

การวิจัยการออกแบบและการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Design Research for Developing a Cognitive Diagnostic Test on Forces and Newton's Laws of Motion for Grade 10 Students

ธณัชพร แสงเมืองปักษ์¹ จตุภูมิ เขตจัตุรัส²

Thanatshaporn Sangmeuangpak¹ Jatuphum Ketchatturat²

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹Master's degree student, Education Measurement and Evaluation Program,

Faculty of Education, Khon Kaen University

Corresponding Author, E-mail: thanatshaporn.s@kkumail.com

²รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²Associate Professor Dr., Department of Educational Measurement and Evaluation,

Faculty of Education, Khon Kaen University

E-mail: jketcha@kku.ac.th

Received: March 29, 2026; Revised: May 1, 2026; Accepted: May 7, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 2) ออกแบบและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโดยใช้วิธีลำดับขั้นคุณลักษณะ (AHM) และ 3) นำเสนอหลักการออกแบบใหม่ของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ดำเนินการตามระเบียบวิธีวิจัยการออกแบบ (Design Research) โดยแบ่งกลุ่มเป้าหมายใน ระยะที่ 1 ได้แก่ ครูผู้สอนฟิสิกส์ 4 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 24 คน ที่ได้มาโดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ในระยะที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 568 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างสำหรับครูและนักเรียน และแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้น วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) และโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (DINA Model) ผลวิจัยพบว่า 1) ข้อบกพร่องสำคัญของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ประกอบด้วย 4 คุณลักษณะ ได้แก่ คุณลักษณะที่ 1 การวิเคราะห์โจทย์ปัญหา (A1) คุณลักษณะที่ 2 ความเข้าใจในการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ (A2) คุณลักษณะที่ 3 การหาแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ (A3) และคุณลักษณะที่ 4 การคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนด โดยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (A4) 2) แบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ ความเที่ยงของ Livingston เท่ากับ 0.84 ค่าความยาก (b) ระหว่าง -0.66 ถึง 2.07 ค่าอำนาจจำแนก (a) ระหว่าง -0.05 ถึง 0.72 และให้สารสนเทศรวมสูงสุดที่ระดับความสามารถ (θ) เท่ากับ -0.50 ค่า RMSEA เท่ากับ 0.052 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความรอบรู้ในคุณลักษณะที่ 1 การ

วิเคราะห์โจทย์ปัญหา มากที่สุด (ร้อยละ 89.79) แต่ขาดความรอบรู้มากที่สุดในคุณลักษณะที่ 4 การคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนด โดยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 20.25) และ คุณลักษณะที่ 2 ความเข้าใจในการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ (ร้อยละ 20.77) ตามลำดับ และ 3) หลักการออกแบบใหม่ แบ่งได้เป็น 3 หลักการ ได้แก่ (1) การศึกษาปัญหาจุดบกพร่องเพื่อกำหนดคุณลักษณะที่ต้องวินิจฉัย (2) การออกแบบแบบสอบวินิจฉัยตามโมเดลพุทธิปัญญา และ (3) การตรวจสอบคุณภาพด้วยทฤษฎีการทดสอบ

คำสำคัญ: แบบสอบวินิจฉัย, แบบทดสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา, วิธีลำดับขั้นคุณลักษณะ, การวิจัยการออกแบบ

Abstract

This design research aimed to: 1) investigate student deficiencies in solving physics problems concerning Force and Newton's Laws of Motion; 2) develop a cognitive diagnostic test using the Attribute Hierarchy Method (AHM); and 3) propose new design principles for cognitive diagnostic tests. The Phase 1 sample, selected via purposive sampling, comprised 4 physics teachers and 24 Grade 10 students. Phase 2 included 568 Grade 10 students selected through multi-stage random sampling. Data were collected using semi-structured interviews and the developed diagnostic test, then analyzed via Content Analysis, Classical Test Theory (CTT), Item Response Theory (IRT), and the DINA model.

The findings revealed that: 1) Student deficiencies encompass four cognitive attributes: problem analysis (A1), applying Newton's laws to states of motion (A2), determining net force (A3), and mathematical calculation (A4). 2) The diagnostic test demonstrated high validity and reliability (CVI = 1.00, Livingston's reliability = 0.84). IRT parameters showed difficulty (b) ranging from -0.66 to 2.07, discrimination (a) from -0.05 to 0.72, maximum test information at the ability level (θ) of -0.50, and an acceptable RMSEA of 0.052. Diagnostic results indicated that students had the highest mastery in A1 (89.79%) and the lowest mastery in A4 (20.25%) and A2 (20.77%), respectively. 3) The three proposed design principles are: (1) identifying deficiencies to define diagnostic attributes, (2) designing tests based on cognitive models, and (3) evaluating test quality using testing theories.

Keywords: Diagnostic Test, Cognitive Diagnostic Assessment, Attribute Hierarchy Method, Design Research

บทนำ

หัวใจสำคัญของการเรียนฟิสิกส์คือ การแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากธรรมชาติของวิชาเกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งต้องอาศัยการคิดแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน (Hollabaugh, 1995 อ้างถึงใน วินัส ชาลี, 2563) อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาในการเรียนฟิสิกส์อย่างมาก เนื่องจากการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ต้องอาศัยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์พื้นฐานที่มีความเป็นนามธรรมสูง ส่งผลให้ฟิสิกส์กลายเป็นวิชาที่ยากและซับซ้อน แม้นักเรียนจะสามารถจดจำสมการได้ แต่เมื่อพบโจทย์ที่แตกต่างไปจากเดิมมักไม่สามารถเลือกใช้สมการที่ถูกต้องได้ (ตะวัน พันธะขาว, 2556; รัตนพร บุรณะพล และ กัญญารัตน์ โคจร, 2564; สิริพัฒน์ ประโตนเทพ, 2555) สะท้อนจากผลการทดสอบระดับชาติ (O-NET) สาระแรงและการเคลื่อนที่ ปี พ.ศ. 2561 – 2567 ที่คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 อย่างต่อเนื่อง (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567) ปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับประสบการณ์การเป็นครูผู้สอนของผู้วิจัยที่พบว่า

นักเรียนขาดทักษะในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ไม่สามารถตีความตัวแปรหรือเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ (Free Body Diagram) ได้ และขาดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการแก้โจทย์ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ด้วยตนเองและเกิดเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ในที่สุด (สุนีย์ เงินวง, 2546)

การประเมินผลการเรียนรู้แบบดั้งเดิม มักประสบข้อจำกัดในการให้สารสนเทศที่ไม่ละเอียดเพียงพอ โดยส่วนใหญ่เน้นเพียงคะแนนรวมหรือระดับผลการประเมินในภาพรวม ซึ่งไม่สามารถสะท้อนถึงโครงสร้างความรู้หรือระบุข้อบกพร่องที่แท้จริงของผู้เรียนได้ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้การประเมินวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (CDA) โดยเลือกใช้โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) ซึ่งมีความเหมาะสมสูงสุดสำหรับการวิจัยครั้งนี้ด้วยเหตุผลสำคัญ 3 ประการ คือ 1) AHM ถูกออกแบบมาให้วิเคราะห์และจำแนกคุณลักษณะก่อนการสร้างข้อสอบทำให้มั่นใจได้ว่าข้อสอบทุกข้อถูกสร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะที่จำเป็นอย่างแท้จริง 2) AHM มีการกำหนดคุณลักษณะความรู้ให้มีความสัมพันธ์กันเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) จากทักษะพื้นฐานไปสู่ทักษะที่ซับซ้อนขึ้น ซึ่งสอดคล้องอย่างยิ่งกับธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และ 3) AHM ให้ผลการวินิจฉัยที่แม่นยำทั้งในแง่ของจุดแข็งและจุดอ่อนรายบุคคล (Leighton et al., 2004) ซึ่งช่วยให้ครูผู้สอนมองเห็นช่องว่างของการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ โอลดา มงคลสุข (2563) และ Gierl, Zhou, et al. (2008) ที่ยืนยันว่าโมเดลนี้สามารถอธิบายรูปแบบการตอบของผู้สอบได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

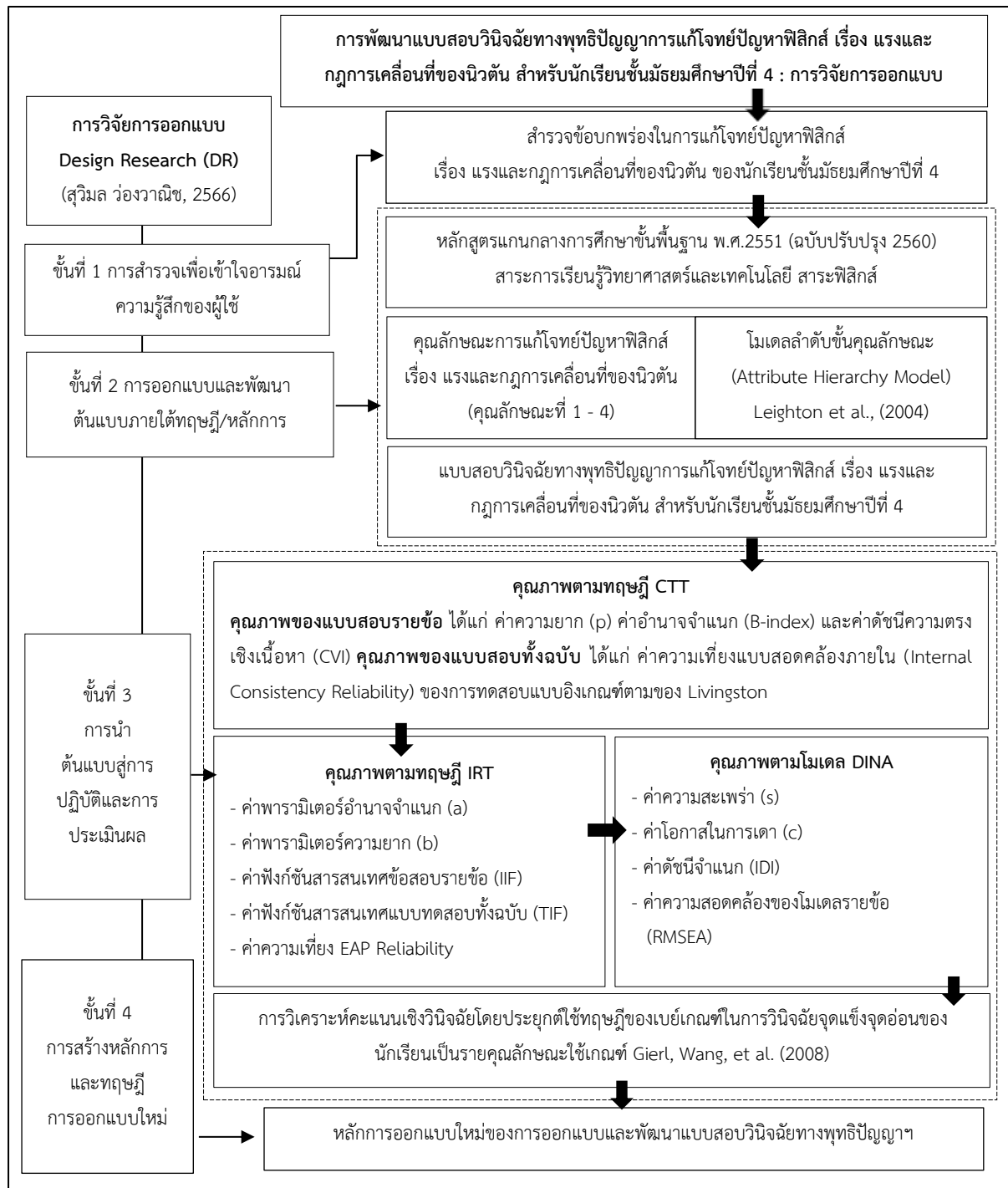
ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอน จึงมีความสนใจที่จะดำเนินการวิจัยการออกแบบ (Design Research) (สุวิมล ว่องวาณิช, 2566) เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับชั้นของคุณลักษณะ การวิจัยครั้งนี้ไม่เพียงแต่มุ่งเน้นการสร้างเครื่องมือเพื่อวินิจฉัยจุดแข็งและข้อบกพร่องของนักเรียนเท่านั้น แต่ยังมุ่งหวังให้ได้มาซึ่งหลักการออกแบบใหม่ สำหรับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อการยกระดับคุณภาพการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ
3. เพื่อนำเสนอหลักการออกแบบใหม่สำหรับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้แสดงขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยดำเนินการภายใต้ระเบียบวิธีวิจัยการออกแบบ (Design Research) (สุวิมล ว่องวาณิช, 2566) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยการออกแบบ (Design Research; DR) (สุวิมล ว่องวานิช, 2566) โดยแบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ระยะที่ 1 การสำรวจข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เพื่อสำรวจข้อบกพร่องและอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จากประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อวิเคราะห์กระบวนการทางพุทธิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหา ข้อมูลที่ได้จะนำมาสังเคราะห์ และสรุปเป็นโครงสร้างคุณลักษณะที่พึงมีในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อใช้เป็นกรอบโครงสร้างในการพัฒนาแบบสอบ วินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในลำดับถัดไป

ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีลำดับขั้นคุณลักษณะ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบความถูกต้องของคุณลักษณะที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยจัดทำแผนภาพลำดับขั้นของคุณลักษณะ
2. นำข้อมูลที่ได้ไปใช้เพื่อกำหนดเมทริกซ์เพื่อใช้ในการจัดทำชุดของแบบสอบวินิจฉัย
3. สร้างแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ตามแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) ที่กำหนด จำนวน 2 ฉบับ ที่สร้างตามโครงสร้างคุณลักษณะเดียวกัน
4. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัย โดยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
5. นำแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จำนวน 2 ฉบับ ที่สร้างตามโครงสร้างคุณลักษณะเดียวกัน ไปทดลองใช้ (try out) เพื่อหาคุณภาพแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพจากแบบทดสอบฉบับที่ 1 และแบบทดสอบฉบับที่ 2
6. คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ของแต่ละแบบแผนจากทั้ง 2 ฉบับ ไว้ใช้จริง จำนวน 8 ข้อ ตามคุณลักษณะของผู้ตอบและเมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง
7. นำแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ฉบับสมบูรณ์ ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง
8. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) โดยใช้โมเดลตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์
9. วิเคราะห์ระดับความรอบรู้ทางพุทธิปัญญาโดยใช้ทฤษฎีเบย์ (Bayes' theorem) และนำมาจัดกลุ่มความรอบรู้ตามเกณฑ์ของ Gierl, Wang, et al. (2008)
10. การสกัดองค์ความรู้ที่ได้จากระยะที่ 1 และ 2 มาสังเคราะห์เป็นหลักการออกแบบใหม่ของการออกแบบและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 369,953 คน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระยะการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มเป้าหมาย จากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี จำนวน 4 แห่ง ประกอบด้วย โรงเรียนขนาดเล็ก ขนาดปานกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่ พิเศษ ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วย 1) ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์สอนไม่ต่ำกว่า 2 ปี จำนวน 4 คน (โรงเรียนละ 1 คน) และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกตัวแทน

นักเรียนจากระดับความสามารถ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน กลุ่มละ 2 คน รวมเป็นนักเรียนจำนวน 6 คนต่อโรงเรียน

ระยะที่ 2 การทดลองใช้เครื่องมือ (Try-out) เพื่อหาคุณภาพแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) โดยดำเนินการกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากนั้นจึงนำแบบสอบฉบับสมบูรณ์ไปจัดเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 568 คน ซึ่งได้มาจากการกำหนดตัวอย่างวิจัยขั้นต่ำจากการศึกษาของ Wright & Stone (1979) ใช้ขนาดตัวอย่างวิจัยไม่ต่ำกว่า 500 คน โดยทำการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling) โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) ตามภูมิภาคและแผนการเรียน ร่วมกับการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เพื่อคัดเลือกโรงเรียนและห้องเรียนให้ครอบคลุมและเป็นตัวแทนของประชากรในระดับประเทศในการหาคุณภาพแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกตามระยะของการดำเนินงาน ดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อการสำรวจข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ประกอบด้วย 1) แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างสำหรับครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ และ 2) แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือทั้งสองฉบับผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสังเคราะห์เป็นคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาต่อไป

ระยะที่ 2 เป็นเครื่องมือเพื่อการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ได้แก่ แบบทดสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นตามวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 8 ข้อ กำหนดรูปแบบการให้คะแนนแบบ 2 ค่า คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน ในการพัฒนาเครื่องมือ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนของโมเดล AHM เริ่มจากการกำหนดคุณลักษณะ (Attributes) การสร้างแผนภาพลำดับชั้น และการสร้างข้อสอบตามผังโครงสร้างเมทริกซ์ (Q-matrix) ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำแบบทดสอบเป็น 2 ฉบับที่มีโครงสร้างคุณลักษณะเดียวกัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยหากข้อสอบในฉบับที่ 1 ไม่ผ่านเกณฑ์ จะดำเนินการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพจากฉบับที่ 2 มาทดแทน เพื่อให้ได้แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการวินิจฉัยผู้เรียน โดยมีกระบวนการวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) คุณภาพของแบบสอบรายข้อ ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B-index) คุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ได้แก่ ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Internal Consistency Reliability) ของการทดสอบแบบอิงเกณฑ์ตามสูตรของ Livingston เกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ คือ ค่า CVI ตั้งแต่ 0.75 ขึ้นไป (Yahmaie, 2003) ค่า P ที่อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายเหมาะสม และมีค่า B-index มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2. วิเคราะห์คุณภาพแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) โดยใช้โมเดลตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ เพื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) ค่าพารามิเตอร์ความยาก (b) ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อสอบรายข้อ (IIF) ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบทั้งฉบับ (TIF) และค่าความเที่ยง EAP Reliability โดยใช้โปรแกรม ACER ConQuest Version 2.0

3. การวิเคราะห์คุณภาพด้วยโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (DINA Model) ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s) ค่าพารามิเตอร์โอกาสในการเดาข้อสอบได้ถูก (c) ค่าดัชนีจำแนก (IDI) และค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) โดยใช้โปรแกรม RStudio version 4.4.1

4. การวิเคราะห์ระดับความรู้ทางพุทธิปัญญา โดยใช้ทฤษฎีของเบย์ (Bayes' Theorem) คำนวณค่าความน่าจะเป็นภายหลัง ที่แสดงถึงโอกาสในการรับรู้ในแต่ละคุณลักษณะ ($P(A_i | \text{Information})$) ออกมาเป็นค่าร้อยละ และจัดกลุ่มระดับความรู้ตามเกณฑ์ของ Gierl et al. (2008) เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ไม่รับรู้ (ร้อยละ 0 – 40) รู้บางส่วน (ร้อยละ 41 – 60) และรับรู้ (ร้อยละ 61 – 100)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการสำรวจข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

จากการสังเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์ร่วมกับโครงสร้างเนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ผู้วิจัยได้กำหนดคุณลักษณะทางพุทธิปัญญา (Attributes) ที่จำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหามูลฐาน 4 คุณลักษณะ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้น ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 (A1) การวิเคราะห์โจทย์ปัญหา คือ นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหา โดยสามารถวาดภาพแสดงความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) และปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนด

คุณลักษณะที่ 2 (A2) ความเข้าใจในการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ คือ นักเรียนสามารถเลือกใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันให้เหมาะสมกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ

คุณลักษณะที่ 3 (A3) การหาแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ คือ นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยการรวมแรงที่กระทำต่อวัตถุ ซึ่งจะต้องพิจารณาแรงตามแนวแกน x หรือแนวแกน y

คุณลักษณะที่ 4 (A4) การคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนด โดยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ คือ นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนด โดยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

2. ผลการออกแบบและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

1) ผลการกำหนดโครงสร้างลำดับขั้นและ Reduce Matrix (Q_r)

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะ 4 คุณลักษณะ ผู้วิจัยกำหนดโครงสร้างลำดับขั้นคุณลักษณะเป็นลำดับขั้นเชิงเส้น (Linear Hierarchy) โดยมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องตามลำดับจากคุณลักษณะพื้นฐานไปสู่ทักษะที่ซับซ้อน ($A1 \rightarrow A2 \rightarrow A3 \rightarrow A4$) จากนั้นดำเนินการกำหนดเมทริกซ์ความสัมพันธ์เพื่อสร้าง Reduce Matrix (Q_r) ซึ่งเป็นการปรับลดจำนวนชุดข้อสอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของโครงสร้างลำดับขั้น ส่งผลให้ข้อสอบมีความเฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความซ้ำซ้อนในกระบวนการวัดผล

2) ผลกำหนดแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (expected item response pattern) คะแนนรวม (total score) และคุณลักษณะของผู้ตอบในแต่ละแบบแผนการตอบข้อสอบ

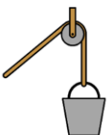
จากการวิเคราะห์ Reduce Matrix (Q_r) ผู้วิจัยสามารถกำหนดแบบแผนข้อสอบที่คาดหวัง คะแนนรวม และคุณลักษณะของผู้สอบได้ จำนวน 8 แบบแผน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง คะแนนรวม และคุณลักษณะของผู้สอบ

ข้อที่	เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง	คะแนนรวม	คุณลักษณะของผู้สอบ
1	10000000	1	1000
2	11000000	2	1100
3	10100000	2	1010
4	11110000	4	1110
5	10001000	2	1001
6	11001100	4	1101
7	10101010	4	1011
8	11111111	8	1111

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาตามผังโครงสร้างเมทริกซ์ (Q-matrix) เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 8 ข้อ รวม 16 ข้อ โดยมีตัวอย่างข้อสอบตามคุณลักษณะแบบแผน 1111 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อสอบ

โจทย์: คนงานใช้ระบบรอกเดี่ยวตายตัวดึงถังปูนมวล 15 kg ขึ้นจากพื้นด้วยความเร็วคงที่ ดังรูป ถ้ำเชือกเบาและรอกไม่มีความฝืด จงหาแรงที่คนงานใช้ดึงเชือก (T) (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)	
ตัวเลือก: A. 15 N ทิศลง, B. 150 N ทิศลง, C. 150 N ทิศขึ้น (เฉลย), D. 15 N ทิศขึ้น	
โครงสร้างการวินิจฉัยเชิงลำดับขั้น: ข้อสอบนี้วัดความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการวาด FBD (A1) การเลือกใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (A2) การหาแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ (A3) และทักษะการคำนวณหาค่าของตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ โดยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (A4)	

3) ผลการตรวจสอบคุณภาพตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT)

ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบวินิจฉัยทั้ง 2 ฉบับ (ฉบับละ 8 ข้อ) กับกลุ่มทดลองใช้ 30 คน พบว่ามีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) ระหว่าง 0.75 – 1.00 และความเที่ยงตามสูตรของ Livingston เท่ากับ 0.84 และ 0.82 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (0.70) เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพสูงสุดและครอบคลุมทุกแบบแผนการคิด ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จากทั้ง 2 ฉบับมาจัดทำเป็นแบบสอบฉบับสมบูรณ์จำนวน 8 ข้อ (โดยใช้ข้อสอบฉบับที่ 1 เป็นหลัก และนำข้อ 1 และ 3 จากฉบับที่ 2 มาทดแทนข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์) ส่งผลให้แบบสอบฉบับสมบูรณ์มีค่า CVI เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.30 – 0.77 และค่าอำนาจจำแนก (B-index) ระหว่าง 0.36 – 0.92 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าดัชนี CVI ความยาก (p) และอำนาจจำแนก (B-index) ของแบบสอบวินิจัยรายข้อ

ข้อที่	ที่มาของข้อสอบ	แบบแผนการคิด	ค่า CVI	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (B-index)	แปลผล
1	ฉบับที่ 2 ข้อ 1	1000	1.00	0.60	0.69	ผ่านเกณฑ์
2	ฉบับที่ 1 ข้อ 2	1100	1.00	0.70	0.84	ผ่านเกณฑ์
3	ฉบับที่ 2 ข้อ 3	1010	1.00	0.73	0.85	ผ่านเกณฑ์
4	ฉบับที่ 1 ข้อ 4	1110	1.00	0.73	0.64	ผ่านเกณฑ์
5	ฉบับที่ 1 ข้อ 5	1001	1.00	0.77	0.92	ผ่านเกณฑ์
6	ฉบับที่ 1 ข้อ 6	1101	1.00	0.77	0.68	ผ่านเกณฑ์
7	ฉบับที่ 1 ข้อ 7	1011	1.00	0.77	0.68	ผ่านเกณฑ์
8	ฉบับที่ 1 ข้อ 8	1111	1.00	0.30	0.36	ผ่านเกณฑ์

4) ผลการตรวจสอบคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจัยฉบับสมบูรณ์กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 568 คน ด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ (2-PL Model) พบว่า ข้อคำถามมีค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -0.66 ถึง 2.07 ค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง -0.05 ถึง 0.72 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์รายข้อของแบบสอบวินิจัยตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

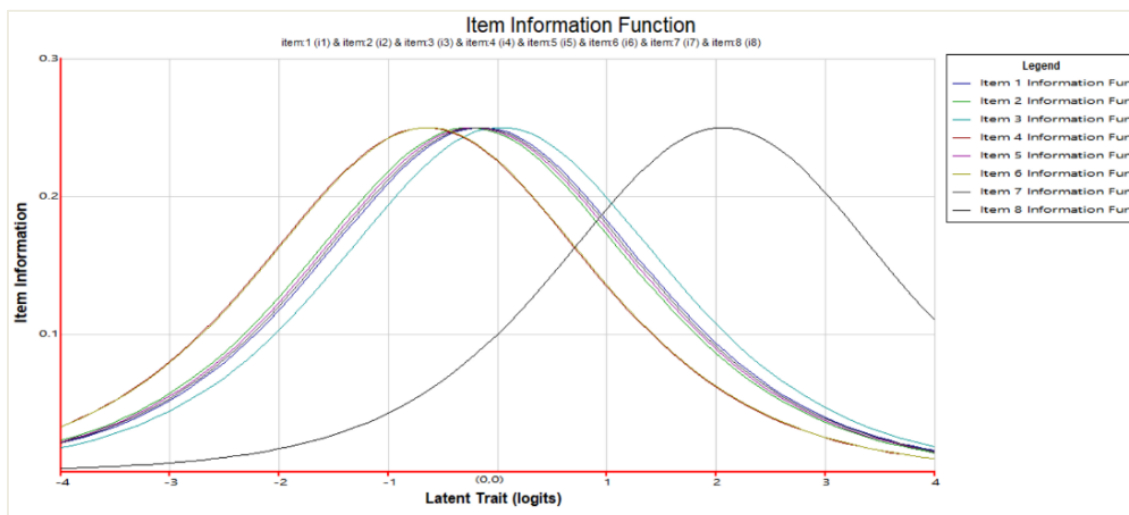
ข้อที่	โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์			
	ค่าอำนาจจำแนก (a)	ค่าความยาก (b)	การแปลความหมาย	
1	0.47	-0.15	จำแนกได้ดีต่ำ	ความยากปานกลาง
2	0.62	-0.26	จำแนกได้ดีต่ำ	ความยากปานกลาง
3	0.56	0.03	จำแนกได้ดีต่ำ	ความยากปานกลาง
4	0.63	-0.66	จำแนกได้ดีต่ำ	ค่อนข้างง่าย
5	0.59	-0.21	จำแนกได้ดีต่ำ	ความยากปานกลาง
6	0.72	-0.64	จำแนกได้ปานกลาง	ค่อนข้างง่าย
7	0.68	-0.18	จำแนกได้ปานกลาง	ความยากปานกลาง
8	-0.05	2.07	จำแนกต่ำมาก	ยาก

เมื่อพิจารณาคุณภาพเชิงโครงสร้างผ่านฟังก์ชันสารสนเทศ (Information Function) และค่าความเที่ยง พบประเด็นสำคัญดังนี้

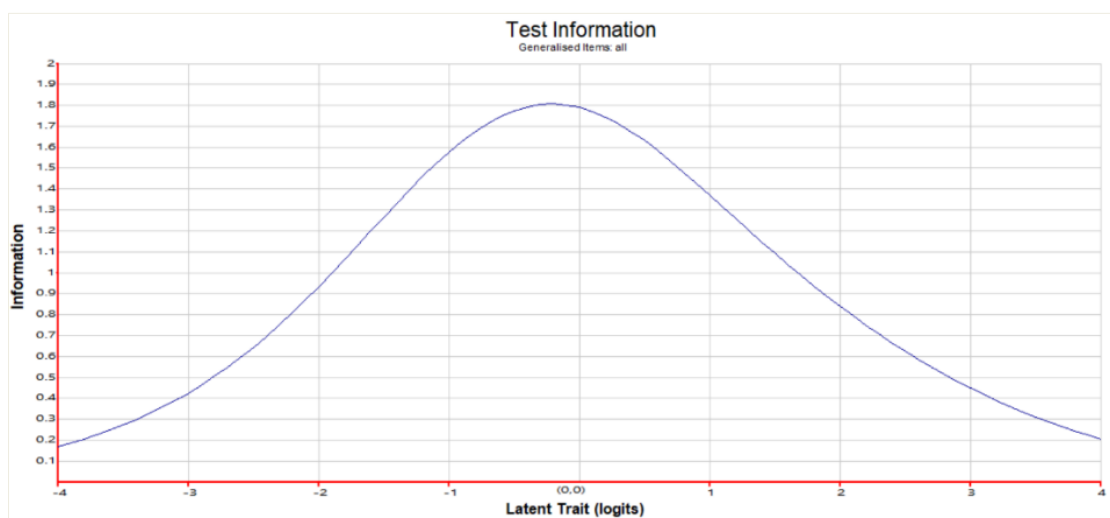
ฟังก์ชันสารสนเทศรายข้อ (Item Information Function: IIF) จากเส้นโค้งสารสนเทศ ในภาพ 1 พบว่าข้อสอบข้อที่ 1 ถึง 7 มีลักษณะเกาะกลุ่มในช่วงระดับความสามารถ (θ) ปานกลางถึงปานกลางค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ข้อสอบข้อที่ 8 มีเส้นโค้งแยกตัวออกไปทางฝั่งขวาอย่างชัดเจน โดยให้ค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถสูงประมาณ +2.0 ลักษณะการกระจายตัวดังกล่าวสะท้อนว่า แบบสอบสามารถวินิจัยผู้เรียนได้ครอบคลุมหลายระดับความสามารถ

ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information Function: TIF) จากภาพ 2 พบว่า แบบสอบให้ค่าสารสนเทศรวมสูงสุดที่ระดับความสามารถ (θ) เท่ากับ -0.50 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือนี้มีความเหมาะสมและแม่นยำที่สุดในการวินิจฉัยจุดบกพร่องของผู้เรียนกลุ่มทั่วไปที่มีระดับความสามารถปานกลางค่อนข้างต่ำ

ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเที่ยง EAP Reliability เท่ากับ 0.581 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางและยอมรับได้สำหรับการประเมินเชิงวินิจฉัย



ภาพ 2 ฟังก์ชันสารสนเทศรายข้อ (Item Information Function: IIF)



ภาพ 3 โค้งค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information Function)

5) ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบด้วยโมเดลการวินิจฉัย DINA

ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบรายข้อด้วยโมเดล DINA เพื่อพิจารณาค่าความสับสน (s) โอกาสในการเดา (c) ดัชนีอำนาจจำแนก (IDI) และความสอดคล้องของโมเดลรายข้อ ($RMSEA$) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์รายข้อและดัชนีความสอดคล้องตามโมเดล DINA

ข้อ	แบบแผน	s	c	IDI	RMSEA
1	1000	0.235	0.104	0.661	0.028
2	1100	0.053	0.238	0.709	0.026
3	1010	0.220	0.007	0.773	0.016
4	1110	0.029	0.415	0.556	0.044
5	1001	0.075	0.257	0.668	0.034
6	1101	0.015	0.400	0.585	0.099
7	1011	0.117	0.366	0.517	0.100
8	1111	0.859	0.531	-0.390	0.071

จาก ตารางที่ 5 พบว่า ข้อสอบข้อที่ 1 ถึง 7 มีค่าดัชนีอำนาจจำแนก (IDI) อยู่ระหว่าง 0.517 ถึง 0.773 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (0.500) สะท้อนว่า จำแนกกลุ่มผู้รอบรู้และไม่รอบรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ข้อที่ 8 พบว่ามีค่าความสับสน (s = 0.859) และโอกาสในการเดา (c = 0.531) ค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลรายข้อพบว่า ค่า RMSEA ระหว่าง 0.016–0.100 โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งฉบับ (Mean RMSEA) เท่ากับ 0.052 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ 0.089 (Maydeu-Olivares & Joe, 2014 อ้างถึงใน Ngudgratoke & Koedsri, 2018) สะท้อนว่า แบบสอบฉบับนี้มีความเหมาะสมเพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้งานได้เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

6) ผลการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดอ่อนของการแก้ไขข้อผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์ระดับความรอบรู้รายบุคคลจำแนกตามคุณลักษณะพุทธิปัญญา ปรากฏดังตารางที่ 6 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์และร่วมกับเกณฑ์ของ Gierl et al. (2008) ในการวินิจฉัยจุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียนเป็นรายคุณลักษณะ แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) รอบรู้ (Mastery) คือผู้ที่มีโอกาสในการรอบรู้ร้อยละ 61–100 มีความรู้ในคุณลักษณะนั้นอย่างชัดเจน 2) รอบรู้บางส่วน (Partial Mastery) คือร้อยละ 41–60 มีความรู้บางส่วนแต่ยังคงมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแฝงอยู่ และ 3) ไม่รอบรู้ (Non-mastery) คือร้อยละ 0–40 ซึ่งแสดงถึงการขาดความรู้หรือมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในคุณลักษณะนั้น

ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามระดับความรอบรู้รายคุณลักษณะ (n=568)

ระดับความรอบรู้	คุณลักษณะที่ใช้ในการแก้ไขข้อผิดพลาด			
	A1	A2	A3	A4
รอบรู้ (Mastery)	510 (89.79%)	386 (67.96%)	484 (85.21%)	380 (66.90%)
รอบรู้บางส่วน (Partial Mastery)	6 (1.06%)	64 (11.27%)	62 (10.92%)	73 (12.85%)
ไม่รอบรู้ (Non-mastery)	52 (9.15%)	118 (20.77%)	22 (3.87%)	115 (20.25%)
รวม	568 (100.00%)	568 (100.00%)	568 (100.00%)	568 (100.00%)

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความรอบรู้ (Mastery) เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ คุณลักษณะที่ 1 การวิเคราะห์โจทย์ปัญหา (ร้อยละ 89.79) รองลงมาคือ คุณลักษณะที่ 3 การหาแรงลัพธ์ (ร้อยละ 85.21) คุณลักษณะที่ 2 ความเข้าใจในการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (ร้อยละ 67.96) และ คุณลักษณะที่ 4 การคำนวณทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 66.90) ตามลำดับ

ในส่วนของระดับไม่รอบรู้ (Non-mastery) พบว่านักเรียนขาดความรอบรู้มากที่สุดในคุณลักษณะที่ 2 (ร้อยละ 20.77) และคุณลักษณะที่ 4 (ร้อยละ 20.25) ขณะที่ระดับรอบรู้บางส่วน (Partial Mastery) พบในคุณลักษณะที่ 4 มากที่สุด (ร้อยละ 12.85) และคุณลักษณะที่ 2 (ร้อยละ 11.27) ตามลำดับ

3. หลักการออกแบบใหม่ในการพัฒนาแบบสอบวินิจัยทางพุทธิปัญญา

ผู้วิจัยสังเคราะห์หลักการออกแบบใหม่จากกระบวนการวิจัยการออกแบบ (Design Research) เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ปรากฏดังภาพ 3 และมีรายละเอียดสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

หลักการที่ 1 การศึกษาปัญหาจุดบกพร่องเพื่อกำหนดคุณลักษณะที่ต้องวินิจัย โดยมุ่งวิเคราะห์ช่องว่างทางการเรียนรู้ (Learning Gaps) และอุปสรรคเชิงโครงสร้างในการเรียนรู้ผ่านการสัมภาษณ์ประสบการณ์ของครูผู้สอนและผู้เรียนจนข้อมูลอิ่มตัว (Data Saturation) เพื่อให้ได้องค์ประกอบทางพุทธิปัญญาที่สะท้อนปัญหาที่แท้จริงของผู้เรียน มากกว่าการอิงตามขอบเขตเนื้อหาในตำราเพียงอย่างเดียว

หลักการที่ 2 การออกแบบแบบสอบวินิจัยตามโมเดลพุทธิปัญญา โดยออกแบบข้อสอบที่คำนึงถึงลำดับขั้นของทักษะจากพื้นฐานไปสู่ทักษะที่ซับซ้อน และการกำหนดความสัมพันธ์แบบไม่สามารถชดเชยได้ (Non-Compensatory) ตามโมเดลพุทธิปัญญา ซึ่งหมายความว่านักเรียนจะแก้โจทย์ที่ซับซ้อนได้ต้องมีความรอบรู้ในทักษะพื้นฐานมาก่อน

หลักการที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพด้วยทฤษฎีการทดสอบ คือ การประยุกต์ใช้ทั้งทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) และโมเดลการวินิจัยทางพุทธิปัญญา (DINA Model) เพื่อยืนยันคุณภาพเครื่องมือในเชิงลึก



ภาพ 3 แผนภาพแสดงหลักการออกแบบใหม่ของแบบสอบวินิจัยทางพุทธิปัญญา

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. จากการเก็บข้อมูลกับนักเรียนจำนวน 568 คน พบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องสำคัญใน 4 ด้านที่มีความสัมพันธ์กันเชิงลำดับขั้น โดยเฉพาะคุณลักษณะที่ 4 การคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนด โดยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะที่ 2 ความเข้าใจในการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นจุดที่นักเรียนขาดความรอบรู้มากที่สุด ซึ่งสาเหตุของข้อบกพร่องในคุณลักษณะที่ 2 เกิดจากนักเรียนขาดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ แม้จะจดจำสูตรได้ แต่ไม่สามารถเลือกใช้กฎให้เหมาะสมกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของตะวัน พันธุ์ขาว (2556) ที่ระบุว่า การไม่รู้ว่าจะเลือกใช้สมการใดในการแก้ปัญหาเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์ นอกจากนี้ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เช่น การแก้สมการและการเปลี่ยนหน่วย เป็นอุปสรรควิกฤตที่ทำให้ไม่สามารถได้คำตอบที่ถูกต้อง แม้จะเข้าใจหลักการฟิสิกส์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ มนต์สิทธิ์ ธนสิทธิโกศล (2558 อ้างถึงใน กิตติคุณ เขียวสกุล, 2567) ที่ระบุว่า พื้นฐานคณิตศาสตร์ที่ไม่แน่นส่งผลต่อการเข้าใจฟิสิกส์

2. แบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพที่ดีตามทฤษฎีดั้งเดิม (CTT) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) โดยมีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) เท่ากับ 1.00 และความเที่ยงของ Livingston อยู่ที่ 0.84 การที่แบบสอบมีคุณภาพสูงเกิดจากการใช้โมเดล AHM ซึ่งมีการกำหนดลำดับขั้นของทักษะอย่างชัดเจนก่อนการสร้างข้อสอบ ทำให้ข้อสอบทุกข้อถูกออกแบบมาเพื่อวัดทักษะย่อยที่จำเป็นจริง ๆ สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ที่ต้องใช้ทักษะพื้นฐานต่อยอดไปสู่ทักษะที่ซับซ้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไอลดา มงคลสุข (2563) ที่พบว่าโมเดล AHM สามารถอธิบายรูปแบบการตอบของผู้สอบและวินิจฉัยจุดแข็งจุดอ่อนในวิชาฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าการวัดผลแบบมิติเดียว

กรณีความผิดปกติของข้อสอบข้อที่ 8 ที่มีค่าความสับสน และโอกาสในการเดาที่สูงมาก อีกทั้งมีค่าอำนาจจำแนกต่ำมาก เนื่องจาก เป็นข้อที่ต้องใช้ทุกคุณลักษณะ (1111) ในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นข้อที่มีความซับซ้อนมากที่สุด เมื่อโจทย์รวมหลายทักษะเข้าด้วยกัน นักเรียนที่เก่งอาจจะพลาดเพียงจุดเล็กน้อยก็ได้ ทำให้เกิดค่าความสับสน (s) สูง สอดคล้องกับ Rupp, Templin, & Henson (2010) ที่ระบุชัดเจนว่า ข้อสอบที่ต้องการความรอบรู้ในหลายทักษะพร้อมกัน มีแนวโน้มที่จะมีค่าความสับสนสูงกว่าปกติ เพราะเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดข้อผิดพลาดในหลายจุด รูปแบบข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกอาจทำให้นักเรียนที่ไม่รอบรู้เลือกเดาคำตอบได้ถูกต้อง ส่งผลให้ค่าการเดา (c) สูงขึ้น ตำแหน่งของข้อสอบที่ถูกวางตำแหน่งเป็นข้อสุดท้าย อาจจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเหนื่อยล้า จนทำให้เกิดข้อผิดพลาดและเกิดการเดาได้ และจากผลการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (IRT) พบว่า เส้นโค้งสารสนเทศของข้อ 8 แยกตัวออกจากกลุ่มชัดเจน โดยจะให้ข้อมูลได้ดีเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีระดับความสามารถสูงเท่านั้น ($\theta \approx +2.0$) ดังนั้น เมื่อนำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่างทั่วไป

3. หลักการออกแบบใหม่ ที่ค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ มีความแตกต่างและโดดเด่นกว่าการประเมินผลสัมฤทธิ์แบบดั้งเดิม 3 ประการ คือ (1) การกำหนดคุณลักษณะจากปัญหาจริง ซึ่งต่างจากการสร้างข้อสอบทั่วไปที่อิงจุดประสงค์ตามตำราเน้นวิเคราะห์ช่องว่างทางการเรียนรู้ จากประสบการณ์จริงของผู้สอนและผู้เรียนจนเกิดความอึดตัวของข้อมูล ทำให้ได้คุณลักษณะที่สะท้อนโครงสร้างทางพุทธิปัญญาที่เป็นอุปสรรคจริงของผู้เรียน (2) ใช้แผนผัง Q-matrix ตามโมเดลพุทธิปัญญาเชิงลำดับขั้น ทำให้สามารถวินิจฉัยสถานะระดับความรอบรู้ของนักเรียนเป็นรายคุณลักษณะได้ชัดเจน และ (3) การยืนยันคุณภาพด้วยสถิติขั้นสูงทั้ง CTT, IRT และ DINA Model เพื่อยืนยันความแม่นยำในการจำแนกกลุ่มผู้เรียน ซึ่งให้สารสนเทศที่น่าเชื่อถือกว่าการประเมินแบบเดิมที่เน้นเพียงระดับความสามารถในภาพรวม สอดคล้องกับแนวคิดการวิจัยการออกแบบของ สุวิมล ว่องวานิช (2566) ที่เน้นการพัฒนาเครื่องมือให้สอดคล้องกับบริบทจริง และสนับสนุนแนวคิดของ Leighton & Gierl (2007) ที่ว่าการประเมินวินิจฉัยช่วยให้การจัดการเรียนรู้ซ่อมเสริมทำได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์สามารถนำผลการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดอ่อนรายบุคคล ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซ่อมเสริมให้ตรงกับปัญหาของผู้เรียนแต่ละคน โดยเฉพาะในคุณลักษณะที่นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความรู้ คือ คุณลักษณะที่ 4 การคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนด โดยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะที่ 2 ความเข้าใจในการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. หน่วยงานที่จัดการเรียนการสอนสามารถนำแบบสอบถามวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น ไปใช้เป็นเครื่องมือประเมินเพื่อเตรียมความพร้อม หรือตรวจสอบโน้ตที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
3. นักวัดผลสามารถนำหลักการออกแบบใหม่ไปใช้เป็นต้นแบบ เพื่อพัฒนาเครื่องมือประเมินเชิงวินิจฉัย ข้อบกพร่องของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นการวิเคราะห์คุณลักษณะจากฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ พัฒนาข้อสอบตามแผนผัง Q-matrix ที่เชื่อมโยงกับลำดับขั้นการคิด และการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยอาศัยการบูรณาการสถิติขั้นสูง ได้แก่ CTT, IRT และ DINA Model เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในผลการวินิจฉัยการเรียนรู้ของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพิจารณาเปลี่ยนรูปแบบจากข้อสอบปรนัยเลือกตอบเป็นแบบปรนัยเติมคำตอบ เพื่อลดอิทธิพลจากการเดาคำตอบของผู้เรียน
2. ควรมีการพัฒนากระบวนการทดสอบบนแพลตฟอร์มดิจิทัล (Digital Platform) ที่สามารถประมวลผลด้วยโมเดลสถิติขั้นสูงและรายงานผลการวินิจฉัยย้อนกลับ (Diagnostic Feedback) ให้แก่ครูและนักเรียนได้ทันที ซึ่งจะช่วยให้การจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคำตอบของผู้เรียนทำได้อย่างทันทั่วถึงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กิตติคุณ เขียวสกุล. (2567). ผลของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้วิธีการทดลองทางฟิสิกส์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทัศนคติและมโนทัศน์ต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 52(4), 1–15.
- ตะวัน พันธุ์ขาว. (2556). *การพัฒนาหลักสูตรเสริมสร้างวิชาฟิสิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี].
- รัตนพร บุรณะพล และ กัญญารัตน์ โคจร. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 15(1), 123–136.
- วินัส ชาลี. (2563). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 35(3), 72–84.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2567). *ระบบบัญชีข้อมูล NIETS Data Catalog*.
<https://catalog.niets.or.th/group/examresult>
- สิริพัฒน์ ประโทนเทพ. (2555). *ทำอย่างไรถึงจะเก่งฟิสิกส์*.
https://physics.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/2/2014/12/IPSTMag177_HowToGoodPhysics.pdf
- สุวิมล ว่องวาณิช. (2566). *การวิจัยการออกแบบทางการศึกษา*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สุนีย์ เงินยวง. (2546). การจัดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้การสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์สมการของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่].
- ไอลดา มงคลสุข. (2563). การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธี
ลำดับขั้นของคุณลักษณะ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยบูรพา].
- Gierl, M. J., Wang, C., & Zhou, J. (2008). Using the attribute hierarchy method to make diagnostic inferences
about examinees' cognitive skills in algebra on the SAT. *Journal of Technology, Learning, and
Assessment*, 6(6), 4–50.
- Gierl, M. J., Zhou, J., & Alves, C. (2008). Developing a taxonomy of item model types to promote assessment
engineering. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 7(2), 1–51.
- Leighton, J. P., & Gierl, M. J. (2007). *Cognitive diagnostic assessment for education: Theory and application*.
Cambridge University Press.
- Leighton, J. P., Gierl, M. J., & Hunka, S. M. (2004). The attribute hierarchy method for cognitive assessment:
A variation on Tatsuoka's rule-space approach. *Journal of Educational Measurement*, 41(3), 205–237.
- Ngudgratoke, S., & Koedsri, A. (2018). G-DINA diagnostic assessment of scientific literacy of lower secondary
school students using G-DINA model. *Journal of Education Khon Kaen University*, 41(4), 37–52.
- Rupp, A. A., Templin, J., & Henson, R. A. (2010). *Diagnostic measurement: Theory, methods, and
applications*. The Guilford Press.
- Wright, B. D., & Stone, M. H. (1979). *Best test design: Rasch measurement*. Mesa Press.
- Yahmaie, F. (2003). Content validity and its estimations. *Journal of Medical Education*, 3(1), 25–29.