**การพัฒนามุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**

**ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกัน**

**ระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์**

**ศรัณย์ แก้วจา1 ชเนษฎ์ วิชาศิลป์2 และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร3**

**1,2,3ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่**

**1E-mail:** **pipersbz@gmail.com,** **2E-mail:** **chanade\_wic@cmru.ac.th, 3E-mail: panupat\_cha@g.cmru.ac.th**

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนามุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 15 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม   
ซึ่งทำการเก็บข้อมูลจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)   
และประเมินก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัดมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของการใช้นวัตกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็น อยู่ในเกณฑ์มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ ด้านมายาคติต่อวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 60) นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นในเชิงว่า การได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการทดลองเท่านั้น ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 40) และด้านอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 40) ตามลำดับ และประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ ด้านความคิดสร้างสรรค์และจิตนาการในวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 73.33) นอกจากนี้นักเรียนยังมีผล การพัฒนาการเรียนรู้ของการใช้ชุดกิจกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
ที่ระดับ .05 ดังนั้น จากผลการวิจัยจึงแนะนำให้ครูทำการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเข้ากับมุมมอง ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

**คำสำคัญ:** มุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์, นวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบาง

**Developing Perspectives on the Nature of Science for Junior   
High School Students Through Innovative Learning of Optical Properties   
of Co-Binary Bismuth telluride/Antimony trichloride Thin Film**

**Sarun Kaewja1  Chanade Wichasilp2  and Panupat Chaiwon3**

**1,2,3 Department of Physics Faculty of Science and Technology Chiang Mai Rajabhat University**

**1E-mail:** **pipersbz@gmail.com,** **2E-mail:** **chanade\_wic@cmru.ac.th, 3E-mail: panupat\_cha@g.cmru.ac.th**

**ABSTRACT**

This research aims to develop a perspective on the nature of science by using an innovative learning set on the optical properties of a combination of bismuth telluride and antimony trichloride. The study sample is made up of elementary school students. 15 Mathayom 3 students obtained by random sampling (Cluster Random Sampling) using schools as the random unit collected data from the nature of science and innovation perspective test. Learning a set of optical properties of thin films shared between bismuth telluride and antimony trichloride using a process. Organizing inquiry-based learning (5Es) and evaluating before and after learning using the perspective scale on the nature of science. of using learning innovations found that students have different perspectives on the nature of science. Among the criteria for views that are most inconsistent with the consensus of the scientific community is the myth of the scientific method (60%). Most students gave their opinions in the sense that the acquisition of scientific knowledge requires only experimentation. The aspect of being influenced by scientific knowledge and theories (40%) and the aspect of the influence of society and culture on science (40%), respectively, and the issues that students understand are most consistent with the consensus of the scientific community. namely creativity and imagination in science (73.33%). In addition, students also have The learning development of using activity sets after class is higher than before class, with statistical significance at the.05 level. Therefore, based on the results of the research, it is recommended that teachers organize teaching and learning by integrating their perspectives. natural science To further develop scientific learning

**Keywords:** perspectives on the Nature of Science, innovative Learning of Optical Properties

**บทนำ**

ในธรรมชาติของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ผ่านการทดลอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน จากการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยกำหนดให้เป็นเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เข้าใจขอบเขต  
ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และให้สอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาต่าง ๆ ของหลักสูตรกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานดังนั้นครูผู้สอนจึงต้องพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กรวรรณ จินาเดช, ฉัตรชัย เครืออินทร์   
และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร (2561) ได้นำรูปแบบการทดลองมาอธิบายพร้อมกับสอนสอดแทรกเนื้อหาทางฟิสิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแม่ทาวิทยาคม จังหวัดลำพูน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดมุมมองธรรมชาติของฟิสิกส์ก่อนและหลังเรียนแล้ววิเคราะห์ค่าร้อยละ โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ มุมมองปรับเปลี่ยนระยะ มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถจัดกลุ่มได้ พบว่าการวัดมุมมองธรรมชาติของฟิสิกส์หลังเรียนนักเรียนมีการพัฒนามุมมองธรรมชาติของฟิสิกส์ทุกด้าน โดยเฉพาะด้านที่ดีที่สุดคือ มุมมองที่สอดคล้อง  
กับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ Eroglu and Bektas (2022) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา  
ที่ใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5E สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในประเทศตุรกี ต่อความคิดสร้างสรรค์  
ทางวิทยาศาสตร์และมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยทดสอบก่อนและหลังเรียนแล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คำอธิบายและสถิติเชิงอนุมานพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการทดลองและการควบคุมทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์  
ต่อกลุ่มทดลอง

จากผลการประเมินของ PISA พบว่าเด็กไทยมีทักษะทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน จากข้อมูลพบว่าสาเหตุที่ระดับการรู้วิทยาศาสตร์ของเด็กไทยอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานนั้นสาเหตุหนึ่งมาจากสภาพการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) เพื่อเป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียนให้มากยิ่งขึ้น

วัสดุชาลโคเจไนด์ (Chalcogenide) เป็นชื่อเรียกของสารประกอบของธาตุในกลุ่มชาลโคเจนส์ (chalcogens)   
อันประกอบด้วยกำมะถัน (S) ซีลีเนียม (Se) และเทลลูเรียม (Te) ที่รวมกับธาตุ อื่น ๆ เช่น เจอร์เมเนียม (Ge) และสารหนู (As) ได้รับความสนใจอย่างมาก โดยมีการใช้งานที่หลากหลาย เช่น เครื่องตรวจจับแสง เซลล์โฟโตอิเล็กโทรเคมี และการใช้งาน  
ในด้านออปโตอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ (Elahi, Taghizadeh, Hadizadeh, & Dejam, 2014) วัสดุชาลโคเจไนด์ ที่ได้จากบิสมัท (Bi) เช่น บิสมัสเทลลูไรด์ (Bi2Te3) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างระหว่างแถบพลังงานต่ำ มีโครงสร้างไม่สมมาตร (Adam et al., 2021) จากการทดลองคุณสมบัติเชิงแสงแสดงให้เห็นว่า Bi2Te3 เป็นวัสดุที่มีลักษณะพื้นผิวเหมือนโลหะและยังมีความสำคัญทางเทคโนโลยี เป็นวัสดุที่น่าสนใจสำหรับการใช้งานออปโตอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคต มีแนวโน้มสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควอนตัม และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ฟิล์มบาง (Lawal, Shaari, Ahmed, & Jarkoni, 2017)

งานวิจัยนี้จะอธิบายถึงการสังเคราะห์และการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัท  
เทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์ โดยตรวจสอบคุณสมบัติเชิงแสง เช่น การวิเคราะห์ X-ray diffraction (XRD) การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) และสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS-NIR) เป็นต้น ในการสังเคราะห์และการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงแสงนั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคลื่นและแสงได้

จากเหตุผลดังกล่าวในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการสังเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์แล้วนำองค์ความรู้และข้อเท็จจริงจากผลการทดลองโดยการวิเคราะห์เชิงลึกซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์และข้อเท็จจริงจากธรรมาชาติที่ค้นพบจากการสังเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางดังกล่าวได้มาพัฒนามุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคลื่นและแสง และจัดทำแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจากแบบวัด มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS–D ของเลเดอร์แมนและคณะ (Lederman, Khalick, Bell, & Schwartz, 2002 อ้างใน กรวรรณ จินาเดช, 2562) โดยการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ จากแบบสอบถาม และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าร้อยละจำแนกตามมุมมอง 4 ด้าน คือ มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถจัดกลุ่มได้ ต่อไป

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

เพื่อพัฒนามุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์

**สมมติฐานการวิจัย**

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในส่วนของมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์  
และแอนติโมนีไตรคลอไรด์สูงกว่าก่อนเรียน

2. ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขยายโอกาสในอำเภอดอยเต่า สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 5 จำนวน 5 โรงเรียน รวมจำนวนทั้งหมด 73 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนบ้านแม่ตูบ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เชียงใหม่ เขต 5 รวมจำนวนทั้งหมด 15 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

**2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน ทำการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างและเนื้อหาของเครื่องมือ ดังนี้

2.1 แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 0.67-1.00 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.63 – 0.78 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.44 และค่าความเชื่อมั่น มีค่าเท่ากับ 0.90

2.2 แบบทดสอบก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 0.67-1.00 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.57 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.37 – 0.74 และค่าความเชื่อมั่น มีค่าเท่ากับ 0.89

2.3 นวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) จำนวน 5 ชุด ใช้เวลา 10 ชั่วโมง ได้แก่ ชุดที่ 1 เรื่อง คลื่นกล   
ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ชุดที่ 2 เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ชุดที่ 3 เรื่อง การสะท้อนของแสง ใช้เวลา 2 ชั่วโมง   
ชุดที่ 4 เรื่อง การหักเหของแสง ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ชุดที่ 5 เรื่อง ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

**3. การเก็บรวบรวมข้อมูล**

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.1 ดำเนินการประเมินก่อนเรียนโดยใช้แบบวัดมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ด้าน (VNOS-D) ตามรูปแบบของ Lederman et al. (2002) และแบบทดสอบก่อนการใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางฯ

3.2 จัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางฯ จำนวน 10 ชั่วโมง

3.3 ดำเนินการประเมินหลังเรียนโดยใช้แบบวัดมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ด้าน (VNOS-D) ตามรูปแบบของ Lederman et al. (2002) และแบบทดสอบหลังการใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางฯ

**4. การวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ด้าน (VNOS-D) ได้แก่   
ด้านหลักฐานเชิงประจักษ์ ด้านการสังเกตและการลงความเห็น ด้านกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในวิทยาศาสตร์ ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ด้านอิทธิพลของสังคม  
และวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ด้านมายาคติต่อวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และด้านความเป็นพลวัตของความรู้  
ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเกณฑ์การเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้ ได้แก่ มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Informed View) มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (Transition View) มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Naive view) และไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (Not categorized) และทำการประเมินผลผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังของการใช้ชุดกิจกรรม  
จากแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่อิสระต่อกัน ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 1

**ผลการวิจัย**

ตารางที่ 1 ผลการวัดมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

| ***ประเด็นคำถามวัดมุมมอง***  ***ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*** | ***เกณฑ์วัดมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (%)*** | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **IV\*** | | **TV\*** | | **NV\*** | | **NC\*** | |
| **pre** | **post** | **pre** | **post** | **pre** | **post** | **pre** | **post** |
| 1) *ด้านนิยามและหลักฐานเชิงประจักษ์*  *(*Science Definition*)* | 0 | 6 | 3 | 4 | 7 | 5 | 5 | 0 |
| (0%) | (40%) | (20%) | (26.67%) | (46.67%) | (33.33%) | (33.33%) | (0%) |
| 2) *ด้านการสังเกตและการลงความเห็น*  *(*Observations and Inference*)* | 2 | 4 | 4 | 4 | 6 | 5 | 3 | 2 |
| (13.33%) | (26.67%) | (26.67%) | (26.67%) | (40%) | (33.33%) | (20%) | (13.33%) |
| 3) *ด้านกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์*  *(*Science Theories and Laws*)* | 1 | 5 | 4 | 7 | 6 | 3 | 4 | 0 |
| (6.67%) | (33.33%) | (26.67%) | (46.67%) | (40%) | (20%) | (26.67%) | (0%) |
| 4) *ด้านความคิดสร้างสรรค์ และจิตนาการในวิทยาศาสตร์*  *(*The Creative and Imaginative Nature of Science Knowledge*)* | 3 | 11 | 7 | 3 | 4 | 1 | 1 | 0 |
| (20%) | (73.33%) | (46.67%) | (20%) | (26.67%) | (6.67%) | (6.67%) | (0%) |
| 5) *ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้*  *และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์*  *(*Theory - leadenness*)* | 0 | 1 | 1 | 3 | 8 | 6 | 6 | 5 |
| (0%) | (6.67%) | (6.67%) | (20%) | (53.33%) | (40%) | (40%) | (33.33%) |
| 6) *ด้านอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรม*  *ที่มีต่อวิทยาศาสตร์ (*Social and Cultural Influences Science*)* | 0 | 2 | 2 | 2 | 6 | 6 | 7 | 5 |
| (0%) | (13.33%) | (13.33%) | (13.33%) | (40%) | (40%) | (46.67%) | (33.33%) |
| 7) *ด้านมายาคติต่อวิธีการ*  *ทางวิทยาศาสตร์ (*Science Method*)* | 0 | 3 | 2 | 3 | 13 | 9 | 0 | 0 |
| (0%) | (20%) | (13.33%) | (20%) | (86.67%) | (60%) | (0%) | (0%) |
| 8) *ด้านความเป็นพลวัตของความรู้*  *ทางวิทยาศาสตร์ (*Tentative*)* | 2 | 5 | 9 | 8 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| (13.33%) | (33.33%) | (60%) | (53.33%) | (20%) | (13.33%) | (6.67%) | (0%) |

\*หมายเหตุ เกณฑ์วัดมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

IV (Informed View) หมายถึง มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

TV (Transition View) หมายถึง มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน

NV (Naive View) หมายถึง มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

NC (Not Categorized) หมายถึง ไม่สามารถจัดกลุ่มได้

ผลการวิเคราะห์มุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1) ด้านนิยามและหลักฐานเชิงประจักษ์

นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV) โดยก่อนการใช้ชุดกิจกรรม  
ไม่มีนักเรียนที่มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) แต่หลังผ่านการใช้ชุดกิจกรรม มีนักเรียนร้อยละ 40   
มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) และเข้าใจว่า “วิทยาศาสตร์ เป็น การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการสังเกตปรากฏการณ์ มีหลักฐานที่ตรวจสอบได้”

2) ด้านการสังเกตและการลงความเห็น

นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV)ทั้งก่อนและหลังของการใช้ชุดกิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 40 และ 33.33 ตามลำดับ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ ตอบคำถามไปในทางเดียวกันว่า “วิทยาศาสตร์   
คือสิ่งที่จับต้องได้ โดยอาศัยการสังเกต จากนั้นลงมือทดลอง” ซึ่งในความเป็นจริงบางสิ่งไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ได้เนื่องจากเกินขีดจำกัดของประสาทสัมผัสมนุษย์ แต่มนุษย์เชื่อว่ามีสิ่งนั้นเนื่องจากมีประจักษ์พยาน (อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ   
และคณะ, 2560) และมีนักเรียน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) หลังการใช้ชุดกิจกรรม

3) ด้านกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

สำหรับด้านนี้ ในมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมมีนักเรียน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 เข้าใจว่า กฎและทฤษฎีทางฟิสิกส์คือสิ่งเดียวกัน และหลังการใช้ชุดกิจกรรมมีนักเรียน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 มีพัฒนาการของมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) ที่ดีขึ้นเกี่ยวกับด้านนี้ โดยสามารถแยกแยะได้ว่า “ทฤษฎี เป็นการหาหลักการและอธิบายปรากฏการณ์ของธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ส่วนกฎเป็นข้อสรุปรวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่หามาได้” แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนก่อนการใช้ชุดกิจกรรม จำนวน 6 คน และหลังการใช้ชุดกิจกรรม จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และ 20 ตามลำดับ มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV) และให้คำตอบในเชิงว่า   
“กฎ คือ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น”

4) ด้านความคิดสร้างสรรค์และจิตนาการในวิทยาศาสตร์

ด้านนี้เป็นด้านที่นักเรียนมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) มากที่สุด ซึ่งพบว่าก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมมีนักเรียนที่มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 20 และหลังการใช้ชุดกิจกรรมพบว่า มีนักเรียนที่มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) เพิ่มขึ้น เป็น 11 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 ซึ่งทำให้เห็นว่า “นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการได้มาซึ่งความรู้และใน  
ความเป็นจริงนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้สิ่งนี้ในทุกกระบวนการเพื่อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

5) ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

หลังการใช้ชุดกิจกรรมมีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 เท่านั้นที่มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV) และไม่สามารถจัดกลุ่มได้(NC)   
ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ได้ให้ความเห็นในภาพรวมว่า “ผลลัพธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันนั้นมาจากการตั้งสมมติฐาน  
ที่แตกต่างกันเนื่องจากหลักฐาน ประจักษ์พยาน สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่แตกต่างกัน” โดยนอกจากนี้มีนักเรียนจำนวน   
3 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ให้ความเห็นว่า “นักวิทยาศาสตร์มีความคิดและจินตนาการที่แตกต่างกัน” ซึ่งมีความสอดคล้อง  
กับมุมมองทางด้านความคิดสร้างสรรค์และจิตนาการในวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน(TV)

6) ด้านอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์

ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมมีนักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 ให้ความเห็นที่นอกประเด็น จึงจัดอยู่  
ในมุมมองที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้(NC) และมีนักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 40 มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV) โดยให้คำตอบในเชิงว่า “วิทยาศาสตร์และสังคมวัฒนธรรมเป็นสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกันโดยสิ้นเชิง” และหลัง  
การใช้ชุดกิจกรรมพบว่ามีนักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) และสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ในภาพรวมได้ว่า “วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เป็นสมาชิกอยู่ในสังคมและมีวัฒนธรรมจึงต้องได้รับอิทธิพลจากสิ่งเหล่านี้บ้างในบางครั้ง”

7) ด้านมายาคติต่อวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมนักเรียนมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV) มากที่สุด คือ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 โดยนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่า “การได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมี  
การทดลองเท่านั้น” และมีนักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน(TV) ได้ให้ความเห็น  
ที่ความสอดคล้องกับมุมมองทางด้านความคิดสร้างสรรค์และจิตนาการในวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ให้คำตอบว่า “องค์ความรู้  
อาจได้มานอกเหนือจากการทดลอง เช่น จินตนาการของนักวิทยาศาสตร์” และหลังการใช้ชุดกิจกรรมนักเรียนมีพัฒนาการขึ้น พบว่ามีนักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 20 มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) และสามารถอธิบาย  
ได้ว่า “การได้มาซึ่งคำตอบอาจมาจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์อื่น เช่น การสังเกต การใช้หลักเหตุและผล รวมไปถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น”

8) ด้านความเป็นพลวัตของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สำหรับมุมมองด้านนี้ นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน(TV) ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมมีนักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ให้ความเห็นในภาพรวมว่า “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูล  
หรือหลักฐานใหม่และสามารถอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า” แต่ยังไม่สามารถยกตัวอย่างทฤษฎีเหล่านั้นได้และหลังการใช้ชุดกิจกรรมมีนักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(IV) สามารถยกตัวอย่างได้และคำตอบของการยกตัวอย่างตอบไปในทางเดียวกัน

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง คุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบาง

(ผลสัมฤทธิ์เต็ม 15 ผลสัมฤทธิ์)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **การทดสอบ** |  |  |  |  |  |  |
| ก่อนเรียน | 5.60 | 1.76 | 4.27 | 1.10 | 15.03 | 0.0000 |
| หลังเรียน | 9.87 | 2.03 |

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่าการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์เฉลี่ย เท่ากับ 5.60 คะแนน และ 9.87 คะแนน ตามลำดับและเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**สรุปผลและอภิปรายผล**

**สรุปผล**

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 15 คน มีมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายและมีความน่าสนใจในหลาย ๆ ประเด็น ซึ่งเมื่อพิจารณาในแต่ละประเด็นแล้วนั้น พบว่าสามารถจัดให้อยู่ในเกณฑ์วัดมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ทุก ๆ เกณฑ์ ทั้ง 4 เกณฑ์ คือ มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถจัดกลุ่มได้ ตามลำดับ แสดงให้เป็นถึงความแตกต่างของมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละตัวบุคคล ซึ่งครอบคลุมไปถึงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ทราบถึงหลักการและเหตุผล วิธีการคิด รวมไปถึงการวิเคราะห์ในกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2. นวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) จำนวน 5 แผน 10 ชั่วโมง ส่งผลต่อมุมมองในธรรมชาติ  
ของวิทยาศาสตร์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางของนักเรียน ไปในทางที่ดีขึ้น

3. การนำนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดคุณสมบัติเชิงแสงของฟิล์มบางร่วมกันระหว่างบิสมัทเทลลูไรด์และแอนติโมนี  
ไตรคลอไรด์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ส่งผลต่อผลลัพธ์ของงานวิจัยและทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่เรียนรู้ นอกจากนี้ยังเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ กับตัวผู้เรียน

**อภิปรายผล**

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 15 คน มีมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์  
แต่ละประเด็น อยู่ในเกณฑ์มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ และมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, สุรพล วิเศษสรรค์ และ เฉลิมพล กาญจนวรินทร์, 2558) และประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ ด้านมายาคติต่อวิธีการ  
ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 60) นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นในเชิงว่า การได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการทดลองเท่านั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กุฎานรี ตันวรรณลักษณ์ และ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์(ร้อยละ 40) และด้านอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 40) ตามลำดับ และประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ ด้านความคิดสร้างสรรค์และจิตนาการในวิทยาศาสตร์ ซึ่งหลังการใช้นวัตกรรม พบว่ามีนักเรียนที่มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ มากถึง 11 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดนัย ไทยมี และ จีระวรรณ เกษสิงห์ (อ้างในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2558)

**ข้อเสนอแนะ**

**ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้หรือข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย**

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของมุมมองที่คลาดเคลื่อนในแต่ละด้าน โดยเฉพาะด้านมายาคติต่อวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสังเกตและลงความเห็น และด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้และทฤษฎีทางวิทยาศาตร์ ซึ่งการที่นักเรียนมีความเข้าใจในมุมมองที่คลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อการรับรู้ ความเข้าใจ และความสามารถในการอธิบายส่งต่อองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนตามมาด้วย ครูจึงควรสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน และออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีการประยุกต์กับธรรมชาติของวิทยาสาสตร์  
เพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ครบถ้วนเต็มศักยภาพและดียิ่งขึ้น

2. ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์วัดมุมมองธรรมชาติตามแบบฉบับของ Lederman et al.(2002) ซึ่งพิจารณา  
ตามกลุ่มทดลองและบริบทของโรงเรียน ซึ่งคำถามที่ใช้เป็นเชิงแสดงความคิดเห็น จึงสามารถปรับเปลี่ยนเกณฑ์ในการวัดตามความเหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ประเมินผลการเรียนรู้ในชั้นเรียนต่อไป

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

สำหรับการวิจัยในครั้งถัดไป อาจมีการประยุกต์มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนหรือองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลายและมีความน่าสนใจ หรืออาจจะนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาบูรณาการร่วมกับการศึกษามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจจะทำให้เห็นมุมมองที่หลากหลายของกลุ่มตัวอย่างมากยิ่งขึ้น

**เอกสารอ้างอิง**

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560).ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรวรรณ จินาเดช, ฉัตรชัย เครืออินทร์ และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร. (2561). การศึกษาสัมประสิทธิ์การกระดอนของวัสดุเม็ดกลม และมุมมองในธรรมชาติของฟิสิกส์. ใน การประชุมวิชาการ และการประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ระหว่างวันที่ 17-18 พฤษภาคม 2561. (น. 958-964). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กุฎานรี ตันวรรณรักษ์ และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). มุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55: สาขา ศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์และ บริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. (น. 118-125). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

จีระวรรณ เกษสิงห์. (2558). เจตคติและพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์. 36*(2), 297-307

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018   
การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, สุรพล วิเศษสรรค์ และ เฉลิมพล กาญจนวรินทร์. (2558). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความสามารถในการบูรณาการธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ในการสอนของนักศึกษา  
ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์สาขาสังคมศาสตร์. 36*(2): 308-321.

Adam, A. M., Ibrahim, E. M. M., Panbude, A., Jayabal, K., Veluswamy, P., and Diab, A. K. (2021). Thermoelectric power properties of Ge doped PbTe alloys. *Journal of Alloys and Compounds. 872*.

Elahi, S. M., Taghizadeh, A., Hadizadeh, A., and Dejam, L. (2014). Effect of thickness and annealing on structural and optical properties of Bi2Te3 thin films prepared from. *Natural Sciences Publishing. 3*(1): 13 – 18.

Eroglu, S., and Bektas, O. (2022). The effect of 5E-based STEM education on academic achievement, scientific creativity, and views on the nature of science. *Learning and Individual Differences. 98*: 102181.

Lawal, A., Shaari, A., Ahmed, R., and Jarkoni, N. (2017). First-principles many-body comparative study of Bi2Se3 crystal: A promising candidate for broadband photodetector. *Physics Letters A. 381*(35): 2993 - 2999.

Lederman, N. G., F. Abd – El – Khalick, R. L., Bell, and Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners’ Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching. 39*(6): 497 – 521.