	2.97	(0.57)	2.75	(0.59)	3.12
8	3.85	1.35 -	1.95	0.45 -	1.40	0.58 -	1.29	0.52 -	3.99	1.30 -	2.11	0.48 -	1.88	0.52 -	1.40	0.38 -	4.39	1.93 -	1.69	0.25 -	1.19	0.15 -	1.10	0.15 -
	(1.11)	6.62	(0.84)	4.08	(0.44)	2.20	(0.42)	2.57	(1.40)	7.62	(8.11)	4.55	(0.70)	3.72	(0.62)	2.47	(1.32)	7.65	(0.81)	4.22	(0.50)	2.73	(0.45)	2.20
9	3.84	0.43 -	1.84	0.48 -	1.17	0.50 -	0.99	0.10 -	3.29	1.08 -	1.91	0.45 -	1.27	0.45 -	0.98	0.32 -	3.84	1.20 -	1.51	0.23 -	1.21	0.37 -	1.09	0.17 -
	(0.95)	5.35	(0.62)	3.68	(0.46)	2.22	(0.50)	1.93	(1.08)	6.42	(0.86)	4.33	(0.54)	2.70	(0.51)	2.50	(1.27)	6.30	(0.81)	3.62	(0.62)	3.15	(0.49)	2.45
10	3.49	0.98 -	1.70	0.02 -	1.03	0.18 -	0.86	0.17 -	3.01	0.35 -	1.48	0.33 -	1.16	0.33 -	1.06	0.38 -	3.76	0.93 -	1.57	0.20 -	1.25	0.10 -	0.95	0.08 -
	(1.24)	7.52	(0.81)	3.90	(0.41)	2.22	(0.52)	1.98	(1.37)	6.63	(0.90)	4.68	(0.63)	2.67	(0.56)	3.00	(1.33)	7.85	(0.89)	4.60	(0.71)	3.23	(0.61)	3.10
รวม	3.65	0.40 -	1.93	0.02 -	1.22	0.05 -	1.04	0.07 -	3.81	0.35 -	2.08	0.30 -	1.38	0.13 -	1.09	0.08 -	4.08	0.93 -	1.56	0.20 -	1.17	0.03 -	0.97	0.07 -
	(1.09)	7.52	(0.77)	4.78	(0.50)	3.05	(0.49)	2.57	(1.42)	9.67	(0.86)	6.05	(0.67)	3.72	(0.55)	3.00	(1.26)	7.97	(0.79)	5.80	(0.60)	4.13	(0.51)	3.53

ตาราง 4.6

เวลาที่นักเรียนตอบคำถามแต่ละครั้งสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 2, 4 และ 6 ทดสอบครั้งที่ 2

	เวลาในการตอบคำถาม (นาที)																							
	รูปแบบการทดสอบที่ 2								รูปแบบการทดสอบที่ 4								รูปแบบการทดสอบที่ 6							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4	
ข้อสอบ	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range
1	2.76 (0.79)	1.55 - 5.00	1.62 (0.56)	0.70 - 2.92	1.16 (0.45)	0.57 - 2.02	0.96 (0.50)	0.23 - 1.63	2.96 (0.89)	1.57 - 6.60	1.91 (0.77)	1.12 - 3.83	1.29 (0.60)	0.75 - 2.95	1.29 (0.36)	0.93 - 1.87	3.21 (0.84)	1.07 - 6.40	1.56 (0.63)	0.40 - 3.13	1.06 (0.53)	0.20 - 2.37	0.69 (0.44)	0.15 - 1.75
2	4.09 (0.90)	1.82 - 6.40	1.81 (0.67)	0.58 - 3.57	1.21 (0.51)	0.50 - 3.03	0.90 (0.41)	0.17 - 1.67	4.02 (1.33)	0.28 - 6.58	2.25 (0.65)	0.88 - 4.23	1.55 (0.68)	0.50 - 3.42	1.35 (0.45)	0.43 - 2.30	4.36 (1.07)	1.85 - 6.80	1.59 (0.67)	0.45 - 3.55	1.12 (0.67)	0.15 - 3.40	0.77 (0.45)	0.23 - 1.88
3	4.05 (0.84)	2.20 - 6.02	1.77 (0.69)	0.42 - 3.70	1.16 (0.53)	0.22 - 2.33	0.83 (0.46)	0.18 - 2.00	4.00 (1.50)	0.37 - 7.33	2.12 (0.65)	0.80 - 3.63	1.38 (0.54)	0.45 - 2.77	1.04 (0.55)	0.23 - 2.30	4.18 (0.15)	1.80 - 7.28	1.59 (0.60)	0.22 - 3.25	1.14 (0.48)	0.17 - 2.23	0.93 (0.67)	0.08 - 3.68
4	3.77 (1.29)	0.53 - 7.70	1.84 (0.75)	0.77 - 3.67	1.29 (0.48)	0.55 - 2.72	0.80 (0.40)	0.22 - 1.65	3.88 (1.40)	0.92 - 7.70	2.07 (0.75)	0.67 - 4.25	1.66 (0.81)	0.60 - 4.60	1.12 (0.47)	0.27 - 1.97	4.09 (1.11)	2.25 - 7.07	1.61 (0.68)	0.35 - 3.63	1.14 (0.60)	0.20 - 2.83	0.74 (0.45)	0.08 - 1.90
5	3.81 (1.23)	1.62 - 7.25	2.14 (0.80)	0.83 - 5.85	1.07 (0.50)	0.32 - 2.50	0.82 (0.67)	0.17 - 4.22	3.57 (1.08)	0.73 - 6.98	1.94 (0.63)	0.58 - 3.83	1.24 (0.54)	0.25 - 3.28	1.12 (0.47)	0.18 - 2.13	4.29 (1.26)	1.07 - 7.90	1.44 (0.77)	0.18 - 4.02	1.05 (0.73)	0.12 - 4.95	0.88 (0.51)	0.18 - 2.70
6	3.77 (0.96)	1.95 - 6.33	1.91 (0.70)	0.57 - 3.80	1.13 (0.37)	0.72 - 2.75	1.08 (0.51)	0.35 - 2.55	3.96 (1.32)	0.67 - 7.50	2.08 (0.60)	0.70 - 3.53	1.31 (0.50)	0.50 - 2.38	1.20 (0.41)	0.38 - 1.88	4.14 (1.20)	1.72 - 7.08	1.72 (0.87)	0.18 - 3.45	0.80 (0.45)	0.13 - 1.87	0.53 (0.40)	0.10 - 1.62
7	4.20 (1.41)	0.87 - 8.48	1.91 (0.69)	0.57 - 3.77	1.03 (0.50)	0.50 - 2.62	0.83 (0.39)	0.35 - 1.32	4.13 (1.57)	1.12 - 8.05	1.88 (0.61)	0.75 - 3.28	1.24 (0.53)	0.25 - 2.25	1.23 (0.64)	0.33 - 3.25	4.10 (1.34)	0.75 - 8.28	1.58 (0.61)	0.22 - 2.73	0.84 (0.45)	0.18 - 1.53	0.86 (0.60)	0.12 - 2.10
8	4.05 (1.06)	0.87 - 6.42	1.83 (0.62)	0.75 - 4.02	1.13 (0.32)	0.63 - 1.87	1.01 (0.45)	0.22 - 1.88	3.73 (1.39)	0.78 - 7.92	2.18 (0.81)	0.93 - 4.23	1.44 (0.47)	0.53 - 2.13	1.14 (0.43)	0.27 - 2.15	3.93 (1.35)	0.85 - 6.55	1.63 (0.90)	0.25 - 5.47	1.07 (0.59)	0.18 - 3.08	0.78 (0.54)	0.08 - 1.92
9	3.82 (1.15)	0.87 - 6.27	1.63 (0.81)	0.55 - 3.80	1.17 (0.49)	0.68 - 2.73	0.99 (0.54)	0.37 - 2.73	3.61 (1.57)	0.87 - 7.65	2.07 (0.68)	0.77 - 3.68	1.35 (0.62)	0.45 - 2.70	1.17 (0.46)	0.30 - 2.30	3.95 (1.22)	0.75 - 7.20	1.39 (0.71)	0.13 - 3.35	1.01 (0.45)	0.08 - 2.48	0.91 (0.61)	0.07 - 2.57
10	3.65 (1.15)	0.95 - 6.38	1.96 (0.95)	0.58 - 4.67	1.21 (0.53)	0.20 - 2.95	1.20 (0.64)	0.25 - 3.67	3.24 (1.34)	0.93 - 7.50	1.78 (0.66)	0.38 - 3.33	1.45 (0.58)	0.15 - 2.67	1.17 (0.60)	0.17 - 2.50	3.90 (1.54)	1.45 - 7.88	1.43 (0.69)	0.18 - 3.70	1.05 (0.54)	0.13 - 2.93	1.03 (0.71)	0.10 - 3.07
รวม	3.80 (1.16)	0.53 - 8.48	1.86 (0.76)	0.42 - 5.85	1.16 (0.48)	0.20 - 3.03	0.96 (0.55)	0.17 - 4.22	3.71 (1.39)	0.28 - 8.05	2.02 (0.69)	0.38 - 4.25	1.39 (0.60)	0.15 - 4.60	1.16 (0.50)	0.17 - 3.25	4.02 (1.25)	0.75 - 8.28	1.55 (0.72)	0.13 - 5.47	1.03 (0.57)	0.08 - 4.95	0.84 (0.57)	0.07 - 3.68



ภาพ 4.3 เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามแต่ละครั้งเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งที่ 2

เวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามแต่ละครั้งสำหรับการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ของรูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) รูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) และรูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนแสดงดังตาราง 4.7 จะเห็นว่าโดยภาพรวมนักเรียนใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 1 มากที่สุด (3.85 นาที) รองลงมาเป็นครั้งที่ 2 (1.81 นาที) ครั้งที่ 3 (1.21 นาที) และครั้งที่ 4 (0.99 นาที) ตามลำดับ

นักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 3777) = 89.04$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .05$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงและนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางใช้เวลาในตอบคำถามครั้งที่ 1 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.52$ และ $p < .001$, $d = 0.26$ ตามลำดับ) และนักเรียนที่มี

ความสามารถระดับสูงใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 1 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.28$)

ตาราง 4.7

เวลาที่นักเรียนตอบคำถามแต่ละครั้งจำแนกตามรูปแบบการทดสอบและระดับความสามารถ

	เวลาในการตอบคำถาม (นาที)															
	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				ครั้งที่ 3				ครั้งที่ 4			
	สูง	กลาง	ต่ำ	รวม	สูง	กลาง	ต่ำ	รวม	สูง	กลาง	ต่ำ	รวม	สูง	กลาง	ต่ำ	รวม
รูปแบบ	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*
การทดสอบ	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)	(*SD*)
รูปแบบที่ 2	3.97	3.73	3.50	3.72	2.06	1.86	1.83	1.89	1.35	1.20	1.13	1.20	1.20	0.98	0.94	1.00
	(1.19)	(1.06)	(1.08)	(1.13)	(0.70)	(0.76)	(0.79)	(0.77)	(0.53)	(0.48)	(0.46)	(0.49)	(0.62)	(0.50)	(0.48)	(0.52)
รูปแบบที่ 4	4.34	3.68	3.34	3.76	2.21	2.08	1.94	2.05	1.65	1.31	1.34	1.39	1.34	1.14	1.04	1.13
	(1.31)	(1.28)	(1.42)	(1.40)	(0.69)	(0.74)	(0.85)	(0.78)	(0.57)	(0.56)	(0.69)	(0.64)	(0.54)	(0.55)	(0.50)	(0.53)
รูปแบบที่ 6	4.27	4.13	3.74	4.05	1.68	1.57	1.47	1.56	1.28	1.13	1.00	1.10	1.07	0.95	0.80	0.90
	(1.20)	(1.19)	(1.31)	(1.26)	(0.62)	(0.69)	(0.86)	(0.75)	(0.56)	(0.51)	(0.64)	(0.59)	(0.49)	(0.51)	(0.57)	(0.55)
รวม	4.19	3.85	3.53	3.85	1.95	1.82	1.73	1.81	1.39	1.21	1.14	1.21	1.18	1.02	0.91	0.99
	(1.24)	(1.20)	(1.29)	(1.27)	(0.70)	(0.76)	(0.86)	(0.79)	(0.57)	(0.52)	(0.62)	(0.59)	(0.55)	(0.52)	(0.53)	(0.54)

นักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 2756) = 15.05$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .01$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงและนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางใช้เวลาในตอบคำถามครั้งที่ 2 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.28$ และ $p = .03$, $d = 0.11$ ตามลำดับ) และนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 2 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .003$, $d = 0.16$)

นักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 2331) = 32.14$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงและนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางใช้เวลาในตอบคำถามครั้งที่ 3 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.42$ และ $p = .03$, $d = 0.12$ ตามลำดับ) และนักเรียนที่มี

ความสามารถระดับสูงใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 3 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.33$)

นักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 1998) = 33.36$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงและนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางใช้เวลาในตอบคำถามครั้งที่ 4 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.50$ และ $p < .001$, $d = 0.21$ ตามลำดับ) และนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งที่ 4 มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.30$)

2.3 เวลาในการตอบคำถาม

เวลาในการตอบคำถามแต่ละข้อของรูปแบบการทดสอบ 6 รูปแบบ สำหรับการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง แสดงดังตาราง 4.8 - 4.10 และภาพ 4.4 หากพิจารณาเวลาในการทำแบบสอบพบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) ใช้เวลาในการทำแบบสอบมากที่สุด (72.17 นาที) รองลงมาเป็นนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) (69.11 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) (67.78 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 3 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC1) (59.77 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC1) (58.52 นาที) และรูปแบบการทดสอบที่ 1 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC1) (57.59 นาที) ตามลำดับ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 ใช้เวลาในการทำแบบสอบมากที่สุด (68.75 นาที) รองลงมาเป็นนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 (67.25 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 6 (62.98 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 3 (60.02 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 1 (59.88 นาที) และรูปแบบการทดสอบที่ 5 (57.53 นาที) ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.8

เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 1 และ 2

	เวลาในการตอบคำถาม (นาที)							
	รูปแบบที่ 1 (*n* = 63)				รูปแบบที่ 2 (*n* = 64)			
	ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2		ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2	
ข้อสอบ	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range
1	3.83 (1.04)	1.48 - 7.18	3.90 (0.99)	2.23 - 6.32	4.48 (1.81)	1.68 - 8.27	3.97 (1.62)	1.80 - 7.35
2	4.61 (1.40)	1.68 - 7.55	5.69 (1.51)	3.30 - 10.90	6.23 (1.55)	3.13 - 9.23	6.63 (1.95)	2.87 - 11.28
3	5.20 (1.28)	2.12 - 8.62	5.93 (1.86)	2.20 - 10.93	6.25 (1.76)	2.17 - 10.18	6.64 (1.47)	3.53 - 10.00
4	5.60 (2.14)	2.02 - 14.37	6.10 (1.86)	2.50 - 10.60	6.02 (1.65)	3.17 - 10.20	6.04 (1.58)	2.78 - 8.62
5	5.07 (2.00)	1.70 - 11.87	6.04 (1.86)	3.07 - 10.02	6.90 (1.68)	3.23 - 11.30	7.04 (1.61)	3.25 - 11.25
6	5.22 (1.71)	1.67 - 9.78	5.35 (1.67)	2.27 - 12.63	6.27 (1.88)	2.65 - 10.78	5.82 (2.01)	1.95 - 12.00
7	5.50 (2.01)	1.07 - 10.72	5.05 (1.47)	2.23 - 9.25	6.43 (1.91)	1.70 - 10.40	5.63 (1.86)	1.85 - 9.85
8	5.35 (1.79)	1.12 - 9.72	5.90 (2.13)	2.12 - 12.18	7.19 (1.84)	2.75 - 11.25	5.89 (2.00)	1.72 - 9.80
9	5.78 (1.71)	2.35 - 9.25	5.48 (1.53)	2.15 - 9.05	6.75 (1.80)	2.63 - 10.78	6.08 (2.01)	1.90 - 9.88
10	5.95 (2.19)	1.78 - 14.98	5.58 (1.78)	2.55 - 10.48	6.17 (1.94)	3.23 - 12.70	7.53 (2.09)	2.85 - 13.00
ทั้งฉบับ	57.59 (6.73)	46.22 - 71.95	59.88 (4.59)	50.05-73.43	69.11 (5.86)	51.37 - 75.00	67.25 (7.30)	49.38 - 74.97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.9

เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 3 และ 4

	เวลาในการตอบคำถาม (นาที)							
	รูปแบบที่ 3 (*n* = 63)				รูปแบบที่ 4 (*n* = 59)			
	ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2		ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2	
ข้อสอบ	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range
1	3.85 (1.61)	1.73 - 9.90	4.08 (1.74)	1.35 - 12.23	4.95 (1.88)	1.73 - 10.30	6.59 (1.71)	2.98 - 10.47
2	6.28 (3.04)	1.67 - 15.80	6.73 (2.71)	2.67 - 14.97	6.55 (1.53)	3.45 - 12.20	6.10 (1.58)	2.60 - 8.98
3	6.16 (2.34)	1.72 - 12.78	6.47 (2.65)	2.20 - 14.67	7.14 (1.64)	3.77 - 11.63	5.48 (1.67)	1.92 - 9.25
4	6.56 (2.77)	1.80 - 16.37	6.96 (3.00)	2.12 - 14.55	6.72 (1.39)	3.00 - 1.08	5.87 (1.22)	2.92 - 8.73
5	7.61 (3.19)	2.48 - 16.03	7.27 (3.59)	2.18 - 22.30	7.99 (1.70)	4.50 - 12.97	6.39 (1.60)	3.22 - 10.17
6	5.78 (1.74)	2.52 - 11.22	5.72 (2.13)	2.55 - 13.00	6.76 (1.49)	1.98 - 9.65	6.36 (1.74)	2.95 - 11.52
7	5.27 (2.30)	2.08 - 14.17	5.20 (2.17)	1.72 - 13.80	6.67 (1.73)	2.93 - 10.32	6.64 (1.52)	2.82 - 10.83
8	4.97 (1.74)	2.03 - 10.20	5.36 (2.41)	2.20 - 13.20	6.96 (2.11)	1.98 - 10.53	7.34 (1.74)	3.72 - 12.00
9	4.60 (1.97)	1.10 - 14.02	4.56 (1.68)	1.70 - 8.20	6.85 (1.67)	2.60 - 11.17	6.13 (1.55)	2.75 - 10.07
10	4.53 (2.24)	0.87 - 12.80	4.60 (2.39)	0.35 - 14.67	6.21 (2.26)	1.70 - 12.30	6.14 (1.46)	2.88 - 8.60
ทั้งฉบับ	59.77 (7.11)	35.13 - 72.83	60.02 (7.42)	34.30-73.43	72.17 (3.53)	62.47 - 75.00	68.75 (5.81)	55.38 - 75.00

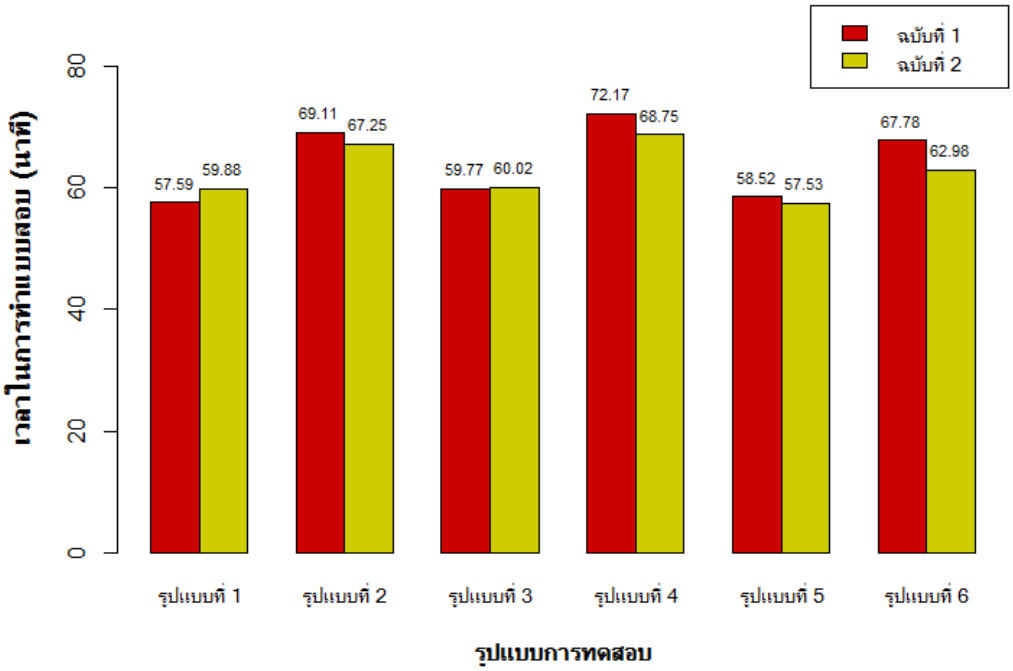
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.10

เวลาที่นักเรียนใช้ในการตอบคำถามสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 5 และ 6

	เวลาในการตอบคำถาม (นาที)							
	รูปแบบที่ 5 (*n* = 66)				รูปแบบที่ 6 (*n* = 66)			
	ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2		ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2	
ข้อสอบ	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range	*M* (*SD*)	range
1	3.57 (1.86)	0.97 - 10.55	3.24 (1.11)	1.25 - 6.40	5.04 (1.70)	2.00 - 8.25	4.64 (1.55)	2.12 - 8.35
2	6.80 (3.29)	2.20 - 16.28	6.68 (3.27)	1.92 - 19.97	6.49 (1.47)	3.55 - 9.50	6.70 (1.78)	3.45 - 10.88
3	6.62 (2.78)	1.70 - 14.18	7.08 (3.96)	1.87 - 20.55	6.67 (1.68)	3.43 - 9.62	6.99 (1.53)	4.13 - 10.93
4	6.58 (3.35)	0.43 - 17.07	6.44 (4.48)	1.03 - 24.75	6.85 (1.71)	2.65 - 11.18	6.75 (1.59)	2.97 - 9.88
5	8.30 (4.57)	1.52 - 21.47	7.34 (3.79)	1.50 - 18.73	7.53 (1.33)	4.38 - 10.13	7.19 (1.56)	3.17 - 11.40
6	5.92 (3.03)	2.02 - 16.93	5.90 (2.74)	1.53 - 17.17	6.75 (1.65)	2.82 - 9.63	6.17 (1.81)	2.58 - 10.53
7	5.69 (3.84)	1.05 - 22.45	4.78 (2.42)	0.82 - 13.58	6.46 (1.76)	2.78 - 9.62	6.09 (1.71)	1.98 - 9.42
8	5.55 (4.00)	1.02 - 22.33	5.91 (2.94)	1.88 - 17.32	7.38 (1.85)	2.88 - 11.03	6.57 (1.85)	3.13 - 11.17
9	5.04 (3.13)	0.83 - 15.68	5.67 (2.52)	1.62 - 13.78	7.26 (1.68)	2.88 - 11.12	6.58 (1.89)	2.13 - 11.60
10	4.47 (3.09)	0.83 - 19.52	4.49 (1.73)	0.65 - 8.95	7.35 (1.54)	2.23 - 10.22	7.25 (2.07)	2.40 - 12.17
ทั้งฉบับ	58.52 (9.11)	38.62 - 74.88	57.53 (8.98)	34.88 - 74.40	67.78 (5.10)	35.13 - 75.00	62.98 (8.02)	34.30 - 75.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.4 เวลาที่นักเรียนใช้ในการทำแบบสอบเฉลี่ยสำหรับรูปแบบการทดสอบ 6 รูปแบบ

เวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในการทำแบบสอบสำหรับการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ของรูปแบบการทดสอบ 6 รูปแบบ จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน แสดงดังตาราง 4.11 จะเห็นว่า โดยภาพรวม นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) ใช้เวลาในการทำแบบสอบมากที่สุด (70.46 นาที) รองลงมาเป็นนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) (68.18 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) (66.36 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 3 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC1) (59.90 นาที) รูปแบบการทดสอบที่ 1 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC1) (58.74 นาที) และรูปแบบการทดสอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) (58.03 นาที) ตามลำดับ

นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันใช้เวลาในการทำแบบสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 759) = 7.36$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .02$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (รูปแบบที่ 2 และ 4, $M = 65.00$, $SD = 8.21$) ใช้เวลาในการทำแบบสอบมากกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

(รูปแบบที่ 5 และ 6, *M* = 62.19, *SD* = 8.69) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$, $d = 0.33$) แต่ใช้เวลาในการทำแบบสอบไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (รูปแบบที่ 1 และ 2, *M* = 63.49, *SD* = 7.84) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .13$, $d = 0.19$) ทั้งนี้นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ใช้เวลาในการทำแบบสอบไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .22$, $d = 0.16$)

ตาราง 4.11

เวลาในการทำแบบสอบจำแนกตามรูปแบบการทดสอบและระดับความสามารถ

	เวลาในการทำแบบสอบ (นาที)			
	ความสามารถระดับสูง	ความสามารถระดับปานกลาง	ความสามารถระดับต่ำ	รวม
รูปแบบการทดสอบ	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)	*M* (*SD*)
รูปแบบที่ 1	57.08 (5.67)	59.74 (6.04)	59.00 (5.61)	58.74 (5.85)
รูปแบบที่ 2	62.59 (6.45)	69.43 (5.84)	72.00 (3.64)	68.18 (6.65)
รูปแบบที่ 3	56.67 (7.78)	61.09 (6.40)	61.66 (6.63)	59.90 (7.24)
รูปแบบที่ 4	66.93 (6.16)	71.67 (4.30)	72.34 (2.80)	70.46 (5.09)
รูปแบบที่ 5	58.55 (8.52)	61.89 (9.37)	53.41 (7.10)	58.03 (9.03)
รูปแบบที่ 6	62.84 (5.87)	67.90 (5.07)	68.33 (5.30)	66.36 (5.93)
รวม	60.72 (7.69)	65.17 (7.80)	64.50 (8.78)	63.53 (8.33)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (รูปแบบที่ 2, 4 และ 6, *M* = 68.26, *SD* = 6.16) ใช้เวลาในการทำแบบสอบมากกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (รูปแบบที่ 1, 3 และ 5, *M* = 58.87, *SD* = 7.53) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(735.44) = 18.83$, $p < .001$, $d = 1.36$ ทั้งนี้หากเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบจะทำให้นักเรียนใช้เวลาในการทำแบบสอบเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 15.95 (9.39 นาที)

นักเรียนที่มีระดับความสามารถต่างกันใช้เวลาในการทำแบบสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 759) = 21.73$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .05$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell พบว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง (*M*= 65.17, *SD* = 7.80) และ

นักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (M = 64.50, SD = 8.78) ใช้เวลาในการทำแบบสอบมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง (M = 60.72, SD = 7.69) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, d = 0.57 และ $p < .001$, d = 0.46 ตามลำดับ) และนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับต่ำใช้เวลาในการทำแบบสอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .63, d = 0.08)

2.4 จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง

นักเรียนที่ทำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานครั้งที่ 1 มีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 4 มากที่สุด รองลงมาเป็นหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 3 หลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 และหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 ตามลำดับ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 มีผลเช่นเดียวกับการทดสอบครั้งที่ 1 โดยจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้งแสดงดังตาราง 4.12 และภาพ 4.5

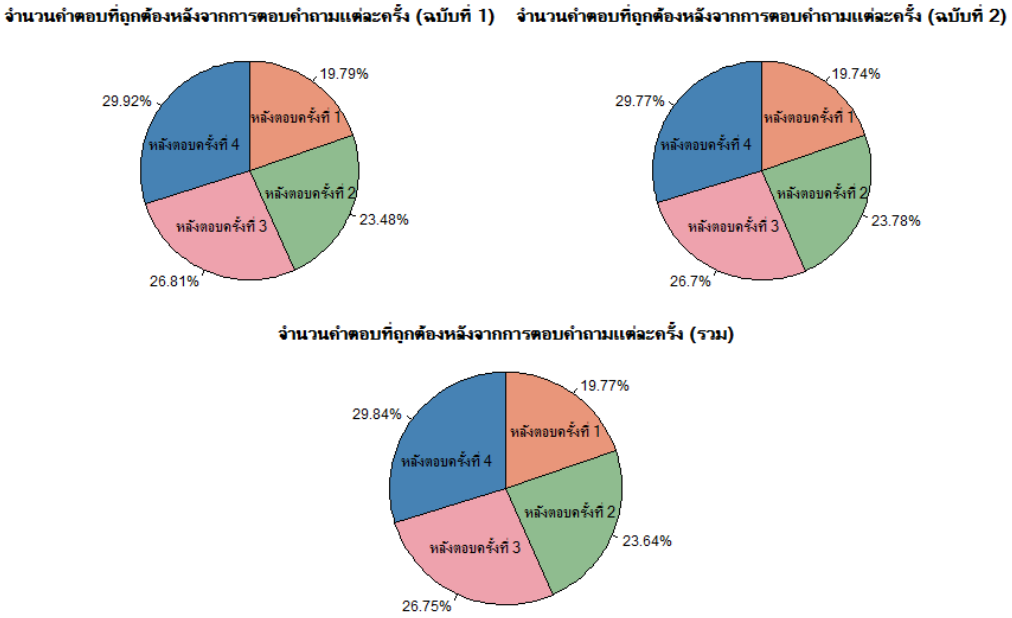
จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้งโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อมีการวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ซึ่งใช้การประมาณค่าแบบ Greenhouse-Geisser พบว่าการทดสอบครั้งที่ 1 หลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้งมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, F(1.44, 545.79) = 166.70, $p < .001$, η_p^2 = .31 โดยหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 4 มีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 3 หลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 และหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 อีกทั้งหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 3 มีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 และหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 มีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 หลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้งมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, F(1.45, 552.69) = 165.29, $p < .001$, η_p^2 = .30 โดยหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 4 มีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 3 หลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 และหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 อีกทั้งหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 3 มีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 และหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 2 มีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.12

จำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้ง

	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง						
แบบสอบ	หลังตอบครั้งที่ 1	WTR ครั้งที่ 2	หลังตอบครั้งที่ 2	WTR ครั้งที่ 3	หลังตอบครั้งที่ 3	WTR ครั้งที่ 4	หลังตอบครั้งที่ 4
ฉบับที่ 1	1,026	191	1,217	173	1,390	161	1,551
ฉบับที่ 2	1,130	231	1,361	167	1,528	176	1,704
รวม	2,156	422	2,578	340	2,918	337	3,255



ภาพ 4.5 ร้อยละของจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้ง

จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 สำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันพบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(5, 375) = 0.84$, $p = .52$, $\eta_p^2 = .01$ อีกทั้งนักเรียนที่ได้รับรูปแบบข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 378) = 0.96$, $p = .39$, $\eta_p^2 = .01$ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 379) = 0.51$, $p = .48$, $\eta_p^2 = .001$

2.5 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีคะแนนเต็มฉบับละ 10 คะแนน ซึ่งมีค่าสถิติพื้นฐานดังตาราง 4.13 โดยการทดสอบครั้งที่ 1 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 4.50, SD = 1.96) ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 3 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 2.75, SD = 2.34) ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 5.05, SD = 2.19) ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 5 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 2.83, SD = 2.03) ทั้งนี้ร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบแสดงดังภาพ 4.6

ตาราง 4.13

ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

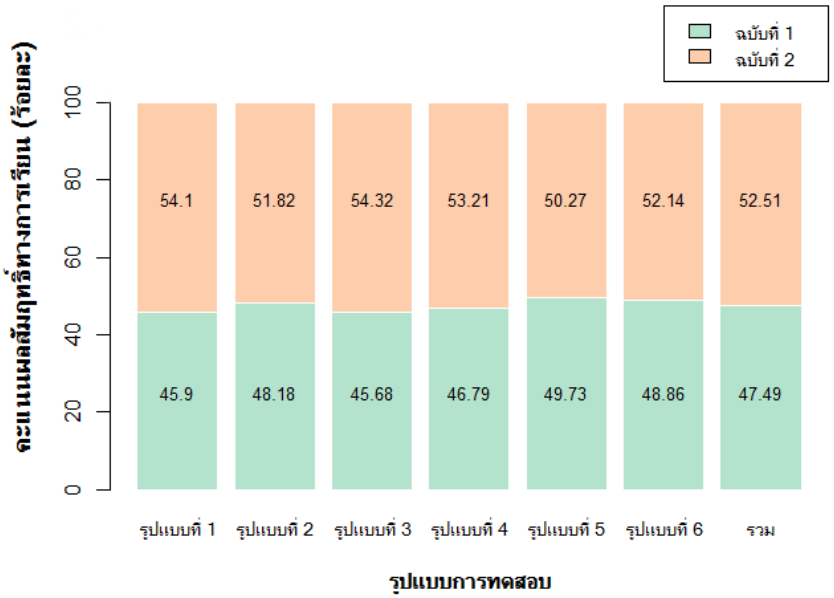
รูปแบบการทดสอบ	ครั้งที่ทดสอบ	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
		M	*SD*	*min*	*max*	*CV%*	*sk* (*SE*)	*ku* (*SE*)
รูปแบบที่ 1	ครั้งที่ 1	2.80	2.16	0.00	7.00	77.46	0.11 (0.30)	-1.38 (0.60)
(n = 63)	ครั้งที่ 2	3.30	2.38	0.00	8.00	72.09	0.27 (0.30)	-1.13 (0.60)
		$t(62) = 3.03$, $p = .004$, $d = 0.22$						
รูปแบบที่ 2	ครั้งที่ 1	4.50	1.96	0.25	8.50	43.70	-0.32 (0.30)	-0.41 (0.59)
(n = 64)	ครั้งที่ 2	4.84	2.24	0.00	9.00	46.16	0.04 (0.30)	-0.76 (0.59)
		$t(63) = 2.37$, $p = .02$, $d = 0.16$						
รูปแบบที่ 3	ครั้งที่ 1	2.75	2.34	0.00	7.00	85.27	0.22 (0.30)	-1.25 (0.60)
(n = 63)	ครั้งที่ 2	3.27	2.50	0.00	8.00	76.55	0.37 (0.30)	-0.97 (0.60)
		$t(62) = 4.10$, $p < .001$, $d = 0.21$						
รูปแบบที่ 4	ครั้งที่ 1	4.44	1.93	0.25	7.75	43.59	-0.41 (0.31)	-0.65 (0.61)
(n = 59)	ครั้งที่ 2	5.05	2.19	0.50	9.00	43.40	-0.29 (0.31)	-0.81 (0.61)
		$t(58) = 4.70$, $p < .001$, $d = 0.30$						
รูปแบบที่ 5	ครั้งที่ 1	2.80	2.07	0.00	7.00	73.84	0.39 (0.30)	-1.03 (0.58)
(n = 66)	ครั้งที่ 2	2.83	2.03	0.00	7.00	71.56	0.09 (0.30)	-1.10 (0.58)
		$t(65) = 0.21$, $p = .83$, $d = 0.01$						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.13 (ต่อ)

ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รูปแบบการทดสอบ	ครั้งที่ทดสอบ	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
		M	*SD*	*min*	*max*	*CV%*	*sk* (*SE*)	*ku* (*SE*)
รูปแบบที่ 6	ครั้งที่ 1	3.21	2.37	0.00	8.00	73.89	0.12 (0.30)	-1.31 (0.58)
(*n* = 66)	ครั้งที่ 2	3.36	2.42	0.00	9.25	72.05	0.36 (0.30)	-0.79 (0.58)
		$t(65) = 1.70, p = .09, d = 0.06$						
รวม	ครั้งที่ 1	3.40	2.27	0.00	8.50	66.64	-0.02 (0.13)	-1.12 (0.25)
(*N* = 381)	ครั้งที่ 2	3.76	2.43	0.00	9.25	64.81	0.15 (0.13)	-0.96 (0.25)
		$t(380) = 6.32, p < .001, d = 0.32$						



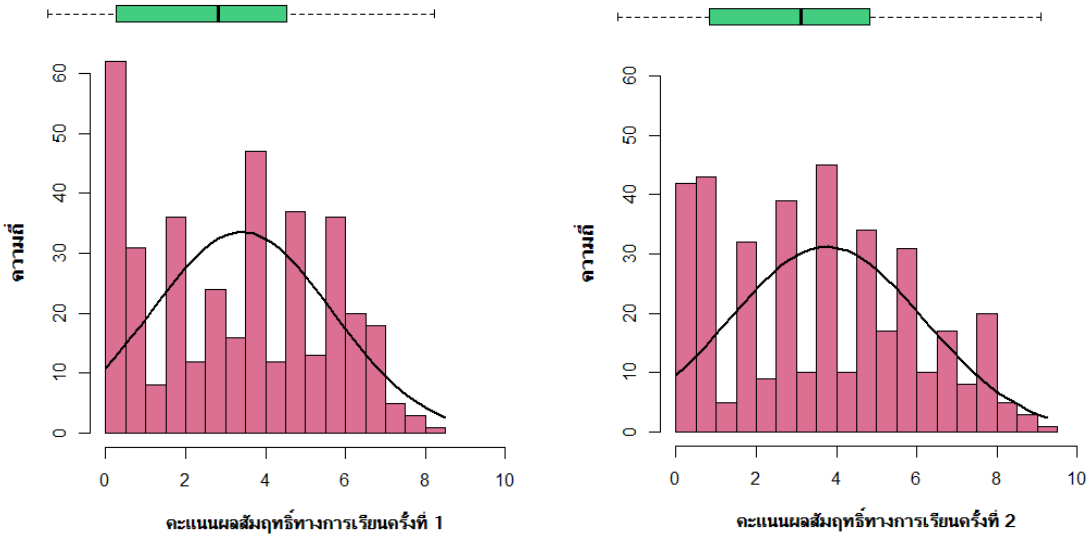
ภาพ 4.6 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมพบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับ 3.40 คะแนน (*SD* = 2.27) โดยคะแนนมีการกระจายใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*sk* = -0.02) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -1.12) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ของนักเรียนมีการ

กระจายค่อนข้างมาก ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 3.76 คะแนน (*SD* = 2.43) โดยคะแนนมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.15) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.96) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก โดยภาพ 4.7 แสดงการแจกแจงของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นั่นคือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า โดยภาพรวม นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 2 มากกว่าครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(380) = 6.32$, $p < .001$, $d = 0.32$ หากพิจารณารูปแบบการทดสอบแต่ละรูปแบบ พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 1 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC1) รูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) รูปแบบการทดสอบที่ 3 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC1) และรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 2 มากกว่าครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC1) และรูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.13 และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ (ภาพ 4.8) พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

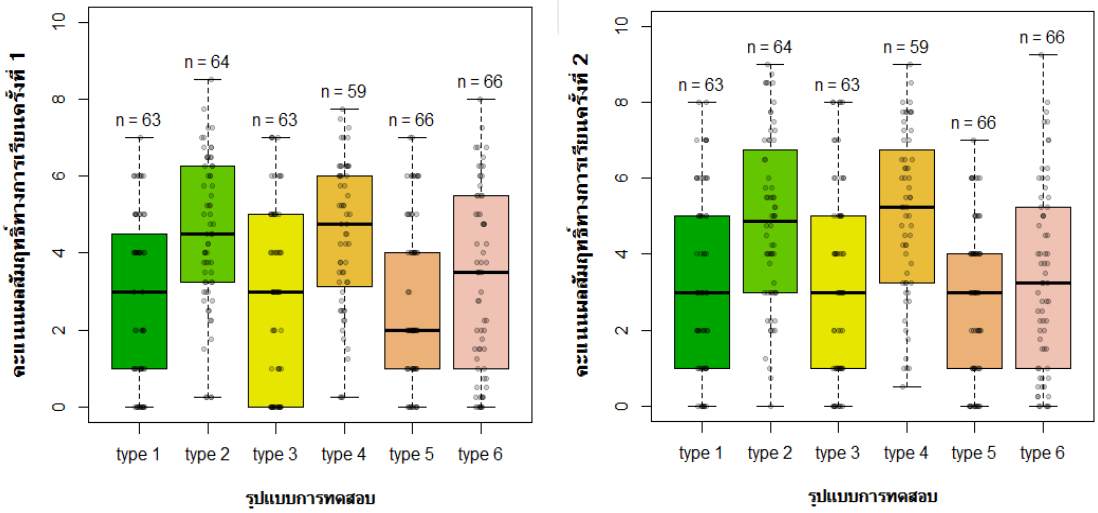
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.7 การแจกแจงของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกัน พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(5, 375) = 9.34$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .11$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 และ 4 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 สูงกว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 1, 3, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ 4.8 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 ของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกัน พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(5, 375) = 10.19$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .12$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 และ 4 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 สูงกว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 1, 3, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14

ผลการเปรียบเทียบภายหลังของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 และ 2

รูปแบบการทดสอบ	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 6
รูปแบบที่ 1	-	-1.70	0.05	-1.64	-0.01	-0.42
		($p < .001$)	($p = 1.00$)	($p < .001$)	($p = 1.00$)	($p = .90$)
รูปแบบที่ 2	1.54	-	1.75	0.06	1.69	1.28
	($p = .003$)		($p < .001$)	($p = 1.00$)	($p < .001$)	($p = .01$)
รูปแบบที่ 3	-0.03	-1.57	-	-1.69	-0.06	-0.47
	($p = 1.00$)	($p = .002$)		($p < .001$)	($p = 1.00$)	($p = 0.87$)
รูปแบบที่ 4	1.75	0.21	1.78	-	1.63	1.22
	($p < .001$)	($p = 1.00$)	($p < .001$)		($p < .001$)	($p = 0.02$)
รูปแบบที่ 5	-0.47	-2.01	-0.44	-2.22	-	-0.41
	($p = 1.00$)	($p < .001$)	($p = 1.00$)	($p < .001$)		($p = .90$)
รูปแบบที่ 6	0.06	-1.48	0.09	-1.69	0.53	-
	($p = 1.00$)	($p = .004$)	($p = 1.00$)	($p < .001$)	($p = 1.00$)	

หมายเหตุ ค่าสถิติเหนือแนวเส้นทแยงมุม คือ ค่าสถิติสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ส่วนค่าสถิติใต้เส้นทแยงมุม คือ ค่าสถิติสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2

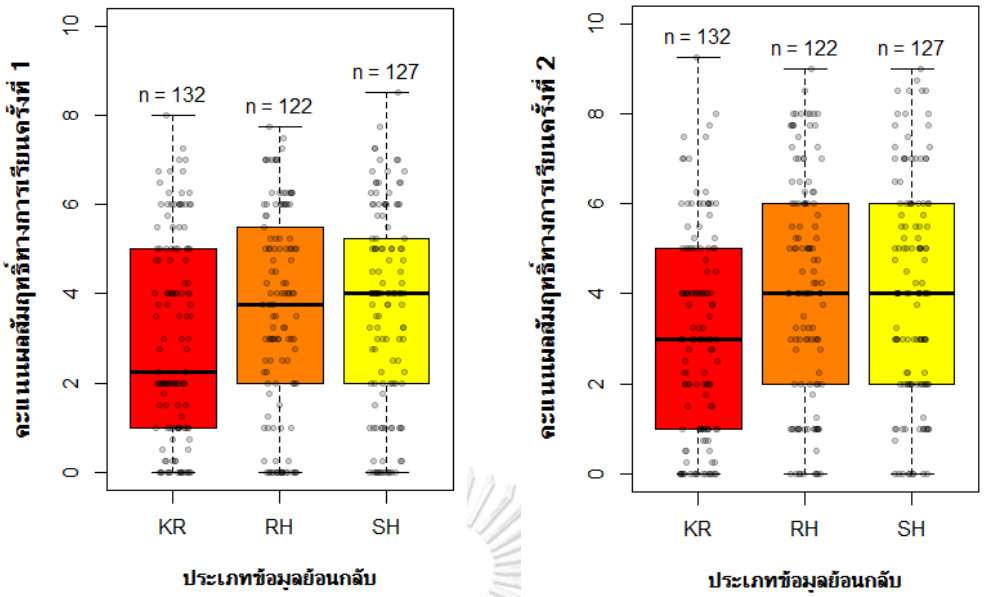
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (SH) มีการกระจายแบบเบ้ซ้ายเล็กน้อย ($sk = -0.16$) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ

(*ku* = -0.98) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (RH) มีการกระจายแบบเบ้ซ้ายเล็กน้อย (*sk* = -0.18) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -1.13) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (KR) มีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.26) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -1.19) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.15 และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ (ภาพ 4.9) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีการกระจายใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*sk* = 0.08) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.94) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงมีการกระจายใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*sk* = -0.03) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -1.10) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.31) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.72) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ (ภาพ 4.9) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.9 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.23) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -1.21) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายแบบเบ้ซ้ายเล็กน้อย (*sk* = -0.27) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.92) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ (ภาพ 4.10) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.15

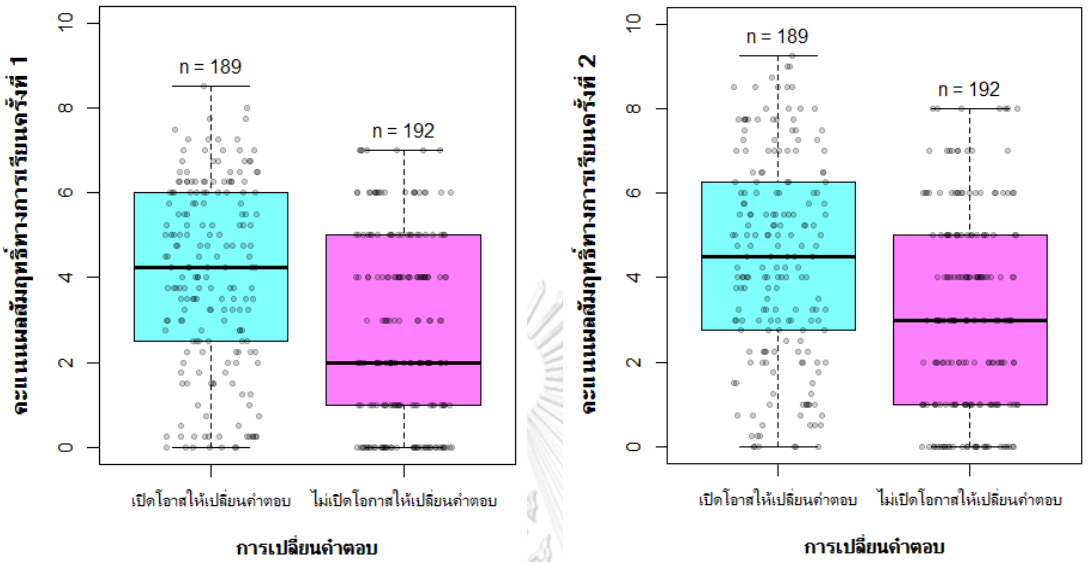
ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ การเปลี่ยนคำตอบ และระดับความสามารถของนักเรียน

ตัวแปร	ครั้งที่ทดสอบ	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
		M	*SD*	*min*	*max*	*CV%*	*sk* (*SE*)	*ku* (*SE*)
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ								
ให้คำชี้แนะคงที่	ครั้งที่ 1	3.65	2.23	0.00	8.50	61.10	-0.16 (0.22)	-0.98 (0.43)
(*n* = 127)	ครั้งที่ 2	4.08	2.43	0.00	9.00	59.56	0.08 (0.22)	-0.94 (0.43)
ให้คำชี้แนะลดลง	ครั้งที่ 1	3.56	2.31	0.00	7.75	64.89	-0.18 (0.22)	-1.13 (0.44)
(*n* = 122)	ครั้งที่ 2	4.13	2.51	0.00	9.00	60.77	-0.03 (0.22)	-1.10 (0.44)
บอกผลการกระทำ	ครั้งที่ 1	3.01	2.23	0.00	8.00	74.09	0.26 (0.21)	-1.19 (0.42)
(*n* = 132)	ครั้งที่ 2	3.10	2.24	0.00	9.25	72.26	0.31 (0.21)	-0.72 (0.42)
การเปลี่ยนคำตอบ								
ไม่ให้เปลี่ยน	ครั้งที่ 1	2.78	2.18	0.00	7.00	78.42	0.23 (0.18)	-1.21 (0.35)
(*n* = 192)	ครั้งที่ 2	3.13	2.31	0.00	8.00	73.80	0.31 (0.18)	-0.94 (0.35)
ให้เปลี่ยน	ครั้งที่ 1	4.03	2.18	0.00	8.50	54.09	-0.27 (0.18)	-0.92 (0.35)
(*n* = 189)	ครั้งที่ 2	4.39	2.40	0.00	9.25	54.67	-0.03 (0.18)	-0.90 (0.35)
ระดับความสามารถของนักเรียน								
สูง	ครั้งที่ 1	5.41	1.42	2.00	8.50	26.25	-0.52 (0.22)	-0.08 (0.44)
(*n* = 121)	ครั้งที่ 2	6.05	1.66	2.00	9.25	27.44	-0.21 (0.22)	-0.73 (0.44)
ปานกลาง	ครั้งที่ 1	3.52	1.77	0.00	6.75	50.28	-0.11 (0.21)	-0.85 (0.42)
(*n* = 130)	ครั้งที่ 2	3.73	1.69	0.00	7.75	45.31	0.19 (0.21)	-0.60 (0.42)
ต่ำ	ครั้งที่ 1	1.41	1.52	0.00	5.50	107.80	0.88 (0.21)	-0.36 (0.42)
(*n* = 130)	ครั้งที่ 2	1.65	1.64	0.00	6.25	99.39	0.91 (0.21)	-0.19 (0.42)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.31) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.94) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*sk* = -0.03) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยและมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.90) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก

และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ (ภาพ 4.10) เพิ่มเติม พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

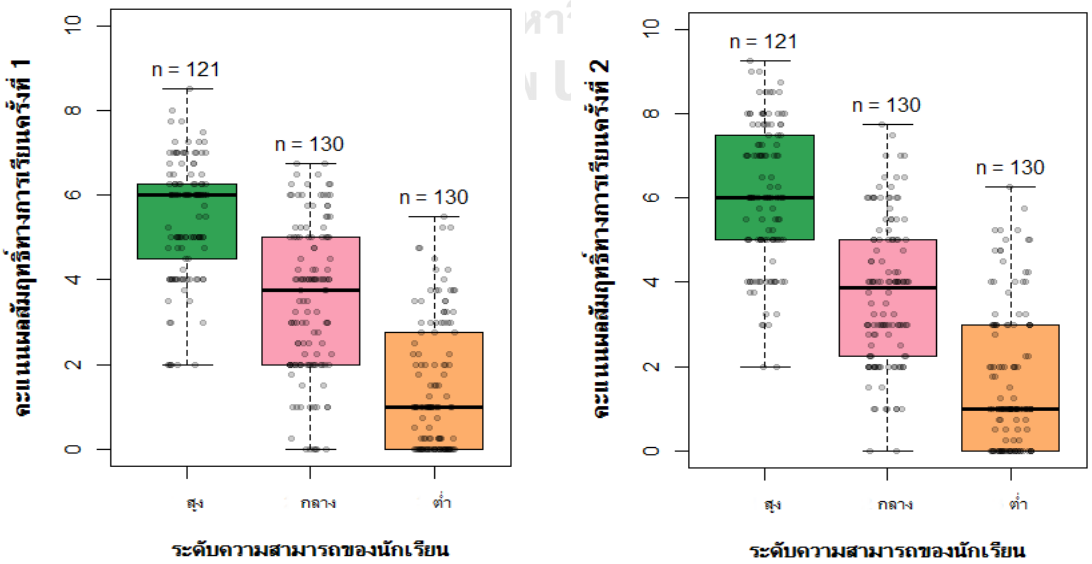


ภาพ 4.10 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีการกระจายแบบเบ้ซ้ายเล็กน้อย (*sk* = -0.52) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = -0.08) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางมีการกระจายใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*sk* = -0.11) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.85) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.88) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.36) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก และจากการพิจารณา

box-and-whisker plot จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน (ภาพ 4.11) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

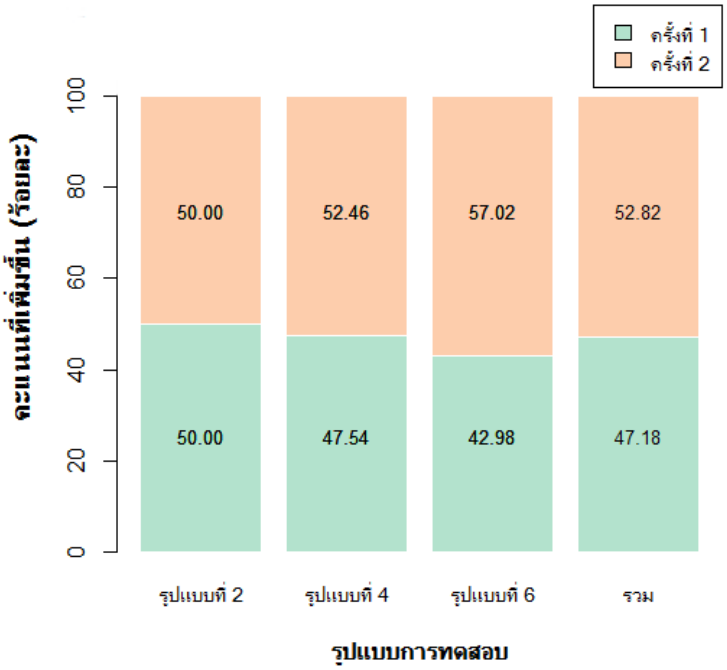
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีการกระจายแบบเบ้ซ้ายเล็กน้อย (*sk* = -0.21) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.73) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.19) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.60) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.91) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.19) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน (ภาพ 4.11) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง



ภาพ 4.11 box-and-whisker plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกระดับความสามารถของนักเรียน

2.6 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้น

รูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) รูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) และรูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) เปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหลังจากคำถามครั้งแรกผิด นักเรียนจึงมีโอกาสเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกแล้วทำให้คะแนนสอบเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถหาคะแนนที่เพิ่มขึ้นได้จากการนำคะแนนสอบรวมทั้งฉบับจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานของนักเรียนสำหรับการตอบคำถามครั้งสุดท้ายลบด้วยคะแนนสอบรวมทั้งฉบับของนักเรียนสำหรับการตอบคำถามครั้งแรก คะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าสถิติพื้นฐานดังตาราง 4.16 โดยการทดสอบครั้งที่ 1 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 1.74, SD = 1.19) ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 6 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 0.98, SD = 0.70) ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 1.92, SD = 1.20) ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 6 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 1.30, SD = 0.99) ทั้งนี้ร้อยละของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบแสดงดังภาพ 4.12



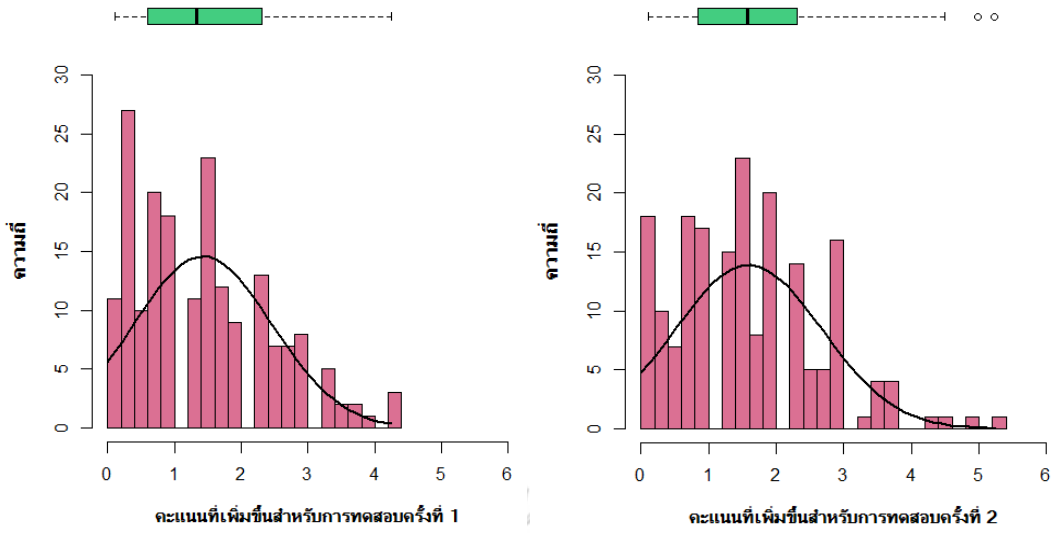
ภาพ 4.12 คะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ

ตาราง 4.16

ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้น

รูปแบบการทดสอบ	ครั้งที่ทดสอบ	คะแนนที่เพิ่มขึ้น						
		M	*SD*	*min*	*max*	*CV%*	*sk* (*SE*)	*ku* (*SE*)
รูปแบบที่ 2	ครั้งที่ 1	1.59	1.02	0.00	4.00	64.15	0.33 (0.30)	-0.79 (0.59)
(*n* = 64)	ครั้งที่ 2	1.59	1.00	0.00	4.50	62.89	0.57 (0.30)	0.53 (0.59)
		t(63) = 0.02, *p* = .98, *d* = 0.00						
รูปแบบที่ 4	ครั้งที่ 1	1.74	1.19	0.00	4.25	68.39	0.36 (0.31)	-0.78 (0.61)
(*n* = 59)	ครั้งที่ 2	1.92	1.20	0.00	5.25	62.50	0.64 (0.31)	0.18 (0.61)
		t(58) = 0.88, *p* = .38, *d* = 0.15						
รูปแบบที่ 6	ครั้งที่ 1	0.98	0.70	0.00	2.75	71.43	0.52 (0.30)	-0.18 (0.58)
(*n* = 66)	ครั้งที่ 2	1.30	0.99	0.00	3.50	76.15	0.39 (0.30)	-0.96 (0.58)
		t(65) = 2.77, *p* = .007, *d* = 0.37						
รวม	ครั้งที่ 1	1.42	1.03	0.00	4.25	72.54	0.64 (0.18)	-0.25 (0.35)
(*N* = 189)	ครั้งที่ 2	1.59	1.08	0.00	5.25	67.92	0.61 (0.18)	0.25 (0.35)
		t(188) = 1.72, *p* = .09, *d* = 0.16						

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้นในภาพรวมพบว่า นักเรียนมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับ 1.42 คะแนน (*SD* = 1.03) โดยคะแนนมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.64) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.25) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 นักเรียนมีคะแนนที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.59 คะแนน (*SD* = 1.08) โดยคะแนนมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.61) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งมากกว่าโค้งปกติ (*ku* = 0.25) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างน้อย โดยภาพ 4.13 แสดงการแจกแจงของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นั่นคือ สำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 คะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่มีค่าสุดโต่ง ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 คะแนนที่เพิ่มขึ้นมีค่าสุดโต่งจำนวน 2 ค่า



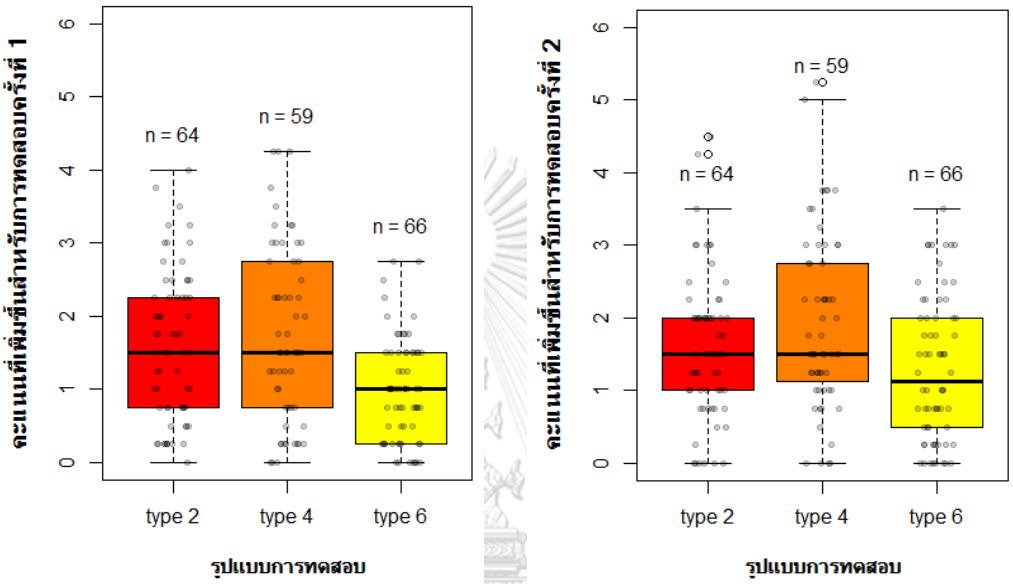
ภาพ 4.13 การแจกแจงของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า โดยภาพรวม นักเรียนมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(188) = 1.72$, $p = .09$, $d = 0.16$ หากพิจารณารูปแบบการทดสอบแต่ละรูปแบบพบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 มากกว่าครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) และรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.16 และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ (ภาพ 4.14) พบว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 แต่ละรูปแบบการทดสอบไม่มีคะแนนสุดโต่ง ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 มีคะแนนสุดโต่งจำนวน 2 และ 1 ค่า สำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 2 และ 4 ตามลำดับ โดยที่รูปแบบการทดสอบที่ 6 ไม่มีคะแนนสุดโต่ง

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกันพบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 186) = 10.53$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .10$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 และ 4 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นมากกว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$, $d = 0.70$ และ $p < .001$, $d = 0.78$ ตามลำดับ) ทั้งนี้นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 และ 4 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .73$, $d = 0.14$)



ภาพ 4.14 box-and-whisker plot ของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 ของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกันพบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 186) = 5.25$, $p = .006$, $\eta_p^2 = .05$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นมากกว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .004$, $d = 0.56$ และ $p = .29$, $d = 0.30$ ตามลำดับ) ทั้งนี้นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 และ 6 มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .35$, $d = 0.29$)

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนพบว่า คะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.71) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = -0.15) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง ส่วนคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.20) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.91) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีการกระจายแบบเบ้ขวา (*sk* = 1.15) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งมากกว่าโค้งปกติ (*ku* = 1.47) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายน้อย โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.17 และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน (ภาพ 4.15) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 มีคะแนนสุดโต่งจำนวน 1 และ 2 ค่า ในนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงและต่ำ ตามลำดับ

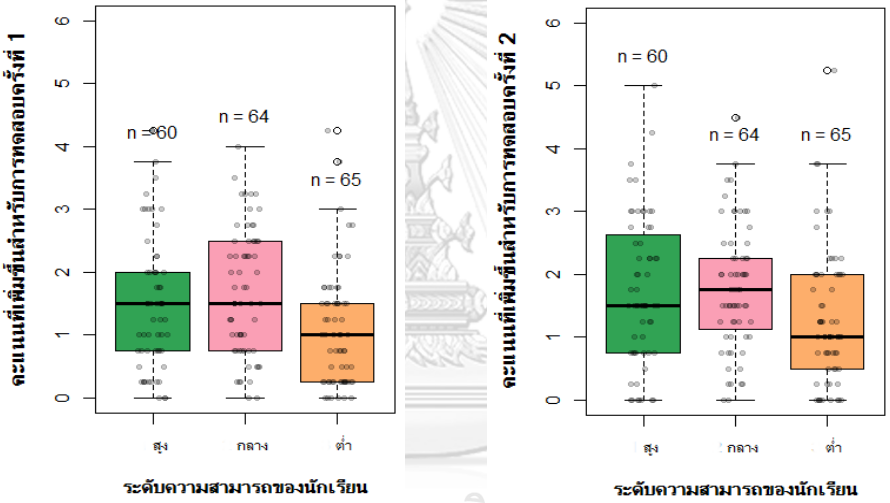
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนพบว่า คะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.42) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.17) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.34) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = -0.05) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีการกระจายแบบเบ้ขวา (*sk* = 1.21) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งมากกว่าโค้งปกติ (*ku* = 2.13) แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนมีการกระจายน้อย โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.17 และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน (ภาพ 4.15) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 ในนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางและต่ำมีคะแนนสุดโต่งระดับความสามารถละ 1 ค่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.17

ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่เพิ่มขึ้นจำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน

ระดับความสามารถ	ครั้งที่ทดสอบ	คะแนนที่เพิ่มขึ้น						
		M	*SD*	*min*	*max*	*CV%*	*sk* (*SE*)	*ku* (*SE*)
สูง	ครั้งที่ 1	1.52	1.09	0.00	4.25	71.71	0.71 (0.31)	-0.15 (0.61)
(*n* = 60)	ครั้งที่ 2	1.73	1.17	0.00	5.00	67.63	0.42 (0.31)	-0.17 (0.61)
ปานกลาง	ครั้งที่ 1	1.68	1.00	0.00	4.00	59.52	0.20 (0.30)	-0.91 (0.59)
(*n* = 64)	ครั้งที่ 2	1.77	0.98	0.00	4.50	55.37	0.34 (0.30)	-0.05 (0.59)
ต่ำ	ครั้งที่ 1	1.09	0.93	0.00	4.25	85.32	1.15 (0.30)	1.47 (0.59)
(*n* = 65)	ครั้งที่ 2	1.29	1.06	0.00	5.25	82.17	1.21 (0.30)	2.13 (0.59)



ภาพ 4.15 box-and-whisker plot ของคะแนนที่เพิ่มขึ้นสำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 จำแนกระดับความสามารถของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีคะแนนเต็มฉบับละ 32 คะแนน ซึ่งมีค่าสถิติพื้นฐานดังตาราง 4.18 โดยก่อนการทดลอง นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยสูงที่สุด (*M* = 9.07, *SD* = 3.61) ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 3 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC1) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยต่ำที่สุด (*M* = 8.40, *SD* = 4.49)

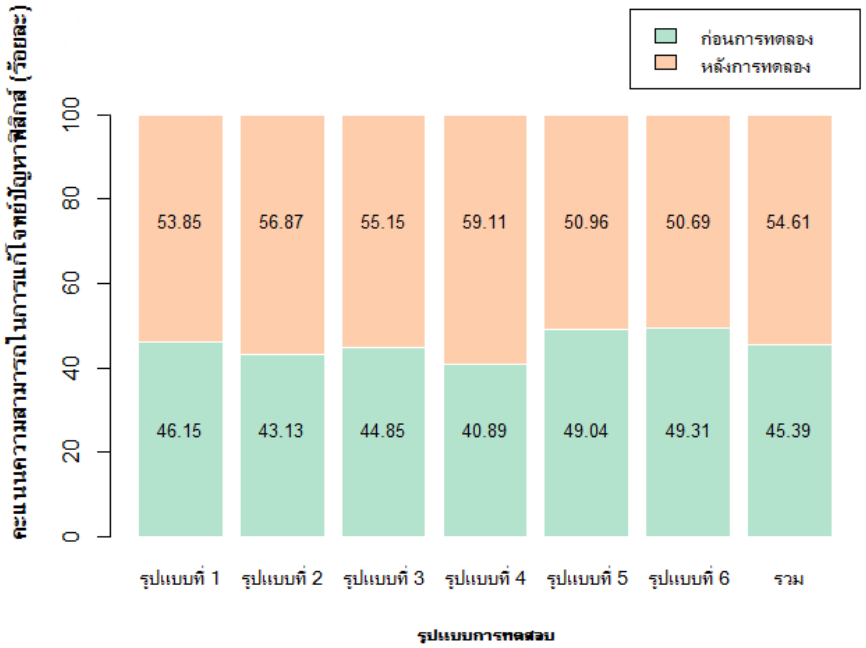
ส่วนหลังการทดลอง นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยสูงที่สุด (*M* = 13.11, *SD* = 4.96) ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยต่ำที่สุด (*M* = 8.81, *SD* = 3.95) ทั้งนี้ร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองจำแนกตามรูปแบบการทดสอบแสดงดังภาพ 4.16

ตาราง 4.18

ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

รูปแบบการทดสอบ	ครั้งที่ทดสอบ	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์						
		M	*SD*	*min*	*max*	*CV%*	*sk* (*SE*)	*ku* (*SE*)
รูปแบบที่ 1	ครั้งที่ 1	8.63	3.85	3.00	18.00	44.61	0.69 (0.30)	-0.29 (0.60)
(*n* = 63)	ครั้งที่ 2	10.07	4.75	1.50	21.50	47.17	0.41 (0.30)	-0.57 (0.60)
		t(62) = 4.55, *p* < .001, *d* = 0.33						
รูปแบบที่ 2	ครั้งที่ 1	9.04	4.47	1.50	20.00	49.45	0.55 (0.30)	-0.42 (0.59)
(*n* = 64)	ครั้งที่ 2	11.92	4.87	2.50	24.00	40.86	0.53 (0.30)	-0.27 (0.59)
		t(63) = 8.28, *p* < .001, *d* = 0.62						
รูปแบบที่ 3	ครั้งที่ 1	8.40	4.49	1.00	22.00	53.45	0.91 (0.30)	0.68 (0.60)
(*n* = 63)	ครั้งที่ 2	10.33	5.42	1.00	25.50	52.47	0.58 (0.30)	0.01 (0.60)
		t(62) = 5.25, *p* < .001, *d* = 0.39						
รูปแบบที่ 4	ครั้งที่ 1	9.07	3.61	2.00	15.00	39.80	-0.17 (0.31)	-0.96 (0.61)
(*n* = 59)	ครั้งที่ 2	13.11	4.96	1.50	22.00	37.83	-0.18 (0.31)	-0.57 (0.61)
		t(58) = 5.68, *p* < .001, *d* = 0.93						
รูปแบบที่ 5	ครั้งที่ 1	8.64	3.71	1.50	17.00	42.94	0.22 (0.30)	-0.34 (0.58)
(*n* = 66)	ครั้งที่ 2	8.98	4.15	1.00	17.50	46.21	0.12 (0.30)	-0.73 (0.58)
		t(65) = 1.06, *p* = .29, *d* = 0.09						
รูปแบบที่ 6	ครั้งที่ 1	8.57	3.84	1.00	21.50	44.81	0.53 (0.30)	0.89 (0.58)
(*n* = 66)	ครั้งที่ 2	8.81	3.95	1.50	21.50	44.84	0.45 (0.30)	0.31 (0.58)
		t(65) = 0.97, *p* = .33, *d* = 0.06						
รวม	ครั้งที่ 1	8.72	3.99	1.00	22.00	45.76	0.51 (0.13)	-0.02 (0.25)
(*N* = 381)	ครั้งที่ 2	10.49	4.91	1.00	25.50	46.81	0.41 (0.13)	-0.28 (0.25)
		t(380) = 10.00, *p* < .001, *d* = 0.40						

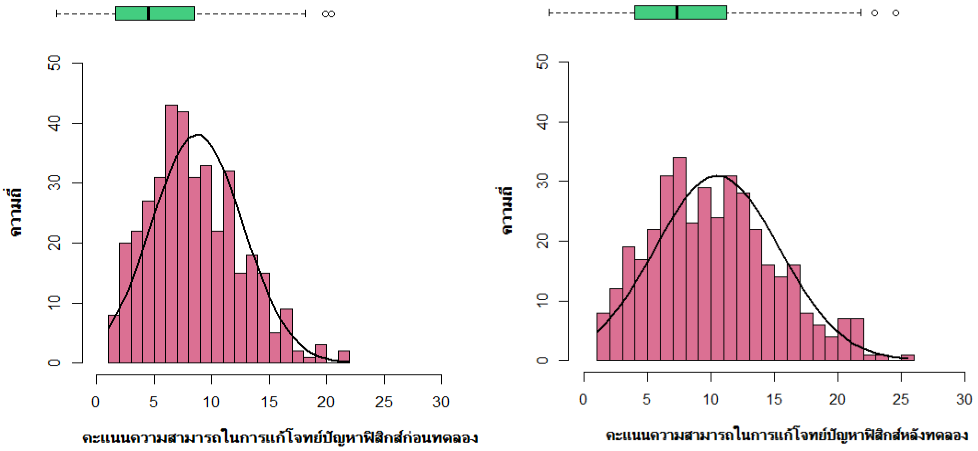
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.16 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ

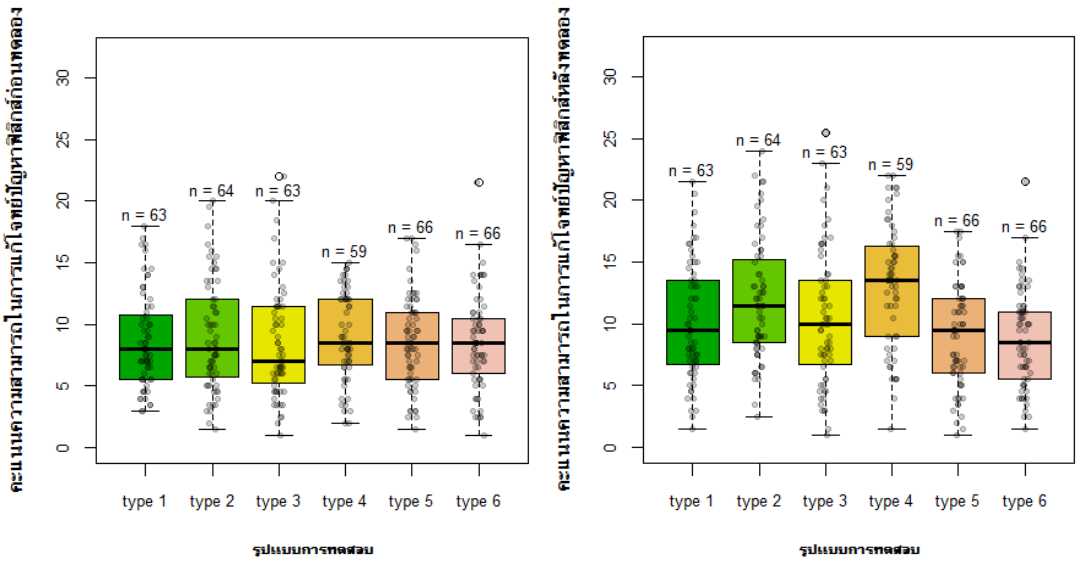
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในภาพรวม พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง เท่ากับ 8.72 คะแนน (*SD* = 3.99) โดยคะแนนมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.51) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = -0.02) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง ส่วนหลังการทดลอง นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เท่ากับ 10.49 คะแนน (*SD* = 4.91) โดยคะแนนมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.41) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.28) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก โดยภาพ 4.17 แสดงการแจกแจงของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง นั่นคือ ทั้งก่อนและหลังการทดลอง คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีค่าสุดโต่งครั้งละ 2 ค่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.17 การแจกแจงของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองพบว่า โดยภาพรวม นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $t(380) = 10.00$, $p < .001$, $d = 0.40$ หากพิจารณารูปแบบการทดสอบแต่ละรูปแบบพบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 1 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC1) รูปแบบการทดสอบที่ 2 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่โดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (SHAC2) รูปแบบการทดสอบที่ 3 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC1) และรูปแบบการทดสอบที่ 4 ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (RHAC2) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC1) และรูปแบบการทดสอบที่ 6 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำโดยเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (KRAC2) มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.18 และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ (ภาพ 4.18) พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 3 และ 6 มีคะแนนสุดโต่งรูปแบบละ 1 ค่า ส่วนคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองมีคะแนนสุดโต่งเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง



ภาพ 4.18 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกตามรูปแบบการทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกันพบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(5, 375) = 0.28$, $p = .93$, $\eta_p^2 = .004$

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกันพบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบต่างกันมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(5, 375) = 8.01$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .10$ จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 4 มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 1, 3, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งนักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 2 มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับรูปแบบการทดสอบที่ 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.19

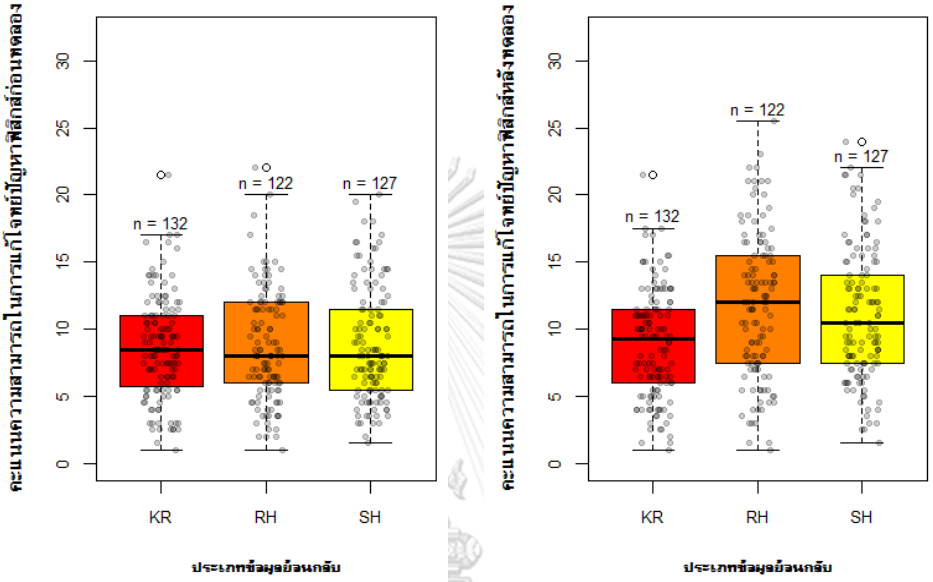
ตาราง 4.19

ผลการเปรียบเทียบภายหลังของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลอง

รูปแบบการทดสอบ	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	รูปแบบที่ 5	รูปแบบที่ 6
รูปแบบที่ 1	-	-1.85	-0.26	-3.04	1.09	1.26
		(p = .41)	(p = 1.00)	(p = .006)	(p = 1.00)	(p = 1.00)
รูปแบบที่ 2		-	1.59	-1.19	2.94	3.11
			(p = .86)	(p = 1.00)	(p = .006)	(p = .003)
รูปแบบที่ 3			-	-2.78	1.35	1.53
				(p = .02)	(p = 1.00)	(p = .99)
รูปแบบที่ 4				-	4.13	4.30
					(p < .001)	(p < .001)
รูปแบบที่ 5					-	0.17
						(p = 1.00)
รูปแบบที่ 6						-

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองจำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (SH) มีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.62) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (ku = -0.34) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (RH) มีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.50) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (ku = 0.09) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (KR) มีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.38) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งมากกว่าโค้งปกติ (ku = 0.26) แสดงว่าคะแนน

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างน้อย โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.20 และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ (ภาพ 4.19) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองสำหรับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และแบบบอกผลการกระทำ มีคะแนนสุดโต่งรูปแบบละ 1 ค่า



ภาพ 4.19 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองจำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.46) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (ku = -0.35) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก ส่วนคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.17) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (ku = -0.60) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.27) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.30) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ (ภาพ 4.19) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองสำหรับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และแบบบอกผลการกระทำมีคะแนนสุดโต่งรูปแบบละ 1 ค่า

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองจำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.65) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = 0.15) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง ส่วนคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.38) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = -0.13) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ (ภาพ 4.20) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองสำหรับการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีคะแนนสุดโต่ง 2 ค่า และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีคะแนนสุดโต่ง 1 ค่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองจำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.49) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = -0.08) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง ส่วนคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.35) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่

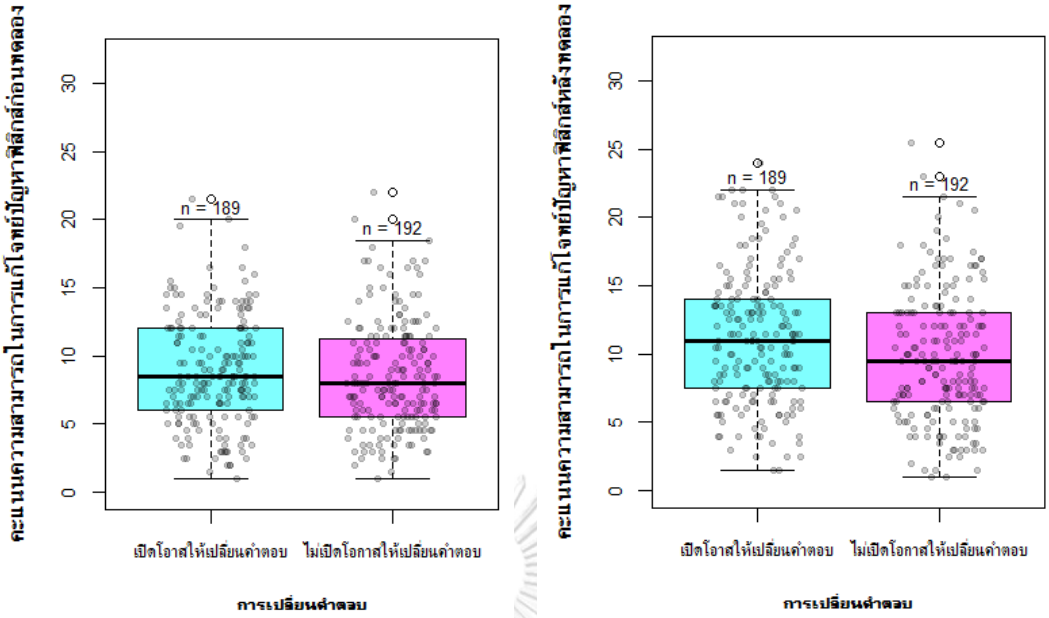
มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.41) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ (ภาพ 4.20) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองสำหรับการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีคะแนนสุดโต่ง 2 ค่า และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีคะแนนสุดโต่ง 1 ค่า

ตาราง 4.20

ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ การเปลี่ยนคำตอบ และระดับความสามารถของนักเรียน

ตัวแปร	ครั้งที่ทดสอบ	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์						
		M	*SD*	*min*	*max*	*CV%*	*sk* (*SE*)	*ku* (*SE*)
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ								
ให้คำชี้แนะคงที่	ก่อนทดลอง	8.83	4.16	1.50	20.00	47.11	0.62 (0.22)	-0.34 (0.43)
(*n* = 127)	หลังทดลอง	11.00	4.88	1.50	24.00	44.36	0.46 (0.22)	-0.35 (0.43)
ให้คำชี้แนะลดลง	ก่อนทดลอง	8.73	4.08	1.00	22.00	46.74	0.50 (0.22)	0.09 (0.44)
(*n* = 122)	หลังทดลอง	11.68	5.37	1.00	25.50	45.98	0.17 (0.22)	-0.60 (0.44)
บอกผลการ	ก่อนทดลอง	8.61	3.77	1.00	21.50	43.79	0.38 (0.21)	0.26 (0.42)
กระทำ (*n* = 132)	หลังทดลอง	8.90	4.04	1.00	21.50	45.39	0.27 (0.21)	-0.30 (0.42)
การเปลี่ยนคำตอบ								
ไม่ให้เปลี่ยน	ก่อนทดลอง	8.56	4.01	1.00	22.00	46.85	0.65 (0.18)	0.15 (0.35)
(*n* = 192)	หลังทดลอง	9.78	4.80	1.00	25.50	49.08	0.49 (0.18)	-0.08 (0.35)
ให้เปลี่ยน	ก่อนทดลอง	8.88	3.98	1.00	21.50	44.82	0.38 (0.18)	-0.13 (0.35)
(*n* = 189)	หลังทดลอง	11.21	4.93	1.50	24.00	43.98	0.35 (0.18)	-0.41 (0.35)
ระดับความสามารถของนักเรียน								
สูง	ก่อนทดลอง	11.93	3.43	6.00	22.00	28.75	0.55 (0.22)	0.12 (0.44)
(*n* = 121)	หลังทดลอง	13.95	4.12	6.00	25.50	29.53	0.49 (0.22)	-0.13 (0.44)
ปานกลาง	ก่อนทดลอง	8.76	3.33	2.50	18.50	38.01	0.36 (0.21)	-0.17 (0.42)
(*n* = 130)	หลังทดลอง	11.07	3.98	3.50	21.50	35.95	0.66 (0.21)	0.01 (0.42)
ต่ำ	ก่อนทดลอง	5.70	2.47	1.00	14.00	43.33	0.56 (0.21)	0.54 (0.42)
(*n* = 130)	หลังทดลอง	6.69	3.64	1.00	18.50	54.41	0.99 (0.21)	0.85 (0.42)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



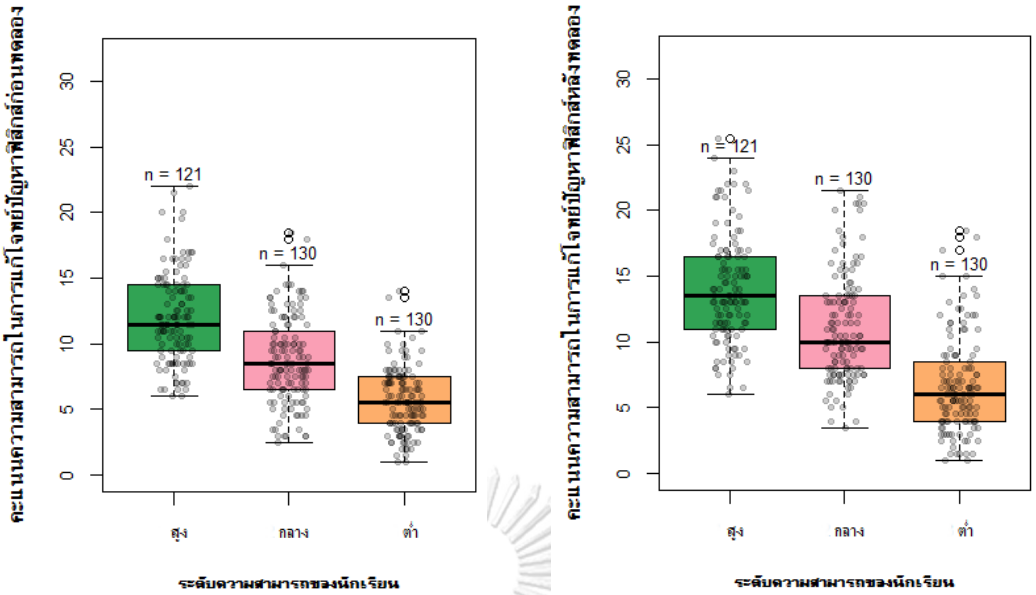
ภาพ 4.20 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองจำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.55) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (*ku* = 0.12) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง ส่วนคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.36) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ (*ku* = -0.17) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (*sk* = 0.56) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งมากกว่าโค้งปกติ (*ku* = 0.54) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างน้อย และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามระดับ

ความสามารถของนักเรียน (ภาพ 4.21) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับต่ำมีคะแนนสุดโต่งกลุ่มละ 2 ค่า

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองจำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียนพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.49) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (ku = -0.13) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง ส่วนคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.66) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งใกล้เคียงกับโค้งปกติ (ku = 0.01) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีการกระจายแบบเบ้ขวาเล็กน้อย (sk = 0.99) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ค่อนข้างน้อยกว่าค่าเฉลี่ย และมีความโด่งมากกว่าโค้งปกติ (ku = 0.85) แสดงว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนมีการกระจายค่อนข้างน้อย และจากการพิจารณา box-and-whisker plot จำแนกตามระดับความสามารถของนักเรียน (ภาพ 4.21) เพิ่มเติมพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีคะแนนสุดโต่ง 1 ค่า ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำมีคะแนนสุดโต่ง 3 ค่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.21 box-and-whisker plot ของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลอง จำแนกระดับความสามารถของนักเรียน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย

3.1 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยได้วางแผนที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมหลายตัวแปร (MANCOVA) โดยมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมหลายตัวแปรมีข้อตกลงเบื้องต้น 6 ประการ ได้แก่ (1) ความเป็นอิสระของค่าสังเกต (independence of observations) (2) ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร (multivariate normal distribution) (3) ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (equality of variance-covariance matrices) (4) ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (linearity and no multicollinearity) (5) ตัวแปรร่วม (covariates) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม และ (6) ตัวแปรร่วมส่งผลต่อตัวแปรตามเหมือนกันในทุกกลุ่มของตัวแปรต้น (homogeneity of regression effect) (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2009) ดังนั้น ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 ความเป็นอิสระของค่าสังเกต

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ผลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของค่าสังเกต เนื่องจากในขั้นตอนดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้สุ่มตัวอย่างวิจัยเข้าสู่กลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม จึงเป็นการยืนยันว่าข้อมูลจากตัวอย่างวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ผลมีความเป็นอิสระต่อกัน

3.1.2 ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร

ในปัจจุบันยังไม่มีการทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติหลายตัวแปรโดยตรง ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์การแจกแจงปกติหลายตัวแปรของตัวแปรตามทางอ้อมจากการทดสอบการแจกแจงปกติตัวแปรเดียว (univariate normal distribution) ของตัวแปรตามทีละตัว โดยใช้ Shapiro-Wilk test of normality โดยมีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติตัวแปรเดียว

H_1 : ตัวแปรตามไม่เป็นไปตามการแจกแจงปกติตัวแปรเดียว

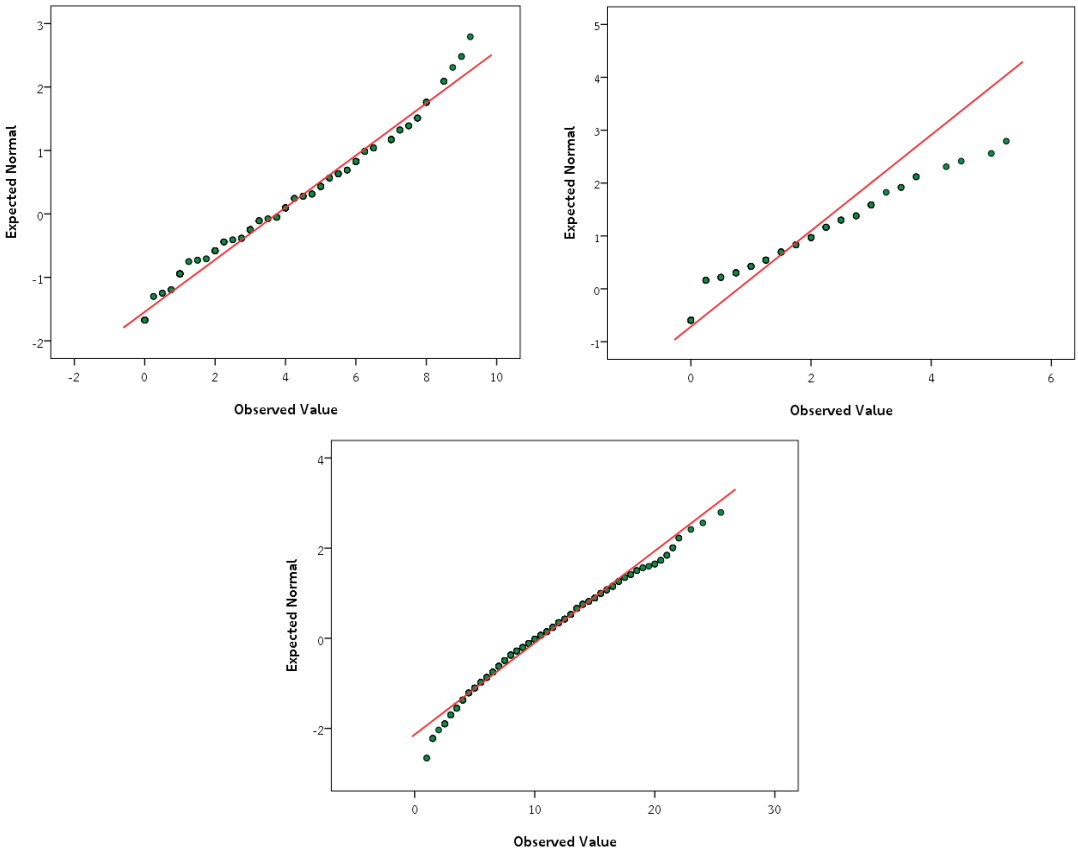
ผลการวิเคราะห์พบว่า ทั้งคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีการแจกแจงไม่เป็นไปตามการแจกแจงปกติตัวแปรเดียว โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.21 ทั้งนี้จากการพิจารณา normal Q-Q plot (ภาพ 4.22) พบว่าจุดบนกราฟกระจายอยู่ใกล้เส้นอ้างอิงและมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ทั้งคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ แสดงว่าการแจกแจงของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปกติไม่มากนัก ส่วนคะแนนที่เพิ่มขึ้น จุดบนกราฟค่อนข้างกระจายไปทางขวาของเส้นอ้างอิง แสดงว่าคะแนนที่เพิ่มขึ้นมีการแจกแจงแบบเบ้ขวาเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าตัวแปรตามน่าจะมีการแจกแจงเบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปกติหลายตัวแปร แต่อย่างไรก็ตาม การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติหลายตัวแปรมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์เพียงเล็กน้อยเนื่องจากตัวอย่างวิจัยมีขนาดใหญ่ (Hair et al., 2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.21

ผลการทดสอบการแจกแจงปกติตัวแปรเดียวของตัวแปรตาม

ตัวแปรตาม	Shapiro-Wilk	*df*	*p*
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	.96	381	< .001
คะแนนที่เพิ่มขึ้น	.75	381	< .001
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	.98	381	< .001



ภาพ 4.22 normal Q-Q plot ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ซ้าย) คะแนนที่เพิ่มขึ้น (ขวา) และคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (ล่าง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการวิเคราะห์ที่พบว่า ตัวแปรตามน่าจะมีการแจกแจงเบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปกติหลายตัวแปรอาจเนื่องมาจากค่าสุดโต่ง ผู้วิจัยจึงพิจารณาค่าสุดโต่งตัวแปรเดียว (univariate outliers) จากการพิจารณา box-and-whisker plot ดังผลการวิเคราะห์ตอนที่ 2 สรุปได้ว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่มีค่าสุดโต่งไม่ว่าจะพิจารณาในภาพรวม หรือพิจารณาตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบ ส่วนคะแนนที่เพิ่มขึ้นมีค่าสุดโต่ง 2 ค่า เมื่อพิจารณาในภาพรวม หากพิจารณาตามประเภทข้อมูลย้อนกลับมีค่าสุดโต่ง 3 ค่า นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีค่าสุดโต่ง 2 ค่า เมื่อพิจารณาในภาพรวม หากพิจารณาตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบพบว่า มีค่าสุดโต่ง 2 และ 3 ค่า ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าสุดโต่งแต่ละค่ามีค่ามากกว่า 1.5 เท่า ของ interquartile range (Q_3 - Q_1) เพียงเล็กน้อย จึงส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ไม่มากนัก จากนั้น ผู้วิจัยพิจารณาค่าสุดโต่งหลายตัวแปร (multivariate outliers) โดยใช้การวิเคราะห์ Mahalanobis distance ผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น

และคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของตัวอย่างวิจัยมีค่า Mahalanobis distance (MD) อยู่ระหว่าง 0.16 ถึง 18.89 (M = 2.99, SD = 2.56) ซึ่งมีข้อมูลจากตัวอย่างวิจัยเพียง 1 คน ที่มีค่า Mahalanobis distance เกินค่าวิกฤติ (MD = 16.27) โดยค่าวิกฤติพิจารณาจากค่าไคกำลังสององศาเสรี (*df*) เท่ากับ 3 ที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .001 (Statistics Solutions, 2018a) ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ตัดข้อมูลที่เป็นค่าสุดโต่งออกจากการวิเคราะห์เนื่องจากการวิเคราะห์ผลที่มีค่าสุดโต่งและไม่มีค่าสุดโต่งให้ผลไม่แตกต่างกัน

3.1.3 ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยได้วางแผนที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (MANCOVA) แต่จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.1.5 และ 3.1.6 ผลการตรวจสอบพบว่า ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทั้ง 2 ข้อ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) ซึ่งวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียว (one-way MANOVA) ของประเภทข้อมูลย้อนกลับ วิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียว (one-way MANOVA) ของการเปลี่ยนคำตอบ และวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทาง (two-way MANOVA) ของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ จึงตรวจสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมสำหรับการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประการข้างต้น

ก่อนการทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ผู้วิจัยได้ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละกลุ่ม รวมทั้งความแปรปรวนของคะแนนที่เพิ่มขึ้น และความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในแต่กลุ่มโดยใช้ Levene's test ซึ่งมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

(1) สำหรับ one-way MANOVA ของประเภทข้อมูลย้อนกลับ

$H_0 : \sigma_{SH}^2 = \sigma_{RH}^2 = \sigma_{KR}^2$

H_1 : มีอย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่มีความแปรปรวนของตัวแปรตามแตกต่างจากกลุ่มอื่น

(2) สำหรับ one-way MANOVA ของการเปลี่ยนคำตอบ

$H_0 : \sigma_{AC1}^2 = \sigma_{AC2}^2$

$H_1 : \sigma_{AC1}^2 \neq \sigma_{AC2}^2$

(3) สำหรับ two-way MANOVA

$H_0 : \sigma_{SHAC1}^2 = \sigma_{SHAC2}^2 = \sigma_{RHAC1}^2 = \sigma_{RHAC2}^2 = \sigma_{KRAC1}^2 = \sigma_{KRAC2}^2$

H_1 : มีอย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่มีความแปรปรวนของตัวแปรตามแตกต่างจากกลุ่มอื่น

ตาราง 4.22

ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยใช้ Levene's test

ตัวแปรตาม	*F*	*df1*	*df2*	*p*
one-way MANOVA ของประเภทข้อมูลย้อนกลับ				
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1.23	2	378	.29
คะแนนที่เพิ่มขึ้น	5.85	2	378	.003
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	5.12	2	378	.006
one-way MANOVA ของการเปลี่ยนคำตอบ				
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	0.16	1	379	.69
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	0.11	1	379	.75
two-way MANOVA				
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1.13	5	375	.35
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	1.31	5	375	.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนพบว่า ความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความแปรปรวนของคะแนนที่เพิ่มขึ้น และความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีเพียงความแปรปรวนของคะแนนที่เพิ่มขึ้น และความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สำหรับประเภทข้อมูลย้อนกลับที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.22 จากนั้น ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มโดยใช้ Box's M test ซึ่งมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

(1) สำหรับ one-way MANOVA ของประเภทข้อมูลย้อนกลับ

$H_0 : \Sigma_{SH} = \Sigma_{RH} = \Sigma_{KR}$

โดยที่ $\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_3^2 \end{bmatrix}$ เมื่อ 1 แทน คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2 แทน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และ 3 แทน คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

H_1 : มีอย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่มีเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมแตกต่างจากกลุ่มอื่น

(2) สำหรับ one-way MANOVA ของการเปลี่ยนคำตอบ

$H_0 : \Sigma_{AC1} = \Sigma_{AC2}$

$H_1 : \Sigma_{AC1} \neq \Sigma_{AC2}$

โดยที่ $\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{bmatrix}$ เมื่อ 1 แทน คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 2 แทน คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

(3) สำหรับ two-way MANOVA

$H_0 : \Sigma_{SHAC1} = \Sigma_{SHAC2} = \Sigma_{RHAC1} = \Sigma_{RHAC2} = \Sigma_{KRAC1} = \Sigma_{KRAC2}$

โดยที่ $\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{bmatrix}$ เมื่อ 1 แทน คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 2 แทน คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

H_1 : มีอย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่มีเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมแตกต่างจากกลุ่มอื่น

จากผลการวิเคราะห์ความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมพบว่าการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประการ มีเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น อาจเนื่องมาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีการเบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปกติ หรืออาจจะมีจำนวนตัวแปรตาม และจำนวนกลุ่มของตัวแปรต้นน้อย แต่อย่างไรก็ตาม การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าวมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเพียงเล็กน้อย เนื่องจากจำนวนตัวอย่างวิจัยในแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาจากจำนวนตัวอย่างวิจัยในกลุ่มที่มากที่สุดหารด้วยจำนวนตัวอย่างวิจัยในกลุ่มที่น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.12 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.5 (Hair et al., 2009)

3.1.4 ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้ Bartlett's test มีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : $\mathbf{R} = \mathbf{I}$

H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์พบว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของประเภทข้อมูลย้อนกลับแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบสำหรับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ดังนี้ Chi-square(3, 127) = 121.16, $p < .001$, Chi-square(3, 122) = 70.18, $p < .001$ และ Chi-square(3, 132) = 141.87, $p < .001$ ตามลำดับ ส่วนเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของการเปลี่ยนคำตอบแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบสำหรับการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ดังนี้ Chi-square(1, 192) = 175.67, $p < .001$ และ Chi-square(1, 189) = 110.16, $p < .001$ ตามลำดับ ทั้งนี้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามแต่ละคู่มีค่าอยู่ระหว่าง .13 - .79 ดังตาราง 4.23 และตาราง 4.24 โดยภาพ 4.23 และ 4.24 แสดงการกระจายระหว่างตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของตัวแปรต้น สรุปได้ว่าตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร อีกทั้งยังไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (multicollinearity) เนื่องจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าไม่เกิน .90 (Tabachnick & Fidell, 2012 cited in Statistics Solutions, 2018b)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.23

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของประเภทข้อมูลย้อนกลับ

ตัวแปรตาม	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนที่เพิ่มขึ้น	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		.24 (p = .003)	.77 (p < .001)
คะแนนที่เพิ่มขึ้น	.34 (p < .001) .30 (p < .001)		.13 (p = .08)
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	.61 (p < .001) .79 (p <.001)	.20 (p = .02) .17 (p = .02)	

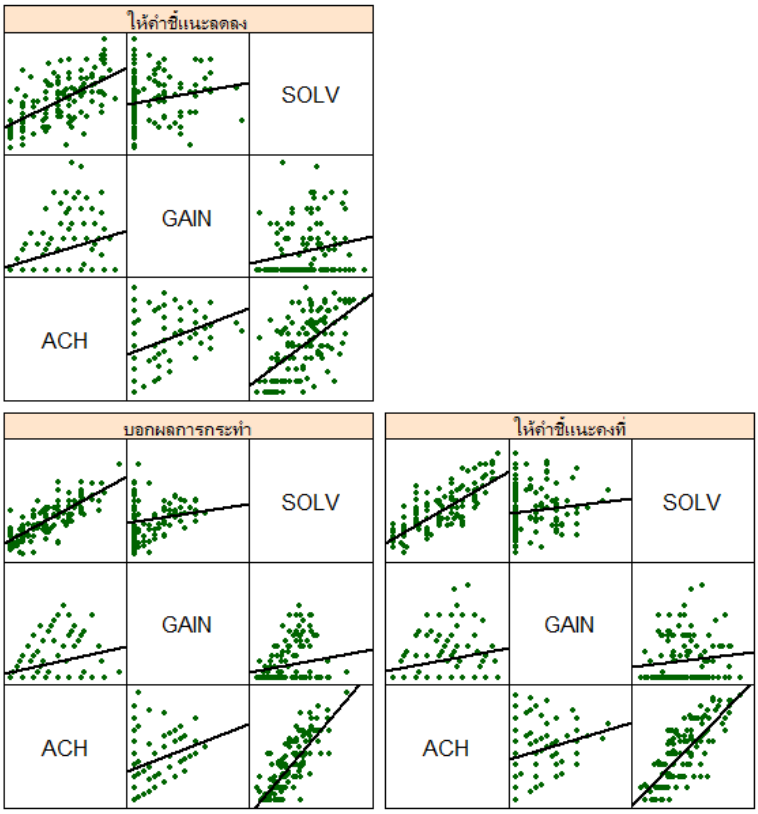
หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ แบบให้คำชี้แนะลดลง และแบบบอกผลการกระทำแสดงเหนือแนวทแยงมุม ใต้แนวทแยงมุมบรรทัดที่ 1 และใต้แนวทแยงมุม บรรทัดที่ 2 ตามลำดับ

ตาราง 4.24

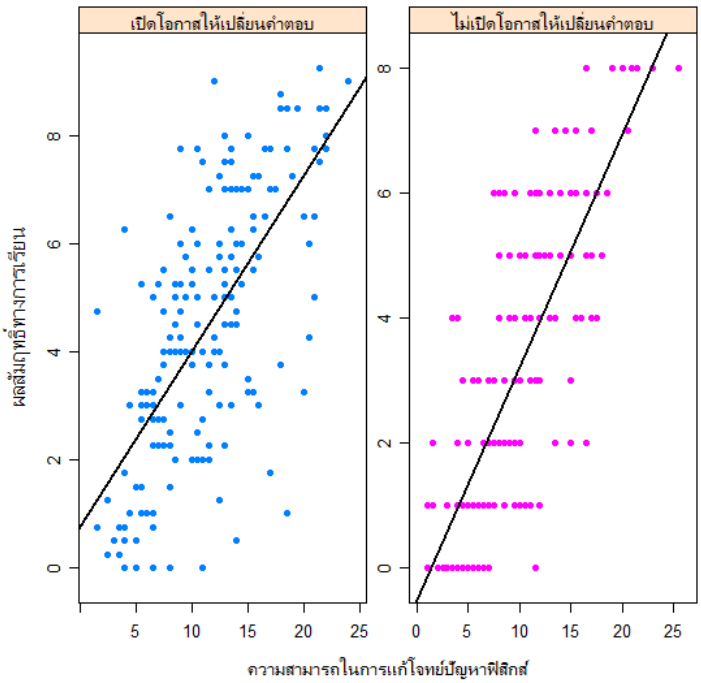
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของการเปลี่ยนคำตอบ

การเปลี่ยนคำตอบ	ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	
	r	p
ไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	.78	< .001
เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	.67	< .001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.23 แผนภาพการกระจายของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของประเภทข้อมูลย้อนกลับ



ภาพ 4.24 แผนภาพการกระจายของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของการเปลี่ยนคำตอบ

3.1.5 ตัวแปรร่วมมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม

ตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ผล คือ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลอง ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (หลังการทดลอง) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งมีสมมติฐานการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรร่วมไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

H_1 : ตัวแปรร่วมมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกกลุ่มของตัวแปรต้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .58 - .75 อีกทั้งยังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (หลังการทดลอง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกกลุ่มของตัวแปรต้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .59 - .83 แต่อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังตาราง 4.25 แสดงว่าตัวแปรร่วมมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามไม่เพียงพอที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ตาราง 4.*25*

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของตัวแปรต้น

	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม		
ตัวแปรต้น	r_1	r_2	r_3
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ			
แบบให้คำชี้แนะคงที่	.58 (p < .001)	.83 (p < .001)	-.01 (p = .91)
แบบให้คำชี้แนะลดลง	.75 (p < .001)	.59 (p < .001)	.07 (p = .45)
แบบบอกผลการกระทำ	.73 (p < .001)	.83 (p < .001)	.14 (p =.10)
การเปลี่ยนคำตอบ			
ไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	.68 (p < .001)	.68 (p < .001)	-
เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ	.70 (p < .001)	.70 (p < .001)	-

หมายเหตุ r_1 , r_2 , r_3 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (หลังการทดลอง) และคะแนนที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ

3.1.6 ตัวแปรร่วมส่งผลต่อตัวแปรตามเหมือนกันในทุกกลุ่มของตัวแปรต้น

ผู้วิจัยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้โดยการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม ผลการวิเคราะห์พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(6, 742) = 4.50$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .04$ อีกทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(3, 371) = 6.20$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .05$ ดังผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4.26 หากพิจารณาผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามทีละตัวพบว่ามีผลการวิเคราะห์ดังนี้

(1) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 373) = 3.48$, $p = .03$, $\eta_p^2 = .02$

(2) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อคะแนนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 373) = 2.39$, $p = .09$, $\eta_p^2 = .01$

(3) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 373) = 3.59$, $p = .03$, $\eta_p^2 = .02$

(4) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 373) = 0.80$, $p = .37$, $\eta_p^2 = .002$

(5) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อคะแนนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 373) = 0.96$, $p = .33$, $\eta_p^2 = .003$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(6) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 373) = 11.24$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$ ดังผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4.27 - 4.29

กล่าวโดยสรุป ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองส่งผลต่อตัวแปรตามแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ จึงไม่เหมาะสมที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม 2 ข้อ ได้แก่ ตัวแปรร่วมมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม และตัวแปรร่วมส่งผลต่อตัวแปรตามเหมือนกันในทุกกลุ่มของตัวแปรต้น สรุปได้ว่าฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทั้ง 2 ข้อ จึงไม่เหมาะสมที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมหลายตัวแปร (MANCOVA) (Hair et al., 2009) ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) ทั้งนี้ไม่กระทบต่อผลการวิจัย เนื่องจากความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองของตัวอย่างวิจัยแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในหัวข้อ 2.7 จึงถือได้ว่าตัวอย่างวิจัยมีความเท่าเทียมกันก่อนการทดลอง

ตาราง 4.26

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม 3 ตัว

อิทธิพล	Wilks' Lambda	*F*	*df*	error *df*	*p*	η_p^2
FB	.89	7.25	6	742	< .001	.06
ANCH	.84	24.52	3	371	< .001	.17
PRESOLV	.39	195.40	3	371	< .001	.61
FB * PRESOLV	.93	4.50	6	742	< .001	.04
ANCH * PRESOLV	.95	6.20	3	371	< .001	.05
Box's M = 70.68, $F(12, 164259.02) = 5.75$, $p < .001$						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.27

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
FB	2	36.45	18.22	6.79	.001	.04
ANCH	1	10.27	10.27	3.83	.05	.01
PRESOLV	1	1000.42	1000.42	372.76	<.001	.50
FB * PRESOLV	2	18.67	9.34	3.48	.03	.02
ANCH * PRESOLV	1	2.15	2.15	0.80	.37	.002
within group	373	1001.07	2.68			
total	380	2250.49				
Levene's test $F(5, 375) = 3.33$, $p = .006$						

ตาราง 4.28

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อคะแนนที่เพิ่มขึ้น

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
FB	2	4.79	2.39	4.22	.02	.02
ANCH	1	32.56	32.56	57.36	< .001	.13
PRESOLV	1	0.71	0.71	1.25	.26	.003
FB * PRESOLV	2	2.72	1.36	2.39	.09	.01
ANCH * PRESOLV	1	0.54	0.54	0.96	.33	.003
within group	373	211.72	0.57			
total	380	462.41				
Levene's test $F(5, 375) = 50.36$, $p < .001$						

Chulalongkorn University

ตาราง 4.29

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
FB	2	200.26	100.13	10.16	< .001	.05
ANCH	1	204.40	204.40	20.73	< .001	.05
PRESOLV	1	4521.76	4521.76	458.57	< .001	.55
FB * PRESOLV	2	70.76	35.38	3.59	.03	.02
ANCH * PRESOLV	1	110.81	110.81	11.24	< .001	.03
within group	373	3677.97	9.86			
total	380	9163.96				
Levene's test $F(5, 375) = 13.03$, $p < .001$						

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 4 ประเด็น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

คำถามการวิจัยข้อที่ 1 *ข้อมูลย้อนกลับประเภทใดที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่ากัน*

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียว (one-way MANOVA) โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$H_0 : \boldsymbol{\mu}_{SH} = \boldsymbol{\mu}_{RH} = \boldsymbol{\mu}_{KR}$ โดยที่ $\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_{ACH} \\ \mu_{GAIN} \\ \mu_{SOLV} \end{bmatrix}$

H_1 : มีเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามอย่างน้อย 1 กลุ่ม แตกต่างจากกลุ่มอื่น

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวพบว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .93, $F(6, 752) = 4.37$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$ ดังรายละเอียดในตาราง 4.30 ซึ่งประเภทข้อมูลย้อนกลับมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับค่อนข้างต่ำ (Cohen, 1988) โดยมีผลการวิเคราะห์อิทธิพลของประเภทข้อมูลย้อนกลับต่อตัวแปรตามแต่ละตัวดังรายละเอียดต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.30

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับ

อิทธิพล	Wilks' Lambda	*F*	*df*	error *df*	*p*	η_p^2
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	.93	4.37	6	752	< .001	.03
Box's M = 54.42, $F(12, 686120.81) = 4.48$, $p < .001$						

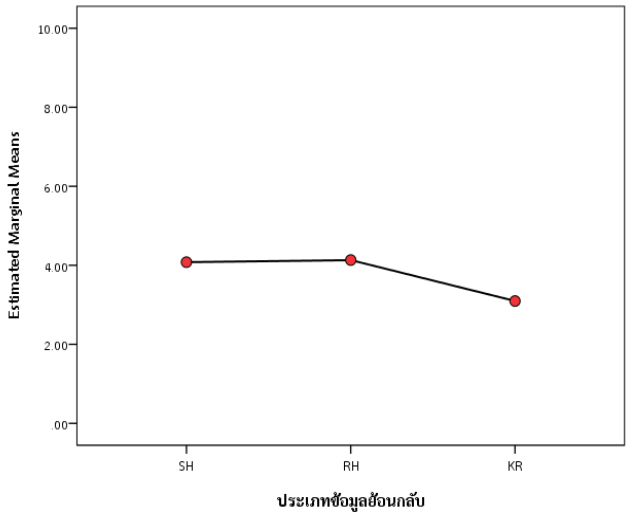
นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 378) = 7.67$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .04$ ซึ่งประเภทข้อมูลย้อนกลับมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ($M = 4.08$, $SD = 2.43$) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ($M = 4.13$, $SD = 2.51$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ($M = 3.10$, $SD = 2.24$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดในตาราง 4.31 โดยมีกราฟค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับดังภาพ 4.25

ตาราง 4.31

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	2	87.79	43.90	7.67	< .001	.04
ภายในกลุ่ม	378	2162.70	5.72			
รวม	380	2250.49				
Levene's test $F(2, 378) = 1.23$, $p = .29$						
ผลการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni						
SH > KR ($p = .003$, $d = 0.42$)						
RH > KR ($p = .002$, $d = 0.43$)						
RH > SH ($p = 1.00$, $d = 0.02$)						

นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 378) = 2.02$, $p = .13$, $\eta_p^2 = .01$ ดังรายละเอียดในตาราง 4.32 ซึ่งประเภทข้อมูลย้อนกลับมีขนาดอิทธิพลต่อคะแนนที่เพิ่มขึ้นระดับต่ำ (Cohen, 1988) โดยมีกราฟค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับดังภาพ 4.26



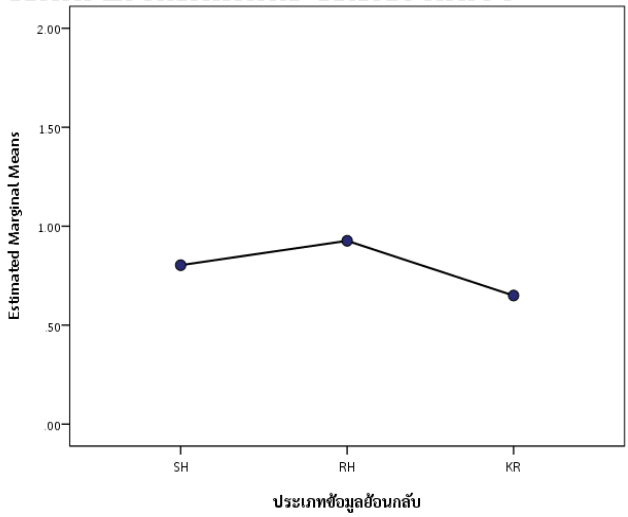
ภาพ 4.25 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ

ตาราง 4.32

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับโดยพิจารณาคะแนนที่เพิ่มขึ้น

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	2	4.89	2.44	2.02	.13	.01
ภายในกลุ่ม	378	457.52	1.21			
รวม	380	462.41				
Levene's test $F(2, 378) = 5.85$, $p = .003$						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.26 ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เพิ่มขึ้นจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ

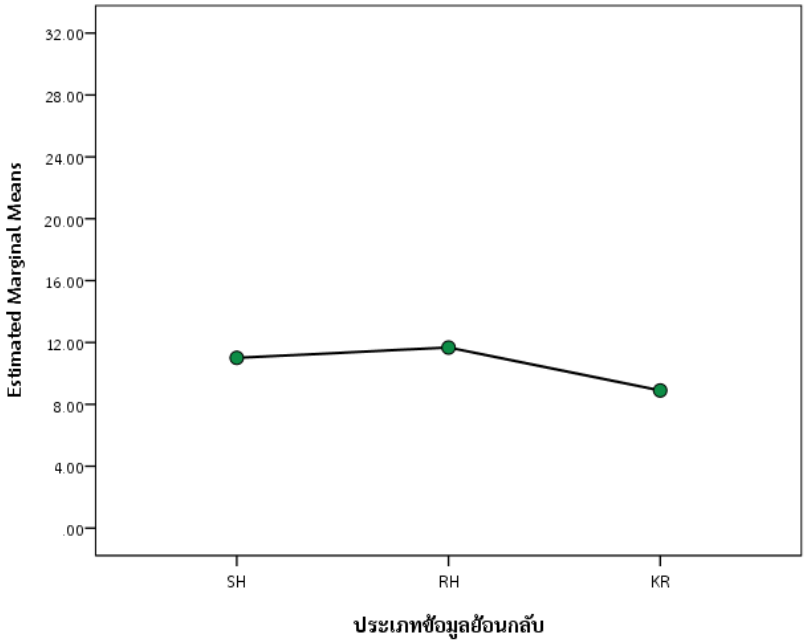
นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 378) = 11.83$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .06$ ซึ่งประเภทข้อมูลย้อนกลับมีขนาดอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับปานกลาง (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell พบว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ($M = 11.00$, $SD = 4.88$) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ($M = 11.68$, $SD = 5.37$) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ($M = 8.90$, $SD = 4.04$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดในตาราง 4.33 โดยมีกราฟค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับดังภาพ 4.27

ตาราง 4.33

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของประเภทข้อมูลย้อนกลับโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	2	539.88	269.94	11.83	< .001	.06
ภายในกลุ่ม	378	8624.08	22.82			
รวม	380	9163.96				
Levene's test $F(2, 378) = 5.12$, $p = .006$						
ผลการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Games-Howell SH > KR ($p < .001$, $d = 0.47$) RH > KR ($p < .001$, $d = 0.59$) RH > SH ($p = .56$, $d = 0.13$)						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.27 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับ

3.2.2 ผลของการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

คำถามการวิจัยข้อที่ 2 *การเปลี่ยนคำตอบรูปแบบใดที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่ากัน*

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียว (one-way MANOVA) โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$H_0 : \boldsymbol{\mu}_{AC1} = \boldsymbol{\mu}_{AC2}$ โดยที่ $\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_{ACH} \\ \mu_{SOLV} \end{bmatrix}$

$H_1 : \boldsymbol{\mu}_{AC1} \neq \boldsymbol{\mu}_{AC2}$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวพบว่า นักเรียนที่มีรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .93, $F(2, 378) = 14.84$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .07$ ดังรายละเอียดในตาราง 4.34 ซึ่งการเปลี่ยนคำตอบมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับปานกลาง (Cohen, 1988) โดยมีผลการวิเคราะห์อิทธิพลของการเปลี่ยนคำตอบต่อตัวแปรตามแต่ละตัวดังรายละเอียดต่อไปนี้

นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 379) = 27.30$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .07$ ซึ่งการเปลี่ยนคำตอบมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับปานกลาง (Cohen, 1988) โดยนักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 4.39$, $SD = 2.40$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 3.13$, $SD = 2.31$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดในตาราง 4.35 โดยมีกราฟค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบดังภาพ 4.28

ตาราง 4.34

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของการเปลี่ยนคำตอบ

อิทธิพล	Wilks' Lambda	*F*	*df*	error *df*	*p*	η_p^2
การเปลี่ยนคำตอบ	.93	14.84	2	378	< .001	.07
Box's M = 10.22, $F(3, 26060048.62) = 3.39$, $p = .02$						

ตาราง 4.35

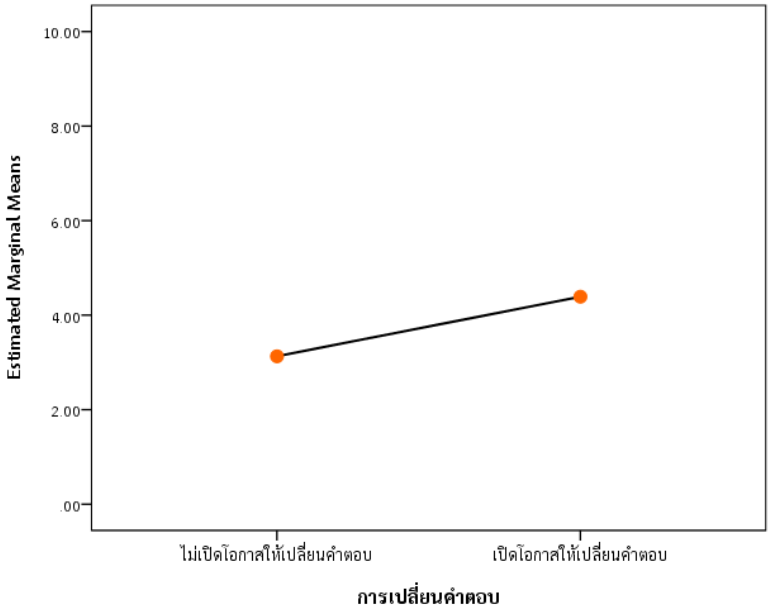
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
การเปลี่ยนคำตอบ	1	151.21	151.21	27.30	< .001	.07
ภายในกลุ่ม	379	2099.28	5.54			
รวม	380	2250.49				
Levene's test $F(1, 379) = 0.16$, $p = .69$						

นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 379) = 8.14$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .02$ ซึ่งการเปลี่ยนคำตอบมีขนาดอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับต่ำ (Cohen, 1988) โดยนักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 11.21$, $SD = 4.93$) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 9.78$, $SD = 4.80$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดในตาราง 4.36 โดยมีกราฟค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบดังภาพ 4.29



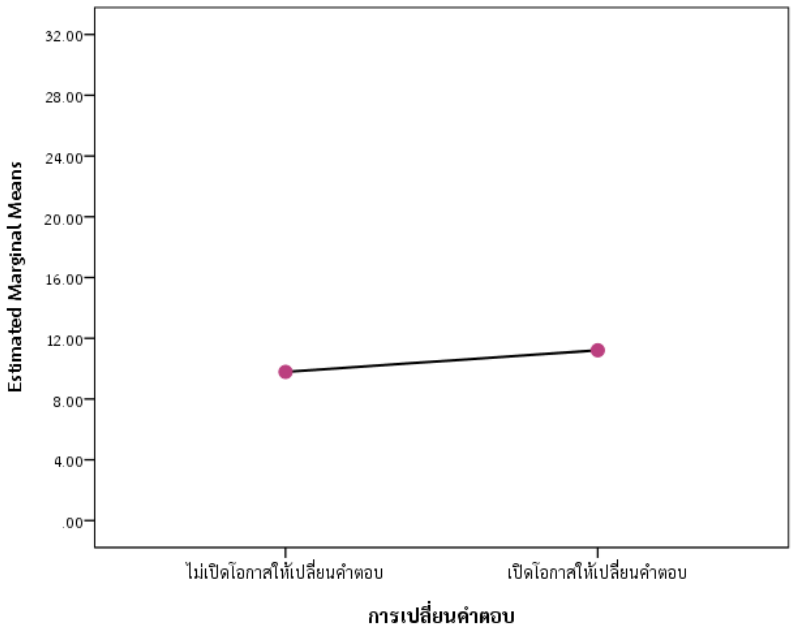
ภาพ 4.28 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ

ตาราง 4.36

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรทางเดียวของการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
การเปลี่ยนคำตอบ	1	192.73	192.73	8.14	.005	.02
ภายในกลุ่ม	379	8971.23	23.67			
รวม	380	51085.25				
Levene's test $F(1, 379) = 0.11$, $p = .75$						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.29 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามการเปลี่ยนคำตอบ

3.2.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

คำถามการวิจัยข้อที่ 3 *มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หรือไม่ อย่างไร*

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 3 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทาง (two-way MANOVA) โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

H_0 : ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

H_1 : มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทางพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, Wilks' Lambda = .98, $F(4, 748) = 1.81$, $p = .13$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับกับการเปลี่ยนคำตอบมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระดับต่ำ (Cohen, 1988) ทั้งนี้อิทธิพลหลักของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .93, $F(4, 748) = 6.54$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับค่อนข้างต่ำ (Cohen, 1988) ส่วนอิทธิพลหลักของ

การเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน Wilks' Lambda = .92, $F(2, 374) = 15.33$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .08$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (Cohen, 1988) ดังรายละเอียดในตาราง 4.37 โดยมีผลการวิเคราะห์อิทธิพลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบต่อตัวแปรตามแต่ละตัว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 4.37

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทางของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

อิทธิพล	Wilks' Lambda	*F*	*df*	error *df*	*p*	η_p^2
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	.93	6.54	4	748	< .001	.03
การเปลี่ยนคำตอบ	.92	15.33	2	374	< .001	.08
ปฏิสัมพันธ์	.98	1.81	4	748	.13	.01
Box's M = 83.19, $F(15, 756670.49) = 5.47$, $p < .001$						

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(2, 375) = 2.70$, $p = .07$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) ทั้งนี้อิทธิพลหลักของประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 375) = 8.52$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .04$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ($M = 4.08$, $SD = 2.43$) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ($M = 4.13$, $SD = 2.51$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ($M = 3.10$, $SD = 2.24$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากพิจารณาอิทธิพลหลักของการเปลี่ยนคำตอบพบว่า การเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 375) = 29.64$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .07$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (Cohen,

1988) นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (*M* = 4.39, *SD* = 2.40) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (*M* = 3.13, *SD* = 2.31) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดในตาราง 4.38 โดยมีกราฟค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบดังภาพ 4.30

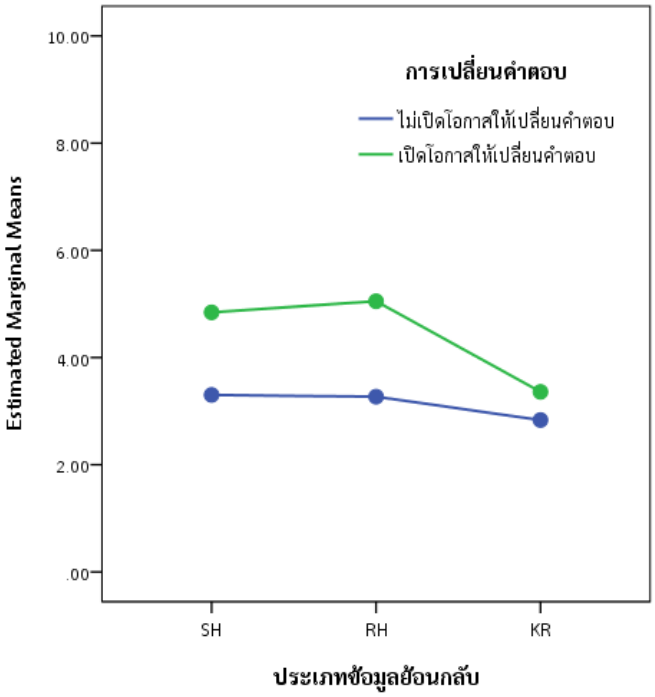
ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 375) = 3.30$, $p = .04$, $\eta_p^2 = .02$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) จากการพิจารณากราฟค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ (ภาพ 4.31) สรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงเมื่อเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่าการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระหว่างการเปิดโอกาสและไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน

ตาราง 4.38

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทางของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	2	90.04	45.02	8.52	< .001	.04
การเปลี่ยนคำตอบ	1	156.62	156.62	29.64	<.001	.07
ปฏิสัมพันธ์	2	28.55	14.27	2.70	.07	.01
ภายในกลุ่ม	375	1981.40	5.28			
รวม	380	2250.49				
Levene's test $F(5, 375) = 1.13$, $p = .35$						
ผลการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni						
SH > KR ($p = .002$, $d = 0.42$)						
RH > KR ($p = .001$, $d = 0.43$)						
RH > SH ($p = 1.00$, $d = 0.02$)						

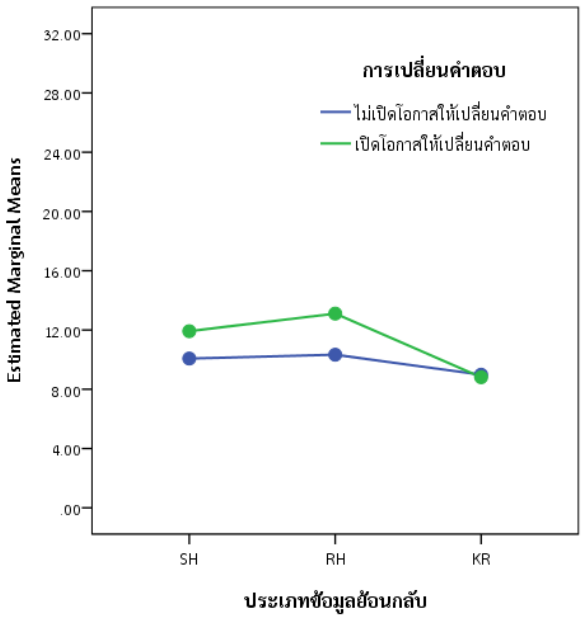
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.30 ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

อิทธิพลหลักของประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 375) = 12.50$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .06$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ($M = 11.00$, $SD = 4.88$) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ($M = 11.68$, $SD = 5.37$) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ($M = 8.90$, $SD = 4.04$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากพิจารณาอิทธิพลหลักของการเปลี่ยนคำตอบพบว่า การเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 375) = 9.49$, $p = .002$, $\eta_p^2 = .03$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับค่อนข้างต่ำ (Cohen, 1988) นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 11.21$, $SD = 4.93$) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 9.78$, $SD = 4.80$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดในตาราง 4.39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 4.31 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

ตาราง 4.39

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสองทางของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
ประเภทข้อมูลย้อนกลับ	2	552.12	276.06	12.50	< .001	.06
การเปลี่ยนคำตอบ	1	209.56	209.56	9.49	.002	.03
ปฏิสัมพันธ์	2	145.79	72.89	3.30	.04	.02
ภายในกลุ่ม	375	8279.44	22.08			
รวม	380	9163.96				
Levene's test $F(5, 375) = 1.31$, $p = .26$						
ผลการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni						
SH > KR ($p = .001$, $d = 0.47$)						
RH > KR ($p < .001$, $d = 0.59$)						
RH > SH ($p = .78$, $d = 0.13$)						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.4 ผลของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้สุ่มนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองทั้ง 6 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง ปานกลาง และต่ำใกล้เคียงกัน อีกทั้งการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับ นักวิจัยส่วนมากศึกษาร่วมกับระดับความสามารถของนักเรียน ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมโดยนำระดับความสามารถของนักเรียนมาวิเคราะห์เป็นตัวแปรต้นอีก 1 ตัวแปร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทาง (three-way MANOVA) นั่นคือ มีตัวแปรต้น 3 ตัวแปร ได้แก่ ระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบ โดยมีตัวแปรตาม 2 ตัวแปร ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

1) อิทธิพลหลักของระดับความสามารถ

$H_0 : \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{High}} = \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{Moderate}} = \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{Low}}$ โดยที่ $\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_{ACH} \\ \mu_{SOLV} \end{bmatrix}$

H_1 : มีเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามอย่างน้อย 1 กลุ่ม แตกต่างจากกลุ่มอื่น

2) อิทธิพลหลักของประเภทข้อมูลย้อนกลับ

$H_0 : \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{SH}} = \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{RH}} = \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{KR}}$ โดยที่ $\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_{ACH} \\ \mu_{SOLV} \end{bmatrix}$

H_1 : มีเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามอย่างน้อย 1 กลุ่ม แตกต่างจากกลุ่มอื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) อิทธิพลหลักของการเปลี่ยนคำตอบ

$H_0 : \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{AC1}} = \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{AC2}}$ โดยที่ $\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_{ACH} \\ \mu_{SOLV} \end{bmatrix}$

$H_1 : \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{AC1}} \neq \boldsymbol{\mu}_{\mathbf{AC2}}$

4) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถและประเภทข้อมูลย้อนกลับ

H_0 : ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถและประเภทข้อมูลย้อนกลับ

H_1 : มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถและประเภทข้อมูลย้อนกลับ

5) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถและการเปลี่ยนคำตอบ

H_0 : ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถและการเปลี่ยนคำตอบ

H_1 : มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถและการเปลี่ยนคำตอบ

6) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

H_0 : ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

H_1 : มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ

7) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบ

H_0 : ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบ

H_1 : มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทางพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, Wilks' Lambda = .97, $F(8, 724) = 1.20$, $p = .30$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งปฏิสัมพันธ์มีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) อีกทั้งไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ และประเภทข้อมูลย้อนกลับที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, Wilks' Lambda = .99, $F(8, 724) = 0.61$, $p = .77$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งปฏิสัมพันธ์มีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถและการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, Wilks' Lambda = .99, $F(4, 724) = 1.41$, $p = .23$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งปฏิสัมพันธ์มีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) อย่างไรก็ตาม มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .96, $F(4, 724) = 3.90$, $p = .004$, $\eta_p^2 = .02$ ซึ่งปฏิสัมพันธ์มีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) ดังรายละเอียดในตาราง 4.40

อิทธิพลหลักของระดับความสามารถส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .35, $F(4, 724) = 125.23$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .41$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับสูงมาก (Cohen, 1988) ส่วนอิทธิพลหลักของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .83, $F(4, 724) = 18.19$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .09$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (Cohen, 1988) อีกทั้งอิทธิพลหลักของการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน Wilks' Lambda = .82, $F(2, 362) = 39.59$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .18$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับสูง (Cohen, 1988) นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบต่อตัวแปรตามแต่ละตัวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง 4.40

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทางของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบ

อิทธิพล	Wilks' Lambda	*F*	*df*	error *df*	*p*	η_p^2
ABILITY	.35	125.23	4	724	< .001	.41
FB	.83	18.19	4	724	< .001	.09
ANSCH	.82	39.59	2	362	< .001	.18
ABILITY * FB	.99	0.61	8	724	.77	.01
ABILITY * ANSCH	.99	1.41	4	724	.23	.01
FB * ANSCH	.96	3.90	4	724	.004	.02
ABILITY * FB * ANSCH	.97	1.20	8	724	.30	.01
Box's M = 158.57, $F(51, 164576.68) = 2.99$, $p < .001$						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(4, 363) = 1.54$, $p = .19$, $\eta_p^2 = .02$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) อีกทั้งไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ และประเภทข้อมูลย้อนกลับที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(4, 363) = 0.50$, $p = .74$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ และการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(2, 363) = 2.48$, $p = .09$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) อย่างไรก็ตาม มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 363) = 6.25$, $p = .002$, $\eta_p^2 = .03$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับค่อนข้างต่ำ (Cohen, 1988) ดังรายละเอียดในตาราง 4.41 จากการพิจารณากราฟ

ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ (ภาพ 4.30) สรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงเมื่อเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบซึ่งมีอัตราเพิ่มขึ้นสูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ

ตาราง 4.41

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทางของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
ABILITY	2	1230.77	615.39	309.46	< .001	.63
FB	2	114.23	57.12	28.72	< .001	.14
ANSCH	1	157.73	157.73	79.32	< .001	.18
ABILITY * FB	4	3.94	0.99	0.50	.74	.01
ABILITY * ANSCH	2	9.84	4.92	2.48	.09	.01
FB * ANSCH	2	24.85	12.42	6.25	.002	.03
ABILITY * FB * ANSCH	4	12.22	3.06	1.54	.19	.02
within group	363	721.85	1.99			
total	380	2250.49				
Levene's test $F(17, 363) = 3.20$, $p < .001$						
ผลการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni						
ระดับความสามารถ				ประเภทข้อมูลย้อนกลับ		
สูง > กลาง ($p < .001$, $d = 1.38$)				SH > KR ($p < .001$, $d = 0.42$)		
สูง > ต่ำ ($p < .001$, $d = 2.66$)				RH > KR ($p < .001$, $d = 0.43$)		
กลาง > ต่ำ ($p < .001$, $d = 1.25$)				RH > SH ($p = 1.00$, $d = 0.02$)		

อิทธิพลหลักของระดับความสามารถส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 363) = 309.46$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .63$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับสูงมาก (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง ($M = 6.05$, $SD = 1.66$) และปานกลาง ($M = 3.73$, $SD = 1.69$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ ($M = 1.65$, $SD = 1.64$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้ง

นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลหลักของประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 363) = 28.72$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .14$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับสูง (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ($M = 4.08$, $SD = 2.43$) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ($M = 4.13$, $SD = 2.51$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ($M = 3.10$, $SD = 2.24$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลหลักของการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 363) = 79.32$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .18$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับสูง (Cohen, 1988) นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 4.39$, $SD = 2.40$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 3.13$, $SD = 2.31$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(4, 363) = 0.82$, $p = .51$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) อีกทั้งไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ และประเภทข้อมูลย้อนกลับที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(4, 363) = 0.34$, $p = .85$, $\eta_p^2 = .004$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำมาก (Cohen, 1988) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ และการเปลี่ยนคำตอบที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(2,363) = 1.29$, $p = .28$, $\eta_p^2 = .01$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) อย่างไรก็ตาม มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับ และการเปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 363) = 4.90$, $p = .008$, $\eta_p^2 = .03$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen, 1988) ดังรายละเอียดในตาราง 4.42 จากการพิจารณากราฟค่าเฉลี่ยของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำแนก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตามประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ (ภาพ 4.31) สรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงเมื่อเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่าการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระหว่างการเปิดโอกาสและไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน

ตาราง 4.42

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรสามทางของระดับความสามารถ ประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบโดยพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*	η_p^2
ABILITY	2	3430.27	1715.14	131.90	< .001	.42
FB	2	649.68	324.84	24.98	< .001	.12
ANSCH	1	210.58	210.58	16.20	< .001	.04
ABILITY * FB	4	17.42	4.35	0.34	.85	.004
ABILITY * ANSCH	2	33.50	16.75	1.29	.28	.01
FB * ANSCH	2	127.48	63.74	4.90	.008	.03
ABILITY * FB * ANSCH	4	42.73	10.68	0.82	.51	.01
within group	363	4720.07	13.00			
total	380	9163.96				
Levene's test $F(17, 363) = 2.50$, $p < .001$						
ผลการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni						
ระดับความสามารถ				ประเภทข้อมูลย้อนกลับ		
สูง > กลาง ($p < .001$, $d = 0.71$)				SH > KR ($p < .001$, $d = 0.47$)		
สูง > ต่ำ ($p < .001$, $d = 1.87$)				RH > KR ($p < .001$, $d = 0.59$)		
กลาง > ต่ำ ($p < .001$, $d = 1.15$)				RH > SH ($p = .43$, $d = 0.13$)		

อิทธิพลหลักของระดับความสามารถส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 363) = 131.90$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .42$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับสูงมาก (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง ($M = 13.95$, $SD = 4.12$) และปานกลาง ($M = 11.07$, $SD = 3.98$) มีความสามารถ

ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ (M = 6.69, SD = 3.64) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลหลักของประเภทข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 363) = 24.98$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .12$ โดยมีขนาดอิทธิพลระดับค่อนข้างสูง (Cohen, 1988) จากการเปรียบเทียบภายหลังด้วยวิธี Bonferroni พบว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (M = 11.00, SD = 4.88) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (M = 11.68, SD = 5.37) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (M = 8.90, SD = 4.04) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลหลักของการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 363) = 16.20$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .04$ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ (Cohen, 1988) นั่นคือ นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (M = 11.21, SD = 4.93) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ (M = 9.78, SD = 4.80) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ สามารถสรุปได้ 3 ประเด็น ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับ การเปลี่ยนคำตอบ และความชอบเกี่ยวกับการทดสอบ

3.3.1 ข้อมูลย้อนกลับ

นักเรียนที่ได้รับการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับมีความคิดเห็นว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งที่มีประโยชน์เนื่องจากได้ทราบว่าคำตอบของตนเองเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด พร้อมทั้งได้รับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ นั่นคือ ทราบว่าโจทย์ปัญหาข้อดังกล่าวมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างไร ควรใช้สูตรใด รวมทั้งได้นำสารสนเทศที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับ

มาคิดทบทวนการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง และช่วยให้ระลึกความรู้ที่ครูสอนได้มากยิ่งขึ้นเนื่องจากบางครั้งอาจจะลืมเนื้อหาบางส่วนระหว่างการทดสอบ ทำให้มีโอกาสตอบคำถามถูกต้องมากกว่าการทดสอบที่ไม่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ นอกจากนี้ยังสามารถนำสารสนเทศที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ข้ออื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้ ส่วนนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับในการทดสอบมีความประสงค์ที่จะได้รับข้อมูลย้อนกลับเพื่อจะได้นำสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังตัวอย่างข้อมูลการสัมภาษณ์ดังนี้

“ทำผิดแล้วมันจะมีวิธีทำให้ แล้วก็สามารถทำผิดรอบหนึ่ง แล้วเราก็ไปดูวิธีการทำ แล้วเราก็มีโอกาสตอบถูก”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง รูปแบบการทดสอบที่ 2)

“ทำให้เราทบทวนได้ สิ่งที่เราทำใช่แบบนี้ไหม ถ้าไม่ใช่ เราก็ทำให้มันตามเขาไปก่อน แล้วก็คิดเลข”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง รูปแบบการทดสอบที่ 4)

“มีคำอธิบายตอนตอบผิด บางทีเอาไปใช้ในส่วนหลังได้เพราะโจทย์คล้ายๆ กัน”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง รูปแบบการทดสอบที่ 1)

3.3.2 การเปลี่ยนคำตอบ

นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีความคิดเห็นว่าการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบช่วยลดความตึงเครียดในการทดสอบ เนื่องจากมีโอกาสคำถามได้หลายครั้ง กล่าวคือ เมื่อตอบคำถามผิด ยังมีโอกาสได้คิดทบทวนคำตอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองจึงทำให้มีโอกาสตอบคำถามได้ถูกต้องมากกว่าการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ซึ่งการทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจะเพิ่มความเครียดในการทดสอบ เนื่องจากไม่มีโอกาสได้แก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองและไม่ทราบว่าคำตอบที่คิดใหม่นั้นถูกหรือผิด ดังตัวอย่างข้อมูลการสัมภาษณ์ดังนี้

“ไม่มีโอกาสได้แก้ตัว อยากให้มีคำใบ้แบบรูปแบบอื่น ผิดแล้วแก้ได้ เพราะผิดแล้วแก้ได้ จะทำให้เครียดลดลง”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง รูปแบบการทดสอบที่ 5)

“น่าจะมีการให้หนูแก้ได้อีกรอบหนึ่ง อย่างน้อยก็จะได้รู้ว่าคำตอบที่ทำอีกรอบมันถูกหรือผิด”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง รูปแบบการทดสอบที่ 1)

“มันทำให้เราแก้ได้หลายรอบ คือ รอบที่ 1 เราผิด เราก็แก้ได้ ถ้าแก้ไปจนครบ 4 ครั้ง ไม่ได้ ก็ได้ 0”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง รูปแบบการทดสอบที่ 6)

3.3.3 ความชอบเกี่ยวกับการทดสอบ

นักเรียนส่วนใหญ่ชอบการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบมากกว่าการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ เนื่องจากมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทราบผลการตอบคำถามทันที มีโอกาสแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองหลังจากตอบคำถามผิด และมีโอกาสตอบคำถามได้ถูกต้องมากกว่าการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบ แต่อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนจำนวน 1 คน ที่ชอบการทดสอบโดยใช้การเขียนตอบมากกว่าการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบ ซึ่งนักเรียนมองในประเด็นการให้คะแนน กล่าวคือ การทดสอบโดยใช้การเขียนตอบมีโอกาสได้คะแนนสอบมากกว่า เนื่องจากมีการให้คะแนนการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอน ดังตัวอย่างข้อมูลการสัมภาษณ์ดังนี้

“เพราะมีไกด์มาให้ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ทำได้มากกว่า และตอบได้หลายครั้ง ถ้าคิดเลขผิด มีโอกาสได้แก้ตัวและหาคำตอบได้”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำ รูปแบบการทดสอบที่ 2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

“ชอบคอมมากกว่า เพราะรู้สึกง่ายกว่า ทำผิดทำใหม่ได้ คือได้แก้คำตอบใหม่ได้ พอตอบแล้วได้รู้คะแนนเลย ทำให้ต้องตั้งใจในการทำข้อสอบ”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับสูง รูปแบบการทดสอบที่ 4)

“ชอบแบบนี้มากกว่า เพราะในกระดาษตอบได้ครั้งเดียว แต่แบบนี้ตอบได้ 4 ครั้ง ชอบตรงที่มันมีวิธีทำคะ ทำให้มีโอกาสตอบถูกมากกว่าในกระดาษเพราะเราอาจจะลืมอะไรไปบ้าง ช่วยเตือนในสิ่งที่พลาดได้”

(นักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง รูปแบบการทดสอบที่ 2)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ซึ่งมีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำโดยได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบและได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบเมื่อทำแบบสอบแบบเติมคำ และ (3) เพื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ทำแบบสอบแบบเติมคำ

สมมติฐานการวิจัยมี 3 ข้อ ได้แก่ (1) นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงน่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (2) นักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบน่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ และ (3) น่าจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

ประชากรวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 36,272 คน โดยมีตัวอย่างวิจัยจำนวน 381 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน

เครื่องมือวิจัยมี 3 ประเภท ได้แก่ (1) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน มีลักษณะเป็นแบบสอบแบบเติมคำทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ 3 ประเภท จำนวน 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานกัน (2) แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ มีลักษณะเป็นแบบสอบแบบความเรียงจำกัดคำตอบโดยให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบของโจทย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัญหาเรื่องงานและพลังงานอย่างละเอียด จำนวน 2 ฉบับ ที่มีความเป็นคู่ขนานกัน และ (3) แบบสอบถามเกี่ยวกับโปรแกรมการทดสอบและข้อมูลย้อนกลับ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 4 ระดับ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ โปรแกรมการทดสอบ และข้อมูลย้อนกลับ

การวิจัยนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ 3 × 2 แฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ โดยเก็บข้อมูลจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งมีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ กล่าวคือ การเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นเวลา 25 นาที จากนั้นจึงให้นักเรียนตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบ เป็นเวลา 75 นาที หลังจากนั้น 2 สัปดาห์ จึงเก็บข้อมูลครั้งที่ 2 โดยให้นักเรียนตอบคำถามในโปรแกรมการทดสอบซึ่งมีความเป็นคู่ขนานกับแบบสอบที่ใช้ในการทดสอบครั้งที่ 1 เป็นเวลา 75 นาที จากนั้นจึงให้นักเรียนทำแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ซึ่งมีความเป็นคู่ขนานกับแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ใช้ในการทดสอบครั้งที่ 1 เป็นเวลา 25 นาที

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย สถิติทดสอบทีสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for independent samples) สถิติทดสอบทีสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่มีความสัมพันธ์กัน (t-test for dependent samples) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA)

สรุปผลการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ (1) ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (2) ผลของการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และ (3) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งผลการวิจัยแต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks'

Lambda = .93, $F(6, 752) = 4.37$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$ โดยมีผลการวิเคราะห์จำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังนี้

1.1 นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 378) = 7.67$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .04$ โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ($M = 4.08$, $SD = 2.43$) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ($M = 4.13$, $SD = 2.51$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ($M = 3.10$, $SD = 2.24$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 378) = 2.02$, $p = .13$, $\eta_p^2 = .01$

1.3 นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับต่างกันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 378) = 11.83$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .06$ โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ($M = 11.00$, $SD = 4.88$) และได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ($M = 11.68$, $SD = 5.37$) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ($M = 8.90$, $SD = 4.04$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดี นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ผลของการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

นักเรียนที่มีรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .93, $F(2, 378) = 14.84$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .07$ โดยมีผลการวิเคราะห์จำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังนี้

2.1 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 379) = 27.30$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .07$ โดยนักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 4.39$, $SD = 2.40$) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 3.13$, $SD = 2.31$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบต่างกันมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(1, 379) = 8.14$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .02$ โดยนักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 11.21$, $SD = 4.93$) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ($M = 9.78$, $SD = 4.80$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ผลการวิเคราะห์พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับกับการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, Wilks' Lambda = .98, $F(4, 748) = 1.81$, $p = .13$, $\eta_p^2 = .01$ อย่างไรก็ตาม อิทธิพลหลักของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีผลการวิเคราะห์จำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1 ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05, $F(2, 375) = 2.70$, $p = .07$, $\eta_p^2 = .01$

3.2 มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $F(2, 375) = 3.30$, $p = .04$, $\eta_p^2 = .02$ โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงเมื่อเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่าการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระหว่างการเปิดโอกาสและไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยแบ่งเป็น 3 ประเด็น จำแนกตามคำถามการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงให้สารสนเทศแก่นักเรียนมากกว่า ทำให้นักเรียนทราบข้อผิดพลาด รวมทั้งแนวทางในการคำนวณเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องของโจทย์ปัญหา และยังช่วยลดความวิตกกังวลในการสอบ (Brookhart, 2008; Hattie & Timperley, 2007) นักเรียนจึงนำสารสนเทศที่ได้รับไปปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำได้รับสารสนเทศไม่เพียงพอต่อการปรับปรุงข้อผิดพลาดของตนเอง จึงทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อภิมานของ van der Kleij, Feskens และ Eggen (2015) ที่พบว่าข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ จึงถือได้ว่าข้อมูลย้อนกลับทั้งสองประเภทเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพ

นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ แต่ผลการวิจัยสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Johnson, Reisslein และ Reisslein (2015) ที่พบว่าการลดข้อมูลย้อนกลับทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกับการให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้หากเพิ่มจำนวนครั้งของสิ่งทดลองแก่ตัวอย่างวิจัยอาจจะทำให้เห็นผลของข้อมูลย้อนกลับทั้งสองประเภทต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ชัดเจนขึ้น หรือประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับคงที่ และการลดข้อมูลย้อนกลับอาจขึ้นอยู่

กับระดับของตัวแปรอื่น เช่น พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ข้อสอบมุ่งวัด ความยากของข้อสอบ เนื้อหารายวิชา และเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ

นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับทั้ง 3 ประเภท มีโอกาสได้แก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองหลังจากตอบคำถามผิด จึงนำสารสนเทศที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับมาปรับปรุงข้อผิดพลาดของตนเอง ทำให้มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงให้สารสนเทศแก่นักเรียนมากกว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ จึงน่าจะทำให้นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับทั้ง 2 ประเภท มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นมากกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่ค่อนข้างยาก จึงทำให้นักเรียนมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นไม่มากเท่าที่ควร ทำให้การทดสอบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักเรียนจะมีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังการเปลี่ยนคำตอบสำหรับข้อสอบง่ายมากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลางและยาก (Al-Hamly & Coombe, 2005; Beck, 1978; Jacobs, 1971; Prinsell, Ramsey, & Ramsey, 1994)

การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยทั่วไปเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับคงที่ แต่การให้ข้อมูลย้อนกลับลดลงมีแนวโน้มที่จะส่งผลดีต่อการเรียนรู้ของนักเรียนมากกว่า เนื่องจากการลดข้อมูลย้อนกลับช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการถ่ายโอนความรู้ที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับ และมีความคงทนของสารสนเทศที่ได้รับ กล่าวคือ ในช่วงแรกของการทำแบบสอบ นักเรียนจะได้รับสารสนเทศจำนวนมากจากข้อมูลย้อนกลับสำหรับใช้ในการแก้ไขข้อผิดพลาดของตน ทำให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น ส่วนการทำแบบสอบในช่วงหลังนักเรียนจะได้รับสารสนเทศจากข้อมูลย้อนกลับน้อยลง นักเรียนจึงต้องนำสารสนเทศที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับในช่วงแรกมาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนจดจำสารสนเทศดังกล่าวไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับได้ ซึ่งแตกต่างจากการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนจำนวนมาก จะทำให้นักเรียนมีความพยายามในการค้นหาข้อผิดพลาดของตนเองลดลง และมีแนวโน้มที่จะแก้โจทย์ปัญหาไม่ได้เมื่อไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ (Butki & Hoffman, 2003; Goodman & Wood, 2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ผลของการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนคำตอบตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน นั่นคือ การเปลี่ยนคำตอบส่งผลดีต่อคะแนนสอบไม่ว่าจะเป็นการทดสอบในรูปแบบใดก็ตาม เนื่องจากนักเรียนมีรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากที่สุด จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ (Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Liu et al., 2015) สาเหตุของการเปลี่ยนคำตอบที่ทำให้นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบมากที่สุด ได้แก่ การจำข้อมูลได้เพิ่มขึ้นระหว่างการทำแบบสอบ รองลงมา คือ การเปลี่ยนคำตอบเนื่องจากการอ่านทบทวนคำตอบ และการตอบคำถามไม่ตรงกับข้อสอบที่ต้องการตอบ ตามลำดับ โดยสาเหตุที่ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เปลี่ยนคำตอบ คือ การคิดทบทวนคำตอบ และการอ่านทบทวนคำตอบ (Cox-Davenport, Haynes, & Lawson, 2013; Harvill & Davis, 1997) ผลการศึกษาครั้งนี้ก็สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา โดยนักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ เนื่องจากเมื่อตอบคำถามครั้งแรกผิด นักเรียนจึงนำสารสนเทศที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับมาพิจารณาข้อผิดพลาดของตนเอง ทำให้ได้ข้อมูลเพิ่มขึ้นสำหรับใช้ในการคิดทบทวนวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง จึงทำให้แก้โจทย์ปัญหาถูกต้องและได้รับคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ เนื่องจากนักเรียนที่ได้รับโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบได้อ่านข้อมูลย้อนกลับหลายครั้งซึ่งมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จึงทำให้นักเรียนจดจำขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ถูกต้องได้ดีกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ อีกทั้งยังได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากข้อมูลย้อนกลับจึงทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่า (อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม, 2555) เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ถูกต้อง จะทำให้นักเรียนวิเคราะห์โจทย์ปัญหาบนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ และดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาโดยแก้สมการทางคณิตศาสตร์ มากกว่าการพยายามที่จะลองแทนค่าปริมาณที่โจทย์กำหนดให้ในสูตรเพื่อให้ได้คำตอบ (Selçuk, Çalişkan, & Erol,

2008) ส่งผลให้นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ

ถึงแม้ว่าผลการศึกษาจะพบว่าการเปลี่ยนคำตอบส่งผลดีต่อคะแนนสอบ นักเรียนส่วนใหญ่ยังเชื่อว่าหลังการเปลี่ยนคำตอบจะทำให้คะแนนสอบลดลงเนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์การเปลี่ยนคำตอบในแง่ลบซึ่งเปลี่ยนจากคำตอบที่ถูกเป็นคำตอบที่ผิด จึงเกิดความเชื่อว่าการเปลี่ยนคำตอบส่งผลให้คะแนนสอบลดลง (Cox-Davenport, Haynes, & Lawson, 2013) ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีเจตคติในแง่ลบต่อการเปลี่ยนคำตอบ คือ ครูผู้สอน โดยครูผู้สอนส่วนมากมีเจตคติในแง่ลบต่อการเปลี่ยนคำตอบและให้คำแนะนำแก่นักเรียนว่าไม่ควรเปลี่ยนคำตอบหากเกิดข้อสงสัยในคำตอบเดิม เพราะคำตอบแรกมาจากสัญชาตญาณซึ่งมีโอกาสถูกต้องสูง (Ahmadi, 2011) ดังนั้นครูผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหากไม่แน่ใจในคำตอบเดิม พร้อมทั้งสร้างเจตคติที่ดีต่อการเปลี่ยนคำตอบให้แก่นักเรียน

3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

จากผลการวิจัยที่พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้อาจเนื่องมาจากการเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบจะทำให้นักเรียนพยายามค้นหาข้อผิดพลาดของตนเอง และมีโอกาสแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวได้ถูกต้องไม่ว่าจะให้ข้อมูลย้อนกลับประเภทใดแก่นักเรียน ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจึงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ดังผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนที่เปลี่ยนคำตอบส่วนใหญ่มีคะแนนสอบเพิ่มขึ้นหลังจากการเปลี่ยนคำตอบ (Al-Hamly & Coombe, 2005; Benjamin, Cavell, & Shallenberger, 1984; Waddell & Blankenship, 1994) อีกทั้งการเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามครั้งที่ 2 หลังจากตอบคำถามครั้งแรกผิดพบว่า นักเรียนมีจำนวนข้อสอบที่เปลี่ยนจากคำตอบที่ผิดเป็นคำตอบที่ถูกมากกว่าจำนวนข้อสอบที่เดาถูกอย่างสุ่ม (Merrel et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าเมื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบได้ 2 ครั้ง หลังการตอบคำถามครั้งที่ 2 นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการตอบคำถามครั้งที่ 1 และหลังการตอบคำถามครั้งที่ 3 นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการตอบคำถามครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Attali & Powers, 2010; Attali, 2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการวิจัยที่พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงเมื่อเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่าการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระหว่างการเปิดโอกาสและไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ เนื่องจากข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับให้คำชี้แนะลดลงให้รายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และเมื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบ นักเรียนจะมีโอกาสฝึกการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลายครั้งจึงทำให้นักเรียนมีการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และมีประสบการณ์มากขึ้นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาที่ต่างไปจากเดิม ดังขั้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ตามโมเดล 5 ขั้น ของ Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan (Shute, 2007) จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ซึ่งแตกต่างกับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำที่บอกให้นักเรียนทราบแต่เพียงว่าคำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด ไม่ว่าจะเปิดโอกาสหรือไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบก็ไม่ได้ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนได้รับสารสนเทศไม่เพียงพอต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการการะทำเมื่อเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบและไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจึงมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ครูผู้สอนจึงควรให้ข้อมูล

ย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ หรือข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงแก่นักเรียน เนื่องจากเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพทั้งสองประเภท

2. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ครูผู้สอนจึงควรส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบหากไม่แน่ใจในคำตอบเดิม เพราะการเปลี่ยนคำตอบจะทำให้นักเรียนมีโอกาสที่จะได้รับคะแนนสอบเพิ่มขึ้นมากกว่าคะแนนสอบลดลง

3. จากผลการวิจัยที่พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลงเมื่อเปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบจะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากกว่าการไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบ ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ระหว่างการเปิดโอกาสและไม่เปิดโอกาสให้เปลี่ยนคำตอบไม่แตกต่างกัน ครูผู้สอนจึงควรออกแบบการให้ข้อมูลข้อมูลย้อนกลับ และกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนคำตอบโดยให้ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ หรือข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนคำตอบเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้ศึกษากับวิชาด้านการคำนวณ จึงควรศึกษากับวิชาด้านภาษา เช่น ภาษาไทย ภาษาต่างประเทศ หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับทักษะพิสัย เนื่องจากข้อมูลย้อนกลับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันในแต่ละรายวิชา กล่าวคือ ขนาดอิทธิพลของข้อมูลย้อนกลับต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง ส่วนวิชาสังคมศาสตร์ และวิชาวิทยาศาสตร์มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง และวิชาที่เกี่ยวข้องกับภาษามีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (van der Kleij, Feskens, & Eggen, 2015)

2. การวิจัยครั้งนี้ให้สิ่งทดลองแก่นักเรียนจำนวน 2 ครั้ง โดยมีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ ซึ่งอาจจะมีระยะเวลาที่สั้นจนเกินไป ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของข้อมูล

ย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง จึงควรมีการศึกษาในระยะยาว เช่น ตลอดภาคการศึกษา

3. ประสิทธิภาพของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง อาจขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่น จึงควรศึกษาร่วมกับตัวแปรอื่น เช่น พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ข้อสอบมุ่งวัด ความยากของข้อสอบ และเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ

4. การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับในการทดสอบ จึงควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับในการทำแบบฝึกหัด หรืองานที่นักเรียนได้รับมอบหมาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กานดา ทองวัฒนะ. (2522). การเปลี่ยนคำตอบในการทำข้อสอบชนิดเลือกตอบ. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ขวัญใจ อุตราภรณ์. (2528). การเปลี่ยนคำตอบในการสอบซ้ำของแบบสอบเลือกตอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ. (2556). การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทวนคำตอบในข้อสอบแบบหลายตัวเลือกที่มีการเรียงลำดับข้อสอบ ระยะเวลาในการสอบและระดับความสามารถของผู้สอบที่แตกต่างกัน. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูศรี วงศ์รัตนะ และองอาจ นัยพัฒน์. (2551). แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองและสถิติวิเคราะห์: แนวคิดพื้นฐานและวิธีการ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โชติกา ภาษีผล. (2554). การสร้างและการพัฒนาเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2551). การวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นฤมล ฉิมงาม. (2558). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยาผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

นฤมล แสงพรหม. (2547). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วนและทศนิยม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีผลป้อนกลับแบบเฉลยคำตอบกับแบบอธิบายคำตอบ (การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นิพนธ์ นิลคง. (2541). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กรุงเทพมหานคร. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประณาท เทียนศรี. (2545). ปัจจัยและผลการเปลี่ยนคำตอบข้อสอบปรนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผ่าน บาลโพธิ์. (2539). การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนภาษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรศรี ลีทวีกุลสมบูรณ์. (2539). การเลือกรับผลป้อนกลับในบทเรียนคอมพิเวตอร์ช่วยสอน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์สิริ เธียรนรเศรษฐ์. (2549). การเปรียบเทียบความสามารถ ลักษณะของการเปลี่ยนคำตอบ และเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบของผู้สอบในการทดสอบแบบปรับเหมาะกับความสามารถของผู้สอบด้วยคอมพิวเตอร์เมื่อเงื่อนไขการทดสอบและระดับความสามารถของผู้สอบแตกต่างกัน. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันวิสาข์ ภักดี. (2557). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ SSCS ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (การศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สามารถ แก้วแรมเรือน. (2552). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลป้อนกลับแบบให้ทราบผลการตอบกับแบบให้รายละเอียด. (ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารการศึกษา เข้าถึงได้จาก http://data.bopp-obec.info/emis/

เสฏฐวุฒิ มุลอามาตย์. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้ชุดการเรียนตามแนวอริยสัจ 4. (การศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม (2555). ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Afolabi, E. (2007). Effects of test format, self concept and anxiety on item response changing behaviour. *Educational Research and Reviews,* 2(9), 255-258.

Ahmadi, A. (2011). A Study of Answer Changing Behavior in MC Tests: The Effect of the Academic Course, Field of Study, Gender and Teachers' Attitude. *Iranian Journal of Applied Language Studies,* 3(2), 1-26.

Al-Hamly, M., & Coombe, C. (2005). To change or not to change: Investigating the value of MCQ answer changing for Gulf Arab students. *Language Testing,* 22(4), 509-531.

Attali, Y. (2011). Immediate feedback and opportunity to revise answers: Application of a Graded Response IRT Model. *Applied Psychological Measurement,* 35(6), 472-479.

Attali, Y. (2015). Effects of multiple-try feedback and question type during mathematics problem solving on performance in similar problems. *Computers & Education,* 86, 260-267.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Attali, Y., Laitusis, C., & Stone, E. (2016). Differences in reaction to immediate feedback and opportunity to revise answers for multiple-choice and open-ended questions. *Educational and Psychological Measurement,* 76(5), 787-802.

Attali, Y., & Powers, D. (2008). Effect of Immediate Feedback and Revision on Psychometric Properties of Open-Ended GRE Subject Test Items. *ETS Research Report Series,* 2008(1).

Attali, Y., & Powers, D. (2010). Immediate feedback and opportunity to revise answers to open-ended questions. *Educational and Psychological Measurement,* 70(1), 22-35.

Attali, Y., & van der Kleij, F. (2017). Effects of feedback elaboration and feedback timing during computer-based practice in mathematics problem solving. *Computers & Education,* 110, 154-169.

Bauer, D., Kopp, V., & Fischer, M. R. (2007). Answer changing in multiple choice assessment change that answer when in doubt–and spread the word! *BMC medical education,* 7(1), 28.

Beck, M. D. (1978). The effect of item response changes on scores on an elementary reading achievement test. *The Journal of Educational Research,* 71(3), 153-156.

Belikov, B. S. (1989). *General methods for solving physics problems*. Moscow: Mir Publishers.

Belov, D. I. (2015). Robust detection of examinees with aberrant answer changes. *Journal of Educational Measurement,* 52(4), 437-456.

Belov, D. I. (2017). On the Optimality of the Detection of Examinees With Aberrant Answer Changes. *Applied Psychological Measurement,* 41(5), 338-352.

Benjamin Jr, L. T., Cavell, T. A., & Shallenberger III, W. R. (1984). Staying with initial answers on objective tests: is it a myth? *Teaching of Psychology,* 11(3), 133-141.

Brennan, L. B. (1972). A Generalized Upper-Lower Item Discrimination Index. *Educational and Psychological Measurement,* 32, 289-303.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Bridgeman, B. (2012). A simple answer to a simple question on changing answers. *Journal of Educational Measurement,* 49(4), 467-468.

Brookhart, S. M. (2008). *How to give effective feedback to your students*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Butki, B. D., & Hoffman, S. J. (2003). Effects of reducing frequency of intrinsic knowledge of results on the leaning of a motor skill. *Perceptual and motor skills,* 97, 569-580.

Çalışkan, S., Selçuk, G. S., & Erol, M. (2010). Effects of the problem solving strategies instruction on the students' physics problem solving performances and strategy usage. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 2(2), 2239-2243.

Casteel, C. A. (1991). Answer changing on multiple-choice test items among eighth-grade readers. *The Journal of experimental education,* 59(4), 300-309.

Clariana, R. B., & Koul, R. (2005). Multiple-try feedback and higher-order learning outcomes. *International Journal of Instructional Media,* 32(3), 239-245.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2 ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cox-Davenport, R. A., Haynes, P. B., & Lawson, T. G. (2013). A mixed-methods approach to evaluating student nurses changing answers on multiple choice exams. *Journal of Nursing Education and Practice,* 4(2), 132.

Dattalo, P. (2008). *Determining sample size: balancing power, precision, and practicality*. New York: Oxford University Press, Inc.

De Ayala, R. J. (1994). The influence of multidimensionality on the graded response model. *Applied Psychological Measurement,* 18(2), 155-170.

Di Milia, L. (2007). Benefiting from Multiple-Choice Exams: The positive impact of answer switching. *Educational Psychology,* 27(5), 607-615.

Edwards, K. A., & Marshall, C. (1977). First impressions on tests: Some new findings. *Teaching of Psychology,* 4(4), 193-195.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Eggen, T. J., van der Kleij, F. M., & Timmers, C. F. (2011). The Effectiveness of Methods for Providing Written Feedback Through a Computer-Based Assessment for Learning: a Systematic Review. *Cadmo,* 1(1), 21-38.

Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item response theory for psychologists*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Ferguson, K. J., Kreiter, C. D., Peterson, M. W., Rowat, J. A., & Elliott, S. T. (2002). Is that your final answer? Relationship of changed answers to overall performance on a computer-based medical school course examination. *Teaching and learning in medicine,* 14(1), 20-23.

Finn, B., Thomas, R., & Rawson, K. A. (2017). *Learning more from feedback: Elaborating feedback with examples enhances concept learning*. Learning and Instruction, (http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.08.007).

Friedman, S. J., & Cook, G. L. (1995). Is an examinee's cognitive style related to the impact of answer changing on multiple-choice tests? *The Journal of experimental education,* 63(3), 199-213.

Geiger, M. A. (1991). Changing multiple-choice answers: Do students accurately perceive their performance? *The Journal of experimental education,* 59(3), 250-257.

Geiger, M. A. (1997). An examination of the relationship between answer changing, testwiseness, and examination performance. *The Journal of experimental education,* 66(1), 49-60.

Golke, S., Dörfler, T., & Artelt, C. (2015). The impact of elaborated feedback on text comprehension within a computer-based assessment. *Learning and Instruction,* 39, 123-136.

Goodman, J. S., & Wood, R. E. (2009). Faded versus increasing feedback, task variability trajectories, and transfer of training. *Human Performance,* 22(1), 64-85.

Green, K. (1981). Item-response changes on multiple-choice tests as a function of test anxiety. *The Journal of experimental education,* 49(4), 225-228.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Gronlund, N. E., & Waugh, C. K. (2013). *Assessment of student achievement* (10 ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.

Hair , J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2009). *Multivariate Data Analysis* (7 ed.). Upper Saddle River: Pearson, Inc.

Hanna, G. S. (1989). To change answers or not to change answers: That is the question. *The Clearing House,* 62(9), 414-416.

Harvill, L. M., & Davis III, G. (1997). Medical students' reasons for changing answers on multiple-choice tests. *Academic medicine,* 72(10), S97-S99.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research,* 77(1), 81-112.

Hutchison, P. J. (1994). *Relationship between self-esteem and answer changing behavior on multiple choice nursing examinations among diploma nursing students.* (Master of Science in Nursing), Duquesne University.

Jacobs, S. S. (1971). *An Experimental Analysis of Answer-Changing Behavior on Objective Tests*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New York, New York.

Jeon, M., De Boeck, P., & van der Linden, W. (2017). Modeling Answer Change Behavior: An Application of a Generalized Item Response Tree Model. *Journal of Educational and Behavioral Statistics,* 42(4), 467-490.

Johnson, A. M., Reisslein, J., & Reisslein, M. (2015). Transitional feedback schedules during computer-based problem-solving practice. *Computers & Education,* 81, 270-280.

Kirk, R. E. (2013). *Experimental design: procedures for the behavioral sciences* (4 ed.). California: SAGE Publications, Inc.

Kluger, A. N., & DeNisi, A. (1996). The effects of feedback interventions on performance: A historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychological Bulletin,* 119(2), 254-284.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Kruger, J., Wirtz, D., & Miller, D. T. (2005). Counterfactual thinking and the first instinct fallacy. *Journal of personality and social psychology,* 88(5), 725-735.

Liu, O. L., Bridgeman, B., Gu, L., Xu, J., & Kong, N. (2015). Investigation of response changes in the GRE revised general test. *Educational and Psychological Measurement,* 75(6), 1002-1020.

Lunz, M. E., Bergstrom, B. A., & Wright, B. D. (1992). The effect of review on student ability and test efficiency for computerized adaptive tests. *Applied Psychological Measurement,* 16(1), 33-40.

Lynch, D. O., & Smith, B. C. (1972). *To Change or Not to Change Item Responses When Taking Tests: Empirical Evidence for Test Takers*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, Illinois.

Maier, U., Wolf, N., & Randler, C. (2016). Effects of a computer-assisted formative assessment intervention based on multiple-tier diagnostic items and different feedback types. *Computers & Education,* 95, 85-98.

Mason, B. J., & Bruning, R. (2001). *Providing feedback in computer-based instruction: What the research tells us* (CLASS Research Report No. 9). Retrieved from Center for Instrnctional Innovation, University of Nebraska-Lincoln:

McClintock, J. C. (2015). Erasure analyses: Reducing the number of false positives. *Applied Measurement in Education,* 28(1), 14-32.

McMillan, J. H. (2014). *Classroom assessment: principles and practice for effective standards-based instruction* (6 ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.

McMorris, R. F. (1991). Why Do Young Students Change Answers on Tests? ERIC Document Reproduction Service. (ED 342 803).

McMorris, R. F., DeMers, L. P., & Schwarz, S. P. (1987). Attitudes, Behaviors, and Reasons for Changing Responses Following Answer-Changing Instruction. *Journal of Educational Measurement,* 24(2), 131-143.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

McMorris, R. F., & Leonard, G. (1976). *Item Response Changes and Cognitive Style*. Paper presented at the annual meeting of the National Council on Measurement in Education, San Francisco, California.

Merrel, J. D., Cirillo, P. F., Schwartz, P. M., & Webb, J. (2015). Multiple-Choice Testing Using Immediate Feedback-Assessment Technique (IF AT®) Forms: Second-Chance Guessing vs. Second-Chance Learning?

Morin, D. (2008). *Introduction to Classical Mechanics: With Problems and Solutions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mroch, A. A., Lu, Y., Huang, C.-Y., & Harris, D. J. (2012). *Patterns of erasure behavior for a large-scale assessment.* Paper presented at the Conference on the Statistical Detection of Potential Test Fraud, Lawrence, KS.

Mueller, D. J., & Shwedel, A. (1975). Some correlates of net gain resultant from answer changing on objective achievement test items. *Journal of Educational Measurement,* 12(4), 251-254.

Mueller, D. J., & Wasser, V. (1977). Implications of changing answers on objective test items. *Journal of Educational Measurement,* 14(1), 9-13.

Narciss, S., Sosnovsky, S., Schnaubert, L., Andrès, E., Eichelmann, A., Goguadze, G., & Melis, E. (2014). Exploring feedback and student characteristics relevant for personalizing feedback strategies. *Computers & Education,* 71, 56-76.

Nieswiadomy, R. M., Arnold, W. K., & Garza, C. (2001). Changing answers on multiple-choice examinations taken by baccalaureate nursing students. *Journal of Nursing Education,* 40(3), 142-144.

Nitko, A. J. (2004). *Educational assessment of students* (4 ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.

NJ ASK. (2013). 2012 Erasure Analysis Report: New Jersey Assessment of Skills and Knowledge (NJ ASK 3-8).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Papanastasiou, E. C. (2015). Psychometric changes on item difficulty due to item review by examinees. *Practical Assessment, Research & Evaluation,* 20(3), 1-10.

Prinsell, C. P., Ramsey, P. H., & Ramsey, P. P. (1994). Score Gains, Attitudes, and Behavior Changes Due to Answer-Changing Instruction. *Journal of Educational Measurement,* 31(4), 327-337.

Qualls, A. L. (2001). Can knowledge of erasure behavior be used as an indicator of possible cheating? *Educational Measurement: Issues and Practice,* 20(1), 9-16.

Schwarz, S. P., McMorris, R. F., & DeMers, L. P. (1991). Reasons for changing answers: An evaluation using personal interviews. *Journal of Educational Measurement,* 28(2), 163-171.

Selçuk, G. S., Çalişkan, S., & Erol, M. (2008). The effects of problem solving instruction on physics achievement, problem solving performance and strategy use. *Latin American Journal of Physics Education,* 2(3), 151-166.

Shahabudin, S. (1983). Pattern of answer changes to multiple choice questions in physiology. *Medical education,* 17(5), 316-318.

Shute, V. J. (2007). *Focus on Formative Feedback* (ETS Research Report No. RR-07-11). Retrieved from Educational Testing Service:

Sinharay, S., & Johnson, M. S. (2017). Three new methods for analysis of answer changes. *Educational and Psychological Measurement,* 77(1), 54-81.

Slem, C. M. (1985). *The Effects of an Educational Intervention on Answer Changing Behavior*. Paper presented at the annual Convention of the American Psychological Association, Los Angeles, California.

Smith, M., White, K. P., & Coop, R. H. (1979). The effect of item type on the consequences of changing answers on multiple choice tests. *Journal of Educational Measurement,* 16(3), 203-208.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Statistics Solutions. (2018a). Checking the Additional Assumptions of a MANOVA. Retrieved from https://www.statisticssolutions.com/checking-the-additional-assumptions-of-a-manova/

Statistics Solutions. (2018b). MANOVA. Retrieved from https://www.statisticssolutions.com directory-of-statistical-analyses-manova-analysis/

Stoffer, G. R., Davis, K. E., & Brown Jr, J. B. (1977). The consequences of changing initial answers on objective tests: A stable effect and a stable misconception. *The Journal of Educational Research,* 70(5), 272-277.

Tiemann, G., & Kingston, N. (2014). An exploration of answer changing behavior on a computer-based high-stakes achievement test. *Test fraud: Statistical detection and methodology*, 158-171.

van der Kleij, F. M., Eggen, T. J., Timmers, C. F., & Veldkamp, B. P. (2012). Effects of feedback in a computer-based assessment for learning. *Computers & Education,* 58(1), 263-272.

van der Kleij, F. M., Feskens, R. C., & Eggen, T. J. (2015). Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of educational research,* 85(4), 475-511.

van der Kleij, F. M., Timmers, C. F., & Eggen, T. J. (2011). The effectiveness of methods for providing written feedback through a computer-based assessment for learning: A systematic review. *Cadmo,* 1(1), 21-38.

van der Linden, W. J., & Jeon, M. (2012). Modeling answer changes on test items. *Journal of Educational and Behavioral Statistics,* 37(1), 180-199.

van der Linden, W. J., Jeon, M., & Ferrara, S. (2011). A Paradox in the Study of the Benefits of Test‐Item Review. *Journal of Educational Measurement,* 48(4), 380-398.

van der Linden, W. J., & Lewis, C. (2015). Bayesian checks on cheating on tests. *psychometrika,* 80(3), 689-706.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Vidler, D., & Hansen, R. (1980). Answer changing on multiple-choice tests. *The Journal of experimental education,* 49(1), 18-20.

Vispoel, W. P. (1998). Reviewing and Changing Answers on Computer-adaptive and Self-adaptive Vocabulary Tests. *Journal of Educational Measurement,* 35(4), 328-345.

Vispoel, W. P. (2000). Reviewing and changing answers on computerized fixed-item vocabulary tests. *Educational and Psychological Measurement,* 60(3), 371-384.

Vispoel, W. P., Hendrickson, A. B., & Bleiler, T. (2000). Limiting answer review and change on computerized adaptive vocabulary tests: Psychometric and attitudinal results. *Journal of Educational Measurement,* 37(1), 21-38.

Waddell, D. L., & Blankenship, J. C. (1994). Answer changing: A meta-analysis of the prevalence and patterns. *The journal of continuing education in nursing,* 25(4), 155-158.

Widaman, K. F., & Grimm, K. J. (2014). Advanced Psychometrics: confirmatory factor analysis, item response theory, and the study of measurement invariance. In H. T. Reis & C. M. Judd (Eds.), *Handbook of research methods in social and personality psychology* (2 ed.). New York: Cambridge University Press.

Wollack, J. A., Cohen, A. S., & Eckerly, C. A. (2015). Detecting test tampering using item response theory. *Educational and Psychological Measurement,* 75(6), 931-953.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาษีผล	อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรรัตน์ บุบผโชติ	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์วรรณา นาคศรีอาภรณ์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์น้ำฝน นาสวาสดิ์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์พรเทพ ทองตั้ง	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์พีรยุทธ ภักดีเจริญ	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
อาจารย์ศศิพัชร ขวัญประชา	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดสุทธิวราราม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อเรื่องและความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
1.สมชายออกแรงดึงกล่องมวล 5 กิโลกรัม ขนานกับพื้นราบฝืด ทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นระยะ 10 เมตร ถ้างานเนื่องจากแรงดึงมีค่า 100 จูล จงหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้น เฉลย 0.2	1.00	1.สมศักดิ์ออกแรงดึงวัตถุมวล 10 กิโลกรัม ขนานกับพื้นราบ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่บนพื้นราบด้วยความเร่งคงที่ 2 เมตรต่อวินาที^{2} เป็นระยะ 3 เมตร ถ้างานเรื่องจากแรงดึงมีค่า 210 จูล จงหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้น เฉลย 0.5	1.00	0.80	ฉบับที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง” ฉบับที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน ปรับให้มีเงื่อนไขเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
2.วินัยออกแรง 100 นิวตัน ดึงกล่องมวล 25 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วเป็น 10 เมตรต่อวินาที บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.3 จงหากำลังของวินัยที่ใช้ในการดึงกล่องในหน่วยวัตต์ เฉลย 500.0	1.00	2.วิจารณ์ออกแรงลากกล่องมวล 10 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วเป็น 18 เมตรต่อวินาที บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.14 หากออกแรงลากกล่องเป็นเวลา 5 วินาที จงหากำลังของวิจารณ์ที่ใช้ในการลากกล่องในหน่วยวัตต์ เฉลย 450.0	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง” และ “ในแนวราบ” ฉบับที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง” และ “ในแนวราบ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
3.ปล่อยวัตถุมวล 10 กิโลกรัม จากที่สูง 150 เมตร เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที จงหาว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุลดลงจากเดิมกี่จูล เฉลย 8000.0	1.00	3.ปาก้อนหินมวล 3 กิโลกรัม จากพื้นให้เคลื่อนที่ขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยความเร็ว 25 เมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที จงหาว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงเพิ่มขึ้นจากเดิมกี่จูล เฉลย 900.0	1.00	0.80	ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 2 - ความเป็นคู่ขนาน ควรมีเงื่อนไขเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
4.นำมวล 5 กิโลกรัม ยึดติดกับสปริง แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งไปแขวนไว้กับเพดาน ปรากฏว่าสปริงยืดออก 1 เซนติเมตร หากนำมวล 7 กิโลกรัม ที่วางอยู่บนพื้นราบลื่น ยึดติดกับสปริง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งติดกับกำแพง เมื่อดึงมวล 7 กิโลกรัม ออกจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะ 10 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของมวล 7 กิโลกรัม เมื่อสปริงยืดเป็นระยะ 10 เซนติเมตร ในหน่วยจูล เฉลย 25.0	1.00	4.นำมวล 3 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนพื้นราบลื่น ยึดติดกับสปริง แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งยึดกับกำแพง เมื่อดึงมวลออกจากตำแหน่งสมดุล 20 เซนติเมตร พบว่าต้องการใช้แรงดึง 400 นิวตัน หากเปลี่ยนเป็นมวล 5 กิโลกรัม แล้วดึงมวลออกจากตำแหน่งสมดุล 12 เซนติเมตร ให้เคลื่อนที่กลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุลบนพื้นราบลื่น จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของมวล 5 กิโลกรัม เมื่อมวลอยู่ที่ตำแหน่งปลายสุดในหน่วยจูล เฉลย 14.4	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 ปรับภาษา ฉบับที่ 2 ปรับภาษา ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
5.ปล่อยลูกเหล็กมวล 15 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้นทราย 30 เมตร ลูกเหล็กกระทบพื้นทรายและจมลงไป 10 เซนติเมตร ถ้าอากาศมีแรงต้านเฉลี่ย 120 นิวตัน จงหาแรงต้านเฉลี่ยของทรายในหน่วยนิวตัน เฉลย 9150.0	1.00	5.ปล่อยวัตถุมวล 20 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้นดิน 16 เมตร วัตถุกระทบพื้นดินและจมลงไปในดิน ถ้าอากาศและดินมีแรงต้านเฉลี่ย 100 นิวตัน และ 700 นิวตัน ตามลำดับ จงหาว่าวัตถุจมลงไปในดินกี่เมตร เฉลย 3.2	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 2 - ความเป็นคู่ขนาน ควรถามในประเด็นเดียวกัน
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
6.สมหมายออกแรง 20 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้นเอียง ดึงกล่องมวล 2 กิโลกรัม ที่หยุดนิ่งจากปลายล่างขึ้นพื้นเอียงลื่นซึ่งทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ เป็นเวลา 4 วินาที จงหางานที่สมหมายใช้ในการดึงกล่องในหน่วยจูล เฉลย 800.0	1.00	6.สมปองออกแรง 15 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้นเอียง ลากวัตถุมวล 3 กิโลกรัม ลงจากพื้นเอียงลื่นซึ่งทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ เป็นเวลา 2 วินาที จงหางานที่สมปองใช้ในการลากวัตถุในหน่วยจูล เฉลย 300.0	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 เพิ่มคำว่า “ที่หยุดนิ่ง” ฉบับที่ 2 เพิ่มคำว่า “ที่หยุดนิ่ง” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
7.วิชาออกแรงผลักกล่องมวล 15 กิโลกรัมให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.6 ด้วยความเร็วคงที่ เป็นเวลา 7 วินาที หากวิชาใช้กำลังในการผลักกล่อง 450 วัตต์ จงหาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ในหน่วยเมตร เฉลย 35.0	1.00	7.วิภาวีออกแรงดึงกล่องมวล 4 กิโลกรัม ไปตามพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.2 ด้วยความเร็วคงที่ ทำให้กล่องเคลื่อนที่ได้ 65 เมตร ในเวลา 10 วินาที จงหากำลังของวิภาวีที่ใช้ในการดึงกล่องในหน่วยวัตต์ เฉลย 52.0	1.00	0.80	ฉบับที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง” และ “ในแนวราบ” ฉบับที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง” และ “ในแนวราบ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
8.วัตถุมวล 10 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่น ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต่อมามีแรง F กระทำต่อวัตถุนาน 2 วินาที ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น 20 เมตรต่อวินาที ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุหลังจากถูกแรง F กระทำเพิ่มขึ้นจากเดิม 1,500 จูล จงหาค่าของแรง F ในหน่วยนิวตัน เฉลย 50.0	1.00	8.วัตถุมวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่น ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต่อมามีแรง F กระทำต่อวัตถุนาน 5 วินาที ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น 10 เมตรต่อวินาที ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุหลังจากถูกแรง F กระทำลดลงจากเดิม 750 จูล จงหาค่าของแรง F ในหน่วยนิวตัน เฉลย 10.0	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 2 - ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
9.มวล 1 กิโลกรัม ติดกับสปริงอยู่บนพื้นราบลื่น เมื่อกดมวลให้สปริงหดสั้นกว่าเดิม 10 เซนติเมตร เพื่อดีดมวลให้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.2 หากพื้นราบขรุขระยาว 1 เมตร และสปริงมีค่าคงตัวเท่ากับ 2,000 นิวตันต่อเมตร จงหาว่ามวลนี้เคลื่อนที่ออกจากพื้นราบขรุขระด้วยความเร็วกี่เมตรต่อวินาที เฉลย 4.0	1.00	9.มวล 2 กิโลกรัม ติดกับสปริงอยู่บนพื้นราบลื่น เมื่อกดมวลให้สปริงหดสั้นกว่าเดิม 20 เซนติเมตร เพื่อดีดมวลให้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.4 หากสปริงมีค่าคงตัว เท่ากับ 1,000 นิวตันต่อเมตร จงหาว่ามวลนี้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระได้มากที่สุดกี่เมตร เฉลย 2.5	1.00	0.80	ฉบับที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ฉบับที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
10.ปล่อยวัตถุมวล 1.5 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้น 3.5 เมตร ให้ตกลงบนสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่งยาว 150 เซนติเมตร ทำให้สปริงหดสั้นลง จงหาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดในหน่วยนิวตัน เมื่อสปริงมีค่าคงตัว 90 นิวตันต่อเมตร เฉลย 90.0	1.00	10.ปล่อยวัตถุมวล 2 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้น 2.5 เมตร ให้ตกลงบนสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่งยาว 50 เซนติเมตร ทำให้สปริงหดสั้นลงเหลือ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดในหน่วยนิวตัน เฉลย 440.0	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 2 - ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
11.สมใจออกแรง F ในแนวขนานกับพื้นเอียงดึงวัตถุมวล 1 กิโลกรัมขึ้นไปตามพื้นเอียงซึ่งทำมุม 37 องศา กับแนวระดับเป็นเวลา 60 วินาที ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถ้าพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.5 จงหางานของแรง F ในหน่วยจูล เฉลย 3000.0	1.00	11.สมศรีออกแรง F ในแนวขนานกับพื้นเอียงดึงวัตถุมวล 2 กิโลกรัมลงจากพื้นเอียงซึ่งทำมุม 37 องศา กับแนวระดับเป็นเวลา 10 วินาที ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถ้าพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 7/8 จงหางานของแรง F ในหน่วยจูล เฉลย 200.0	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 -ปรับภาษา -เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ” ฉบับที่ 2 -ปรับภาษา -เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
12.ปั้นจั่นยกวัตถุหนัก 600 นิวตัน ขึ้นสูงจากพื้น 50 เมตร ด้วยความเร่งคงที่ ใช้เวลา 5 วินาที จงหากำลังของปั้นจั่นในหน่วยวัตต์ เฉลย 8400.0	1.00	12.ปั้นจั่นปล่อยวัตถุหนัก 1,000 นิวตัน ลงสู่พื้นด้วยความเร่งคงที่ จากที่สูงจากพื้น 400 เมตร หากวัตถุถึงพื้นหลังจากปล่อยวัตถุ 10 วินาที จงหากำลังของปั้นจั่นในหน่วยวัตต์ เฉลย 8000.0	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 ปรับสถานการณ์ ฉบับที่ 2 ปรับสถานการณ์ ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
13.วัตถุมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.2 เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุ 10 นิวตัน ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ เป็นเวลา 5 วินาที จงหาว่าหลังจากการออกแรงกระทำ วัตถุมีพลังงานจลน์กี่จูล เฉลย 1012.5	1.00	13.วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที บนพื้นราบมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.5 เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุ 4 นิวตัน ในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ เป็นเวลา 4 วินาที จงหาว่าหลังจากการออกแรงกระทำ วัตถุมีพลังงานจลน์กี่จูล เฉลย 64.0	1.00	1.00	ฉบับที่ 1 -ปรับภาษา -เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ฉบับที่ 2 -ปรับภาษา -เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
14.ปาก้อนหินมวล 1.5 กิโลกรัม ลงจากดาดฟ้าตึกแห่งหนึ่งด้วยความเร็ว 12 เมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที ก้อนหินเคลื่อนที่ลงมาระยะหนึ่ง พบว่ามีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากับ 75 จูล จงหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของก้อนหินขณะปาลงมาจากดาดฟ้าในหน่วยจูล เฉลย 2850.0	1.00	14.ขว้างวัตถุมวล 2.5 กิโลกรัม ขึ้นจากพื้นให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เมื่อเคลื่อนที่ขึ้นไปได้ระยะหนึ่งพบว่าวัตถุมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็น 100 จูล หลังจากนั้น 6 วินาที ก้อนหินจึงเคลื่อนที่ไปได้สูงสุด จงหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของก้อนหินที่ตำแหน่งสูงสุดในหน่วยจูล เฉลย 4600.0	1.00	0.80	ฉบับที่ 1 ปรับภาษา ฉบับที่ 2 ปรับภาษา ความเป็นคู่ขนาน ควรมีเงื่อนไขเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
15.ปาก้อนหินมวล 2 กิโลกรัม ลงจากดาดฟ้าตึกสูง 10 เมตร ด้วยความเร็ว 4 เมตรต่อวินาที จงหาว่าก้อนหินอยู่สูงจากพื้นดินกี่เมตรจึงจะมีพลังงานจลน์เท่ากับพลังงานศักย์โน้มถ่วง เฉลย 5.4	1.00	15.ปาก้อนหินมวล 1 กิโลกรัม ลงจากที่สูง 2.25 เมตร ด้วยความเร็ว 3 เมตรต่อวินาที จงหาว่าก้อนหินจะมีความเร็วกี่เมตรต่อวินาทีจึงจะมีพลังงานจลน์เป็น 2 เท่าของพลังงานศักย์โน้มถ่วง เฉลย 6.0	1.00	0.80	ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 2 - ความเป็นคู่ขนาน ควรมีเงื่อนไขเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
16.ปล่อยวัตถุ A มวล 25 กิโลกรัม จากที่สูงจากปลายสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง 1 เมตร ทำให้สปริงถูกกดลงไป 50 เซนติเมตร ถ้าปล่อยวัตถุ B จากตำแหน่งเดิมพบว่าสปริงถูกกดลงไป 20 เซนติเมตร จงหามวลของวัตถุ B เฉลย 5.0	1.00	16.ปล่อยวัตถุ A มวล 0.5 กิโลกรัม จากที่สูงจากปลายสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง 1.5 เมตร ทำให้สปริงถูกกดลงไป 30 เซนติเมตร ถ้าปล่อยวัตถุ B มวล 20 กิโลกรัม จากตำแหน่งเดิม จงหาว่าสปริงถูกกดลงไปกี่เมตร เฉลย 3.0	1.00	0.80	ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 2 - ความเป็นคู่ขนาน ควรถามในประเด็นเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
17.วัตถุมวล 10 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.35 ถูกแรง F ผลักไปทางขวาเป็นเวลา 1 นาที ทำให้วัตถุมีความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที จงหางานของแรง F ในหน่วยจูล เฉลย 6480.0	1.00	17.ลังมวล 500 กรัม วางอยู่บนพื้นราบที่มีความฝืด สมคิดออกแรง 45 นิวตัน ผลักลังไปทางซ้ายเป็นเวลา 5 วินาที ทำให้ลังมีความเร็วเป็น 10 เมตรต่อวินาที จงหางานเนื่องจากแรงเสียดทานในหน่วยจูล เฉลย 1100.0	1.00	0.60	ฉบับที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ฉบับที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับลัง” ความเป็นคู่ขนาน ควรมีเงื่อนไขเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
18.ปั้นจั่นเครื่องหนึ่งมีกำลัง 2.5 กิโลวัตต์ ยกวัตถุขึ้นจากพื้น เมื่อขึ้นไปสูงจากพื้นระดับหนึ่ง วัตถุมีความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ถ้างานที่ใช้ในการยกวัตถุนี้ เท่ากับ 5,000 จูล จงหาว่าปั้นจั่นยกวัตถุด้วยความเร่งกี่เมตรต่อวินาที^{2} เฉลย 5.0	1.00	18.ปั้นจั่นเครื่องหนึ่งมีกำลัง 1,000 วัตต์ ยกตู้สินค้าขึ้นจากพื้นด้วยความเร่ง 6 เมตรต่อวินาที^{2} ถ้างานที่ใช้ในการยกตู้สินค้าเท่ากับ 3 กิโลจูล จงหาว่าปั้นจั่นยกวัตถุขึ้นสูงจากพื้นกี่เมตร เฉลย 27.0	1.00	0.60	ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 2 - ความเป็นคู่ขนาน -ควรมีเงื่อนไขเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ -ควรใช้สมการเดียวกันในการหาคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
19.นำมวล 10 กิโลกรัม ยึดติดกับสปริง แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งไปแขวนไว้กับเพดาน ปรากฏว่าสปริงยืดออก 5 เซนติเมตร หากนำมวล 2 กิโลกรัม ที่วางอยู่บนพื้นราบลื่น ยึดติดกับสปริง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งติดกับกำแพง เมื่อดึงมวล 2 กิโลกรัม ออกจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อย พบว่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของมวล 2 กิโลกรัม เมื่อสปริงยืดมากที่สุดเป็น 4 เท่า ของพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเมื่อสปริงยืดเป็นระยะ 2 เซนติเมตร จงหาแรงที่สปริงกระทำต่อมวล 2 กิโลกรัม มากที่สุดในหน่วยนิวตัน เฉลย 80.0	1.00	19.นำมวล 12 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนพื้นราบลื่น ยึดติดกับสปริง แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งยึดกับกำแพง เมื่อดึงมวลออกจากตำแหน่งสมดุล 10 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่น พบว่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของมวล 12 กิโลกรัม เมื่อสปริงยืดเป็นครึ่งหนึ่งของระยะยืดมากที่สุดมีค่า 4 จูล จงหาว่าจะต้องนำมวลกี่กิโลกรัมไปแขวนกับสปริงที่ห้อยในแนวดิ่งจึงจะทำให้สปริงยืดออก 20 เซนติเมตร เฉลย 64.0	1.00	0.60	ฉบับที่ 1 ปรับภาษา ฉบับที่ 2 ปรับภาษา ความเป็นคู่ขนาน -ควรมีเงื่อนไขเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ -ควรใช้สมการเดียวกันในการหาคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบฉบับที่ 1	IOC	แบบสอบฉบับที่ 2	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
20.มวล 2 กิโลกรัม อยู่ห่างจากปลายสปริง 50 เซนติเมตร กำลังเคลื่อนที่เข้าชนสปริงที่มีค่าคงตัว 10 นิวตันต่อเมตร ด้วยความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.1 จงหาว่าสปริงหดสั้นมากที่สุดกี่เมตร เฉลย 0.6	1.00	20.มวล 5 กิโลกรัม อยู่ห่างจากปลายสปริง 2 เมตร กำลังเคลื่อนที่เข้าชนสปริงที่มีค่าคงตัว 1,200 นิวตันต่อเมตร ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที บนพื้นราบฝืดทำให้สปริงหดสั้นเข้าไป 50 เซนติเมตร จงหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้น เฉลย 0.8	1.00	0.60	ฉบับที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ฉบับที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน ควรถามในประเด็นเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าดัชนีอำนาจจำแนกบี

ข้อสอบ	ฉบับที่ 1			ฉบับที่ 2		
	p	B-Index	ความหมาย	p	B-Index	ความหมาย
1	.77	.34	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้	.79	.31	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้
2	.26	.66	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก	.21	.79	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
3	.64	.22	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้	.64	.21	ค่อนข้างง่าย จำแนกพอใช้
4	.28	.45	ค่อนข้างยาก จำแนกดี	.36	.56	ค่อนข้างยาก จำแนกดี
5	.28	.85	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก	.26	.75	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
6	.32	.80	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก	.30	.93	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
7	.53	.40	ยากง่ายปานกลาง จำแนกดี	.62	.50	ยากง่ายปานกลาง จำแนกดี
8	.26	.47	ค่อนข้างยาก จำแนกดี	.28	.41	ค่อนข้างยาก จำแนกดี
9	.26	.71	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก	.26	.75	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
10	.26	.71	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก	.23	.62	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
11	.13	.40	ยากมาก จำแนกดี	.15	.47	ยากมาก จำแนกดี
12	.17	.67	ยากมาก จำแนกดีมาก	.15	.52	ยากมาก จำแนกดี
13	.36	.16	ค่อนข้างยาก จำแนกค่อนข้างต่ำ	.30	.26	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
14	.13	.43	ยากมาก จำแนกดี	.15	.45	ยากมาก จำแนกดี
15	.15	1.00	ยากมาก จำแนกดีมาก	.17	1.00	ยากมาก จำแนกดีมาก
16	.23	.73	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก	.17	.55	ยากมาก จำแนกดี

3. ผลการวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ

3.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความยาก และดัชนีอำนาจจำแนกบี ของข้อสอบ (n = 10)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวแปร	ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2		t	p
	M	*SD*	*M*	*SD*		
ความยาก	0.39	0.19	0.49	0.21	-0.63	.55
ดัชนีอำนาจจำแนกบี	0.56	0.21	0.58	0.23	-0.76	.47

3.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนนสอบ (n = 47)

	ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2		การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย		การเปรียบเทียบความแปรปรวน	
ข้อสอบ	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*t*	*p*	*F*	*p*
1	0.77	0.18	0.79	0.17	-0.57	.57	0.24	.63
2	0.26	0.19	0.21	0.17	0.81	.42	0.94	.34
3	0.64	0.24	0.64	0.24	0.00	1.00	0.00	1.00
4	0.28	0.20	0.36	0.24	-1.27	.21	3.03	.09
5	0.28	0.20	0.26	0.19	0.57	.57	0.21	.65
6	0.32	0.22	0.30	0.21	0.44	.66	0.20	.66
7	0.53	0.25	0.62	0.24	-1.27	.21	2.12	.15
8	0.26	0.19	0.28	0.20	-0.44	.66	0.21	.65
9	0.26	0.19	0.26	0.19	0.00	1.00	0.00	1.00
10	0.26	0.19	0.23	0.18	0.44	.66	0.23	.64
ทั้งฉบับ	3.83	1.97	3.94	2.20	-0.71	.48	0.40	.53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (ข้อ 1 - 5) สำหรับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน ฉบับที่ 1

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 1 สมชายออกแรงดึงกล่องมวล 5 กิโลกรัม ขนานกับพื้นราบฝืด ทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นระยะ 10 เมตร ถ้างานเนื่องจากแรงดึงมีค่า 100 จูล จงหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล ระยะทาง และงานเนื่องจากแรงดึง ซึ่งโจทย์ต้องการทราบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อกล่อง ดังนี้ แรงดึง แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันกล่อง 3) หาขนาดของแรงดึงโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหางาน (W=Fs) 4) หาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 ($\sum F = 0$) โดยแรงที่นำมาคำนวณ คือ แรงดึง และแรงเสียดทาน 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันกล่อง” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อกล่อง” -เปลี่ยน W=FS เป็น ($W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 2 วินัยออกแรง 100 นิวตัน ในแนวราบเพื่อดึงกล่องมวล 25 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วเป็น 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง เท่ากับ 0.3 จงหากำลังของวินัยที่ใช้ในการดึงกล่องในหน่วยวัตต์		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดแรงดึง มวล ความเร็วต้น ความเร็วปลาย และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง ซึ่งโจทย์ต้องการทราบกำลังของวินัย 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อกล่อง ดังนี้ แรงดึง แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันกล่อง 3) หาความเร่งของกล่องโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ($\sum F = ma$) ซึ่งแรงที่มีทิศเดียวกับความเร่งมีค่าเป็นบวก ส่วนแรงที่มีทิศตรงข้ามกับความเร่งมีค่าเป็นลบ 4) หาเวลาที่วินัยใช้ในการดึงกล่องโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ (v=u+at) 5) หาระยะทางที่วินัยดึงกล่องโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ ($s = (\frac{u+v}{2})t$) 6) หากำลังของวินัยโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหากำลัง ($P = \frac{Fs}{t}$) 7) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันกล่อง” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อกล่อง” -เปลี่ยน ($P = \frac{Fs}{t}$) เป็น ($P = \frac{W}{t}$ โดยที่ $W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 3 ปล่อยวัตถุมวล 10 กิโลกรัม จากที่สูง 150 เมตร เมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาที จงหาว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุลดลงจากเดิมกี่จูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยโจทย์กำหนดความเร็วต้น มวล ความสูงก่อนปล่อยวัตถุ และเวลา ซึ่งโจทย์ต้องการทราบพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ลดลง 2) หาระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในเวลา 4 วินาที โดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ ($s = ut + \frac{1}{2}gt^2$) 3) หาความสูงหลังปล่อยวัตถุโดยหาจากผลต่างระหว่างความสูงก่อนปล่อยวัตถุและระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ 4) หาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ลดลงจากผลต่างระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงหลังปล่อยวัตถุ 4 วินาที และพลังงานศักย์โน้มถ่วงก่อนปล่อยวัตถุ ($\Delta E_p = E_{p_2} - E_{p_1}$) 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-

Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 4 นำมวล 5 กิโลกรัม ยึดติดกับสปริง แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งไปแขวนไว้กับเพดาน ปรากฏว่าสปริงยืดออก 1 เซนติเมตร หากนำมวล 7 กิโลกรัม ที่วางอยู่บนพื้นราบลื่น ยึดติดกับสปริงตัวเดิม ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งติดกับกำแพง เมื่อดึงมวล 7 กิโลกรัม ออกจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะ 10 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงตัวดังกล่าวเมื่อสปริงยืดเป็นระยะ 10 เซนติเมตร ในหน่วยจูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดสถานการณ์มาให้ 2 สถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ที่ 1 โจทย์กำหนดมวล และระยะยืด เพื่อใช้ในการหาค่าคงตัวสปริง ส่วนสถานการณ์ที่ 2 โจทย์กำหนดมวล ระยะยืด เพื่อใช้ในการหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงซึ่งเป็นสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ โดยสถานการณ์ที่ 1 แรงที่กระทำต่อวัตถุ คือ น้ำหนัก ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้สปริงยืดออก ส่วนสถานการณ์ที่ 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุ คือ น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ 3) หาค่าคงตัวสปริงจากสถานการณ์ที่ 1 โดยใช้กฎของฮุก ($F=kx$) 4) หาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงจากสถานการณ์ที่ 2 โดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ($E_{ps}=\frac{1}{2}kx^2$) 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 5 ปล่อยลูกเหล็กมวล 15 กิโลกรัม จากที่สูงเหนือพื้นทราย 30 เมตร ลูกเหล็กกระทบพื้นทราย และจมลงไป 10 เซนติเมตร ถ้าอากาศมีแรงต้านเฉลี่ย 120 นิวตัน จงหาแรงต้านเฉลี่ยของทรายในหน่วยนิวตัน		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของลูกเหล็ก โดยโจทย์กำหนดมวล ความสูงจากพื้น ระยะที่จม และแรงต้านเฉลี่ยของอากาศ ซึ่งโจทย์ต้องการทราบแรงต้านเฉลี่ยของทราย 2) กำหนดระดับอ้างอิง โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ลูกเหล็กจมลงไปในทรายเป็นระยะ 10 เซนติเมตร เป็นระดับอ้างอิง 3) หาแรงต้านเฉลี่ยของทรายโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือตำแหน่งที่ปล่อยลูกเหล็กซึ่งมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง (E_p=mgh) งานเนื่องจากแรงต้านอากาศ (W_f= -fs) และงานเนื่องจากแรงต้านของทราย (W_f= -fs) ทั้งนี้ความสูงจากระดับอ้างอิง (h) คือ ผลรวมระหว่างความสูงจากพื้นและระยะที่จม ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่ลูกเหล็กจมลงไปในทรายเป็นระยะ 10 เซนติเมตร ซึ่งมีผลรวมของพลังงานเป็นศูนย์ 4) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-จากงานเนื่องจากแรงต้านอากาศ (W_f= -fs) เปลี่ยน (W_f=-fs) เป็น ($W_{air} = Fs\cos\theta$) -จากงานเนื่องจากแรงต้านของทราย (W_f=-fs) เปลี่ยน (W_f=-fs) เป็น ($W_{sand} = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 6 สมหมายออกแรง 20 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้นเอียง ดึงกล่องมวล 2 กิโลกรัม ที่หยุดนิ่งจากปลายล่างขึ้นพื้นเอียงลื่นซึ่งทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ เป็นเวลา 4 วินาที จงหางานที่สมหมายใช้ในการดึงกล่องในหน่วยจูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดแรงดึง มวล ความเร็วต้น และเวลา ซึ่งโจทย์ต้องการทราบงานของแรงดึง 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อกล่อง ดังนี้ แรงดึง น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันกล่อง จากนั้นจึงแยกน้ำหนักเข้าแกนที่ขนานกับพื้นเอียงและแกนที่ตั้งฉากกับพื้นเอียง โดยน้ำหนักทำมุม 30 องศา กับแกนที่ตั้งฉากกับพื้นเอียง 3) หาความเร่งของกล่องโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ($\sum F = ma$) ซึ่งแรงที่มีทิศเดียวกับความเร่งมีค่าเป็นบวก ส่วนแรงที่มีทิศตรงข้ามกับความเร่งมีค่าเป็นลบ 4) หาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ในเวลา 4 วินาที โดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ ($s = ut + \frac{1}{2}at^2$) 5) หางานของแรงดึงโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหางาน (W=Fs) 6) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันกล่อง” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อกล่อง” -เปลี่ยน (W=Fs) เป็น ($W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 7 วิชาออกแรงในแนวราบผลักกล่องมวล 15 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง เท่ากับ 0.6 ด้วยความเร็วคงที่เป็นเวลา 7 วินาที หากวิชาใช้กำลังในการผลักกล่อง 450 วัตต์ จงหาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ในหน่วยเมตร		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่อง เวลา และกำลังของวิชา ซึ่งโจทย์ต้องการทราบระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อกล่อง ดังนี้ แรงผลัก แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันกล่อง 3) หาขนาดของแรงผลักโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 ($\sum F = 0$) โดยแรงที่นำมาคำนวณ คือ แรงผลัก และแรงเสียดทาน 4) หาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่โดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหากำลัง ($P = \frac{Fs}{t}$) 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันกล่อง” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อกล่อง” -เปลี่ยน ($P = \frac{Fs}{t}$) เป็น ($P = \frac{W}{t}$ โดยที่ $W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 8 วัตถุมวล 10 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่นด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต่อมามีแรงคงที่ F กระทำต่อวัตถุนาน 2 วินาที ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น 20 เมตรต่อวินาที ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุหลังจากถูกแรง F กระทำ เพิ่มขึ้นจากเดิม 1,500 จูล จงหาขนาดของแรง F ในหน่วยนิวตัน		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล เวลา ความเร็วปลาย และพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโจทย์ต้องการทราบขนาดของแรง F 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อวัตถุ ดังนี้ แรง F น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ 3) หาพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำจากผลต่างระหว่างพลังงานจลน์หลังถูกแรงกระทำและพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำ ($\Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1}$) 4) หาความเร็วต้นของวัตถุจากสมการที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานจลน์ ($E_{k_1} = \frac{1}{2}mu^2$) 5) หาความเร่งของวัตถุโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ (v=u+at) 6) หาขนาดของแรง F โดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ($\sum F = ma$) ซึ่งแรงที่มีทิศเดียวกับความเร่งมีค่าเป็นบวก ส่วนแรงที่มีทิศตรงข้ามกับความเร่งมีค่าเป็นลบ 7) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 9 มวล 1 กิโลกรัม ติดกับสปริงอยู่บนพื้นราบลื่น เมื่อกดมวลให้สปริงหดสั้นกว่าเดิม 10 เซนติเมตร เพื่อดีดมวลให้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ เท่ากับ 0.2 หากพื้นราบขรุขระยาว 1 เมตร และสปริงมีค่าคงตัวเท่ากับ 2,000 นิวตันต่อเมตร จงหาว่ามวลนี้เคลื่อนที่ออกจากพื้นราบขรุขระด้วยความเร็วกี่เมตรต่อวินาที		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล ระยะหดของสปริง สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ ระยะทาง และค่าคงตัวสปริง ซึ่งโจทย์ต้องการทราบความเร็วของวัตถุ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อวัตถุขณะเคลื่อนที่บนพื้นราบขรุขระ ดังนี้ แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ 3) หาความเร็วของวัตถุโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของวัตถุเมื่อสปริงหดสั้น 10 เซนติเมตร ซึ่งมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ($E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$) และงานเนื่องจากแรงเสียดทาน ($W_f = -fs$) ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่วัตถุเคลื่อนที่ออกจากพื้นราบขรุขระ ซึ่งมีพลังงานจลน์ ($E_k = \frac{1}{2}mv^2$) 4) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ” -เปลี่ยน ($W_f = -fs$) เป็น ($W = Fs\cos\theta$)

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 10 ปล่อยวัตถุมวล 1.5 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้น 3.5 เมตร ให้ตกลงบนสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่งยาว 150 เซนติเมตร ทำให้สปริงหดสั้นลง จงหาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดในหน่วยนิวตัน เมื่อสปริงมีค่าคงตัว 90 นิวตันต่อเมตร		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยโจทย์กำหนดมวล ความสูงจากพื้น ความยาวของสปริง และค่าคงตัวสปริง ซึ่งโจทย์ต้องการทราบขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุด 2) กำหนดระดับอ้างอิง โดยกำหนดให้ระดับที่สปริงหดสั้นมากที่สุดเป็นระดับอ้างอิง 3) หาระยะที่สปริงหดสั้นมากที่สุดโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุ ซึ่งมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง (E_p=mgh) ทั้งนี้ความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิง (h) หาได้จากผลรวมระหว่างความสูงของวัตถุจากปลายสปริงกับระยะที่สปริงหดสั้นมากที่สุด ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่สปริงหดสั้นมากที่สุด ซึ่งมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ($E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$) 4) หาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดโดยใช้กฎของฮุก (F=kx) 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (ข้อ 6 - 10) สำหรับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานฉบับที่ 1

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 6 สมหมายออกแรง 20 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้นเอียง ดึงกล่องมวล 2 กิโลกรัม ที่หยุดนิ่งจากปลายล่างขึ้นพื้นเอียงลื่นซึ่งทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ เป็นเวลา 4 วินาที จงหางานที่สมหมายใช้ในการดึงกล่องในหน่วยจูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องและเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาความเร่งของกล่องโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 3) หาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ในเวลา 4 วินาที โดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ 4) หางานของแรงดึงโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหางาน	1.00	-
โจทย์ปัญหาข้อ 7 วิชาออกแรงในแนวราบผลักกล่องมวล 15 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง เท่ากับ 0.6 ด้วยความเร็วคงที่เป็นเวลา 7 วินาที หากวิชาใช้กำลังในการผลักกล่อง 450 วัตต์ จงหาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ในหน่วยเมตร		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องและแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาขนาดของแรงผลักโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 3) หาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่โดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหากำลัง	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 8 วัตถุมวล 10 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่นด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต่อมามีแรงคงที่ F กระทำต่อวัตถุนาน 2 วินาที ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น 20 เมตรต่อวินาที ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุหลังจากถูกแรง F กระทำ เพิ่มขึ้นจากเดิม 1,500 จูล จงหาขนาดของแรง F ในหน่วยนิวตัน		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำจากผลต่างระหว่างพลังงานจลน์หลังถูกแรงกระทำและพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำ 3) หาความเร็วต้นของวัตถุจากสมการที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานจลน์ 4) หาความเร่งของวัตถุโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ 5) หาขนาดของแรง F โดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 9 มวล 1 กิโลกรัม ติดกับสปริงอยู่บนพื้นราบลื่น เมื่อกดมวลให้สปริงหดสั้นกว่าเดิม 10 เซนติเมตร เพื่อดีดมวลให้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ เท่ากับ 0.2 หากพื้นราบขรุขระยาว 1 เมตร และสปริงมีค่าคงตัวเท่ากับ 2,000 นิวตันต่อเมตร จงหาว่ามวลนี้เคลื่อนที่ออกจากพื้นราบขรุขระด้วยความเร็วกี่เมตรต่อวินาที		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาความเร็วของวัตถุโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของวัตถุเมื่อสปริงหดสั้น 10 เซนติเมตร ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่วัตถุเคลื่อนที่ออกจากพื้นราบขรุขระ	1.00	-
โจทย์ปัญหาข้อ 10 ปล่อยวัตถุมวล 1.5 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้น 3.5 เมตร ให้ตกลงบนสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่งยาว 150 เซนติเมตร ทำให้สปริงหดสั้นลง จงหาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดในหน่วยนิวตัน เมื่อสปริงมีค่าคงตัว 90 นิวตันต่อเมตร		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2) กำหนดระดับอ้างอิง โดยกำหนดให้ระดับที่สปริงหดสั้นมากที่สุดเป็นระดับอ้างอิง 3) หาระยะที่สปริงหดสั้นมากที่สุดโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุ ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่สปริงหดสั้นมากที่สุด 4) หาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดโดยใช้กฎของฮุก	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (ข้อ 1 - 5) สำหรับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงาน ฉบับที่ 2

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 1 สมศักดิ์ออกแรงลากวัตถุมวล 10 กิโลกรัม ขนานกับพื้นราบ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่บนพื้นราบด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะ 3 เมตร ถ้างานเนื่องจากแรงลากวัตถุมีค่า 210 จูล จงหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล ระยะทาง และงานเนื่องจากแรงลาก ซึ่งโจทย์ต้องการทราบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อวัตถุ ดังนี้ แรงลาก แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ 3) หาขนาดของแรงลากโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหางาน (W=Fs) 4) หาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 ($\sum F = 0$) โดยแรงที่นำมาคำนวณ คือ แรงลาก และแรงเสียดทาน 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ” -เปลี่ยน W=FS เป็น ($W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 2 วิจารณ์ออกแรงในแนวราบเพื่อลากกล่องมวล 10 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วเป็น 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง เท่ากับ 0.5 หากออกแรงลากกล่องเป็นเวลา 5 วินาที จงหากำลังของวิจารณ์ที่ใช้ในการลากกล่องในหน่วยวัตต์		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล ความเร็วต้น ความเร็วปลาย สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง และเวลา ซึ่งโจทย์ต้องการทราบกำลังของวิจารณ์ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อกล่อง ดังนี้ แรงลากกล่อง แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันกล่อง 3) หาระยะทางที่วิจารณ์ลากกล่องโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ $(s = (\frac{u+v}{2})t)$ 4) หาความเร่งของกล่องโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ (v=u+at) 5) หาแรงที่วิจารณ์ใช้ในการลากกล่องโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ($\sum F = ma$) ซึ่งแรงที่มีทิศเดียวกับความเร่งมีค่าเป็นบวก ส่วนแรงที่มีทิศตรงข้ามกับความเร่งมีค่าเป็นลบ 6) หากำลังของวิจารณ์โดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหากำลัง $(P = \frac{Fs}{t})$ 7) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันกล่อง” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อกล่อง” -เปลี่ยน $(P = \frac{Fs}{t})$ เป็น $(P = \frac{W}{t}$ โดยที่ $W = Fs\cos\theta)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 3 ปาก้อนหินมวล 3 กิโลกรัม จากพื้นให้เคลื่อนที่ขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยความเร็ว 25 เมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที จงหาว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงของก้อนหินเพิ่มขึ้นจากเดิมกี่จูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของก้อนหิน โดยโจทย์กำหนดมวล ความเร็วต้น และเวลา ซึ่งโจทย์ต้องการทราบพลังงานศักย์โน้มถ่วงของก้อนหินที่เพิ่มขึ้น 2) หาระยะทางที่ก้อนหินเคลื่อนที่ได้ในเวลา 2 วินาที โดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ ($s = ut + \frac{1}{2}gt^2$) 3) หาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของก้อนหินที่เพิ่มขึ้นจากผลต่างระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงหลังปาก้อนหิน 2 วินาที และพลังงานศักย์โน้มถ่วงก่อนปาก้อนหิน ($\Delta E_p = E_{p_2} - E_{p_1}$) โดยความสูงของก้อนหินหลังปาก้อนหิน 2 วินาที คือ ระยะทางที่ก้อนหินเคลื่อนที่ได้ 4) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 4 นำมวล 3 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนพื้นราบลื่น ยึดติดกับสปริง แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งยึดกับกำแพง เมื่อดึงมวลออกจากตำแหน่งสมดุล 20 เซนติเมตร พบว่าต้องใช้แรงดึง 400 นิวตัน หากเปลี่ยนเป็นมวล 5 กิโลกรัม แล้วดึงมวลออกจากตำแหน่งสมดุล 12 เซนติเมตร ให้เคลื่อนที่กลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุลบนพื้นราบลื่น จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงตัวดังกล่าว เมื่อมวลอยู่ที่ตำแหน่งปลายสุดในหน่วยจูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดสถานการณ์มาให้ 2 สถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ที่ 1 โจทย์กำหนดมวล ระยะยืด และแรงดึง เพื่อใช้ในการหาค่าคงตัวสปริง ส่วนสถานการณ์ที่ 2 โจทย์กำหนดมวล ระยะยืด เพื่อใช้ในการหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นซึ่งเป็นสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ โดยสถานการณ์ที่ 1 แรงที่กระทำต่อวัตถุ คือ แรงดึง ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้สปริงยืดออก น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ ส่วนสถานการณ์ที่ 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุ คือ น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ 3) หาค่าคงตัวสปริงจากสถานการณ์ที่ 1 โดยใช้กฎของฮุก (F=kx) 4) หาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นจากสถานการณ์ที่ 2 โดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ($E_{ps}=\frac{1}{2}kx^2$) 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 5 ปล่อยวัตถุมวล 20 กิโลกรัม จากที่สูงเหนือพื้นดิน 16 เมตร วัตถุกระทบพื้นดินและจมลงไปในดิน ถ้าอากาศและดินมีแรงต้านเฉลี่ย 100 นิวตัน และ 700 นิวตัน ตามลำดับ จงหาว่าวัตถุจมลงไปในดินกี่เมตร		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยโจทย์กำหนดมวล ความสูงจากพื้น แรงต้านเฉลี่ยของอากาศ และแรงต้านเฉลี่ยของดิน ซึ่งโจทย์ต้องการทราบระยะที่จม 2) กำหนดระดับอ้างอิง โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่วัตถุจมลงไปในดินเป็นระดับอ้างอิง 3) หาระยะที่วัตถุจมลงในดินโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุ ซึ่งมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง (E_p=mgh) งานเนื่องจากแรงต้านอากาศ (W_f = -fs) และงานเนื่องจากแรงต้านของดิน (W_f = -fs) ทั้งนี้ความสูงจากระดับอ้างอิง (h) คือ ผลรวมระหว่างความสูงจากพื้นและระยะที่จม ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่วัตถุจมลงไปในดิน ซึ่งมีผลรวมของพลังงานเป็นศูนย์ 4) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-จาก งานเนื่องจากแรงต้านอากาศ (W_f= -fs) เปลี่ยน (W_f= -fs) เป็น ($W_{air} = Fs\cos\theta$) -จาก งานเนื่องจากแรงต้านของทราย (W_f= -fs) เปลี่ยน (W_f= -fs) เป็น ($W_{sand} = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 6 สมปองออกแรง 15 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้นเอียง ลากวัตถุมวล 3 กิโลกรัม ที่หยุดนิ่งลงจากพื้นเอียงลื่นซึ่งทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ เป็นเวลา 2 วินาที จงหางานที่สมปองใช้ในการลากวัตถุในหน่วยจูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดแรงลากวัตถุ มวล ความเร็วต้น และเวลา ซึ่งโจทย์ต้องการทราบงานของแรงที่ใช้ในการลากวัตถุ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อวัตถุ ดังนี้ แรงลากวัตถุ น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ จากนั้นจึงแยกน้ำหนักเข้าแกนที่ขนานกับพื้นเอียงและแกนที่ตั้งฉากกับพื้นเอียง โดยน้ำหนักทำมุม 30 องศา กับแกนที่ตั้งฉากกับพื้นเอียง 3) หาความเร่งของวัตถุโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ($\sum F = ma$) ซึ่งแรงที่มีทิศเดียวกับความเร่งมีค่าเป็นบวก ส่วนแรงที่มีทิศตรงข้ามกับความเร่งมีค่าเป็นลบ 4) หาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ในเวลา 2 วินาที โดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ ($s = ut + \frac{1}{2}at^2$) 5) หางานของแรงที่ใช้ในการลากวัตถุโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหางาน (W=Fs) 6) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ” -เปลี่ยน (W=Fs) เป็น ($W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 7 วิภาวีออกแรงในแนวราบดึงกล่องมวล 4 กิโลกรัม ไปตามพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง เท่ากับ 0.2 ด้วยความเร็วคงที่ ทำให้กล่องเคลื่อนที่ได้ 65 เมตร ในเวลา 10 วินาที จงหากำลังของวิภาวีที่ใช้ในการดึงกล่องในหน่วยวัตต์		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง ระยะทาง และเวลา ซึ่งโจทย์ต้องการทราบกำลังของวิภาวี 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อกล่อง ดังนี้ แรงดึง แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันกล่อง 3) หาขนาดของแรงดึงโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 ($\sum F = 0$) โดยแรงที่นำมาคำนวณ คือ แรงดึง และแรงเสียดทาน 4) หากำลังของวิภาวีโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหากำลัง ($P = \frac{Fs}{t}$) 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันกล่อง” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อกล่อง” -เปลี่ยน ($P = \frac{Fs}{t}$) เป็น ($P = \frac{W}{t}$ โดยที่ $W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 8 วัตถุมวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่นด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต่อมามีแรงคงที่ F กระทำต่อวัตถุนาน 5 วินาที ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น 10 เมตรต่อวินาที ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุหลังจากถูกแรง F กระทำ ลดลงจากเดิม 750 จูล จงหาขนาดของแรง F ในหน่วยนิวตัน		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล เวลา ความเร็วปลาย และพลังงานจลน์ที่ลดลง ซึ่งโจทย์ต้องการทราบขนาดของแรง F 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อวัตถุ ดังนี้ แรง F น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ 3) หาพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำจากผลต่างระหว่างพลังงานจลน์หลังถูกแรงกระทำและพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำ ($\Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1}$) 4) หาความเร็วต้นของวัตถุจากสมการที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานจลน์ ($E_{k_1} = \frac{1}{2}mu^2$) 5) หาความเร่งของวัตถุโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ (v=u+at) 6) หาขนาดของแรง F โดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ($\sum F = ma$) ซึ่งแรงที่มีทิศเดียวกับความเร่งมีค่าเป็นบวก ส่วนแรงที่มีทิศตรงข้ามกับความเร่งมีค่าเป็นลบ 7) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 9 มวล 2 กิโลกรัม ติดกับสปริงอยู่บนพื้นราบลื่น เมื่อกดมวลให้สปริงหดสั้นกว่าเดิม 20 เซนติเมตร เพื่อดีดมวลให้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ เท่ากับ 0.4 หากสปริงมีค่าคงตัว เท่ากับ 1,000 นิวตันต่อเมตร จงว่ามวลนี้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระได้มากที่สุดกี่เมตร		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ โดยโจทย์กำหนดมวล ระยะหดของสปริง สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ และค่าคงตัวสปริง ซึ่งโจทย์ต้องการทราบระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ 2) วาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งเขียนแผนภาพวัตถุอิสระโดยมีแรงที่กระทำต่อวัตถุขณะเคลื่อนที่บนพื้นราบขรุขระ ดังนี้ แรงเสียดทาน น้ำหนัก และแรงที่พื้นดันวัตถุ 3) หาระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในพื้นราบขรุขระโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของวัตถุเมื่อสปริงหดสั้น 20 เซนติเมตร ซึ่งมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ($E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$) และงานเนื่องจากแรงเสียดทาน ($W_f = -fs$) ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่วัตถุหยุดการเคลื่อนที่บนพื้นราบขรุขระซึ่งมีผลรวมของพลังงานเป็นศูนย์ 4) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-เปลี่ยนคำว่า “แรงที่พื้นดันวัตถุ” เป็น “แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ” -เปลี่ยน ($W_f = -fs$) เป็น ($W = Fs\cos\theta$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 10 ปล่อยวัตถุมวล 2 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้น 2.5 เมตร ให้ตกลงบนสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่งยาว 50 เซนติเมตร ทำให้สปริงหดสั้นลงเหลือ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดในหน่วยนิวตัน		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยโจทย์กำหนดมวล ความสูงจากพื้น ความยาวของสปริงก่อนหดสั้น และความยาวของสปริงหลังหดสั้น ซึ่งโจทย์ต้องการทราบขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุด 2) กำหนดระดับอ้างอิง โดยกำหนดให้ระดับที่สปริงหดสั้นมากที่สุดเป็นระดับอ้างอิง 3) หาค่าคงตัวสปริงโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน ($\sum E_1 = \sum E_2$) โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุ ซึ่งมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง ($E_p=mgh$) ทั้งนี้ความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิง (h) หาได้จากผลรวมระหว่างความสูงของวัตถุจากปลายสปริงกับระยะที่สปริงหดสั้นมากที่สุด ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่สปริงหดสั้นมากที่สุด ซึ่งมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ($E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$) 4) หาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดโดยใช้กฎของฮุก ($F=kx$) 5) ในการคำนวณควรจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปอย่างง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แล้วจึงแทนค่าตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องระวัง คือ ต้องแทนค่าตัวแปรในหน่วย SI	1.00	-

4. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (ข้อ 6 - 10) สำหรับแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานและพลังงานฉบับที่ 2

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 6 สมปองออกแรง 15 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้นเอียง ลากวัตถุมวล 3 กิโลกรัม ที่หยุดนิ่งลงจากพื้นเอียงลื่นซึ่งทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ เป็นเวลา 2 วินาที จงหางานที่สมปองใช้ในการลากวัตถุในหน่วยจูล		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาความเร่งของวัตถุโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 3) หาระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ในเวลา 2 วินาที โดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ 4) หางานของแรงที่ใช้ในการลากวัตถุโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหางาน	1.00	-
โจทย์ปัญหาข้อ 7 วิภาวีออกแรงในแนวราบดึงกล่องมวล 4 กิโลกรัม ไปตามพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับกล่อง เท่ากับ 0.2 ด้วยความเร็วคงที่ ทำให้กล่องเคลื่อนที่ได้ 65 เมตร ในเวลา 10 วินาที จงหากำลังของวิภาวีที่ใช้ในการดึงกล่องในหน่วยวัตต์		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของกล่องและเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาขนาดของแรงดึงโดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 3) หากำลังของวิภาวีโดยใช้สมการที่ใช้ในการคำนวณหากำลัง	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 8 วัตถุมวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่นด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต่อมามีแรงคงที่ F กระทำต่อวัตถุนาน 5 วินาที ทำให้วัตถุมีความเร็วเป็น 10 เมตรต่อวินาที ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุหลังจากถูกแรง F กระทำ ลดลงจากเดิม 750 จูล จงหาขนาดของแรง F ในหน่วยนิวตัน		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำจากผลต่างระหว่างพลังงานจลน์หลังถูกแรงกระทำและพลังงานจลน์ก่อนถูกแรงกระทำ 3) หาความเร็วต้นของวัตถุจากสมการที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานจลน์ 4) หาความเร่งของวัตถุโดยใช้สมการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวราบ 5) หาขนาดของแรง F โดยใช้สมการกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลย้อนกลับ	IOC	ข้อเสนอแนะ
โจทย์ปัญหาข้อ 9 มวล 2 กิโลกรัม ติดกับสปริงอยู่บนพื้นราบลื่น เมื่อกดมวลให้สปริงหดสั้นกว่าเดิม 20 เซนติเมตร เพื่อดีดมวลให้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ เท่ากับ 0.4 หากสปริงมีค่าคงตัว เท่ากับ 1,000 นิวตันต่อเมตร จงว่ามวลนี้เคลื่อนที่เข้าไปในพื้นราบขรุขระได้มากที่สุดกี่เมตร		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ 2) หาระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในพื้นราบขรุขระโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของวัตถุเมื่อสปริงหดสั้น 20 เซนติเมตร ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่วัตถุหยุดการเคลื่อนที่บนพื้นราบขรุขระ	1.00	-
โจทย์ปัญหาข้อ 10 ปล่อยวัตถุมวล 2 กิโลกรัม จากที่สูงจากพื้น 2.5 เมตร ให้ตกลงบนสปริงที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่งยาว 50 เซนติเมตร ทำให้สปริงหดสั้นลงเหลือ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดในหน่วยนิวตัน		
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมทั้งวาดภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2) กำหนดระดับอ้างอิง โดยกำหนดให้ระดับที่สปริงหดสั้นมากที่สุดเป็นระดับอ้างอิง 3) หาค่าคงตัวสปริงโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุ ส่วนตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งที่สปริงหดสั้นมากที่สุด 4) หาขนาดของแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุมากที่สุดโดยใช้กฎของฮุก	1.00	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. ระดับความคิดเห็นของนักเรียนต่อโปรแกรมการทดสอบ (*n* = 37)

รายการ	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง *n* (%)	ไม่เห็นด้วย *n* (%)	เห็นด้วย *n* (%)	เห็นด้วยอย่างยิ่ง *n* (%)
รูปแบบของโปรแกรม (*M* = 3.25, *SD* = 0.52)				
โปรแกรมการทดสอบมีความน่าสนใจ	1 (2.70)	1 (2.70)	20 (54.05)	15 (40.54)
ข้อความในโปรแกรมการทดสอบมีความชัดเจน	0 (0.00)	5 (13.51)	18 (48.65)	14 (37.84)
โปรแกรมการทดสอบมีการจัดแบ่งพื้นที่สำหรับข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับได้เหมาะสม	0 (0.00)	6 (16.22)	23 (62.16)	8 (21.62)
โปรแกรมการทดสอบมีเมนูที่จำเป็นสำหรับการใช้งานครบถ้วน	0 (0.00)	2 (5.41)	19 (51.35)	16 (43.24)
การใช้งานโปรแกรม (*M* = 3.29, *SD* = 0.46)				
เข้าใช้งานโปรแกรมการทดสอบได้อย่างสะดวก	1 (2.70)	2 (5.41)	21 (56.76)	13 (35.14)
เมนูในโปรแกรมการทดสอบใช้งานได้ง่าย	0 (0.00)	1 (2.70)	20 (54.05)	16 (43.24)
โปรแกรมแสดงผลการตอบคำถามได้อย่างรวดเร็ว	0 (0.00)	1 (2.70)	17 (45.95)	19 (51.35)
ไม่เกิดปัญหาในการใช้โปรแกรมการทดสอบ	2 (5.41)	9 (24.32)	12 (32.43)	14 (37.84)
คำชี้แจงในการทำแบบสอบ (*M* = 3.28, *SD* = 0.52)				
คำชี้แจงในการทำแบบสอบอ่านเข้าใจง่าย	0 (0.00)	2 (5.41)	25 (67.57)	10 (27.03)
คำชี้แจงในการทำแบบสอบให้รายละเอียดเป็นลำดับขั้น	0 (0.00)	3 (8.11)	20 (54.05)	14 (37.84)
ตัวอย่างการตอบคำถามช่วยให้เข้าใจการตอบคำถามมากขึ้น	0 (0.00)	4 (10.81)	16 (43.24)	17 (45.95)
รวม (*M* = 3.27, *SD* = 0.42)	4 (0.98)	36 (8.85)	211 (51.83)	156 (38.33)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ระดับความคิดเห็นของนักเรียนต่อข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ข้อ 1 - 5 สำหรับแบบสอบฉบับที่ 1 (*n* = 15)

	ข้อมูลย้อนกลับอ่านเข้าใจง่าย				ข้อมูลย้อนกลับเป็นประโยชน์			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ข้อสอบ	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)
1	0 (0.00)	1 (6.67)	10 (66.67)	4 (26.67)	0 (0.00)	1 (6.67)	11 (73.33)	3 (20.00)
2	0 (0.00)	1 (6.67)	9 (60.00)	5 (33.33)	0 (0.00)	2 (13.33)	7 (46.67)	6 (40.00)
3	0 (0.00)	2 (13.33)	8 (53.33)	5 (33.33)	0 (0.00)	4 (26.67)	6 (40.00)	5 (33.33)
4	0 (0.00)	0 (0.00)	11 (73.33)	4 (26.67)	0 (0.00)	2 (13.33)	10 (66.67)	3 (20.00)
5	0 (0.00)	0 (0.00)	14 (93.33)	1 (6.67)	0 (0.00)	2 (13.33)	12 (80.00)	1 (6.67)
รวม	0 (0.00)	4 (5.33)	52 (69.33)	19 (25.33)	0 (0.00)	11 (14.67)	46 (61.33)	18 (24.00)

7. ระดับความคิดเห็นของนักเรียนต่อข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (ข้อ 6 - 10) สำหรับแบบสอบฉบับที่ 1 (*n* = 8)

	ข้อมูลย้อนกลับอ่านเข้าใจง่าย				ข้อมูลย้อนกลับเป็นประโยชน์			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ข้อสอบ	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)
6	0 (0.00)	1 (12.50)	6 (75.00)	1 (12.50)	0 (0.00)	1 (12.50)	5 (62.50)	2 (25.00)
7	0 (0.00)	1 (12.50)	6 (75.00)	1 (12.50)	0 (0.00)	1 (12.50)	6 (75.00)	1 (12.50)
8	0 (0.00)	0 (0.00)	6 (75.00)	2 (25.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	7 (87.50)	1 (12.50)
9	0 (0.00)	1 (12.50)	5 (62.50)	2 (25.00)	0 (0.00)	1 (12.50)	6 (75.00)	1 (12.50)
10	0 (0.00)	1 (12.50)	6 (75.00)	1 (12.50)	0 (0.00)	1 (12.50)	6 (75.00)	1 (12.50)
รวม	0 (0.00)	4 (10.00)	29 (72.50)	7 (17.50)	0 (0.00)	4 (10.00)	30 (75.00)	6 (15.00)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. ระดับความคิดเห็นของนักเรียนต่อข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (ข้อ 6 - 10) สำหรับแบบสอบฉบับที่ 1 (*n* = 7)

	ข้อมูลย้อนกลับอ่านเข้าใจง่าย				ข้อมูลย้อนกลับเป็นประโยชน์			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ข้อสอบ	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)
6	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (71.43)	2 (28.57)	0 (0.00)	3 (42.86)	3 (42.86)	1 (14.29)
7	0 (0.00)	0 (0.00)	6 (85.71)	1 (14.29)	0 (0.00)	1 (14.29)	6 (85.71)	0 (0.00)
8	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (71.43)	2 (28.57)	0 (0.00)	4 (57.14)	3 (42.86)	0 (0.00)
9	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (71.43)	2 (28.57)	0 (0.00)	3 (42.86)	4 (57.14)	0 (0.00)
10	0 (0.00)	0 (0.00)	4 (57.14)	3 (42.86)	0 (0.00)	2 (28.57)	5 (71.43)	0 (0.00)
รวม	0 (0.00)	0 (0.00)	25 (71.43)	10 (28.57)	0 (0.00)	13 (37.14)	21 (60.00)	1 (2.86)

9. ระดับความคิดเห็นของนักเรียนต่อข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ และข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง ข้อ 1 - 5 สำหรับแบบสอบฉบับที่ 2 (*n* = 14)

	ข้อมูลย้อนกลับอ่านเข้าใจง่าย				ข้อมูลย้อนกลับเป็นประโยชน์			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ข้อสอบ	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)
1	0 (0.00)	0 (0.00)	7 (50.00)	7 (50.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	7 (50.00)	7 (50.00)
2	0 (0.00)	0 (0.00)	6 (42.86)	8 (57.14)	0 (0.00)	0 (0.00)	6 (42.86)	8 (57.14)
3	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (21.43)	11 (78.57)	0 (0.00)	0 (0.00)	6 (42.86)	8 (57.14)
4	0 (0.00)	1 (7.14)	4 (28.57)	9 (64.29)	0 (0.00)	1 (7.14)	4 (28.57)	9 (64.29)
5	0 (0.00)	1 (7.14)	6 (42.86)	7 (50.00)	0 (0.00)	2 (14.29)	6 (42.86)	6 (42.86)
รวม	0 (0.00)	2 (2.86)	26 (37.14)	42 (60.00)	0 (0.00)	3 (4.29)	29 (41.43)	38 (54.29)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. ระดับความคิดเห็นของนักเรียนต่อข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ (ข้อ 6 - 10) สำหรับแบบสอบฉบับที่ 2 (*n* = 6)

	ข้อมูลย้อนกลับอ่านเข้าใจง่าย				ข้อมูลย้อนกลับเป็นประโยชน์			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ข้อสอบ	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)
6	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (33.33)	4 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	4 (66.67)	2 (33.33)
7	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (33.33)	4 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (50.00)	3 (50.00)
8	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (50.00)	3 (50.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (33.33)	4 (66.67)
9	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (33.33)	4 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (50.00)	3 (50.00)
10	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (33.33)	4 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	3 (50.00)	3 (50.00)
รวม	0 (0.00)	0 (0.00)	11 (36.67)	19 (63.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	15 (50.00)	15 (50.00)

11. ระดับความคิดเห็นของนักเรียนต่อข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง (ข้อ 6 - 10) สำหรับแบบสอบฉบับที่ 2 (*n* = 8)

	ข้อมูลย้อนกลับอ่านเข้าใจง่าย				ข้อมูลย้อนกลับเป็นประโยชน์			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ข้อสอบ	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)	*n* (%)
6	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (25.00)	6 (75.00)	0 (0.00)	3 (37.50)	5 (62.50)	0 (0.00)
7	0 (0.00)	0 (0.00)	4 (50.00)	4 (50.00)	1 (12.50)	3 (37.50)	4 (50.00)	0 (0.00)
8	0 (0.00)	0 (0.00)	4 (50.00)	4 (50.00)	1 (12.50)	3 (37.50)	4 (50.00)	0 (0.00)
9	0 (0.00)	0 (0.00)	2 (25.00)	6 (75.00)	1 (12.50)	4 (50.00)	3 (37.50)	0 (0.00)
10	0 (0.00)	0 (0.00)	4 (50.00)	4 (50.00)	0 (0.00)	5 (62.50)	3 (37.50)	0 (0.00)
รวม	0 (0.00)	0 (0.00)	16 (40.00)	24 (60.00)	3 (7.50)	18 (45.00)	19 (47.50)	0 (0.00)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
โปรแกรมการทดสอบเรื่องงานและพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โปรแกรมการทดสอบเรื่องงานและพลังงานมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ (1) หน้าลงทะเบียน (2) คำชี้แจงในการทำแบบสอบ (3) ตัวอย่างการตอบคำถาม (4) พื้นที่ในการทำแบบสอบ ซึ่งแบ่งเป็นแถบเครื่องมือ พื้นที่สำหรับโจทย์ปัญหาและการตอบคำถาม ผลการตอบคำถาม และข้อมูลย้อนกลับ และ (5) หน้าสรุปผลคะแนนสอบ โปรแกรมการทดสอบแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หน้าลงทะเบียน

ก่อนเข้าทำแบบสอบ นักเรียนจะต้องกรอกข้อมูลตามรายละเอียดในบัตรประจำตัวผู้สอบลงในช่องว่างของหน้าลงทะเบียน และเลือกรูปแบบการทดสอบให้ถูกต้อง ดังภาพ 1 ถ้านักเรียนเลือกรูปแบบการทดสอบตรงกับที่กำหนดไว้ โปรแกรมการทดสอบจะอนุญาตให้นักเรียนเข้าไปทำแบบสอบ ดังภาพ 2 แต่ถ้านักเรียนเลือกรูปแบบการทดสอบไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ โปรแกรมการทดสอบจะมีข้อความเตือนให้นักเรียนเลือกรูปแบบการทดสอบให้ถูกต้อง ดังภาพ 3 โดยนักเรียนจะต้องเลือกรูปแบบการทดสอบให้ถูกต้อง จึงจะสามารถเข้าไปทำแบบสอบได้

ภาพ 1 หน้าลงทะเบียน

ภาพ 2 หน้าต่างโปรแกรมการทดสอบเมื่อเลือกรูปแบบการทดสอบตรงกับที่กำหนด

ภาพ 3 หน้าต่างโปรแกรมการทดสอบเมื่อเลือกรูปแบบการทดสอบไม่ตรงกับที่กำหนด

2. คำชี้แจงในการทำแบบสอบ

คำชี้แจงในการทำแบบสอบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) คำชี้แจงทั่วไป เป็นคำชี้แจงเกี่ยวกับการทำแบบสอบโดยทั่วไป ซึ่งมีรายละเอียดเหมือนกันทั้ง 6 รูปแบบ และ (2) คำชี้แจงเฉพาะรูปแบบการทดสอบ เป็นคำชี้แจงเกี่ยวกับการทำแบบสอบของรูปแบบการทดสอบแต่ละ 6 รูปแบบ

ภาพ 4 คำชี้แจงทั่วไป

ภาพ 5 คำชี้แจงสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 1

ภาพ 6 คำชี้แจงสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 2

ภาพ 7 คำชี้แจงสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 3

ภาพ 8 คำชี้แจงสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 4

ภาพ 9 คำชี้แจงสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 5

ภาพ 10 คำชี้แจงสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 6

3. ตัวอย่างการตอบคำถาม

ก่อนการทดสอบ โปรแกรมการทดสอบจะให้นักเรียนทดลองตอบคำถามเพื่อพิจารณาการตอบกลับของโปรแกรมการทดสอบเมื่อตอบคำถามถูกและผิด พร้อมทั้งพิจารณารายละเอียดของข้อมูลย้อนกลับที่จะได้รับเมื่อตอบคำถามผิด โดยโปรแกรมการทดสอบจะให้นักเรียนทดลองตอบคำถามทั้งที่มีผลการตอบคำถามถูกและผิด ซึ่งโปรแกรมการทดสอบจะให้ข้อเสนอแนะในการกรอกคำตอบ ดังภาพ 11

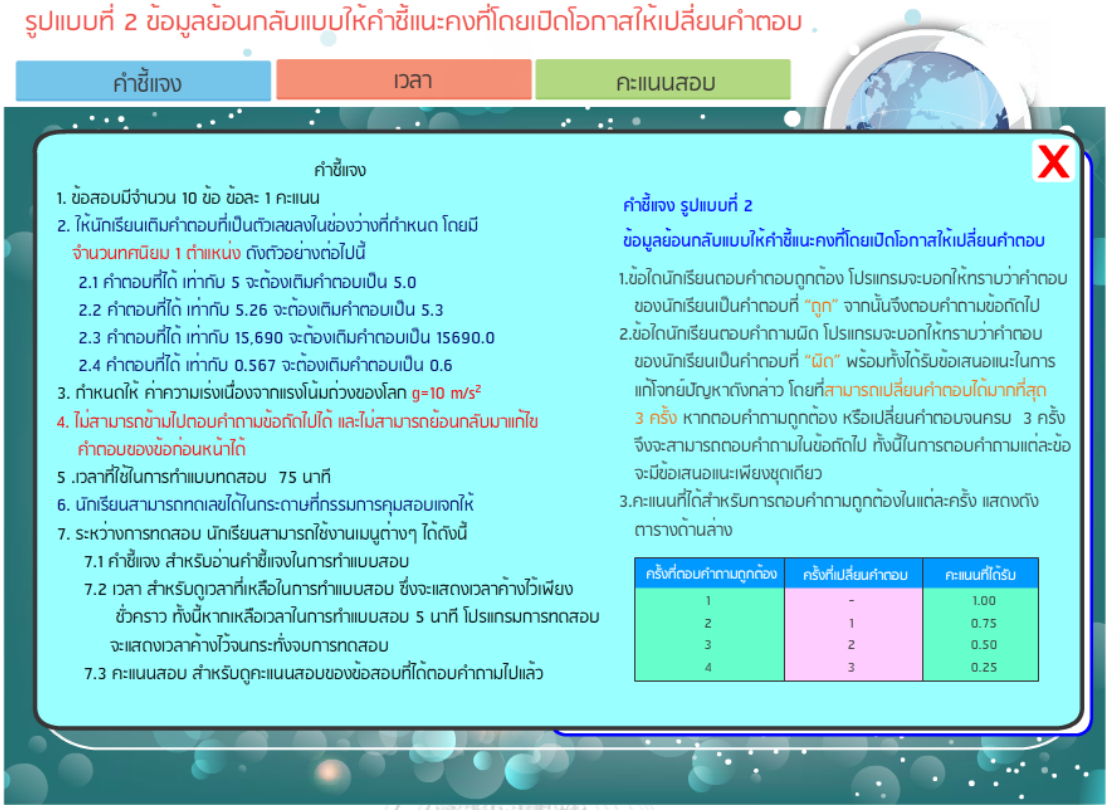
ภาพ 11 ตัวอย่างการทดลองตอบคำถามก่อนการทดสอบ

4. พื้นที่ในการทำแบบสอบ

หน้าต่างของโปรแกรมการทดสอบขณะทำแบบสอบแสดงดังภาพ 12 ซึ่งประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่ (1) คำชี้แจง เป็นคำชี้แจงในการทำแบบสอบ เพื่อให้นักเรียนเข้าไปอ่านคำชี้แจงในการทำแบบสอบหากลืมคำชี้แจงที่ได้อ่านก่อนการทำแบบสอบ ดังภาพ 13 (2) เวลา เป็นเวลาในการทำแบบสอบ นักเรียนสามารถกดที่เมนูดังกล่าวเพื่อดูเวลาที่เหลือในการทำแบบสอบ โดยจะแสดงเวลาเพียงชั่วคราว

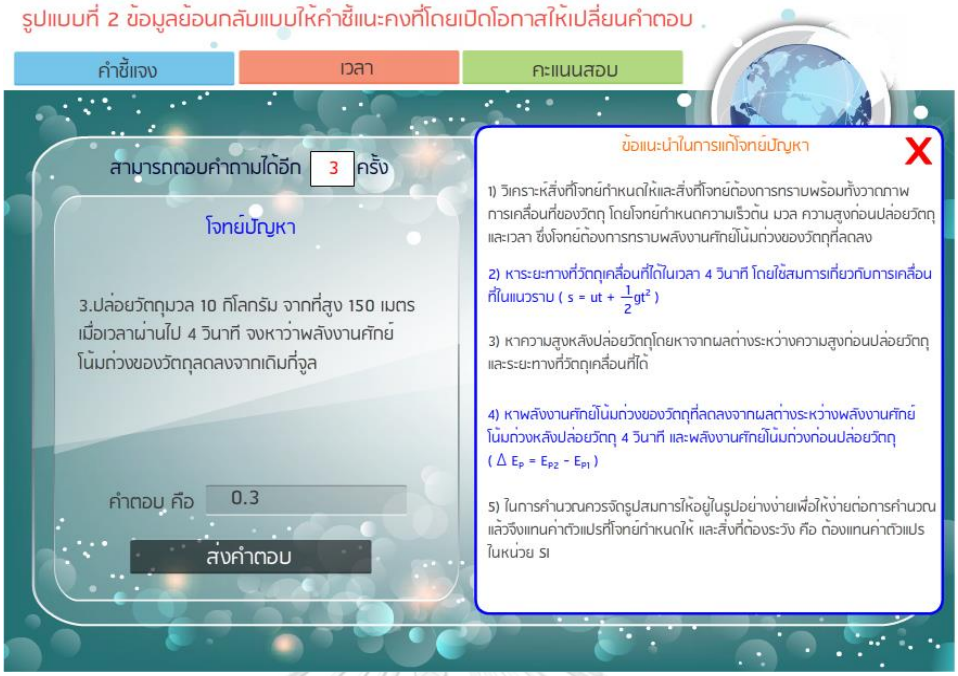
เท่านั้น แต่ถ้าหากเหลือเวลาในการทำแบบสอบ 5 นาที โปรแกรมการทดสอบจะแสดงเวลาไว้ตลอดจนกระทั่งหมดเวลาในการทำแบบสอบ ดังเวลาด้านบนขวาของภาพ 12 (3) คะแนนสอบ สำหรับดูคะแนนที่ได้รับในแต่ละข้อระหว่างการทำแบบสอบ ดังภาพ 14 (4) พื้นที่สำหรับโจทย์ปัญหา และการตอบคำถาม ในการตอบคำถาม นักเรียนจะต้องกรอกคำตอบเฉพาะตัวเลขด้วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง และกดปุ่ม “ส่งคำตอบ” เพื่อส่งคำตอบ ถ้าหากนักเรียนกรอกคำตอบไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ โปรแกรมการทดสอบจะเตือนให้นักเรียนกรอกคำตอบด้วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง (5) ผลการตอบคำถาม หลังจากนักเรียนกดส่งคำตอบ โปรแกรมการทดสอบจะบอกผลการตอบคำถามว่า ถูก หรือ ผิด ในบริเวณนี้ สำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 1 - 4 จะมีปุ่ม “ข้อแนะนำเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา” เพื่อกดเข้าไปอ่านข้อมูลย้อนกลับ เมื่อตอบคำถามผิด ดังภาพ 15 ซึ่งนักเรียนจะต้องอ่านข้อมูลย้อนกลับให้จบก่อนจึงจะสามารถตอบคำถามใหม่ได้ (รูปแบบการทดสอบที่ 2 และ 4) โดยกดปุ่ม “ตอบคำถามอีกครั้ง” เพื่อตอบคำถามใหม่ และ (6) จำนวนครั้งที่เหลือในการตอบคำถาม สำหรับรูปแบบการทดสอบที่ 2, 4, และ 6 จะแสดงจำนวนครั้งที่เหลือในการตอบคำถามดังรายละเอียดด้านบนซ้ายของภาพ 12

ภาพ 12 หน้าต่างของโปรแกรมการทดสอบขณะทำแบบสอบ



ภาพ 13 ตัวอย่างรายละเอียดในเมนูคำชี้แจง

ภาพ 14 ตัวอย่างรายละเอียดในเมนูคะแนนสอบ



ภาพ 15 ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับ

5. หน้าสรุปผลคะแนนสอบ

หลังจากนักเรียนทำแบบสอบเสร็จสิ้นแล้ว โปรแกรมการทดสอบจะสรุปคะแนนรวมที่นักเรียนได้รับ และคะแนนรายข้อดังภาพ 16

ภาพ 16 หน้าสรุปผลคะแนนสอบ

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ Graded Response Model

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ผลการวิเคราะห์แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1

ข้อสอบทั้ง 10 ข้อ ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1 มีค่า β_1 อยู่ระหว่าง -0.38 ถึง 1.99 มีค่า β_2 อยู่ระหว่าง -0.22 ถึง 2.06 มีค่า β_3 อยู่ระหว่าง -0.10 ถึง 2.23 และมีค่า β_4 อยู่ระหว่าง 0.15 ถึง 2.26 โดยค่า β ของข้อสอบกระจายอยู่ในช่วงผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงโดยมีค่าเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมาก แสดงว่าข้อสอบส่วนใหญ่ค่อนข้างยาก ข้อสอบมีค่า α อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจซึ่งมีค่าระหว่าง 0.92 ถึง 1.59 ดังตาราง 1 โดยข้อสอบข้อที่ 5, 9 และ 10 มีค่าสารสนเทศของข้อสอบมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถสูง (θ มากกว่า 1) แสดงว่าข้อสอบจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถสูงได้ดี ส่วนข้อสอบที่เหลือมีค่าสารสนเทศของข้อสอบมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง (θ ระหว่าง -1 ถึง 1) ดังตาราง 2 และภาพ 1 แสดงว่าข้อสอบจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางได้ดี หากพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบพบว่า แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1 ให้สารสนเทศมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูง (θ มากกว่า -1) ดังภาพ 2 แสดงว่าแบบสอบฉบับนี้จำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงได้ดี

ตาราง 1

ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1

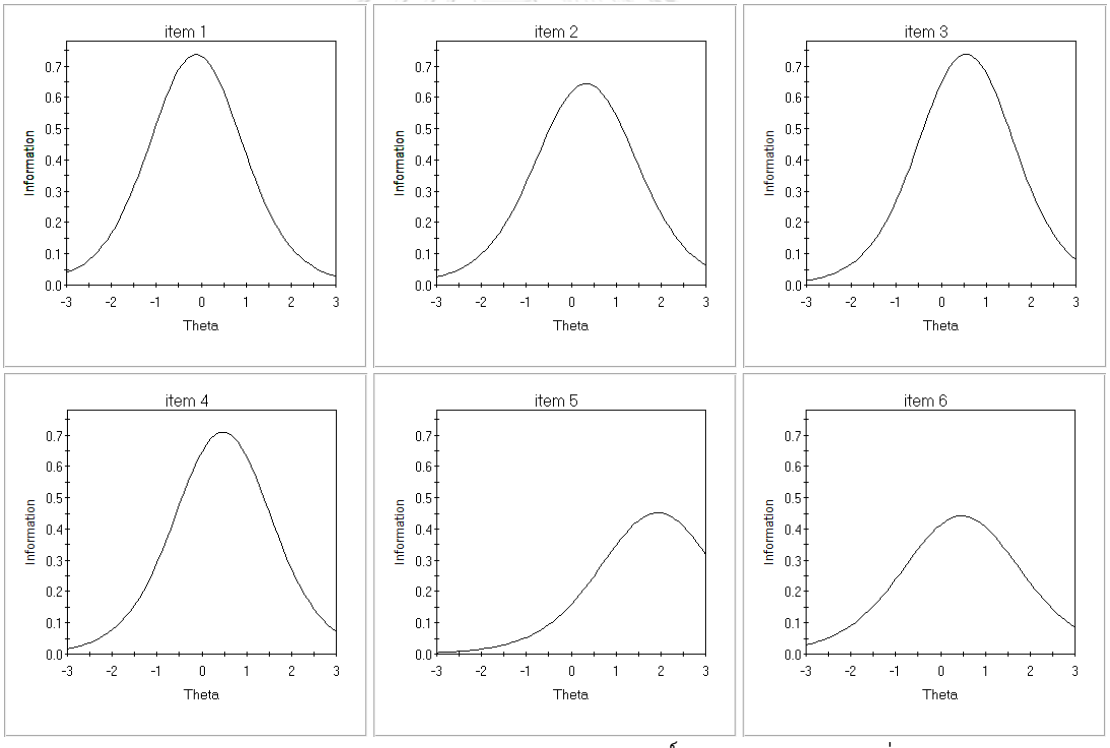
ข้อสอบ	α (*SE*)	β_1 (*SE*)	β_2 (*SE*)	β_3 (*SE*)	β_4 (*SE*)	χ^2	*df*	*p*
1	1.59 (0.21)	-0.38 (0.10)	-0.22 (0.09)	-0.10 (0.09)	0.15 (0.08)	91.98	49	< .001
2	1.48 (0.21)	0.02 (0.09)	0.11 (0.09)	0.34 (0.09)	0.64 (0.10)	79.46	51	.007
3	1.58 (0.23)	0.24 (0.08)	0.37 (0.09)	0.59 (0.09)	0.86 (0.11)	90.59	49	< .001
4	1.55 (0.22)	0.17 (0.09)	0.29 (0.09)	0.51 (0.09)	0.77 (0.12)	100.76	53	< .001
5	1.25 (0.27)	1.64 (0.25)	1.73 (0.27)	1.97 (0.31)	2.21 (0.36)	64.23	33	< .001
6	1.24 (0.19)	0.17 (0.09)	0.24 (0.10)	0.52 (0.10)	0.77 (0.12)	106.34	48	< .001
7	1.09 (0.17)	0.09 (0.10)	0.20 (0.10)	0.44 (0.11)	0.70 (0.13)	113.72	51	< .001
8	0.92 (0.14)	-0.31 (0.13)	0.83 (0.15)	1.05 (0.18)	1.35 (0.21)	156.57	57	< .001
9	1.08 (0.21)	1.53 (0.25)	1.66 (0.27)	1.95 (0.32)	2.15 (0.36)	69.46	39	.002
10	1.16 (0.28)	1.99 (0.36)	2.06 (0.37)	2.23 (0.41)	2.26 (0.42)	31.49	21	.066
-2loglikelihood (*df* = 50) = 7163.16, AIC = 7263.16, BIC = 7460.30								

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

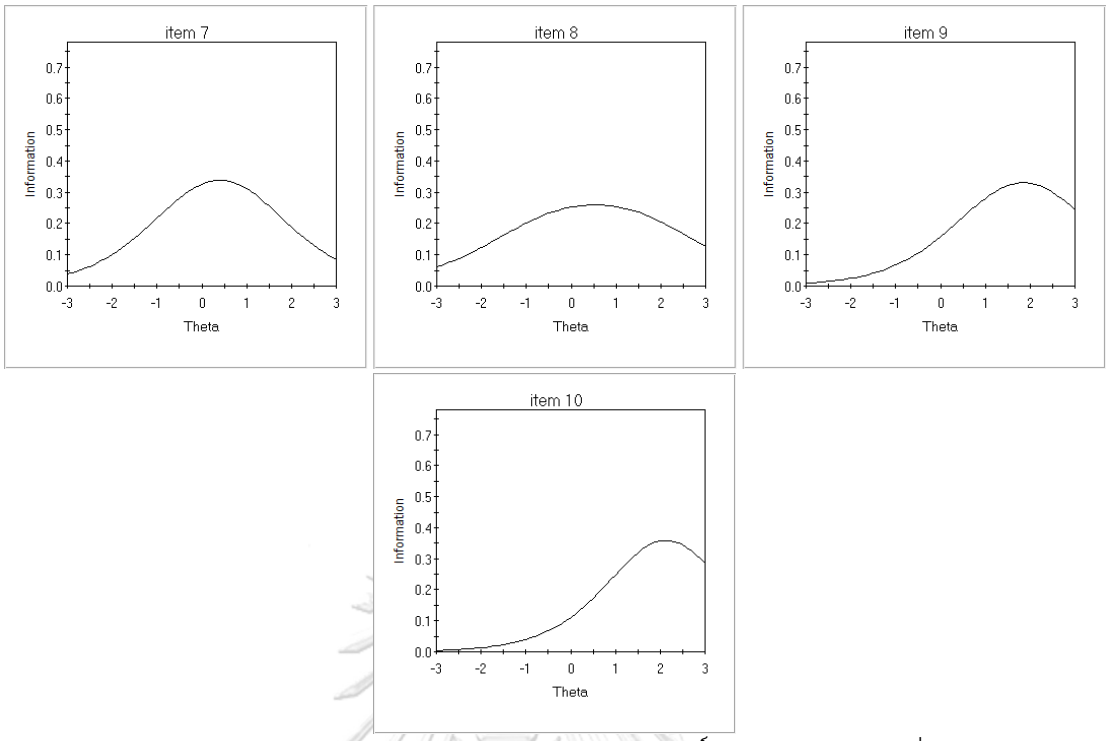
ตาราง 2

ค่าสารสนเทศของข้อสอบและค่าสารสนเทศของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1

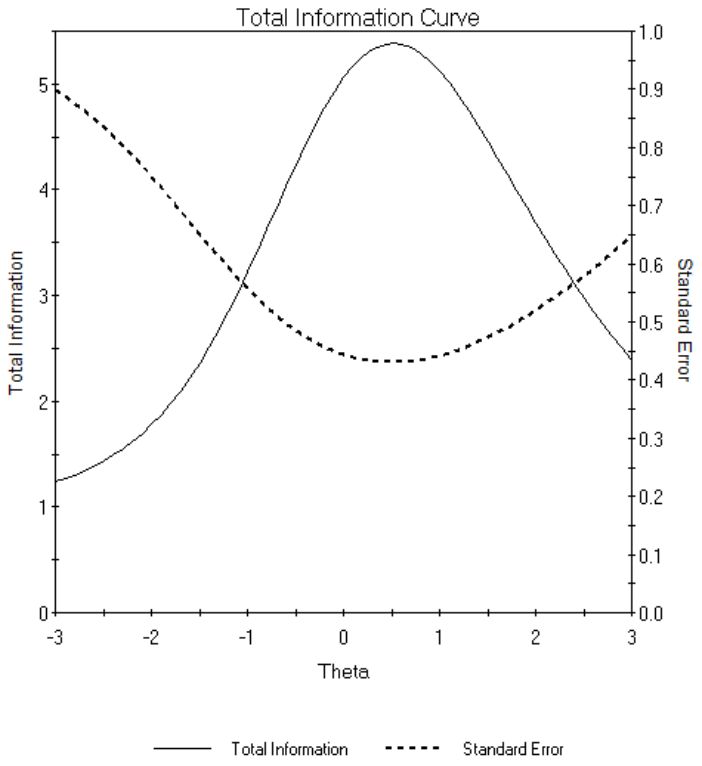
ข้อ	ระดับความสามารถ (θ)														
	-2.8	-2.4	-2.0	-1.6	-1.2	-0.8	-0.4	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8
1	0.05	0.09	0.17	0.28	0.43	0.59	0.71	0.73	0.65	0.50	0.34	0.21	0.12	0.07	0.04
2	0.03	0.06	0.10	0.17	0.27	0.39	0.52	0.62	0.64	0.59	0.48	0.35	0.23	0.14	0.08
3	0.02	0.04	0.07	0.12	0.21	0.34	0.50	0.65	0.73	0.72	0.62	0.46	0.31	0.19	0.11
4	0.02	0.04	0.08	0.14	0.23	0.36	0.52	0.65	0.71	0.68	0.57	0.42	0.27	0.16	0.09
5	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.07	0.11	0.16	0.23	0.31	0.38	0.44	0.45	0.42	0.36
6	0.04	0.06	0.09	0.14	0.20	0.28	0.35	0.41	0.44	0.43	0.38	0.30	0.23	0.16	0.11
7	0.05	0.07	0.10	0.14	0.19	0.24	0.29	0.33	0.34	0.33	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10
8	0.07	0.09	0.12	0.15	0.19	0.22	0.24	0.25	0.26	0.26	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14
9	0.01	0.02	0.02	0.04	0.06	0.08	0.11	0.16	0.21	0.26	0.30	0.33	0.33	0.31	0.27
10	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.11	0.16	0.22	0.28	0.33	0.36	0.35	0.31
TIF	1.30	1.49	1.78	2.22	2.85	3.62	4.43	5.06	5.37	5.29	4.89	4.30	3.69	3.11	2.61



ภาพ 1 โค้งสารสนเทศของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1



ภาพ 1 (ต่อ) โค้งสารสนเทศของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1



ภาพ 2 โค้งสารสนเทศของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2

ข้อสอบทั้ง 10 ข้อ ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2 มีค่า β_1 อยู่ระหว่าง -0.81 ถึง 1.91 มีค่า β_2 อยู่ระหว่าง -0.66 ถึง 2.13 มีค่า β_3 อยู่ระหว่าง -0.46 ถึง 2.27 และมีค่า β_4 อยู่ระหว่าง -0.19 ถึง 2.49 โดยค่า β ของข้อสอบกระจายอยู่ในช่วงผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงโดยมีค่าเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมาก แสดงว่าข้อสอบส่วนใหญ่ค่อนข้างยาก ข้อสอบมีค่า α อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจซึ่งมีค่าระหว่าง 0.92 ถึง 1.70 ดังตาราง 3 โดยข้อสอบข้อที่ 5 และ 10 มีค่าสารสนเทศของข้อสอบมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถสูง (θ มากกว่า 1) แสดงว่าข้อสอบจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถสูงได้ดี ส่วนข้อสอบที่เหลือมีค่าสารสนเทศของข้อสอบมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง (θ ระหว่าง -1 ถึง 1) ดังตาราง 4 และภาพ 3 แสดงว่าข้อสอบจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางได้ดี หากพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบพบว่า แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2 ให้สารสนเทศมากสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูง (θ มากกว่า -1) ดังภาพ 4 แสดงว่าแบบสอบฉบับนี้จำแนกผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลางและระดับสูงได้ดี

ตาราง 3

ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2

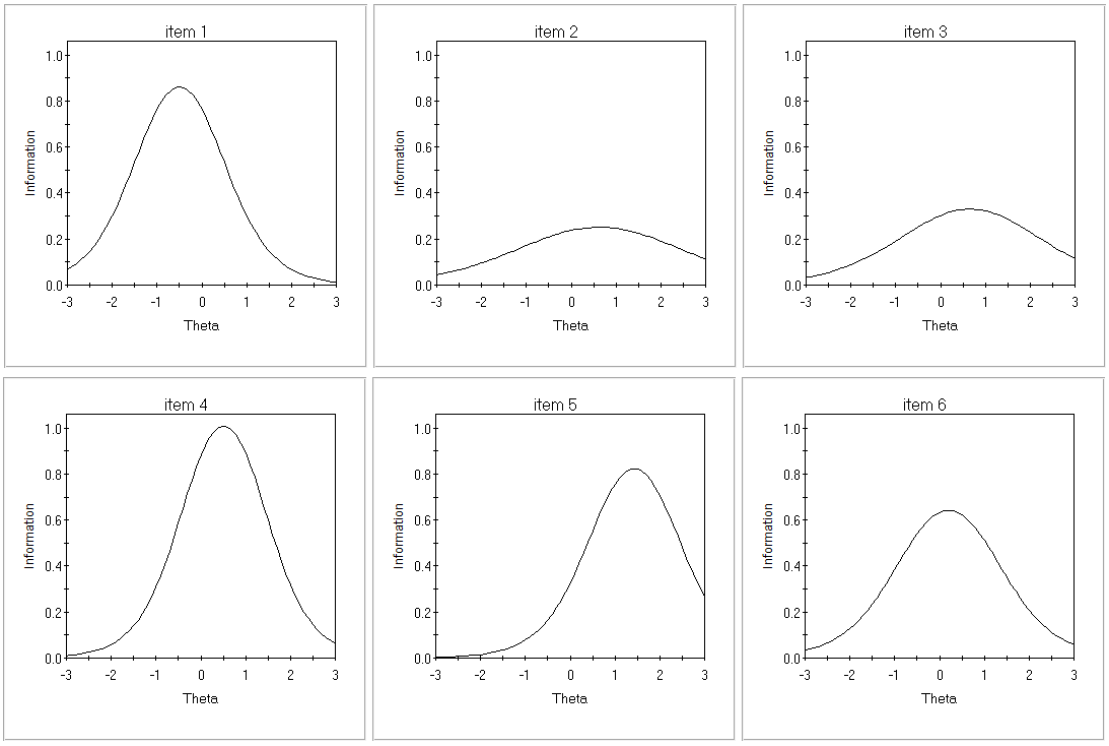
ข้อสอบ	α (*SE*)	β_1 (*SE*)	β_2 (*SE*)	β_3 (*SE*)	β_4 (*SE*)	χ^2	*df*	*p*
1	1.70 (0.21)	-0.81 (0.12)	-0.66 (0.11)	-0.46 (0.10)	-0.19 (0.09)	94.71	43	< .001
2	0.92 (0.15)	0.08 (0.13)	0.35 (0.13)	0.68 (0.15)	1.17 (0.19)	113.97	56	< .001
3	1.06 (0.16)	0.24 (0.12)	0.50 (0.12)	0.81 (0.14)	1.07 (0.17)	107.97	55	< .001
4	1.83 (0.24)	0.19 (0.08)	0.40 (0.09)	0.61 (0.09)	0.83 (0.10)	135.09	56	< .001
5	1.66 (0.28)	1.12 (0.13)	1.33 (0.15)	1.48 (0.17)	1.74 (0.20)	67.12	40	.005
6	1.47 (0.19)	-0.17 (0.10)	0.04 (0.10)	0.21 (0.09)	0.56 (0.10)	125.46	54	< .001
7	1.20 (0.17)	-0.39 (0.12)	-0.21 (0.11)	-0.02 (0.11)	0.28 (0.11)	105.03	53	< .001
8	1.48 (0.20)	0.08 (0.09)	0.33 (0.09)	0.47 (0.10)	0.77 (0.11)	104.82	52	< .001
9	1.85 (0.26)	0.43 (0.08)	0.56 (0.09)	0.74 (0.09)	0.91 (0.10)	80.35	44	< .001
10	1.52 (0.34)	1.91 (0.29)	2.13 (0.33)	2.27 (0.36)	2.49 (0.41)	36.11	24	.053
-2loglikelihood (*df* = 50) = 7497.67, AIC = 7597.67, BIC = 7794.81								

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

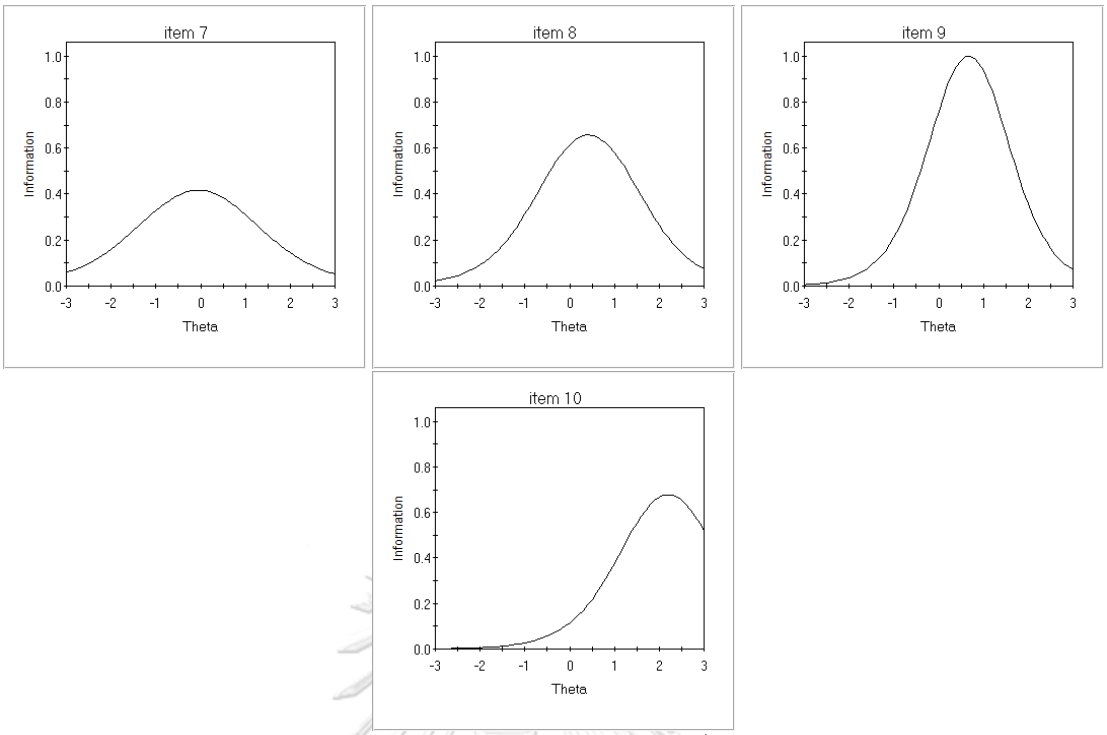
ตาราง 4

ค่าสารสนเทศของข้อสอบและค่าสารสนเทศของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2

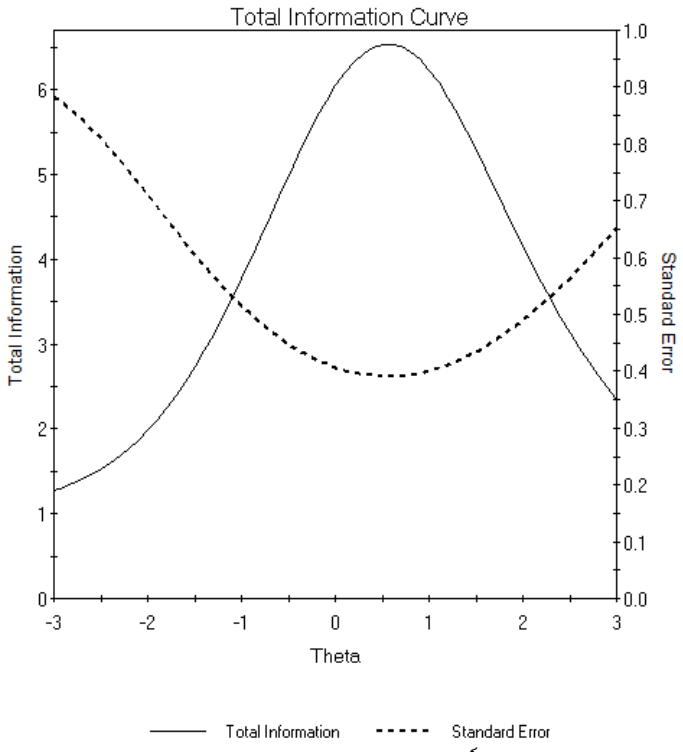
ข้อ	ระดับความสามารถ (θ)														
	-2.8	-2.4	-2.0	-1.6	-1.2	-0.8	-0.4	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8
1	0.09	0.17	0.30	0.48	0.68	0.83	0.86	0.77	0.58	0.39	0.23	0.13	0.07	0.03	0.02
2	0.05	0.07	0.10	0.12	0.16	0.19	0.22	0.24	0.25	0.25	0.24	0.22	0.19	0.16	0.13
3	0.04	0.06	0.09	0.12	0.17	0.22	0.26	0.30	0.33	0.33	0.31	0.28	0.23	0.18	0.13
4	0.01	0.03	0.06	0.12	0.23	0.41	0.65	0.88	1.00	0.97	0.79	0.54	0.32	0.17	0.09
5	0.00	0.01	0.02	0.03	0.06	0.11	0.19	0.33	0.50	0.69	0.80	0.81	0.71	0.53	0.35
6	0.04	0.08	0.13	0.21	0.32	0.45	0.57	0.63	0.63	0.57	0.45	0.32	0.21	0.13	0.08
7	0.07	0.11	0.16	0.22	0.29	0.36	0.40	0.42	0.39	0.34	0.27	0.21	0.14	0.10	0.06
8	0.03	0.05	0.09	0.16	0.25	0.38	0.51	0.61	0.66	0.62	0.52	0.39	0.26	0.16	0.10
9	0.01	0.02	0.04	0.08	0.15	0.29	0.50	0.76	0.96	0.99	0.84	0.59	0.36	0.19	0.10
10	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.11	0.19	0.31	0.45	0.58	0.67	0.67	0.58
TIF	1.36	1.60	1.98	2.56	3.33	4.26	5.23	6.05	6.50	6.44	5.91	5.06	4.15	3.32	2.63



ภาพ 3 โค้งสารสนเทศของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2



ภาพ 3 (ต่อ) โค้งสารสนเทศของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2



ภาพ 4 โค้งสารสนเทศของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2

ภาคผนวก ฉ
ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อเรื่องและความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
1.ภูเขาออกแรงผลักวัตถุมวล 3 กิโลกรัม จากหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.25 เป็นระยะทาง 60 เมตร หากภูเขาออกแรงผลักเป็นเวลา 4 วินาที จงหางานที่เกิดขึ้นทั้งหมด เฉลย 1,350 จูล	1.00	1.ภาคินออกแรงดึงวัตถุมวล 5 กิโลกรัม จากหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.1 จนมีความเร็วเป็น 20 เมตรต่อวินาที และเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 50 เมตร จงหางานที่เกิดขึ้นทั้งหมด เฉลย 1,000 จูล	1.00	1.00	ครั้งที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
2.ลาลากวัตถุมวล 500 กิโลกรัม จากพื้นราบขึ้นพื้นเอียงที่ทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ ด้วยความเร็วคงที่ ลาตัวนี้ลากวัตถุได้ระยะทาง 240 เมตร ในเวลา 2 นาที หากพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ $\frac{1}{\sqrt{3}}$ จงหากำลังของลาในการลากวัตถุ เฉลย 10,000 วัตต์	1.00	2.ม้าลากวัตถุมวล 800 กิโลกรัม ลงจากพื้นเอียงที่ทำมุม 30 องศา กับพื้นราบ ด้วยความเร็วคงที่ ม้าตัวนี้ลากวัตถุได้ระยะทาง 90 เมตร ในเวลา 3 นาที หากพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ จงหากำลังของม้าในการลากวัตถุ เฉลย 1,000 วัตต์	1.00	1.00	ครั้งที่ 1 เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
3.ดีดวัตถุมวล 7 กิโลกรัม จากพื้นราบซึ่งอยู่ห่างจากปลายพื้นเอียง 4 เมตร ด้วยความเร็วต้น 6 เมตรต่อวินาที ให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียงที่ทำมุม 37 องศา กับแนวระดับ จงหาว่าวัตถุเคลื่อนที่ไปบนพื้นเอียงได้มากที่สุดกี่เมตร ถ้าพื้นราบและพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.25 เฉลย 1 เมตร	1.00	3.ปล่อยวัตถุมวล 10 กิโลกรัม จากยอดพื้นเอียงที่ทำมุม 37 องศา กับแนวระดับ ซึ่งสูงจากพื้นราบ 3 เมตร ให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ ถ้าพื้นเอียงและพื้นราบมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.5 จงหาว่าวัตถุเคลื่อนที่ไปบนพื้นราบได้ไกลกี่เมตร เฉลย 2 เมตร	1.00	0.80	ครั้งที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
4.ปล่อยวัตถุมวล 3 กิโลกรัม จากยอดพื้นเอียงที่ทำมุม 53 องศา กับแนวระดับ ซึ่งสูงจากพื้นราบ 4 เมตร ให้เคลื่อนที่เข้าชนสปริงที่วางอยู่บนพื้นราบลื่นโดยปลายสปริงอยู่ห่างจากปลายพื้นเอียงเป็นระยะ 3 เมตร จงหาว่ามวลนี้ดันสปริงให้หดสั้นเข้าไปมากที่สุดกี่เมตร ถ้าพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.6 และสปริงมีค่าคงตัว 384 นิวตันต่อเมตร เฉลย $\sqrt{2}$ เมตร	1.00	4.มวล 1 กิโลกรัม ติดกับสปริงวางอยู่บนพื้นราบลื่น โดยมวลอยู่ห่างจากปลายพื้นเอียง 2 เมตร เมื่อกดมวลให้อัดสปริงเข้าไป 10 เซนติเมตร เพื่อดีดมวลนี้ให้เคลื่อนไปบนพื้นเอียงที่ทำมุม 53 องศา กับพื้นราบ จงหาว่ามวลนี้เคลื่อนที่ขึ้นไปตามพื้นเอียงได้มากที่สุดกี่เมตร ถ้าพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.5 และสปริงมีค่าคงตัวสปริง เท่ากับ 2,000 นิวตันต่อเมตร เฉลย $\frac{10}{11}$ เมตร	1.00	0.80	ครั้งที่ 1 เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
5.มงคลออกแรง F ทำมุม 53 องศา กับแนวระดับดึงวัตถุมวล 1 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.5 ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะทาง 50 เมตร จงหางานของแรง F เฉลย 150 จูล	1.00	5.ภูผาออกแรง F ทำมุม 53 องศา กับแนวระดับผลักวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.6 ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะทาง 70 เมตร จงหางานของแรง F เฉลย 4,200 จูล	1.00	1.00	ครั้งที่ 1 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับผิววัตถุ” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับผิววัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: คำนวณหากำลังและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้					
6.ช้างลากซุงมวล 10 ตัน จากพื้นราบขึ้นพื้นเอียงที่ทำมุม 37 องศา กับแนวระดับ ด้วยความเร่งคงที่ โดยใช้แรง 120 กิโลนิวตัน หากพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.5 และใช้เวลาในการลาก 2 นาที จงหากำลังของช้างที่ใช้ในการลากซุง เฉลย 1.44×10^{7} วัตต์	1.00	6.ม้าลากเกวียนมวล 1 ตัน ลงจากพื้นเอียงที่ทำมุม 37 องศา กับแนวระดับ ด้วยความเร่งคงที่ โดยใช้แรง 1 กิโลนิวตัน ม้าใช้เวลา 1 นาที ในการลากเกวียนถึงพื้นราบ หากพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.2 จงหากำลังของม้าในการลากเกวียน เฉลย 1.62×10^{5} วัตต์	1.00	0.80	ครั้งที่ 1 -เปลี่ยนเป็นสถานการณ์ที่ทำให้แรงขนานกับพื้นเอียง -เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับซุง” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน ปรับตัวเลขให้มีจำนวนหลักเท่ากัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
7.จงหางานในการดึงกล่องมวล 3 กิโลกรัม จากปลายพื้นเอียงที่ทำมุม 37 องศากับพื้นราบ ให้เคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียงจนถึงตำแหน่งที่อยู่สูงจากพื้นราบ 6 เมตร โดยที่พื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.5 เฉลย 300 จูล	1.00	7.จงหางานในการลากกล่องมวล 2 กิโลกรัม จากยอดพื้นเอียงที่ทำมุม 37 องศา กับพื้นราบ ซึ่งอยู่สูงจากพื้นราบ 9 เมตร ให้เคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียงจนถึงปลายล่างของพื้นเอียง โดยที่พื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.8 เฉลย 12 จูล	1.00	1.00	ครั้งที่ 1 เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับกล่อง” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “ผิวสัมผัสระหว่างพื้นเอียงกับกล่อง” ความเป็นคู่ขนาน -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฉบับก่อนการทดลอง	IOC	ฉบับหลังการทดลอง	IOC	IOC คู่ขนาน	ข้อเสนอแนะ
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง: ประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการแก้โจทย์ปัญหาได้					
8.วัตถุมวล 4 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับ 0.4 ออกแรง 40 นิวตัน ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ไปได้ 6 เมตร หลังจากนั้นออกแรงผลัก 30 นิวตัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้อีก 4 เมตร จงหาความเร็วของวัตถุหลังจากออกแรงผลักทั้งสองแรง เฉลย 10 เมตรต่อวินาที	1.00	8.วัตถุมวล 2 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นราบฝืดออกแรง 100 นิวตัน ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ไปได้ 2 เมตร หลังจากนั้นออกแรงผลัก 50 นิวตัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้อีก 3 เมตร หลังจากออกแรงทั้งสองแรงพบว่าวัตถุมีความเร็ว 17 เมตรต่อวินาที จงหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้น เฉลย 0.61	1.00	0.60	ครั้งที่ 1 -ปรับภาษา -เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับผิววัตถุ” ครั้งที่ 2 เพิ่มคำว่า “สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นกับผิววัตถุ” ความเป็นคู่ขนาน ควรถามในประเด็นเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก

ข้อสอบ	ฉบับก่อนการทดลอง			ฉบับหลังการทดลอง		
	p	r	ความหมาย	p	r	ความหมาย
1	.43	.38	ยากง่ายปานกลาง จำแนกพอใช้	.49	.55	ยากง่ายปานกลาง จำแนกดี
2	.40	.53	ยากง่ายปานกลาง จำแนกดี	.41	.47	ยากง่ายปานกลาง จำแนกดี
3	.22	.23	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้	.23	.23	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
4	.32	.21	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้	.37	.22	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
5	.43	.38	ยากง่ายปานกลาง จำแนกพอใช้	.37	.34	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
6	.38	.33	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้	.27	.36	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
7	.26	.06	ค่อนข้างยาก จำแนกต่ำมาก	.19	.09	ยากมาก จำแนกต่ำมาก

3. ผลการวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบ

3.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความยาก และอำนาจจำแนกของข้อสอบ (n = 4)

ตัวแปร	ฉบับก่อนการทดลอง		ฉบับหลังการทดลอง		t	p
	M	*SD*	*M*	*SD*		
ความยาก	0.34	0.09	0.38	0.11	-2.47	.09
อำนาจจำแนก	0.34	0.15	0.37	0.17	-0.61	.59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนนสอบ (n = 45)

ข้อสอบ	ฉบับก่อนการทดลอง		ฉบับหลังการทดลอง		การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย		การเปรียบเทียบความแปรปรวน	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*t*	*p*	*F*	*p*
1	4.63	2.24	4.62	2.08	0.09	.93	0.35	.55
2	2.83	2.13	3.29	2.06	-1.69	.10	0.002	.96
3	1.42	1.22	1.61	1.32	-1.15	.26	0.08	.78
4	1.34	1.19	1.08	0.99	1.70	.10	0.60	.44
ทั้งฉบับ	17.73	6.72	17.00	6.73	1.55	.13	0.09	.77

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. คำสั่งสำหรับสร้างแผนภูมิแท่ง

```
a<-c(45.67, 43.63, 54.05, 52.99, 34.60, 34.60, 44.05, 47.97)
data=matrix(a, ncol=4)
colnames(data)=c("รูปแบบที่ 1", "รูปแบบที่ 2", "รูปแบบที่ 3", "รูปแบบที่ 4")
rownames(data)=c("ครั้งที่ 1", "ครั้งที่ 2")
par(mar=c(5.5, 5.5, 3.5, 1.5), font.lab=2, cex.lab=1.2)
bar<-barplot(data, col=c("salmon","plum"), border="black", beside=T, xlab="รูปแบบการทดสอบ", ylab="เวลาในการอ่านข้อมูลย้อนกลับ (วินาที)", ylim=c(0,65), family="TH Sarabun new", cex.axis=1, cex.lab=1.2, cex=1)
legend("topright", legend =rownames(data), fill=c("salmon","plum"))
text(x=bar, y=data, labels=round(data,2), cex=0.7, pos=3)
```

2. คำสั่งสำหรับสร้างแผนภูมิวงกลม

```
nf=layout(matrix(c(1, 2, 3, 3), 2, 2, byrow=TRUE))
layout.show(nf)
par(mar=c(0.2, 0.2, 1.5, 0.2))
B<-c(1026, 1217, 1390, 1551)
cols <-c("darksalmon", "darkseagreen", "lightpink2", "steelblue")
percentlabels<-round(100*B/sum(B), 2)
pielabels<-paste(percentlabels, "%", sep=" ")
par(family="TH Sarabun new")
a<-pie(B,  main="จำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้ง (ฉบับที่ 1)",  family="TH Sarabun new", cex.main=1.2, col=cols, labels=pielabels, cex=0.9,clockwise=T)
text(0.35, 0.4, "หลังตอบครั้งที่ 1", col="black", cex=1)
text(0.45, -0.15, "หลังตอบครั้งที่ 2", col="black", cex=1)
text(-0.2, -0.4, "หลังตอบครั้งที่ 3", col="black", cex=1)
text(-0.4, 0.2, "หลังตอบครั้งที่ 4", col="black", cex=1)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
par(mar=c(0.2, 0.2, 1.5, 0.2))
B<-c(1130, 1361, 1528, 1704)
cols<-c("darksalmon", "darkseagreen", "lightpink2", "steelblue")
percentlabels<-round(100*B/sum(B), 2)
pielabels<-paste(percentlabels, "%", sep=" ")
par(family="TH Sarabun new")
a<-pie(B,  main="จำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้ง (ฉบับที่ 2)",  family="TH
Sarabun new", cex.main=1.2, col=cols, labels=pielabels, cex=0.9, clockwise=T)
text(0.35, 0.4, "หลังตอบครั้งที่ 1", col="black", cex=1)
text(0.45, -0.15, "หลังตอบครั้งที่ 2", col="black", cex=1)
text(-0.2, -0.4, "หลังตอบครั้งที่ 3", col="black", cex=1)
text(-0.4, 0.2, "หลังตอบครั้งที่ 4", col="black", cex=1)
par(mar = c(0.2, 0.2, 0.2, 0.2))
B<-c(2156, 2578, 2918, 3255)
cols<-c("darksalmon", "darkseagreen", "lightpink2", "steelblue")
percentlabels<-round(100*B/sum(B), 2)
pielabels<-paste(percentlabels, "%", sep=" ")
par(family="TH Sarabun new")
a<-pie(B,  main="จำนวนคำตอบที่ถูกต้องหลังจากการตอบคำถามแต่ละครั้ง (รวม)",  family="TH
Sarabun new", cex.main=1.2, col=cols, labels=pielabels, cex=0.9, clockwise=T)
text(0.35, 0.4, "หลังตอบครั้งที่ 1", col="black", cex=1)
text(0.45, -0.15, "หลังตอบครั้งที่ 2", col="black", cex=1)
text(-0.2, -0.4, "หลังตอบครั้งที่ 3", col="black", cex=1)
text(-0.4, 0.2, "หลังตอบครั้งที่ 4", col="black", cex=1)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. คำสั่งสำหรับสร้างฮีสโทแกรมร่วมกับ box-and-whisker plot

```
setwd("C:\\Users\\Administrator.51GT6KEFTGIZQZP\\Documents\\thesis")
dat<-read.table("boxplot-ach.dat",header = TRUE)
value<-dat$total2
layout(mat=matrix(c(1, 2), 2, 1, byrow=TRUE), height=c(1, 8))
par(mar=c(0, 3.1, 1.1, 2.1), font.lab=2, cex.lab=1.2)
boxplot(value, horizontal=TRUE, ylim=c(0, 10), xaxt="n", col="seagreen3", frame=F)
par(mar=c(6, 6, 1.1, 2.1))
h<-hist(value, breaks=30, col="palevioletred", border=T, main=" " , family="TH Sarabun new", cex.axis=1, cex.lab=1.2, cex=1, xlab="คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน", ylab="ความถี่", xlim=c(0, 10), ylim=c(0, 60))
xfit<-seq(min(value), max(value), length=40)
yfit<-dnorm(xfit, mean=mean(value), sd=sd(value))
yfit<-yfit*diff(h$mids[1:2])*length(value)
lines(xfit, yfit, col="black", lwd=2)
```

4. คำสั่งสำหรับสร้าง box-and-whisker plot ร่วมกับแผนภาพการกระจาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
setwd("C:\\Users\\Administrator.51GT6KEFTGIZQZP\\Documents\\thesis")
dat<-read.table("boxplot-ach.dat", header=TRUE)
newfb<-dat$fb
names<-newfb
names[newfb==1]<-"SH"
names[newfb==2]<-"RH"
names[newfb==3]<-"KR"
value<-dat$total2
data=data.frame(names, value)
par(mar=c(5.5, 5.5, 3.5, 1.5), font.lab=2, cex.lab=1.2)
```

```
a<-boxplot(data$value~data$names, ylim=c(0,10), col=heat.colors(3), family="TH Sarabun new", cex.axis=1, cex.lab=1.2, cex=1, ylab="คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน", xlab="ประเภทข้อมูลย้อนกลับ")
text(c(1:nlevels(data$names)), a$stats[nrow(a$stats), ]+0.5, paste("n=", table(data$names), sep=""), family="TH Sarabun new")
mylevels<-levels(data$names)
levelProportions<-summary(data$names)/nrow(data)
for(i in 1:length(mylevels)) {
        thislevel<-mylevels[i]
        thisvalues<-data[data$names==thislevel, "value"]
        myjitter<-jitter(rep(i, length(thisvalues)), amount=levelProportions[i]/2)
        points(myjitter, thisvalues, pch=20, col=rgb(0,0,0,.2))
}
```

5. คำสั่งสำหรับสร้างแผนภาพการกระจาย

```
library(lattice)
setwd("C:\\Users\\Administrator.51GT6KEFTGIZQZP\\Documents\\thesis")
dat<-read.table("scatter2.dat",header=TRUE)
feed<-dat[ , 2]
names<-feed
names[feed==1]<-"ให้คำชี้แนะคงที่"
names[feed==2]<-"ให้คำชี้แนะลดลง"
names[feed==3]<-"บอกผลการกระทำ"
depen<-dat[ , 3:5]
new<-data.frame(names, depen)
colnames(new)=c("รูปแบบข้อมูลย้อนกลับ", "ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน", "คะแนนที่เพิ่มขึ้น", "ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์")
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
par(mar=c(1, 1, 1, 1), family="TH Sarabun new")
splom(~new[2:4] | รูปแบบข้อมูลย้อนกลับ, data=new, layout=c(2, 2), pscales=0, varnames=
c("ACH", "GAIN", "SOLV"), cex=0.7, lwd=2, col.line="black", pch=20, col=c("darkgreen"), type =
c("p", "r"), scales="free", par.strip.text=list(cex=1, family="TH Sarabun new"))
```


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกิตติทัศน์ หวานฉ่ำ เกิดที่จังหวัดชุมพร เมื่อวันที่ 5 กันยายน พ.ศ.2535 สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) สาขาวิชามัธยมศึกษา วิชาเอกฟิสิกส์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2558 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University