

การประยุกต์แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ที่สร้างขึ้นจากเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติเพื่อส่งเสริมความเข้าใจ ในแนวคิดดาราศาสตร์*

THE APPLICATION OF COORDINATE CELESTIAL OBJECTS ON CELESTIAL SPHERE MODEL CREATED BY 3D PRINTING TECHNOLOGY TO PROMOTE UNDERSTANDING OF ASTRONOMICAL CONCEPTS

ชูชาติ แพน้อย

Choochart Paenoi

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์

Theerapong Sangpradit

จตุรงค์ สุนทรชาติ

Jaturong Sukonthachart

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Srinakharinwirot University, Thailand

E-mail: choochart.pae@swu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ 2) ศึกษาผลการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ในด้านความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่ง และเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 1) แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า 2) แบบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (Dependent t - test) และค่าการพัฒนา (Normalized gain ($\langle g \rangle$)) ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ที่พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) 2) นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่ง และเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ หลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ

* Received 18 December 2020; Revised 12 April 2021; Accepted 16 April 2021



ทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งแนวคิดเรื่อง สุริยวิถี ตำแหน่งและเส้นทางดวงอาทิตย์ เวลาดวงอาทิตย์ ปรากฏ ตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาลและปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ โดยแนวคิดเกี่ยวกับ ตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาลมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่ง และเส้นทางดวงอาทิตย์ สุริยวิถี ปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ และเวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ของนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกด้าน มีค่าเฉลี่ยการพัฒนา (Normalized gain(<g>)) เท่ากับ 0.86 และมีระดับของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนน้อยลง

คำสำคัญ: แบบจำลองทรงกลมฟ้า, ทรงกลมฟ้า, แนวคิดดาราศาสตร์, ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์, การพิมพ์สามมิติ

Abstract

The objectives of this research article were to 1) develop a spherical model with specified coordinates of celestial objects by the application of 3D printing technology 2) study the effectiveness of the use of the spherical model in students' ability to grasp astronomical concepts, position and path of the sunrise and the sunset topics. The sample group was the group of 28 eleventh-grade students from Benchamaracharungsarit Chachoengsao School. The data collecting tools in this research consisted of 2 assessment forms (i.e., the spherical model, the conceptual understanding of astronomy test. We have analyzed the collected data following the standard statistical formalisms such as percentage, mean, standard deviation, dependent t-test, and normalized gain (<g>). The statistical analysis reveals the following results. First, the spherical model with specified coordinates of celestial objects by the application of 3D printing technology is suitable for the learning environment and has higher efficiency than the established criteria (3.51). Second, the students scored higher on the astronomical topics (e.g., the positions and paths of sunrise and sunset throughout the year) after the implementation of the spherical model with a statistical significance of 0.01 Both the concept of ecliptic, path of the sun, sun appears, sun position with season and sun phenomenon. The concept of sun position with season has the highest average score. Followed by path of the sun, ecliptic, sun phenomenon and sun appears. Students' ability to grasp astronomical concepts, position and path of the sunrise and the sunset there are



more points in every topics and the average normalized gain $\langle g \rangle$ of 0.86, indicating the decrease of misconception.

Keywords: Spherical Model, Celestial Sphere, Positions and Paths of Sunrise and Sunset Astronomical Concept, 3D Printing

บทนำ

วิถีชีวิตของมนุษย์ มีความผูกพันและคุ้นเคยกับปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ มาช้านาน ด้วยความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ผลักดันให้มนุษย์พยายามสังเกตปรากฏการณ์ รวบรวม ข้อมูลและค้นหาเหตุผลความจริงเกี่ยวกับวัฏจักรของวัตถุท้องฟ้าอย่างต่อเนื่อง จนสามารถ สังเกตเห็นวัฏจักรแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบของวัตถุท้องฟ้าการเปลี่ยนตำแหน่ง การขึ้นการตกของดวงอาทิตย์มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กับการเกิดฤดูกาล ใช้กำหนดเวลาและ ทิศทาง ตลอดจนการทำปฏิทินที่สอดคล้องกับวัฏจักรของฤดูกาล มีความเข้าใจระบบของ ธรรมชาติและศาสตร์แห่งท้องฟ้ามากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้การดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นระบบและ เป็นไปอย่างปกติสุข (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550) การเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์ของระบบ พิกัดหรือตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า จะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางดารา ศาสตร์หรือการศึกษาวัตถุท้องฟ้าแบบวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (นิพนธ์ ทรายเพชร, 2558) ความสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ในห้องเรียน เข้ากับปรากฏการณ์หรือ เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน จะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย หลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐานเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ผู้เรียนได้ เรียนรู้ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้า ในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งธรรมชาติของวิชาดาราศาสตร์เป็นศาสตร์ที่อาศัยความสงสัย ใคร่รู้และจินตนาการ เนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ ผู้เรียนจำนวนมากมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในหลายประเด็น ส่งผลให้ เกิดความไม่เข้าใจและไม่สามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องได้ (Trumper, R., 2001); (Percy, J. R., 2005) จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ ขั้นพื้นฐาน (O - NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการ สอบวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทุกสังกัดได้ ร้อยละ 30.51 และเมื่อพิจารณาเป็นรายละเอียด พบว่า สาระดาราศาสตร์และอวกาศ มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ ร้อยละ 22.62 (สถาบันทดสอบทาง การศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2562) และปีการศึกษา 2562 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผล การสอบวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทุกสังกัดได้ร้อยละ 29.20 เมื่อพิจารณาเป็นรายละเอียด พบว่า



สารดาราศาสตร์และอวกาศ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 35.58 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2563) และจากการศึกษาพบว่า นักเรียนเกรด 8 ถึงเกรด 12 บางส่วนยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน มีนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่เข้าใจเกี่ยวกับการโคจรของดวงจันทร์และมีนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่เข้าใจเกี่ยวกับการเกิดข้างขึ้นข้างแรม ตำแหน่งสูงสุดของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และขนาดของโลกได้ถูกต้อง และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 10 ที่เข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดฤดูกาล (Lightman, A. & Sadler, P. M., 1993); (Trumper, R., 2001) สอดคล้องกับการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการเปลี่ยนแปลงแนวคิด พบว่า มีนักศึกษาเพียงร้อยละ 10 ที่มีแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ ร้อยละ 23 ที่มีแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับตำแหน่งสูงสุดของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และมีนักศึกษาร้อยละ 30 ที่อธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดอุปราคาและการเกิดข้างขึ้นข้างแรม และจากการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของครูผู้สอนพบว่า ครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอธิบายถึงการเกิดข้างขึ้นข้างแรมว่ามีสาเหตุมาจากเงาของโลกไปบังดวงจันทร์ และครูคนอื่น ๆ ในโรงเรียนเดียวกันก็ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับการเกิดข้างขึ้นข้างแรมได้ (Zeilik, M. et al., 1998); (Trumper, R., 2001)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนทั้งในระดับชั้นประถมศึกษา ชั้นมัธยมศึกษา ระดับมหาวิทยาลัย หรือแม้แต่ครูผู้สอนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานอยู่มาก และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง การสร้างสื่อการเรียนรู้เพื่อให้เกิดแนวคิดดาราศาสตร์และการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์เกี่ยวกับการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้า พบว่าในประเทศไทยมีผู้ศึกษาเรื่องนี้้อยมาก และในส่วนของงานวิจัยของต่างประเทศก็เป็นการศึกษาที่ยังไม่ครอบคลุมตามบริบททางการศึกษาของประเทศไทย และที่สำคัญยังไม่มีแบบจำลองหรือสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นโดยที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่วนใหญ่จะต้องมีครูเป็นผู้สอนหลัก การสร้างแบบจำลองควรเป็นส่วนแกนของการศึกษาวิทยาศาสตร์เพราะเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาธรรมชาติและความซับซ้อนของปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Justi, R. & Gilbert, J., 2003); (Van Driel, J. H. & Verloop, N., 2002) แบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญที่เข้ามามีบทบาทต่อการเรียนรู้และความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เพราะแบบจำลองช่วยสร้างแนวคิด สร้างความเข้าใจ สร้างคำอธิบาย การแปลความหมายและการพยากรณ์ในปรากฏการณ์ธรรมชาติ เกิดการค้นพบองค์ความรู้ใหม่ ๆ กระบวนการสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมจินตนาการของนักเรียน เกี่ยวกับเรื่องที่มีลักษณะนามธรรมหรือมีความซับซ้อนได้ (American Association for the Advancement of Science (AAAS), 1993); (Gilbert, J. K. et al., 2000); (Gilbert, S. W. & Ireton, S. W., 2003) และจากการศึกษาสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์ พบว่าประเด็นการระบุพิกัดหรือตำแหน่งของดาวและวัตถุท้องฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์นั้น ทั้งครูผู้สอนดาราศาสตร์และนักเรียนประสบปัญหา



ต่อความเข้าใจในแนวคิดนี้และขาดแคลนสื่อการเรียนรู้ดาราศาสตร์อย่างมาก จากปัญหาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติขึ้น โดยที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ
2. เพื่อศึกษาผลการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าที่สร้างขึ้นในด้านความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การประยุกต์แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าที่สร้างขึ้นจากเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest - Posttest Design)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 7 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 315 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 28 คน โดยเป็นนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมกิจกรรม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (Coordinate Celestial Object on Celestial Sphere Model, CCM) ประกอบด้วยชิ้นส่วนโครงสร้างหลักแสดงพิกัดของวัตถุท้องฟ้า มุมทิศ มุมเงย ไรต์แอสเซนชัน เดคลิเนชัน ลูกโลกจำลอง ระนาบขอบฟ้า ระนาบศูนย์สูตรฟ้า ระนาบสุริยวิถี ขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ ที่สร้างจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology, 3DP) ทดลองใช้ นำร่อง และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านการผลิต ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า และด้านคู่มือการใช้



2. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย ชนิดปลายเปิด เขียนตอบที่ครอบคลุมแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์ จำนวน 8 ข้อโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของ เนื้อหาและแนวคิดสำคัญ ความตรงเชิงเนื้อหา (มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5) ความเหมาะสมของข้อคำถามและคำตอบ และความถูกต้องของภาษา

3. แผนจัดการเรียนรู้ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์ จำนวน 6 ชั่วโมง ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนดาราศาสตร์โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วน ประเมินค่า 5 ระดับ และกำหนดเกณฑ์ว่า ถ้าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (CCM) ที่สร้างขึ้น ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตามแผนที่วางไว้

3. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง หลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จแล้ว ด้วยแบบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนประเมินคุณภาพแบบจำลองโดยผู้เชี่ยวชาญ คะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ และเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วย การทดสอบค่าที ชนิด Dependent t - test

2. จัดกลุ่มแนวคิดเป็นร้อยละ ตามกลุ่มแนวคิด 4 ระดับ ดังนี้ ระดับ 4 แนวความคิดที่สมบูรณ์ ระดับ 3 แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ ระดับ 2 แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และระดับ 1 ไม่เข้าใจแนวความคิด

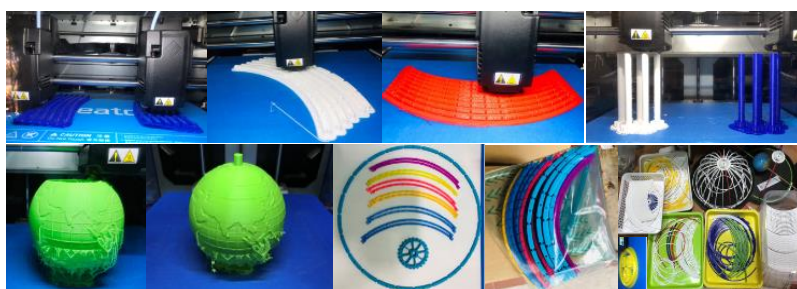
3. ศึกษาระดับความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนจากคะแนนของนักเรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้ ค่าการพัฒนา (Normalized gain(<g>)) ในการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งระดับของค่า <g> ออกเป็น 3 ระดับ คือ การพัฒนาอยู่ในระดับสูง เมื่อ $<g> \geq 0.7$ การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อ $0.3 < <g> < 0.7$ และการพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ เมื่อ $<g> \leq 0.3$



ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (CCM)

ผู้วิจัยได้ออกแบบส่วนประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างของ CCM เพื่อแสดงพิกัดของท้องฟ้า โดยใช้โปรแกรมออกแบบ 3 มิติ SOLIDWORKS สร้างเป็น path ต่าง ๆ แล้ว นำ path ทั้งหมดมาประกอบชิ้นงาน (Assembly) เพื่อตรวจสอบว่า ชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ของ CCM สามารถเชื่อมต่อกันได้ทั้งหมด จากนั้นประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology, 3DP) พิมพ์ออก (print out) ชิ้นส่วนโครงสร้างของ CCM ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D printer) ตัวอย่างดังภาพ



ภาพที่ 1 แสดงการพิมพ์ออก (print out) ชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ของ CCM ด้วย 3D printer ทำการทดสอบและปรับปรุงโครงสร้างของ CCM จนได้แบบจำลอง จำนวน 5 รุ่น ดังตัวอย่างภาพ



รุ่นที่ 1 (ต้นแบบ) รุ่นที่ 2

รุ่นที่ 3

รุ่นที่ 4

รุ่นที่ 5

ภาพที่ 2 แสดง CCM ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น

นำ CCM ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อปรับปรุง และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านการผลิต ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า และด้านคู่มือการใช้ ผลการประเมินดังแสดงในตาราง



ตารางที่ 1 แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพ CCM โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านการผลิต	4.40	0.49	ดี
ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.80	0.40	ดีมาก
ด้านความสะดวกในการใช้งาน	4.60	0.49	ดีมาก
ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า	5.00	0.00	ดีมาก
ด้านคู่มือการใช้	4.60	0.49	ดีมาก
เฉลี่ย	4.68	0.20	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยการประเมิน CCM ของผู้เชี่ยวชาญสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด 3.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 โดยมีระดับคุณภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่า CCM มีคุณภาพเหมาะสมทุกด้าน

2. ผลการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในด้านความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อทดสอบว่า แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้ามีผลต่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์อย่างมีนัยสำคัญ โดยทำการทดสอบค่า t ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่า t (Dependent t - test)

แนวคิด	คะแนน	N	df	$\bar{x}$	S.D.	t
1. สุริยวิถี	ก่อนเรียน	28	27	0.36	0.87	14.96*
	หลังเรียน	28	27	3.54	0.79	
2. ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์	ก่อนเรียน	28	27	0.36	0.73	23.92*
	หลังเรียน	28	27	3.93	0.38	
3. เวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ	ก่อนเรียน	28	27	0.00	0.00	6.40*
	หลังเรียน	28	27	2.36	1.95	
4. ตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล	ก่อนเรียน	28	27	0.00	0.00	111.00*
	หลังเรียน	28	27	3.96	0.19	
5. ปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์	ก่อนเรียน	28	27	0.00	0.00	36.37*
	หลังเรียน	28	27	3.50	0.51	
รวม	ก่อนเรียน	28	27	0.71	1.38	37.60*
	หลังเรียน	28	27	17.29	2.09	

* $p < .01$



จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในทุกแนวคิด และในภาพรวม มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าแบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าสามารถส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ของนักเรียนได้

จากนั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระดับความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียน จากการหาคะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากคะแนนก่อนและหลังเรียน และค่าการพัฒนาโดยใช้ ค่าการพัฒนา (Normalized gain(<g>)) แบ่งระดับของค่า <g> ออกเป็น 3 ระดับ คือ การพัฒนาอยู่ในระดับสูง เมื่อ $\langle g \rangle \geq 0.7$ การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อ $0.3 < \langle g \rangle < 0.7$ และการพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ เมื่อ $\langle g \rangle \leq 0.3$ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่าการพัฒนา (Normalized gain(<g>))

แนวคิด	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน $\bar{X}$	S.D.	หลังเรียน $\bar{X}$	S.D.	<g>
1. สุริยวิถี	4	0.36	0.87	3.54	0.79	0.87
2. ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์	4	0.36	0.73	3.93	0.38	0.98
3. เวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ	4	0	0	2.36	1.95	0.59
4. ตำแหน่งดวงอาทิตย์ กับ ฤดูกาล	4	0	0	3.96	0.19	0.99
5. ปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์	4	0	0	3.50	0.51	0.88
รวม	20	0.71(3.55%)	1.38	17.29(86.45%)	2.09	0.86

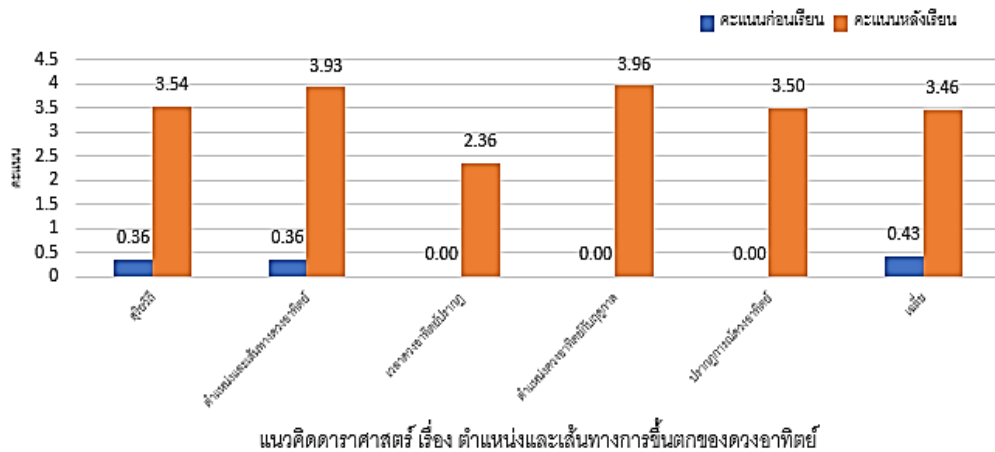
จากตารางที่ 3 จากตารางที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนการเรียนในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 0.71 คิดเป็น 3.55% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับสุริยวิถี ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 0.36$) แต่นักเรียนไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับเวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ ตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล และปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ เลย สำหรับค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังการเรียนในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 17.29 คิดเป็น 86.45% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 3.96$) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ($\bar{X} = 3.93$) สุริยวิถี ($\bar{X} = 3.54$) ปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ ($\bar{X} = 3.50$) และแนวคิดเกี่ยวกับเวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ ($\bar{X} = 2.36$) จะเห็นว่าความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ของนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกด้าน เมื่อพิจารณาค่า



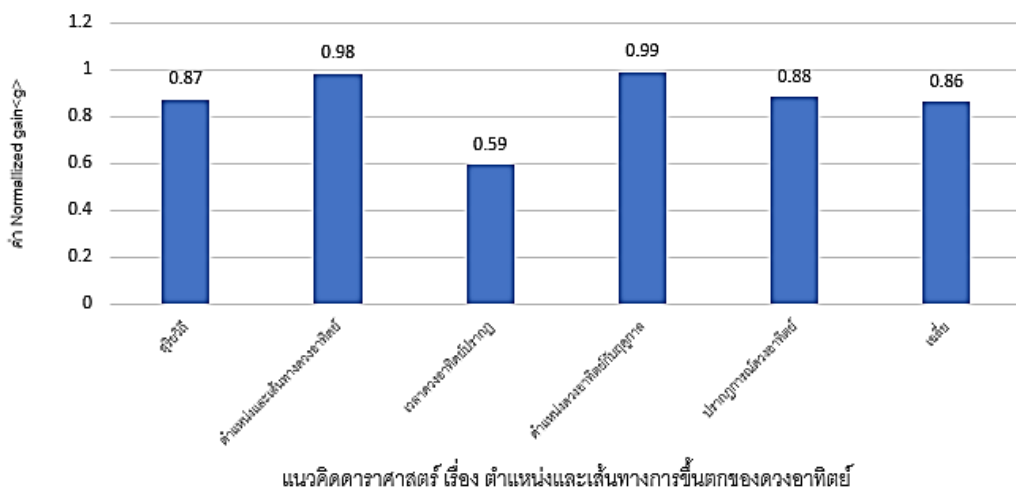
การพัฒนา (Normalized gain(<g>)) ของคะแนนภาพรวมแล้ว พบว่ามีค่า <g> = 0.86 เมื่อเรียงลำดับค่า <g> พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล มีค่ามากที่สุด (<g> = 0.99) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งและเส้นทางดวงอาทิตย์ (<g> = 0.98) ปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ (<g> = 0.88) และสุริยวิถี (<g> = 0.87) ถือว่ามีค่าการพัฒนาอยู่ในระดับสูง ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับเวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ มีค่าการพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง (<g> = 0.59)

โดยผู้วิจัยนำเสนอกราฟเปรียบเทียบในภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ได้ดังนี้

ภาพที่ 3 แสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์



เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางของการขึ้นตกของดวงอาทิตย์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพที่ 4 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Normalized <g> ของคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่องตำแหน่งและเส้นทางของการขึ้นตกของดวงอาทิตย์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน



อภิปรายผล

แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (4.68) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3.51 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่า ด้านการผลิต ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดี ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ด้านความสะดวกในการใช้งาน ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก และด้านคู่มือการใช้ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าที่สร้างขึ้น ครูสามารถผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างได้ด้วยตัวเอง และสามารถปรับแก้ไขหรือผลิตทดแทนเพิ่มเติมได้ง่ายจากการพิมพ์ออกจากเครื่องพิมพ์สามมิติได้ทันที ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของ CCM สามารถแสดงพิกัดอ้างอิง มุมทิศมุมเงย ค่าไรต์ แอสเซนชัน ค่าเดคลิเนชัน ได้อย่างชัดเจนจากเส้นโค้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ CCM สามารถเลือกชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ เพื่อแสดงพิกัดของวัตถุท้องฟ้าได้ตามต้องการ และติดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ทุกตำแหน่งตามที่ดวงอาทิตย์ปรากฏในแต่ละวัน และสามารถแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ บนโลกซึ่งสอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหาในการเรียนรู้ และมีความสะดวกในการใช้งานเพราะสามารถประกอบและถอดชิ้นส่วนโครงสร้างทุกชิ้นออกเก็บเข้ากล่องได้ง่าย สะดวกในการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษา รวมถึงมีฐานที่รองรับ CCM ที่แข็งแรงและสามารถประกอบและถอดออกเก็บได้ทุกชิ้นส่วนเช่นเดียวกัน CCM มีประโยชน์และมีความคุ้มค่าเพราะใช้วัสดุที่มีราคาถูกแต่มีความคงทนและมีความปลอดภัยต่อผู้เรียน สามารถใช้งานซ้ำได้อย่างต่อเนื่อง และที่สำคัญคือ นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ เข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ด้วยการเรียนรู้โดยการได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการนำสื่อการเรียนการสอนไปใช้จัดการเรียนรู้ว่า ต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล สภาพการจัดการเรียนการสอนควรยืดหยุ่นได้ และให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติมีส่วนร่วมและได้ตอบสนอง (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2553) และแบบจำลองที่ดีจะต้องมีความสมบูรณ์ในเชิงโครงสร้าง แสดงองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมดของแนวคิดที่ต้องการอธิบายได้ มีความสอดคล้องและเหมาะสมในระดับของรายละเอียดที่ต้องการอธิบาย มีความเหมาะสมของภาษาและรูปแบบการนำเสนอ มีความเป็นรูปธรรมในการนำเสนอ เห็นความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบของแบบจำลองอย่างชัดเจน ให้คำอธิบายมโนคติที่ชัดเจนและสามารถอธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ ชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่แบบจำลองสามารถอธิบายได้ถูกต้อง และข้อจำกัดของแบบจำลอง เมเยอร์ (Mayer, R. E., 1989)

ส่วนในด้านผลการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าที่สร้างขึ้นนั้น นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า



การพัฒนา (Normalized gain ($<g>$)) เฉลี่ยเท่ากับ 0.75 ซึ่งถือว่านักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์อยู่ในระดับสูงและมีระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น เกิดจากสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ เป็นแบบจำลอง ที่ไม่ใช่แบบจำลองสำเร็จรูปแบบเดิม ๆ ที่มีอยู่ทั่วไป CCM เป็นแบบจำลองที่นักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยการประกอบโครงสร้างของแบบจำลองที่เชื่อมโยงกับพิภพอ้างอิงทั้งในระบบพิภพที่ขอบฟ้า และระบบพิภพศูนย์กลางสามารถแสดงตำแหน่งสำคัญบนเส้นสุริยวิถี และเชื่อมโยงกับพิภพหรือตำแหน่งปรากฏของดวงอาทิตย์บนเส้นสุริยวิถีได้ทุกตำแหน่ง นักเรียนสามารถทดลองหาตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ สามารถเชื่อมโยงความเข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งดวงอาทิตย์กับการตกของดวงอาทิตย์ สามารถเชื่อมโยงความเข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล วัฏช่วงเวลากลางวันกลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันวสันตวิษุวัต (21 มีนาคม) วันครีษมายัน (21 มิถุนายน) วันศารทวิษุวัต (22 กันยายน) และวันเหมายัน (21 ธันวาคม) และวันอื่น ๆ ตามที่ต้องการได้ อีกทั้งยังสามารถอธิบายเชื่อมโยงความเข้าใจในปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว พระอาทิตย์เที่ยงคืนและวันไร้เงาได้ ทั้งนี้ นักเรียนสามารถปรับตำแหน่งของ CCM เพื่อให้แสดงถึงความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ซึ่งเป็นนามธรรมที่เข้าใจยากให้เป็นรูปธรรมเชิงประจักษ์ที่พิสูจน์ได้ด้วยตนเองอย่างชัดเจน ซึ่ง สอดคล้องกับ ไวท์ (White, B. Y., 1993) ที่กล่าวว่า แบบจำลองเป็นสะพานเชื่อมที่สำคัญระหว่างสิ่งที่ป็นนามธรรมกับสิ่งที่ป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวว่า การสร้างและการใช้แบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญ ที่เข้ามามีบทบาทต่อการเรียนรู้และความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เพราะแบบจำลองช่วยสร้างแนวคิด สร้างความเข้าใจ สร้างคำอธิบาย การแปลความหมายและการพยากรณ์ในปรากฏการณ์ธรรมชาติ เกิดการค้นพบองค์ความรู้และสิ่งใหม่ ๆ กระบวนการสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมการจินตนาการของนักเรียน เกี่ยวกับเรื่องที่มีลักษณะนามธรรมหรือมีความซับซ้อน (American Association for the Advancement of Science (AAAS), 1993); (Gilbert, J. K. et al., 2000); (Gilbert, S. W. & Ireton, S. W., 2003)

สรุป/ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองการระบุพิภพของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าที่พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) โดยมีคุณภาพเหมาะสมทุกด้าน นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ หลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งแนวคิดเรื่อง สุริยวิถี ตำแหน่งและเส้นทางการตกของดวงอาทิตย์ เวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ ตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล และปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ และนักเรียนมีค่าเฉลี่ยการพัฒนา (Normalized gain($<g>$)) เท่ากับ 0.86 แสดงให้



เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์อยู่ในระดับสูง โดยที่แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาลมีค่าการพัฒนามากสุด รองลงมาได้แก่ ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันสันตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัต และวันเหมายัน และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ในธรรมชาติ ได้แก่ ปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว พระอาทิตย์เที่ยงคืน และวันไร้งา ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ปรากฏช่วงเวลากลางวัน กลางคืนมีค่าการพัฒนายู่ในระดับปานกลาง แสดงว่าแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าที่พัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ได้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ครูผู้สอนต้องศึกษาและทำความเข้าใจวัตถุประสงค์ เป้าหมายและขั้นตอนของการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ต้องทดลองประกอบและใช้แบบจำลองตามลำดับขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองก่อนนำไปใช้จริง ควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในเรื่อง เวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ ได้แก่ ช่วงเวลากลางวันกลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่างกันในวันสันตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัต และวันเหมายัน ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดนี้น้อยและมีค่าการพัฒนายู่ในระดับปานกลางซึ่งน้อยกว่าแนวคิดในด้านอื่น ควรมีการวิจัยและพัฒนาสำหรับครูผู้สอนเพื่อส่งเสริมให้ครูมีความสามารถสร้างสื่อการเรียนการสอนได้ด้วยตนเองจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D printing)

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เรียบเรียงจากงานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบน ทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” ขอขอบคุณนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ที่สนับสนุนและอำนวยความสะดวกต่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551. กรุงเทพมหานคร : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2553). หลักการทฤษฎีเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้ว การพิมพ์.



- นิพนธ์ ทรายเพชร. (2558). การดูดาวขั้นต้น : คู่มือดูดาวอย่างง่ายสำหรับท้องฟ้าประเทศไทย และศึกษาความลึกลับทางดาราศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1 ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์.
- บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์พิสิกส์. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561. เรียกใช้เมื่อ 18 ธันวาคม 2563 จาก http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2561.pdf
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2563). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562. เรียกใช้เมื่อ 18 ธันวาคม 2563 จาก http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2562.pdf
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). Project 2061 Benchmarks for Science Literacy. New York Oxford University Press. Retrieved December 18 , 2020, from <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Gilbert, J. K. et al. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In Developing models in science education. Springer.
- Gilbert, S. W. & Ireton, S. W. (2003). Understanding models in earth & space science: NSTA press. Retrieved December 18, 2020, from <https://eric.ed.gov/?id=ED481490>
- Justi, R. & Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. International Journal of Science Education, 25(11), 1369-1386.
- Lightman, A. & Sadler, P. M. (1993). Teacher predictions versus actual student gains. The Physics Teacher, 31(3), 162-167.
- Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. Review of educational research, 59(1), 43-64.
- Percy, J. R. (2005). Why Astronomy is Useful and Should be Included in the School Curriculum. Retrieved December 18 , 2020, from <http://adsabs.harvard.edu/full/2005HiA....13.1020P>



- Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1111-1123.
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272.
- White, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and instruction*, 10(1), 1-100.
- Zeilik, M. et al. (1998). Misconceptions and their change in university-level astronomy courses. *The Physics Teacher*, 36(2), 104-107.