

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์: ประเภทและเครื่องมือประเมิน

Scientific Misconception: Type and Assessment Tool

วันเพ็ญ คำเทศ

Wanpen Kamtet

อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

บทคัดย่อ

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ ความเข้าใจ หรือความคิดที่ไม่สมบูรณ์และแตกต่างไปจากแนวความคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) อุปาทาน 2) ความเชื่อที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ 3) ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ 4) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากภาษา และ 5) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อเท็จจริง โดยทั่วไปเครื่องมือที่ใช้ประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ คือ แบบสอบวินิจฉัย ซึ่งมีอยู่ 6 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์ 2) แบบสอบชนิดเขียนตอบ 3) แบบสอบชนิดเลือกตอบ 4) แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ 5) แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ และ 6) แบบสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ กระบวนการในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การกำหนดขอบเขตสาระการเรียนรู้ที่ต้องการวินิจฉัย 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน และ 3) การสร้างแบบสอบวินิจฉัย

คำสำคัญ: มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือประเมิน แบบสอบวินิจฉัย

Abstract

Scientific misconception is knowledge, insight, or ideas that are incomplete and different from scientifically accepted concepts. There are 5 types of scientific misconception; 1) preconceived notion, 2) nonscientific belief, 3) conceptual misunderstanding, 4) vernacular misconception, and 5) factual misconception. In general, an assessment tool for evaluating scientific misconceptions is a diagnostic test, which have 6 types; 1) interview form, 2) open – ended test, 3) ordinary multiple – choice test, 4) two – tier multiple – choice test, 5) three – tier multiple – choice test, and 6) four – tier multiple – choice test. The process of developing a diagnostic test consists of 3 main steps; 1) defining the concept boundaries, 2) obtaining information about students' misconceptions, and 3) creating a diagnostic test.

Keywords: Scientific misconception, Assessment tool, Diagnostic test

ความนำ

หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ขัดขวางไม่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายและชัดเจน ไม่ให้เกิดการเรียนรู้อย่างถาวร คือ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความรู้ ความเข้าใจ หรือความคิดที่ไม่สมบูรณ์และแตกต่างไปจากแนวความคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ (Kose, 2008)

การจัดการกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนนั้น อันดับแรกครูจำเป็นต้องรู้หรือระบุได้ว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวมีอะไรบ้าง (NRC, 1997) เช่นเดียวกับการวินิจฉัยโรคของแพทย์ ถ้าแพทย์วินิจฉัยสาเหตุของโรคได้ถูกต้องก็สามารถรักษาได้ถูกต้อง ในทางตรงกันข้ามถ้าวินิจฉัยผิด การรักษาก็จะผิดไปด้วย ซึ่งไม่เพียงแต่รักษาโรคไม่ได้เท่านั้น ยังอาจเกิดผลกระทบด้านลบต่อผู้ป่วยอีกด้วย (Hammer, 1996)

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาวิจัยที่มุ่งเน้นไปที่การทำความเข้าใจแนวคิดและวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญมากในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา แบบสอบถามวินิจฉัยจึงเป็นเครื่องมือประเมินแบบหนึ่งที่สามารถบอกถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากแบบสอบถามดังกล่าวช่วยทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ครูต้องการให้ผู้เรียนรู้หรือเรียนรู้กับสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้หรือเรียนรู้จริง ๆ (Gronlund, 1981)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้นมีหลายประเภท ในขณะเดียวกันแบบสอบถามวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก็มีหลายประเภทเช่นกัน ดังนั้น หากครูมีความรู้ความเข้าใจในประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ รู้ข้อดีข้อเสียของแบบสอบถามวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแต่ละรูปแบบ ตลอดจนรู้กระบวนการในการพัฒนาแบบสอบถามดังกล่าวก็จะสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและหาแนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนได้

ประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

National Research Council (NRC, 1997) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 ประเภท โดยใช้การส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. **อุปาทาน (preconceived notion)** เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบได้ทั่วไปซึ่งเป็นรากฐานของประสบการณ์ประจำวันของมนุษย์ ตัวอย่าง เช่น คนจำนวนมากเชื่อว่าน้ำใต้ดินไหลเป็นธารน้ำเพราะว่าน้ำบนผิวโลกไหลเป็นธารน้ำ อุปาทานส่งผลกระทบต่อมุมมองของผู้เรียนในเรื่องอิทธิพลของความร้อน พลังงาน และแรงโน้มถ่วงของโลกที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ด้วย

2. **ความเชื่อที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ (nonscientific belief)** รวมถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้อื่นที่ไม่ใช่แหล่งเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสอนทางศาสนาและสิ่งลึกลับ ตัวอย่าง เช่น ผู้เรียนบางคนเรียนรู้ประวัติโดยย่อของโลกและการกำเนิดชีวิตบนโลกจากการสอนศาสนา ความแตกต่างระหว่างความเชื่อดังกล่าวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดข้อขัดแย้งในการสอนวิทยาศาสตร์

3. ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ (conceptual misunderstanding) เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้รับการสอนข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในวิถีทางที่ไม่ได้เป็นการกระตุ้นให้พวกเขาเผชิญกับสิ่งผิดปกติและข้อขัดแย้งที่เป็นผลมาจากอุปาทานและความเชื่อที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ การจัดการกับความสับสนดังกล่าว ผู้เรียนจะสร้างแบบจำลองที่ผิด ๆ ซึ่งมักจะไม่มีน้ำหนักและทำให้เกิดความไม่มั่นใจในมโนทัศน์นั้น ๆ

4. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากภาษา (vernacular misconception) เกิดขึ้นจากการใช้คำพูดซึ่งมีความหมายอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวันแต่มีความหมายที่ต่างออกไปจากบริบทของวิทยาศาสตร์ (เช่น คำว่า “งาน”) ผู้เชี่ยวชาญทางธรณีวิทยาให้ข้อสังเกตว่าเป็นเรื่องยากสำหรับผู้เรียนในการจะเข้าใจว่า “ธารน้ำแข็งมีการล่าถอย” เพราะภาพในใจของผู้เรียนจะเห็นว่าธารน้ำแข็งมีการหยุด การหมุน และการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้าม ซึ่งการแทนที่คำว่า “การล่าถอย” ด้วยคำว่า “การหลอมละลาย” ช่วยเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับธารน้ำแข็งได้ดีขึ้น

5. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (factual misconception) เป็นความเข้าใจผิดที่เกิดจากการเรียนรู้ตั้งแต่ในวัยเด็กและไม่ได้รับการแก้ไขจนกระทั่งเติบโตเป็นผู้ใหญ่ เช่น ความเข้าใจที่ว่า “ฟ้าจะไม่แลบซ้ำ 2 ครั้ง” ในบริเวณเดียวกัน ซึ่งเป็นความเข้าใจผิดที่อาจดูไร้สาระแต่ความเข้าใจผิดดังกล่าวอาจฝังรากลึกในความเชื่อของหลายคน

เครื่องมือประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

เครื่องมือประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์แต่ละรูปแบบได้รับการพัฒนาและใช้โดยนักวิจัยเพื่อบ่งชี้มโนทัศน์ของผู้เรียน โดยทั่วไปเครื่องมือประเมินดังกล่าวมักเป็นแบบสอบวินิจฉัย (diagnostic test) ที่สร้างได้หลายรูปแบบ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ (interview form) แบบสอบชนิดเขียนตอบ (open - ended test) แบบสอบชนิดเลือกตอบ (ordinary multiple - choice test) แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (two - tier multiple - choice test) แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ (three - tier multiple - choice test) และแบบสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ (four - tier multiple - choice test) (Gurel, 2015) ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนั้น ผู้นำเครื่องมือเหล่านี้ไปใช้ต้องตระหนักถึงข้อดีและข้อเสียดังกล่าวเพื่อที่จะได้นำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อดีและข้อเสียของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์แต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสัมภาษณ์ (interview form)

การสัมภาษณ์มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบความรู้สึกนึกคิดของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ลักษณะสำคัญของการสัมภาษณ์ คือ ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลเชิงลึก แต่ต้องใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนเป็นจำนวนมาก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี นอกจากนี้ อคติของผู้ให้สัมภาษณ์ยังมีผลต่อข้อมูลที่เก็บรวบรวม และที่สำคัญการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ค่อนข้างยุ่งยาก (Adadan & Savasci, 2012; Rollnick & Mahooana, 1999; Sadler, 1998; Tongchai et al., 2009)

2. แบบสอบชนิดเขียนตอบ (open – ended test)

แบบสอบชนิดเขียนตอบแบบปลายเปิดนิยมใช้อย่างกว้างขวางในการตรวจสอบมโนทัศน์ของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสร้างได้ง่ายเพราะมีเพียงข้อคำถามเท่านั้น และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตอบได้ตามแนวคิดของตนเอง ผู้ทำแบบสอบชนิดนี้ต้องใช้เวลามากในการคิดและเขียนคำตอบ แต่การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นทำได้ยาก เนื่องจากอุปสรรคเกี่ยวกับการใช้ภาษาที่ผู้เรียนส่วนใหญ่มักขาดความกระตือรือร้นในการตอบให้ได้ใจความที่ครบถ้วนสมบูรณ์ (Al-Rubayea, 1996)

3. แบบสอบชนิดเลือกตอบ (ordinary multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อเสียของแบบสัมภาษณ์และแบบสอบชนิดเขียนตอบแบบปลายเปิดเกี่ยวกับการตรวจให้คะแนน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ซึ่งแบบสอบชนิดเลือกตอบสามารถบ่งชี้มโนทัศน์ของผู้เรียนที่เป็นข้อมูลเชิงลึกและใช้วัดมโนทัศน์ได้อย่างกว้างขวางและครอบคลุมมโนทัศน์ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน นอกจากนี้ แบบสอบชนิดเลือกตอบยังมีข้อดีอีก 7 ประการ ดังนี้ (Caleon & Subramaniam, 2010a)

- 1) สามารถวัดความรู้ของผู้เรียนได้หลายหัวข้อในระยะเวลาอันสั้น
- 2) เป็นข้อสอบอนุกรมประสงค์ หมายความว่า สามารถวัดได้หลากหลายทั้งระดับการเรียนรู้และทักษะทางปัญญาต่าง ๆ
- 3) สามารถตรวจให้คะแนนที่เห็นผลอย่างเป็นรูปธรรม
- 4) ใช้เวลาน้อยในการตรวจให้คะแนน
- 5) เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนที่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาแต่เขียนไม่เก่ง
- 6) เหมาะสมต่อการวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ
- 7) ให้ข้อมูลเชิงวินิจฉัยความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนได้อย่างหลากหลาย

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแบบสอบชนิดเลือกตอบมีข้อดีหลายประการ แต่ข้อเสียของแบบสอบชนิดนี้ก็มียหลายประการเช่นกัน ดังนี้ (Chang, Yeh & Barufaldi, 2010; Bork, 1984)

- 1) ผู้เรียนสามารถเดาคำตอบได้ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของแบบสอบ
- 2) ตัวเลือกมักไม่แสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์อย่างลึกซึ้งของผู้เรียน
- 3) ผู้เรียนถูกบังคับให้เลือกคำตอบจากตัวเลือกที่ถูกจำกัดซึ่งไม่ได้เป็นคำตอบจากความคิดของผู้เรียน
- 4) การสร้างข้อสอบชนิดเลือกตอบให้มีคุณภาพนั้นทำได้ยาก

4. แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (two – tier multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อเสียของแบบสอบชนิดเลือกตอบ โครงสร้างของแบบสอบชนิดนี้ประกอบด้วยคำถามและส่วนของคำตอบซึ่งมี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นตัวเลือกที่เป็นคำตอบและตัวลวง และส่วนที่สองเป็นตัวเลือกที่เป็นเหตุผลที่ใช้ในการตอบตอบส่วนแรก ผู้เรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้งคำตอบและเหตุผล สำหรับตัวลวงนั้นได้มาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสาร การสัมภาษณ์ และการให้ผู้เรียนทำแบบสอบชนิดเขียนตอบ แต่เนื่องจากผู้เรียนอาจมีเหตุผลอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดให้ จึงมีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการเพิ่มบรรทัดว่างไว้ให้ผู้ตอบเติมเหตุผลอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ ช่วยให้การตอบของผู้เรียนนั้นง่ายขึ้น และการมี

เหตุผลให้เลือกประกอบคำตอบนั้นยังเป็นการลดการเดาคำตอบของผู้เรียน เนื่องจากทั้งคำตอบและเหตุผลต้องสอดคล้องกัน ผู้ตอบจึงจะได้คะแนน อย่างไรก็ตาม แบบสอบชนิดนี้ก็ยังมิข้อจำกัดในการจำแนกว่าการที่ผู้เรียนตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ (Aydm, 2007; Eryılmaz, 2010; Kaltakçı, 2012; Peşman & Eryılmaz, 2010; Türker, 2005)

5. แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ (three – tier multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของแบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ โดยการเพิ่มส่วนที่ 3 ของส่วนคำตอบของข้อสอบซึ่งเป็นการให้ผู้ตอบเลือกว่ามั่นใจหรือไม่มั่นใจในคำตอบที่เลือกในส่วนที่ 1 (ตัวเลือกซึ่งเป็นคำตอบและตัวลวง) และส่วนที่ 2 (ตัวเลือกซึ่งเป็นเหตุผลของคำตอบที่เลือกในส่วนที่ 1) ผู้ตอบจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบส่วนที่ 1 และ 2 ได้ถูกต้องด้วยความมั่นใจ สำหรับผู้ตอบที่ตอบผิดทั้งส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 อย่างมั่นใจ แสดงว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่ถึงกระนั้น ระดับความมั่นใจในส่วนที่ 3 นี้ ก็ไม่ได้บอกว่าผู้ตอบมั่นใจในคำตอบ ส่วนที่ 1 หรือ 2 ดังนั้น แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับนี้ก็ยังไม่สามารถจำแนกว่าการที่ผู้เรียนตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ (Aydm, 2007; Eryılmaz, 2010; Kutluay, 2005; Peşman & Eryılmaz, 2010; Türker, 2005)

6. แบบสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ (four – tier multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของแบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ โดยเพิ่มระดับความมั่นใจของการตอบต่อจากคำตอบส่วนที่ 1 ทำให้โครงสร้างของข้อสอบในส่วนของคำตอบมี 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 เป็นตัวเลือกของคำตอบและตัวลวง ส่วนที่ 2 เป็นระดับความมั่นใจของส่วนที่ 1 ส่วนที่ 3 เป็นตัวเลือกของเหตุผลที่ใช้ในการตอบส่วนที่ 1 และส่วนที่ 4 เป็นระดับความมั่นใจของส่วนที่ 3 ผู้ตอบที่ตอบถูกทั้งส่วนที่ 1 และ 3 ด้วยความมั่นใจ (ส่วนที่ 2 และ 4) จะได้คะแนนในข้อนั้น ส่วนผู้ที่ตอบผิดทั้งส่วนที่ 1 และ 3 ด้วยความมั่นใจ (ส่วนที่ 2 และ 4) จะวินิจฉัยได้ว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในข้อนั้น สำหรับคำตอบอื่นที่นอกเหนือจากนี้ จะวินิจฉัยได้ว่าไม่มีความรู้ในข้อนั้น ๆ หรือหากตอบแล้วขัดแย้งกัน จะวินิจฉัยว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในข้อนั้น (Caleon & Subramaniam, 2010 b)

จากลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแต่ละรูปแบบสามารถนำข้อดีและข้อเสียมาเปรียบเทียบและนำเสนอในรูปแบบตารางได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแต่ละรูปแบบ

ประเด็น เปรียบเทียบ	รูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน					
	แบบสัมภาษณ์	แบบเขียนตอบ	แบบเลือกตอบ	แบบเลือกตอบ	แบบเลือกตอบ	แบบเลือกตอบ
				2 ระดับ	3 ระดับ	4 ระดับ
1. การสร้าง แบบสอบ	สร้างได้ง่าย	สร้างได้ง่าย	สร้างให้มี คุณภาพได้ยาก	สร้างให้มี คุณภาพได้ยาก	สร้างให้มี คุณภาพได้ยาก	สร้างให้มี คุณภาพได้ยาก
2. ข้อมูลที่ได้	ข้อมูลเชิงลึก	ข้อมูลที่เป็น แนวคิดของ ผู้ตอบ	ข้อมูลเชิง วินิจฉัย มโนทัศน์ที่ หลากหลาย	ข้อมูลเชิง วินิจฉัย มโนทัศน์ที่ หลากหลาย	ข้อมูลเชิง วินิจฉัย มโนทัศน์ที่ หลากหลาย	ข้อมูลเชิง วินิจฉัย มโนทัศน์ที่ หลากหลาย
3. ความ ครอบคลุม ของข้อมูล	ไม่ครอบคลุม มโนทัศน์ที่ จำเป็น	ไม่ครอบคลุม มโนทัศน์ที่ จำเป็น	ครอบคลุม มโนทัศน์ที่ จำเป็น	ครอบคลุม มโนทัศน์ที่ จำเป็น	ครอบคลุม มโนทัศน์ที่ จำเป็น	ครอบคลุม มโนทัศน์ที่ จำเป็น
4. การเดา คำตอบ	ไม่มีโอกาส เดาคำตอบ	ไม่มีโอกาส เดาคำตอบ	ง่ายต่อการเดา คำตอบ	มีโอกา สเดาคำตอบ	มีโอกา สเดาคำตอบ	มีโอกา สเดาคำตอบ
5. การตรวจให้ คะแนน	ตรวจยาก เนื่องจากมีอคติ เข้ามาเกี่ยวข้อง	ตรวจยาก (มีความเป็น อัตนัย)	ตรวจง่าย (มีความเป็น ปรนัย)	ตรวจง่าย (มีความเป็น ปรนัย)	ตรวจง่าย (มีความเป็น ปรนัย)	ตรวจง่าย (มีความเป็น ปรนัย)
6. การวิเคราะห์ ข้อมูล	ค่อนข้างยุ่งยาก	ค่อนข้างยุ่งยาก	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย
7. การจำแนก ผู้ตอบ	จำแนกได้ว่า การที่ผู้ตอบ ตอบผิดนั้นเป็น เพราะมีมโน ทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิด เพราะไม่มี ความรู้ใน เรื่องนั้น ๆ	จำแนกได้ว่า การที่ผู้ตอบ ตอบผิดนั้นเป็น เพราะมีมโน ทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิด เพราะไม่มี ความรู้ใน เรื่องนั้น ๆ	จำแนกไม่ได้ว่า การที่ผู้ตอบ ตอบผิดนั้นเป็น เพราะมีมโน ทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน หรือตอบผิด เพราะไม่มี ความรู้ใน เรื่องนั้น ๆ	จำแนกไม่ได้ว่า การที่ผู้ตอบ ตอบผิดนั้นเป็น เพราะมีมโน ทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิด เพราะไม่มี ความรู้ใน เรื่องนั้น ๆ	จำแนกไม่ได้ว่า การที่ผู้ตอบ ตอบผิดนั้นเป็น เพราะมีมโน ทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิด เพราะไม่มี ความรู้ใน เรื่องนั้น ๆ	จำแนกได้ว่า การที่ผู้ตอบ ตอบผิดนั้นเป็น เพราะมีมโน ทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิด เพราะไม่มี ความรู้ใน เรื่องนั้น ๆ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Gurel, D. K. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology*, 11(5), 1001.

จะเห็นว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ มีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำไปใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

เนื่องจากทำให้ครูได้ข้อสังเกตอย่างครบถ้วน ได้ข้อมูลเชิงวินิจฉัยมโนทัศน์ที่หลากหลาย แม้ว่าผู้เรียนจะมีโอกาสในการเดาคำตอบได้ แต่การตรวจให้คะแนนและการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ง่าย และที่สำคัญ สามารถจำแนกได้ว่าการที่ผู้ตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ

ตัวอย่างข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

ผู้เขียนได้สร้างข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจของพืช ที่มีรูปแบบของแบบสอบเป็นชนิดเขียนตอบ เลือกตอบ เลือกตอบ 2 ระดับ เลือกตอบ 3 ระดับ และเลือกตอบ 4 ระดับ ดังนี้

1. ข้อสอบชนิดเขียนตอบ

การหายใจของพืชเกิดขึ้นที่ส่วนใด

.....

2. ข้อสอบชนิดเลือกตอบ

การหายใจของพืชเกิดขึ้นที่ส่วนใด

- 1) ทุกเซลล์ของพืช
- 2) เฉพาะเซลล์ของใบเท่านั้น
- 3) เฉพาะเซลล์ของรากเท่านั้น
- 4) เฉพาะเซลล์ของลำต้นเท่านั้น

3. ข้อสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ

การหายใจของพืชเกิดขึ้นที่ส่วนใด

- 1) ทุกเซลล์ของพืช
- 2) เฉพาะเซลล์ของใบเท่านั้น
- 3) เฉพาะเซลล์ของรากเท่านั้น
- 4) เฉพาะเซลล์ของลำต้นเท่านั้น

เหตุผลของคำตอบ

- 1) เซลล์ที่มีชีวิตทุกเซลล์ต้องการพลังงาน
- 2) เฉพาะใบเท่านั้นที่มีรูเปิดสำหรับแลกเปลี่ยนแก๊ส
- 3) เฉพาะรากเท่านั้นที่มีรูเปิดสำหรับหายใจ
- 4) เฉพาะลำต้นเท่านั้นที่ต้องการพลังงานในการลำเลียงน้ำ

4. ข้อสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ

การหายใจของพืชเกิดขึ้นที่ส่วนใด

- 1) ทุกเซลล์ของพืช
- 2) เฉพาะเซลล์ของใบเท่านั้น
- 3) เฉพาะเซลล์ของรากเท่านั้น
- 4) เฉพาะเซลล์ของลำต้นเท่านั้น

เหตุผลที่ใช้ในการตอบ

- 1) เซลล์ที่มีชีวิตทุกเซลล์ต้องการพลังงาน
- 2) เฉพาะใบเท่านั้นที่มีรูเปิดสำหรับแลกเปลี่ยนแก๊ส
- 3) เฉพาะรากเท่านั้นที่มีรูเปิดสำหรับหายใจ
- 4) เฉพาะลำต้นเท่านั้นที่ต้องการพลังงานในการลำเลียงน้ำ

คุณมั่นใจในคำตอบหรือไม่

- 1) มั่นใจ
- 2) ไม่มั่นใจ

5. ข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ

การหายใจของพืชเกิดขึ้นที่ส่วนใด

- 1) ทุกเซลล์ของพืช
- 2) เฉพาะเซลล์ของใบเท่านั้น
- 3) เฉพาะเซลล์ของรากเท่านั้น
- 4) เฉพาะเซลล์ของลำต้นเท่านั้น

คุณมั่นใจในคำตอบหรือไม่

- 1) มั่นใจ
- 2) ไม่มั่นใจ

เหตุผลที่ใช้ในการตอบ

- 1) เซลล์ที่มีชีวิตทุกเซลล์ต้องการพลังงาน
- 2) เฉพาะใบเท่านั้นที่มีรูเปิดสำหรับแลกเปลี่ยนแก๊ส
- 3) เฉพาะรากเท่านั้นที่มีรูเปิดสำหรับหายใจ
- 4) เฉพาะลำต้นเท่านั้นที่ต้องการพลังงานในการลำเลียงน้ำ

คุณมั่นใจในคำตอบหรือไม่

- 1) มั่นใจ
- 2) ไม่มั่นใจ

กระบวนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ที่มีการจำกัดเนื้อหาสาระในการวินิจฉัย ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน และขั้นตอนย่อย 10 ขั้นตอน ดังนี้ (Treagust, 1988)

1. การกำหนดขอบเขตสาระการเรียนรู้ที่ต้องการวินิจฉัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1.1 การกำหนดข้อสรุปความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ (propositional knowledge statements)

1.2 การสร้างผังมโนทัศน์

1.3 การเชื่อมโยงข้อสรุปความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เข้ากับผังมโนทัศน์

ข้อสรุปความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ถูกเชื่อมโยงเข้ากับผังมโนทัศน์เพื่อให้แน่ใจว่าเนื้อหาที่จะวินิจฉัยมีความสอดคล้องกัน เป็นการตรวจสอบความเที่ยง (reliability) ว่าข้อสรุปความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์กับผังมโนทัศน์อยู่ภายใต้ขอบเขตสาระการเรียนรู้เดียวกันและครอบคลุมมโนทัศน์ที่จำเป็นสำหรับการวินิจฉัย

1.4 การตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา

ข้อสรุปความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์กับผังมโนทัศน์จะได้รับการตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาอย่างละเอียดโดยนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งข้อขัดแย้งและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะได้รับการปรับปรุงและแก้ไขให้ถูกต้อง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

ในขั้นตอนนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนรวบรวมได้จากการตรวจสอบเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และคำตอบที่ได้จากการให้ผู้เรียนทำข้อสอบเลือกตอบที่มีช่องว่างให้เติมเหตุผลในการตอบหรือทำข้อสอบเขียนตอบ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.1 การศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 การสัมภาษณ์ผู้เรียนแบบไม่มีโครงสร้าง

2.3 การสร้างข้อสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบที่มีช่องว่างให้เติมเหตุผลในการตอบหรือข้อสอบแบบเขียนตอบ

3. การสร้างแบบสอบวินิจฉัย ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การสร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อให้แน่ใจว่าแบบสอบวินิจฉัยที่จะถูกพัฒนาขึ้นครอบคลุม ข้อสรุปความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์กับผังมโนทัศน์ภายใต้ขอบเขตสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ตั้งแต่ขั้นตอนแรก

3.2 การสร้างข้อสอบวินิจฉัย

3.3 การนำแบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เรียน เพื่อตรวจสอบหาคุณภาพของข้อสอบรายข้อและคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ

3.4 การปรับแก้ไขข้อสอบที่มีข้อบกพร่อง จนได้ข้อสอบที่มีคุณภาพในการวินิจฉัยในที่สุด

สรุป

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นอุปาทาน ความเชื่อที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากภาษา หรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อเท็จจริงล้วนเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน การตรวจสอบว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใดสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งมักเป็นแบบสอบวินิจฉัยที่มีหลายรูปแบบ ทั้งแบบสัมภาษณ์ แบบสอบชนิดเขียนตอบ แบบสอบชนิดเลือกตอบ และแบบสอบชนิดเลือกตอบหลายระดับ ซึ่งเครื่องมือประเมินแต่ละชนิดมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน จึงจำเป็นที่ผู้วิจัยจะต้องพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้มีคุณภาพ เพื่อการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำ ซึ่งจะสามารถพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ข้อเสนอแนะที่ได้จากการประเมินวินิจฉัยยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนในการได้รู้ถึงข้อบกพร่องทางการเรียนของตนเอง เป็นประโยชน์ต่อครูในด้านการปรับปรุงการเรียนการสอน และเป็นประโยชน์ต่อโรงเรียนในการจัดสรรทรัพยากรด้านการเรียนการสอนให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียน

บรรณานุกรม

- Adadan, E., & Savasci F. (2012). An analysis of 16-17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 34(4), 513-544.
- Al-Rubayea, A. M. (1996). *An Analysis of Saudi Arabian High School Students' Misconceptions About Physics Concepts*. Unpublished doctoral dissertation, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- Aydın, Ö. (2007). *Assessing tenth grade students' difficulties about kinematics graphs by a three-tier test*. Unpublished master thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Bork, A. (1984). Letters to the editor. *American Journal of Physics*, 52(10), 873-874.
- Caleon, I. S. & Subramaniam, R. (2010a). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32(7), 939-961.
- Caleon, I. S. & Subramaniam, R. (2010b). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40, 313-337.
- Chang, C. Y., Yeh, T. K., & Barufaldi, J. P. (2010). The positive and negative effects of science concept tests on student conceptual understanding. *International Journal of Science Education*, 32(2), 265-282.

- Eryılmaz, A. (2010). Development and application of three-tier heat and temperature test: Sample of bachelor and graduate students. *Eurasian Journal of Educational Research*, 40, 53-76.
- Gronlund, N. E. (1981). *Measurement and evaluation in teaching*. NY: McMillan Pub. Co. Inc.
- Gurel, D. K. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology*, 11(5), 989 – 1008.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for educational research. *American Journal of Physics*, 64(10), 1316-1325.
- Kaltakçı, D. (2012). *Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers' misconceptions about geometrical optics*. Unpublished PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Kose, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283 – 293.
- NRC. (1997). *Science teaching reconsidered: A handbook*. Washington, DC: National Academies Press.
- Peşman, H., & Eryılmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 103, 208-222.
- Rollnick, M. & Mahooana, P. P. (1999). A quick and effective way of diagnosing student difficulties: two tier from simple multiple-choice questions. *South African Journal of Chemistry*, 52(4), 161-164.
- Sadler, P. M. (1998). Psychometric models of student conceptions in science: reconciling qualitative studies and distractor - driven assessment instruments. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(3), 265-296.
- Tongchai, A., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Arayathanitkul, K., & Soankwan, C. (2009). Developing, evaluating and demonstrating the use of a conceptual survey in mechanical waves. *International Journal of Science Education*, 31(18), 2437-2457.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159 – 169.
- Türker, F. (2005). *Developing a three tier test to assess high school students' misconceptions concerning force and motion*. Unpublished master thesis, Middle East Technical University, Ankara.