

**แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับสำหรับการระบุมโนทัศน์ทางเลือก
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน**

**Five Tier Alternative Conceptions Diagnostic Test to Identify Students'
Alternative Conceptions in Science**

นิธิศ ธงภักดิ์

Nithis Thongpak

โรงเรียนสมเด็จพระปิยมหาราชรมณียเขต จังหวัดกาญจนบุรี

Somdetphrapiyamaharajrommaniyakheth School, Kanchanaburi Province

e-mail : nithisteacher57@gmail.com

Received: July 25,2023 Reviewed: August 23, 2023 Revised: September 23, 2023 Accepted: September 27, 2023

บทคัดย่อ

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple-choice) ในระดับการตอบที่ 1 และระดับที่ 3 ส่วนระดับที่ 2 และระดับที่ 4 เป็นระดับความมั่นใจในการเลือกตอบในระดับที่ 1 และ 3 ตามลำดับ และระดับที่ 5 จะมีลักษณะเป็นการวาดภาพหรือการสรุป (Drawing/Conclusion) โดยเพิ่มระดับของข้อสอบในการตอบระดับที่ 5 ทำให้ได้ข้อมูลเชิงวินิจฉัยมโนทัศน์ในระดับลึกของผู้เรียนได้ ช่วยลดโอกาสการเดาข้อสอบได้ การตรวจให้คะแนนสำหรับข้อสอบระดับที่ 1 และระดับที่ 3 ทำได้ง่าย และช่วยให้ครูผู้สอนสามารถจำแนกได้ว่าการที่ผู้ตอบตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมโนทัศน์ทางเลือกหรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ และมีสาเหตุของมโนทัศน์หรือขาดความรู้ในเรื่องใดบ้าง และการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยให้มีคุณภาพ ประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การนิยาม (Define Stage) ระยะที่ 2 การออกแบบเครื่องมือ (Design Stage) และระยะที่ 3 การพัฒนาเครื่องมือ (Develop Stage)

คำสำคัญ: แบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ มโนทัศน์ทางเลือก

Abstract

The form of Five – Tier Diagnostic Test was a five – level multiple choice consisting of answer choice at the first level, level of confidence in the answer at the second level, choice of reason at the third level, confidence level for reasons at the fourth level, and drawing/conclusion for the fifth level. The five tier diagnostic test can identify students deeper conceptual understanding. It decreases the chances of exam guessing. Level 1 and Level 3 exam scoring simplified. It also assists teachers in determining if respondents offer

incorrect responses due to alternate conceptions or incorrect answers due to a lack of subject matter knowledge, and what the sources of the concept or lack of knowledge are in any instance. The assessment development consists of define stages, design stages, and develop stages.

Keywords: Five Tier Diagnostic Test, Alternative Conceptions

บทนำ

มโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conceptions) เป็นความรู้เดิมของนักเรียนที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และเป็นความคิดที่หลากหลาย แตกต่าง ไม่สอดคล้องและขัดแย้งกับความรู้ ความเป็นจริงทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551, น. 13; Karsli and Ayas, 2013, pp. 284 – 313; Koc and Yager, 2016, pp. 144 – 159 and Erlina, 2020, p. 17) ซึ่งมโนทัศน์ทางเลือกเป็นอุปสรรคอย่างมากต่อการเรียนในระดับที่สูงขึ้น มีสาเหตุมาจากหลากหลายประการ เช่น ประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของครูและนักเรียน การสอนของครูในชั้นเรียน คำอธิบายที่ไม่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ หรือตำราเรียน โดยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไป พบว่าทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกเกิดขึ้นเสมอ (So Samborey, Shimizu Kinya, 2019)

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือก เป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถบอกถึงมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้และเป็นที่ยอมรับใช้งานสูงสุด (Gurel, Eryilmaz and McDermott, 2015, p. 989) โดยแบบทดสอบวินิจฉัยที่ใช้สำหรับการระบุมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนมีหลายรูปแบบ เช่น การสัมภาษณ์ (interview) แบบทดสอบแบบใช้คำถามปลายเปิด (open – ended questions) และแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบเลือกตอบ มีหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (Simple Multiple Choice Diagnostic Test) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับ (Two Tier Diagnostic Test) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ (Three Tier Diagnostic Test) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ (Four Tier Diagnostic Test) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ (Five Tier Diagnostic Test) และแบบทดสอบวินิจฉัยแบบหกระดับ (Two Tier Diagnostic Test) (Soeharto, 2019, p. 250)

สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้เขียนนำเสนอสาระสำคัญของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ (Five Tier Diagnostic Test) ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับนั้นสามารถใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ของนักเรียนในระดับที่ลึกได้ (Lailiyah and Ermawati, 2020, p. 104; Dirman, Mufit and Festiyed, 2021, p. 8) นอกจากนั้นยังสามารถใช้จำแนกได้ว่าการที่ผู้ตอบตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมโนทัศน์ทางเลือกหรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ และมีสาเหตุของมโนทัศน์หรือขาดความรู้ในเรื่องใดบ้าง (Dirman, H. M., Mufit, F., & Festiyed, F., 2022, p. 8) ดังนั้นในการวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนนั้น ครูผู้สอนจึงมีความจำเป็น

อย่างยิ่งที่จะต้องเลือกใช้เครื่องมือหรือวิธีการที่เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน หากครูผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอน และส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้บรรลุตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่หลักสูตรกำหนด โดยแบบทดสอบวินิจฉัยมีโน้ตส์ทางเลือกแบบห้าระดับจัดเป็นเครื่องมือวินิจฉัยหนึ่งที่ที่น่าสนใจ มีความแปลกใหม่ เหมาะสำหรับการนำไปใช้สำหรับวินิจฉัยโน้ตส์ทางเลือกของผู้เรียน และงานวิจัยในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2560 – 2566 ยังไม่พบงานวิจัยที่เป็นการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ โดยส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองระดับสามระดับและสี่ระดับ

ดังนั้นหากครูผู้สอนหรือนักวิจัยมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะ ข้อดีและข้อจำกัด กระบวนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ วิธีการวินิจฉัยโน้ตส์ทางเลือกโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ และตัวอย่างงานวิจัยการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยโน้ตส์ทางเลือกแบบห้าระดับ จะเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้ครูผู้สอนหรือนักวิจัยสามารถพัฒนาเครื่องมือที่มีคุณภาพ ใช้สำหรับการวินิจฉัยโน้ตส์ทางเลือกของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตรงตามความบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียน โดยในการศึกษารุ่นนี้ผู้วิจัยรวบรวมและศึกษาบทความวิจัยทั้งหมด 17 บทความ ที่ตีพิมพ์ตั้งแต่ปี พ.ศ.2561 ถึง พ.ศ. 2566 ในวารสารที่มีการตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ

ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยโน้ตส์ทางเลือกแบบห้าระดับ

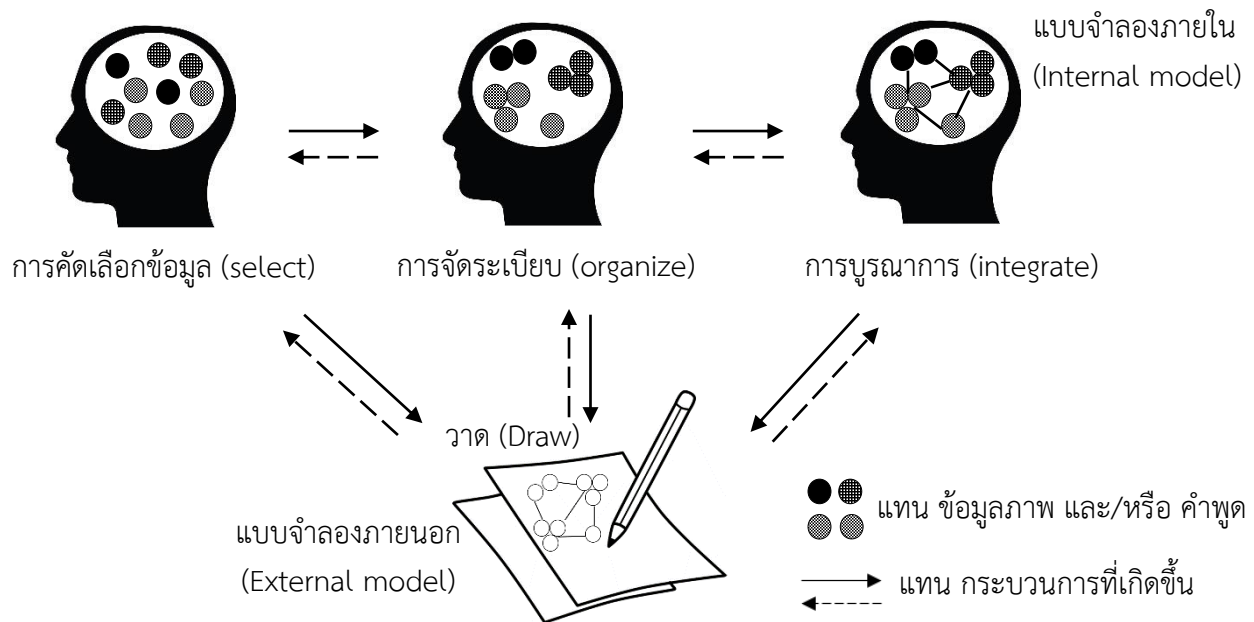
แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับมีข้อจำกัดในการวินิจฉัยโน้ตส์ทางเลือกของผู้เรียน จึงมีการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ (five-tier diagnostic test) ขึ้นมา ซึ่งสามารถแก้ข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับได้ โดยแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ ใช้สำหรับการจำแนกโน้ตส์ของนักเรียนออกเป็นกลุ่มโดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามของนักเรียน ซึ่งในแบบทดสอบแบบเลือกตอบสี่ระดับนั้น ถ้านักเรียนตอบคำถามในระดับคำตอบที่ 1 ถึงระดับคำตอบที่ 4 เป็น ตอบถูก - มีความมั่นใจ - ตอบเหตุผลถูกต้อง - มีความมั่นใจ แปลว่านักเรียนมีโน้ตส์ แต่สำหรับแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับนั้น การจะจำแนกโน้ตส์ของนักเรียนจะต้องพิจารณาจากการตอบคำถามในระดับการตอบขั้นที่ 5 (5th tier) ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับจึงสามารถวินิจฉัยโน้ตส์ของนักเรียนในระดับลึกได้ (Lailiyah and Ermawati, 2020, p. 104; Dirman, Mufit and Festiyed, 2021, pp. 2 - 8) ซึ่งจุดประสงค์ในการเพิ่มคำถามระดับที่ 5 เข้ามานั้น เพื่อเพิ่มระดับความมั่นใจของผู้สอบหรือผู้ตอบข้อสอบในการให้เหตุผล (Ramadhani and Ermawati, 2021, p. 75) สอดคล้องกับ Qontita and Ermawati (2020, pp. 459 - 460) ที่ระบุว่าจุดมุ่งหมายของการเพิ่มข้อคำถามในระดับที่ 5 เข้ามานั้นเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ตอบข้อสอบได้ยืนยันความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับแนวคิดหรือมีโน้ตส์ที่ถามในคำถามข้อนั้น ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบแบบสี่ระดับและห้าระดับ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะสำคัญของแบบทดสอบวินิจัยแบบสี่ระดับและแบบห้าระดับ

ประเด็น เปรียบเทียบ	รูปแบบของแบบทดสอบวินิจัยโมดูลทางเลือก	
	แบบทดสอบวินิจัยแบบสี่ระดับ	แบบทดสอบวินิจัยแบบห้าระดับ
จุดประสงค์การ สร้างแบบทดสอบ	เพื่อวินิจัยโมดูลทางเลือกด้าน ความรู้ของนักเรียน	เพื่อวินิจัยโมดูลทางเลือกด้านความรู้ ของนักเรียน
ระดับของข้อ คำถามใน แบบทดสอบ	ประกอบด้วยระดับของข้อคำถาม 4 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ในการตอบคำถามในระดับที่ 1 (reason tier) ระดับที่ 3 ระดับความเชื่อมั่น (confidence tier) ของการตอบใน ระดับที่ 2 และระดับที่ 4 เป็นระดับ ความมั่นใจในเหตุผลที่เลือกตอบใน ระดับที่ 3	ประกอบด้วยระดับของข้อคำถาม 5 ระดับ โดยเพิ่มระดับของข้อคำถามเพิ่มจาก แบบทดสอบวินิจัยแบบสี่ระดับ ในส่วนที่ 5 คือการวาดภาพหรือการเขียนสรุปคำตอบ
การสร้าง	สร้างให้มีคุณภาพได้ยาก	สร้างให้มีคุณภาพได้ยาก และใช้เวลาในการ สร้างค่อนข้างนาน
ข้อมูลที่ได้จาก แบบทดสอบ	ข้อมูลเชิงวินิจัยโมดูลที่มี ความหลากหลาย	ข้อมูลเชิงวินิจัยโมดูลที่มี ความหลากหลาย
การเดาคำตอบ	มีโอกาสเดาคำตอบได้	มีโอกาสเดาคำตอบได้ในข้อคำถามระดับที่ 1 และระดับที่ 3 ส่วนการตอบคำถามใน ระดับที่ 5 จะเดาคำตอบได้ยาก เนื่องจาก เป็นการวาดภาพหรือเขียนข้อสรุป
การตรวจให้ คะแนน	ตรวจง่าย เพราะมีความเป็นปรนัย จึงทำ ให้การตรวจให้คะแนนตรงกัน	การตรวจให้คะแนนสำหรับข้อคำถามระดับ ที่ 1 และระดับที่ 3 ทำได้ง่าย เนื่องจากมี ความเป็นปรนัย แต่การตรวจให้คะแนน สำหรับคำถามในระดับที่ 5 ซึ่งเป็นการเขียน ตอบโดยการวาดรูปหรือเขียนสรุปคำตอบ/ เหตุผล ทำได้ยาก เพราะเป็นการตรวจให้ คะแนนที่เป็นรูปรีด มีเกณฑ์การตรวจให้ คะแนน

ประเด็น เปรียบเทียบ	รูปแบบของแบบทดสอบวินิจัยมนทัศน์ทางเลือก	
	แบบทดสอบวินิจัยแบบสี่ระดับ	แบบทดสอบวินิจัยแบบห้าระดับ
การวิเคราะห์ข้อมูล	ทำได้ง่าย	ค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากข้อคำถามในระดับที่ 5 เป็นการเขียนตอบหรือวาดภาพสรุปคำตอบ การวิเคราะห์ข้อมูลจึงแตกต่างจากข้อคำถามในระดับที่ 1 และ 3
การจำแนกผู้ตอบ	จำแนกได้ว่าการที่ผู้ตอบตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมนทัศน์ทางเลือกหรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น	จำแนกได้ว่าการที่ผู้ตอบตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมนทัศน์ทางเลือกหรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ และมีสาเหตุของมนทัศน์หรือขาดความรู้ในเรื่องใดบ้าง

ลักษณะของข้อสอบในแบบสอบวินิจัยมนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple-choice) ในระดับที่ 1 และระดับที่ 3 ส่วนระดับที่ 5 จะมีลักษณะเป็นการเขียนสรุปคำตอบหรือการวาดภาพ โดยการเพิ่มข้อคำถามที่สามารถระบุแหล่งที่มาของสาเหตุที่ทำให้เกิดมนทัศน์ทางเลือกในระดับที่ 5 โดยในระดับที่ 5 จะมีการเพิ่มข้อคำถามให้นักเรียนวาดภาพหรือการสรุป (Drawing/Conclusion) เนื่องจากการวาดภาพมีข้อดีดังนี้ 1) การวาดภาพเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังในการคิดและสื่อสาร 2) การวาดภาพเป็นทักษะกระบวนการที่เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกฝนทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสร้างสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การแสดงภาพและการตีความหมายของข้อมูล และการรายงาน และ 3) การวาดภาพเป็นกิจกรรมที่สร้างสรรค์และสร้างแรงบันดาลใจ เนื่องจากการผสมผสานระหว่างกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและกระบวนการคิดต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้ตัวหนังสือเพียงอย่างเดียวในการอธิบายสิ่งที่พบเห็น ยังมีการใช้แผนภาพ กราฟ วิดีโอ รูปภาพ รูปวาดหรือโมเดลในการอธิบายสิ่งที่พบเห็นอีกด้วย (Rif'at Shafwatul Anam, Ari Widodo, Wahyu Sopandi, Hsin-Kai Wu, 2019, pp. 1014-1029) นอกจากนั้นการเพิ่มภาพวาดหรือการเขียนสรุปคำตอบในแบบสอบวินิจัยจะช่วยให้ครูหรือนักวิจัยได้รับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้และการวาดภาพช่วยให้ครูหรือนักวิจัยค้นพบความเข้าใจแนวความคิดของนักเรียน (Dikmenli, 2010) สำหรับการวาดภาพเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในความคิดและจิตใจของนักเรียน ประกอบด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การคัดเลือกข้อมูล (select) 2) การจัดระเบียบ (organize) และ 3) การบูรณาการ (integrate) โดยทั้ง 3 กระบวนการดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสินใจและวาดภาพและแบบจำลองทางความคิดได้ (Quillin and Thomas, 2015, pp. 2 - 4) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการการวาดภาพ (ดัดแปลงจาก Quillin and Thomas, 2015, p. 3)

การวาดภาพเป็นกลไกที่แสดงให้เห็นถึงการแสดงออกที่มีความแตกต่างของนักเรียนผ่านตัวอักษรหรือคำพูด ช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงวิธีคิดของตนเองได้ การวาดภาพเป็นความรู้เชิงมโนทัศน์ (conceptual knowledge) ซึ่งการวาดภาพจะทำหน้าที่เป็นวิธีการบันทึกความคิด ความเข้าใจของนักเรียน ช่วยให้ครูผู้สอนสามารถวินิจฉัย (diagnosis) ประเมินผลผู้เรียนระหว่างการเรียนการสอน (formative assessment) และประเมินผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน (summative assessment) เนื่องจากการวาดภาพเป็นการสะท้อนภาพความคิดที่เกิดขึ้นจากภายในสมองของผู้เรียน โดยเฉพาะการวาดภาพทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะสามารถให้ข้อมูลในเชิงลึกที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเลือก (misconception) หรือแนวคิดทางเลือก (Alternative conceptions) ได้ (Anam et al., 2019, pp. 1016 - 1017)

สำหรับการสร้างข้อสอบในแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับจะประกอบด้วยโครงสร้างของข้อคำถาม 1 ข้อ ที่มีทั้งหมด 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 คำถามและคำตอบ (Questions and answers : 1st tier) เป็นการตอบคำถามที่มุ่งวัดความรู้ ความเข้าใจ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ระดับที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบที่เลือก (The level of Confidence in choosing an answer : 2nd tier) เป็นการระบุระดับความมั่นใจในคำตอบที่เลือกในระดับที่ 1 ประกอบด้วยตัวเลือก 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ระดับที่ 3 เหตุผลหรือคำอธิบายคำตอบที่เลือกตอบ (The choice of reasons in choosing an answer : 3rd tier) เป็นการระบุเหตุผลของการเลือกตอบคำตอบที่เลือกในระดับที่ 1 มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ระดับที่ 4 ระดับความมั่นใจในเหตุผลหรือคำอธิบายที่เลือกตอบ (The level of confidence in choosing a reason : 4th tier) เป็นการระบุความมั่นใจในเหตุผลหรือคำอธิบายที่เลือกตอบในระดับที่ 3 ประกอบด้วยตัวเลือก 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ระดับที่ 5 การวาดภาพและการสรุป (drawing/Conclusion : 5th tier) เป็นการสรุปคำตอบ วาดภาพหรือเขียนสรุปของคำตอบตามที่โจทย์กำหนด มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ โดยพิจารณาคำตอบ ดังนี้

1) Scientific Drawing/Conclusion (SD/SC) หมายถึง นักเรียนให้คำตอบที่ถูกต้อง โดยวาดภาพ หรือเขียนข้อสรุปที่สอดคล้องกับมโนทัศน์

2) Partial Drawing/ Conclusion (PD/PC) หมายถึง นักเรียนวาดภาพหรือเขียนสรุปที่สอดคล้องกับมโนทัศน์เพียงบางส่วน

3) Undefined Drawing / Conclusion (UD/UC) หมายถึง นักเรียนให้คำตอบที่ไม่เข้าใจ หรือภาพวาดหรือเขียนข้อสรุปไม่ตรงตามมโนทัศน์

4) Misconception Drawing/ Conclusion (MD/MC) หมายถึง นักเรียนให้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง และวาดภาพหรือเขียนข้อสรุปที่แตกต่างจากมโนทัศน์

5) No Drawing / Conclusion (ND/NC) หมายถึง นักเรียนไม่ได้ตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ

สำหรับการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ รวมทั้งการนำไปใช้ทดสอบเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียน มีข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับไว้เพื่อเป็นข้อสังเกตและข้อควรระวัง (Anam et al., 2019, p. 1025) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ

ประเด็น	ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ
ความสามารถในการ วินิจฉัยมโนทัศน์ ทางเลือก	ให้คำอธิบายเพิ่มเติมว่านักเรียนเข้าใจและเปิดเผยความรู้อย่างไร สามารถลดข้อผิดพลาดและการขาดความรู้ของแบบทดสอบสี่ระดับ ที่มีการเสริมด้วยภาพวาดโดยนักเรียน
ตัวเลือก (choice)	นักเรียนสามารถเลือกคำตอบที่ให้ไว้ในแบบทดสอบหรือให้คำตอบด้วยตนเอง แล้ววาดภาพตามคำอธิบาย

ประเด็น	ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ
การตัดสินใจจำแนกประเภทของระดับการวินิจฉัย	ระดับของมโนทัศน์ที่ใช้สำหรับการตัดสินมโนทัศน์ของนักเรียน มีทั้งหมด 6 ระดับ ประกอบด้วย SC : มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ASC : เกือบมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ LC : ขาดความมั่นใจ LK : ขาดความรู้ MSC : มีมโนทัศน์ทางเลือกคือ HNC : ไม่มีมโนทัศน์
ข้อมูลที่ได้รับจากการทดสอบ	ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีที่นักเรียนสื่อสารความคิดเกี่ยวกับแนวคิดที่อยู่ข้างในใจของนักเรียน
ผลลัพธ์การทดสอบ	มีประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์ในการวินิจฉัย
เวลาในการทดสอบ	ต้องใช้เวลาในการทดสอบนานขึ้นและนักเรียนต้องใช้สมาธิมากขึ้น เพื่อสร้างภาพวาดสำหรับคำอธิบาย

กระบวนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ โดยทั่วไปจะแบ่งวิธีการดำเนินงานเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การนิยาม (Define Stage) ระยะที่ 2 การออกแบบเครื่องมือ (Design Stage) และระยะที่ 3 การพัฒนาเครื่องมือ (Develop Stage) ดังแผนภาพที่ 2 โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 การนิยาม (Define Stage) ในขั้นตอนนี้จะต้องวิเคราะห์ความต้องการ (need analysis) การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review) การวิเคราะห์หลักสูตร (Curriculum Analysis) และการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง (Peer input) รวมทั้งในขั้นตอนนี้จะต้องกำหนดตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง สาระสำคัญของมโนทัศน์

ระยะที่ 2 การออกแบบเครื่องมือ (Design Stage) ในระยะนี้เป็นการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ ซึ่งจะต้องกำหนดลักษณะ รูปแบบและโครงสร้างของข้อคำถามให้ชัดเจน สร้างผังการสร้างข้อสอบ (Test Blueprint) และลงมือเขียนข้อสอบตามผังการสร้างข้อสอบ และตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างเบื้องต้นในด้านความชัดเจน ภาษาที่ใช้ ซึ่งก่อนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย จะต้องสร้างและสำรวจมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนด้วยวิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย เช่น แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ทางเลือก (Survey Test) การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา อาจารย์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัยหรือครูผู้สอน การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางเลือก การสัมภาษณ์/สอบถามนักเรียน เป็นต้น

ระยะที่ 3 การพัฒนาเครื่องมือ (Develop Stage) ในขั้นนี้จะเป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับในด้านความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item Objective Congruence: IOC) การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่มในด้านความยาก (Difficulty Index) อำนาจจำแนก (Discrimination Index) และความเที่ยง (Reliability)



ภาพที่ 2 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ

การวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบห้าระดับ

เมื่อพิจารณาแบบสอบวินิจฉัย 4 ระดับ ถ้ารวมคำตอบในระดับที่ 1 - 4 ได้เป็น “ตอบถูก-มั่นใจ-ตอบถูก-มั่นใจ” ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ (scientific conception) แต่สำหรับแบบสอบวินิจฉัยแบบ 5 ระดับนั้น มีรูปแบบที่ได้เพิ่มการตอบในระดับที่ 5 ซึ่งจะช่วยให้สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ได้ลึกมากขึ้นกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบ 4 ระดับ ซึ่งสามารถแบ่งระดับของความเข้าใจของนักเรียนได้เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 6 ระดับ (Noriyatus S. Fajriyyah, Frida U. Ermawati, 2020, p. 128) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การตอบแต่ละระดับการตอบและการวินิจฉัยมีโนทัศน์

ที่	ข้อความถาม					การวินิจฉัยมีโนทัศน์
	1 st tier	2 nd tier	3 rd tier	4 th tier	5 th tier	
1	ถูกต้อง	มั่นใจ	ถูกต้อง	มั่นใจ	SD/C	SC
					PD/C	ASC
					UD/C	LK
					MD/C	
					ND/C	UnC
2	ถูกต้อง	มั่นใจ	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ	PD/C	LK
	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ	ถูกต้อง	มั่นใจ	or	
	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ	UD/C	
	ถูกต้อง	มั่นใจ	ผิด	ไม่มั่นใจ	or	
	ถูกต้อง	มั่นใจ	ผิด	มั่นใจ	MD/C	
	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ	ผิด	มั่นใจ		
	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ	ผิด	ไม่มั่นใจ		
	ผิด	มั่นใจ	ถูกต้อง	มั่นใจ		
	ผิด	มั่นใจ	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ		
	ผิด	ไม่มั่นใจ	ถูกต้อง	มั่นใจ		
	ผิด	ไม่มั่นใจ	ถูกต้อง	ไม่มั่นใจ		
	3	ผิด	มั่นใจ	ผิด	ไม่มั่นใจ	
ผิด		ไม่มั่นใจ	ผิด	มั่นใจ	or	
ผิด		ไม่มั่นใจ	ผิด	ไม่มั่นใจ	UD/C	
					or MD/C	
4	ผิด	มั่นใจ	ผิด	มั่นใจ	PD/C	MSC
					or	
					UD/C	
					or MD/C	
5	ในแต่ละระดับไม่มีคำตอบหรือมีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ					UnC

เมื่อ SC = มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception : SC)
 ASC = เกือบจะมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (almost scientific conception : ASC)
 LK = ขาดความรู้ (Lack of knowledge : LK)
 NU = ไม่เข้าใจในแนวคิด (No Understanding on concept : NU)
 MSC = มีมโนทัศน์ทางเลือก (Misconception : MSC)
 UnC = (Unicode : UnC)

โดยแต่ละระดับระดับของมโนทัศน์ สามารถอธิบายให้ชัดเจนขึ้น ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับของมโนทัศน์ (Student' conception levels) (Anam et al., 2015, p. 1020)

ที่	ระดับของมโนทัศน์	คำอธิบาย
1	Scientific Conception : SC	เมื่อนักเรียนตอบในระดับที่ 1 และ เลือกเหตุผลในระดับที่ 3 ถูกต้อง นักเรียนมั่นใจในการเลือกคำตอบและเหตุผล และรูปภาพ หรือข้อสรุปในระดับที่ 5 สอดคล้องกับมโนทัศน์
2	almost scientific conception : ASC	เมื่อนักเรียนตอบในระดับที่ 1 และ เลือกเหตุผลในระดับที่ 3 ถูกต้อง นักเรียนมั่นใจในการเลือกคำตอบและเหตุผล แต่รูปภาพหรือข้อสรุปในระดับที่ 5 ไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับมโนทัศน์
3	Lack of knowledge : LK	เมื่อมีเพียงคำตอบของนักเรียนในระดับที่ 1 และการเลือกตอบเหตุผลในระดับที่ 3 ถูกต้อง นักเรียนสามารถมั่นใจได้ หรือไม่เลือกคำตอบและเหตุผล และรูปภาพหรือข้อสรุปในระดับที่ 5 เพียงพอและสอดคล้องกับมโนทัศน์
4	Misconception : MSC	เมื่อนักเรียนตอบในระดับที่ 1 และ เลือกเหตุผลในระดับที่ 3 ไม่ถูกต้อง นักเรียนมั่นใจในการเลือกคำตอบและเหตุผล แต่รูปภาพหรือข้อสรุปในระดับที่ 5 ไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์
5	No Understanding on concept : NU	เมื่อนักเรียนตอบในระดับที่ 1 และ เลือกเหตุผลในระดับที่ 3 ไม่ถูกต้อง นักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบและเหตุผล แต่รูปภาพหรือข้อสรุปในระดับที่ 5 ไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์

ในแบบสอบวินิจัยแบบ 5 ระดับ จะมีการพิจารณาคำตอบของนักเรียนในระดับที่ 5 ซึ่งอาจเป็นรูปภาพ หรือข้อสรุป โดยมีประเภทและคะแนนดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงคำอธิบายและคะแนนสำหรับระดับคำตอบที่ 5

ที่	ระดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	คำอธิบาย	คะแนน
1	Scientific Drawing/Conclusion (SD/SC)	นักเรียนให้คำตอบที่ถูกต้อง โดยวาดภาพ หรือ เขียนข้อสรุปที่สอดคล้องกับมโนทัศน์	100
2	Partial Drawing/ Conclusion (PD/PC)	นักเรียนวาดภาพหรือเขียนสรุปที่สอดคล้องกับ มโนทัศน์เพียงบางส่วน	70-99
3	Undefined Drawing / Conclusion (UD/UC)	นักเรียนให้คำตอบที่ไม่เข้าใจ หรือภาพวาดหรือ ข้อสรุปไม่ตรงตามมโนทัศน์	40-69
4	Misconception Drawing/ Conclusion (MD/MC)	นักเรียนให้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง และวาดภาพหรือ เขียนข้อสรุปที่แตกต่างจากมโนทัศน์	1-39
5	No Drawing / Conclusion (ND/NC)	นักเรียนไม่ได้ตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด	0

งานวิจัยการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2561 – 2566 พบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับที่มีการสร้างและ ตรวจสอบคุณภาพในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์และเคมี แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 งานวิจัยการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ

วิชา	แบบทดสอบวินิจฉัย แบบห้าระดับ	การอ้างอิง
ฟิสิกส์	คลื่นและวัสดุแสง	(Putra et al., 2019)
	เวกเตอร์	(Mirza Qonita and Frida U. Ermawati, 2020)
	ความยืดหยุ่น	(Fadhilah Nur Salsabita and Ermawati, 2020)
	กฎของนิวตัน	(Imas Rosita et al., 2020)
	คลื่นเสียง	(Shofiatul Lailiyah, Frida U. Ermawati, 2020)
	กระแสไฟฟ้า	(Doni Setiawan and Jaelani, 2021)
	แรงเคลื่อนไฟฟ้า	
	กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์	
	กำลังไฟฟ้า	
	ความต้านทานไฟฟ้า	

วิชา	แบบทดสอบวินิจัย แบบห้าระดับ	การอ้างอิง
	ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต	(Farah Salmadhia et al., 2021)
	การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ	(Nisrina Nur Ramadhani and Frida Ulfah Remawati, 2021)
	การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	(Putri, W. K., & Ermawati, F. U., 2021)
	อุณหภูมิจากศาสตร์ของวัสดุ	(Alifia Royani and Woro Setyarsih, 2022)
เคมี	การเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร	(Bayuni et al., 2018)
	การถ่ายโอนความร้อน	(Anam, 2019)
	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	(Noriyatus S. Fajriyyah and Frida U. Ermawati, 2020)
	ของเหลว	(Doni Setiawan and Nina Faoziyah, 2020)
	สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง	(Uci Fatonah et al., 2022)
	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	(Deni Ainur Rokhim et al., 2023)
วิทยาศาสตร์	การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน	(Anasufi Banawi et al., 2021)

จากตารางจะพบว่าในการพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยแบบห้าระดับเพื่อวินิจัยมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนนั้นจะพบมากในสาระวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วิชาฟิสิกส์ วิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งยังไม่พบการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบสอบวินิจัยแบบห้าระดับของวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1 - ม.3) วิชาชีววิทยาและวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ดังนั้นหากครูผู้สอนหรือนักวิจัยมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยแบบห้าระดับ จะเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการนำไปต่อยอดและพัฒนาเครื่องมือ เพื่อนำไปวินิจัยมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนได้ตรงตามข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และสามารถแก้ไขได้ทันที่

ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ทางเลือกแบบห้าระดับ

สถานการณ์/คำถาม : คำถามหลักของมโนทัศน์ (the main question about the question)

เช้าวันนี้อากาศหนาวมาก คุณแอนต้องการที่จะดื่มชาร้อน ๆ เพื่อให้ร่างกายอบอุ่น คุณแอนจึงชงชาร้อนโดยเทน้ำชาที่เดือดลงในแก้ว จากนั้นใส่น้ำตาล และใช้ช้อนโลหะคนให้เข้ากัน ดังภาพ

1st tier : Questions and answers

จะเกิดอะไรขึ้นกับปลายช้อนที่คุณแอนถืออยู่ และทำไมจึงเกิดขึ้น

ก. ปลายช้อนจะร้อนเพราะช้อนโลหะเป็นตัวนำความร้อน

ข. ปลายช้อนจะร้อนเพราะช้อนโลหะเป็นฉนวนความร้อน

ค. ปลายช้อนจะไม่เปลี่ยนแปลง (คงที่) เนื่องจากช้อนโลหะเป็นฉนวนความร้อน

ง. (หากคุณมีคำตอบของคุณเอง โปรดเขียนไว้ที่นี่).....



2nd tier : The level of Confidence in choosing an answer

ก. มั่นใจ (Sure)

ข. ไม่มั่นใจ (Not Sure)

3rd tier : The choice of reasons in choosing an answer

ทำไมถึงสามารถเกิดขึ้นกับช้อนโลหะได้

ก. อนุภาคที่อยู่ใกล้แหล่งความร้อนจะขยายใหญ่ขึ้นและสัมผัสกับอนุภาคอื่นที่อยู่รอบๆ ตัว และด้วยเหตุนี้ความร้อนจึงถูกพาไป

ข. อนุภาคที่อยู่ใกล้แหล่งความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นรูปแบบอื่นและทำให้สามารถนำความร้อนได้

ค. อนุภาคที่อยู่ใกล้แหล่งความร้อนจะกระจายไปทั่วช้อน ดังนั้นช้อนจึงนำความร้อนได้

ง. (หากคุณมีคำตอบของคุณเอง โปรดเขียนไว้ที่นี่).....

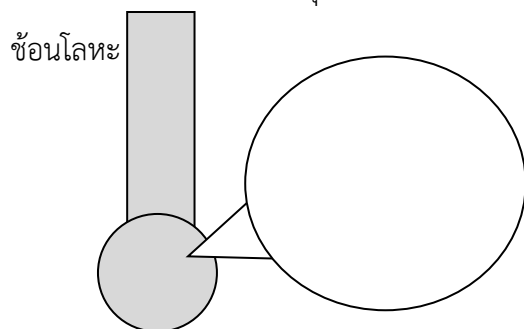
4th tier : The level of confidence in choosing a reason

ก. มั่นใจ (Sure)

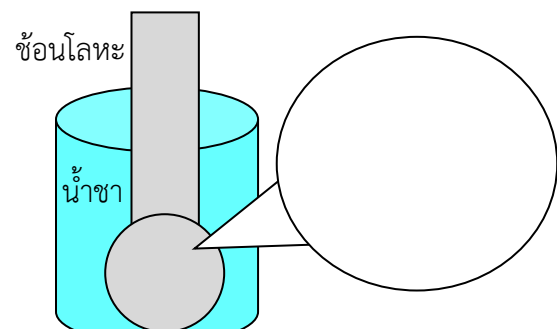
ข. ไม่มั่นใจ (Not Sure)

5th tier : drawing/Conclusion

จงวาดภาพที่แสดงว่าอนุภาคของช้อนโลหะ (ในวงกลม) เป็นอย่างไรก่อนและหลังใส่ลงในน้ำร้อน



ก่อนนำไปแช่ในน้ำร้อน



หลังนำไปแช่ในน้ำร้อน

บทสรุป

แบบทดสอบวินิจฉัยมีนวัตน์ทางเลือกแบบห้าระดับ เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการวินิจฉัยมีนวัตน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้านความรู้ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple-choice) ในระดับที่ 1 และระดับที่ 3 ส่วนระดับที่ 2 และระดับที่ 4 เป็นระดับความมั่นใจในการเลือกตอบในระดับที่ 1 และ 3 ตามลำดับ และระดับที่ 5 จะมีลักษณะเป็นการวาดภาพหรือการสรุป (Drawing/Conclusion) โดยเพิ่มระดับของข้อสอบในการตอบระดับที่ 5 ทำให้ได้ข้อมูลเชิงวินิจฉัยมีนวัตน์ที่มีความหลากหลาย ช่วยลดโอกาสการเดาข้อสอบได้ เนื่องจากระดับที่ 5 นักเรียนต้องวาดภาพหรือเขียนข้อสรุปคำตอบที่สอดคล้องกับการตอบในระดับที่ 1 และระดับที่ 3 การตรวจให้คะแนนสำหรับข้อคำถามระดับที่ 1 และระดับที่ 3 ทำได้ง่าย และช่วยให้ครูผู้สอนสามารถจำแนกได้ว่าการที่ผู้ตอบตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมีนวัตน์ทางเลือกหรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ และมีสาเหตุของมีนวัตน์หรือขาดความรู้ในเรื่องใดบ้าง ส่วนการนำไปใช้งานและกระบวนการสร้างต้องใช้เวลาในการสร้างค่อนข้างนาน การตรวจให้คะแนนสำหรับคำถามในระดับที่ 5 ซึ่งเป็นการเขียนตอบโดยการวาดรูปหรือเขียนสรุปคำตอบ/เหตุผล ทำได้ยาก เพราะเป็นการตรวจให้คะแนนที่เป็นรูปรีด มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนและมีการให้คะแนนที่ไม่ใช่แบบ 2 ค่า เนื่องจากข้อคำถามในระดับที่ 5 เป็นการเขียนตอบหรือวาดภาพสรุปคำตอบ ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยมีนวัตน์ทางเลือกแบบห้าระดับ จึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งซึ่งจะช่วยให้ครูผู้สอนหรือนักวิจัยนำไปปรับใช้ในการวินิจฉัยมีนวัตน์ทางเลือกของผู้เรียน และสามารถพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยให้มีคุณภาพได้ โดยกระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ ประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การนิยาม (Define Stage) ระยะที่ 2 การออกแบบเครื่องมือ (Design Stage) และระยะที่ 3 การพัฒนาเครื่องมือ (Develop Stage) เพื่อการวินิจฉัยมีนวัตน์ทางเลือกของผู้เรียนได้ตรงตามความบกพร่องที่เกิดขึ้น และข้อมูลที่ได้จากการวินิจฉัยจะช่วยให้ครูผู้สอนปรับปรุงการสอนของตนเอง และนักเรียนได้ทราบว่าตนเองมีมีนวัตน์ทางเลือกในมีนวัตน์ใดจะได้แก้ไขและเรียนซ่อมเสริมได้ เพื่อให้บรรลุตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ตามที่หลักสูตรกำหนด

เอกสารอ้างอิง

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**, 19(2),10-28.

Banawi, A., Sulaeman, S., Sopandi, W., Kadarohman, A., Solehuddin, M., & Ridwan, M. (2021).

The effects of using predict-observe-explain strategy assisted by conceptual change text towards the conceptual mastery of prospective primary school teachers on the matter and its changes. **Technium Soc. Sci. J.**, 23, 226-241.

<https://doi.org/10.47577/tssj.v23i1.4518>

- Bayuni, T. C., Sopandi, W., & Sujana, A. (2018). Identification misconception of primary school teacher education students in changes of matters using a five-tier diagnostic test. **Journal of Physics: conference series**, **1013(1)**, 012086.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012086>
- Dirman, H. M., Mufit, F., & Festiyed, F. (2022). Review and comparison of four-tier multiple choice and five-tier multiple choice diagnostic tests to identify mastery of physics concepts. **Jurnal Penelitian Pendidikan IPA**, **8(1)**, 1-12.
- Fajriyyah, N. S., & Ermawati, F. U. (2020). The validity and reliability of five-tier conception diagnostic test for kinetic theory of gases. **Inovasi Pendidikan Fisika**, **9(2)**, 126-132.
- Fatonah, U., Maison, M., & Hidayat, M. (2022). Development of Five-Tier Diagnostic Test to Identify Misconception in Rigid Body Equilibrium. **Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika**, **10(2)**, 199-206.
- Gurel, D. E. R. Y. A., Eryilmaz, A., and McDermott, L. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. **Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education**, **11(5)**, 989–1008.
- Karsli, F., and Ayas, A. (2013). Prospective science teachers' alternative conceptions about the chemistry issues. **Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education**, **7(2)**, 284-313.
- Koc, I., and Yager, R. E. (2016). Preservice Teachers' Alternative Conceptions in Elementary Science Concepts. **Cypriot Journal of Educational Sciences**, **11(3)**, 144-159.
- Lailiyah, S., & Ermawati, F. U. (2020). Materi gelombang bunyi: pengembangan tes diagnostic konsepsi berformat five-tier, uji validitas dan reliabilitas serta uji terbatas. **JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)**, **8(3)**.
- Putra, A. S. U., & Hamidah, I. (2020). The development of five-tier diagnostic test to identify misconceptions and causes of students' misconceptions in waves and optics materials. **Journal of Physics: Conference Series**, **1521(2)**, (022020).
<http://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022020>.
- Qonita, M., & Ermawati, F. U. (2020). The validity and reliability of five-tier conception diagnostic test for vector concepts. **Inovasi Pendidikan Fisika**, **9(03)**, 459-465.
- Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. **CBE—Life Sciences Education**, **14(1)**, es2.

- Ramadhani, N. N., & Ermawati, F. U. (2021). Five-tier diagnostic test instrument for uniform circular motion concepts: Development, validity, reliability and limited trials. **Jurnal Pendidikan Fisika**, 9(1), 73-90.
- Rif'at Shafwatul, A. N. A. M., Widodo, A., Sopandi, W., and Wu, H. K. (2019). Developing a five-tier diagnostic test to identify students' misconceptions in science: an example of the heat transfer concepts. **Elementary Education Online**, 18(3), 1014-1029.
- Rokhim, D. A., Widarti, H. R., & Sutrisno, S. (2023). Five-Tier Diagnostic Test Instrument Validation on Reaction Rate Materials: To Identify the Causes of Misconception and Student Representation. **Jurnal Penelitian Pendidikan IPA**, 9(3), 1380-1385.
- Rosita, I., Liliawati, W., & Samsudin, A. (2020). Pengembangan Instrumen Five-Tier Newton's Laws Test (5TNLT) Untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi dan Penyebab Miskonsepsi Siswa. **Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi**, 6(2), 297-306.
- Royani, A., & Setyarsih, W. (2022). Development of Google Form-Based Five-Tier E-Diagnostic Test to Identify Conception Levels and Track Students' Misconceptions on Thermodynamics Materials. Prisma Sains: **Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram**, 10(3), 450-465.
- Salmadhia, F., Rusnayati, H., & Liliawati, W. (2021). Five-Tier Geometrical Optics Test Feasibility to Identify Misconception and the Causes in High School Students. **Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika**, 9(2), 141-154.
- Salsabila, F. N., and Ermawati, F. U. (2020). Validity and reliability of conception diagnostic test using five tier format for elasticity concepts. **Inovasi Pendidikan Fisika**, 9(03), 439-446.
- Samborey, S., and Shimizu, K. (2019). Preliminary Finding on Teacher Trainees' Misconceptions in Atom and Molecule, **Proceedings of the Annual Meeting of Japan Society for Science Education**, 43, [volume title in Japanese], 590-593.
https://doi.org/10.14935/jssep.43.0_590
- Setiawan, D., & Jaelani, J. (2021). Five-Tier Diagnostic Test to Reveal Conceptual Understanding of Electrical Engineering Students. **Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika**, 9(3), 326-334.
- Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., and Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. **Jurnal Pendidikan IPA Indonesia**, 8(2), 247-266.