

การพัฒนาแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

เรื่อง คลื่นเสียง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Development of a Scientific Explanation Competency Test on Sound Waves
for Upper Secondary School Studentsกฤษฎา ทองประไพ^{1*}Krissada Tongprapai^{1*}

(Received: March 31, 2026; Revised: April 26, 2026; Accepted: April 27, 2026)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดดังนี้ 1) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง 2) วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดโครงสร้างและจำนวนข้อของแบบวัด 3) สร้างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำเพาะ 4) ประเมินความเที่ยงตรงและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ 5) ปรับปรุงแบบวัดแล้วนำไปทดลองใช้และหาคุณภาพของแบบวัด ได้แก่ ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ และคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนน

ผลการวิจัยพบว่า แบบวัดอัตนัยแบบความเรียงที่ไม่จำกัดคำตอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ เมื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 จำนวน 40 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดแพร่ที่เรียน เรื่อง คลื่นเสียง มาแล้ว แต่ยังไม่เคยได้รับการฝึกฝนด้านสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ พบว่า ความยากง่ายมีค่า 0.469 - 0.500 อำนาจจำแนก มีค่า 0.325 - 0.363 สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่า 0.719 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นมีค่า 0.766 - 0.913 ดังนั้นแบบวัดที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประเมินสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ การประเมิน ฟิสิกส์

Abstract

The objective of this research was to develop a scientific explanation competency test on the topic of sound waves for upper secondary school students. The development process comprised five stages: 1) defining the operational definitions of scientific explanation

¹ ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่

¹ Senior Professional Level Teacher (Physics), Phiriyalai School Phrae.

competency regarding sound waves; 2) conducting content analysis and determining the test structure and number of items; 3) constructing test items and specific scoring rubrics; 4) evaluating the validity and suitability of the instrument; and 5) refining the test for pilot testing to determine its psychometric properties, including difficulty, discrimination, reliability, and the quality of the scoring rubrics.

The results indicated that the developed extended-response subjective test possessed content validity and was suitable for implementation. The instrument was pilot tested with a sample of 40 Grade 11 students from a large secondary school in Phrae Province, who had previously studied sound waves but had no formal training in constructing scientific explanations. The analysis revealed that the difficulty index ranged from 0.469 to 0.500, and the discrimination index ranged from 0.325 to 0.363. The test achieved a Cronbach's alpha coefficient of 0.719, while the Intraclass Correlation Coefficient for inter-rater reliability of the scoring rubrics ranged from 0.766 to 0.913. Consequently, the developed test is an effective tool for assessing the scientific explanation competency of upper secondary school students regarding sound waves.

Keywords: scientific explanation competency, assessment, physics

บทนำ

สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (scientific explanation competency) คือความสามารถองค์รวมของบุคคลในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้าง (claim) ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal links) ระหว่างปรากฏการณ์ธรรมชาติกับทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยมีการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence) มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างสมเหตุสมผล (Alameh et al., 2022; McNeill & Krajcik, 2008) ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เชิงลึกและใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ และการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับหลักฐานใหม่ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ คล้ายกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (McNeill & Krajcik, 2008; Ruiz-Primo, 2010) ทั้งนี้องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) จึงประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้มีการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment; PISA) จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าผลการประเมิน PISA ของนักเรียนไทยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (พ.ศ. 2555–2565) กลับอยู่ในสถานะถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2565 ที่คะแนนด้านวิทยาศาสตร์ลดลงถึง

17 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD อย่างต่อเนื่อง (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2023) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังขาดสมรรถนะในการเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janto et al. (2020); Yohyong & Pitiporntapin (2019) พบว่านักเรียนไม่คุ้นชินกับการคิดวิเคราะห์และการตีความข้อมูลเชิงประจักษ์ ทำให้นักเรียนสับสนระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป และใช้อารมณ์ความรู้สึกแทนเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับประสบการณ์ตรงจากชั้นเรียนของผู้วิจัยเองพบว่านักเรียนมักระบุคำตอบเพียงสั้น ๆ ขาดการอ้างอิงหลักฐานสนับสนุนและไม่สามารถเชื่อมโยงเหตุและผลได้อย่างเป็นระบบ

หากพิจารณาผ่านมุมมองของธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ซึ่งมุ่งเน้นการทำความเข้าใจความสัมพันธ์เชิงกลไกของธรรมชาติตั้งแต่สิ่งที่มีความซับซ้อนน้อย เช่น การตกอย่างอิสระ การเคลื่อนที่แนวตรง ไปจนกระทั่งปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนมาก เช่น แสงเชิงคลื่น คลื่นเสียง (Sari et al., 2021) ความซับซ้อนของปรากฏการณ์ทำให้นักเรียนมีสมรรถนะดังกล่าวอยู่ในระดับที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรฟิสิกส์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าผลการเรียนรู้ส่วนใหญ่เน้นย้ำถึงการอธิบายเป็นสำคัญโดยเริ่มตั้งแต่อธิบายจากสิ่งที่สังเกตด้วยตาได้ไปจนกระทั่งไม่สามารถสังเกตได้ เช่น อธิบายการสั่นพ้องของเสียงในอากาศ อธิบายการเกิดเสียง หากนักเรียนมีสมรรถนะดังกล่าว นักเรียนต้องใช้ความรู้ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้สะท้อนให้เห็นถึงสมรรถนะ (competency) ซึ่งเป็นศักยภาพที่ยั่งยืนกว่าการจดจำเนื้อหา เพราะนักเรียนต้องแสดงความสามารถในการใช้ความเข้าใจเชิงมนทัศน์ อธิบายกลไกปรากฏการณ์ เพื่อพยากรณ์และให้เหตุผลต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ (Alameh et al., 2022; McNeill & Krajcik, 2008)

สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เพียงการพรรณนาสิ่งที่มองเห็นแต่เป็นการใช้ความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะเพื่อตอบคำถามว่าปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร (How) และทำไม (Why) ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ข้อกล่าวอ้าง (claim) หลักฐาน (evidence) ที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์ และการใช้เหตุผล (reasoning) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับทฤษฎี (McNeill & Krajcik, 2008) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่าแบบวัดในประเทศไทยส่วนใหญ่เน้นองค์ประกอบของคำอธิบาย แต่ขาดการให้ความสำคัญกับกลไกการเกิดปรากฏการณ์ (mechanism) และความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal links) ที่สะท้อนถึงระดับความเข้าใจมนทัศน์หรือแนวคิดจากระดับพื้นฐานไปยังระดับที่ซับซ้อนมากขึ้น อีกทั้งระดับของการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนจะช่วยให้เด็กนักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้ดีมากขึ้น (Andrade et al., 2019)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยพบว่าแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่วัดจากการเขียนซึ่งประกอบไปด้วยข้อคำถาม 4-5 ข้อ มีระยะเวลาในการทำประมาณ 60 นาที และเป็นแบบวัดแบบอัตนัยไม่จำกัดคำตอบเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบจำกัดคำตอบ (wannathai & Pruekpramool, 2021) แบบวัดส่วนใหญ่ที่พบเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับวิชาเคมี เช่น แก๊ส (Pinchai & Seetee, 2025) เนื้อหาวิชาชีววิทยา เช่น ระบบหมุนเวียนเลือด (Suwannahong et al., 2025) ส่วนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ยังมีจำนวนจำกัดพบเฉพาะเนื้อหากลุ่มกลศาสตร์ เช่น แรงในชีวิตประจำวัน (Veeraphan et al.,

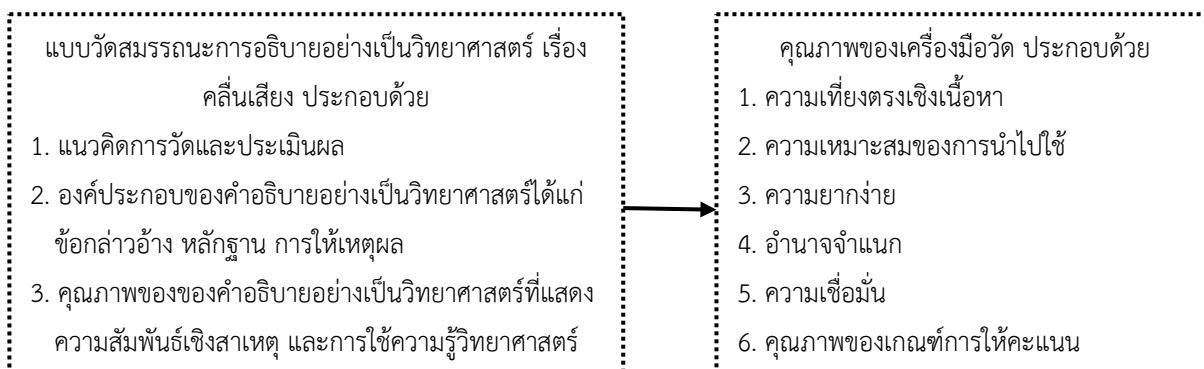
2025) แต่ยังไม่พบเนื้อหาในกลุ่มคลื่น อาจเป็นเพราะเนื้อหาในกลุ่มคลื่นนี้มีลักษณะเป็นนามธรรมสูง และเนื้อหา
มีแนวคิดที่ซับซ้อน ดังนั้นการอธิบายปรากฏการณ์ในกลุ่มคลื่นจึงมีกลไกที่ซับซ้อนเกินกว่าจะทำความเข้าใจ
ได้เพียงการท่องจำสูตร เช่น คลื่นเสียงที่นักเรียนรับรู้ได้แต่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Sari et al., 2021)
แม้จะมีการพัฒนาแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในหลายเนื้อหา แต่ก็ยังไม่พบเครื่องมือ
ที่พัฒนามาบนพื้นฐานกรอบแนวคิดขององค์ประกอบการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ
(causal links) และความเชื่อมโยงมโนทัศน์ (conceptual connectivity) หากครูผู้สอนมีเครื่องมือในการ
วินิจฉัยสมรรถนะของนักเรียนในเนื้อหาเฉพาะก็จะช่วยให้ครูผู้สอนได้ข้อมูลนำมาออกแบบการจัดการเรียนรู้
ได้อย่างเหมาะสม ช่วยให้ครูผู้สอนสามารถประเมินระดับสมรรถนะของผู้เรียนในเนื้อหาวิชาเฉพาะได้ ผู้วิจัย
จึงเห็นความสำคัญที่จะพัฒนาแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ที่เป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน
ในพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้
ให้มีประสิทธิภาพและนำไปใช้ประโยชน์ได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่องคลื่นเสียง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง บูรณาการ
การกรอบแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008) ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง (claim) หลักฐาน (evidence)
และการให้เหตุผล (reasoning) และกรอบแนวคิดของ Andrade et al. (2019) ที่ให้ความสำคัญการสร้าง
ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal links) และความเชื่อมโยงมโนทัศน์ (conceptual connectivity) เพื่อแสดง
ถึงกลไกของการเกิดปรากฏการณ์ (mechanism) การบูรณาการดังกล่าวช่วยให้เครื่องมือสามารถประเมินได้
ครอบคลุมทั้งองค์ประกอบและคุณภาพของคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การจำแนกสมรรถนะของ
ผู้เรียนตามลำดับขั้นพัฒนาการ โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือประเมินสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเนื้อหาคลื่นเสียง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 320 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดแพร่

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 40 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาจากการการเลือกตามความสะดวก (convenience sampling) เนื่องจากผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ และโรงเรียนอนุญาตให้เก็บข้อมูลในห้องเรียนปกติที่มีการละความสามารถของผู้เรียน อย่างไรก็ตามนักเรียนห้องนี้ได้เรียนเนื้อหา เรื่อง คลื่นเสียง เรียบร้อยแล้ว

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ได้แก่แบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดนิยาม ความสำคัญ และองค์ประกอบของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือให้ครอบคลุมและลดข้อจำกัดในการวัดผล

2. วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดให้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องคลื่นเสียง

3. กำหนดนิยามของ สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้าง ข้อกล่าวอ้าง (claim) ต่อปรากฏการณ์ที่กำหนด โดยใช้หลักฐานมาเชื่อมโยงด้วยการให้เหตุผล (reasoning) เพื่ออธิบายกลไกการเกิดปรากฏการณ์ (mechanism) และความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal links) ได้อย่างถูกต้อง

4. กำหนดจำนวนข้อของแบบวัดให้ครอบคลุมเนื้อหาหลัก 5 หัวข้อของบทเรียน เรื่อง คลื่นเสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย ธรรมชาติของเสียง เครื่องดนตรี การได้ยินของมนุษย์ ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง และการประยุกต์เกี่ยวกับเสียง

5. ผู้วิจัยสร้างแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบจำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาทำ 100 นาที โดยแต่ละข้อจะเริ่มต้นด้วยการนำเสนอสถานการณ์ใกล้ตัวพร้อมให้ข้อมูลประกอบ เช่น กราฟ ตาราง หรือภาพจำลอง และใช้คำถามปลายเปิดให้ผู้เรียนระบุข้อกล่าวอ้างหลักฐาน (evidence) และเขียนการให้เหตุผล (reasoning) โดยเน้นการร้อยเรียงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและถูกต้องตามหลักฟิสิกส์แบบวัดนี้เป็นข้อสอบอัตนัยไม่จำกัดคำตอบ นักเรียนสามารถเขียนตอบได้อย่างอิสระตัวอย่าง ดังภาพ 2

สถานการณ์ที่ 5 : การประยุกต์ใช้ความรู้เสียง

5. บริษัทฟรุตเฟรช (FruitFresh Co., Ltd.) เป็นบริษัทส่งออกผลไม้ไทยไปต่างประเทศ โดยบริษัทต้องการคัดแยกผลไม้ตามขนาด เพื่อให้ได้มาตรฐานเดียวกันก่อนบรรจุลงกล่องส่งออก ฝ่ายวิศวกรรมของบริษัทเสนอแนวคิดการใช้ประโยชน์ของเสียง คือ คลื่นเสียงอัลตราโซนิก (Ultrasonic Waves) เพื่อตรวจวัดขนาดของผลไม้ที่กำลังไหลผ่านตามรางน้ำ โดยมีอัตราเร็วเสียงในน้ำเท่ากับ 1500 m/s ซึ่งจะแยกผลไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่าและเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง ออกจากกันได้ตามมาตรฐาน เมื่อผลไม้แต่ละลูกเคลื่อนผ่านบริเวณนั้น ผิวของผลไม้จะส่งความถี่คลื่นไปยังเครื่องตรวจจับ (Detector Frequency) ดังตาราง

ชนิดของผลไม้	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ได้มาตรฐาน (cm)	ความถี่ของคลื่นสะท้อน (KHz)
ส้ม	6.00	25.00
มะม่วง	10.00	15.00
แอปเปิล	8.00	20.00
มะละกอ	12.00	12.50

นักเรียนคิดว่าผลไม้ชนิดใดที่ผลการประเมินไม่ได้มาตรฐาน ทราบได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น จงอธิบายว่า (สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หลักฐานที่เกี่ยวข้องมาอ้างอิงเพิ่มเติมได้)

ภาพ 2 ตัวอย่างสถานการณ์ ลักษณะของคำถามในรูปแบบเขียนตอบอย่างอิสระ

6. การสร้างเกณฑ์การให้คะแนน ผู้วิจัยพัฒนาเกณฑ์การประเมิน (rubrics) โดยสังเคราะห์ร่วมกันระหว่างแนวคิดของ McNeill & Krajcik (2008) และ Andrade et al. (2019) เพื่อใช้วัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ใน 2 มิติหลัก คือ มิติองค์ประกอบและมิติคุณภาพของคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เพื่อแบ่งระดับสมรรถนะออกเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับดีมากไปจนกระทั่งระดับควรปรับปรุง รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 เกณฑ์การประเมินระดับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

ระดับสมรรถนะ		เกณฑ์การประเมินระดับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์
(คะแนน)	องค์ประกอบ	คุณภาพของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์
ระดับดีมาก (4 คะแนน)	นักเรียนสามารถแสดงองค์ประกอบได้ครบถ้วน ได้แก่ว่า	คำตอบของนักเรียนแสดงองค์ประกอบได้ครบถ้วน 3 องค์ประกอบ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีข้อกล่าวอ้าง มีการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของหลักฐาน มีการให้เหตุผลเชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการโดยระบุพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลอง หรือข้อจำกัด หรือเงื่อนไขการเกิดปรากฏการณ์ มีการอธิบายที่ซับซ้อน หรือมีการขยายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
	อ้าง (Claim) หลักฐาน	
	(Evidence) และการให้เหตุผล	
	(Reasoning)	

ระดับสมรรถนะ		เกณฑ์การประเมินระดับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์	
(คะแนน)	องค์ประกอบ	คุณภาพของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์	
		ตัวอย่างคำตอบ	
		"แอปเปิลไม่เป็นไปตามมาตรฐาน (ข้อกล่าวอ้าง) เนื่องจากข้อมูลความเร็วเสียงในน้ำ 1500 m/s และความถี่ที่วัดได้ 20.0 KHz (หลักฐาน) เมื่อพิจารณาตามหลักการการสะท้อนของคลื่น ขนาดของวัตถุจะสัมพันธ์กับความยาวคลื่น ($\lambda = v/f$) คำนวณได้เป็น 0.075 เมตร หรือ 7.50 cm ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 8.00 cm (เหตุผล) โดยคำอธิบายนี้มีเงื่อนไขว่าอุณหภูมิอากาศต้องคงที่เพื่อให้ความเร็วเสียงไม่เปลี่ยนแปลง และเครื่องวัดต้องใช้หลักการการสะท้อนเพื่อระบุระยะหน้าคลื่นที่ตกกระทบผิวผลไม้"	
ระดับดี (3 คะแนน)	นักเรียนสามารถแสดงองค์ประกอบได้ครบถ้วน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning)	คำตอบของนักเรียนแสดงองค์ประกอบได้ครบถ้วน 3 องค์ประกอบ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีข้อกล่าวอ้าง ให้หลักฐาน และให้เหตุผล เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยมีการอธิบายกลไกด้วยแบบจำลองและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ในระดับพื้นฐาน เป็นการอธิบายอย่างง่ายหรือระบุพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ แต่ยังไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์นั้นได้ถูกต้อง ตัวอย่างคำตอบ "แอปเปิล (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะเมื่อคำนวณจากสูตร $v = f\lambda$ โดยใช้ความเร็วในน้ำ 1500 m/s และความถี่ 20.0 KHz (หลักฐาน) จะได้ขนาดของแอปเปิลเท่ากับ 7.50 cm ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานในตารางที่กำหนดไว้เพียง 8.0 cm พบว่าแอปเปิลนี้มีขนาดน้อยกว่ามาตรฐาน จึงไม่ผ่านเกณฑ์การส่งออก (เหตุผล)"	
ระดับปานกลาง (2 คะแนน)	นักเรียนสามารถแสดงองค์ประกอบได้ 2 ใน 3 องค์ประกอบทั้งหมด ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning)	คำตอบของนักเรียนแสดงองค์ประกอบได้ครบถ้วน 2 ใน 3 องค์ประกอบ แต่คุณภาพของคำอธิบายยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ กล่าวคือ <u>กรณีที่ 1</u> ข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับหลักฐานและเหตุผล <u>กรณีที่ 2</u> มีข้อกล่าวอ้าง และนำข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ แต่การเชื่อมโยงหลักฐานเป็นเพียงความสัมพันธ์เชิงเหตุการณ์หรือเชิงประสบการณ์ หรือยังไม่สามารถอธิบายกลไกด้วยแบบจำลองหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง <u>กรณีที่ 3</u> มีข้อกล่าวอ้าง มีหลักฐาน แต่การให้เหตุผลไม่สอดคล้องกันระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ตัวอย่างคำตอบ "แอปเปิล (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะเครื่องวัดค่าความถี่ได้ 2,000 Hz ซึ่งเมื่อลองคำนวณดูแล้วได้ค่าออกมาน้อยกว่าค่ามาตรฐาน 8.00 cm (หลักฐาน) แสดงว่าความถี่ที่เปลี่ยนไปมีผลต่อการบอกขนาดที่ผิดพลาดจากที่กำหนดไว้"	

ตาราง 1 (ต่อ)

ระดับสมรรถนะ		เกณฑ์การประเมินระดับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์	
(คะแนน)	องค์ประกอบ	คุณภาพของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์	
ระดับพอใช้ (1 คะแนน)	นักเรียนสามารถแสดงองค์ประกอบ ได้ 1 ใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อ กล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning)	คำตอบของนักเรียนแสดงองค์ประกอบของคำอธิบายได้เพียง 1 องค์ประกอบที่ถูกต้อง เช่น มีเฉพาะข้อกล่าวอ้าง แต่ยังไม่มีการนำ ข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์มาใช้สนับสนุน หรือยังไม่การใช้ แบบจำลองหรือสมการทางฟิสิกส์มาสนับสนุนหรือบรรยายลักษณะ ข้อมูลด้วยการพรรณนา <u>ตัวอย่างคำตอบ</u> แอปเปิล (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะดูจากตัวเลขในตารางแล้ว ค่าความถี่ ดูเป็นตัวเลขล้วนๆ	
	นักเรียนไม่สามารถแสดง องค์ประกอบได้ครบทุก องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning)	คำตอบของนักเรียนแสดงถึงการอธิบายปรากฏการณ์โดยไม่มีการ ตั้งข้อกล่าวอ้าง ไม่อ้างอิงข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ และไม่ แสดงการให้เหตุผล หรืออาจเป็นเพียงการตอบซ้ำคำถาม เดา คำตอบ หรือคำตอบนั้นไม่ถูกต้อง หรือไม่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ <u>ตัวอย่างคำตอบ</u> "คำตอบอื่นที่ไม่ใช่แอปเปิล"	

หมายเหตุ ระดับสมรรถนะในระดับดีมากและระดับดี ทั้ง 2 ระดับนี้ พิจารณาจากทั้ง 3 องค์ประกอบเหมือนกัน แต่คุณภาพของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน

7. นำแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ
เสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน นักฟิสิกส์ศึกษา 1 ท่าน และ
ครูผู้สอนที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา
(content validity) จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (Index of Item
Objective Congruence: IOC) และปรับปรุงแบบวัดตามข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของเสนอของผู้เชี่ยวชาญ

8. นำแบบวัดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เรียนเนื้อหาเรื่องคลื่นเสียงมาเรียบร้อยแล้ว
เพื่อหาคุณภาพของแบบวัด โดยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น
(reliability) ทั้งฉบับ รวมทั้งสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและความเข้าใจของข้อมูล
ที่กำหนดในสถานการณ์ของข้อคำถามแต่ละข้อ จากนั้นปรับปรุงแบบวัดให้มีความสมบูรณ์

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบวัดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปี
การศึกษา 2568 จำนวน 40 คน โดยนักเรียนได้เรียนเนื้อหา เรื่อง คลื่นเสียง เรียบร้อยแล้วก่อนเก็บข้อมูลผู้วิจัย
ชี้แจงให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับการวิจัยที่ไม่มีผลต่อการตัดสินผลการเรียน ข้อมูลส่วนบุคคลเป็นความลับ
ตามจรรยาบรรณของนักวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาคุณภาพแบบวัด รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยนำความเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในการประเมินความสอดคล้องของคำตอบกับองค์ประกอบโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 (Srisa-ard, 2017)

2. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนต่อการนำไปใช้ ผู้วิจัยนำความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมต่อการนำไปใช้และแปลความหมายของความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ตามเกณฑ์ ได้กำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมในการพิจารณา 5 ช่วง (rating scale) คือ 4.51 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 3.51 - 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก 2.51 - 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง 1.51 - 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย 1.00 - 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ (Srisa-ard, 2017)

3. ค่าความยากง่าย (difficulty) และอำนาจจำแนก (discrimination) ใช้เทคนิค 50% แบ่งคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดของแต่ละข้อ โดยเรียงคะแนนจากมากไปน้อย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักเรียนคะแนนสูง และกลุ่มนักเรียนคะแนนต่ำ คำนวณหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ทั้งนี้แต่ละข้อคำถามควรมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป (Srisa-ard, 2017)

4. ความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบวัดทั้งฉบับ นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดของนักเรียนรายบุคคลไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha coefficient; α) แบบวัดที่มีความเชื่อมั่นสูง ควรมีค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Srisa-ard, 2017)

5. ความน่าเชื่อถือของเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อพิจารณาความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ โดยผู้ประเมิน 3 ท่านประกอบด้วยผู้วิจัยและผู้ตรวจจำนวน 2 ท่าน โดยแยกตรวจอย่างอิสระ จากนั้นนำคะแนนของแต่ละคนที่ได้จากการตรวจแบบวัดเดียวกัน หาค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation) ควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Secolsky & Denison, 2017)

ผลการวิจัย

แบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความตรงเชิงเนื้อหาและค่าความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของการนำไปใช้

ลำดับสถานการณ์	ความเที่ยงตรง เชิงเนื้อหา	การแปล ความหมาย	ค่าเฉลี่ยความเหมาะสม ของการนำไปใช้	การแปล ความหมาย
1. ธรรมชาติของเสียง	+1.00	สอดคล้อง	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. เครื่องดนตรี	+1.00	สอดคล้อง	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3. การได้ยินของมนุษย์	+1.00	สอดคล้อง	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง	+1.00	สอดคล้อง	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
5. การประยุกต์เกี่ยวกับเสียง	+1.00	สอดคล้อง	5.00	เหมาะสมมากที่สุด

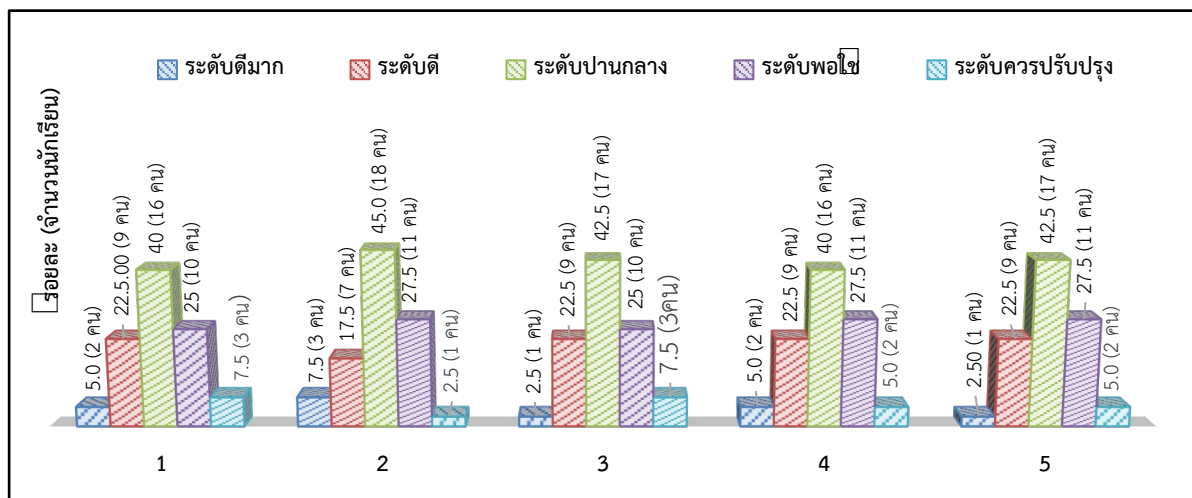
จากตาราง 2 พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ +1.00 ซึ่งมากกว่า 0.50 แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ และทุกข้อมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.80 - 5.00 ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด โดยผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าสถานการณ์ที่ใช้เป็นสิ่งใกล้ตัวนักเรียน และมีข้อมูลให้นักเรียนได้ตีความหมายของข้อมูลเหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ คือ ควรตรวจสอบองค์ประกอบของคำอธิบายของนักเรียนแต่ละคนได้ดีขึ้น ควรใช้คำถามเฉพาะเจาะจง เช่น นักเรียนทราบได้อย่างไร เพราะเหตุใดคิดเช่นนั้นและควรให้นักเรียนใช้ข้อมูลเพิ่มเติมได้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเชิงลึกของนักเรียน ผู้วิจัยจึงได้ปรับข้อคำถามตามข้อเสนอแนะ ตัวอย่าง ดังภาพที่ 2 ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้ใช้ระดับที่แสดงถึงพัฒนาการของนักเรียน จึงได้ปรับเป็นระดับสมรรถนะเป็น 5 ระดับ ดังตาราง 2

เมื่อผู้วิจัยตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ มีจำนวน 5 สถานการณ์ จำนวนทั้งหมด 5 ข้อซึ่งในแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน นำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ดังตาราง 3

ตาราง 3 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถานการณ์	คะแนนเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 4 คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ธรรมชาติของเสียง	1.925	0.997
2. เครื่องดนตรี	2.000	0.934
3. การได้ยินของมนุษย์	1.875	0.939
4. ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง	1.950	0.959
5. การประยุกต์เกี่ยวกับเสียง	1.900	0.900

จากตาราง 3 จะเห็นได้ว่าสถานการณ์ที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 2.00 คะแนน และสถานการณ์ที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.875 คะแนน โดยสถานการณ์ที่ 1 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุด เท่ากับ 0.934 และสถานการณ์ที่ 5 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและน้อยที่สุด เท่ากับ 0.900 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนของกลุ่มตัวอย่างรายบุคคลในแต่ละข้อคำถาม จำนวน 5 ข้อ โดยใช้เกณฑ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามตัวอย่างตาราง 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะอยู่ในระดับปานกลางมีจำนวนมากที่สุด กล่าวคือนักเรียนสามารถแสดงองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ 2 ใน 3 องค์ประกอบทั้งหมด และระดับดีมีจำนวนน้อยที่สุด ดังภาพ 3



ภาพ 3 ร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในแต่ละข้อคำถาม

ผู้วิจัยนำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนมาเรียงลำดับจากสูงสุดไปยังต่ำสุด และใช้เทคนิคร้อยละ 50 แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักเรียนคะแนนสูง และกลุ่มนักเรียนคะแนนต่ำ จากนั้น คำนวณหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของคำถามแต่ละข้อ และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นของแบบวัด แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นของแบบวัด

สถานการณ์	ค่าความยากง่าย (p)	แปลความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลความหมาย	ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC)	แปลความหมาย	ผลการพิจารณา
1. ธรรมชาติของเสียง	0.481	ปานกลาง	0.363	พอใช้	0.842	น่าเชื่อถือ	ใช้ได้
2. เครื่องดนตรี	0.500	ปานกลาง	0.325	พอใช้	0.898	น่าเชื่อถือ	ใช้ได้
3. การได้ยินของมนุษย์	0.469	ปานกลาง	0.338	พอใช้	0.913	น่าเชื่อถือ	ใช้ได้
4. ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง	0.488	ปานกลาง	0.350	พอใช้	0.852	น่าเชื่อถือ	ใช้ได้
5. การประยุกต์เกี่ยวกับเสียง	0.475	ปานกลาง	0.325	พอใช้	0.766	น่าเชื่อถือ	ใช้ได้

จากตาราง 4 ผู้วิจัยพบว่าข้อคำถามมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.469 - 0.500 แสดงว่าข้อคำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายในระดับปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.325 - 0.363 แสดงว่ามีอำนาจจำแนกในระดับพอใช้ ด้านความน่าเชื่อถือของเกณฑ์การให้คะแนน พิจารณาความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ โดยผู้ประเมิน 3 ท่าน นำคะแนนไปคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.766 - 0.913 แสดงว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีความน่าเชื่อถือและชัดเจน ผู้ตรวจสามารถตรวจให้คะแนนได้

ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำคะแนนรวมของนักเรียนทุกข้อที่ได้จากแบบวัดฉบับนี้ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค มีค่าสัมประสิทธิ์ 0.719 แสดงว่าแบบวัดที่มีความเชื่อมั่นสูง

อภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่องคลื่นเสียง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีคุณภาพและสามารถนำไปประเมินสมรรถนะของนักเรียนได้ โดยแบบวัดมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของการนำไปใช้อยู่ในระดับเหมาะสมมากจนถึงเหมาะสมมากที่สุด เนื่องมาจากประการแรกผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน เช่น การเล่นกีตาร์ การได้ยินเสียงเชียร์กีฬา และการคัดเลือกผลไม้โดยใช้การสะท้อนของเสียง สถานการณ์ในลักษณะนี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์และทักษะอื่น ๆ เช่น การตีความหมายของข้อมูล เพื่ออธิบายข้อคำถามนั้น ๆ สะท้อนถึงสมรรถนะของนักเรียนได้อย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาของ Pinchai & Seetee (2025) กล่าวว่าการใช้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับบริบทของนักเรียนจะสามารถวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าสถานการณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นชิน ประการที่สองผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบคำถาม เพราะเหตุใด นักเรียนทราบได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น เป็นคำถามปลายเปิดที่ให้นักเรียนตอบได้อย่างอิสระเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงหลักฐานและเหตุผลของนักเรียนได้อย่างเต็มความสามารถ และสามารถนำหลักฐานอื่นมาอ้างอิงเพิ่มเติมได้ ทำให้นักเรียนมีอิสระในการเรียบเรียงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและสะท้อนการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ สามารถประเมินสมรรถนะได้ดีกว่าข้อสอบแบบจำกัดคำตอบ ซึ่งประเด็นนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wannathai & Pruekpramool (2021) ที่พบว่าข้อสอบอัตนัยไม่จำกัดคำตอบมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบจำกัดคำตอบ

แบบวัดนี้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้มีค่า 4.40 - 5.00 เนื่องมาจากแบบวัดฉบับนี้ไม่ได้วัดความรู้ความจำของนักเรียนเพียงอย่างเดียว แต่วัดสมรรถนะของผู้เรียนที่ต้องใช้ทั้งความรู้ ทักษะการตีความจากข้อมูล เช่น ตาราง กราฟ หรือข้อความสถานการณ์ที่กำหนดให้มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ (Tang, 2023) ค่าความยากง่ายของแบบวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.469 - 0.500 แสดงถึงข้อสอบแต่ละข้อมีความยากง่ายในระดับปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.325 - 0.363 มีอำนาจจำแนกในระดับพอใช้ สะท้อนให้เห็นว่าแบบวัดสามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนได้แต่เนื่องจากสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์อธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และต้องระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และให้เหตุผลให้ครบตามองค์ประกอบจึงจะได้คะแนนสูง แต่เนื่องจากนักเรียนในกลุ่มนี้ไม่เคยได้รับการฝึกฝนสมรรถนะดังกล่าวมาก่อน ทำให้การกระจายของคะแนนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนยังไม่ห่างกันมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janto et al. (2020); Yohyong & Pitipornatapin (2019) พบว่าการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากนักเรียนขาดประสบการณ์ในการฝึกฝน และใช้ความรู้สีกส่วนตัวในการอธิบายปรากฏการณ์ อีกทั้งนักเรียนขาดการวิเคราะห์และเชื่อมโยงหลักฐาน รวมทั้งมีความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนไม่ดีเท่าที่ควร (Lertdechapat & Promrat, 2018)

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดมีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ ให้คะแนนตามองค์ประกอบ และคุณภาพของคำอธิบาย พร้อมยกตัวอย่างคำตอบที่ถูกต้องในแต่ละระดับคะแนนทำให้มีเกณฑ์ที่ใช้ตรวจได้ง่ายและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ ทั้งนี้เป็นเพราะระดับสมรรถนะแต่ละระดับมีการระบุพฤติกรรมและแสดงตัวอย่างที่สะท้อนสมรรถนะของนักเรียนได้ทุกระดับอย่างชัดเจน รวมทั้งผ่านผู้เชี่ยวชาญและการตรวจสอบความเป็นปรนัยโดยวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 3 ท่าน โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) ที่ความเชื่อมั่น 95% พบว่าในภาพรวมมีค่าระหว่าง 0.766-0.913 ซึ่งถือว่าผู้ประเมินแต่ละท่านมีการประเมินที่สอดคล้องกันสูง (Bajpai et al., 2015) สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องกับ Murphy et al. (2019) กล่าวว่าการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินโดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) มีค่าสูง จะสะท้อนถึงความเป็นปรนัยสูง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า สถานการณ์ที่ 3 เรื่อง การได้ยินของมนุษย์ มีค่าความยากง่ายต่ำสุด ($p = 0.469$) แต่มีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (ICC) สูงสุดเท่ากับ 0.913 สะท้อนให้เห็นว่าเกณฑ์การให้คะแนน (rubrics) ในหัวข้อนี้ มีความชัดเจนและเป็นปรนัยสูง ทำให้ผู้ประเมินสามารถตัดสินคุณภาพคำตอบที่ซับซ้อนของนักเรียนได้สอดคล้องกัน ส่วนสถานการณ์ที่ 1 เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับเสียง มีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (ICC) ต่ำสุดเท่ากับ 0.766 เนื่องจากลักษณะของข้อคำถามที่เปิดกว้างให้นักเรียนตอบได้หลากหลายรูปแบบ ทำให้ผู้ประเมินมีการตีความความเชิงลึกแตกต่างกันในบางจุด ทั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวทางในการปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนโดยการเพิ่มนิยามเชิงพฤติกรรมให้เฉพาะเจาะจงยิ่งขึ้นและมีตัวอย่างคำตอบที่ชัดเจนเพื่อเป็นตัวอย่างให้ผู้ประเมินก่อนทำการตรวจให้คะแนนจริง เพิ่มความเป็นปรนัยและความเชื่อมั่นของการประเมิน นอกจากนี้แบบวัดมีค่าความเชื่อมั่นสูงโดยมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.719 สะท้อนให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของคะแนนที่ได้จากการวัด เป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ (Ningsi et al., 2019; Sener & Tas, 2017) จะเห็นได้ว่าแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประเมินสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นเสียงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ที่มีความจำเพาะต่อเนื้อหา เรื่อง คลื่นเสียง รายวิชาฟิสิกส์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะของนักเรียนเรื่อง คลื่นเสียงได้ เนื่องจากสถานการณ์ที่ใช้มีความสอดคล้องกับประสบการณ์ของนักเรียน

1.2 จากผลการวิจัยพบว่า แบบวัดมีค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์แต่อยู่ในระดับพอใช้ หากนำไปใช้ควรคำนึงถึงระดับสมรรถนะของผู้เรียน และควรใช้หลังการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความคุ้นชินกับการเขียนคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ สร้างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เพื่อตรวจสอบสมรรถนะของนักเรียนได้อย่างแท้จริง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผลการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนจากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษในจังหวัดแพร่เพียงโรงเรียนเดียว ซึ่งอาจจะมีบริบทที่แตกต่างจากโรงเรียนขนาดเล็กในต่างจังหวัด หรือโรงเรียนขนาดกลาง ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรนำแบบวัดฉบับเดียวกันนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนในโรงเรียนอื่น ๆ ที่มีบริบทแตกต่างไปจากเดิม

2.2 การวิจัยครั้งนี้ใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) ในการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือซึ่งมีข้อจำกัดที่ค่าพารามิเตอร์อาจเปลี่ยนแปลงตามกลุ่มผู้สอบ ในการวิจัยครั้งถัดไปควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีความหลากหลายและจำนวนมากขึ้น และใช้ทฤษฎีการตอบสนอง (Item Response Theory: IRT) ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือเพื่อสร้างคลังข้อสอบ (item bank) ต่อไป

References

- Alameh, S., Abd-El-Khalick, F., & Brown, D. (2022). The nature of scientific explanation: Examining the perceptions of the nature, quality, and “goodness” of explanation among college students, science teachers, and scientists. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(10), 1833–1873.
- Andrade, V., Freire, S., & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: A system of analysis for students’ explanations. *Research in Science Education*, 49, 1323–1349. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9648-9>
- Bajpai, N., Bajpai, R., & Chaturvedi, K. (2015). Role of scientific explanation in science education. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(11), 1431–1434.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of explicit instructional support on student learning. *Science Education*, 92(1), 53–87.
- Murphy, P. K., Greene, J. A., Firetto, C. M., Hendrick, B. D., Li, M., Montalbano, C., & Wei, L. (2018). Quality Talk: Developing students’ discourse to promote high-level comprehension. *American Educational Research Journal*, 55(5), 1113–1160. <https://doi.org/10.3102/0002831218771303>
- Ningsi, S., Sappaile, B. I., & Darsikin, D. (2019). The effect of discovery learning model on the ability of scientific explanation of students in class XI SMA Negeri 1 Marawola. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3), Article 032013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032013>

- Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S. P., & Schneider, J. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583–608.
- Sari, B. K., Sahyar, & Sani, R. A. (2021). The development of physics objective tests based on PISA for sound wave topics in high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1811(1), Article 012027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012027>
- Secolsky, C., & Denison, D. B. (2017). *Handbook on measurement, assessment, and evaluation in higher education*. Routledge.
- Sener, N., & Tas, E. (2017). The analysis of the scientific explanation levels of the primary school teacher candidates. *Universal Journal of Educational Research*, 5(8), 1311–1319.
- Tang, K. S. (2023). The characteristics of diagrams in scientific explanations: Multimodal integration of written and visual modes of representation in junior high school textbooks. *Science Education*, 107(3), 741–772.

Translate Thai References

- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2023). *Results of PISA 2022: Reading, mathematics, and science*. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (in Thai)
- Janto, N., Kitkeunggul, S., & Chapu, S. (2020). Development of argumentative learning management using forensic science issues to promote scientific explanation construction abilities of 10th grade students on human homeostasis. *Journal of Education Naresuan University*, 24(1), 176–187. (in Thai)
- Lertdechapat, K., & Limpanont Promrat, P. (2018). The effects of collaborative inquiry on lower secondary school students' scientific explanation certificates. *Journal of Education Studies*, 46(2), 174–191. (in Thai)
- Pinchai, J., & Seetee, N. (2025). Development of a Scientific Explanation Test on the topic of Gases for Upper Secondary School Students. *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, 31(1), 121–137. (in Thai)
- Srisa-ard, B. (2017). *Introduction to research*. Suwiriyan. (in Thai)
- Suwannahong, P., Seetee, N., & Khumwong, P. (2025). High school students' construction of scientific explanations on the circulatory system. *Journal of Education Studies, Chulalongkorn University*, 53(3), 1-18. (in Thai)

- Veeraphan, D., Wuttisela, K., Khampu, C., Thanaheuang, C., & Wuttirom, S. (2025). Inquiry-based physics learning on force in everyday life to enhance scientific argumentation skills. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 16(2), 143-155. (in Thai)
- Wannathai, P., & Pruekpramool, C. (2021). Comparing the efficiency between ability in constructing scientific explanation restricted- and extended-response subjective tests for Mathayom Suksa 4 students. *Journal of Graduate Research*, 12(2), 118–132. (in Thai)
- Yohyong, S., & Pitiporntapin, S. (2019). Development of grade 10 students' argumentation skills through science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education by the 6E learning cycle in the topic of environmental conservation mission. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 10(2), 183–200. (in Thai)