



การพัฒนาแบบจำลองระบัพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิด
ดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF COORDINATE CELESTIAL OBJECTS ON CELESTIAL SPHERE
MODEL TO PROMOTE UNDERSTANDING OF ASTRONOMICAL CONCEPT OF UPPER
SECONDARY SCHOOL STUDENTS

ชูชาติ แพน้อย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

การพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิด
ดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



ปฏิญานีพจน์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF COORDINATE CELESTIAL OBJECTS ON CELESTIAL SPHERE
MODEL TO PROMOTE UNDERSTANDING OF ASTRONOMICAL CONCEPT OF UPPER
SECONDARY SCHOOL STUDENTS



CHOOCHART PAENOI

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION
(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิด

ดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

ชูชาติ แพน้อย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง)

..... ที่ปรึกษาร่วม

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวิทย์ ผลโภค)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	ชูชาติ แพน้อย
ปริญญา	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิพงษ์ แสงประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จตุรงค์ สุคนธชาติ

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ 2) ศึกษาผลจากการใช้แบบจำลองระบุพิกัดวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในด้านความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 28 คน และได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (Dependent t-test) และค่าการพัฒนา (Normalized gain (g)) ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) 2) นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ หลังการเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าเฉลี่ยการพัฒนา (Normalized gain (g)) เฉลี่ยเท่ากับ 0.75 โดยมีระดับของแนวคิดที่สมบูรณ์มากขึ้น และมีระดับของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนน้อยลง แสดงว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ได้ และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าอยู่ระดับพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ : วัตถุท้องฟ้า, แบบจำลองทรงกลมฟ้า, แนวคิดดาราศาสตร์, นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Title	DEVELOPMENT OF COORDINATE CELESTIAL OBJECTS ON CELESTIAL SPHERE MODEL TO PROMOTE UNDERSTANDING OF ASTRONOMICAL CONCEPT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS
Author	CHOOCHART PAENOI
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Theerapong Sangpradit
Co Advisor	Asst. Prof. Dr. Jaturong Sukonthacmat

The goals of this research were as follows: (1) to develop a spherical model with specified coordinates of celestial objects to promote a better understanding of astronomical concepts; and (2) to study the effectiveness of the spherical model in the abilities of students to grasp astronomical concepts and satisfaction levels while using the model. The sample group was the group of 28 eleventh-grade students from Benchamaracharungsarit Chachoengsao School in the first semester of the 2019 academic year. Using the spherical model with specified coordinates of celestial objects as a learning aid, the students studied various astronomical topics, such as the horizontal coordinate system, the equatorial coordinate system, the positions and paths of sunrise and sunset throughout the year. The data collecting tools in this research consisted of two assessment forms: a conceptual understanding of astronomy tests and a satisfaction questionnaire. The collected data were analyzed following standard statistical formalisms such as percentage, mean, standard deviation, a dependent t-test, and normalized gain (). The statistical analysis revealed the following. First, the spherical model is suitable for the learning environment and had a higher efficiency than the established criteria (3.51). Second, the students scored higher on the astronomical topics after the implementation of the spherical model with a statistical significance of 0.01 and the average normalized gain (g) of 0.75, indicating a decrease in misconceptions and increase in understanding. Lastly, the satisfaction questionnaire showed that the students had the highest level of satisfaction with the use of the spherical model. The spherical model may foster a better conceptual understanding of astronomical topics and therefore is more suitable for a classroom environment.

Keyword : Celestial objects, Sphere model, Astronomical concept, Upper secondary students

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความเมตตาความกรุณาและการเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ อันมีคุณค่าเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยตลอดมา รวมถึงความช่วยเหลือและการให้กำลังใจเป็นอย่างดี จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร.ณสรศักดิ์ ผลโภค กรรมการในการสอบปากเปล่า ที่ได้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ในการปรับปรุงแก้ไข ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ประสาทวิชาให้แก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและพัฒนาเครื่องมือวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่โกสุม จิตตยานันต์ ขอขอบพระคุณ คุณครูเบญจมาศ แพ้น้อยภรรยา และขอขอบคุณ น.ส.จิตสุภา แพ้น้อย ลูกสาว ที่ให้การสนับสนุน คอยช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ร่วมรุ่นทุกคน และขอขอบใจนักเรียนและลูกศิษย์ทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณประโยชน์อันเกิดจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้เป็นอันสงฆ์แต่บิดามารดา ผู้มีพระคุณทุกท่าน และเป็นคุณประโยชน์ในวงการวิทยาศาสตร์ศึกษาต่อไป

ชูชาติ แพ้น้อย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
สมมุติฐานในการวิจัย	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	12
2. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.....	16
3. สื่อการสอน.....	41
4. แบบจำลอง (Model)	48
5. ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์.....	61

6. ความพึงพอใจ.....	71
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	75
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	75
การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน.....	76
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	77
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	87
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
จริยธรรมของการวิจัย.....	91
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	93
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (CCM).....	94
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์.....	96
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุ ท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการเรียนรู้.....	114
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	118
คำถามวิจัย.....	118
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	118
สมมุติฐานในการวิจัย.....	118
วิธีดำเนินการวิจัย.....	119
สรุปผลการวิจัย.....	120
อภิปรายผลการวิจัย.....	121
ข้อเสนอแนะ.....	129
บรรณานุกรม.....	130
ภาคผนวก.....	139

ประวัติผู้เขียน..... 180



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ	14
ตาราง 2 ระดับของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ของ สสวท	23
ตาราง 3 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้	30
ตาราง 4 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1	83
ตาราง 5 แสดงผลการประเมินแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าโดยผู้เชี่ยวชาญ	96
ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า โดยใช้การทดสอบค่าที (Dependent t-test)	97
ตาราง 7 แสดงข้อมูลจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับแนวคิด เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า	99
ตาราง 8 แสดงคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ก่อนเรียนและ หลังเรียน และค่าการพัฒนา(Normalized gain (<g>))	100
ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ระบบพิกัด ศูนย์สูตร ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (Dependent t-test)	103
ตาราง 10 แสดงข้อมูลจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับแนวคิด เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร	104
ตาราง 11 แสดงคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร ก่อนเรียน และหลังเรียน และค่าการพัฒนา(Normalized gain (<g>))	106
ตาราง 12 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ โดยใช้การทดสอบค่าที (Dependent t-test)	109
ตาราง 13 แสดงข้อมูลจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับแนวคิด เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์	110
ตาราง 14 แสดงคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การ ตกของดวงอาทิตย์ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่าการพัฒนา (Normalized gain(<g>))	111

ตาราง 15 คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุ ท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า.....	115
ตาราง 16 ความเหมาะสมของแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริม ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	143
ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ	145
ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบพิกัด ศูนย์ สูตร ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ	146
ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ตำแหน่งและ เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ	147
ตาราง 20 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจใน แนวคิดดาราศาสตร์.....	148
ตาราง 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ที่ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ	149
ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ	150

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย	9
ภาพประกอบ 2 แสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	29
ภาพประกอบ 3 แสดงการศึกษาปรากฏการณ์โดยวิธีการสร้างแบบจำลอง	56
ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบจำลองทรงกลมท้องฟ้าในอดีต	60
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบจำลองทรงกลมท้องฟ้าในปัจจุบัน	61
ภาพประกอบ 6 แสดงตัวอย่างการออกแบบ ชิ้นส่วนโครงสร้าง	78
ภาพประกอบ 7 แสดงตัวอย่างการ Assembly ชิ้นส่วนโครงสร้าง	79
ภาพประกอบ 8 แสดงการพิมพ์ออก(print out) ชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ของ CCM ด้วย 3D printer	79
ภาพประกอบ 9 แสดง CCM ต้นแบบ (รุ่นที่ 1)	80
ภาพประกอบ 10 แสดง CCM รุ่นที่ 2	80
ภาพประกอบ 11 CCM รุ่นที่ 3	81
ภาพประกอบ 12 แสดง CCM รุ่นที่ 4	81
ภาพประกอบ 13 แสดง CCM รุ่นที่ 5	82
ภาพประกอบ 14 แสดง CCM ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น	94
ภาพประกอบ 15 แสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัด ขอบฟ้าของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	101
ภาพประกอบ 16 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Normalized (<g>) ของคะแนนความเข้าใจ แนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า	102
ภาพประกอบ 17 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตรของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	107

ภาพประกอบ 18 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Normalized $\langle g \rangle$ ของคะแนนความเข้าใจ
แนวคิดดาราศาสตร์ เรื่องระบบพิกัดศูนย์สูตร 108

ภาพประกอบ 19 แสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่ง
และเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 113

ภาพประกอบ 20 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Normalized gain $\langle g \rangle$ ของคะแนนความเข้าใจใน
แนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นตกของดวงอาทิตย์
ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน..... 114



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิถีชีวิตของมนุษย์ มีความผูกพันและคุ้นเคยกับปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์มาช้านาน ด้วยความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ผลักดันให้มนุษย์พยายามสังเกตปรากฏการณ์ รวบรวมข้อมูลและค้นหาเหตุผลความจริงเกี่ยวกับวัฏจักรของวัตถุท้องฟ้าอย่างต่อเนื่อง จนสามารถสังเกตเห็นวัฏจักรแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบของวัตถุท้องฟ้า การเปลี่ยนตำแหน่งการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กับการเกิดฤดูกาล ใช้กำหนดเวลาและทิศทาง ตลอดจนการทำปฏิทินที่สอดคล้องกับวัฏจักรของฤดูกาล มีความเข้าใจระบบของธรรมชาติและศาสตร์แห่งท้องฟ้ามากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้การดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นระบบ และเป็นไปอย่างปกติสุข (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550) การเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์ของระบบพิกัดหรือตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า รู้จักตำแหน่งดาวเหนือ สาเหตุและแนวทางการขึ้นการตกของดาว สาเหตุที่ดวงอาทิตย์ปรากฏเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มดาวจักรราศี กลุ่มดาวที่ใช้บอกทิศและกลุ่มดาวอื่น ๆ รวมถึงปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ต่าง ๆ จะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เกิดแรงบันดาลใจและสามารถนำความรู้ทางดาราศาสตร์ หรือการศึกษาวัดดูท้องฟ้าแบบวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน (นิพนธ์ ทรายเพชร, 2558) การรู้ดาราศาสตร์ นอกจากจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ในห้องเรียนเข้ากับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน จะทำให้เกิด การเรียนรู้ที่มีความหมาย สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญที่ใช้ ค้นคว้าและสามารถสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย และเหมาะสมกับแต่ละระดับชั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ในปัจจุบันประเทศไทยได้บรรจุเนื้อหาดาราศาสตร์ไว้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งกำหนดให้เรียนรู้กระบวนการเกิด ลักษณะ องค์ประกอบ และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ระบบสุริยะและดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์เชื่อมโยงดาราศาสตร์กับมนุษย์ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบ

สุริยะ จากการศึกษาดำเนินงานดาวบนทรงกลมฟ้า รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งธรรมชาติของวิชาดาราศาสตร์เป็นศาสตร์ที่อาศัยความสงสัยใคร่รู้และจินตนาการ เนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนจำนวนมากมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในหลายประเด็น ส่งผลให้เกิดความไม่เข้าใจและไม่สามารถอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องได้ (Trumper, 2001; Percy, 2005) ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ถึงแม้ว่ามีความพยายามที่จะปฏิรูปการศึกษามาอย่างต่อเนื่องก็ตาม แต่อันดับสมรรถนะในการแข่งขันของประเทศไทยภาพรวมปี 2561 อยู่อันดับที่ 30 จาก 63 ประเทศ แต่เมื่อพิจารณาอันดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาของประเทศไทยอยู่อันดับที่ 56 และประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาลดต่ำลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2551-2561 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561)

จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการสอบวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทุกสังกัดได้ร้อยละ 30.51 และเมื่อพิจารณาเป็นรายสาระ พบว่า สาระดาราศาสตร์และอวกาศ มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ ร้อยละ 22.62 (สทศ. 2562) และปีการศึกษา 2562 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลการสอบวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทุกสังกัดได้ร้อยละ 29.20 เมื่อพิจารณาเป็นรายสาระ พบว่า สาระดาราศาสตร์และอวกาศ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 35.58 (สทศ. 2563) และจากการศึกษาพบว่า นักเรียนเกรด 8 ถึงเกรด 12 บางส่วนยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน มีนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่เข้าใจเกี่ยวกับการโคจรของดวงจันทร์และมีนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่เข้าใจเกี่ยวกับการเกิดข้างขึ้นข้างแรม ตำแหน่งสูงสุดของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และขนาดของโลกได้ถูกต้อง และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 10 ที่เข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดฤดูกาล (Lightman; & Sadler, 1993; Trumper, 2001) สอดคล้องกับการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักศึกษา พบว่า มีนักศึกษาเพียงร้อยละ 10 ที่มีแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ ร้อยละ 23 ที่มีแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับตำแหน่งสูงสุดของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และมีนักศึกษาร้อยละ 30 ที่อธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดอุปราคาและการเกิดข้างขึ้นข้างแรมและจากการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของครูผู้สอนพบว่า ครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอธิบายถึงการเกิดข้างขึ้นข้างแรมว่ามีสาเหตุมาจากเงาของโลกไปบังดวงจันทร์ และครูคนอื่นๆ ในโรงเรียนเดียวกันก็ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับการเกิดข้างขึ้นข้างแรมได้ (Zeilik; Schau; & Mattern, 1998; Trumper, 2001) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนทั้งในระดับชั้นประถมศึกษา ชั้นมัธยมศึกษา ระดับมหาวิทยาลัย หรือแม้แต่ครูผู้สอนยังมีความเข้าใจที่

คลาดเคลื่อนอยู่มากเกี่ยวกับแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน สอดคล้องกับผลการศึกษาของสุวิทย์ คงภักดี(สุวิทย์ คงภักดี, 2553) และสุวิทย์ คงภักดีและคณะ (Khongpugdee; et al., 2009) ที่ได้สำรวจความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบของไซลิคและคณะ (Zeilik; et al., 1998) และแบบทดสอบของทรัมเปอร์(Trumper, 2001a) ผลการสำรวจพบว่า นักเรียนไทยมีความเข้าใจน้อยมากเกี่ยวกับแนวคิดการเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์การเกิดอุปราคา และการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงทั้ง ๆ ที่ปรากฏการณ์เหล่านี้สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับ การสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลอง ระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model) ภายใต้เนื้อหาวิทยาศาสตร์พื้นฐานสาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ มีเนื้อหาประกอบด้วย 6 แนวคิด ได้แก่ มาตรฐาน กลางวัน กลางคืน ฤดูกาล ข้างขึ้นข้างแรม ด้านหน้าของดวงจันทร์และอุปราคา ผลการวิจัยพบว่า การสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์พื้นฐาน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีจิตวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (สุวิทย์ คงภักดี, 2553: บทคัดย่อ) และจากการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตัวแทนความคิด เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐานสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เนื้อหาในกิจกรรมการเรียนการสอนครอบคลุมปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐาน 6 แนวคิด ได้แก่ การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดสุริยุปราคา การเกิดจันทรุปราคา การเกิดข้างขึ้นข้างแรมและการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลง ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐาน มีผลต่อตัวแทนความคิดของผู้เรียนโดยทำให้ผู้เรียนมีระดับสมรรถนะของแนวคิดสูงขึ้น มีความเข้าใจปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐาน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติต่อรายวิชาดาราศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555) และจากผลงานวิจัยของวีรวัดมน หนองห้าง(วีรวัดมน หนองห้าง, 2556) เรื่อง การประดิษฐ์นาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตรที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินสามนาที่สำหรับโรงเรียนจิตรดา กรุงเทพมหานคร พบว่า เมื่อมีการปรับหน้าปัดนาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตรตามสัญลักษณ์ที่สัมพันธ์กับสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดเงาแล้ว นาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตรที่ประดิษฐ์จะสามารถบอกเวลา โดยใช้เงาของสันเกิดเงาที่ปรากฏบนหน้าปัดนาฬิกาแดด ที่มีความเที่ยงตรง มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3 นาทีจากเวลามาตรฐานประเทศไทยได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง การสร้างสื่อการเรียนรู้เพื่อให้เกิดแนวคิดดาราศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์ เกี่ยวกับการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้า พบว่าในประเทศไทยมีผู้ศึกษาเรื่องนี้น้อยมาก และในส่วนของงานวิจัยของต่างประเทศก็เป็นการศึกษาที่ยังไม่ครอบคลุมตามบริบททางการศึกษาของประเทศไทย และที่สำคัญยังไม่มีแบบจำลองหรือสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยส่วนใหญ่จะต้องมีครูเป็นผู้สอนเป็นหลักสำหรับงานวิจัยในต่างประเทศ ได้มีการศึกษาการสร้างสื่อการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา เพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของทรงกลมท้องฟ้าจากการสังเกตการณ์บนโลก เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงดาว ศึกษาการเรียนรู้ การอธิบาย ดาราศาสตร์ นอกกรอบอ้างอิง การสำรวจหลักสูตรที่เรียน และการใช้ท้องฟ้าจำลองในการเรียนการสอน ศึกษากระบวนการสร้าง การเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของทรงกลมฟ้า การสำรวจเชิงเหตุผลของนักเรียนเกี่ยวกับ ฤดูกาล ศึกษาการเรียนรู้ด้านดาราศาสตร์ ที่เกี่ยวกับกระบวนการเกิดระบบสุริยะ กระบวนการการเกิด ดาวเคราะห์ในระดับเชิงลึก ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (J. D. Plummer, 2006; J. D. Plummer; & Maynard, 2014) ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ สภาพการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์ ปัญหาและความต้องการของครูผู้สอนดาราศาสตร์จากโรงเรียนมัธยมศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 32 โรงเรียน ผลการสำรวจ พบว่า ครูผู้สอนดาราศาสตร์ มีระดับของการปฏิบัติ หรือมีพฤติกรรมในการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์สำหรับนักเรียน ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนที่มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมาก 5 ลำดับแรก ได้แก่ การสร้างจินตนาการ ทรงกลมท้องฟ้าให้นักเรียนเข้าใจตามได้ การบอกพิกัดท้องฟ้าบนทรงกลมท้องฟ้า การอธิบายทรงกลมท้องฟ้าโดยใช้โมเดลให้นักเรียนเข้าใจ การใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แอนิเมชันในการประกอบการอธิบายทรงกลมท้องฟ้า และความเข้าใจข้อกำหนดในการจำแนกวัตถุท้องฟ้าว่า วัตถุใดเป็นดาวเคราะห์ สำหรับประเด็นที่ครูผู้สอนดาราศาสตร์มีระดับการปฏิบัติน้อย และไม่ได้ปฏิบัติ ได้แก่ การจัดกิจกรรมและอธิบายกฎของฮับเบิล การอธิบายความสัมพันธ์ของคลื่นไมโครเวฟที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเฉลี่ย การอธิบายค่าไรต์แอสเซนชัน (RA; α) และค่าเดคลิเนชัน (DEC; δ) บนทรงกลมท้องฟ้าแล้วนำมาใช้อธิบายกับท้องฟ้าจริง และการจุดประกายความคิดให้นักเรียนคิดสร้างสรรค์เครื่องมือ หรือพัฒนาอุปกรณ์ในการศึกษาวัตถุท้องฟ้า สำหรับปัญหาในการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์ของครูผู้สอนดาราศาสตร์นั้น พบว่า การขาดสื่อและอุปกรณ์ด้านดาราศาสตร์เป็นปัญหามากที่สุด และที่เป็นปัญหาอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับมาก ได้แก่ ความไม่มั่นใจในความรู้ด้านดาราศาสตร์ของตนเอง ส่วนด้านความต้องการในการอบรมด้านเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์ พบว่า ครูผู้สอนดาราศาสตร์

ศาสตร์มีความต้องการการอบรมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ การอบรมเชิงปฏิบัติการการใช้และสร้างสื่อการเรียนการสอนดาราศาสตร์โดยที่นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (Hands-On) และครูผู้สอนสามารถสร้างสื่อการเรียน การสอนดาราศาสตร์นั้นได้ด้วยตนเอง สำหรับประเด็นความต้องการความช่วยเหลือการสนับสนุน อย่างเร่งด่วนเพื่อการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์สำหรับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ครูผู้สอนส่วนใหญ่มีความต้องการด้านสื่อการเรียนรู้อาราศาสตร์และอุปกรณ์ทางดาราศาสตร์มากที่สุด

ส่วนสิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2556: 141-153) ได้ศึกษาสภาพปัญหาของการจัดการเรียนการสอน และระดับของความต้องการในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน การเตรียมการจัดการเรียนการสอน รูปแบบการจัดการเรียนการสอน การใช้สื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน รวมถึงวิธีการวัดและการประเมินผลการเรียนการสอน ปัญหาความเร่งด่วนที่ต้องการความช่วยเหลือ การเข้าถึง การรับรู้ และการใช้สื่อในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มแบบเจาะจง ผลการศึกษาพบว่า ครูแกนนำวิทยาศาสตร์ได้มีระดับการปฏิบัติเฉลี่ยทุกประเด็นอยู่ในระดับปานกลาง(3.24) ที่เกี่ยวกับการเตรียมการ การใช้สื่อการเรียนการสอน รูปแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดผลประเมินผลการจัดการเรียนการสอน และมีระดับของปัญหาในการจัดการเรียนการสอนทุกประเด็นเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (3.20) แต่มีระดับของความต้องการที่จะพัฒนา อยู่ในระดับมาก (3.45-4.18)ในทุกประเด็น ครูแกนนำมีการรับรู้ถึงสื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างหลากหลาย แต่สามารถที่จะเข้าถึงและเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนได้เพียงบางชนิด และมีครูแกนนำจำนวนหนึ่งเห็นว่าตนเอง มีความประสงค์ที่จะได้รับการพัฒนาด้านเนื้อหาความรู้เพิ่มเติม

จากปัญหาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนสาระดาราศาสตร์ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ทางดาราศาสตร์นักเรียน มีความตระหนักดีว่า ครูเป็นหัวใจสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาศักยภาพความสามารถของผู้เรียน และสามารถจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ให้ประสบผลสำเร็จตามเจตนารมณ์ของหลักสูตรได้ และจากการศึกษาสำรวจตรวจสอบ เกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์ พบว่า ประเด็นการระบุพิกัดหรือตำแหน่งของดาวและวัตถุท้องฟ้า นั้น ทั้งครูผู้สอนดาราศาสตร์และนักเรียนประสบปัญหาต่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ และขาดแคลนสื่อการเรียนรู้อาราศาสตร์อย่างมาก ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติขึ้น โดยที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดย

การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์

คำถามวิจัย

2.1 การใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีผลต่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

2.2 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการเรียนรู้แนวคิดดาราศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

3.1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

3.2 เพื่อศึกษาผลจากการใช้แบบจำลองระบบพิกัดวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ในด้าน

3.2.1 ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

3.2.2 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการเรียนรู้

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ จะทำให้ได้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ที่สามารถใช้ในการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองในเรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ และได้ต้นแบบของแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ที่ครูผู้สอนและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำไปจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถที่จะสร้างแบบจำลองนี้ได้ด้วยตนเอง

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 28 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า
2. ตัวแปรตาม : ผลการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้
 - 1) ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียน
 - 2) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบน ทรงกลมฟ้าในการเรียนรู้

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ อยู่ในหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ประกอบด้วยแนวคิดหลัก ดังนี้ ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบจำลองการระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (Coordinate Celestial Object on Celestial Sphere Model, CCM) หมายถึง แบบจำลองที่ผู้วิจัยพัฒนาและสร้างขึ้น ประกอบด้วยชิ้นส่วนโครงสร้างหลักแสดงพิกัดของวัตถุท้องฟ้า มุมทิศ มุมเงย ไรต์แอสเซนชัน เดคลิเนชัน ลูกโลกจำลอง ระนาบขอบฟ้า ระนาบศูนย์สูตรฟ้า ระนาบสุริยวิถี ขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ ที่สร้างจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology, 3DP) เพื่อใช้ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์
2. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดาราศาสตร์โดยใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อส่งเสริมความเข้าใจใน แนวคิดดาราศาสตร์ตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2546: 34-36), วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545: 41-43), ลอว์สัน (Lawson. 1995: 164-166) บายปี

(Bybee. 1997: 176) และสำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา(NSES) (National Research Council. 2000: 35) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ อยากรู้อยากเห็น และสนใจที่จะเรียนรู้ในหัวข้อใหม่ หรือเรื่องใหม่ที่คุณสอนนำเสนอ กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามหรือกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา และยังเป็น การตรวจสอบความรู้ประสบการณ์ต่างๆ ของผู้เรียน ทำให้ผู้สอนได้เรียนรู้แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะมีโอกาสได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ขั้นตอนนี้สืบเนื่องจากคำถามที่ผู้เรียนกำหนดขึ้นในขั้นแรก จากนั้นนำมาสู่การวางแผนและการออกแบบในการศึกษา แล้วดำเนินการทดลองสำรวจหรือศึกษาค้นคว้าเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน การคาดคะเนของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การสร้างแนวคิดหรือการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา ผู้สอนจะมีบทบาทในการชี้แนะประเด็นในการสังเกต

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา อธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบ หรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ หรือวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและบันทึกไว้ เพื่อนำมาสู่ข้อสรุปของแนวคิดในเรื่องนั้น ๆ

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นขยายแนวคิดที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้านี้รวมทั้งการเชื่อมโยงกับสิ่งรอบตัวของผู้เรียนเปรียบเสมือนการนำความรู้ไปใช้เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น

5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้สอนและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน และแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

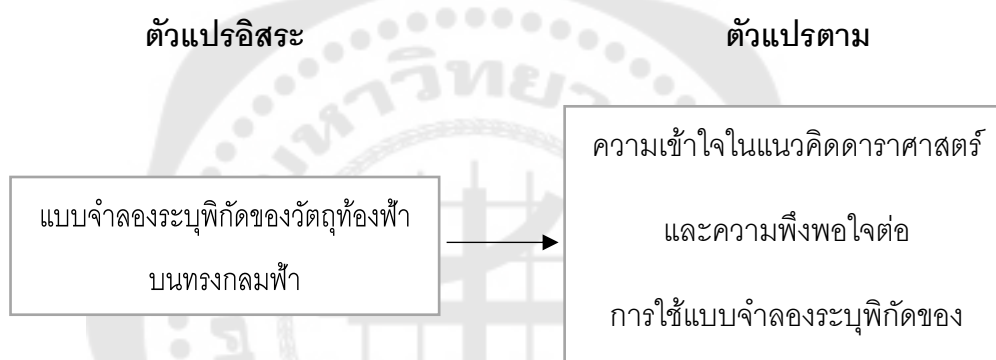
3. ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการระงับพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ในระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางขั้ว การตกของดวงอาทิตย์ จากการใช้แบบจำลองระงับพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยวัดจากคะแนนที่ได้จากการตอบคำถาม ในแบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และพิจารณาความเข้าใจของนักเรียน จากการใช้แบบจำลองระงับพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าโดยใช้การสังเกตและการสัมภาษณ์

4. ความพึงพอใจของนักเรียน หมายถึง ความรู้สึกชอบ พอใจและความสนใจของนักเรียน ที่มีต่อการใช้แบบจำลองระงับพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบวัด

ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการร่วมกิจกรรมฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ดาราศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา จังหวัดฉะเชิงเทรา การศึกษาแนวคิดทฤษฎีทางการศึกษาสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

1. แบบจำลองระบบพีคัตของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้ามีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก (3.51)
2. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบบพีคัตของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าหลังเรียน มีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองการระบบพีคัตของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.1 หลักการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.3 เป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
 - 1.4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพ.ศ.2560) สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
2. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.1 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.2 คุณลักษณะสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.3 ประเภทของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.4 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.5 บทบาทของผู้สอนและบทบาทผู้เรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.6 การประเมินผลการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.7 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
3. สื่อการสอน
 - 3.1 ความหมายของสื่อการสอน
 - 3.2 ประเภทของสื่อการสอน
 - 3.3 การนำสื่อการสอนไปใช้ในห้องเรียน
 - 3.4 การออกแบบสื่อการสอน
 - 3.5 การประเมินสื่อการสอน
 - 3.6 ประโยชน์ของสื่อการสอน

4. แบบจำลอง
 - 4.1 ความสำคัญของแบบจำลอง
 - 4.2 ความหมายของแบบจำลอง
 - 4.3 ลักษณะของแบบจำลองที่ดี
 - 4.4 เป้าหมายของการสร้างแบบจำลอง
 - 4.5 การสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง
 - 4.6 แบบจำลองระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า
5. ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์
 - 5.1 ความหมายของแนวคิด (concept)
 - 5.2 ความเข้าใจในแนวคิด (Conceptual Understanding)
 - 5.3 ความเข้าใจในแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Misconception)
 - 5.4 สาเหตุของความเข้าใจในแนวคิดที่คลาดเคลื่อน
 - 5.5 ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน
 - 5.6 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์
6. ความพึงพอใจ
 - 6.1 ความหมายของความพึงพอใจ
 - 6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ
 - 6.3 การประเมินผลความพึงพอใจ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545) ในมาตรา 22 กล่าวว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า นักเรียนมีความสำคัญที่สุด นักเรียนทุกคนมีศักยภาพมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตัวเองได้ กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองเต็มตามศักยภาพตามธรรมชาติ ในส่วนของการจัดการเรียนรู้ตาม มาตรา 24 นั้น ทั้งของครูและนักเรียนจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการเรียนการสอน โดยที่ครูผู้สอนต้องลดบทบาทของตนเองจากการเป็นผู้อธิบาย บอกเล่า สาธิต มาเป็นผู้สนับสนุน ที่วางแผนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ โดยกิจกรรมที่ได้จัดเตรียมนั้นจะต้องสามารถพัฒนากระบวนการคิด การวางแผน สามารถสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยการศึกษาค้นคว้าโดยใช้วิธีการและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล การจัดการกระทำข้อมูล การแก้ปัญหา การประเมินผลที่แสดงถึงพัฒนาการของผู้เรียน

การเชื่อมโยงการมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งองค์ความรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545)

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 หลักการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมีหลักการที่สำคัญ (กรมวิชาการ, 2551: 3) โดยสรุป กล่าวคือ เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยหลักสูตรการศึกษามีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ พัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ มีทักษะ มีเจตคติและคุณธรรมอันดีงามบนรากฐานของความเป็นไทยทุกคนมีความเป็นสากล เพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ ประชาชนทุกคนมีความเสมอภาคที่ได้รับโอกาสได้รับการศึกษาอย่างมีคุณภาพ มีการกระจายอำนาจให้สังคมมีส่วนร่วมจัดการศึกษา ให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น และบริบทของตนเอง สามารถกำหนดหลักสูตรให้มีความยืดหยุ่น ทั้งด้านสาระการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้และเวลา จัดเป็นหลักสูตรการศึกษาทุกกลุ่มเป้าหมาย ทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย สามารถเทียบโอนประสบการณ์และผลการเรียนรู้ได้

1.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี คนมีปัญญา อยู่อย่างมีความสุข มีศักยภาพความสามารถในการประกอบอาชีพหรือการศึกษาต่อได้ โดยกำหนดจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน (กรมวิชาการ, 2551, น. 3) กล่าวโดยสรุป คือ ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีคุณธรรมจริยธรรม มีค่านิยมที่พึงประสงค์ มีระเบียบวินัยเห็นคุณค่าของตนเอง และปฏิบัติตนโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และยึดหลักธรรมคำสอนตามหลักพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ มีองค์ความรู้ที่เป็นสากล มีทักษะความสามารถในการสื่อสาร ทักษะการคิด ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะชีวิตและการใช้เทคโนโลยี รักการออกกำลังกาย มีสุขนิสัย สุขภาพ สุขภาพจิตสุขภาพกายที่ดี มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก มีความรักชาติ ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย มุ่งทำประโยชน์ และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม มีจิตสาธารณะและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการให้รับผิดชอบการปรับปรุงหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ได้กำหนด

มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ไว้ตามรายละเอียดดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2560)

1.3 เป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้เพื่อผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสร้างหลักการและแนวคิดและความรู้ จากการสำรวจตรวจสอบ การสังเกต การทดลอง ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ กล่าวโดยสรุป คือ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ เข้าใจข้อจำกัดขอบเขตธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการศึกษาวิทยาศาสตร์ ให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและการคิดค้นทางเทคโนโลยี ตระหนักถึงความสัมพันธ์ อิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างมวลมนุษยกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสภาพแวดล้อม สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ความเข้าใจ ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต ใช้วิทยาศาสตร์ในการพัฒนากระบวนการคิดและสร้างจินตนาการ มีทักษะในการสื่อสาร ทักษะในการแก้ปัญหา และการจัดการ และความสามารถในการตัดสินใจ เป็นผู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรม จิตวิทยาศาสตร์ และค่านิยมที่สร้างสรรค์ต่อการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในส่วนเนื้อหาดาราศาสตร์สำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้ถูกกำหนดไว้ในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

1.4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้ดาราศาสตร์ ตามที่หลักสูตรได้กำหนดไว้ในมาตรฐาน ว 3.1 เพื่อให้เข้าใจ วิวัฒนาการของเอกภพ จากการศึกษากระบวนการเกิด องค์ประกอบ ลักษณะของ กาแล็กซี ระบบสุริยะ และดาวฤกษ์ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ ซึ่งกำหนดให้เป็นรายวิชาพื้นฐาน และได้จัดทำวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมสำหรับแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอต่อการศึกษาในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ มีการปรับปรุงเนื้อหาที่ทันสมัยกับนานาชาติ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเนื้อหาทั้งสาระฟิสิกส์ ชีววิทยา เคมี และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และ

จิตวิทยาศาสตร์ เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ สัตวแพทย์ ทันตแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ สถาปัตยกรรม วิศวกรรมศาสตร์ ฯลฯ รวมถึงการเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตรจริง

ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ดาราศาสตร์ในเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับ ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในเอกภพ โดยศึกษาการกำเนิด วิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ระบบสุริยะ ดาวฤกษ์ และดาวเคราะห์ที่เชื่อมต่อการดำรงชีวิต ศึกษาความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ เกี่ยวกับองค์ประกอบของทรงกลมฟ้า การระบุพิกัดหรือตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าในระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์กลางสูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ สถานศึกษาควรให้ความสำคัญในการจัดให้ผู้เรียนได้เรียนในสาระนี้ นอกจากจะทำให้ นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ไปเป็นพื้นฐานเพื่อที่จะเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นแล้ว ยังสามารถเป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในหลาย ๆ ด้าน อาทิ อากาศยานการบิน การเดินเรือ วิศวกร นักธรณีวิทยา นักดาราศาสตร์ นักบินอวกาศ นักวิจัย นักเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางด้านอวกาศ เป็นต้น หากมนุษย์มีความเข้าใจเกี่ยวกับโลกที่ตัวเองอาศัยอยู่ และการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่นอกโลก นอกจากช่วยพัฒนาตนเองแล้ว ยังสามารถนำองค์ความรู้ทางดาราศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

สำหรับการศึกษาวิชาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกดำเนินการวิจัยในสาระดาราศาสตร์เพิ่มเติม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเรื่อง ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับดาราศาสตร์ จากการศึกษาพิกัดหรือตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยมีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

ตาราง 1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. สร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้า สังเกตและเชื่อมโยงตำแหน่งและเส้นสำคัญบนแบบจำลองฟ้ากับทรงกลมท้องฟ้าจริง และอธิบายการระบุพิกัดหรือตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า ในระบบพิกัดขอบฟ้า	• ทรงกลมฟ้า เป็นทรงกลมขนาดใหญ่ที่สมมติขึ้น มีรัศมีอนันต์ จุดศูนย์กลางของทรงกลมฟ้าคือจุดศูนย์กลางของโลก มีดาวและวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ปรากฏอยู่บนผิวของทรงกลมฟ้านี้ ระบบพิกัดที่สำคัญที่ใช้ในการระบุพิกัดของดาวและวัตถุท้องฟ้าต่างๆ

ตาราง 1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
และระบบพิกัดศูนย์สูตร	ได้แก่ - ระบบพิกัดขอบฟ้า เป็นระบบที่ใช้ทิศเหนือและเส้นขอบฟ้าและตำแหน่งผู้สังเกตบนโลกเป็นจุดอ้างอิง โดยการระบุพิกัดหรือตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าเป็นค่ามุมทิศและค่ามุมเงย - ระบบพิกัดศูนย์สูตร เป็นระบบที่ใช้เส้นศูนย์สูตรฟ้าและจุดวสันตวิษุวัตเป็นจุดอ้างอิง ระบุพิกัดหรือตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าเป็นค่าไรต์แอสเซนชัน และ ค่าเดคลิเนชัน
2. สังเกตท้องฟ้าและอธิบายตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์	• ปรากฏการณ์การขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ในรอบวัน เกิดจากโลกหมุนรอบตัวเองจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก การสังเกตเห็นตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตาม วัน เวลาและตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต และสำหรับเส้นทางการขึ้นการตกปรากฏของดาวฤกษ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามละติจูดของผู้สังเกต

จากการศึกษาหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) และหนังสือกิจกรรมสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) สามารถแบ่งเนื้อหาสาระ เรื่อง ความหมายของทรงกลมฟ้า ความสัมพันธ์ของทรงกลมฟ้ากับโลก ความหมายของเส้นและจุดอ้างอิงบนทรงกลมฟ้า การระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ตามระบบพิกัดขอบฟ้า และระบบพิกัดศูนย์สูตรฟ้า ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดวงดาว เวลาสุริยคติปรากฏ เวลาสุริยคติปานกลางและการเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การใช้ประโยชน์จากข้อมูลเวลามาตรฐาน ตำแหน่งในวงโคจรและตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์วงใน ดาวเคราะห์วงนอก ปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับดาวเคราะห์

2. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

นักวิชาการศึกษาเรียก การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ในคำที่แตกต่างกันไป เช่น การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบสอบถาม การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบสืบสอบ การสอนแบบสืบเสาะ การสอนแบบสืบค้น เป็นต้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

ซันด์และทรอบริดจ์ (Sun and Trowbridge, 1973, pp. 62-63) ได้กล่าวโดยสรุปว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนสร้างแนวคิดด้วยตนเองและได้พัฒนาความสามารถด้านต่าง ๆ เช่น ทักษะทางสังคม ความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีอิสระในการคิดได้ทดลองและค้นพบด้วยตนเอง

กู๊ด (Good, 1973, p. 33) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นเทคนิคหรือกลวิธีเฉพาะ ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับเนื้อหาความรู้บางหัวข้อในวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้การแก้ปัญหา (Problem-Solving) ในกิจกรรมการเรียนการสอนที่เกิดขึ้น โดยการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนจากการใช้คำถาม ให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบโดยการสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง

ซิมป์สันและแอนเดอร์สัน (Simpson and Anderson, 1981, p. 177) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ให้บรรลุตามเป้าหมาย

คาริน (Carin, 1993, p. 86) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากการพบปัญหา จากนั้นจะมีการตั้งสมมติฐานหรือคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ ทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น นำข้อสรุปที่ได้มาประยุกต์สร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ให้ความสำคัญที่กระบวนการ (Process) มากกว่าผลผลิต (Product)

แมททิว (Matthews, 1994, p. 146) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการที่หลากหลายในการแสวงหาความรู้ เช่น การสำรวจตรวจสอบ การอภิปราย การโต้แย้งหรือการบรรยาย ครูทำหน้าที่เสนอประเด็นที่จะศึกษา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้

สร้างความหมายและพัฒนาแนวคิด โดยใช้กิจกรรมการทดลอง การสะท้อนความคิดเห็น และการประเมินผล

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530, p. 122) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่ให้นักเรียนได้ค้นหาความรู้ หรือค้นหาความจริงทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจะกระตุ้นให้นักเรียนได้วางแผนจากสร้างสถานการณ์ปัญหา และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กำหนดวิธีการค้นหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

ภพ เลหาไพบูลย์ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ และมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ สร้างความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ ปรับเปลี่ยนแนวความคิดมาเป็นผู้แสวงหาความรู้แทนที่จะเป็นเพียงผู้รับความรู้ มีการอำนวยความสะดวกโดยครู

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างองค์ความรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวเอง ให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายโดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

ไสว พักขาว (ไสว พักขาว, 2544) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการสอนที่เน้นการแสวงหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหา โดยการใช้คำถามเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ครูผู้สอนจะเป็นผู้ที่แนะให้ผู้เรียนได้ร่วมคิดแสดงความคิดเห็น ค้นคว้าและสรุปความรู้ด้วยตนเอง

ทิตนา เขมมณี (ทิตนา เขมมณี, 2545) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ กล่าวโดยย่อ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยโดยครูผู้สอนใช้คำถามให้นักเรียนเกิดความคิดที่จะลงมือปฏิบัติแสวงหาความรู้ เพื่อหาคำตอบ ข้อสรุป ด้วยตนเอง ครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2546, p. 34) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ผสมผสานระหว่างการใช้กระบวนการคิดและทักษะต่าง ๆ เพื่อที่จะแก้ปัญหาและคำตอบ ทำให้เกิดความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

จากความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้ได้ค้นพบความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยความหมายด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้และความเข้าใจของตน เกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ โดยกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ต่าง ๆ จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม ค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ได้ออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือการทดลอง ใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล เพื่ออธิบายตอบคำถาม การทำนายและการนำเสนอผลงาน การสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเป็นผู้อำนวยความสะดวก พร้อมทั้งจัดเตรียมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

2.2 คุณลักษณะสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการหรือแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสร้างหรือได้รับองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วย (Facilitator) เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักว่า “เราได้องค์ความรู้ต่างๆ มาได้อย่างไร หรือ How “we know what we know” มากกว่าแค่รู้ว่า “เรารู้องค์ความรู้อะไรหรือ we know what we know” ดังนั้น กิจกรรมที่จัดได้ว่าเป็นการสืบเสาะหาความรู้จะมีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ ดังต่อไปนี้ (Bybee, 1997) (NRC., 2000); (กมลวรรณ กัญญาประสิทธิ์, 2558) มีลักษณะสำคัญที่สามารถอธิบายได้ ดังนี้

1. กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นคำถามที่ถามเกี่ยวกับ วัสดุ สิ่งของ สิ่งมีชีวิตและเหตุการณ์ในธรรมชาติรอบๆ ตัว ผู้เรียนตั้งคำถาม ผู้เรียนจะตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ก็ต่อเมื่อเกิดการสังเกต เกิดปัญหา หรือข้อสงสัยต่างๆ ขึ้นในตนเอง การถามคำถามจะนำไปสู่การสำรวจการตรวจสอบ การเก็บรวบรวมและการใช้ข้อมูล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว นักวิทยาศาสตร์มักจะใช้คำถามสองลักษณะ คือ “ทำไม” และ “อย่างไร” ผู้เรียนส่วนใหญ่มักจะถามใช้คำถาม “ทำไม” คำถามนี้สามารถเปลี่ยนไปเป็นคำถาม “อย่างไร” ได้ ซึ่งจะไปสู่กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพราะคำถาม “อย่างไร” เป็นคำถามที่ทำให้กรอบแนวคิดมีความชัดเจนมากขึ้น แม้ว่าผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะและฝึกกระบวนการการสร้างคำถาม แต่จะพบได้ว่า ในสถานการณ์จริงอาจจะไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกเรื่องในช่วงเวลานั้น ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะข้อจำกัดของความรู้ วัสดุ

อุปกรณ์ต่างๆ ที่จะมาช่วยในการตอบคำถามที่สงสัย ดังนั้น ผู้สอนควรจะเป็นผู้ช่วย เป็นผู้แนะนำ ให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิด หรือปรับข้อคำถามให้เป็นคำถามที่สามารถสำรวจตรวจสอบ (Testable question) หรือสามารถตั้งสมมติฐานที่ตรวจสอบได้ ผ่านกระบวนการทำงานทาง วิทยาศาสตร์

2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น เพราะวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เป็นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น จากคำถามที่ตั้งขึ้น ผู้เรียนจะทำการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการต่างๆ เช่น จากการสำรวจ ตรวจสอบ หรือจากการทดลอง ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยความละเอียดถูกต้องและ แม่นยำด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจะให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำ ผู้เรียน ควรได้รับการฝึกฝนทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ประเมินถึงข้อดีและข้อด้อยของ เครื่องมือแต่ละชนิดเสียก่อน เพื่อจะได้เลือกใช้ได้ถูกต้องเหมาะสมด้วยความชำนาญ ดังนั้น ครูจึง ควรให้ความสำคัญกับการฝึกทักษะการปฏิบัติการเบื้องต้นก่อนการใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้

3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี เมื่อผู้เรียนได้เก็บข้อมูล ต่างๆ ด้วยความละเอียดแล้ว ข้อมูลดิบที่ได้มาจะถูกนำมาวิเคราะห์และใช้เป็นหลักฐานในการใช้ สร้างคำอธิบาย การอธิบายจะบอกให้ทราบถึงเหตุที่เกิดขึ้นและผลที่เกิดจากเหตุ และแสดง ความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานที่ได้จากการสังเกต การทดลองและ การโต้แย้งที่มีเหตุผล ดังนั้น ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่ เหมาะสมอย่างซื่อสัตย์ และสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาที่ตั้งไว้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้สร้าง ความรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้เดิมของตนเอง

4. ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อผู้เรียนได้ หลักฐานสามารถสร้างคำอธิบาย และใช้กระบวนการสังเคราะห์ออกมาเป็นคำอธิบายของตนเอง แล้ว ผู้เรียนควรประเมินเกี่ยวกับการอธิบายของตนเอง และทำการสืบค้นเพื่อศึกษาเพิ่มเติมว่า จากองค์ความรู้ที่ผู้เรียนได้นั้น มีความสอดคล้องหรือแตกต่างจากองค์ความรู้ เช่น หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่มีอยู่ในปัจจุบันอย่างไร

5. ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล การที่ผู้เรียนได้สร้างองค์ ความรู้จากการลงมือปฏิบัติและสืบเสาะด้วยตนเอง ความรู้ใหม่ที่ได้(ในที่นี้อาจไม่ใช่ความรู้ใหม่ ทั่วไปแต่เป็นความรู้ใหม่ของผู้เรียน) จะช่วยให้ผู้เรียนได้รู้สึกเห็นคุณค่าของการทำงาน ดังเช่น นัก วิทยาศาสตร์ ซึ่งการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะไม่สิ้นสุดลงที่การได้ผลการทดลอง แต่

นักวิทยาศาสตร์จะนำเอาองค์ความรู้ที่ได้มาใช้สื่อสารต่อประชาคมโลก ดังนั้น การสื่อสารจึงเป็นอีกคุณลักษณะหนึ่งที่สำคัญ กล่าวคือ การเปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันนั้น เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกการให้และรับข้อเสนอแนะจากผู้อื่น ซึ่งเป็นการช่วยเติมเต็มความรู้ในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนเรียนรู้ที่จะรับฟังความคิดเห็น ข้อวิพากษ์และวิจารณ์จากผู้อื่นได้ด้วย

นอกจากคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ ตามที่กล่าวมาแล้ว นักการศึกษา หลายท่าน ได้พยายามแยกให้เห็นความชัดเจนว่า ก่อนการสำรวจตรวจสอบ ควรจะต้องมีการวางแผน หรือรวบรวมข้อมูลในการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่เจอ เพื่อเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่ (Khan, 2007 ; Martin-Hansen. 2002; Crawford, 2000; Khalick et al. 2004; Juana et al. 2011) ทำให้คุณลักษณะของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 6 ลักษณะ ดังนี้

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์
2. ผู้เรียนวางแผนการสำรวจตรวจสอบด้วยข้อมูลที่มีอยู่
3. ผู้เรียนสำรวจตรวจสอบหาหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
4. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานในการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามที่เกิดขึ้น
5. ผู้เรียนประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบาย ไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
6. ผู้เรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2543) ได้ระบุคุณลักษณะสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นผู้แสวงหา ค้นพบ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า คือ การฟัง การดู การอ่าน การเขียน และการปฏิบัติ
2. ความเข้าใจในบทเรียนปัจจุบันจะทำให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ผู้เรียนอาจมีประสบการณ์และความรู้ความเข้าใจเดิมของผู้เรียน จะช่วยส่งเสริมหรืออาจจะเป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการเรียนรู้ใหม่ ดังนั้น ผู้สอนต้องจัดกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถสร้างความเข้าใจบทเรียนสร้างประสบการณ์แก่ตนเอง

3. การเรียนรู้จะเกิดได้สะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม หมายถึง ผู้เรียนต้องร่วมมือกันคิด ปฏิบัติและสื่อสารซึ่งกันและกัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องอาศัย กระบวนการกลุ่มหรือ การเรียนแบบร่วมมือ

4. การเรียนรู้ที่มีความหมาย หมายถึง จะต้องดำเนินการภายใต้การปฏิบัติใน สภาพจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด การจัดการเรียนการสอนภายใต้สภาพจริงหรือ ใกล้เคียง จะส่งผลทำให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจอย่างแท้จริงมากกว่าความรู้ที่ เกิดจากความจำ นั่นคือ ต้องให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการเป็นเรื่องที่ควรส่งเสริม และต้องฝึกฝน ให้ผู้เรียนมีทักษะทางสติปัญญาหรือทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต

2.3 ประเภทของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

คารินและซันด์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544: 58-59 อ้างอิงจาก Carin & Sun, 1970) ได้แบ่งประเภทของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยพิจารณาบทบาทของครูและบทบาทของ นักเรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

แบบที่ 1 การค้นพบแบบนำทาง (Guided discovery) เป็นวิธีการสืบเสาะหา ความรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและกิจกรรม โดยที่ครูและผู้เรียนต่างก็มีบทบาทเท่าเทียม กัน ครูเป็นผู้เตรียมวิธีการปฏิบัติการทดลอง กำหนดปัญหา วางแผนการทดลองและการเก็บ รวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือไว้ให้เรียบร้อย นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลอง ทำ กิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการสืบเสาะหาความรู้โดยมีคำแนะนำ มีขั้นตอนใน การปฏิบัติการ หรือมีกิจกรรมที่จัดเตรียมไว้แล้ว ซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้ คือ

- 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ครูตั้งปัญหาแล้วนำการอภิปราย
- 2) ขั้นอภิปรายก่อนจะลงมือทำกิจกรรมหรือทำการทดลอง อาจมีการตั้ง

สมมติฐาน หากมีการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทดลอง ครูต้องอธิบาย หรือให้คำแนะนำก่อนว่ามีวิธีการใช้อย่างไร ปฏิบัติอย่างไรจึงจะไม่เป็นอันตราย และมีข้อต้อง ระวังอะไรบ้าง

- 3) ขั้นการทดลองเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้เรียนจะเป็นผู้ลงมือ ปฏิบัติการทดลองและบันทึกผลการทดลองด้วยตัวเอง

4) ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นตอนของการสรุปผลจากการ ทดลองแล้วนำเสนอข้อมูล โดยที่ครูเป็นผู้นำการอภิปรายโดยการชี้คำถาม เพื่อให้นักเรียนสามารถลงข้อสรุป เพื่อให้ได้แนวคิดหรือหลักการที่สำคัญของบทเรียน

แบบที่ 2 การค้นพบแบบกึ่งนำ (Less guided discovery) การสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ ครูมีบทบาทลดลงและเพิ่มบทบาทของผู้เรียนให้มากขึ้น โดยที่ครูจะเป็นผู้วางแผน กำหนดปัญหาเอง แต่ให้ผู้เรียนเป็นผู้คิดหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มต้นจากการตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ลงมือทดลอง แล้วสรุปผลการทดลอง โดยที่ครูเป็นผู้คอย อำนวยความสะดวก หรืออาจเรียกว่าเป็น วิธีการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory) ซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้ คือ

- 1) ระบุปัญหาหรือเสนอปัญหา อาจจะทำโดยการใช้คำถาม การใช้สถานการณ์จริง การสร้างสถานการณ์ การสาธิต การใช้ภาพปริศนา หรือการใช้ภาพยนตร์
- 2) ผู้เรียนวางแผนแก้ปัญหาครุ่นแนวทางการหาคำตอบ
- 3) ผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้
- 4) ผู้เรียนรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยที่ครูจะต้องร่วมกันอภิปราย และตรวจสอบว่าผู้เรียนได้ความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์

แบบที่ 3 การค้นพบแบบอิสระ (Free discovery) การสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้วางแผน ผู้เรียนจะเป็นผู้ที่มีบทบาทมากที่สุด ครูลดบทบาทของตนเองให้เหลือน้อยที่สุดหรืออาจจะไม่มีบทบาทเลย เป็นเพียงผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาด้วยตนเองเท่านั้น ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง ลงมือดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเอง และต้องสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนจะมีอิสระในการศึกษาตามความสนใจอย่างเต็มที่

การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นที่การสืบเสาะหาความรู้นี้มีหลายระดับ จากที่เน้นครูเป็นสำคัญไปจนถึงเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และแต่ละระดับมีความต่อเนื่องกัน ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2545) ได้เสนอแนะไว้ รายละเอียดดังตาราง

ตาราง 2 ระดับของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ของ สสวท

การสืบเสาะหาความรู้แบบ ครูเป็นผู้กำหนดแนวทาง (Structured Inquiry)		การสืบเสาะหาความรู้แบบทั้ง ครูและผู้เรียนเป็นผู้กำหนด แนวทาง (Guided Inquiry)		การสืบเสาะหาความรู้แบบ ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแนวทาง (Open Inquiry)
ผู้เรียนทำกิจกรรมที่ครู กำหนด	↔	ผู้เรียนพัฒนาวิธีดำเนินการ สำรวจตรวจสอบจากคำถามที่ ครูตั้งขึ้น	↔	ผู้เรียนตั้งคำถามในหัวข้อที่ ครูเลือกพร้อมทั้งออกแบบ การสำรวจตรวจสอบด้วย ตนเอง

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545)

การสืบเสาะหาความรู้แบบครูเป็นผู้กำหนดแนวทาง (Structured Inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ ครูจะเป็นผู้เริ่มตั้งคำถามและนำเสนอวิธีการให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบ ครูชี้แนะผู้เรียนทุกขั้นตอน โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจจะใช้ได้เหมาะสมกับเนื้อหาบางเรื่อง โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการตอบคำถามตามที่ต้องใช้เครื่องมือทดลองพิเศษมาตรฐานการเรียนรู้ เช่น การทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าพืชสูญเสียน้ำโดยผ่านทางใบหรือไม่ มีปัจจัยอะไรบ้างที่จำเป็นต่อการเผาไหม้ อะไรคือความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเคลื่อนที่ เป็นต้น ซึ่งประโยชน์ในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีนี้ จะทำให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับวิธีการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำไปสู่การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากผู้เรียนจะได้รับการฝึกฝนเทคนิคบางอย่าง เช่น การทดสอบค่า pH หรือคำนวณหาค่าความหนาแน่น ซึ่งครูสามารถทราบล่วงหน้าถึงคำถามที่ผู้เรียนจะตั้งขึ้นเพื่อหาคำตอบ จึงทำให้ครูมีความพร้อมในสิ่งที่จะต้องอภิปรายร่วมกัน การสืบเสาะหาความรู้แบบครูเป็นผู้กำหนดแนวทางอาจไม่ได้ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทั้งหมด หรือไม่ได้พัฒนาทักษะและการคิดวิจารณ์ญาณขั้นสูงเหมือนอย่างสองรูปแบบถัดไป

การสืบเสาะหาความรู้แบบทั้งครูและผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแนวทาง (Guided Inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ ครูยังเป็นผู้ตั้งคำถามและจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจทดลองให้กับผู้เรียน ผู้เรียนจะเป็นผู้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง หัวข้อเรื่องตามมาตรฐานการเรียนรู้หลายหัวข้อ สามารถใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ คำถามที่ครูอาจใช้ถามผู้เรียน เช่น จะเกิดอะไรขึ้นกับบอลลูกถ้าลอยจากบริเวณที่มีอากาศร้อนไปสู่บริเวณที่มีอากาศเย็น พืชโดยทั่วไปมีโครงสร้างอะไรที่เหมือนกัน จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อวัตถุที่มีมวลต่างกันลงในน้ำ เป็นต้น การสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ต้องการให้ผู้เรียนได้คุ้นเคยกับขั้นตอนหลักของการสืบเสาะหาความรู้ และครูต้องความรับผิดชอบในการเตรียมการประเมินนักเรียน

การสืบเสาะหาความรู้แบบผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแนวทาง (Open Inquiry)

การสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ ครูเป็นผู้เตรียมจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจทดลองให้กับผู้เรียน แต่ผู้เรียนจะเป็นผู้ตั้งคำถาม และออกแบบการสำรวจทดลองด้วยตนเอง ดังเช่นตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่ครูจัดหาให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนตั้งคำถามปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์ที่จัดให้ เช่น เทียนไข ไม้ขีดไฟ แผ่นกั้นแสงที่แสงผ่านได้ต่างกัน สิ่งของต่าง ๆ หลายชนิดที่อาจจมหรือลอยน้ำ ของแข็ง ปีกเกอร์น้ำและแท่งแก้วคน ถูที่มีก้อนหินขนาดต่าง ๆ 1 ถู เป็นต้น เนื่องจากผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลองตามคำถามที่ตั้งขึ้นเอง จึงเป็นการยากที่จะใช้วิธีการนี้กับทุกหัวข้อเรื่องตามมาตรฐานการเรียนรู้ สิ่งสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้แบบนี้ คือ การที่ผู้เรียนเลือกหัวข้อเรื่องหลังจากการตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดมาให้ เพื่อให้ประสบความสำเร็จกับการสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีนี้ ครูควรสามารถวางแผนการประเมินอย่างรอบคอบ สร้างกฎระเบียบข้อปฏิบัติในการทำงานร่วมกันของผู้เรียน และการใช้วัสดุอุปกรณ์ การทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้คำแนะนำกับผู้เรียนที่ยังสับสนเกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้โดยวิธีนี้ เตรียมคำถามหลังจากการทำกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงกับมาตรฐานในการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้แบบผู้เรียนเป็นผู้กำหนดแนวทางนี้ อาจทำให้ครูต้องเผชิญปัญหาเฉพาะหน้ามากขึ้นกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้แบบครูเป็นผู้กำหนดแนวทาง แต่ถ้าใช้หัวข้อที่เหมาะสมและมีการเตรียมบทเรียนอย่างรอบคอบ วิธีนี้สามารถทำให้ทั้งผู้เรียนและครูตื่นตัว และยังเป็นโอกาสให้ผู้เรียนในการพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558) ได้กล่าวว่า การจัดประเภทของการสืบเสาะหาความรู้โดยทั่วไปจะพิจารณาได้จากระดับของการมีส่วนร่วมและบทบาทของผู้สอน ระดับของความท้าทายและบทบาทผู้เรียนต่อการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสามารถจัดได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. Structure Inquiry บทบาทของผู้สอนอยู่ในระดับสูง โดยที่ผู้เรียนจะได้รับคำแนะนำการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง ตลอดทุกขั้นตอนจากครูผู้สอน โดยที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้แนวคิดและกำหนดขั้นตอนวิธีการในการสำรวจทดลอง โดยบทบาทของผู้เรียนจะมีเพียงการหาคำตอบตามแนวทางที่ครูกำหนด ซึ่งการสืบเสาะประเภท Structure inquiry นี้จะเหมาะกับผู้เรียนที่ยังมีประสบการณ์ในการสืบเสาะหาความรู้ในระดับเริ่มต้น หรือห้องเรียนขนาดใหญ่

2. Guided Inquiry ผู้สอนจะลดระดับบทบาทการมีส่วนร่วมลง ให้ผู้เรียนมีบทบาทเพิ่มขึ้นในการเรียนรู้ ครูก็ยังเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้ แต่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการและดำเนินการสำรวจทดลองด้วยตนเอง

3. Collaborative Inquiry ทั้งผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาทร่วมกันทุกขั้นตอนในการสืบเสาะความรู้ใหม่ กลุ่มผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการสืบเสาะมากขึ้นควรใช้วิธีการนี้

4. Open Inquiry ผู้เรียนสร้างคำถามด้วยตนเอง ออกแบบวิธีการและนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง โดยผู้สอนมีบทบาทเพียงการให้คำปรึกษาและจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์เท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนในระดับสูง

การสืบเสาะหาความรู้ทั้ง 4 ประเภทนี้ ไม่อาจกล่าวได้ว่าประเภทใดเป็นประเภทที่ดีที่สุด เพราะแต่ละประเภทก็มีข้อดีแตกต่างกันออกไป ดังนั้น ผู้สอนจะต้องพิจารณาจากความพร้อมและความสามารถของผู้เรียนให้เหมาะสม วัสดุอุปกรณ์ ทรัพยากร และบริบทที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละกลุ่มผู้เรียน แต่สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การที่ผู้สอนจะต้องปรับกรอบความคิดของตนเองให้ได้เสียก่อน และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบไปด้วยคุณลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ก็จะเป็นการช่วยให้ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้มีศักยภาพความสามารถทางวิทยาศาสตร์เสมือนการทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดความรู้ ทักษะและเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ต่อไป

นอกจากนี้ เทเลอร์ และคณะ (Taylor, Barker, & Jones, 2003) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะจะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ถ้าจัดกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ 4 ข้อ ต่อไปนี้

1) ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองที่มีอยู่ในสมองก่อนเรียน และให้นักเรียนร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์แบบจำลองเหล่านี้ซ้ำ ๆ เมื่อได้รับข้อมูลเพิ่มเติม จนแบบจำลองเหล่านี้อธิบายข้อมูลได้ถูกต้อง สอดคล้องกับ เฮสเซ (Hesse, 2000) ที่กล่าวว่า ผู้ที่วิพากษ์วิจารณ์แบบจำลองควรเป็นบทบาทของนักเรียน และควรให้นักเรียนได้รับรู้ถึงแบบจำลองในสมองของ

เพื่อนๆ ที่เสนอนำออกมา และครูควรแนะนำถึงวิธีการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนักเรียนเอง

2) เชิญชวนให้นักเรียนเลือกแบบจำลองที่สามารถอธิบายและประยุกต์ใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ สูงที่สุด การนำแบบจำลองไปอธิบายและทำนายผลการสังเกต จะช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจแบบจำลองในสมองของตนเอง

3) ส่งเสริมให้นักเรียนประเมินผลและมีการแลกเปลี่ยนการค้นพบกับเพื่อน ๆ โดยเปิดโอกาสให้มีการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน มีการตอบคำถามของเพื่อน ๆ และให้เหตุผลสนับสนุนแบบจำลองของตนเอง

4) วิเคราะห์การตีความในประเด็นการนำเสนอแบบจำลองในมุมมองของนักเรียน และเปรียบเทียบกับมุมมองของนักเรียนคนอื่น ๆ กับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลอง นั้นหมายความว่า แบบจำลองในสมองแสดงได้หลายวิธีที่สามารถสร้างและทดสอบได้

กล่าวโดยสรุปแล้ว การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่พิจารณาจากบทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ในการจำแนก สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ครูมีบทบาทสำคัญ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน และการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญ

2.4 รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ วัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนได้ฝึกประสบการณ์การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ มีทักษะและเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง (กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์, 2558) นักการศึกษาได้ใช้ความหมายและคุณลักษณะที่สำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แต่ละประเภท มาพัฒนาเป็นรูปแบบการสอน ที่มีลำดับขั้นตอนแตกต่างกัน ดังนี้

ซุกแมน (Suchman, 1966, pp. 90-113) ได้แบ่งขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ โดยให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้น อาจจะเป็นการใช้คำถาม การทดลองหรือให้นักเรียนทำกิจกรรม เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากที่จะสืบเสาะหาความรู้

2) ขั้นสืบเสาะค้นหา ขั้นนี้อาจใช้รูปแบบของตั้งคำถามและการคำตอบติดต่อกันไป หรือทำการทดลองตรวจสอบใหม่ ศึกษาข้อมูลใหม่ หรือใช้วิธีการต่าง ๆ ผสมผสานเข้าด้วยกัน

3) **ขั้นการสร้างแนวคิดรวบยอดขั้นใหม่** จากการสรุปความคิดที่คิดค้นพบใหม่ ซึ่งเป็นสร้างองค์ความรู้ที่ได้จากการค้นพบของตนเอง

ผดุงยศ ดวงมาลา (2530, pp. 124-125) ได้นำเสนอการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและการตั้งสมมติฐาน** (Orientation and Hypothesis) เริ่มต้นที่ครูต้องเป็นผู้จัดกิจกรรม สร้างสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่ทำให้เกิดปัญหา เกิดข้อข้องใจ (Conceptual Conflicts) ขึ้นในตัวผู้เรียน ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะสืบเสาะต่อไปว่าปัญหา หรือข้อข้องใจนั้นคืออะไร และจะสามารถอธิบายได้ว่าอย่างไร ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ทักษะการสังเกตเพื่อคิดพิจารณาถึงสภาพของปัญหาที่แท้จริง แล้วฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการคาดคะเนคำตอบของปัญหาล่วงหน้าหรือฝึกการตั้งสมมติฐานนั่นเอง

2) **ขั้นปฏิบัติการ** การสำรวจค้นคว้า (Exploration) เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผู้เรียนจะต้องหาข้อมูล ค้นหาเหตุผล ด้วยวิธีการที่หลากหลาย อาจรวมถึงการสอบถามจากผู้สอนด้วย ครูต้องอดทนที่ไม่ตอบคำถามหรือบรรยายให้นักเรียนฟังทันที หากจำเป็นต้องตอบคำถามโดยไม่มีทางเลือกเลย ให้ครูใช้วิธีการถามคำถามกลับ เพื่อให้ผู้เรียนได้สตุดคิดแล้วหาเหตุผลหรือคำตอบด้วยตนเองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3) **ขั้นอภิปรายและสรุปผล** (Discussion and Conclusion) เมื่อรวบรวมข้อมูลจากการทำปฏิบัติการหรือการสำรวจค้นคว้าแล้ว ครูต้องเปิดโอกาสในการร่วมกันอภิปรายถึงผลที่จากการค้นคว้าของผู้เรียน ให้ผู้เรียนพยายามเชื่อมโยงข้อสรุปที่ได้ว่าสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่ามากน้อยเพียงใด หากสอดคล้องเป็นจริงตามสมมติฐานก็สามารถที่จะสรุปเป็นหลักการ หรือแนวคิดต่อไป ทั้งนี้สมมติฐานต้องได้รับการพิสูจน์อย่างเพียงพอ

4) **ขั้นการนำไปใช้** (Application) จากข้อสรุปที่ได้ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของหลักการหรือแนวคิดนั้น ครูควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีการเชื่อมโยงว่าสิ่งที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้ นั้นสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไรบ้าง หรือนำไปผสมผสานเชื่อมโยงเข้ากับองค์ความรู้อื่น ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้อย่างไร

สุวัฒน์ นิยมคำ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ครูกำหนดปัญหา
- 2) เสนอแนะวิธีเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3) ให้ผู้เรียนเก็บรวบรวมข้อมูล

4) เมื่อรวบรวมข้อมูลเสร็จแล้ว ผู้เรียนจัดกระทำข้อมูล โดยใช้ตารางหรือกราฟ ตามที่ครูบอก

5) ตั้งคำถามที่ต้องการไว้ แล้วให้ผู้เรียนตอบโดยใช้ข้อมูลเบื้องต้น

6) ให้ผู้เรียนสรุปคำตอบของปัญหา แล้วอภิปรายหน้าชั้นเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2546, น. 34-36) ได้เสนอการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ตามวัฏจักรการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ วัฒนาพร ระวังทุกข์ (วัฒนาพร ระวังทุกข์, 2545) ลอว์สัน (Lawson, 1995, p. 164-166) บายบี (Bybee, 1997) และสำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (NSES) (National Research Council, 2000, p. 35) ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูอาจเริ่มต้นจากเรื่องที่น่าสนใจ เราใจ ที่อาจจะมาจากความสนใจของนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม จากปรากฏการณ์ เหตุการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น สามารถเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน กระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนตั้งคำถาม ระบุประเด็นที่สนใจ ครูอาจใช้สื่อการเรียนการสอน มากระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในกรณี que ผู้เรียนยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ แต่ครูต้องไม่เป็นผู้กำหนดประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจให้ผู้เรียนยอมรับเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและผู้เรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาแล้ว ให้ร่วมกันแจกแจงรายละเอียด พร้อมทั้งกำหนดขอบเขตของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และเพื่อให้เกิดความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น อาจจำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูลความรู้จากแหล่งต่าง ๆ เพิ่มเติม กำหนดแนวทางที่หลากหลายร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ ขั้นสร้างความสนใจนี้ยังเป็นการตรวจสอบความรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ ของผู้เรียน ทำให้ครูผู้สอนได้ทราบถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนด้วย

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในคำถามหรือประเด็นที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว มีให้คาดคะเนคำตอบของคำถามล่วงหน้าโดยการตั้งสมมติฐาน แล้ววางแผนกำหนดวิธีการหรือกระบวนการในการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งเป็นทางเลือกที่มีโอกาสเป็นไปได้ จากนั้นก็ลงมือดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ ซึ่งอาจทำได้หลากหลายวิธี อาทิเช่น โดย การทำปฏิบัติการทดลอง การเก็บข้อมูลภาคสนาม การสืบค้นจากเอกสารอ้างอิง การจำลองสถานการณ์ (Simulation) จากคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

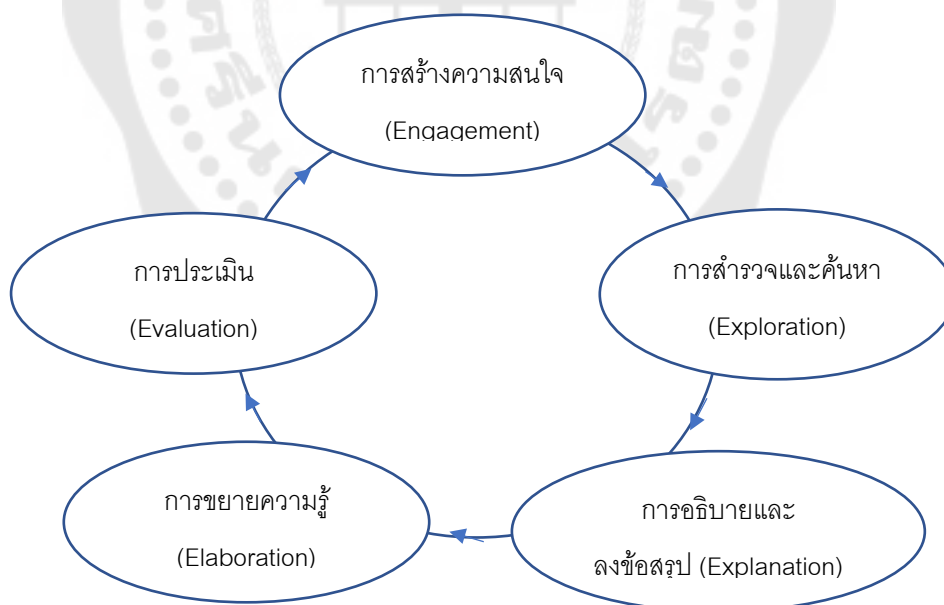
3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลหรือข้อสังเกตที่ได้มาจากการสำรวจและค้นหา นำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์แปลผล แล้วลงข้อสรุป และ

นำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สร้างตาราง แผนภาพ กราฟ สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รูปวาด ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้ อาจจะสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่มีความเกี่ยวข้องเลยก็ได้ แต่ผลที่ได้ทำให้เกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่สร้างขึ้นกับแนวคิดหรือความรู้เดิม นำไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ หากสามารถใช้อธิบายสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง จะทำให้มีองค์ความรู้เพิ่มขึ้นและความสามารถในการเชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ ได้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่สะท้อนถึงผู้เรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจอย่างไร เกี่ยวกับสิ่งใดบ้าง และมากน้อยเพียงใด โดยใช้กระบวนการต่าง ๆ ที่หลากหลาย ซึ่งจะนำไปสู่การประยุกต์ความรู้ในเรื่องอื่น ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวงจรที่ต่อเนื่องเป็นวัฏจักร ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

การประยุกต์ใช้ความรู้และแบบจำลองไปใช้อธิบายเหตุการณ์ หรือเรื่องราวอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อคิดเห็น ข้อโต้แย้งหรืออาจมีข้อจำกัด นำไปสู่การเกิดคำถามใหม่ มีปัญหาใหม่หรือประเด็นใหม่ ๆ จะต้องทำการศึกษาต่อไป การเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องกันเรื่อย ๆ เป็นวงจรนี้เรียกว่า วงจรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการสืบเสาะหาความรู้นี้ จึงช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจทั้งในด้านเนื้อหา หลักการ และทฤษฎี ตลอดจนการที่ได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จะเป็นทักษะพื้นฐานสำคัญแสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดไป

2.5 บทบาทของผู้สอนและบทบาทผู้เรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นั้น ผู้สอนควรจัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ความสามารถของผู้เรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องเข้าใจบทบาทของตนเองและบทบาทของผู้เรียน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ดังตาราง

ตาราง 3 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
การจัดการเรียนรู้		
1. ขั้นสร้าง ความสนใจ (Engagement)	1. กระตุ้นความสนใจและความอยากรู้ อยากเห็นของผู้เรียน 2. ตั้งคำถามให้ผู้เรียนคิด	1. ถามคำถาม เช่น เพราะเหตุใด จึงเกิดสิ่งนี้ขึ้น ได้เรียนรู้เกี่ยวกับ อะไรบ้าง 2. แสดงความสนใจหัวข้อที่จะศึกษา

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
2. ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มในการศึกษาสำรวจ 2. สังเกตและฟังการอภิปรายของผู้เรียนขณะปฏิบัติการ 3. ชักถามเพื่อการสำรวจตรวจสอบ 4. ให้ความเวลาในการคิดข้อสงสัยรวมถึงปัญหาต่าง ๆ 5. ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้เรียน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของประเด็นการศึกษา 2. สร้างและตรวจสอบสมมติฐาน 3. พยายามแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและร่วมกับสมาชิกในกลุ่มอภิปรายถึงทางเลือกนั้น 4. บันทึกการสังเกตและข้อคิดเห็น 5. ลงข้อสรุป
3. ขั้นอธิบายและ ลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกโดยการพูดสะท้อนถึงแนวคิดหรือความคิดรวบยอด รวมถึงคำจำกัดความต่าง ๆ 2. ให้ผู้เรียนได้อธิบายและแสดงเหตุผลให้เข้าใจอย่างชัดเจนโดยการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้โดยใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐาน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายวิธีการแก้ปัญหา หรือความเป็นไปได้ของคำตอบ 2. ใช้วิจรณ์ญาณในการฟังคำอธิบายของคนอื่น 3. ตั้งคำถามที่เชื่อมโยงกับคำอธิบายของผู้อื่น 4. ให้ความสนใจกับคำอธิบายของผู้อื่นด้วยความเข้าใจ 5. เชื่อมโยงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติแล้ว 6. บันทึกและอธิบายโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต 7. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ol style="list-style-type: none"> ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ขยายความรู้และทักษะโดยการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้นำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงผล หลักฐานอ้างอิงที่มี 	<ol style="list-style-type: none"> ประยุกต์ความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม ใช้ข้อมูลที่ได้เรียนรู้มาในการตอบคำถามหาหนทางแก้ปัญหา ตัดสินใจและออกแบบการทดลองในสถานการณ์ใหม่ ตรวจสอบความเข้าใจกับผู้สอนและเพื่อน
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	<ol style="list-style-type: none"> สังเกตการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือทักษะที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปกับสถานการณ์ใหม่ ประเมินความรู้และทักษะของผู้เรียน แสดงหลักฐานที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงความคิดหรือพฤติกรรมของผู้เรียน ส่งเสริมการประเมินตนเองในด้านการรวบรวมกลุ่มและกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการใช้คำถามที่สะท้อนถึงว่านักเรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนมีเหตุผลอะไรจึงคิดเช่นนั้น สามารถอธิบายได้อย่างไร 	<ol style="list-style-type: none"> ใช้หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้วในการตอบคำถาม แสดงออกโดยการสะท้อนถึงความคิดรวบยอดหรือทักษะที่ตนเองมีความรู้ความเข้าใจ ประเมินถึงความรู้และความก้าวหน้าของตนเอง ตั้งคำถามที่ส่งเสริมให้มีการสำรวจศึกษาค้นคว้า

ที่มา : Bybee et al., 1990; cited in Montgomery County Public School, 2001:
online

จากการศึกษารูปแบบและบทบาทของผู้สอน บทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นั้น ผู้เรียนเป็น สำคัญ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากการสืบเสาะหาความรู้และการสืบ ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยการได้ลงมือปฏิบัติ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยมีครูผู้สอน ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก จัดเตรียมความพร้อมที่ส่งเสริมสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมายและเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2.6 การประเมินผลการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความมุ่งหมายสำคัญ เพื่อที่จะวิเคราะห์หา ข้อมูลหลักฐานที่สะท้อนว่าผู้เรียนได้รับการพัฒนา มีความเจริญงอกงามด้านองค์ความรู้ความคิด ด้านทักษะกระบวนการ ด้านจริยธรรมคุณธรรมและค่านิยมปฏิบัติที่พึงประสงค์หรือไม่อย่างไร ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือไม่ อย่างไร ดังนั้น การวัดผลและการ ประเมินผลการเรียนรู้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการที่หลากหลาย เน้นการประเมินตามสภาพจริง ประเมินการปฏิบัติที่สอดคล้องเหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนและสาระการเรียนรู้ สามารถประเมินผลอย่างต่อเนื่องควบคู่ไปขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ โดยสามารถประเมินได้ จากการเข้าร่วมกิจกรรมและการแสดงผลงานโครงการหรือแฟ้มสะสมผลงาน รวมถึงด้านความ ประพฤติและการแสดงออกในการเรียน การประเมินผลในระดับชั้นเรียนประสบความสำเร็จได้ต้อง เกิดจากความร่วมมือทั้ง ตัวผู้เรียนเอง ครูผู้สอนรวมถึงพ่อแม่ผู้ปกครองของนักเรียนด้วย โดยการ ร่วมกันกำหนดเป้าหมาย กำหนดเกณฑ์และวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลหลักฐานที่สะท้อนถึง พัฒนาการหรือผลสัมฤทธิ์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนได้ทราบถึงพัฒนาการและ ความสำเร็จของตน ครูผู้สอนได้เข้าใจถึงพื้นฐานและความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน การใช้ผล การประเมินในการจัดระดับคะแนนและใช้ในการจัดกลุ่มผู้เรียน รวมทั้ง การประเมินผลการจัด กิจกรรมการเรียนการสอนจะทำให้ผู้เรียนและพ่อแม่ผู้ปกครองได้ทราบพัฒนาการและระดับ ความสำเร็จของผู้เรียน (กรมวิชาการ, 2544, น. 28-29)

สำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง ความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง จำเป็นต้องมีการวัดผลประเมินผลความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละ คน ว่าเกิดสัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้อย่างน้อย 3 ประการเหล่านั้นหรือไม่ คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับ ความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมสืบเสาะ และความเข้าใจ เกี่ยวกับการสืบเสาะ ซึ่งในการวัดและประเมินผลดังกล่าว ไม่สามารถใช้รูปแบบหรือกระบวนการ

วัดประเมินผลแบบเดิมได้ เพราะการใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ การตอบคำถามสั้นๆ หรือแบบเติมคำ เป็นการวัดเฉพาะความรู้เกี่ยวกับความจริง หรือคำศัพท์เท่านั้น ซึ่งแบบทดสอบประเภทนี้วัดเนื้อหาได้ครอบคลุม แต่วัดการคิดเชิงเหตุผลได้เพียงเล็กน้อย หรือวัดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้เพียงผิวเผินเท่านั้น เพราะแบบทดสอบส่วนมากต้องการความสามารถในการจดจำ หรือระลึกได้ของสิ่งที่เรียนรู้มากกว่าการวัดการให้เหตุผลและการนำแนวคิดหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างลึกซึ้ง ยิ่งกว่านั้นรูปแบบการออกข้อสอบดังกล่าว ยังนิยมใช้กันมากในการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทุกโรงเรียนใช้แบบทดสอบแบบปรนัยกันอย่างแพร่หลาย (Rauzen and Kaser, 1989, pp. 718-722)

ดังนั้น ในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ควรจะตั้งเน้นวัดความสามารถของผู้เรียน ในการตั้งคำถาม การทำความเข้าใจในคำถาม สร้างคำอธิบาย ออกแบบ และทำการทดลอง ใช้ข้อมูลเป็นหลักฐานในการสนับสนุนหรือปฏิเสธคำอธิบายของตนเอง หรืออาจจะกล่าวได้ว่า จะต้องวัดผลประเมินความสามารถของผู้เรียนในการประเมินชนิดของคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบค้นคำตอบเข้าใจวัตถุประสงค์ของการสืบเสาะ ประเมินคุณภาพข้อมูล คำอธิบาย และข้อขัดแย้งข้อสนับสนุนต่างๆ รูปแบบการประเมินทำได้หลายแบบ ตั้งแต่การใช้คำถามในการเรียนการสอนจนถึงการสอบเมื่อเรียนจบบทหนึ่งๆ ผลการประเมินจะได้นำไปใช้ในการวางแผนบทเรียนแนะนำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ การตัดสินผลการเรียน ตลอดจนการประเมินคุณภาพของหลักสูตร และการสอนครูวิทยาศาสตร์ ต้องใช้การประเมินแบบปรับปรุง (Formative Evaluation) ซึ่งครูสามารถใช้ได้ทุกโอกาส และใช้ประโยชน์ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อจัดประสบการณ์เรียนรู้เฉพาะให้สอดคล้องกับความสนใจ และความต้องการของนักเรียน แล้วใช้การประเมินเพื่อตัดสินผล (Summative Evaluation) ซึ่งกระทำเมื่อเรียนจบกิจกรรมการเรียนรู้หนึ่งๆ เพื่อกำหนดผลกระทบที่มีต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้ทราบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด สมควรจะได้ผลการเรียนระดับใด เป็นต้น ในการประเมินผลนั้น นอกจากให้ครูเป็นผู้ประเมินแล้ว ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินด้วย เช่น การประเมินความคิดของตนเอง ประเมินผลการปฏิบัติงานของตนเอง การประเมินผลการปฏิบัติงานของเพื่อนสมาชิกในห้อง ฯลฯ

นอกจากนี้ แบล็คและวิลเลียม (ปิยะรัตน์ คัญทัพ, 2545); อ้างอิงจาก Black; & William. 1998) ได้เสนอแนวทางในการประเมินความเข้าใจ ทักษะ และทัศนคติของนักเรียนในระหว่างจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะไว้ ดังนี้

1) ประเมินความเข้าใจจากการให้นักเรียนทำกรณีศึกษา (Case study) โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน และให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานและสรุปผลโดยมีหลักฐานประกอบ

2) ประเมินทักษะกระบวนการต่อไปนี้

2.1) สังเกต (Observing)

2.2) การอธิบายและตั้งสมมติฐาน (Explaining and hypothesizing)

2.3) การทำนาย (Predicting)

2.4) การตั้งคำถาม (Raising questions)

2.5) การวางแผนและดำเนินการสำรวจ (Planning and conducting investigations)

2.6) การตีความหลักฐานต่างๆที่พบ (Interpreting evidence)

2.7) การสื่อสารสิ่งที่พบ (Communicating)

3) ประเมินทัศนคติต่อไปนี้

3.1) ยอมรับในหลักฐานที่พบ และพยายามหาหลักฐานให้ได้มากที่สุด

3.2) มีความยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงความคิดไปตามหลักฐานที่ได้รับ

3.3) ยอมรับที่จะทบทวนกระบวนการทั้งหมดเพื่อหาข้อผิดพลาดใดๆ

2.7 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาได้เสนอแนะข้อดี ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้คล้ายคลึงกัน 6 ประการ ดังนี้

1) ช่วยเพิ่มศักยภาพด้านสติปัญญา เนื่องจากการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ผู้เรียนต้องเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน (Bruner, 1961, p. 30) ทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยากเห็นตลอดเวลา (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54); (ภพ เลหาไพบุลย์, 2537, น. 126) สอดคล้องกับ ซอวบ กินาวงศ์ (2533, น. 37-38) ที่กล่าวว่า วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ช่วยฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด อันเป็นการส่งเสริมความสามารถทางด้านสติปัญญาของผู้เรียน เพราะพัฒนาการทางด้านสติปัญญาจะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีโอกาสคิดด้วยตนเอง ไม่ใช่ฟังแต่ครูบอกเพียงอย่างเดียว

2) ส่งเสริมการเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจภายใน เนื่องจากผู้เรียนจะมุ่งอยู่ที่ความสำเร็จของการแก้ปัญหาจนกระทั่งได้รับความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ไม่คำนึงถึงเรื่องรางวัลและการลงโทษ สามารถพัฒนาความมีวินัยในตนเองได้ (Bruner, 1961, p. 30) นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ผู้เรียนจึงมีแรงจูงใจที่กระหายอยากรู้ อยากเรียนตลอดเวลา (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54); (ชอวบ กินาวงศ์, 2533, น. 37-38)

3) เป็นการเรียนรู้ยุทธศาสตร์ในการเรียน เนื่องจากการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ผู้เรียนจะได้รับการฝึกฝนวิธีการแก้ปัญหา ตลอดจนการใช้ความพยายามในด้านการค้นพบความรู้ยุทธวิธีในการสืบเสาะที่ใช้กันมาก ได้แก่ กระบวนการใช้คำถาม กระบวนการจัดกระทำข้อมูล ซึ่งรวมถึง การบันทึก การวิเคราะห์ การประเมินผล และการปรับปรุงแก้ไข (Bruner, 1961: 30) การที่ผู้เรียนมีโอกาสคิดและลงมือปฏิบัติ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิด และวิธีการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54) สอดคล้องกับชอวบ กินาวงศ์ (2533, น. 37-38) ที่กล่าวว่า วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการในการแก้ปัญหาด้วยตนเองเป็นการฝึกทักษะในกระบวนการวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี เพราะผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนกระบวนการ ตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน การวางแผนการทดลอง การทดลอง พิสูจน์ และสรุปผล เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง

4) ส่งเสริมการจดจำความรู้ เนื่องจากการเรียนแบบสืบเสาะนั้น เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย สิ่งที่เรียนรู้จะถูกเก็บไว้และสามารถเรียกมาใช้ได้ตลอดเวลา ความรู้จึงคงทนไม่ถูกลืม (Bruner, 1961, p. 30) และถ้ายิ่งความรู้ได้ดี (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54) การลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและค้นคว้าด้วยตนเอง จะทำให้เราเข้าใจลึกซึ้งและจำได้นานกว่าเนื้อหาวิชาที่เราเรียนรู้จากการบรรยายหรือคำบอกเล่าของครูแต่เพียงอย่างเดียว (ชอวบ กินาวงศ์, 2533, น. 37-38)

5) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54); (ภพ เลหาไพบูลย์, 2537, น. 126)

6) ส่งเสริมให้มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54); (ภพ เลหาไพบูลย์, 2537, น. 126)

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษา ได้กล่าวถึง ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ อันเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ด้านเวลา การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ต้องใช้เวลามากในการเตรียมวัสดุอุปกรณ์การสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนเนื้อหาได้ทันตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151; สุขุทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54; ชอวบ กินาวงศ์, 2533, น. 37-38; ภาพลไพฑูรย์, 2537, น. 126)

2) ด้านพื้นฐานการอ่านของผู้เรียน ผู้เรียนที่มีความสามารถในการอ่านต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ ผู้เรียนจะไม่สามารถสืบเสาะหาความรู้จากการอ่านหนังสือ และตำราเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาด้วยตนเองได้ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2540)(ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151)

3) ด้านความเสี่ยง การสอนสืบเสาะหาความรู้อาจทำให้ผู้บริหารเข้าใจว่า ครูไม่ได้สอนผู้เรียน เนื่องจากในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรม จะมีความไม่เป็นระเบียบ ผู้เรียนเดินไปเดินมาในห้องเรียน พูดคุยกันตลอดเวลา นอกจากนี้ ผู้บริหารยังไม่แน่ใจว่า เมื่อสอนจบแล้ว ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่กำหนดหรือไม่ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151)

4) ด้านรูปแบบการจัดชั้นเรียน เนื่องจากโรงเรียนนิยมจัดผู้เรียนเก่งไว้ในห้องเดียวกัน และจัดเด็กอ่อนและเด็กปานกลางคละกัน ทำให้เด็กที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลางและอ่อน เรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ไม่ค่อยได้ผล (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151) สอดคล้องกับชอวบ กินาวงศ์ (2533, น. 37-38) ที่กล่าวว่า การสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะได้ผลดีกับเด็กเก่งเท่านั้น ส่วนเด็กอ่อนจะประสบกับความยุ่งยากและในที่สุดเขาจะละทิ้งงานนั้น แต่ครูอาจจะแก้ไขได้โดยวิธีการสอนแบบครูช่วยแนะนำมากขึ้น โดยการเตรียมกิจกรรมสำเร็จรูปไว้ให้ผู้เรียนเลือกตามความสามารถ

5) ด้านวุฒิภาวะของผู้เรียน ผู้เรียนส่วนมากขาดวุฒิภาวะ ขาดวินัยในตนเอง ขาดความรับผิดชอบ ทำให้เสียเวลา กว่าเรียนจบในแต่ละครั้ง จึงไม่สามารถทำกิจกรรมแล้วเสร็จในเวลาที่กำหนดได้ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151) นอกจากนี้ ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาค่อนข้างต่ำ หรือได้รับแรงกระตุ้นไม่มากพอจะไม่สามารถเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ได้ หากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ชวนสงสัย หรือไม่น่าสนใจ จะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่อยากเรียนด้วยวิธีนี้ (สุขุทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54, ภาพลไพฑูรย์, 2537, น. 126) เช่นเดียวกับชอวบ กินาวงศ์ (2533, น. 37-38) ที่กล่าวว่า การสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ยังไม่เหมาะกับเด็กที่มีวัยต่ำกว่า 9 ขวบ เพราะความสามารถทาง

สติปัญญาของเขา ยังไม่ถึงระดับที่จะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงๆ ที่ยุ่งยาก ซับซ้อนได้

6) ด้านการเรียงลำดับเนื้อหาตำราที่สอนแบบสืบเสาะหาความรู้ กำหนดลำดับของกิจกรรมไว้ตายตัว ไม่สามารถสอนข้ามกิจกรรมได้ เนื่องจากกิจกรรมแรก ๆ เป็นพื้นฐานของความเข้าใจในกิจกรรมถัดมา (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151) ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาวิชา อาจจะทำให้ให้นักเรียนไม่อาจจะศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้กว้างเท่าที่ควร (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526, น. 53-54) นอกจากนี้ เนื้อหาวิชาบางอย่างไม่เหมาะสมที่จะใช้วิธีการสอนแบบนี้ (ชอวบ กินาวงศ์, 2533, น. 37-38)

7) ด้านความเคยชินของครู ครูส่วนมากมีความเคยชินกับการสอนที่เน้นครูเป็นศูนย์กลางทางการเรียน โดยการบรรยายให้อ่านหนังสือ การสาธิต หรือมอบหมายงานให้ ทำครูไม่ยอมเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอน (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151) และถ้าครูควบคุมพฤติกรรมในห้องเรียนของผู้เรียนมากเกินไป จะทำให้ผู้เรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะด้วยตนเอง (สุโขทัยธรรมมาธิราช, 2526: 53-54, ภาพ เลหาไพฑูริย์, 2537, น. 126)

8) ด้านความอดิดัดใจ ครูส่วนมากมีความไม่สบายใจที่ไม่สามารถมีบทบาทในการควบคุมดูแลผู้เรียนได้ตามปกติ เนื่องจากการสืบเสาะหาความรู้ต้องการให้ผู้เรียนมีวินัยในตนเอง มีความรับผิดชอบในการเรียน และในขณะเดียวกันก็มีผู้เรียนจำนวนมากไม่อยากเรียนวิธีนี้กลัวจะมีความรู้ไม่เพียงพอที่จะไปสอบเรียนต่อ (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2545, น. 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151)

9) ด้านค่าใช้จ่าย การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ต้องใช้งบประมาณมาก ในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ แต่โรงเรียนส่วนมากมีงบประมาณในการจัดซื้อไม่เพียงพอ (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2545: 9-10; อ้างอิงจาก Costenson and Lawson, 1986, p. 151)

นอกจากนี้ ยังพบว่าครูวิทยาศาสตร์จำนวนมากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ประการ ดังนี้ (กุศลสิน มุสิกกุล, 2550 36; Llewellyn, 2002: 7; National Research Council, 2000, pp. 35-37)

1) เนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกเรื่อง สามารถสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ ซึ่งไม่เป็นความจริง การสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้รูปแบบการสอนหรือยุทธวิธีการสอนที่หลากหลาย ไม่มีทางเป็นไปได้ที่จะสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทุกเรื่อง ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการอย่างเดียวดตลอดเวลา ไม่สามารถทำให้

ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ หรืออย่างมีความหมายได้ หรือเกิดการเรียนรู้ได้ทุกชนิดตามที่ต้องการและทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนได้

2) การสืบเสาะที่แท้จริงเกิดขึ้นได้ เมื่อผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา หรือคำถาม และทำการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองเท่านั้น ในการสืบเสาะนั้นมีหลายระดับ การเกิดปัญหาหรือการตั้งคำถาม สามารถทำได้ทั้งแบบครูเป็นผู้กำหนดให้ หรือผู้เรียนเป็นผู้กำหนดขึ้นมาเอง การจะกำหนดปัญหาหรือตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบค้นคำตอบได้ จะต้องได้รับการฝึกฝนการตั้งคำถามมาก่อน แต่ถ้าครูใช้การสอนแบบบรรยาย หรือการสอนที่บอกความรู้ให้กับผู้เรียน ผู้เรียนจะขาดโอกาสในการฝึกทักษะการตั้งคำถาม และขาดโอกาสในการสืบค้นคำตอบของปัญหา ดังนั้น ครูวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นแบบอย่างในการใช้คำถามที่มีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา เมื่อนักเรียนมีทักษะมากขึ้นก็จะสามารถสร้างคำถามหรือกำหนดปัญหาได้ด้วยตนเอง และดำเนินการทำกิจกรรมเพื่อค้นหาคำตอบดังกล่าวได้

3) การสอนแบบสืบเสาะเกิดขึ้นได้อย่างง่าย ๆ โดยใช้ชุดการสอนที่กำหนดรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ไว้แล้ว เนื่องจากการสืบเสาะตามชุดการสอนจะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดการใช้เหตุผลที่ถูกต้อง ได้ความรู้ที่ถูกต้อง ทำให้เกิดการเรียนเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่เหมาะสมอย่างไรก็ตาม รูปแบบการสอนที่ดีที่สุดที่กำหนดให้ผู้เรียนสืบเสาะไม่มีหลักประกันว่า เมื่อเรียนแล้วผู้เรียนจะได้ทำการสืบเสาะที่สมบูรณ์ หรือทำให้ผู้เรียนได้ผลการเรียนรู้ตามที่คาดหวังไว้ อันที่จริงแล้วครูที่มีทักษะในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ยังเป็นบุคคลสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้เหมาะสมสอดคล้องกับระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียน

4) เมื่อผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง จะทำให้เกิดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในความเป็นจริงการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม หรือทำปฏิบัตินั้น บางกิจกรรมเป็นการปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบ หรือพิสูจน์ยืนยันสิ่งที่ทราบมาก่อนแล้ว จากการสอนหรือการอ่านตำรา ทำให้ผู้เรียนไม่ได้ฝึกการใช้ความคิด การให้เหตุผลซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

5) การเรียนการสอนสืบเสาะหาความรู้ ไม่จำเป็นต้องใส่ใจกับเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นยุคที่เน้นการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะทางสติปัญญาโดยเชื่อว่าเมื่อผู้เรียนมีทักษะดังกล่าวแล้ว ก็สามารถสร้าง “ความรู้” ได้เอง หรือแม้แต่ในปัจจุบัน ก็ยังมีนักการศึกษาจำนวนไม่น้อยเชื่อว่า ถ้าผู้เรียนเรียนกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถใช้กระบวนการเหล่านี้สร้างความรู้ทุกอย่างได้ แต่ทฤษฎีสรรคินิยมระบุว่า ผู้เรียนจะต้องมีกรอบความรู้ ความคิด ความเชื่อ ข้อตกลงเบื้องต้น ที่มีอยู่ก่อนแล้วเป็นสิ่งที่ชี้้นำให้เกิดปัญหา อันจะนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ และเกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะพัฒนาแบบจำลองระบุพิภพของวัตถุ ท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อให้เกิดแนวคิดทางดาราศาสตร์ โดยการจัดการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 25, น. 6: 34-36), วัฒนาพร ระวังทุกข์ (2545, น. 41-43), ลอว์สัน (Lawson, 1995, pp. 164-166) บายบี (Bybee, 1997, p. 176) และสำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (NSES) (National Research Council, 2000, p. 35) ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และสนใจที่จะเรียนรู้ในหัวข้อใหม่ หรือเรื่องใหม่ที่คุณสอนนำเสนอ กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามหรือกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา และยังเป็นตรวจสอบความรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ ของผู้เรียน ทำให้ผู้สอนได้เรียนรู้แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะมีโอกาสได้ประสบการณ์ตรง จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ขั้นตอนนี้สืบเนื่องจากคำถามที่ผู้เรียนกำหนดขึ้นในขั้นแรก จากนั้น นำมาสู่การวางแผนและการออกแบบในการศึกษา แล้วดำเนินการทดลอง สำรวจ หรือศึกษาค้นคว้า เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน การคาดคะเนของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การสร้างแนวคิด หรือการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา ผู้สอนจะมีบทบาทในการชี้แนะประเด็นในการสังเกต

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา อธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบ หรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ หรือวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและบันทึกไว้ เพื่อนำมาสู่ข้อสรุปของแนวคิดในเรื่องนั้นๆ

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นขยายแนวคิดที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้านี้รวมทั้งการเชื่อมโยงกับสิ่งรอบตัวของผู้เรียนเปรียบเสมือนการนำความรู้ไปใช้เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น

5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้สอนและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน และแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน

3. สื่อการสอน

3.1 ความหมายของสื่อการสอน

นักวิชาการและนักเทคโนโลยีการศึกษา ได้กล่าวถึงความหมายของ “สื่อการสอน” ไว้พอสรุปได้ ดังนี้

ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (ไชยยศ เรื่องสุวรรณ, 2526) ให้กล่าวว่า สื่อการสอน มิใช่เป็นเพียงวัสดุ อุปกรณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ เท่านั้นที่ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ทักษะและทัศนคติบุคคล ตัวครู หนังสือและสิ่งแวดล้อมของโรงเรียนจัดเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น

พิมพ์พรรณ เทพสุมาธานนท์ (พิมพ์พรรณ เทพสุมาธานนท์, 2017)(2531, น. 29) ได้กล่าวว่า สิ่งต่าง ๆ ที่ครูใช้เป็นเครื่องมือหรือครูใช้เพื่อการสื่อสารกับนักเรียน แล้วส่งผลให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ความมุ่งหมาย หรือตามวัตถุประสงค์ที่ครูผู้สอนกำหนดไว้เป็นอย่างดี จัดเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น

วาสนา ชาวหา (วาสนา ชาวหา, 2533) ให้ได้กล่าวว่า สื่อการสอน เป็นตัวกลางหรือพาหะใด ๆ ก็ตามที่น่าประสพการณ์ความรู้ไปสู่ผู้เรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดเรียนรู้เป็นอย่างดีได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

กิดานันท์ มะลิทอง (กิดานันท์ มะลิทอง, 2543) ให้กล่าวว่า สื่อการสอน เป็นวัสดุทางกายภาพที่นำมาใช้ในเทคโนโลยีการศึกษา ซึ่งบรรจุเนื้อหาสาระที่ใช้ในการเรียนการสอนนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดีตามจุดมุ่งหมายที่ผู้สอน กำหนดไว้ อาทิเช่น ภาพนิ่ง แผนภูมิ แถบเสียง แผ่นสไลด์ วิทยุ วิทยุทัศน์ โทรทัศน์ เป็นต้น

ดังนั้นพอสรุปได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เทคนิคและวิธีการ เป็นสื่อกลางหรือช่องทางที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สำหรับครูผู้สอนใช้ในการสื่อสารความเข้าใจในแนวคิด ประสพการณ์เรียนรู้ต่าง ๆ ไปสู่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ประเภทของสื่อการสอน

สื่อการสอนนั้นมีมากมายและได้พัฒนาให้เกิดขึ้นใหม่อยู่เสมอตามความเจริญก้าวหน้าทาง ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงสามารถแบ่งได้หลายประเภท ตามลักษณะและวิธีการใช้นักวิชาการ และนักเทคโนโลยีทางการศึกษา จำแนกประเภทของสื่อการสอนดังนี้

ไชยยศ เรื่องสุวรรณ(ไชยยศ เรื่องสุวรรณ, 2526) : 4) ได้ใช้ลักษณะรูปร่างของสื่อการสอนเป็นเกณฑ์กำหนด โดยแบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

1) สื่อประเภทเครื่องมือ หมายถึง สื่อที่ได้จากการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะเป็นอุปกรณ์ที่ให้ภาพ เช่น เครื่องฉายต่าง ๆ หรือให้เสียง เช่น วิทยุ เครื่องเสียง หรือให้ทั้งภาพและเสียง เช่น โทรทัศน์

2) สื่อประเภทวัสดุ หมายถึง สื่อที่ได้จากการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเจริญก้าวหน้า เป็นสื่อที่สิ้นเปลืองเพราะสร้างจากวัสดุที่มีการผูกพันได้ง่าย เช่น แบบจำลองของจริง รูปภาพ ภาพโฆษณา แผนภูมิ แผนสถิติ และแผนที่ เป็นต้น

3) สื่อประเภทวิธีการ หมายถึง สื่อประเภทใช้เทคนิควิธี ใช้กระบวนการต่าง ๆ เช่น นิทรรศการ การทดลอง การสาธิต การแสดงละคร และการศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น

4) สื่อประสม หมายถึง การนำสื่อประเภทต่างๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือวัสดุ และวิธีการมาใช้ร่วมกันอย่างสัมพันธ์กันในลักษณะที่สื่อแต่ละอย่างส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกันและกัน เช่น บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอน การจัดการเรียนการสอนแบบศูนย์การเรียน เป็นต้น

ฉลองชัย สุรวัดมนบูรณ์ (ฉลองชัย สุรวัดมนบูรณ์, 2528): 56-58) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะทางกายภาพไว้ 6 ประเภท ดังนี้

1) ภาพนิ่ง เป็นการบันทึกวัตถุสิ่งของ และเหตุการณ์เป็นลักษณะภาพนิ่ง ไม่มีลักษณะเคลื่อนไหว อาจเป็นเป็นสไลด์ ฟิล์ม แผ่นภาพโปร่งใส ภาพประกอบในหนังสือ หรือภาพประกอบการจัดป้ายนิเทศ ก็ได้

2) วัสดุประเภทเสียง ได้แก่ การบันทึกเสียงในแผ่นเสียง เทปบันทึกเสียง หรือระบบเสียงในฟิล์มภาพยนตร์ วัสดุประเภทเสียงจะมีลักษณะที่เป็นนามธรรมมาก สำหรับเครื่องเสียงอาจใช้สำหรับการเรียนเป็นรายบุคคล การสอนเป็นกลุ่มย่อยหรือกลุ่มใหญ่ หรืออาจใช้กับระบบการกระจายเสียงภายใน หรือใช้วิทยุกระจายเสียงก็ได้

3) ภาพยนตร์และวีดิทัศน์ อาจเป็นภาพสีหรือขาวดำที่มีลักษณะการเคลื่อนไหว ได้ ผลิตจากการแสดงสด หรือใช้เทคนิคงานกราฟิกก็ได้ อาจจะทำให้เห็นลักษณะอาการปกติ หรือช้าเร็วกว่าปกติ สามารถหยุดภาพชั่วขณะ อาจมีการตัดต่อเพื่อให้เข้าใจเรื่องราวได้ชัดเจน หรือทำให้เรื่องราวเกิดความน่าสนใจยิ่งขึ้น จะมีเสียงหรือไม่มีเสียงประกอบก็ได้ เสียงประกอบจะใช้เสียงธรรมชาติ ใช้เสียงประดิษฐ์ การบรรยาย การพากย์ประกอบก็ได้

4) โทรทัศน์ จะปรากฏภาพและเสียงบนจอเครื่องรับโทรทัศน์ ภาพจะเป็นจาวีดิทัศน์ จากภาพยนตร์ หรือรายการสดจากสถานีส่งก็ได้ จะเป็นการส่งในระบบแบบวงจรปิด หรือระบบการส่งออกอากาศ หรือการถ่ายทอดผ่านสัญญาณดาวเทียมไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ เพื่อเปิดชมรายการ

5) ของจริง สถานการณ์จำลอง และหุ่นจำลอง สื่อการสอนประเภทนี้ ได้แก่ บุคคลเหตุการณ์ วัตถุสิ่งของ และการสาธิต

6) บทเรียนโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction) บทเรียนโปรแกรมใช้หลักความสัมพันธ์ของสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่มีประสิทธิภาพ จะเน้นทักษะการสื่อความหมายของนักเรียนเพื่อให้ประสบผลสำเร็จในการเรียน โดย บทเรียนแบบโปรแกรมมีหลายรูปแบบ เพราะสามารถใช้สื่อต่าง ๆ เช่น เนื้อหาหรือข้อสนเทศ ต่าง ๆ เช่น ภาพยนตร์ วิทยุทัศน์ ฟิล์มสตริป สไลด์ อาจจะเป็นรูปหนังสือ เครื่องช่วยสอนและคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

3.3 การนำสื่อการสอนไปใช้ในห้องเรียน

การใช้สื่อในระบบการเรียนการสอน ก็เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพดังนั้น การใช้สื่อการสอนจะได้ผลดีไม่ใ้จะขึ้นอยู่กับทัศนคติและทักษะของผู้สอนแต่ละคนเท่านั้น แต่การใช้สื่อการเรียนการสอนจะดีเพียงไรจะขึ้นอยู่กับนักเรียนด้วยหลัก 6 ประการเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้สื่อการสอนต่อไปนี้ จะเป็นแนวคิดสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษาและผู้สอนได้เป็นอย่างดี (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, น. 88-91)

1) นักเรียนแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะตัว หลักการข้อนี้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนแต่ละคนจะมีสมรรถภาพของการรับรู้และการตอบสนองของตนเองแตกต่างกัน ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ระบบสื่อ จึงควรพิจารณาเรื่องต่อไปนี้ด้วย

1.1) ความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน รวมทั้งลักษณะการจัดกลุ่มหรือกิจกรรมการเรียนและอื่น ๆ

1.2) สภาพการจัดการเรียนการสอนควรยืดหยุ่นได้

1.3) ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติมีส่วนร่วมและได้ตอบสนอง

2) การรับรู้เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ นักเรียนที่มีประสบการณ์มีความรู้ความเข้าใจ และมีมโนทัศน์ในเรื่องต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ย่อมมีวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่า นอกจากนั้นนักเรียนที่มีความพอใจในสิ่งที่รับรู้ผ่านเข้ามาทางประสาทสัมผัส ย่อมเรียนรู้มโนทัศน์และหลักการต่าง ๆ ในเรื่องนั้นได้ง่ายกว่า ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้ในสถานการณ์ใด ๆ ก็ตาม จากคำกล่าวนั้นทำให้ทราบว่า การรับรู้กับความคิด และการรับรู้กับเจตคติ มีความประสานกัน หรือกล่าวง่าย ๆ ได้ว่า การรับรู้มีอิทธิพลต่อการคิดและเจตคติในการเรียนรู้

3) นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมในการเรียน หลักการข้อนี้เป็นที่ยอมรับกันอยู่แล้วว่า นักเรียนจะประสบความสำเร็จในการเรียนสูง ถ้านักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ นั้น ๆ ในกิจกรรมการเรียนการสอนด้วย

4) ประสบการณ์การเรียนรู้ต้องเหมาะสมกับนักเรียนด้วยเหตุที่สื่อการเรียนการสอนเป็นประสบการณ์การเรียนรู้โดยผ่านการรับรู้ สื่อการสอนจึงไม่ใช่แต่เพียงนำเสนอเนื้อหาการเรียนเท่านั้น แต่สื่อยังจะให้ประสบการณ์การเรียนรู้แก่นักเรียนอย่างกว้างขวาง ดังนั้น การจัดสื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จึงควรจัดให้เหมาะสมกับนักเรียน

5) เทคนิคการสอนและการนำเสนอสื่อต้องเหมาะสม หมายถึง ควรจัดสื่อ และระบบการเรียนการสอนให้สัมพันธ์กันกับยุทธศาสตร์เทคนิคและวิธีการ

6) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน คือ จุดมุ่งหมายการเรียนการสอน หลักการข้อนี้มุ่งเน้นให้ผู้สอนตระหนักอยู่เสมอว่า ในกระบวนการเรียนการสอนนั้น ไม่ได้เพียงแค่ให้นักเรียนเกิดมีความรู้ความเข้าใจสิ่งที่เรียนมาเท่านั้น แต่กิจกรรมการเรียนการสอนควรมุ่งให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ด้วย ดังนั้น การตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้สื่อการเรียนการสอนของผู้สอน จึงควรพิจารณาให้รอบด้านและรอบคอบว่า สื่อนั้นนอกจากจะเป็นพาหนะนำความรู้แล้ว สื่อนั้นได้จูงใจให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ด้านใดหรือไม่อย่างไร

3.4 การออกแบบสื่อการสอน

จะเห็นว่า การใช้สื่อการเรียนการสอนที่ได้ผล จะต้องพิจารณาในเรื่องสำคัญหลายประการเช่น นักเรียน จุดมุ่งหมาย กระบวนการเรียนการสอนวิธีการสอน และสื่อ โดย สุภาภรณ์ ยิงยวด ได้กล่าวถึง องค์ประกอบสำคัญของการออกแบบสื่อการสอนไว้ 7 ประการ ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้ (สุภาภรณ์ ยิงยวด, 2547, น. 20-21)

1) การวิเคราะห์นักเรียนเป็นการศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นต่อการออกแบบระบบการใช้สื่อการสอนที่สำคัญ ได้แก่ การวิเคราะห์พฤติกรรมเบื้องต้น และความต้องการของนักเรียน ดังนั้น การออกแบบระบบการใช้สื่อการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนจะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับนักเรียนอย่างเพียงพอทั้งในด้านข้อมูลเฉพาะทั่วไป เช่น เพศ อายุ ระดับชั้น หรือระดับการศึกษา เจตคติ ระบบสังคมและวัฒนธรรม ฯลฯ และข้อมูลเฉพาะซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเรียนการสอน เช่น นักเรียนมีประสบการณ์เดิม ทักษะความรู้พื้นฐาน และความสามารถในบทเรียนนั้นเพียงใด ตลอดจนพิจารณาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาที่จะเรียนรวมทั้งความต้องการของนักเรียนและอื่น ๆ ที่จำเป็น การวิเคราะห์จะช่วยให้ผู้สอนและนักเทคโนโลยีการศึกษาสามารถตัดสินใจเลือกสื่อและจุดมุ่งหมายการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

2) การกำหนดจุดมุ่งหมาย เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายการเรียนจากสื่อการเรียนการสอน เมื่อนักเรียนได้เรียนจากระบบสื่อต่าง ๆ จนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนควรมีความรู้ความสามารถและเจตคติด้านใดบ้าง จุดมุ่งหมายการเรียนจะช่วยชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบว่า จะต้องเรียนรู้อะไรบ้าง ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และเจตคติก็ตาม

3) การกำหนดสื่อการเรียนการสอน การพิจารณาจัดหาสื่อมาเพื่อใช้ประกอบการสอนนั้น อาจดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 ประการ ดังนี้ คือ การเลือกใช้สื่อที่มีอยู่แล้ว ดัดแปลงจากสื่อวัสดุที่มีอยู่แล้ว และการออกแบบสื่อใหม่

4) กิจกรรมการใช้สื่อการเรียนการสอน จะขึ้นอยู่กับเทคนิค และวิธีการเรียนของนักเรียนกับวิธีสอนที่ออกแบบวางแผนไว้ในระบบการสอน แต่มีสิ่งหนึ่งที่ผู้สอนไม่ควรมองข้ามไปก็คือ การมีส่วนร่วมของนักเรียนการใช้สื่อการเรียนการสอน ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วม ในกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากที่สุดและได้ลงมือปฏิบัติ

5) การกำหนดพฤติกรรมการตอบสนองของนักเรียน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดนั้น นักเรียนจะต้องมีปฏิริยาตอบสนอง และมีการเสริมแรงสำหรับพฤติกรรมการตอบสนองที่ถูกต้องอยู่เสมอ การให้นักเรียนได้ตอบสนองต่อสถานการณ์การเรียนอาจทำได้ด้วยวิธีง่าย ๆ ไปจนถึงวิธีการที่ซับซ้อน เช่น การให้สังเกตไปจนถึงการให้ทำโครงการ หรือออกแบบสิ่งของต่าง ๆ การอภิปราย การทดสอบย่อย การทำแบบฝึกหัด เป็นต้น

6) การประเมินการเรียนการสอนโดยทั่วไป มักจะเป็นการประเมินผลจากความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายเพียงใด โดยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน แต่การประเมินการใช้สื่อการเรียนการสอนนั้นต้องพิจารณาใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านตัวสื่อและวิธีการใช้สื่อ และด้านกระบวนการเรียนการสอน

7) การปรับปรุงแก้ไข เป็นการนำผลที่ได้จากการประเมินมาตรวจสอบการใช้สื่อเพื่อการพัฒนาและปรับปรุงสื่อการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในเรื่องนี้ผู้สอนจะต้องไม่ลืมว่าไม่มีระบบการสอนใดที่จะกำหนดได้แน่ชัดว่าเป็นวิธีการและสื่อที่ดีที่สุด

3.5 การประเมินสื่อการสอน

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2533, น. 126-130) การประเมินสื่อการเรียนการสอน เป็นการพิจารณาประสิทธิภาพและคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน ดังนั้น โดยเริ่มด้วยการกำหนดปัญหาหรือคำถามเช่นเดียวกันกับการวิจัย เช่น ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอนที่ใช้มีเพียงใด จะสามารถช่วยให้การสอนมีประสิทธิภาพดีขึ้นเพียงใด เมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้แล้วมีความคุ้มค่าหรือไม่ เวลาในการใช้สื่อมากเพียงใด เป็นต้น การประเมินสื่ออาจทำได้ 5 วิธี คือ

1) ผู้สอนเป็นผู้ประเมิน โดยการคัดเลือกผู้สอนที่มีประสบการณ์ในการสอนผ่านการฝึกอบรมจนเป็นผู้มีความชำนาญ ทั้งในด้านการผลิตและในด้านการนำมาใช้งานในการเรียนการสอนเป็นอย่างดี ผู้สอนจึงสามารถเป็นผู้ชำนาญได้หากมีความเชี่ยวชาญในด้านการสอนและการใช้สื่อการสอน

2) ผู้ชำนาญเป็นผู้ประเมิน ซึ่งผู้ชำนาญที่เป็นผู้สอนที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว อาจเป็นผู้ชำนาญที่เป็นอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา ที่สอนในสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา การสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา รวมถึงคณาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญด้านวัดผลและประเมินผลและเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถด้านสื่อการเรียนการสอน เป็นต้น

3) คณะกรรมการเฉพาะกิจเป็นผู้ประเมิน ซึ่งเป็นกลุ่มบุคคลหรือคณะบุคคลที่หน่วยงานแต่งตั้งขึ้นมาเฉพาะกิจเพื่อมาประเมินสื่อการสอน คณะกรรมการคณะนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ จะประเมินคุณสมบัติด้านกายภาพที่กำหนดขึ้นมาก่อนการจัดซื้อโดยเฉพาะซึ่งสามารถประเมินคุณลักษณะและประสิทธิภาพการใช้งานในด้านอื่น ๆ ด้วย

4) นักเรียนเป็นผู้ประเมิน นักเรียนจะเป็นผู้ที่ได้รับรู้และเรียนรู้จากสื่อโดยตรง จึงควรมีโอกาสได้ประเมินสื่อที่ตนเองได้ใช้ และสามารถให้ข้อคิดในการใช้งานได้ ควรให้นักเรียนได้ประเมินสื่อทันทีหลังจากได้ใช้สื่อในการเรียนรู้แล้ว และให้ประเมินเฉพาะตัวสื่อเท่านั้น โดยไม่นำวิธีสอนของผู้สอนเข้ามาเกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามการประเมินสื่อโดยนักเรียนอาจมีปัญหาอยู่บ้างในแง่ที่นักเรียนอาจมีประสบการณ์น้อย ผู้สอนควรชี้แจงเกณฑ์หรือหัวข้อการประเมินให้นักเรียนได้เข้าใจก่อนที่จะทำการประเมิน

5) การประเมินประสิทธิภาพของสื่อ สื่อการสอนที่ต้องประเมินประสิทธิภาพ ส่วนใหญ่จะเป็นสื่อที่ผลิตขึ้นมาตามหลักการสอนแบบโปรแกรม เช่น บทเรียนโปรแกรม ชุดโมดูล การสอน หรือสไลด์ทัศนูปกรณ์โปรแกรม เป็นต้น ในการประเมินจะต้องคำนึงถึงจุดมุ่งหมายของสื่อการเรียนการสอนนั้น และประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทันทีภายหลังจากที่เรียนจากสื่อ นั้น วิธีการประเมินประสิทธิภาพสื่อทำได้ 2 วิธี

5.1) ประเมินโดยอาศัยเกณฑ์ เช่น การประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมจะอาศัยเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 (90/90 Standard) โดย 90 ตัวแรก หมายถึง คะแนนรวมของผลการสอบที่นักเรียนทั้งหมดที่ตอบถูกโดยคิดเป็นร้อยละ ควรได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 และ 90 ตัวหลัง หมายถึง นักเรียนทำข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 ถ้าได้ต่ำกว่าร้อยละ 90 ต้องปรับปรุงแก้ไขบทเรียนโปรแกรมนั้น แล้วนำไปทดลองซ้ำเพื่อหาประสิทธิภาพจนกว่าจะได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 เป็นต้น

5.2) ประเมินโดยไม่ตั้งเกณฑ์ไว้ล่วงหน้า เป็นการเปรียบเทียบผลการสอบของนักเรียนก่อนเรียน (Pretest) กับ ภายหลังเรียน (Posttest) จากจากสื่อที่นั้นแล้ว ว่าผลสอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หากผลการเปรียบเทียบ พบว่า นักเรียนได้คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ก็แสดงว่าสื่อที่มีประสิทธิภาพ

3.6 ประโยชน์ของสื่อการสอน

กิดานันท์ มะลิทอง (กิดานันท์ มะลิทอง, 2543): 98) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอน ทั้งกับนักเรียนและผู้สอนดังนี้

1) ประโยชน์ต่อนักเรียน

1.1) สื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะสื่อช่วยทำให้บทเรียนที่เนื้อหายุ่งยากมีซับซ้อนง่ายต่อการทำความเข้าใจในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดแนวความคิดรวบยอดได้อย่างรวดเร็วถูกต้อง

1.2) สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจ ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน และไม่เบื่อหน่ายต่อการเรียน

1.3) การใช้สื่อจะทำให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ร่วมกันและเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

1.4) สื่อช่วยให้นักเรียนมีมนุษยสัมพันธ์อันดีงามได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มเพื่อนนักเรียนด้วยกันเองและกับผู้สอนมากขึ้นด้วย

1.5) ช่วยสร้างเสริมความคิดสร้างสรรค์และคุณลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียน

1.6) ช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยการจัดให้มีการใช้สื่อการเรียนรู้อย่างบุคคล

2) ประโยชน์ต่อผู้สอน

2.1) ในการเรียนการสอน หากมีการใช้สื่อการเรียนรู้อื่นๆ จะเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศที่น่าสนใจต่อการสอนยิ่งขึ้น และเป็นการสร้างความมั่นใจในตัวเองให้เพิ่มขึ้นมากกว่าการบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว

2.2) สื่อจะช่วยลดภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาจากสื่อได้เองไปแล้ว

2.3) เป็นการกระตุ้นให้ครูผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอ ต้องเตรียมและผลิตสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ ตลอดจนได้คิดค้นเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้ที่น่าสนใจยิ่งขึ้น แต่สื่อการสอนจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อครูผู้สอนได้นำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้น ก่อนที่จะนำสื่อการสอนไปใช้ ผู้สอนจำเป็นต้องทำการศึกษาลักษณะ ศึกษาคุณสมบัติ รวมถึงข้อดีและข้อจำกัด ที่เกี่ยวข้องกับตัวสื่อและวิธีการนำสื่อไปใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

4. แบบจำลอง (Model)

แบบจำลองเป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้องและรวดเร็ว ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้แนวคิดที่เป็นนามธรรม จึงทำให้แบบจำลองมีความสำคัญต่อการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งในอดีตและปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง

4.1 ความสำคัญของแบบจำลอง

นับตั้งแต่สมัยโบราณมาแล้วที่ แบบจำลองได้เข้ามามีอิทธิพลในการทำความเข้าใจและการให้เหตุผลของมนุษย์เป็นเวลาหลายศตวรรษแล้ว ผู้คนที่หลงใหลอยากเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ อยากเข้าใจระบบของกระบวนการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติ และต้องการเข้าใจถึงปรากฏการณ์เหล่านั้นว่ามีสาเหตุที่แท้จริงจากสิ่งใด ดังนั้น มนุษย์จึงพยายามสร้างแบบจำลองอธิบายถึงความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ ปัจจุบันแบบจำลองเป็นสิ่งสำคัญต่อการทำความเข้าใจธรรมชาติของเราและการทำงานทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับความเห็นของ แคทลิว (Cullin, 2004): 1: อ้างอิงจาก Callow, 2000) ที่กล่าวว่า มนุษย์จำเป็นต้องใช้แบบจำลองในการทำความเข้าใจโลกที่ซับซ้อน ซึ่งพวกเราอาศัยอยู่ เช่นเดียวกับจิ้งเกิลและคอลลีย์ (Cullin, 2004, p. 2; อ้างอิงจาก Jungele; & Calley, 1985) ที่กล่าวว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือช่วยในการสร้างคำอธิบายที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้ นักวิทยาศาสตร์สร้างการพยากรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ สามารถแปลความหมายการค้นพบ และใช้แบบจำลองเพื่อการทำความเข้าใจ การแสดงแทน (Represent) เชื่อมโยงถึงความเข้าใจ ผลจากการสังเกต การทดสอบแนวคิดตามสมมติฐานและทฤษฎี จินตนาการของนักเรียนที่มีลักษณะเป็นนามธรรมหรือมีความซับซ้อนจะถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง และแบบจำลองนำมาใช้ศึกษาแทนปรากฏการณ์จริงที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แบบจำลองที่แสดงลักษณะสำคัญของปรากฏการณ์เป้าหมายได้อย่างถูกต้องจะทำให้เกิดการเรียนรู้ (Cullin, 2004, p. 2; อ้างอิงจาก Schank; & Duncan, 1997)

วิทยาศาสตร์และผลผลิตของวิทยาศาสตร์ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถแยกออกจากวิทยาศาสตร์ แม้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะแตกต่างจากการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความลึกซึ้งของความรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมากสำหรับการเรียนการสอนในแต่ละระดับแบบจำลองจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทำให้แบบจำลองมีคุณค่ามีคุณประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้จึงได้รับความสนใจมากขึ้น ทั้งหมดนี้เป็นเพราะว่าแบบจำลองมักจะถูกนำมาอ้างหรือกล่าวถึงในชีวิตประจำวัน ในการเรียน ในการทดลองและในการทำนาย ดังนั้น หัวใจสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์จึงมีความสัมพันธ์กับการสร้างแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง (S. W. Gilbert & Ireton, 2003)

แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองแสดงบทบาทสำคัญ ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนก็สามารถเรียนรู้คล้ายคลึงกับการเรียนรู้ของนักวิทยาศาสตร์ได้ โดยการเข้าร่วมทำกิจกรรมในลักษณะคล้าย ๆ กัน การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจความหมายของการเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (J. K. Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000) นักเรียนสามารถเรียนรู้วิธีการใช้แบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติให้ดูสมเหตุ สมผลด้วยตัวของเขาเอง กล่าวโดยสรุปแล้ว การสร้างแบบจำลองได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงยุทธวิธีการคิด ที่สำคัญได้จัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Harrison & Treagust, 2000; Wells, Hestenes, & Swackhamer, 1995) สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นเพียงด้านความรู้ นั้นถูกวิจารณ์ว่าวิทยาศาสตร์เป็นเพียงข้อสรุปที่สวยหรูซึ่งนำเสนอข้อเท็จจริงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่าแสดงให้นักเรียนเห็นถึงกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Loper, 2005): 1; อ้างอิงจาก Schwab, 1962, p. 24)

สมาคมชาวอเมริกันเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1993, p. 267) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการจัดการศึกษามากขึ้น มีการแนะนำให้ใช้แบบจำลองเป็นสื่อการสอนประกอบหลักสูตร และควรจะพัฒนาความเข้าใจบทบาทของแบบจำลองในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น นอกจากนี้สำนักมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (NSES) ได้ชี้ให้เห็นถึงคุณค่าของแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลอง ในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้หน่วยบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนทุกระดับชั้น (NRC, 1996, p. 104)

แม้ว่านักการศึกษาจะมีความพยายามสนับสนุนให้มีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แต่ช่องว่างระหว่างการปฏิบัติกับสิ่งที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของหลักสูตรเกี่ยวกับการนำแบบจำลองไปใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างไรก็แตกต่างกันมาก (S. W. Gilbert & Iretton, 2003) มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าครูไม่สามารถประยุกต์ทฤษฎีไปสู่การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ (Aktan, 2005; Gobert & Buckley, 2000) นักวิจัยหลายคนแนะนำว่า การสร้างแบบจำลองควรเป็นส่วนแกนของการศึกษาวิทยาศาสตร์เพราะว่ามันเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาธรรมชาติและความซับซ้อนของปรากฏการณ์ธรรมชาติ (R. Justi & J. Gilbert, 2002; R. S. Justi & J. K. Gilbert, 2002; Van Driel & Verloop, 2002) ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเข้าใจบทบาทของแบบจำลองในหลักสูตรวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทั้ง 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัยควบคู่กันไปอย่างสมดุล

4.2 ความหมายของแบบจำลอง

แม้จะพบว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นที่น่าสนใจ แต่ก็มีบางอย่างที่ยังสับสนอยู่ ความสับสนที่สำคัญที่สุดคือ การใช้คำว่าแบบจำลองในความหมายต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน เช่นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer model) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical model) แบบจำลองในสมอง (Mental model) เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนจึงควรจะนิยามคำว่า แบบจำลอง ให้ชัดเจนก่อนที่จะให้ครูนำไปออกแบบหลักสูตร และจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลอง

แบบจำลอง “Model” คำในภาษาอังกฤษ เท่าที่ปรากฏในภาษาไทยมีคำ เช่นแบบจำลอง รูปแบบ ตัวแบบ แบบแผน หุ่นจำลอง รูปหุ่น แบบตุ๊กตา เป็นต้น แต่อาจอาจเรียกทับศัพท์ว่า โมเดล มีการใช้คำว่า แบบจำลอง ทั้งในทางศิลป์ใช้แบบจำลองอาจจะเป็นบุคคลหรือรูปปั้น และส่วนในทางวิทยาศาสตร์แบบจำลองอาจจะ หมายถึง แนวคิด ระบบหรือวัตถุ จึงมีผู้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้แตกต่างกัน ดังนี้

เฮสทีเนส (Hestenes, 1987) กล่าวว่า แบบจำลอง เป็นตัวแทนความคิดรวบยอดของสิ่งที่มีอยู่จริงสมาคอมเมริกักันเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1990, p.168) ได้ให้คำนิยามกว้าง ๆ ว่า “แบบจำลองของสิ่งต่างๆ คือสิ่งที่เลียนแบบของจริงอย่างง่าย โดยมีการคาดหวังว่าแบบจำลองจะช่วยให้เราเข้าใจของจริงได้ดีขึ้น แบบจำลองอาจจะเป็นอุปกรณ์ แผนการ ภาพวาด สมการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือแม้แต่ภาพในใจ แบบจำลองอาจจะเป็นสิ่งที่มีตัวตน สมการทางคณิตศาสตร์ หรือแนวคิด”

คาเทียร์ (Cartier, Rudolph, & Stewart, 2001) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง ชุดของแนวคิด คำอธิบาย หรือทำนาย ที่เกี่ยวกับกระบวนการและปรากฏการณ์ธรรมชาติ ตามความหมายนี้ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จึงรวมถึงผลผลิตของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และประโยชน์ต่อการนำไปสู่การวิจัยในอนาคต

กิลเบิร์ต และเออร์ตัน (S. W. Gilbert & Ireton, 2003) กล่าวว่า แบบจำลอง คือสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงระบบของวัตถุหรือแสดงบางส่วนของระบบอื่น ๆ ที่เป็นเป้าหมายเพื่อนำไปพยากรณ์และใช้ในการสื่อสารการเรียนรู้

จัสติและกิลเบิร์ต(Justi & Gilbert, 2003) กล่าวว่า แบบจำลองสามารถใช้ในจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันหลายอย่าง สามารถใช้แทนแนวคิด แทนเหตุการณ์ แทนวัตถุ แทนกระบวนการอื่น ๆ ใช้แบบจำลองในการสร้างสรรค์ การทำนาย การทดสอบ การสนับสนุน และเพื่อใช้แทนแนวคิดสุดท้าย แบบจำลองก็จะถูกยอมรับและเชื่อถือจากคนบางคนที่เป็กลุ่มของนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (ราชบัณฑิตยสถาน., 2525) ได้ให้ความหมายของแบบจำลอง ไว้ว่า“แบบจำลอง”หมายถึง ถ้ายแบบ การจำลองจากของจริงหรือแทนของจริง เช่น ท้องฟ้าจำลอง เป็นต้น

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า มีการใช้คำที่สื่อความถึง “แบบจำลอง” เช่น แบบจำลองในสมอง แบบจำลองทางกายภาพ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองวัตถุ แบบจำลองระบบ แบบจำลองปรากฏการณ์ แบบจำลองกระบวนการ และแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แบบจำลองเหล่านี้ ก็ยังมีลักษณะที่สำคัญเหมือนกัน คือ ใช้แสดงแทนของจริง หรือแสดงบางส่วนของของจริง เพื่อสะดวกต่อศึกษาการเรียนรู้ หรือนำไปใช้ในการทำนายปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา

สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนิยาม แบบจำลองว่าเป็นแบบจำลองทางกายภาพ (Physical model) ซึ่งเป็นแบบจำลองของสถานการณ์จริง สามารถสัมผัส ยกหรือถือไปยั้งที่ต่างๆ ได้ แบบจำลองทางกายภาพถูกนำไปใช้ได้หลายบริบทแตกต่างกันเพื่อหมายถึงสิ่งที่ใช้แสดงแทนของบางอย่างของสิ่งนั้นนั้นอาจจะเป็นวัตถุชิ้นเดียว เช่น รถยนต์ หรือระบบใหญ่ เช่น ระบบสุริยะกทรงกลมท้องฟ้า แบบจำลองทางกายภาพในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ช่วยให้เราเห็นภาพบางอย่างของสิ่งที่แบบจำลองนั้นแสดงแทน นั่นคือแบบจำลองที่แสดงลักษณะทางกายภาพของสิ่งใดก็จะมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกับสิ่งนั้นหรือระบบนั้น หากพิจารณาของเล่นที่อยู่รอบตัวเราก็จะเห็นว่าของเล่นสามารถใช้เป็นแบบจำลองทางกายภาพของสิ่งต่าง ๆ ในโลกได้

เช่น รถยนต์เด็กเล่นสามารถแสดงองค์ประกอบที่สำคัญและการเคลื่อนที่ของรถยนต์จริงได้ หรือแบบจำลองทางกายภาพของระบบสุริยะสามารถแสดงแทนดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์ทั้ง 8 ดวงที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งการแสดงแบบจำลองของระบบสุริยะนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น ให้นักเรียนปั้นดินน้ำมันแทน ดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์ หรือใช้หลอดไฟแทนดวงอาทิตย์ ลูกโลกจำลองแทนโลก และลูกปิงปองแทนดวงจันทร์

4.3 ลักษณะของแบบจำลองที่ดี

เมเยอร์ (Mayer, 1989, p. 50) กำหนดไว้ว่า แบบจำลองที่ดีจะต้องมีองค์ประกอบทั้ง 6 ด้านดังต่อไปนี้

- 1) มีความสมบูรณ์ในเชิงโครงสร้าง กล่าวคือ แสดงองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมดของแนวคิดที่ต้องการอธิบายได้
- 2) มีความสอดคล้องและเหมาะสมในระดับของรายละเอียดที่ต้องการอธิบาย
- 3) มีความเหมาะสมของภาษาและรูปแบบการนำเสนอ
- 4) ความเป็นรูปธรรมในการนำเสนอ เห็นความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบของแบบจำลองอย่างชัดเจน
- 5) ให้คำอธิบายมโนคติที่ชัดเจนและสามารถอธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้
- 6) ชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่แบบจำลองสามารถอธิบายได้ถูกต้อง และข้อจำกัดของแบบจำลอง

แอกตัน (Aktan, 2005) กล่าวว่า ลักษณะทั่วไปของแบบจำลองอาจจะแตกต่างกันบ้างแต่ลักษณะทั่วไปยังคงเหมือนกันทุกแบบจำลอง และได้กำหนดลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

- 1) แบบจำลองมักจะสัมพันธ์กับเป้าหมาย สอดคล้องกับความเป็นจริงตามธรรมชาติ และแบบจำลองมีรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมายของมัน
- 2) แบบจำลองสอดคล้องกับหลักฐาน ซึ่งได้รับจากการสังเกตปรากฏการณ์โดยตรงและทางอ้อม
- 3) แบบจำลองมีความสมเหตุสมผล และแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของเป้าหมายกับปรากฏการณ์

4) แบบจำลองใช้รูปแบบความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (นั่นคือ มีความสมเหตุสมผลและมีรูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างโครงสร้างของแบบจำลองแต่ละส่วน) ทำหน้าที่แทนสิ่งของความคิดทฤษฎี หรือเลียนแบบของจริง

5) แบบจำลองต้องเป็นตัวแทน แบบจำลองสามารถปรับปรุงได้ แบบจำลองอาจจะได้รับ การยอมรับหรือถูกละทิ้งก็ได้

คาเทียร์ (Cartier et al., 2001) ได้กล่าวถึงลักษณะความเฉพาะเจาะจงของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และที่มีความสอดคล้องกับการทำงานทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ว่า แบบจำลองเป็นชุดของแนวคิดที่บรรยายกระบวนการทางธรรมชาติ ที่ถูกสร้างขึ้นจากการสังเกตกระบวนการและวัตถุที่เกี่ยวข้อง ต้องสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์วัตถุธรรมชาติได้ ต้องมีความสอดคล้องกับผลการสังเกตและหลักการเบื้องต้น และแบบจำลองจะมีประโยชน์ใช้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

นอกจากนี้ เสรี ชัดเข้ม (เสรี ชัดเข้ม, 2537) กล่าวไว้ว่า แบบจำลองที่ดีควรมีคุณลักษณะ ดังนี้ว่า แบบจำลองควรจะมี

1) มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงโครงสร้างมากกว่าที่จะเน้นความสัมพันธ์แบบรวม ๆ

2) นำไปสู่การทำนายผลที่ตามมา ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่ถ้าปรากฏว่า แบบจำลองไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แบบจำลองนั้นก็จะต้องถูกยกเลิกไป

3) อธิบายเรื่อง que ศึกษาถึงโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงเหตุผลได้

4) แบบจำลองควรนำไปสู่การสร้างแนวความคิดใหม่ของเรื่อง que ศึกษาได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย ผู้วิจัยพบว่า การให้ความเห็นเกี่ยวกับลักษณะของแบบจำลองของแต่ละคนมีความแตกต่างกันบ้าง แต่ทุกแนวคิดก็แสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไปที่เหมือนกัน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะของแบบจำลองที่ดี เพื่อใช้สำหรับการออกแบบสร้างแบบจำลองระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าให้มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ ดังนี้

1) แบบจำลองต้องสอดคล้องกับข้อมูลจากการสังเกตและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้

2) แบบจำลองจะต้องสอดคล้องกับหลักการกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์

3) แบบจำลองจะต้องสามารถอธิบายแนวคิดและทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง

4) แบบจำลองจะต้องมีความน่าสนใจ คงทนและสะดวกต่อการใช้งาน

4.4 เป้าหมายของการสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง ได้รับความสนใจมากขึ้นในงานวิจัยสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ตลอดช่วง เวลาที่ผ่านมา โดยเป้าหมายสำคัญของการใช้แบบจำลองเพื่อพัฒนาผู้เรียนมีอยู่ 3 ด้าน หลักๆ ดังนี้

4.4.1 เป้าหมายด้านแนวคิด (Conceptual Goals)

ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ท้าทาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ปรากฏการณ์นั้นยากต่อการสังเกต เช่น การศึกษาอะตอมซึ่งมีขนาดเล็กมาก ๆ หรือการศึกษาการคัดเลือกตามธรรมชาติซึ่งมีเปลี่ยนแปลงช้ามาก ๆ หรือสิ่งที่ศึกษามีขนาดใหญ่มาก ๆ เช่น ระบบสุริยะ เป็นต้น สามารถใช้แบบจำลองเพื่อการศึกษาสิ่งเหล่านี้ได้ สอดคล้องกับ ไวท์ (Barbara Y. White, 1993) ที่กล่าวว่า แบบจำลองเป็นเสมือนสะพานที่เชื่อมต่อสำคัญระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมกับสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งไม่เพียงแต่ใช้กับปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ แต่ยังใช้ได้กับสิ่งอื่นที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง สามารถออกแบบจำลองให้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ หรือเน้นให้แสดงเฉพาะบางด้านที่สำคัญของปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ ถ้านำแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนก็จะเรียกว่า การสอนแบบจำลอง (Teaching Models)

4.4.2 เป้าหมายด้านการให้เหตุผล (Reasoning Goals)

นักวิจัยพบว่า การคิดของผู้เรียน เช่น การคิดอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างมีเหตุผล และความสามารถในการใช้ทักษะการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ จะได้รับการพัฒนาจากการเรียนด้วยการสร้างและปรับปรุงแบบจำลอง และการสอนด้วยแบบจำลองสามารถสนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับธรรมชาติ (Loper, 2005): 5; อ้างอิงจาก Bliss. 1994; Resnick, 1996; (Barbara Y; White & Frederiksen, 1998); White; & Schwarz. 1999; Wilensky. 1999)

4.4.3 เป้าหมายด้านญาณวิทยา (Epistemological Goals)

การสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ การได้ฝึกฝนการสร้าง ทดสอบ ปรับปรุงแบบจำลองอย่างสม่ำเสมอ จะสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจว่า แบบจำลองช่วยให้เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น โดยเฉพาะวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ ไดรเวอร์และคณะ

(Driver; et al, 1994, p. 5) ซึ่งให้เห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตจากการสร้างความหมายของมนุษย์โดยใช้กระบวนการทางสังคมที่เป็นสังคมวิทยาศาสตร์ดำเนินการเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อตกลงร่วมกัน และความรู้วิทยาศาสตร์เป็นความจริงชั่วคราว และมักจะมีการปรับปรุง ไดรเวอร์และคณะกล่าวว่า อุปสรรคที่ฝังแน่นของผู้เรียนในการเข้าใจวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการขาดความเข้าใจวิธีการสร้างแบบจำลองและยุทธวิธีการสืบเสาะที่สนับสนุนวิธีการเหล่านี้

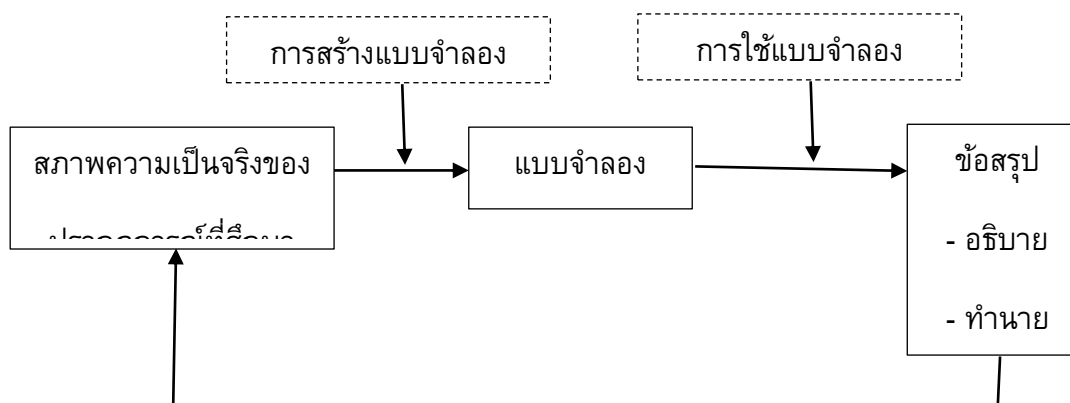
อันที่จริงแล้ว ผู้เรียนควรจะเรียนวิธีการพัฒนา และทดสอบแบบจำลองของพวกเขาด้วยตนเอง เช่นเดียวกันกับ พัฒนาความประทับใจในบทบาทของแบบจำลองในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ และวิจารณ์เพื่อประเมินแบบจำลองได้ ผู้เรียนควรจะคุ้นเคยกับวิธีการสร้างและทราบเป้าหมายของแบบจำลองประเภทต่างๆ ทราบประโยชน์และความสัมพันธ์ของแบบจำลองหนึ่งกับแบบจำลองอื่นๆ (Justi & Gilbert, 2003; Barbara Y; White & Frederiksen, 1998) ถ้าเป้าหมายหลักของการศึกษามีเพียงการเรียนรู้แนวคิด ผู้เรียนก็อาจจะไม่จำเป็นต้องสามารถสร้างและปรับปรุงแบบจำลอง เพียงแค่ นำแบบจำลองไปใช้ก็เพียงพอแล้ว แต่ถ้าเน้นเป้าหมายด้านญาณวิทยาและการให้เหตุผล การสร้างและใช้แบบจำลองก็อาจจะมีมีความสำคัญใน การพัฒนา ผู้เรียน

4.5 การสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง

ในการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง ผู้เรียนจำเป็นจะต้องใช้ทั้งกระบวนการสร้างแบบจำลองและทดสอบแบบจำลองควบคู่กันไป เพื่อพัฒนาความเข้าใจและสร้างคำอธิบายเป็นของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา

4.5.1 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองก็มีจุดประสงค์เช่นเดียวกับการตั้งสมมติฐานของการวิจัย คือใช้เป็นแนวทางในการศึกษาหรือวิจัยในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ดังนั้นการเขียนแบบจำลองจึงต้องวิเคราะห์แนวความคิดหรือทฤษฎีออกมาเป็นองค์ประกอบหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และเขียนโยงองค์ประกอบหรือตัวแปรออกมาเป็นโครงสร้างความสัมพันธ์โดยองค์ประกอบ หรือตัวแปรเหล่านี้ อาจได้มาจากประสบการณ์ของผู้ศึกษา การเทียบเคียงตามหลักการของอุปมาอุปไมยผลการศึกษาวิจัยที่ทำไว้หรือจากทฤษฎีที่มีอยู่แล้วก็ได้ การศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือสังคมเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เราอาจจะไม่สามารถศึกษาปรากฏการณ์เรื่องนั้นโดยตรงก็ได้ แต่เราศึกษาโดยวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อหาข้อสรุปที่สามารถนำไปอธิบายทำนายหรือควบคุมปรากฏการณ์ ดังรายละเอียดในภาพประกอบ 2 (เสรี ชัดเข้ม, 2538, น. 54-55; อ้างอิงจาก ทาดาโอะ มียากาวะ)



ภาพประกอบ 3 แสดงการศึกษาปรากฏการณ์โดยวิธีการสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองที่ใช้ศึกษาค้นคว้าปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ มีลักษณะโครงสร้างสอดคล้องกับสภาพความจริงกับเรื่องหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา และสามารถนำไปใช้ทำนาย อธิบาย หาข้อสรุป หรือเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง คุณสมบัติของแบบจำลองทั้ง 2 ประการนี้ มีลักษณะขัดแย้งกันเอง กล่าวคือ ถ้าเราสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสภาพความจริงของปรากฏการณ์มากเท่าใด แบบจำลองก็จะซับซ้อนมากขึ้น ทำให้การนำแบบจำลองไปใช้มีความยุ่งยาก ในทางตรงกันข้ามถ้าเราเน้นความสะดวกในการนำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ ก็ต้องเขียนแบบจำลองให้มีความเรียบง่าย แบบจำลองจึงไม่ค่อยจะสอดคล้องกับสภาพความจริงของปรากฏการณ์มากนัก ทำให้การนำแบบจำลองไปใช้อธิบายทำนาย หรือเชื่อมโยงปรากฏการณ์เป็นไปอย่างจำกัด ดังนั้น การสร้างแบบจำลองจึงต้องพยายามสร้างให้สอดคล้องเชื่อมโยงหรือสัมพันธ์กับสภาพความจริงของปรากฏการณ์ให้มากที่สุด และในขณะเดียวกันก็ต้องสามารถนำไปใช้หาข้อสรุปเพื่ออธิบายทำนาย หรือเชื่อมโยงปรากฏการณ์นั้นๆ ให้ได้มากที่สุดด้วย โดยเราอาจเลือกศึกษาเฉพาะองค์ประกอบหรือตัวแปรสำคัญๆ ของปรากฏการณ์นั้น

แบบจำลองคล้ายกับทฤษฎีที่ส่วนใหญ่สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์หลักการ หรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่ค้นพบ และถ้าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หลักการ หรือกฎเกณฑ์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดีจนเป็นที่ยอมรับแล้ว จะเรียก แบบจำลอง ว่า ทฤษฎี (จงชัย ชิวปรีชา; และคณะ. 2527: 246) ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า ในการสอนวิทยาศาสตร์ทุกครั้งที่มีการสร้างข้อสรุป หลักการ หรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาแบบจำลองมาอธิบายสิ่งต่างๆ และควรเริ่มต้นจากการลองใช้แบบจำลองที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้วมาอธิบาย ถ้าอธิบาย

ไม่ได้ก็ลองให้นักเรียนคิดหาแบบจำลองใหม่ขึ้นมาอธิบาย ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะต้องให้ความหมายที่กว้างขวางครอบคลุมปรากฏการณ์ของเรื่องที่ศึกษานั้นๆ ซึ่งข้อความดังกล่าวมักจะประกอบด้วย ชุดของหลักการ หรือข้อตกลงที่เกี่ยวกับส่วนประกอบหรือพฤติกรรมของธรรมชาติในเรื่องนั้นๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อนักเรียนได้ศึกษาปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดกลางวันกลางคืน และทราบว่ากลางวันมี 12 ชั่วโมง กลางคืนมี 12 ชั่วโมงเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก นักเรียนแต่ละคนอาจจะสร้างแบบจำลองอธิบายได้แตกต่างกันไป เช่น ดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกรอบละ 24 ชั่วโมง หรือโลกหมุนรอบตัวเองรอบละ 24 ชั่วโมง เป็นต้น จากนั้นเราก็ทดสอบดูว่าแบบจำลองของเราอธิบายปรากฏการณ์ได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ต้องปรับปรุงแบบจำลอง ในกรณีที่มีอธิบายได้ขั้นตอนต่อไปก็ต้องตรวจสอบดูว่า เราสามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้ กว้างขวางเพียงใด เช่น การเกิดข้างขึ้นข้างแรม การเกิดจันทรุปราคา การเกิดสุริยุปราคา และการเกิดฤดูกาล เป็นต้น ถ้าแบบจำลองนั้นอธิบายไม่ได้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไข หรือสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่

4.5.2 การทดสอบแบบจำลอง

ขั้นตอนที่สำคัญของการสร้างแบบจำลองก็คือการทดสอบหรือตรวจสอบแบบจำลองนั้นด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงควรมีความชัดเจนและเหมาะสมกับวิธีการทดสอบในทางตรงกันข้ามแบบจำลองก็สามารถใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ด้วย (เสรี ชัดเข้ม, 2538, น. 56) การสร้างแบบจำลองการเก็บรวบรวมข้อมูลและการทดสอบแบบจำลองเป็นกิจกรรมที่ต้องบูรณาการเข้าด้วยกัน เนื่องจากโครงสร้างของแบบจำลองจะเป็นตัวกำหนดวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จะนำไปใช้ทดสอบแบบจำลอง ผลของการทดสอบแบบจำลองย่อมนำไปสู่การยอมรับหรือปฏิเสธแบบจำลองนั้น การทดสอบแบบจำลองนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากของการสร้างแบบจำลอง ถ้าไม่มีการทดสอบแบบจำลอง แบบจำลองที่สร้างขึ้นก็ไม่เกิดประโยชน์อะไรมากนัก เพราะเป็นเพียงการพิจารณาความสอดคล้องของแบบจำลองกับสภาพความเป็นจริงของปรากฏการณ์เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถพัฒนาแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปสู่การเป็นทฤษฎีได้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้เรียนและผู้สอนจะทดสอบแบบจำลองโดยพิจารณาจากองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านของแบบจำลอง คือความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการอธิบายปรากฏการณ์ ความสอดคล้องกับกฎเกณฑ์อื่นๆ ความสามารถในการทำนายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง และความเรียบง่ายของแบบจำลอง นอกจากนี้ครูต้องแนะนำนักเรียนว่า ไม่ควรสร้างแบบจำลองเฉพาะสำหรับปรากฏการณ์ใหม่ที่

เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เดิมที่ศึกษามาแล้ว แต่ควรปรับปรุงแบบจำลองเดิมให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้

4.6 แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

จตุรงค์ สุคนธชาติ. (2561) ได้กล่าวถึง ทรงกลมท้องฟ้าและองค์ประกอบบนทรงกลมฟ้า ไว้ดังนี้

ทรงกลมฟ้า เป็นทรงกลมสมมุติที่ขยายจากโลกขึ้นไปในอวกาศ ให้มีรัศมีใหญ่กว่ารัศมีของโลกมาก ทรงกลมฟ้ามีขนาดใหญ่กว่าระบบสุริยะและกาแล็กซี แต่ไม่ได้มีขนาดเป็นอนันต์

ดวงดาวและวัตถุท้องฟ้าต่างๆ ทั้ง ดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ และดวงจันทร์ จะปรากฏอยู่ที่ผิวของทรงกลมฟ้า เพราะทรงกลมฟ้ามีขนาดใหญ่มากจนผู้สังเกตไม่สามารถจำแนกความลึกของดวงดาวต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ให้แตกต่างกันได้ ส่วนผู้สังเกต (โลก) จะอยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลมฟ้าเสมอ

ในธรรมชาติ โลกหมุนรอบตัวเองตามกฏมือขวา (ทิศทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากอวกาศลงมายังขั้วโลกเหนือ) ดังนั้น จึงส่งผลให้ทรงกลมฟ้าหมุนรอบตัวเองตามกฏมือซ้าย (ทิศตามเข็มนาฬิกา) โลกหมุนรอบตัวเองครบ 1 รอบ 360° ในเวลา 24 ชั่วโมง ดวงดาวต่างๆ จะโคจรตามเส้นเดคลิเนชันของดาวนั้น โคจรครบ 1 รอบในเวลา 24 ชั่วโมง เพราะการหมุนรอบตัวเองของโลก (1 ชั่วโมง = 15 องศา หรือ 1 องศา = 4 นาที)

วงกลมใหญ่ คือวงกลมที่ระนาบของวงกลมแบ่งทรงกลม (ฟ้า) ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน เช่น เส้นศูนย์สูตรฟ้า ส่วนวงกลมเล็กระนาบของวงกลมแบ่งทรงกลมฟ้าออกเป็น 2 ส่วนที่มีขนาดไม่เท่ากัน เช่น เส้นเดคลิเนชัน

ทิศตะวันออก (E) และทิศตะวันตก (W) ในเรื่องทรงกลมฟ้าจะนิยามจากการตัดกันของเส้นศูนย์สูตรฟ้า และเส้นขอบฟ้า ซึ่งจะสอดคล้องกับการนิยามทางภูมิศาสตร์ที่กำหนดให้ทิศ E และทิศ W อยู่ห่างจากทิศ N บนเส้นขอบฟ้าเป็นมุม 90° และ 270° บนเส้นขอบฟ้าในทิศตามเข็มนาฬิกา ตามลำดับ

ในธรรมชาติ โลกหมุนรอบตัวเองตามกฏมือขวา คือ ใช้นิ้วโป้งของมือขวาชี้ไปยังขั้วฟ้าเหนือ แล้วนิ้วมือที่เหลือทั้ง 4 นิ้วจะแสดงถึงทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งจะสอดคล้องกับโลกหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากอวกาศลงมาที่ขั้วโลกเหนือ(มุมมอง Top view)หรือโลกหมุนจากทิศตะวันตก ไปทางทิศตะวันออก กล่าวคือ โลกจะหมุนเอาขอบฟ้าทาง

ทิศ ตะวันออกให้ต่ำลงไป คนบนโลกจึงเห็นดวงดาวขึ้นทางขอบฟ้าทิศตะวันออก ส่วนโลกจะหมุนเอา ขอบฟ้าทางทิศตะวันตกให้สูงขึ้นมาบังดวงดาว คนบนโลกจึงเห็นดวงดาวตกลงขอบฟ้าทางทิศตะวันตก

ส่วนประกอบของทรงกลมฟ้า

จุดจอมฟ้า (Zenith; Z) คือ จุดสูงสุดของท้องฟ้าที่อยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก อยู่ในบริเวณเหนือศีรษะของผู้สังเกต

จุดดิ่ง (Nadir; η) เป็นตำแหน่งต่ำสุดของทรงกลมฟ้า ซึ่งอยู่บริเวณใต้เท้าของผู้สังเกต

ขั้วฟ้าเหนือ (North Celestial Pole; NCP) คือ ขั้วหนึ่งของทรงกลมฟ้า เป็นจุดศูนย์กลางการหมุนจุดหนึ่งขั้วของทรงกลมฟ้าทางด้านทิศเหนือ เกิดจากการต่อแกนหมุนของโลกด้านทิศเหนือ (ขั้วโลกเหนือ) ขึ้นไปบนทรงกลมฟ้า

ขั้วฟ้าใต้ (South Celestial Pole; SCP) คือ ขั้วหนึ่งของทรงกลมฟ้า เป็นจุดศูนย์กลางการหมุนของทรงกลมฟ้าทางด้านทิศใต้ เกิดจากการต่อแกนหมุนของโลกด้านทิศใต้ (ขั้วโลกใต้) ขึ้นไปบนทรงกลมฟ้า

เส้นขอบฟ้า (Horizon) คือ แนวเส้นขอบท้องฟ้าซึ่งผู้สังเกตจะมองเห็นฟ้าจรดกับพื้นดินหรือพื้นน้ำ

เส้นเมริเดียน (Meridian) เป็นเส้นสมมติบนทรงกลมฟ้าที่ลากผ่านทิศเหนือมายังจุดเหนือศีรษะและไปที่ทิศใต้ เส้นสมมตินี้จึงวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ของผู้สังเกต

สุริยวิถี (Ecliptic) คือ เส้นวงกลมใหญ่บนทรงกลมฟ้า เป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า เกิดจากผลของโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ โดยเส้นสุริยวิถีจะเอียงทำมุม 23.45° กับเส้นศูนย์สูตรฟ้า เนื่องจากการเอียงของแกนโลก

เส้นศูนย์สูตรฟ้า (Celestial Equatorial; CE) คือ เส้นวงกลมใหญ่บนทรงกลมฟ้า ซึ่งเกิดจากการต่อขยายเส้นศูนย์สูตรโลกขึ้นไปบนทรงกลมฟ้า ดังนั้นระนาบศูนย์สูตรฟ้าจึงตั้งฉากกับแกนหมุนของโลกและทรงกลมฟ้า

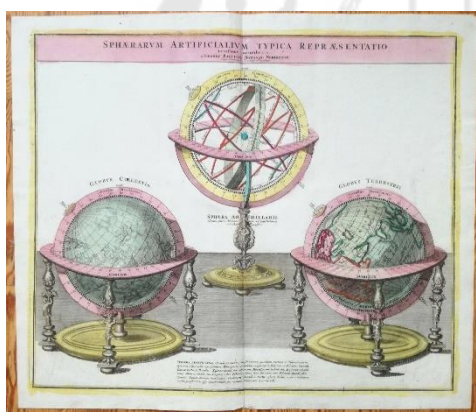
วสันตวิษุวัต (Vernal Equinox; Υ) ($\approx 21-22$ มี.ค., $RA=0^h$, $\lambda=0^h$) คือ จุดตัดจุดหนึ่งระหว่างเส้นศูนย์สูตรฟ้าและเส้นสุริยวิถี เป็นจุดที่ดวงอาทิตย์กำลังจะข้ามจากซีกฟ้าใต้ไปยังซีกฟ้าเหนือ ซีกโลกเหนือ : เข้าสู่ฤดูใบไม้ผลิ. ซีกโลกใต้ : เข้าสู่ฤดูใบไม้ร่วง ช่วงเวลากลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากัน

ศารทวิษุวัต (Autumnal Equinox; Ω) ($\approx 22-23$ ก.ย., $RA=12^h$, $\lambda=12^h$) คือ จุดตัดจุดหนึ่งระหว่างเส้นศูนย์สูตรฟ้าและเส้นสุริยวิถี เป็นจุดที่ดวงอาทิตย์กำลังจะข้ามจากซีกฟ้าเหนือไปยังซีกฟ้าใต้ ซีกโลกเหนือ : เข้าสู่ฤดูใบไม้ร่วง ซีกโลกใต้ : เข้าสู่ฤดูใบไม้ผลิ ช่วงเวลากลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากัน

ครีษมายัน (Summer Solstice) ($\approx 21-22$ มิ.ย., $\lambda=6^h$) คือ จุดบนเส้นสุริยวิถีที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าไปทางซีกฟ้าเหนือ (NCP) มากที่สุด $\approx 23.45^\circ$ ซีกโลกเหนือ : เข้าสู่ฤดูร้อน มีช่วงเวลากลางวันยาวนานที่สุด และช่วงเวลากลางคืนสั้นที่สุดในรอบปี ซีกโลกใต้ : เข้าสู่ฤดูหนาว มีช่วงเวลากลางวันสั้นที่สุดและช่วงเวลากลางคืนยาวนานที่สุด

เหมายัน (Winter Solstice) ($\approx 22-23$ ธ.ค., $\lambda=18^h$) คือ จุดบนเส้นสุริยวิถีที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าไปทางซีกฟ้าใต้ (SCP) มากที่สุด $\approx 23.45^\circ$

ซีกโลกเหนือ : เข้าสู่ฤดูหนาว มีช่วงเวลากลางคืนยาวที่สุด และมีกลางวันสั้นที่สุดในรอบปี ซีกโลกใต้ : เข้าสู่ฤดูร้อน มีช่วงเวลากลางวันยาวนานที่สุด และช่วงเวลากลางคืนสั้นที่สุด



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบจำลองทรงกลมท้องฟ้าในอดีต



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบจำลองทรงกลมท้องฟ้าในปัจจุบัน

5. ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

5.1 ความหมายของแนวคิด (concept)

แนวคิด แปลมาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ และมีผู้กล่าวถึงแตกต่างกันหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด แนวความคิด มโนคติ มโนทัศน์ มโนภาพ และสังกัป การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “แนวคิด” ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของคำว่า แนวคิด ไว้ ดังนี้

ฟิลด์แมน (Feldman, 1989) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับแนวคิด ไว้ว่า “แนวคิดเกิดจากการใช้คุณสมบัติที่คล้ายกันในการจัดกลุ่มของสิ่งของ เหตุการณ์ หรือคน แนวคิดทำให้เราสามารถจัดทำสิ่งใหม่ ๆ และเกิดความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น เป็นสิ่งที่เราสามารถเข้าใจได้ตามประสบการณ์ของเราที่ผ่านมา”

โรเทนเบิร์ก (Rothenberg, 1985: 500) ได้ให้ความหมายของคำว่า แนวคิด ในเชิงปรัชญาและจิตวิทยา ดังนี้ “แนวคิดในเชิงปรัชญา หมายถึง ความคิดที่ประกอบด้วยแนวคิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะพิเศษและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผลส่วนมโนคติในความหมายทางจิตวิทยา ไม่ได้เป็นเพียงการรับรู้ แต่เป็นผลสรุปที่ได้มาจากการกลั่นกรองการรับรู้แล้ว”

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, 2534) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับแนวคิด ไว้ว่า “แนวคิดเป็นผลสรุปจากการรับรู้ของเรามีต่อสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะร่วมกันอยู่ เป็นการรวบรวมสิ่งที่คล้ายคลึงกันเข้ามารวมกันเป็นรูปแบบเดียวกันเช่น หนังสือ ก็รวมตั้งแต่พจนานุกรมจนถึงหนังสือการ์ตูน เป็นต้น”

สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ (สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์, 2538) ได้สรุปความหมายของคำว่า แนวคิด ไว้ว่า “คือข้อความที่แสดงถึงแก่นหรือเป้าหมายของสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งสามารถจำแนกแยกแยะ

ความแตกต่าง (Discrimination) ขององค์ประกอบย่อย ๆ ออกไป หรือรวบรวมองค์ประกอบย่อย ๆ ซึ่งลักษณะคล้ายคลึงเข้ามาสรุปรวมเป็นกลุ่ม (Generalization) หรือพวกเดียวกันได้”

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546) ได้ให้ความหมายของแนวคิด ไว้ว่า แนวคิดหมายถึงหมวดหมู่ของวัตถุเหตุการณ์ หรือแนวความคิดที่มีองค์ประกอบพื้นฐานใกล้เคียงกันหมวดหมู่หนึ่ง แต่ละสิ่งในหมวดหมู่นั้นนี้อาจมีความแตกต่าง หลากหลาย แต่มีลักษณะใกล้เคียงกันมากพอที่จะบอกได้ว่า สิ่งนั้นคืออะไร ซึ่งแต่ละแนวคิดมักจะแทนด้วยคำพูดที่เข้าใจร่วมกันของคนในสังคม เช่น เมื่อพูดว่าต้นไม้จะมีภาพร่างของต้นไม้ในความคิดของเราทันที ทำให้เราเข้าใจได้ว่าหมายถึงอะไร

สุวิทย์ มูลคำ (สุวิทย์ มูลคำ, 2547) ได้ให้ความหมายของ แนวคิด ไว้ว่าเป็นความคิดที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์ แล้วความเข้าใจเกี่ยวกับเกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาการจัดกลุ่ม จัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกันโดยใช้คุณสมบัติ คุณลักษณะที่คล้ายกันซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ดังนั้น แนวคิดจะทำให้สามารถจำแนกสิ่งใหม่ๆ และเข้าใจได้รวดเร็วตามประสบการณ์ที่ได้สัมผัสมา

จากความหมายต่าง ๆ ดังกล่าวสรุปได้ว่า แนวคิด หมายถึง กลุ่มของความคิดเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แสดงถึงความหมายหรือลักษณะร่วมกันของสิ่งเหล่านั้น อันเป็นผลที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปโดยใช้คุณลักษณะสำคัญหรือลักษณะร่วมที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น

สำหรับ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้น ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังจะกล่าวถึงต่อไปนี้

สุวัฒน์ นิยมคำ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531) กล่าวว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงรูปแบบความรู้ซึ่งเกิดจากการจัดกลุ่มหรือการจัดประเภทของสิ่งที่ได้จากการสังเกตหลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน

มังกร ทองสุวรรณ (2535: 63) กล่าวว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความคิดสำคัญหรือข้อสรุปของความคิดที่เราได้รับรู้มาจากสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของมนุษย์

มาร์ติน (Martin, 1997) กล่าวว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงระหว่างข้อเท็จจริงหลายๆ ข้อเท็จจริง หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลายๆ ครั้งต่างวาระต่างเวลากัน

ภพ เลหาไพบูลย์ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) กล่าวว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจที่จะสรุปลักษณะร่วมที่สำคัญๆ ของปรากฏการณ์หรือวัตถุอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ละคนอาจจะมีแนวคิดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคลนั้น ๆ

จากความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาสรุปได้ว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ได้จากการสังเกตหลาย ๆ ครั้ง แล้วสร้างเป็นข้อสรุป ซึ่งมีทั้งลักษณะที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม

5.2 ความเข้าใจในแนวคิด (Conceptual Understanding)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546ข: 150) กล่าวว่า ความเข้าใจในแนวคิด หมายถึง ความสามารถด้านความรู้ ความคิด ในระดับของพฤติกรรมที่แสดงออกด้วย การอธิบาย ชี้แจง แปลความ ตีความ ขยายความ เปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิ หรือภาพประกอบต่างๆ

อลาวและกัทรี (Alao & Guthrie, 1999) กล่าวว่า ความเข้าใจในแนวคิดนั้นสามารถอธิบายได้ในแง่ของความเข้าใจในแนวคิดโดยทั่วๆ ว่า ถ้าผู้เรียนคนใดทราบเกี่ยวกับนิยามและความหมาย ของแนวคิดนั้น ๆ ผู้เรียนจะสามารถแสดงความรู้ออกมาให้เห็นในส่วนสำคัญที่เป็นแนวคิดหลักได้อย่างถูกต้อง เช่น ผู้เรียนมีความคิด หรือความเข้าใจต่อแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเรื่อง ระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ อันเกิดจากการสร้างความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ต่อแนวคิดนั้น ๆ ของผู้เรียน

เวสต์บรูคและมาเรค (Mungsing, W, 1993: 111-112; อ้างอิงจาก Westbrook; & Marek, 1992, p. 54) ได้แบ่งระดับความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete understanding: CU) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนถูกต้องใกล้เคียงกับคำอธิบายทางทฤษฎีที่มีอยู่ในหนังสือเรียน เช่น ผู้เรียนตอบว่าการเกิดกลางวันกลางคืน มีสาเหตุมาจากโลกหมุนรอบตัวเองจากตะวันตกไปตะวันออก จึงทำให้เห็นดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ขึ้นทางทิศตะวันออกแล้วตกทางทิศตะวันตก โลกด้านที่หันเข้าสู่ดวงอาทิตย์จะเป็นเวลากลางวันส่วนโลกด้านที่หันไปอยู่ตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ก็จะเป็นเวลากลางคืน เป็นต้น

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนถูกต้อง แต่ขาดข้อมูลที่จำเป็นบางส่วนที่จะทำให้เข้าใจอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามจะต้องไม่มีข้อมูลที่ผิดหรือไม่ถูกต้องปรากฏอยู่ในคำตอบของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนตอบว่าการเกิด

กลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากโลกหมุนรอบตัวเองในทิศทวนเข็มนาฬิกา สังเกตได้จากดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก เป็นต้น

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with specific Misconception: PS) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนประกอบด้วยข้อมูลที่ถูกต้อง แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนที่แสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในบางประเด็น เช่น ผู้เรียนตอบว่าการเกิดกลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากโลกหมุนรอบตัวเองจากตะวันออกไปตะวันตก สังเกตได้จากดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก เป็นต้น

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างชัดเจน (Specific misconception: SM) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดนั้นอย่างสมบูรณ์ เช่น ผู้เรียนตอบว่าการเกิดกลางวันกลางคืนมีสาเหตุมาจากดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกจากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตก ทำให้เห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกแล้วตกทางทิศตะวันตก เป็นต้น

5) ความไม่เข้าใจ (No understanding: N) หมายถึง ผู้เรียนตอบว่าไม่รู้ ตอบทวนคำถาม เว้นว่างไว้ไม่ตอบคำถาม หรือตอบไม่ตรงคำถาม เช่น เมื่อถามว่าข้างขึ้นข้างแรมมีสาเหตุมาจากอะไร ผู้เรียนตอบว่ากลางวันไม่สามารถเห็นดวงจันทร์ได้เพราะดวงอาทิตย์สว่างกว่าดวงจันทร์มาก เป็นต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช. คงนุช, 2550): 48; อ้างอิงจากสสวท. 2532) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและวิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียน เป็นแบบทดสอบเลือกตอบและแสดงเหตุผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วนำคำตอบและเหตุผลนั้นมาจัดแบ่งความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบของผู้เรียนถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด

2) แนวความคิดไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบของผู้เรียนถูก และให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด

3) แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของผู้เรียนถูกแต่การให้เหตุผลมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง

4) ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบของผู้เรียนถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

ธวัชชัย คงนุ่ม (ธวัชชัย คงนุ่ม, 2550) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียน เป็นข้อสอบเลือกตอบและส่วนของการให้เหตุผลโดยแบ่งความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

- 1) ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ หมายความว่านักเรียนตอบถูกทั้งส่วนของคำถามและส่วนของเหตุผลให้ 2 คะแนน
- 2) ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน หมายความว่านักเรียนตอบถูกเฉพาะส่วนของคำถามหรือส่วนของเหตุผลให้ 1 คะแนน
- 3) ไม่เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายความว่า นักเรียนตอบไม่ถูกทั้งส่วนคำถาม และส่วนเหตุผลหรือไม่ตอบเลยให้ 0 คะแนน

5.3 ความเข้าใจในแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน เป็นปัญหาสำคัญในการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษามากกว่า 2 ทศวรรษแล้ว จึงมีนักวิจัยที่ทำการศึกษาและให้ความสำคัญเกี่ยวกับความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนอย่างแพร่หลาย

คำว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อน มีคำที่ใช้แตกต่างกันออกไปทั้งภาษาไทยอังกฤษ คำในภาษาอังกฤษที่มีนักการศึกษานำมาใช้กันอยู่บ่อย ๆ ได้แก่ Preconceptions (Trowbridge; & McDermott. 1980; Hynd; et. Al, 1994) misconception (Sadanand; & Kess, 1990; Perez; & Carrascosa, 1990; Brown. 1992; Eryilmaz, 2002) alternative conceptions (Dykstra; et. Al, 1992; Hewson, 1992; Eckstein; & Shermesh, 1993; Weller, 1995; Windschitl; & Andre, 1998; Dekkers; & Thijs. 1998; Tao. 1999; Hewson; & Hewson, 2003) children' science (Gilbert; et. Al, 1982) Children scientific intuitions (Sutton, 1980) conceptual error (McDermott, 1984) common sense concepts (Halloun; & Hestenes. 1985a, 1985b) student 's everyday conception (Cobern. 199) preinstructional knowledge (Champagne; et. Al, 1980) informal ideas (Windschitl; & Andre. 1998) เหล่านี้เป็นต้น อ้างอิงจากนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548) สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้คำว่า “ Misconception” ซึ่งตรงกับคำศัพท์ภาษาไทยว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อน การวิจัยในครั้งนี้จะใช้คำว่า “แนวคิดที่คลาดเคลื่อน” โดยมีผู้ให้ความหมายของคำว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อน ไว้ดังนี้

รอน (Ron, 1983, p.154) กล่าวว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง โครงสร้างทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง

ออสบอนและวิตร็อค (Osborne & Wittrock, 1983) กล่าวว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อนหมายถึง แนวคิด ความคาดหวัง และคำอธิบายของเด็กเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งแตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เด็กพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวจากประสบการณ์และเปลี่ยนไปเมื่อเด็กเติบโตขึ้น บ่อยครั้งที่ความเข้าใจโลกรอบตัวไม่สอดคล้องกับการอธิบายตามแนววิทยาศาสตร์

วันเดอร์ซี (Wandersee, 1986) กล่าวว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวคิดที่เกิดจากการตีความไปในความหมายที่ไม่ได้รับการยอมรับ ซึ่งในบางครั้งการตีความนั้นไม่ถึงกับผิด

สมควร ขนชัยภูมิ (สมควร ขนชัยภูมิ, 2545) กล่าวว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวความคิดที่แตกต่างไปจากแนวความคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน เนื่องจากนักเรียนแปลความหมายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือข้อสังเกตตามความเชื่อและกรอบความรู้เดิมของตน ซึ่งขัดแย้งกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (สุวิมล เขี้ยวแก้ว, 2540) ได้สรุปความหมายของ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน ไว้ดังนี้

- 1) ความคิดของผู้เรียนหลังจากการสอน ซึ่งจะแตกต่างจากแนวความคิดที่วงการวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้
- 2) ความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ส่วนบุคคล ซึ่งไม่สอดคล้องกับสิ่งที่ได้ระบุไว้ในทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- 3) ความแตกต่างระหว่างความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับแนวความคิดที่ยอมรับกันในแวดวงวิทยาศาสตร์

จากความหมายของคำว่า ความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังกล่าวข้างต้นนั้น สรุปได้ว่าแนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจภายในของแต่ละบุคคล ที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยความรู้ความเชื่อที่บุคคลสร้างขึ้นนั้น มี การแปลความหมายที่แตกต่างหรือผิดไปจากแนวความคิดอันเป็นที่ยอมรับกันของสังคมวิทยาศาสตร์ในช่วงเวลานั้น

5.4 สาเหตุของความเข้าใจในแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านได้ศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ไว้ดังนี้

ไพน์และเวสต์ (Pines & West, 1986) แบ่งความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนตามลักษณะของสถานการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1) ความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน อันเกิดจากสถานการณ์ที่ขัดแย้งกัน แบ่งตามขั้นตอนของการเกิดแนวคิดได้ 3 ระยะ คือ

- 1.1) ระยะของการรับรู้
- 1.2) ระยะของการไม่สมดุล
- 1.3) ระยะของการจัดระบบใหม่

2) ความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกัน เช่น การขยายคำไปสู่ความหมายใหม่ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความหมายของคำ ซึ่งมีผลให้เกิดความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

3) ความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากสถานการณ์ที่ให้ความรู้โดยใช้ภาษาสัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากสัญลักษณ์มาสัมพันธ์กับความรู้ที่เกิดขึ้นจริงได้

สมควร ขนชัยภูมิ (2545, น. 9) ได้กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ว่าเกิดมาจากสาเหตุใหญ่ ๆ อยู่ 4 ประการ คือ

- 1) เกิดจากตัวผู้เรียนเอง อันเนื่องมาจากการแปลความหมาย หรือสรุปความไม่ถูกต้อง
- 2) เกิดจากความเชื่ออย่างฝังใจของตัวนักเรียนเอง
- 3) เกิดจากตำราสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่เสนอไม่ถูกต้องหรือไม่ชัดเจน
- 4) เกิดจากบุคคลอื่น ๆ เช่น ครูผู้สอน นักปรัชญา นักการศึกษา ที่นำเสนอไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540, น. 55-56) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไว้ดังต่อไปนี้

- 1) มีความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ครูสอนกับสิ่งที่ผู้เรียนเรียนรู้ เช่น ความรู้ที่ครูคิดว่า ผู้เรียนมีอยู่ก่อนเรียนแตกต่างจากที่ผู้เรียนมีอยู่จริง หรือกิจกรรมที่ครูต้องการให้ผู้เรียนทำแตกต่างกับที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เป็นต้น
- 2) ตำราเป็นแหล่งความรู้ที่สำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อน
- 3) ระดับพัฒนาการของนักเรียนไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน

- 4) ภาษาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกับภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน
- 5) ครูมีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนตามไปด้วย

5.5 ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน

หลายทศวรรษที่ผ่านมา นักดาราศาสตร์ นักจิตวิทยา และวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้วิจัยเพื่อนำไปสู่ข้อความรู้ว่า ผู้เรียนเรียนรู้ดาราศาสตร์อย่างไร วิธีการศึกษาของนักการศึกษาทั้งหลายนั้นได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อที่จะทำการสอบสวนความเข้าใจในแนวคิดต่าง ๆ ตามธรรมชาติของผู้เรียนและเพื่อที่จะได้ค้นพบความหมายต่างๆ ของผู้เรียน โดยเป็นคำพูดที่ผู้เรียนใช้ในการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก โดยมากแล้ววิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาจะเป็นการสัมภาษณ์นักเรียนเชิงลึก (Osborne & Wittrock, 1983) นอกจากนั้น ยังมีวิธีการใช้แบบทดสอบทั้งก่อนเรียนและ หลังเรียน เพื่อทดสอบความเข้าใจในแนวคิดของผู้เรียน วิชาดาราศาสตร์ได้รับการเห็นพ้องโดยทั่วกันแล้วว่าเป็นวิชาหนึ่งที่มีความยุ่งยาก เนื่องจากเนื้อหา มีลักษณะเป็นนามธรรม จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่าความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นเกี่ยวกับวิชาดาราศาสตร์พื้นฐานเรื่อง ระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์แยกตามแนวคิดต่างๆ ได้ดังนี้

- 1) มาตรการส่วนระบบโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ แนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้น ได้แก่ นักเรียนมักจะประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกมากกว่าความเป็นจริง และนักเรียนจำนวนมากเข้าใจว่าโลกมีขนาดใกล้เคียงกับดวงจันทร์ นอกจากนี้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าโลกดวงจันทร์และดวงอาทิตย์อยู่ใกล้กันมากกว่าความเป็นจริง (Fanetti, 2001; Khongpugdee et al., 2009; Trumper, 2001a; Zeilik et al., 1998) การเกิดกลางวันกลางคืนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้น ได้แก่ โลกไม่ได้หมุนรอบตัวเอง การเกิดกลางวันกลางคืนเป็นผลมาจากดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกวันละ 1 รอบ ดวงจันทร์โคจรรอบโลกวันละ 1 รอบ โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์วันละ 1 รอบ และผู้เรียนสับสนระหว่าง คำว่าโคจร (Revolve) กับหมุนรอบตัวเอง (Rotate) (Lightman & Sadler, 1993; Zeilik; et al, 1998; Trumper, 2001; (Dove, 2002); Khongpugdee, S.; et al, 2009, p. 124-126)

- 2) ฤดูกาลแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้น ได้แก่ การเกิดฤดูกาลมีสาเหตุมาจากระยะห่างจากโลกถึงดวงอาทิตย์ ฤดูร้อนดวงอาทิตย์อยู่ใกล้โลกมากที่สุด และฤดูหนาวดวงอาทิตย์อยู่ไกลโลกมากที่สุด ตำแหน่งขึ้นสูงสุดของดวงอาทิตย์ไม่แตกต่างกันในแต่ละวัน ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกที่ตำแหน่งเดิมทุกวัน ซีกโลกเหนือกับซีกโลกใต้มีฤดูกาลที่เหมือนกัน

(Lightman; & Sadler. 1993, Zeilik; et al. 1998; Trumper. 2001; Khongpugdee, S., et al. 2009: 124-126)

3) ข้างขึ้นข้างแรมแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้น ได้แก่ เงาของดวงอาทิตย์ไปบังดวงจันทร์บางส่วนไว้ ทำให้เราเห็นดวงอาทิตย์สว่างเพียงบางส่วน ดวงจันทร์ถูกเมฆปกคลุมบางส่วน ดวงจันทร์บางส่วนถูกเงาของดาวเคราะห์บังไว้ เงาจากของโลกไปบังดวงจันทร์ทำให้เกิดข้างขึ้นข้างแรม ผู้เรียนสับสนระหว่างการเกิดข้างขึ้นข้างแรมกับอุปราคา (Schoon, 1992); Lightman; & Sadler. 1993; Taylor. 1996) ดวงจันทร์ไม่ได้หมุนรอบแกนตัวเอง (Zeilik; et al. 1998; Trumper. 2001; Khongpugdee, S.; et al. 2009: 124-126)

4) ด้านหน้าของดวงจันทร์แนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้น ได้แก่ ดวงจันทร์ไม่ได้หันด้านเดิมเข้าหาโลกตลอดเวลา ดวงจันทร์ไม่ได้หมุนรอบตัวเองและในคืนเดียวกันคนบนโลกเห็นดวงจันทร์ไม่เหมือนกัน (Trumper, 2001; Taylor; et al, 2003; Feral Organ-Bekiroglu, 2007; Khongpugdee, S.; et al, 2009, p. 124-126)

5) จันทรุปราคาและสุริยุปราคา แนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้น ได้แก่ ทุก ๆ เดือนจะเกิดสุริยุปราคาและจันทรุปราคา การเกิดสุริยุปราคาทุกคนบนโลกสามารถเห็นได้พร้อมกัน (Lightman; & Sadler. 1993; Zeilik; et al. 1998; Trumper, 2001; Khongpugdee, S.; et al, 2009, pp. 124-126)

ผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยในส่วนนี้สรุปได้ว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับดาราศาสตร์พื้นฐานทุกแนวคิด คือ การเกิดกลางวันกลางคืน การเกิดฤดูกาล การเกิดข้างขึ้นข้างแรมและการเกิดอุปราคา ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความเข้าใจแนวคิดที่มีอยู่เดิม (Preconception) ของนักเรียน ไม่สอดคล้องกับข้อความรู้ หรือแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับกันทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน รวมทั้งคุณลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของวิชาดาราศาสตร์ซึ่งความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ สามารถเกิดขึ้นได้กับทุกคนทุกระดับ โดยมีปัจจัยต่าง ๆ เช่น ตัวผู้เรียน ตำราเรียน และผู้สอน เป็นต้น เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเกิดความเข้าใจในแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ ยังเป็นสิ่งที่ฝังแน่นใน ตัวบุคคลและยากต่อการแก้ไขปรับปรุงหากไม่มีกลยุทธ์หรือวิธีการที่เหมาะสมต่อการปรับเปลี่ยนความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้

5.6 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

จำนง พรายแยมแซ (จำนง พรายแยมแซ, 2516) ได้เสนอแนะการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) ต้องมีตัวอย่างประกอบให้มาก ๆ ในการสอนสิ่งหนึ่งสิ่งใดก็ตาม รวมทั้งการใช้อุปกรณ์ประกอบการสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนนั้นๆ

2) พยายามให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ให้มากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย เช่น การไปศึกษากับแหล่งเรียนรู้โดยตรงจริงๆ กับธรรมชาติ พืช สัตว์ สิ่งของ ดิน หิน แร่ เป็นต้น

3) แต่ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์รองมาใช้ในการเรียนรู้บ้าง เช่น หุ่นจำลอง รูปภาพ หรือสัญลักษณ์แทนสิ่งของต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริง ๆ เพื่อให้เด็กเกิดประสบการณ์กับสิ่งทดแทนของจริงบ้าง เราไม่สามารถสัมผัสกับของจริงได้ตลอดเวลา รูปภาพหรือหุ่นจำลอง ทำให้เกิดความสัมพันธ์ทางความคิด สามารถที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้

4) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม หรือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเองให้มากที่สุด

5) ส่งเสริมให้เด็กรู้จักใช้ความคิดในการหาเหตุผลอยู่เสมอ โดยรู้จักสังเกต และแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งต่างๆ ออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน

6) พยายามขจัดวิธีบอกหรือบรรยายด้วยปากเปล่าออกไปให้มากที่สุดเพราะอาจจะทำให้เกิดมโนภาพในการสร้างแนวคิดอย่างผิดๆ ได้ง่าย

นาตยา ปิรันธนานนท์ (นาตยา ปิรันธนานนท์, 2542) ได้เสนอวิธีสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดแนวคิดไว้ 2 วิธี คือ การสอนเพื่อให้เกิดแนวคิดแบบนิรนัย (Deductive) และการสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดแนวคิดแบบอุปนัย (Inductive) แต่ละวิธีมีขั้นตอนดังนี้

การสอนเพื่อให้เกิดแนวคิดแบบนิรนัย

- 1) กำหนดแนวคิดที่จะสอนและแจ้งให้ผู้เรียนทราบ
- 2) อธิบายความหมายของแนวคิดที่จะสอน
- 3) ให้ผู้เรียนดูและคัดเลือกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและที่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดที่จะสอน

จะสอน

- 4) ให้ผู้เรียนเสนอตัวอย่างใหม่เพิ่มเติมที่เป็นตัวอย่างของแนวคิดที่จะสอน
- 5) ให้ผู้เรียนสรุปอธิบายอีกครั้งหนึ่งว่าแนวคิดนั้นเป็นอย่างไร

การสอนเพื่อให้เกิดแนวคิดแบบอุปนัยและ

- 1) ผู้สอนไม่บอกแนวคิดและอธิบายความหมายของแนวคิดที่จะสอนแก่

ผู้เรียน

- 2) ให้ผู้เรียนดูตัวอย่างแล้วให้เลือกว่าตัวอย่างเหล่านั้นมีอะไรเป็นกลุ่มเดียวกันได้และอะไรที่ไม่เข้ากลุ่มกัน
- 3) ให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะที่มีอยู่ร่วมกันในตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันนั้น
- 4) ให้ผู้เรียนติดตั้งชื่อหรือกลุ่มคำจากตัวอย่างเหล่านั้น
- 5) ให้ผู้เรียนสรุปอธิบายความหมายของคำ หรือกลุ่มคำที่ตั้งขึ้นว่าหมายความว่าอย่างไร

มาร์ติน (Martin, 1997) ได้กล่าวถึงวิธีการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

- 1) ครูเป็นผู้กำหนดเหตุการณ์ปัญหาหรือเนื้อหาที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้
- 2) ให้ผู้เรียนได้วางแผนการแก้ปัญหา การสำรวจ การทดลอง หรือวิธีการที่จะได้ข้อมูลมาเพื่ออธิบาย เหตุการณ์ ปัญหา หรือเนื้อหาที่ศึกษา
- 3) ให้ผู้เรียนได้เป็นเจ้าของความรู้เอง โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้เอง
- 4) ครูให้คำแนะนำและควรซักถามนักเรียน เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้แนวคิดที่ถูกต้อง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากเหตุการณ์จริง หรือเรียนรู้จากแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับของจริง โดยผู้เรียนควรจะได้ลงมือปฏิบัติจริง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างความรู้ด้วยตนเอง

6. ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกภายในจิตใจของมนุษย์ที่มีไม่เหมือนกัน เป็นการแสดงออกที่เป็นนามธรรม ขึ้นอยู่กับความคาดหวังกับความสมดุลงของความต้องการกับการได้รับการตอบสนอง ความพึงพอใจมากหากมีการตอบสนองด้วยดีตามความคาดหวัง แต่ถ้าหากไม่ได้รับการตอบสนองตามความคาดหวังหรือความตั้งใจที่มาก ก็จะทำให้เกิดความไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่ง ความพึงพอใจจึงเป็นความรู้สึกหรือความคิดเห็นอาจจะทางบวกหรือทางลบ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ความเชื่อของบุคคลนั้น

6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ได้มีผู้ให้ความหมายของความพึงพอใจ ดังนี้

ธงชัย สันติวงษ์ (ธงชัย สันติวงษ์, 2535) กล่าวว่า ถ้าบุคคลหนึ่งได้มองเห็นช่องทางหรือโอกาสจะสามารถสนองแรงจูงใจที่ตนมีอยู่แล้ว ก็จะทำให้ความพึงพอใจของเขาดีขึ้นหรืออยู่ในระดับสูง

สุภาลักษณ์ ชัยอนันต์ (2540, น. 17) ได้ให้กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่เป็นสุขหรือยินดี หากสิ่งทำให้เกิดความไม่สมดุลหรือสิ่งที่ขาดหายไปได้รับการตอบสนองตามความต้องการ ความพึงพอใจเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของบุคคลให้แสดงออกหรือเลือกที่จะปฏิบัติกิจกรรมใด ๆ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542, น. 775) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจว่าหมายถึง พอใจและชอบใจ

สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง (สมศักดิ์ คงเที่ยง, 2542) กล่าวว่า ทักษะคติความรู้สึกของบุคคลโดยรวมทั้งหมด ทั้งความชอบ ความไม่ชอบต่อสภาพต่าง ๆ จะส่งผลต่อการเกิดความพึงพอใจ

นริษา นราศรี, (2544, น. 28) ได้กล่าวว่า การได้รับการตอบสนองความต้องการจะทำให้เกิดความสบายใจ เกิดความสุข มีผลทำให้เกิดความความพึงพอใจ

กิลเมอร์ (Gilme, 1966, น. 80) ได้กล่าวว่า ทักษะคติของบุคคลที่มีต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตโดยทั่วไปที่ได้รับมา มีผลทำให้เกิดความพึงพอใจ

ไพรัช แอนด์ มุลเลอร์ (Price & Mueller, 1986) ให้ทัศนะว่า ความพึงพอใจ คือระดับของความรู้สึกในทางบวกหรือในทางที่ดี

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ เป็นเรื่องของความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งที่ตนเองได้สัมผัสรับรู้ และจะมีความสุขเมื่อประสบผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย ความต้องการ หรือแรงจูงใจ

6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

นักวิชาการพยายามที่หาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบหรือปัจจัยต่าง ๆ กับความพึงพอใจ ได้กล่าวไว้หลายทฤษฎี อาทิเช่น

โคร์แมน (Korman. A.K., 1977) ได้กล่าวถึงทฤษฎีความพึงพอใจไว้ 2 กลุ่ม คือ

1) ทฤษฎีการสนองความต้องการ ใช้ความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจกับผลลัพธ์ที่ได้จากงาน ที่ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายตามความต้องการส่วนบุคคล รวมถึงการประเมินส่วนบุคคล

2) ทฤษฎีการอ้างอิงกลุ่ม ใช้ความเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจในงานกับคุณลักษณะความสัมพันธ์ในทางบวกของงานตามความปรารถนาของกลุ่ม ใช้แนวทางของกลุ่มในการประเมินผลการทำงาน

มันฟอร์ด (Manford, E., 1972, อ้างถึงในสมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง, 2542, น. 162) ได้ใช้ผลงานการวิจัยจำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มความต้องการทางด้านจิตวิทยา กลุ่มนี้ได้แก่ มาสโลว์ (Maslow, A. H.) เฮซเบิร์ก (Herzberg, F) และลิเคอร์ท (Likert, R.) โดยมองว่าความสำเร็จของงานและการได้รับ การยอมรับจากบุคคลอื่น เป็นความต้องการของบุคคลที่จะทำให้เกิดความพึงพอใจ

2) กลุ่มภาวะผู้นำ มองว่าความพึงพอใจงานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของผู้นำและรูปแบบการปฏิบัติต่อผู้ใต้บังคับบัญชา กลุ่มนี้ ได้แก่ เบลค (Blake, R. R.), เมาทัน (Mouton, J. S.) และฟิวด์เลอร์ (Fiedler, R. R.)

3) กลุ่มความพยายามต่อรางวัล กลุ่มนี้มองว่าความพึงพอใจมีความสัมพันธ์กับผลประโยชน์และผลตอบแทนที่ตนเองได้รับเป็นเครื่องต่อรางวัล เช่น จากรายได้เงินเดือน ได้แก่ กลุ่มบริหารธุรกิจของมหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ (Manchester Business School)

4) กลุ่มอุดมการณ์ทางการจัดการ มองจากพฤติกรรมการบริหารงานขององค์กรว่ามีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจ ได้แก่ โครเกอร์ (Crogier, M.) และคูลเดอร์ (Coulter, G. M.)

5) กลุ่มเนื้อหาของงานและการออกแบบงาน มองว่าเนื้อหาของตัวงาน ทำให้เกิดความพึงพอใจ กลุ่มแนวคิดนี้มาจากสถาบันทวิสตอค (Tavistock Institute) มหาวิทยาลัยลอนดอน

กล่าวโดยสรุป ทฤษฎีความพึงพอใจ เป็นทฤษฎีที่แสดงถึงความต้องการเฉพาะของบุคคล ที่มีความสัมพันธ์ต่อผลที่จะได้รับการปฏิบัติงาน และการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายส่วนบุคคล อาจเป็นความรู้สึกรหรือความคิดเห็นทางบวกหรือทางลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับสิ่งทีบุคคลตั้งใจไว้ว่าจะมีมากหรือน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากประสบการณ์และความเชื่อของบุคคลด้วย

6.3 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจ บังอร ผงผ่าน (2538, น. 27) ได้กล่าวถึง การวัดระดับความพึงพอใจอย่างกว้างขวาง ดังต่อไปนี้

1) การวัดความพึงพอใจด้านความรู้สึก โดยพิจารณาจากอารมณ์ความรู้สึกของบุคคลและองค์ประกอบของความรู้สึก แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ความรู้สึกเชิงบวก ได้แก่ ชอบพอใจ และความรู้สึกเชิงลบ ได้แก่ ไม่ชอบ ไม่พอใจ รังเกียจ

2) การวัดความพึงพอใจด้านความคิด เป็นการวินิจฉัยข้อมูลต่างๆ ของสมองของบุคคลที่ได้รับรู้มาเกิดเป็นความรู้ ความคิด ทศนคติเกี่ยวข้องกับการพิจารณาว่าถูกหรือผิด ดีหรือไม่ดี

3) การวัดความพึงพอใจในด้านพฤติกรรม เป็นความพร้อมที่จะกระทำหรือพร้อมที่จะตอบสนองที่มาของทศนคติ ผู้วิจัยจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยเฉพาะการวัดความพึงพอใจในการร่วมกิจกรรมหรือการเรียน

รสริน บ่อมสาหร่าย (รสริน บ่อมสาหร่าย, 2550) ได้เสนอแนวทางในการวิจัยหามาตรการวัดความพึงพอใจในการทำงาน และในการเรียน สรุปได้ดังนี้

1) การสังเกตการณ์ คือการเฝ้าติดตามดูอย่างเอาใจใส่ ดูความเป็นไป และการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่ต้องการรู้อย่างใกล้ชิดในระยะเวลาที่กำหนดให้ เป็นวิธีการเก็บข้อมูลอย่างหนึ่งมุ่งที่จะทราบความสัมพันธ์ของบุคคลที่ร่วมกันปฏิบัติงาน

2) การสัมภาษณ์ เป็นตรวจหาข้อเท็จจริงที่มีแบบแผนจากภาวะความเป็นอยู่ของสังคม หรือกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน สามารถแสวงหาข้อเท็จจริงและความจริง เกี่ยวกับวิถีชีวิตของบุคคลคำตอบที่ได้จากการสัมภาษณ์อาจมีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ตอบมีพฤติกรรมที่ต้องการอย่างไร

3) การปฏิบัติการวิจัย เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นำเอาความรู้ในสาขาวิชาการต่าง ๆ มาประยุกต์ เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณเพื่อเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ

สรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจ จะวัดในด้านความรู้สึก ด้านความคิด ด้านพฤติกรรม และในการวัดความพึงพอใจต่อการเรียนจะใช้วิธีสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ การปฏิบัติ การวิจัย จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กับการจัดการสอนสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้จากแบบจำลอง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 28 คน

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยของงานวิจัยนี้ ใช้แผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 249)

	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
		T_1	T_2
เมื่อ	X แทน	การใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า	
T_1	แทน	การทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์	
T_2	แทน	การทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์	

การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับ สาระดาราศาสตร์ และอวกาศ และศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับ สภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้สาระดาราศาสตร์และอวกาศ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และสื่อการสอนที่ใช้ประกอบการสอนดาราศาสตร์ ดังนี้

1.1 สภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้ จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการสอบวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทุกสังกัดได้ร้อยละ 30.51 และเมื่อพิจารณาเป็นรายสาระ พบว่า สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือได้คะแนนเพียง ร้อยละ 22.62 (สทศ. 2562) และปีการศึกษา 2562 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลการสอบวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทุกสังกัดได้ ร้อยละ 29.20 สาระดาราศาสตร์และอวกาศ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 35.58 (สทศ. 2563) และในปี การศึกษาก่อนหน้าที่ผ่าน ๆ มา ผู้เรียนก็ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50

1.2 การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรม หลากหลาย โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งประกอบด้วย การตั้งคำถาม การตรวจสอบเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สนใจศึกษา การวางแผนสืบค้น หรือวางแผนการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล การวิเคราะห์ แปล ความหมายข้อมูล การนำเสนอคำอธิบาย การพยากรณ์ การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดเชิง เหตุผล การตรวจสอบคำอธิบาย ตลอดจนการสื่อสารและเผยแพร่ผลการศึกษา การสอนแบบสืบ เสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะ พิสัยและจิตพิสัย โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นิยมใช้กัน คือ ขั้นการสร้าง ความสนใจ ขั้นการสำรวจตรวจสอบ ขั้นการอธิบาย ขั้นการขยายความรู้ และขั้นการประเมินผล

1.3 สื่อการสอนที่ใช้ประกอบการสอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศ ส่วนใหญ่ เป็นรูปภาพที่แสดงข้อมูลได้เพียง 2 มิติเท่านั้น ส่วนสื่อการสอนที่เป็นแบบจำลองนั้นมียุ่่น้อยมาก ทั้งที่แบบจำลองมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการนำมาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ เนื่องจาก สามารถสร้างความสนใจ เน้นความสัมพันธ์ของระบบ เป็นตัวแทนของจริง เข้าใจง่ายต่อการเรียนรู้ จดจำได้นานทำให้เข้าใจจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม สื่อความหมายได้ถูกต้อง ให้ความเข้าใจด้วยการสัมผัส มีอายุการใช้งานนาน และช่วยให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์ แต่จากการศึกษาพบว่า

ในโรงเรียนส่วนใหญ่มีการสอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศโดยใช้แบบจำลองน้อยมาก ที่มีอยู่บ้างก็เฉพาะโรงเรียนขนาดใหญ่หรือไม่กี่ระดับมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ ยังพบว่า แบบจำลองเหล่านี้มีราคาแพงและไม่สามารถแสดงปรากฏการณ์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2. สัมภาษณ์ครูผู้สอนสาระดาราศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์ครูผู้สอนสาระดาราศาสตร์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการจัดเรียนรู้ สาระดาราศาสตร์และอวกาศที่ผ่านมา โดยดำเนินการ ดังนี้

2.1 กำหนดประเด็นและจัดสร้างแนวคำถามสำหรับการสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาสภาพ การจัดการเรียนการสอนและปัญหาในการสอนในประเด็นต่าง ๆ โดยจำแนกตามหมวดหมู่คำถามหลัก เป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาสาระที่สอน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2.2 สัมภาษณ์ครูผู้สอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศ ที่มีประสบการณ์การสอน สาระดาราศาสตร์และอวกาศ และรับผิดชอบสอนสาระดาราศาสตร์และอวกาศเพิ่มเติม ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ที่เต็มใจให้สัมภาษณ์จำนวน 3 คน และในการสัมภาษณ์จะบันทึกการสัมภาษณ์โดยเทปบันทึกเสียงและการจดบันทึก

2.3 วิเคราะห์ข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดเค้าโครงการวิเคราะห์ ว่า มีหัวข้อใดบ้างจากการสนทนาและจากประเด็นคำถามที่กำหนดไว้ในการสนทนา แล้วจึงจัดหมวดหมู่ของเนื้อหาในบทสนทนา และวิเคราะห์ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในเค้าโครงการวิเคราะห์ เพื่อสรุปความคิดเห็นของครูที่เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้และปัญหาในการจัดการเรียนรู้ สาระดาราศาสตร์ และอวกาศ เรื่อง การระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้

รวมทั้งรวม 16 คาบ

3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์
4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้า

บนทรงกลมฟ้า

1. แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (Coordinate Celestial Object on Celestial Sphere Model, CCM) ประกอบด้วยชิ้นส่วนโครงสร้างหลักแสดงพิกัดของวัตถุท้องฟ้า มุมทิศ มุมเงย ไรต์แอสเซนชัน เดคลิเนชัน ลูกโลกจำลอง ระนาบขอบฟ้า ระนาบศูนย์สูตร ระนาบสุริยวิถี ขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ ที่สร้างจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology, 3DP) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ทรงกลมฟ้า องค์ประกอบของทรงกลมฟ้า การระบุพิกัดของดาวบนทรงกลมฟ้าในระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ชิ้นส่วนโครงสร้างแบบจำลองสามารถประกอบและถอดเก็บได้ทุกชิ้น ประกอบด้วยโครงทรงกลมท้องฟ้าวงกลมใหญ่ในแนวตั้งแสดงค่าไรต์แอสเซนชัน(RA) วงกลมใหญ่ในแนวราบแสดงศูนย์สูตรท้องฟ้า(ค่าเดคลิเนชันศูนย์) วงกลมเล็กในแนวราบแสดงค่าเดคลิเนชัน (Dec) ทรงกลมโลกจำลองที่แสดงพิกัดบนโลก ค่าละติจูดและลองจิจูด แกนหมุนโครงทรงกลมท้องฟ้าและทรงกลมโลกจำลอง ระบบเฟือง ลูกโลกจำลอง ดวงจันทร์จำลอง ดวงอาทิตย์และดาวจำลอง ที่วัดมุมทิศและมุมเงย แผ่นพลาสติกใสกลุ่มดาว โครงเส้นสุริยวิถี ศูนย์สูตรฟ้า เส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวและดวงอาทิตย์ ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ เส้นพลาสติกสีต่าง ๆ แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของดาว แทนวงแบบจำลอง และพื้นระนาบวงกลมแสดงพื้นโลก รวมถึงคู่มือการใช้แบบจำลอง การใช้แบบจำลองจะสามารถเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ตามคู่มือและแนวการเรียนรู้ โดยการเชื่อมโยงแนวคิดดาราศาสตร์ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างแบบจำลองจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology, 3DP) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1.1 ออกแบบส่วนประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างของ CCM เพื่อแสดงพิกัดของท้องฟ้า โดยใช้โปรแกรมออกแบบ 3 มิติ SOLIDWORKS สร้างเป็น path ต่าง ๆ ดังตัวอย่างภาพ



ภาพประกอบ 6 แสดงตัวอย่างการออกแบบ ชิ้นส่วนโครงสร้าง

1.2 นำ path ทั้งหมดมาประกอบชิ้นงาน (Assembly) เพื่อตรวจสอบว่า ชิ้นส่วน โครงสร้างต่าง ๆ ของ CCM สามารถเชื่อมต่อกันได้ทั้งหมดหรือไม่ ดังตัวอย่างภาพ



ภาพประกอบ 7 แสดงตัวอย่างการ Assembly ชิ้นส่วนโครงสร้าง

1.3 เมื่อผ่านการประกอบชิ้นงาน (Assembly) เรียบร้อยแล้ว พิมพ์ออก(print out) ชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ของ CCM ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D printer) ตัวอย่างชิ้นงานที่พิมพ์ เสร็จแล้ว ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 8 แสดงการพิมพ์ออก(print out) ชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ของ CCM ด้วย 3D printer

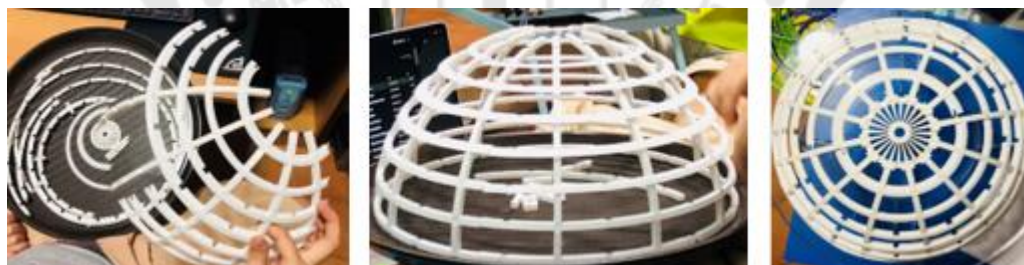
1.4 นำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเป็น CCM ต้นแบบ (รุ่นที่ 1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ดังตัวอย่างภาพประกอบ



ภาพประกอบ 9 แสดง CCM ต้นแบบ (รุ่นที่ 1)

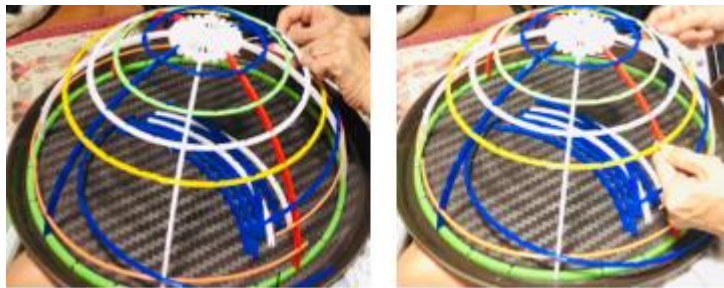
1.5 ทดสอบและปรับปรุงโครงสร้าง CCM

จากการทดสอบ CCM ต้นแบบ (รุ่นที่ 1) พบว่า มีปัญหาด้านการเชื่อมต่อโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง เสียรูปทรงและหลุดง่าย ทรงกลมมีขนาดใหญ่เกินไป จึงพัฒนาและออกแบบโครงสร้างใหม่ เป็น CCM รุ่นที่ 2 ดังตัวอย่างภาพประกอบ



ภาพประกอบ 10 แสดง CCM รุ่นที่ 2

CCM รุ่นที่ 2 โครงสร้างประกอบยึดต่อกันมีความแข็งแรงดี แต่มีข้อจำกัดที่ชิ้นส่วนประกอบมีความหนาทำให้มุมมองไม่โปร่ง จึงพัฒนาและออกแบบโครงสร้างใหม่เป็น CCM รุ่นที่ 3 โดยลดขนาดและความหนาของชิ้นส่วนประกอบให้เล็กลง ดังตัวอย่างภาพประกอบ



ภาพประกอบ 11 CCM รุ่นที่ 3

CCM รุ่นที่ 3 มีมุมมองที่โปร่ง โครงสร้างแข็งแรง แต่มีข้อจำกัดที่เส้นแสดงพิกัดมีขนาดแตกต่างกัน ตามความโค้งและตำแหน่งรอยบากที่เชื่อมต่อกัน และชิ้นส่วนประกอบวงกลมเล็กจะหลุดง่าย จึงได้ปรับปรุงออกแบบโครงสร้างใหม่ เป็น CCM รุ่นที่ 4 โดยการเจาะรูที่โครงสร้างหลักเพื่อร้อยด้วยเส้นพลาสติกสี ดังตัวอย่างภาพประกอบ



ภาพประกอบ 12 แสดง CCM รุ่นที่ 4

จากการทดสอบการประกอบใช้งาน พบว่า CCM รุ่นที่ 4 มีมุมมองที่โปร่งดีมาก โครงสร้างแข็งแรง ชิ้นส่วนเส้นสีแสดงพิกัดได้ชัดเจนและสวยงาม แต่มีข้อจำกัดที่การร้อยเส้นพลาสติกเข้าออกโครงสร้างหลักค่อนข้างจะลำบากและใช้เวลานาน จึงได้ปรับปรุงโครงสร้างหลักใหม่ เป็น CCM รุ่นที่ 5 โดยการเจาะรูขีดขอบนอกของโครงสร้างหลัก ให้ขอบนอกของรูเปิดส่วนหนึ่งเหมือนรอยบากที่สามารถกดให้เส้นพลาสติกเข้าไปได้ ดังตัวอย่างภาพ



ภาพประกอบ 13 แสดง CCM รุ่นที่ 5

จากการทดสอบการประกอบใช้งาน พบว่า CCM รุ่นที่ 5 มีมุมมองที่โปร่งตีมาก โครงสร้างแข็งแรง ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักและเส้นสีแสดงพิกัดได้ชัดเจนและสวยงาม การประกอบง่ายและสะดวก จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินหาเพื่อหาคุณภาพของ CCM ในด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านการผลิต ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า และด้านคู่มือการใช้ แล้วปรับปรุงแบบจำลองตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำ CCM รุ่นที่ 5 ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้จัดการเรียนการสอน

การหาคุณภาพของแบบจำลอง

ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1) นำแบบจำลองที่สร้างเสร็จแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเรียบร้อย แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2) หาคุณภาพของแบบจำลองโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินแบบจำลองในด้านการผลิต ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า และด้านคู่มือการใช้ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับและกำหนดเกณฑ์ว่า ถ้าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม (วิเชียรเกตุสิงห์, 2538: 8-11) จากนั้นปรับปรุงแบบจำลองตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแบบจำลองมีความเหมาะสมระดับดีมาก ($\bar{X} = 1.79$, S.D.=0.20)

3) หาคุณภาพของแบบจำลอง โดยการศึกษาสำรวจกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่น ๆ แล้วปรับปรุงแก้ไข

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการใช้แบบจำลอง การระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อใช้จัดการเรียนรู้แนวคิดดาราศาสตร์ สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นเตรียมการ ผู้วิจัยได้เตรียมการเพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดย ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระที่ 3 โลก ดาราศาสตร์และ อวกาศเพื่อนำมากำหนดคำอธิบายรายวิชาและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

2.1.2 จำแนกเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ออกเป็น 3 แนวคิดแล้วนำมา จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน เวลา 16 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตาราง

ตาราง 4 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	แนวคิด	เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)
1	ระบบพิกัดขอบฟ้า	เส้นละติจูด เส้นลองจิจูด เส้นศูนย์สูตรโลก และเส้นเมอริเดียนหลักบนโลก องค์ประกอบของทรงกลมฟ้า จุดและเส้นสมมติบนทรงกลมฟ้า ตำแหน่งของดาวเหนือปรากฏเมื่อผู้สังเกตอยู่ ณ ละติจูดต่างๆ บนโลก การระบุตำแหน่งของดาวเป็นมุมทิศและมุมเงย เมื่อเปลี่ยนเวลาและตำแหน่งในการสังเกต	4

ตาราง 4 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	แนวคิด	เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)
2	ระบบพิกัดศูนย์สูตร	จุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร (ขั้วฟ้าเหนือ, ขั้วฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า, วงกลมชั่วโมง) การระบุพิกัดของดาวเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน เส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดแตกต่างกัน รอยดาว (star trail) ดาวรอบขั้วฟ้า และระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า	6
3	ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์	เส้นสุริยวิถีและตำแหน่งสำคัญบนเส้นสุริยวิถี ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ช่วงเวลากลางวันกลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันวสันตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัต และวันเหมายันความสัมพันธ์ของตำแหน่งของดวงอาทิตย์กับฤดูกาล ปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว พระอาทิตย์เที่ยงคืนและวันไร้เงา	6

2.2 ขั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย ชื่อแผน เวลา จุดประสงค์การเรียนรู้ แนวความคิดหลัก กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อ และแหล่งการเรียนรู้และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ชื่อแผนเป็นชื่อเดียวกับชื่อของแนวคิดดาราศาสตร์ที่กำหนดไว้

2.2.2 เวลา เป็นการกำหนดช่วงเวลาใน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในแผนที่ 1 เรื่องระบบพิกัดขอบฟ้า เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แผนที่ 2 เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และแผนที่ 3 เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

2.2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นข้อความที่ระบุวัตถุประสงค์การสอนที่มุ่งหวังให้นักเรียนเกิดผลการเรียนรู้ที่พึงประสงค์

2.2.4 แนวความคิดหลักเป็นข้อความแสดงแนวคิดของเนื้อหา

2.2.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้

2.2.6 การวัดและประเมินผล เป็นการระบุเครื่องมือวัดผล สิ่งที่วัด วิธีการวัดและประเมินผล

2.2.7 สื่อและแหล่งการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ใบงาน ใบความรู้ หนังสือ อินเทอร์เน็ต QR Code

2.2.8 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกข้อสังเกตต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะมีการจัดการเรียนรู้

2.3 ชั้นหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนดังนี้

2.3.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาในด้านความเหมาะสมของภาษา การลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา บทบาทของครู และนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.3.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนดาราศาสตร์ (ประสบการณ์มากกว่า 5 ปี) จำนวน 3 ท่านพิจารณา โดยใช้แบบประเมินมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ และกำหนดเกณฑ์ว่า ถ้าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม (วิเชียรเกตุสิงห์, 2538, น. 8-11) จากนั้น ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.3.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 30 คนที่ไม่ใช่ในกลุ่มตัวอย่างเพื่อดูความเหมาะสม ด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่น ๆ แล้วปรับปรุงแก้ไข

3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เป็นแบบทดสอบเขียนตอบ จำนวน 18 ข้อ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ การสร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ จากนั้นวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การระบุ พิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

3.2 เขียนข้อคำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ที่วิเคราะห์ไว้ ตาม ผลการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตร จำนวน 25 ข้อ

3.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณา พิจารณาความเที่ยงตรง และความถูกต้องด้านจุดประสงค์เนื้อหา การใช้ภาษาและความ เหมาะสมของข้อความแล้วนำมาแก้ไขให้ถูกต้อง

3.4 นำแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นไป ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านดาราศาสตร์ฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่านและด้านการสอนดาราศาสตร์จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และโครงสร้าง โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency, IOC) คัดเลือก ข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จากนั้น นำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ ตาม ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 45 คน แล้วนำแบบทดสอบที่ได้มาตรวจให้คะแนน แล้วหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของ ข้อสอบแต่ละข้อ ได้ข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.25-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.23 ขึ้นไป ได้แบบทดสอบจำนวน 18 ข้อ

3.6 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ลวินสายยศ: และอังคณา สายยศ. 2538: 197-198)

4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองระบุพิภักต์ของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองระบุพิภักต์ของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับจำนวน 15 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 กำหนดจุดประสงค์ในการสร้างแบบสอบถาม และกำหนดประเด็นที่จะใช้ในการเขียนข้อความ

4.2 เขียนข้อความสอบถามความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ คือ พอใจมากที่สุด พอใจมาก พอใจปานกลาง พอใจน้อย และพอใจน้อยที่สุด จำนวน 20 ข้อ และข้อความปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้เขียนแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

4.3 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอให้ประธานกรรมการและกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ตรวจพิจารณาแก้ไขให้เหมาะสม

4.4 นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษา จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถามและความถูกต้องทางด้านภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4.5 นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน จากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนเพื่อหาคุณภาพของแบบสอบถามในด้านอำนาจจำแนก (t-test) รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้สูตรการหา ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 200-201) คัดเลือกข้อความที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไป และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 2.5 ขึ้นไป จำนวน 15 ข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม จากนั้นจัดพิมพ์แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การนำแบบจำลองระบุพิภักต์ของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ออกหนังสือขอความร่วมมือไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา สังกัด

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 เพื่อขอให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง บันทึกการสังเกตชั้นเรียน

4. ทดสอบหลังเรียน (posttest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จแล้ว ด้วยแบบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ และให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า สำหรับการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการระหว่างเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน 2563 โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ใช้เวลารวม 16 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น มีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ดังนี้

1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean) ของคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ และคะแนนความพึงพอใจ โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ, 2538, น. 73)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ และคะแนนความพึงพอใจ โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ, 2538)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	$S.D.$	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 หาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Concurrence) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ, 2538, น. 208-209) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.4 สถิติสำหรับการหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ, 2538, น. 209-211)

1.4.1 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

1.4.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์

$$D = \frac{R_u - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_u	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบข้อนั้นถูก
	R_L	แทน	จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

1.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 197-198)

$$r_n = \frac{n-1}{n} \left(1 - \frac{\sum pq}{S_1^2} \right)$$

เมื่อ	r_n	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้นๆ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้นๆ
	S_1^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

1.6 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ, 2538, น. 200-201)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือนี้ทั้งฉบับ

1.7 หาค่า Normalized Gain ($\langle g \rangle$) ของคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์และคะแนนความพึงพอใจ โดยแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกได้เป็นสามระดับคือ

การพัฒนาอยู่ในระดับสูง เมื่อ $\langle g \rangle \geq 0.7$

การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อ $0.3 < \langle g \rangle < 0.7$

การพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ เมื่อ $\langle g \rangle \leq 0.3$ ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

(Hake, R. 2001)

$$\langle g \rangle = \frac{\%posttest - \%pretest}{100\% - \%pretest}$$

เมื่อ $\langle g \rangle$ แทน ค่า normalized gain

$\%post - test$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นร้อยละ

$\%pre - test$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นร้อยละ

1.8 สำหรับการตรวจสอบค่า t เพื่อตรวจสอบสมมติฐานเกี่ยวกับ ความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์และคะแนนความพึงพอใจของนักเรียน โดยใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ, 2538, น. 79)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - \Sigma D^2}{n-1}}}$$

เมื่อ $df = n - 1$

$D =$ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$n =$ จำนวนคู่คะแนน

จริยธรรมของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยในมนุษย์ จึงจำเป็นต้องระมัดระวังและมีความรอบคอบในการดำเนินการวิจัย เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อผู้ร่วมวิจัย ซึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยและใบยินยอมหมายเลขรับรอง SWUEC/E/G-156/2563

ดังภาคผนวก จ ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน ผู้ปกครองและนักเรียนที่เข้าร่วมในการทดลองวิจัยในครั้งนี้ สำหรับนักเรียนและผู้ปกครอง ผู้วิจัยได้ให้แสดงความยินยอมในใบยินยอม (consent form) ในการเก็บข้อมูลหรือทดลองใช้เครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยผู้วิจัยได้ทำการขออนุญาตล่วงหน้า ดดยไม่กระทำการซึ่งละเมิดสิทธิของกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อเริ่มทำการวิจัยได้มีการแจ้งวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยให้กับผู้ร่วมวิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้องทราบก่อนเริ่มดำเนินการวิจัยข้อมูลที่ได้จำเป็นต้องเก็บเป็นความลับ ใช้รหัสแทนชื่อ -นามสกุลจริง



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้สัญลักษณ์ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

\bar{X}	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
S.D.	หมายถึง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
<g>	หมายถึง	ค่าการพัฒนาหรือ Normalized gain
T	หมายถึง	ค่าการแจกแจงแบบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างเดียว (t-test)
P	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็นของผลการทดสอบสมมติฐาน
D f	หมายถึง	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบจำลอง

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการเรียนรู้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (CCM)

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างของ CCM เพื่อแสดงพิกัดของท้องฟ้า โดยใช้โปรแกรมออกแบบ 3 มิติ SOLIDWORKS และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D Printing Technology, 3DP) พิมพ์ออก (print out) ชิ้นส่วนโครงสร้างของ CCM ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D printer) นำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเป็น CCM แล้วทำการทดสอบและปรับปรุงโครงสร้างของ CCM จนได้แบบจำลอง จำนวน 5 รุ่น ดังตัวอย่างภาพ รายละเอียดดังนี้



รุ่นที่ 1 (ต้นแบบ)

รุ่นที่ 2

รุ่นที่ 3

รุ่นที่ 4

รุ่นที่ 5

ภาพประกอบ 14 แสดง CCM ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น

จากการทดสอบการใช้งาน CCM ต้นแบบ (รุ่นที่ 1) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ทรงกลมมีขนาดใหญ่สังเกตได้ง่าย การประกอบโครงสร้างแสดงตำแหน่งและพิกัดของวัตถุท้องฟ้าต้องใช้ชิ้นส่วนจำนวนมาก จึงทำให้มีจุดเชื่อมต่อมากจุด ทำให้เป็นจุดอ่อนของแบบจำลองคือ จะเกิดการหลุดได้ง่ายตรงจุดต่อ และต้องใช้วัสดุพิมพ์มาก

จากการทดสอบการใช้งาน CCM รุ่นที่ 2 ซึ่งแก้จุดอ่อนจาก CCM รุ่นที่ 1 โดยการเพิ่มความยาวของชิ้นส่วนโครงสร้างให้ยาวมากขึ้นเพื่อลดจำนวนชิ้นส่วนลง ซึ่งเป็นการลดจำนวนจุดต่อลงด้วย และลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแบบจำลองลงเหลือ 34.5 เซนติเมตร และออกแบบแถบวงกลมแสดงพิกัดในแนวราบสามารถต่อกับเส้นส่วนโครงสร้างวงกลมแสดงพิกัดในแนวตั้ง พบว่าการประกอบโครงสร้างของแบบจำลองสามารถยึดต่อกันได้ดี แต่พบว่าแถบวงกลมที่แสดงพิกัดในแนวราบมีความกว้างมากและมีขนาดแตกต่างกันตามขนาดความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลาง ทำให้มุมมองการสังเกตภายในแบบจำลองลดลง

จากการทดสอบการใช้งาน CCM รุ่นที่ 3 ได้ออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างใหม่โดยเพิ่มความยาว แต่ลดขนาดความกว้างและความหนาของชิ้นส่วนลงอีก โครงสร้างวงกลมใหญ่(ในแนวตั้ง)เป็นส่วนโค้งขนาดความยาว 0.9 ใน 4 ส่วนของความยาวของเส้นรอบวง พิมพ์ขึ้นเดียว ทำให้จุดต่อของโครงสร้างลดลงอย่างมาก และพิมพ์ชิ้นส่วนด้วยวัสดุพิมพ์พลาสติกมากขึ้น พบว่า

โครงสร้างวงกลมใหญ่(ในแนวตั้ง) เชื่อมต่อกันได้ดีมาก แข็งแรง ส่วนวงกลมในแนวราบยังมีหลายขนาดและขนาดความกว้างของแถบยังแตกต่างกันเหมือนเดิม เมื่อนำมาประกอบเป็นโครงสร้างแบบจำลองยังพบว่า การต่อของวงกลมในแนวราบโดยเฉพาะวงที่อยู่ใกล้วงกลมใหญ่จะหลุดงาย เพราะยังมีจุดต่อมากกว่า 1 จุด

จากการทดสอบการใช้งาน CCM รุ่นที่ 4 ปรับปรุงโครงสร้างของแบบจำลองใหม่ โดยการเจาะรูที่โครงสร้างวงกลมใหญ่(วงกลมตั้ง) ที่สามารถร้อยเส้นสีเป็นวงกลมในแนวราบ แล้วนำไปทดลองนำร่องกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า องค์กรประกอบโครงสร้างของแบบจำลองเชื่อมต่อกันได้ดี มีความแข็งแรงคงทน สามารถแสดงพิกัดของวัตถุท้องฟ้าได้ ทั้งระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ นักเรียนสามารถเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ได้ โดยการสืบเสาะหาความรู้ด้วยลงมือปฏิบัติได้ด้วยตนเองและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน แต่ยังพบปัญหาในด้านของเวลาที่ใช้ในการประกอบโครงสร้างของแบบจำลองตามขั้นตอนการเรียนรู้ (ประกอบเข้าและถอดออกเก็บ) ซึ่งใช้เวลามากและการร้อยเส้นสีแสดงพิกัดวัตถุท้องฟ้า นั้นบางรูที่เจาะไม่สามารถร้อยเส้นสีได้ อาจเป็นเพราะวัสดุที่ใช้พิมพ์มีคุณภาพแตกต่างกัน มีค่าความคลาดเคลื่อนในการพิมพ์ที่แตกต่างกัน แต่ CCM รุ่นที่ 4 นี้ สามารถลดปริมาณวัสดุพิมพ์ไปได้มาก และใช้เวลาในการพิมพ์ออกน้อยลง

จากการทดสอบการใช้งาน CCM รุ่นที่ 5 ที่ปรับปรุงจากรุ่นที่ 4 โดยการออกแบบเจาะรูที่โครงสร้างวงกลมใหญ่ใหม่ โดยการขยับตำแหน่งของรูให้มาชิดที่ผิวด้านนอกของส่วนโค้งวงกลมใหญ่ โดยให้ผิวโค้งด้านนอกของรูเปิดออกเล็กน้อยที่สามารถกดเส้นสีลงไปได้และยึดแน่นพอดี นำไปทดลองนำร่องกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างอีกครั้ง พบว่า องค์กรประกอบโครงสร้างของแบบจำลอง เชื่อมต่อกันได้ดี มีความแข็งแรงคงทน สามารถแสดงพิกัดของวัตถุท้องฟ้าได้ ทั้งระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ นักเรียนสามารถเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ได้ โดยการสืบเสาะหาความรู้ด้วยลงมือปฏิบัติได้ด้วยตนเองและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน จากนั้นผู้วิจัยได้ปรับในด้านเวลาในการทำกิจกรรม การลำดับขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของการใช้แบบจำลอง เอกสารความรู้ประกอบกิจกรรม ใบกิจกรรมใหม่ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วทำไปทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การหาคุณภาพของแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ตามความมุ่งหมายของการวิจัย ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองและวีดิทัศน์แสดงการประกอบแบบจำลองตาม

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งคู่มือการใช้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ในด้านวัสดุและการผลิต ด้านความสอดคล้องและความเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านคู่มือการใช้งาน ได้ผลการประเมิน ดังตาราง

ตาราง 5 แสดงผลการประเมินแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าโดยผู้เชี่ยวชาญ

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

จากตารางพบว่า คะแนนเฉลี่ยการประเมิน CCM ของผู้เชี่ยวชาญสูงกว่าคะแนนเกณฑ์ที่กำหนด 3.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 แสดงว่า CCM มีคุณภาพเหมาะสมทุกด้าน

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

ในส่วนนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาเพื่อตอบคำถามวิจัยที่ว่า การใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีผลต่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน จากนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการศึกษาประกอบด้วยความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ 3 แนวคิดหลัก ดังนี้

1. ระบบพิกัดขอบฟ้า
2. ระบบพิกัดศูนย์สูตร
3. ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์

ระบบพิกัดขอบฟ้า

ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ประกอบด้วยแนวคิดย่อย 5 ประเด็น คือ

1. พิกัดบนโลก ได้แก่ เส้นละติจูด เส้นลองจิจูด เส้นศูนย์สูตรโลก และเส้นเมริเดียนหลักบนโลก
2. จุดและเส้นสำคัญ ได้แก่ จุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดขอบฟ้า ประกอบด้วย เส้นขอบฟ้า ทิศ จุดเหนือศีรษะ ขั้วฟ้าเหนือ และเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต
3. ตำแหน่งดาวเหนือ ได้แก่ ตำแหน่งของดาวเหนือปรากฏเมื่อผู้สังเกตอยู่ ณ ละติจูดต่าง ๆ บนโลก
4. วิธีการหาพิกัดดาว ได้แก่ วิธีการหามุมทิศและมุมเงยของดาวและการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดในระบบพิกัดขอบฟ้า
5. ดาวเปลี่ยนตำแหน่ง ได้แก่ การระบุตำแหน่งของดาวในระบบพิกัดขอบฟ้าเมื่อเปลี่ยนเวลาและตำแหน่งในการสังเกต

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีผลต่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า อย่างมีนัยสำคัญ โดยทำการทดสอบค่า t ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า โดยใช้การทดสอบค่า t (Dependent t-test)

แนวคิด	คะแนน	N	df	\bar{X}	S. D.	t
1. พิกัดบนโลก	ก่อนเรียน	28	27	1.79	1.23	6.03*
	หลังเรียน	28	27	3.32	0.94	
2. จุดและเส้นสำคัญ	ก่อนเรียน	28	27	1.79	1.23	6.03*
	หลังเรียน	28	27	3.32	0.94	

ตาราง 6 (ต่อ)

แนวคิด	คะแนน	N	df	\bar{X}	S.D.	t
3. ตำแหน่งดาวเหนือ	ก่อนเรียน	28	27	1.36	1.87	7.47*
	หลังเรียน	28	27	4.00	0	
4. วิธีการหาพิกัดดาว	ก่อนเรียน	28	27	0.64	1.34	13.26*
	หลังเรียน	28	27	4.00	0	
5. ดาวเปลี่ยนตำแหน่ง	ก่อนเรียน	28	27	0.64	1.34	13.26*
	หลังเรียน	28	27	4.00	0	
รวม	ก่อนเรียน	28	27	6.21	5.63	12.19*
	หลังเรียน	28	27	18.64	1.89	

*p < .01

จากตารางพบว่า คะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียนในทุกแนวคิดและในภาพรวม มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่คาดหวังไว้ คือ นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าหลังเรียน มีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าสามารถส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้าของนักเรียนได้ ผู้วิจัยได้แปลผลและจัดกลุ่มความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับ 4 แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียนเขียน สื่อความถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้องครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละ แนวความคิด

ระดับ 3 แนวความคิดไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียนเขียน สื่อความถูกต้อง ให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด

ระดับ 2 แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียน เขียนสื่อความถูกต้อง แต่การให้เหตุผลมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง

ระดับ 1 ไม่เข้าใจแนวความคิด หมายถึง คำตอบหรือข้อความหรือภาพที่นักเรียน เขียนสื่อความผิดหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่เกี่ยวข้อง หรือไม่ตอบ ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 7 แสดงข้อมูลจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับแนวคิด เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า

แนวคิด	ระดับ แนวคิด	จำนวนนักเรียน(คน)				
		ก่อนเรียน	การเปลี่ยนแปลงหลังเรียน			รวม หลังเรียน
			คงที่	สูงขึ้น	ต่ำลง	
1. พิกัดบนโลก	4	3(10.71%)	3	0	0	18(64.26%)
	3	2(7.14%)	0	2	0	1(3.57%)
	2	16(57.14%)	2	14	0	9(32.14%)
	1	7(25%)	0	7	0	0
2. จุดและเส้นสำคัญ	4	3(10.71%)	3	0	0	18(64.26%)
	3	2(7.14%)	0	2	0	1(3.57%)
	2	16(57.14%)	6	10	0	9(32.14%)
	1	7(25%)	0	7	0	0
3. ตำแหน่งดาวเหนือ	4	10(35.71%)	10	0	0	28(100%)
	3	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	1	18(64.26%)	0	18	0	0
4. วิธีการหาพิกัดดาว	4	3(10.71%)	3	0	0	28(100%)
	3	2(7.14%)	0	2	0	0
	2	0	0	0	0	0
	1	23(82.14%)	0	23	0	0
5. ดาวเปลี่ยน ตำแหน่ง	4	3(10.71%)	3	0	0	28(100%)
	3	2(7.14%)	0	2	0	0
	2	0	0	0	0	0
	1	23(82.14%)	0	23	0	0

จากตารางพบว่า ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้าของนักเรียนในช่วงก่อนเรียน มีการกระจายตัวในทุกระดับแนวคิด สำหรับในช่วงหลังเรียน แนวคิดของนักเรียนส่วนใหญ่เปลี่ยนไป โดยมีระดับของแนวคิดที่สมบูรณ์มากขึ้น และมีระดับของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนน้อยลง

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

ตาราง 8 แสดงคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่าการพัฒนา(Normalized gain (<g>))

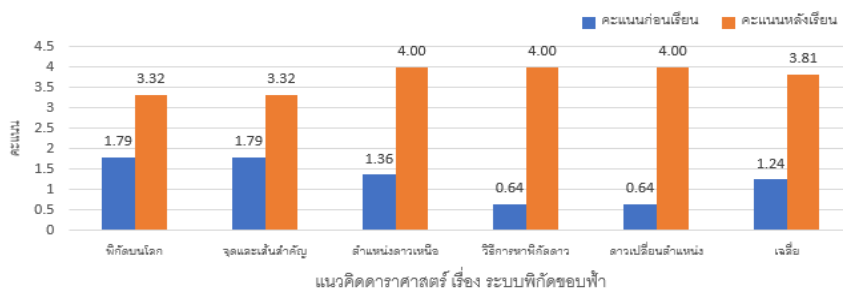
แนวคิด	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
		\bar{X}	S. D.	\bar{X}	S. D.	
1. พิกัดบนโลก	4	1.79	1.23	3.32	0.94	0.69
2. จุดและเส้นสำคัญ	4	1.79	1.23	3.32	0.94	0.69
3. ตำแหน่งดาวเหนือ	4	1.36	1.87	4.00	0	1.00
4. วิธีการหาพิกัดดาว	4	0.64	1.34	4.00	0	1.00
5. ดาวเปลี่ยนตำแหน่ง	4	0.64	1.34	4.00	0	1.00
รวม	20	6.21(31.05%)	5.63	18.64(93.2%)	1.89	0.90

จากตารางพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนการเรียนในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 6.21 คิดเป็น 31.05% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับเส้นละติจูด เส้นลองจิจูด เส้นศูนย์สูตรโลก และเส้นเมริเดียนหลักบนโลก และแนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดขอบฟ้า (เส้นขอบฟ้า ทิศ จุดเหนือศีรษะ ขั้วฟ้าเหนือ และเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต) มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 1.79$) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งของดาวเหนือปรากฏเมื่อผู้สังเกตอยู่ ณ ละติจูดต่าง ๆ บนโลก ($\bar{X} = 1.36$) แนวคิดเกี่ยวกับ วิธีการหามุมทิศและมุมเงยของดาว และการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดในระบบพิกัด

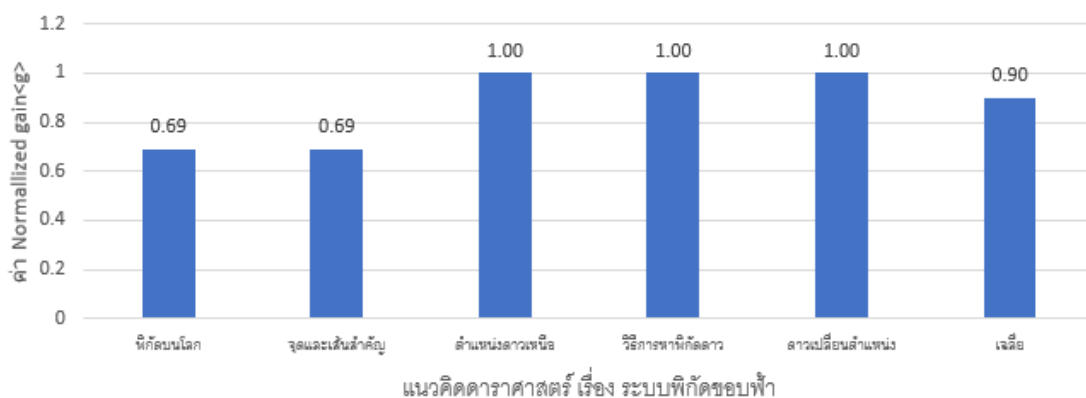
ขอบฟ้า และแนวคิดเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งของดาวในระบบพิกัดขอบฟ้าเมื่อเปลี่ยนเวลาและตำแหน่งในการสังเกต ($\bar{X} = 0.64$) ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังการเรียนในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 18.64 คิดเป็น 93.2% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งของดาวเหนือปรากฏเมื่อผู้สังเกตอยู่ ณ ละติจูดต่าง ๆ บนโลก แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการหามุมทิศและมุมเงยของดาวและการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดในระบบพิกัดขอบฟ้า และแนวคิดเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งของดาวในระบบพิกัดขอบฟ้าเมื่อเปลี่ยนเวลาและตำแหน่งในการสังเกต มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.00$) รองลงมาได้แก่แนวคิดเกี่ยวกับเส้นละติจูด เส้นลองจิจูด เส้นศูนย์สูตรโลก และเส้นเมริเดียนหลักบนโลก และแนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดขอบฟ้า (เส้นขอบฟ้า ทิศ จุดเหนือศีรษะ ขั้วฟ้าเหนือ และเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต) ($\bar{X} = 3.23$) และพบว่า คะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้าทุกแนวคิด มีคะแนนเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าการพัฒนา ของคะแนนภาพรวมแล้ว พบว่ามีค่า $\langle g \rangle = 0.90$ เมื่อเรียงลำดับค่า $\langle g \rangle$ พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งของดาวเหนือปรากฏเมื่อผู้สังเกตอยู่ ณ ละติจูดต่าง ๆ บนโลก แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการหามุมทิศและมุมเงยของดาวและการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดในระบบพิกัดขอบฟ้า และแนวคิดเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งของดาวในระบบพิกัดขอบฟ้าเมื่อเปลี่ยนเวลาและตำแหน่งในการสังเกต มีค่ามากที่สุด ($\langle g \rangle = 1.00$) รองลงมาได้แก่แนวคิดเกี่ยวกับเส้นละติจูด เส้นลองจิจูด เส้นศูนย์สูตรโลก และเส้นเมริเดียนหลักบนโลก และแนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดขอบฟ้า (เส้นขอบฟ้า ทิศ จุดเหนือศีรษะ ขั้วฟ้าเหนือ และเส้น เมอริเดียนของผู้สังเกต) ($\langle g \rangle = 0.94$) โดยทั้งหมดมีค่า $\langle g \rangle$ อยู่ระหว่าง 0.69 – 1.00 ซึ่งถือว่า คะแนนรวมทุกแนวคิดและคะแนนรายแนวคิดมีค่าการพัฒนา อยู่ในระดับสูง

โดยผู้วิจัยนำเสนอกราฟเปรียบเทียบในภาพประกอบที่ 15 และ 16 ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 15 แสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้าของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพประกอบ 16 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Normalized (<g>) ของคะแนนความเข้าใจ แนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า

ระบบพิกัดศูนย์สูตร

ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร ประกอบด้วยแนวคิดย่อย 6 ประเด็น คือ

- จุดและเส้นสำคัญ ได้แก่ จุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร ประกอบด้วย ขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ เส้นศูนย์สูตรฟ้า วงกลมขั้วโงม
- วิธีการหาพิกัดดาว ได้แก่ วิธีการระบุพิกัดของดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตรเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน
- ตำแหน่งดาว ได้แก่ การระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
- เส้นทางหรือรอยดาว ได้แก่ เส้นทางการขึ้นการตกของดาวหรือเส้นทางเคลื่อนที่ปรากฏของดาว และรอยดาว (star trail)
- ดาวเปลี่ยนเส้นทาง ได้แก่ เส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดแตกต่างกัน
- เวลาที่ดาวปรากฏ ได้แก่ ระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า ดาวรอบขั้วฟ้า ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อทดสอบว่า แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้ามีผลต่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร อย่างมีนัยสำคัญ โดยทำการทดสอบค่า t ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ระบบพิกัด
ศูนย์สูตร ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (Dependent t-test)

แนวคิด	คะแนน	N	df	\bar{X}	S. D.	t
1. จุดและเส้นสำคัญ	ก่อนเรียน	28	27	0.39	0.74	11.53*
	หลังเรียน	28	27	2.00	0	
2. วิธีการหาพิกัดดาว	ก่อนเรียน	28	27	0.50	1.20	11.92*
	หลังเรียน	28	27	3.54	0.84	
3. ตำแหน่งดาว	ก่อนเรียน	28	27	0.54	1.26	11.18*
	หลังเรียน	28	27	3.36	0.83	
4. เส้นทางหรือรอยดาว	ก่อนเรียน	28	27	0	0	52.2*
	หลังเรียน	28	27	3.11	0.31	
5. ดาวเปลี่ยนเส้นทาง	ก่อนเรียน	28	27	0.21	0.69	23.76*
	หลังเรียน	28	27	3.89	0.31	
6. เวลาที่ดาวปรากฏ	ก่อนเรียน	28	27	0	0	61.96*
	หลังเรียน	28	27	3.07	0.26	
รวม	ก่อนเรียน	28	27	7.21	2.97	25.74*
	หลังเรียน	28	27	22.89	1.62	

* $p < .01$

จากตารางพบว่า คะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร ก่อนเรียนและหลังเรียนในทุกแนวคิดและในภาพรวม มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่คาดหวังไว้ คือ นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าหลังเรียน มีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าแบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าสามารถส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตรของนักเรียนได้

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัด ศูนย์สูตรของนักเรียน โดยการแปลผลและจัดกลุ่มเป็น 4 ระดับ ตามกลุ่มแนวคิด ดังนี้ ระดับ 4 แนวความคิดที่สมบูรณ์ ระดับ 3 แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ ระดับ 2 แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และระดับ 1 ไม่เข้าใจแนวความคิด ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 10 แสดงข้อมูลจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับแนวคิด เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร

แนวคิด	ระดับ แนวคิด	จำนวนนักเรียน(คน)				
		ก่อนเรียน	การเปลี่ยนแปลงหลังเรียน			รวม หลังเรียน
			คงที่	สูงขึ้น	ต่ำลง	
1. จุดและเส้นสำคัญ	4	3(10.71%)	3	0	0	28(100%)
	3	0	0	0	0	0
	2	2(7.14%)	0	2	0	0
	1	23(82.14%)	0	23	0	0
2. วิธีการหาพิกัด	4	2(7.14%)	2	0	0	21(75%)
	3	2(7.14%)	1	1	0	1(3.57%)
	2	0	0	0	0	6(21.43%)
	1	24(85.71%)	0	24	0	0
3. ตำแหน่งดาว	4	2(7.14%)	2	0	0	16(57.14%)
	3	2(7.14%)	1	1	0	6(21.43%)
	2	0	0	0	0	6(21.43%)
	1	24(85.71%)	0	24	0	0
4. เส้นทางหรือรอยดาว	4	0	0	0	0	28(100%)
	3	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	1	28(100%)	0	28	0	0

ตาราง 10 (ต่อ)

แนวคิด	ระดับแนวคิด	จำนวนนักเรียน(คน)				
		ก่อนเรียน	การเปลี่ยนแปลงหลังเรียน			รวมหลังเรียน
			คงที่	สูงขึ้น	ต่ำลง	
5. ดาวเปลี่ยนเส้นทาง	4	0	0	0	0	28(100%)
	3	1	0	1	0	0
	2	1	0	1	0	0
	1	26(92.86%)	0	26	0	0
6. เวลาที่ดาวปรากฏ	4	0	0	0	0	28(100%)
	3	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	1	28(100%)	0	28	0	0

จากตารางพบว่า ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตรของนักเรียนในช่วงก่อนเรียน มีการกระจายตัวในระดับแนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร (ขั้วฟ้าเหนือ, ขั้วฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า, วงกลมขั้วโมง) แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการระบุพิกัดของดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตรเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน และแนวคิดเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดตามระบบพิกัดศูนย์สูตร ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวหรือเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาว และรอยดาว (star trail) แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดแตกต่างกัน และแนวคิดเกี่ยวกับดาวรอบขั้วฟ้าและระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิด สำหรับในช่วงหลังเรียน แนวคิดของนักเรียนส่วนใหญ่เปลี่ยนไป โดยมีระดับของแนวคิดที่สมบูรณ์มากขึ้น และมีระดับของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนน้อยลง

จากนั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระดับความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตรของนักเรียน จากการหาคะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากคะแนนก่อนและหลังเรียน และค่าการพัฒนาโดยใช้ค่าการพัฒนา(Normalized gain(<g>)) แบ่งระดับของค่า <g> ออกเป็น 3 ระดับ คือ การพัฒนาอยู่ในระดับสูง เมื่อ $<g> \geq 0.7$ การพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อ $0.3 < <g> < 0.7$ และการพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ เมื่อ $<g> \leq 0.3$ ได้ผลดังนี้

ตาราง 11 แสดงคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร ก่อนเรียน และหลังเรียน และค่าการพัฒนา(Normalized gain ($\langle g \rangle$))

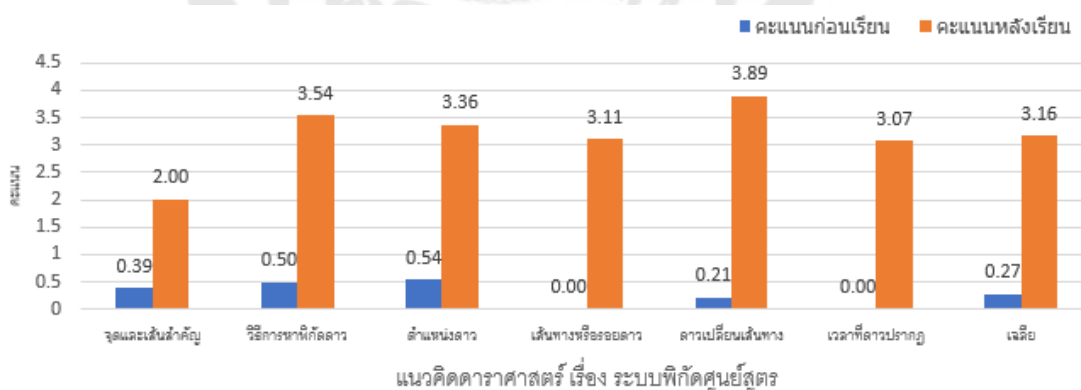
แนวคิด	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		$\langle g \rangle$
		\bar{X}	S. D.	\bar{X}	S. D.	
1. จุดและเส้นสำคัญ	4	0.39	0.74	2.00	0	0.45
2. วิธีการหาพิกัดดาว	4	0.50	1.20	3.54	0.84	0.84
3. ตำแหน่งดาว	4	0.54	1.26	3.36	0.83	0.81
4. เส้นทางการหรือรอยดาว	4	0	0	3.11	0.31	0.78
5. ดาวเปลี่ยนเส้นทาง	4	0.21	0.69	3.89	0.31	0.97
6. เวลาที่ดาวปรากฏ	4	0	0	3.07	0.26	0.77
รวม	24	7.21(30.04%)	2.97	22.89(95.36%)	1.62	0.93

จากตารางพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนการเรียนในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 7.21 คิดเป็น 30.04% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดตามระบบพิกัดศูนย์สูตร มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 0.54$) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการระบุพิกัดของดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตรเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน ($\bar{X} = 0.50$) แนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร (ขั้วฟ้าเหนือ, ขั้วฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า, วงกลมขั้วเมือง) ($\bar{X} = 0.39$) แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดแตกต่างกัน ($\bar{X} = 0.21$) แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวหรือเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาว และรอยดาว (star trail) ($\bar{X} = 0$) และแนวคิดเกี่ยวกับดาวรอบขั้วฟ้าและระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า ($\bar{X} = 0$) ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังการเรียน ในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 22.89 คิดเป็น 95.36% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดแตกต่างกัน มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 3.89$) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการระบุพิกัดของดาว ตามระบบพิกัดศูนย์สูตร เป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชัน และเดคลิเนชัน ($\bar{X} = 3.54$) แนวคิดเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดตามระบบพิกัดศูนย์สูตร ($\bar{X} = 3.36$) แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวหรือเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาวและรอยดาว (star trail) ($\bar{X} = 3.11$) แนวคิดเกี่ยวกับดาว

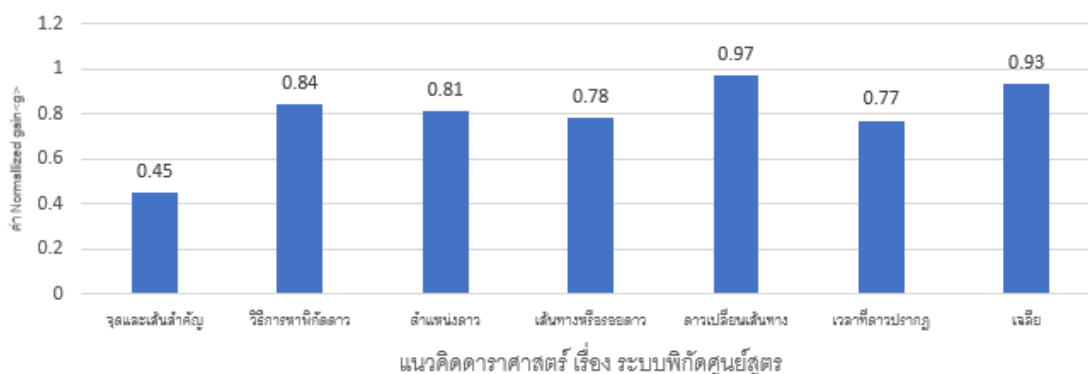
รอบหัวฟ้า และระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า ($\bar{X} = 3.07$) และแนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญจากระบบพิกัดศูนย์สูตร (หัวฟ้าเหนือ, หัวฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า, วงกลมหัวโมง) ($\bar{X} = 2.00$) ตามลำดับ และพบว่า คะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตรทุกแนวคิด มีคะแนนเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าการพัฒนา ของคะแนนภาพรวมแล้ว พบว่ามีค่า $\langle g \rangle = 0.93$ เมื่อเรียงลำดับค่า $\langle g \rangle$ พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดแตกต่างกัน มีค่ามากที่สุด ($\langle g \rangle = 0.97$) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการระบุพิกัดของดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตร เป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน ($\langle g \rangle = 0.84$) แนวคิดเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดตามระบบพิกัดศูนย์สูตร ($\langle g \rangle = 0.81$) แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาว หรือเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาว และรอยดาว (star trail) ($\langle g \rangle = 0.78$) แนวคิดเกี่ยวกับดาวรอบหัวฟ้า และระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า ($\langle g \rangle = 0.77$) โดยทั้งหมดมีค่า $\langle g \rangle$ อยู่ระหว่าง 0.77 – 0.97 ซึ่งถือว่า คะแนนรวมทุกแนวคิด และคะแนนรายแนวคิด มีค่าการพัฒนาอยู่ในระดับสูง ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญจากระบบพิกัดศูนย์สูตร (หัวฟ้าเหนือ, หัวฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า, วงกลมหัวโมง) มีค่าการพัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง ($\langle g \rangle = 0.45$)

โดยผู้วิจัยนำเสนอกราฟเปรียบเทียบในภาพประกอบที่ 17 และภาพประกอบที่ 18



ภาพประกอบ 17 แสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่องระบบพิกัดศูนย์สูตรของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพประกอบ 18 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Normalized <g> ของคะแนนความเข้าใจ
แนวคิดดาราศาสตร์ เรื่องระบบพิกัดศูนย์สูตร

ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์

ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวง
อาทิตย์ ประกอบด้วยแนวคิดย่อย 6 ประเด็น คือ

1. สุริยวิถี ได้แก่ เส้นสุริยวิถี และตำแหน่งสำคัญบนเส้นสุริยวิถี
2. ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ได้แก่ ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตก
ของดวงอาทิตย์ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันวสันตวิษุวัต (21 มีนาคม) วันครีษมายัน (21
มิถุนายน) วันศารทวิษุวัต (22 กันยายน) และวันเหมายัน (21 ธันวาคม)
3. เวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ ได้แก่ ช่วงเวลากลางวันกลางวัน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่
ละติจูดต่างกันในวันวสันตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัต และวันเหมายัน
4. ตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล ได้แก่ ความสัมพันธ์ของตำแหน่งดวงอาทิตย์
ณ จุดวสันตวิษุวัต จุดครีษมายัน จุดศารทวิษุวัต และจุดเหมายัน กับฤดูกาล
5. ปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ ได้แก่ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเส้นทาง
การขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ในธรรมชาติ ได้แก่ ปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว ดวงอาทิตย์เที่ยงคืน
และวันไร้เงา

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อน
เรียนและหลังเรียน เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีผลต่อ
ความเข้าใจ ในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์
อย่างมีนัยสำคัญ โดยทำการทดสอบค่า t ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 12 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ โดยใช้การทดสอบค่าที (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

จากตารางพบว่า คะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ก่อนเรียนและหลังเรียนในทุกแนวคิดและในภาพรวม มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่คาดหวังไว้ คือ นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าหลังเรียน มีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าสามารถส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ของนักเรียนได้

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ของนักเรียน โดยการแปลผลและจัดกลุ่มเป็น 4 ระดับ ตามกลุ่มแนวคิด ดังนี้ ระดับ 4 แนวความคิดที่สมบูรณ์ ระดับ 3 แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ ระดับ 2 แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และระดับ 1 ไม่เข้าใจแนวความคิด ซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 13 แสดงข้อมูลจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับแนวคิด เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น
การตกของดวงอาทิตย์

แนวคิด	ระดับ แนวคิด	จำนวนนักเรียน(คน)				
		ก่อนเรียน	การเปลี่ยนแปลงหลังเรียน			รวม หลังเรียน
			คงที่	สูงขึ้น	ต่ำลง	
1. สุริยวิถี	4	1(3.57%)	1	0	0	20(71.43%)
	3	0	0	0	0	3(10.71%)
	2	1(3.57%)	0	1	0	5(17.86%)
	1	26(92.86%)	0	26	0	0
2. ตำแหน่งและ เส้นทางการตกของดวงอาทิตย์	4	0	0	0	0	26(92.86%)
	3	0	0	0	0	0
	2	4(14.29%)	1	3	0	2(7.14%)
	1	24(85.71%)	0	0	0	0
3. เวลาดวงอาทิตย์ ปรากฏ	4	0	0	0	0	15(53.57%)
	3	0	0	0	0	2(7.14%)
	2	0	0	0	0	0
	1	28(100%)	10	18	0	11(39.29%)
4. ตำแหน่งดวงอาทิตย์ กับฤดูกาล	4	0	0	0	0	28(100%)
	3	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	1	28(100%)	0	28	0	0

ตาราง 13 (ต่อ)

แนวคิด	ระดับ แนวคิด	จำนวนนักเรียน(คน)				
		ก่อนเรียน	การเปลี่ยนแปลงหลังเรียน			รวม หลังเรียน
			คงที่	สูงขึ้น	ต่ำลง	
5. ปรัชญาการณ์ ดวงอาทิตย์	4	0	0	0	0	17(60.71%)
	3	0	0	0	0	11(39.29%)
	2	0	0	0	0	0
	1	28(100%)	0	28	0	0

จากตารางพบว่าความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ของนักเรียนในช่วงก่อนเรียนในทุกระดับแนวคิด นักเรียนไม่เข้าใจในแนวความคิด และมีความคิดที่คลาดเคลื่อน สำหรับในช่วงหลังเรียน แนวคิดของนักเรียนส่วนใหญ่เปลี่ยนไป โดยมีระดับของแนวคิดที่สมบูรณ์มากขึ้น และมีระดับของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนน้อยลง

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

ตาราง 14 แสดงคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์ก่อนเรียนและหลังเรียน และค่าการพัฒนา (Normalized gain($\langle g \rangle$))

แนวคิด	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		$\langle g \rangle$
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	
1. สุริยวิถี	4	0.36	0.87	3.54	0.79	0.87
2. ตำแหน่งและเส้นทางการดวงอาทิตย์	4	0.36	0.73	3.93	0.38	0.98

ตาราง 14 (ต่อ)

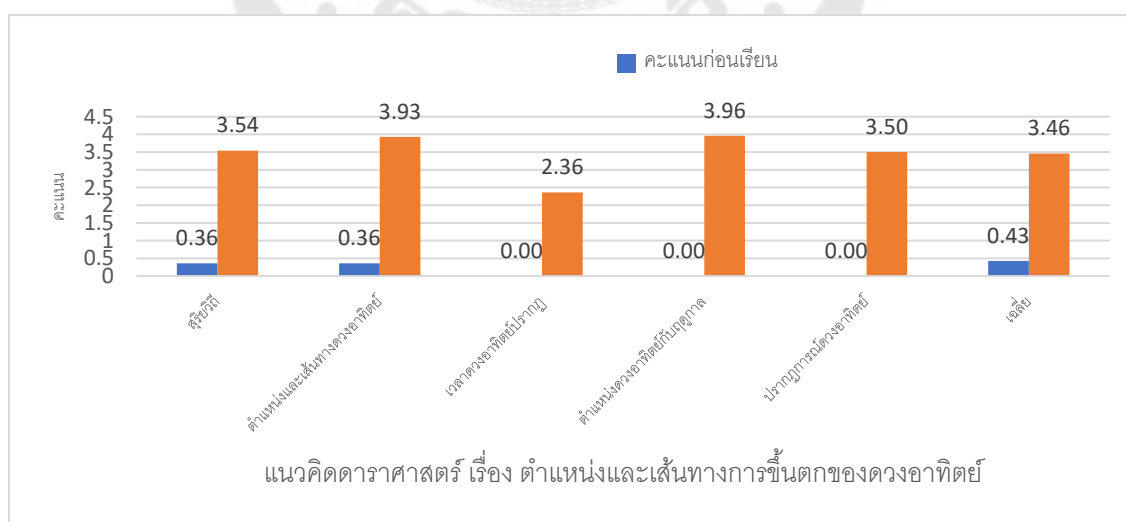
แนวคิด	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		<g>
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	
3. เวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ	4	0	0	2.36	1.95	0.59
4. ตำแหน่งดวงอาทิตย์ กับฤดูกาล	4	0	0	3.96	0.19	0.99
5. ปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์	4	0	0	3.50	0.51	0.88
รวม	20	0.71 (3.55%)	1.38	17.29 (86.45%)	2.09	0.86

จากตารางพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนการเรียนในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 0.71 คิดเป็น 3.55% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่าแนวคิดเกี่ยวกับเส้นสุริยวิถีและตำแหน่งสำคัญบนเส้นสุริยวิถี และแนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันวสันตวิษุวัต (21 มีนาคม) วันครีษมายัน (21 มิถุนายน) วันศารทวิษุวัต (22 กันยายน) และวันเหมายัน (21 ธันวาคม) มี คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X} = 0.36$) แต่นักเรียนไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับช่วงเวลากลางวัน กลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่างกันในวันวสันตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัต และวันเหมายัน ความสัมพันธ์ของจุดวสันตวิษุวัต จุดครีษมายัน จุดศารทวิษุวัต และจุดเหมายัน กับ ฤดูกาล ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ในธรรมชาติ ได้แก่ ปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว ดวงอาทิตย์เที่ยงคืน และวันไร้เงา เลย สำหรับค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังการเรียนในภาพรวมทุกแนวคิด มีค่าเท่ากับ 17.29 คิดเป็น 86.45% เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายแนวคิดจากมากไปน้อย พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจุดวสันตวิษุวัต จุดครีษมายัน จุดศารทวิษุวัตและจุดเหมายัน กับฤดูกาล มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 3.96$) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันวสันตวิษุวัต (21 มีนาคม) วันครีษมายัน (21 มิถุนายน) วันศารทวิษุวัต (22 กันยายน) และวันเหมายัน (21 ธันวาคม) ($\bar{X} = 3.93$) แนวคิดเกี่ยวกับเส้นสุริยวิถีและตำแหน่งสำคัญบนเส้น สุริยวิถี ($\bar{X} = 3.54$) แนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ในธรรมชาติ ได้แก่ ปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว ดวงอาทิตย์เที่ยงคืน และวันไร้เงา ($\bar{X} = 3.50$) และแนวคิดเกี่ยวกับช่วงเวลากลางวันกลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูด

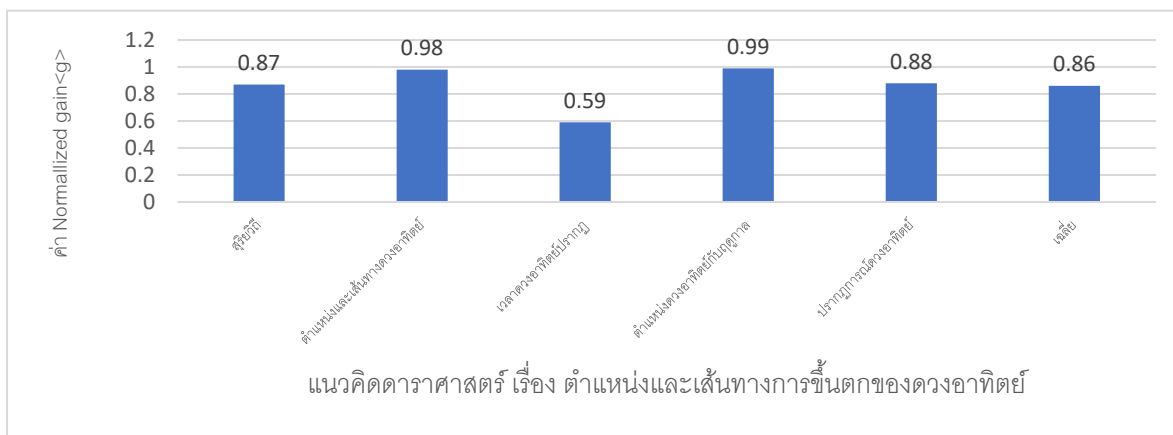
ต่างกันในวันวสันตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัตและวันเหมายัน ($\bar{X} = 2.36$) จะเห็นว่าความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ของนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกด้าน

เมื่อพิจารณาค่าการพัฒนาของคะแนนภาพรวมแล้ว พบว่ามีค่า $\langle g \rangle = 0.86$ เมื่อเรียงลำดับค่า $\langle g \rangle$ พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจุดวสันตวิษุวัต จุดครีษมายัน จุดศารทวิษุวัตและจุดเหมายัน กับฤดูกาล มีค่ามากที่สุด ($\langle g \rangle = 0.99$) รองลงมาได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันวสันตวิษุวัต (21 มีนาคม) วันครีษมายัน (21 มิถุนายน) วันศารทวิษุวัต (22 กันยายน) และวันเหมายัน (21 ธันวาคม) ($\langle g \rangle = 0.98$) แนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ในธรรมชาติ ได้แก่ ปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว ดวงอาทิตย์เที่ยงคืนและวันไร้เงา ($\langle g \rangle = 0.88$) และแนวคิดเกี่ยวกับเส้นสุริยวิถีและตำแหน่งสำคัญบนเส้นสุริยวิถี ($\langle g \rangle = 0.87$) โดยทั้งหมดมีค่า $\langle g \rangle$ อยู่ระหว่าง 0.87 – 0.99 ซึ่งถือว่า คะแนนรวมทุกแนวคิดและคะแนนรายแนวคิด มีค่าการพัฒนาอยู่ในระดับสูง ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับช่วงเวลากลางวัน กลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่างกันในวันวสันตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัตและวันเหมายัน มีค่าการพัฒนา อยู่ในระดับปานกลาง ($\langle g \rangle = 0.59$)

โดยผู้วิจัยนำเสนอกราฟเปรียบเทียบในภาพประกอบ 19 และภาพประกอบ 20 ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 19 แสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพประกอบ 20 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Normalized gain <g> ของคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นตกของดวงอาทิตย์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการเรียนรู้

ผู้วิจัยวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วน 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ โดยทำการวัดหลังการเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 ได้ผลดังตาราง

ตาราง 15 คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุ
ท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการเรียนรู้			
1. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้เข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่ง และเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ได้สมบูรณ์ขึ้น	4.64	0.62	มากที่สุด
2. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้สามารถอธิบาย พิกัด เชื่อมโยง และสื่อสารแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ได้ชัดเจนจากนามธรรมเป็นรูปธรรม เข้าใจง่าย	4.82	0.39	มากที่สุด
3. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดดาราศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น	4.29	0.53	มาก
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
4. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้ได้ฝึกคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการคิดอย่างมีเหตุผล	4.36	0.73	มาก
5. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้ได้สร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์จริงผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง	4.82	0.39	มากที่สุด
6. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ช่วยเพิ่มความสนใจ ความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	4.86	0.36	มากที่สุด

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้(ต่อ)			
7. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุ ห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้ได้ฝึกทักษะการทำงาน ร่วมกันเป็นทีม ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน	4.50	0.64	มาก
8. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุ ห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ได้มีโอกาสนำเสนอผลงาน ทำให้กล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าทำ ด้วยตนเอง	4.11	0.57	มาก
9. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุห้องฟ้า บนทรงกลมฟ้าทำให้ได้ฝึกความเป็นผู้นำผู้ตามที่ดี	3.86	0.71	มาก
10. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุ ห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้เกิดความสุข มีความสนุกสนานในการเรียนรู้	4.89	0.31	มากที่สุด
11. การเรียนโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุ ห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้เชื่อมโยงความรู้ ดาราศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง	4.14	0.52	มาก
ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้			
12. แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีโครงสร้างและองค์ประกอบที่เหมาะสม	4.32	0.67	มาก
13. แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ทั้งด้านความคงทนและ สวยงาม	4.36	0.49	มาก
14. แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุห้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีความยืดหยุ่นที่การใช้งาน ช่วยจุดประกาย ความอยากรู้อยากเห็น	4.79	0.42	มากที่สุด
15. คู่มือการใช้ แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุห้องฟ้า บนทรงกลมฟ้า มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติชัดเจน เข้าใจง่าย	4.46	0.51	มาก
ภาพรวม	4.48	0.16	มาก

จากตารางพบว่า หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดดาราศาสตร์โดยใช้แบบจำลองระบบ
 พิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความพึงพอใจต่อ
 การใช้แบบจำลองการระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.48
 นักเรียนมีระดับความพึงพอใจมาก โดยที่นักเรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดในด้าน การเรียน
 โดยใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้เกิดความสุข มีความสนุกสนาน
 ในการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.89$) ช่วยเพิ่มความสนใจ ความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.86$) ทำให้ได้
 ฝึกความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี ($\bar{X} = 4.86$) ทำให้สามารถอธิบาย พิสูจน์ เชื่อมโยงและสื่อสาร
 แนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการ
 ตกของดวงอาทิตย์ ได้ชัดเจนจากนามธรรมเป็นรูปธรรม เข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.82$) ทำให้ได้สร้างองค์
 ความรู้จากประสบการณ์จริงผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ($\bar{X} = 4.82$) มีความยืดหยุ่นที่การใช้
 งาน ช่วยจุดประกายความอยากรู้อยากเห็น ($\bar{X} = 4.79$) ทำให้เข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง
 ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ได้
 สมบูรณ์ขึ้น ($\bar{X} = 4.64$) และนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ทำให้ได้ฝึกทักษะการ
 ทำงานร่วมกันเป็นทีม ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ($\bar{X} = 4.50$) คู่มือการใช้ แบบจำลองระบบ
 พิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติชัดเจนเข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.46$)
 แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ทั้งด้านความ
 คงทนและสวยงาม ($\bar{X} = 4.36$) แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้ามีโครงสร้าง
 และองค์ประกอบที่เหมาะสม ($\bar{X} = 4.32$) ทำให้สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดดาราศาสตร์ใน
 ชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น ($\bar{X} = 4.29$) ทำให้เชื่อมโยงความรู้ดาราศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง
 ($\bar{X} = 4.14$) และได้มีโอกาสนำเสนอผลงาน ทำให้กล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าทำ ด้วยตนเอง
 ($\bar{X} = 4.11$)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองระบบฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถนำมาสรุปผล อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

คำถามวิจัย

1. การใช้แบบจำลองการระบุนักฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีผลต่อความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร
2. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองการระบุนักฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการเรียนรู้แนวคิดดาราศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการระบุนักฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์
2. เพื่อศึกษาผลจากการใช้แบบจำลองการระบุนักฝึกหัดวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ในด้าน
 - 2.1 ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์
 - 2.2 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองการระบุนักฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

สมมุติฐานในการวิจัย

1. แบบจำลองระบบฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้ามีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก (3.51)
2. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองระบบฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าหลังเรียน มีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองการระบุนักฝึกหัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าอยู่ในระดับ พึงพอใจมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ฉะเชิงเทรา เขต 1

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 28 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า
2. ตัวแปรตาม : ผลการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้
 - 1) ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียน
 - 2) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้า

บนทรงกลมฟ้า

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ อยู่ในหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 3 แนวคิดหลัก ได้แก่ ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์กลาง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองระบบฟีดแบ็กของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์
2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบบฟีดแบ็กของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามลำดับ
3. ทดสอบหลังเรียน (posttest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จแล้ว ด้วยแบบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ และให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองการระบบฟีดแบ็กของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินแบบจำลองการระบบฟีดแบ็กของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ของผู้เชี่ยวชาญกับคะแนนเกณฑ์ (3.51)
2. ทดสอบสมมติฐานข้อ 2 ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ก่อนการเรียนและหลังการเรียนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (Dependent t-test) และค่าการพัฒนา (Normalize gain ($<g>$)) และจัดกลุ่มความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์
3. ทดสอบสมมติฐานข้อ 3 ด้วยการประเมินระดับความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองการระบบฟีดแบ็กของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

สรุปผลการวิจัย

1. แบบจำลองการระบบฟีดแบ็กของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงกว่า คะแนนเกณฑ์ที่กำหนด (3.51) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05
2. นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าการพัฒนา (Normalized gain ($<g>$)) เฉลี่ยเท่ากับ 0.75 นักเรียนมีระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองการระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า อยู่ระดับพึงพอใจมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

ตอนที่ 1 แบบจำลองระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

ตามสมมติฐานที่ 1 ระบุว่าแบบจำลองระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้ามีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับเหมาะสมค่อนข้างมาก (3.51) ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองการระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (4.68) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3.51 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่าด้านการผลิตผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดี ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหาผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ด้านความสะดวกในการใช้งานผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ด้านประโยชน์และความคุ้มค่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก และด้านคู่มือการใช้งานผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าแบบจำลองการระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าที่สร้างขึ้น ครูสามารถผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างได้ด้วยตัวเอง และสามารถปรับแก้ไขหรือผลิตทดแทนเพิ่มเติมได้ง่ายจากการพิมพ์ออกจากเครื่องพิมพ์สามมิติได้ทันที ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของ CCM สามารถแสดงฟังก์ชันอ้างอิง มุมทิศมุมเงย ค่าไรต์แอสเซนชัน ค่าเดคลิเนชัน ได้อย่างชัดเจนจากเส้นโค้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ CCM สามารถเลือกชิ้นส่วนโครงสร้างสีต่าง ๆ เพื่อแสดงฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าได้ตามต้องการ ทั้งระบบฟังก์ชันขอบฟ้า ระบบฟังก์ชันศูนย์สูตร และสามารถติดตั้งตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ทุกตำแหน่งตามที่ดวงอาทิตย์ปรากฏในแต่ละวัน และสามารถแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์และดาว เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ บนโลกซึ่งสอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหาในการเรียนรู้ และมีความสะดวกในการใช้งานเพราะสามารถประกอบและถอดชิ้นส่วนโครงสร้างทุกชิ้นออกเก็บเข้ากล่องได้ง่าย สะดวกในการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษา รวมถึงมีฐานที่รองรับ CCM ที่แข็งแรงและสามารถประกอบและถอดออกเก็บได้ทุกชิ้นส่วนเช่นเดียวกัน CCM มีประโยชน์และมีความคุ้มค่าเพราะใช้วัสดุที่มีราคาถูกแต่มีความคงทนและมีความปลอดภัยต่อผู้เรียน สามารถใช้งานซ้ำได้อย่างต่อเนื่อง และที่สำคัญคือ นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ เข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ด้วยการเรียนรู้โดยการได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการนำสื่อการเรียนการสอนไปใช้จัดการเรียนรู้ว่า ต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล สภาพการจัดการเรียนการสอนควรยืดหยุ่นได้ และให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติมีส่วนร่วมและได้ตอบสนอง (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533) และแบบจำลองที่ดีจะต้องมีความ

สมบูรณ์ในเชิงโครงสร้าง แสดงองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมดของแนวคิดที่ต้องการอธิบายได้ มีความสอดคล้องและเหมาะสมในระดับของรายละเอียดที่ต้องการอธิบาย มีความเหมาะสมของภาษาและรูปแบบการนำเสนอ มีความเป็นรูปธรรมในการนำเสนอ เห็นความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบของแบบจำลองอย่างชัดเจน ให้คำอธิบายมโนคติที่ชัดเจนและสามารถอธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ ชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่แบบจำลองสามารถอธิบายได้ถูกต้อง และข้อจำกัดของแบบจำลอง เมเยอร์ (Mayer, R.E., 1989)

ตอนที่ 2 ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

ตามสมมติฐานที่ 2 ระบุว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าหลังเรียน มีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าการพัฒนา (Normalized gain ($<g>$)) เฉลี่ยเท่ากับ 0.75 นักเรียนมีระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น มีระดับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนน้อยลง จากการวิเคราะห์ความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนในช่วงก่อนเรียน มีการกระจายตัวในทุกระดับแนวความคิด โดยที่จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มแนวความคิดคลาดเคลื่อนและไม่เข้าใจแนวความคิดมีจำนวนมาก แต่หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุฟังก์ชันของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่าจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มแนวความคิดที่สมบูรณ์ มีจำนวนเพิ่มขึ้น และจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มแนวความคิดไม่สมบูรณ์ แนวความคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มไม่เข้าใจแนวความคิด มีจำนวนลดลง โดยนักเรียนในกลุ่มแนวความคิดที่สมบูรณ์มีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก 21.43% เป็น 82.14% กลุ่มแนวความคิดไม่สมบูรณ์มีจำนวนจาก 10.71% เป็น 7.14% กลุ่มแนวความคิดคลาดเคลื่อน มีจำนวนจาก 3.57% เป็น 7.14% และกลุ่มไม่เข้าใจแนวความคิดมีจำนวนจาก 64.29% ลดลงเหลือเพียง 3.57% ทั้งนี้ การที่มีจำนวนนักเรียนในกลุ่มแนวความคิดไม่สมบูรณ์นั้น เนื่องจากนักเรียนส่วนหนึ่งเขียนสื่อความหมายได้ถูก แต่ยังขาดองค์ประกอบบางส่วนของแต่ละแนวความคิด ส่วนจำนวนนักเรียนในกลุ่มแนวความคิดคลาดเคลื่อน ยังมีอยู่บางส่วน ซึ่งนักเรียนจำนวนนี้เขียนสื่อความหมายถูกแต่มีการให้เหตุผลบางส่วนไม่ถูกต้อง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างความเข้าใจและชี้แจงสรุปให้นักเรียนเข้าใจภายหลังแล้วว่ามีประเด็นอะไรบ้างที่นักเรียนมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนและไม่สมบูรณ์

เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียน ตามแนวคิดหลัก ทั้ง 3 แนวคิด ได้แก่ ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ แล้ว ดังนี้

ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า

นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าการพัฒนา (Normalized gain (<g>)) เฉลี่ยเท่ากับ 0.90 ซึ่งถือว่านักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์อยู่ในระดับสูงและมีระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้ให้นักเรียนมีพัฒนาการระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น อาจจะเป็นเพราะว่า ช่วงก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับระบบพิกัดขอบฟ้า คือ นักเรียนไม่มีวิธีการหามุมทิศและมุมเงยในการระบุตำแหน่งของดาว เนื่องจากนักเรียนอาจจะไม่ได้สังเกตตำแหน่งของดาวในช่วงเวลากลางคืนอย่างต่อเนื่อง คือไม่ทราบว่าจะบอกตำแหน่งของดาวอย่างไร จึงให้คำตอบที่สื่อความหมายผิดหรือไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้ การเข้าใจที่คลาดเคลื่อนสามารถแก้ได้โดยใช้คำถามกระตุ้น ให้นักเรียนเชื่อมโยงตัวเองเข้ากับธรรมชาติในชีวิตจริง ว่าเวลาที่นักเรียนจะสังเกตเห็นได้ก็ตาม นักเรียนจะต้องหันไปทางทิศที่สิ่งนั้นที่เรากำลังสังเกตเห็นอยู่ และเงยหน้าขึ้น (หรือไม่เงยหน้า หรือก้มหน้าลง) มองไปที่สิ่งนั้น ซึ่งการระบุตำแหน่งของดาวหรือวัตถุท้องฟ้า ๆ ก็ตาม เราก็ต้องหันไปทางทิศที่ดาวหรือวัตถุท้องฟ้านั้นที่เรากำลังสังเกตเห็นอยู่ และเงยหน้าขึ้น(หรือไม่เงยหน้า) เช่นเดียวกัน แล้วบอกตำแหน่งของดาวหรือวัตถุท้องฟ้านั้นเป็นมุมทิศและมุมเงย จากการที่นักเรียนได้ทดลองใช้แบบจำลองระบุพิกัดวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อเรียนรู้ในเรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้านั้น นักเรียนจะเริ่มจากการรู้จักพิกัดบนโลก ได้แก่ เส้นละติจูด เส้นลองจิจูด เส้นศูนย์สูตรโลก และเส้นเมริเดียนหลักบนโลก เพื่อให้เข้าใจตำแหน่งอ้างอิงบนโลกก่อน โดยการติดแถบสติ๊กเกอร์สีแดงเส้นศูนย์สูตรโลก เส้นเมริเดียนหลักลงบนลูกโลกจำลอง เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในเรื่อง ละติจูดและลองจิจูดบนโลก และระบุตำแหน่งขั้วโลกเหนือ ขั้วโลกใต้ บนลูกโลกจำลอง ซึ่งที่ลูกโลกจำลองนั้นจะมีแกนกลางสมมติของโลกโผล่ออกมาที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ แล้วให้นักเรียนใช้ตุ๊กตาแทนตัวเองไปยืนอยู่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนโลก(ลูกโลกจำลอง) เป็นการเชื่อมโยงแนวคิดที่เสมือนตัวเองได้ไปยืนอยู่ ณ ที่ต่าง ๆ บนโลก ซึ่งจะมีค่าละติจูดและลองจิจูดที่ต่างกัน และจำลองการหมุนรอบตัวเองของโลกว่าหมุนอย่างไร ซึ่งในประเด็นนี้มักมีการกล่าวกันว่า “โลกหมุนตามเข็มนาฬิกา” “โลกหมุนทวนเข็มนาฬิกา” “โลกหมุนตามกฎมือขวา” หรือแม้กระทั่ง “โลกหมุนจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก” เป็นต้น นักเรียนจะทราบได้อย่างที่กล่าวมาข้างต้นนั้น “ถูก” หรือ

“ผิด” หรือ “ถูก” ทั้งหมด มีเหตุผลใดมาประกอบคำอธิบายบ้าง ซึ่งความเข้าใจเรื่องการหมุนรอบตัวเองของโลกนี้ นักเรียนสามารถอธิบายและทำความเข้าใจในแนวคิดนี้ได้จากการทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ความเข้าใจเรื่อง ตำแหน่งของดาวเหนือที่ปรากฏอยู่บนท้องฟ้า เมื่อผู้สังเกตอยู่ ณ ตำแหน่งละติจูดที่แตกต่างกัน นักเรียนจะเข้าใจอย่างชัดเจนว่าตำแหน่งปรากฏของดาวเหนือบนท้องฟ้านั้น (สำหรับผู้สังเกตที่อยู่ทางซีกโลกเหนือ) จะอยู่สูงจากขอบฟ้าเป็นมุมเท่ากับตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต เช่น ผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูด 15 องศาเหนือ ตำแหน่งของดาวเหนือก็จะอยู่สูงจากขอบฟ้าเป็นมุม 15 องศาเช่นกัน ลองเปลี่ยนตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต ก็จะพบว่าตำแหน่งของดาวเหนือที่ปรากฏบนทรงกลมฟ้านั้นเปลี่ยนไป สัมพันธ์กับตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกตบนโลก แนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดของฟ้านั้น นักเรียนได้เรียนจากการประกอบโครงสร้างของแบบจำลอง โดยวางตุ๊กตา (ตัวแทนของนักเรียนผู้สังเกต) ลงบนจุดศูนย์กลางของพื้นระนาบวงกลม (แสดงพื้นโลก) จากนั้นเริ่มต้นต่อเส้นวงกลมใหญ่ (แนวราบ) เพื่อแสดงเส้นขอบฟ้าของผู้สังเกต กำหนดทิศโดยใช้เข็มทิศเพื่อให้สอดคล้องกับทิศทางภูมิศาสตร์บนโลก จากนั้นเริ่มต้นที่ตำแหน่งทิศเหนือ ต่อเส้นวงกลมใหญ่ (แนวตั้ง) กับเส้นขอบฟ้า (เส้นวงกลมใหญ่แนวราบ) และแผ่นเชื่อมต่อดาวเหนือศีรษะและเส้นวงกลมใหญ่ (แนวตั้ง) อีกหนึ่งเส้นไปบรรจบกับเส้นขอบฟ้าด้านตรงข้าม (ทิศใต้) รวมเป็นเส้นครึ่งวงกลม ซึ่งต่อไปนักเรียนจะเข้าใจว่าเส้นนี้แสดงถึง เส้นเมริเดียนของผู้สังเกต ที่จะบอกถึงตำแหน่งของดาวที่ขึ้นสูงสุดนั่นเอง จากนั้นประกอบโครงเส้นครึ่งวงกลมใหญ่ตามที่ต้องการ เพื่อแสดงมุมทิศ โดยนำแถบแผ่นวงแหวนที่แสดงมุม 0 – 360 องศา ติดรอบเส้นแสดงขอบฟ้าของผู้สังเกต กำหนดให้ทิศเหนือเป็นมุมทิศ 0 องศา หมุนมาทางทิศตะวันออก (มุมทิศ 90 องศา) ทิศใต้ (มุมทิศ 180 องศา) ทิศตะวันตก (มุมทิศ 370 องศา) และกลับมาที่ทิศเหนือ (มุมทิศ 360 องศา หรือ 0 องศา) ในการบอกมุมทิศและมุมเงยนั้น นักเรียนจะใช้อุปกรณ์แสดงมุมทิศที่ติดไว้บนฐานวงกลมที่หมุนได้รอบตัว ส่วนการบอกมุมเงยนั้นนักเรียนสามารถใช้ลูกศรที่ติดกับอุปกรณ์แสดงมุมเงย ชี้ไปที่วัตถุท้องฟ้าหรือดาวจำลอง แล้วอ่านค่ามุมเงยได้ ซึ่งในแบบจำลองนี้สามารถแสดงตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าตามค่ามุมทิศและมุมเงยได้ และยังสามารถหาค่ามุมทิศและมุมเงยของวัตถุท้องฟ้าได้จากการอ่านค่าที่อุปกรณ์วัดมุม จากตัวอย่างการทำกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้า ในระบบพิกัดของฟ้านั้น จะเห็นว่านักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้สามารถสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่องระบบพิกัดของฟ้าได้จริง สอดคล้องกับหลักการที่ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ได้รับประสบการณ์ตรง ได้เผชิญกับปัญหาและแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนได้แสดงออกถึงการแสวงหาความรู้ได้เต็มศักยภาพ จะทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง เกิด

แนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนรู้ยิ่งขึ้น เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย (จำนง พรายยิ้มแซ, 2516; ซอวบ กินาวงศ์, 2533; วิชัย วงษ์ใหญ่, 2542; อุทัย ดุลยเกษม, 2542; นาดยา ปิลันธนา นนท์; Martin, 1997)

ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร

นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์ หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าการพัฒนา (Normalized gain ($\langle g \rangle$)) เฉลี่ยเท่ากับ 0.93 ซึ่งถือว่านักเรียนมีการพัฒนา ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์อยู่ในระดับสูง และมีระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น สาเหตุ สำคัญที่ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น โดยที่ก่อนเรียน นักเรียนทุกคน ไม่เข้าใจแนวคิด เกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวหรือเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาว และรอยดาว (star trail) แนวคิดเกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ ละติจูดแตกต่างกัน และแนวคิดเกี่ยวกับดาวรอบขั้วฟ้าและระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า และมีนักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ที่ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร (ขั้วฟ้าเหนือ, ขั้วฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า, วงกลมขั้วเมือง) แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการระบุพิกัดของดาว ตามระบบพิกัดศูนย์สูตรเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน และแนวคิดเกี่ยวกับการระบุ ตำแหน่งของดาวที่กำหนดตามระบบพิกัดศูนย์สูตร แต่เมื่อได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการ จัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดเกี่ยวกับระบบพิกัดของขั้วฟ้าในทุกแนวคิด ย่อยมีพัฒนาการและระดับแนวคิดที่สมบูรณ์อยู่ในระดับสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนได้ เริ่มต้นเรียนรู้พิกัดบนโลก แล้วเทียบเคียงเสมือนการขยายพิกัดบนโลกไปเป็นพิกัดบนท้องฟ้า โดยการได้ลงมือประกอบโครงสร้างของแบบจำลองด้วยตนเอง จากการเชื่อมต่อชิ้นส่วนโครงสร้าง ของวงกลมใหญ่ ที่เสมือนขยายจากเส้นศูนย์สูตรโลกไปอยู่ที่ทรงกลมฟ้า ซึ่งวงกลมใหญ่นี้แสดง เป็นเส้นศูนย์สูตรฟ้า จากนั้นนำชิ้นส่วนวงกลมใหญ่มาต่อกันเป็นวงกลมแสดงเส้นไรต์แอสเซนชันที่ สามารถแสดงเส้นหลักได้ 24 เส้น (หรือ R.A. ที่ $0^h - 24^h$) เชื่อมต่อด้วยแผ่นวงกลมแสดงขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ และต่อแกนโลกสมมติจากลูกโลกจำลองมาที่ขั้วฟ้าเหนือ และขั้วฟ้าใต้ และนำเส้น พลาสติกสีต่าง ๆ มาเชื่อมต่อเป็นวงกลมเล็กเพื่อแสดงเส้นเดคลิเนชัน ซึ่งบนแบบจำลองสามารถ แสดงเดคลิเนชันได้เส้นละ 10 องศา ทั้งขั้วฟ้าเหนือ และขั้วฟ้าใต้ นักเรียนจะเข้าใจ รู้จักจุดและเส้น สำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร (ขั้วฟ้าเหนือ, ขั้วฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า, วงกลมขั้วเมือง) ค่าไรต์แอสเซนชันและค่าเดคลิเนชัน สามารถระบุตำแหน่งหรือพิกัดของดาวหรือวัตถุท้องฟ้าในระบบพิกัด ศูนย์สูตรได้ สามารถติดตามจำลองลงบนแบบจำลองได้ตามค่าไรต์แอสเซนชันและค่าเดคลิเนชัน

ของดาวดวงนั้น แบบจำลองยังสามารถแสดงตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์ได้ ไม่ว่าผู้สังเกตจะอยู่ ณ ตำแหน่งละติจูดใดบนโลก เพราะนักเรียนสามารถติดตั้งบนฐานของแบบจำลอง แล้วหมุนหรือขยับแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่ต้องการ แบบจำลองสามารถแสดงเส้นทางการขึ้นการตกของดาวหรือเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาวและรอยดาว (star trail) ได้เป็นอย่างดี จากเส้นโครงสร้างที่แสดงเดคลิเนชันบนแบบจำลองเมื่อเราหมุนโลกจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกท้องฟ้า(ทรงกลมฟ้า)ก็จะหมุน(เสมือนว่า)จากตะวันออกไปตะวันตก ซึ่งประเด็นนี้เป็นการแสดงว่าดาวจะขึ้นทางทิศตะวันออก และตกทางทิศตะวันตก แต่มีคำถามต่อไปว่า แล้วดาวทุกดวงขึ้นทางทิศตะวันออก ตกทางทิศตะวันตกหรือไม่ นักเรียนก็จะได้พิสูจน์จากการใช้แบบจำลองนี้ หรือแม้แต่ระยะเวลาที่ดาวปรากฏอยู่บนท้องฟ้า ดาวรอบขั้วฟ้า นักเรียนก็สามารถทำความเข้าใจในแนวคิดนี้ได้ ทั้งนี้ นักเรียนจำเป็นต้องเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ และต้องลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า(CCM) จำนวน 10 ชุดการทดลอง เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนซึ่งนักเรียนสามารถใช้เรียนรู้ได้อย่างทั่วถึง มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกคน ทำให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตรจริง ๆ สอดคล้องกับหลักการที่ว่า การนำสื่อการสอนไปใช้ในห้องเรียนควรคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน ควรมีความยืดหยุ่น นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (ไชยยศ เรื่อง สุวรรณ, 2533) สื่อการสอนช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ทำให้เข้าใจบทเรียนที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น ช่วยให้เกิดแนวคิดในเรื่องนั้นได้ถูกต้องและรวดเร็ว ช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ (กิตานันท์ มะลิทอง, 2543) สื่อการสอนที่เป็นแบบจำลองจะช่วยส่งเสริมจินตนาการเรื่องที่มีลักษณะเป็นนามธรรมมีความซับซ้อน ใช้ศึกษาแทนปรากฏการณ์จริงที่บางครั้งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง (Cullin, 2004)

ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นตกของดวงอาทิตย์

นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าการพัฒนา (Normalized gain ($\langle g \rangle$)) เฉลี่ยเท่ากับ 0.86 ซึ่งถือว่านักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์อยู่ในระดับสูงและมีระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการระดับแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้น เกิดจากสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ เป็นแบบจำลอง ที่ไม่ใช่แบบจำลองสำเร็จรูปแบบเดิม ๆ ที่มีอยู่ทั่วไป CCM เป็นแบบจำลองที่

นักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยการประกอบโครงสร้างของแบบจำลองที่เชื่อมโยงกับพิกัดอ้างอิงทั้งในระบบพิกัดขอบฟ้า และระบบพิกัดศูนย์สูตร สามารถแสดงตำแหน่งสำคัญบนเส้นสุริยวิถี และเชื่อมโยงกับพิกัดหรือตำแหน่งปรากฏของดวงอาทิตย์บนเส้นสุริยวิถีได้ ทุกตำแหน่ง นักเรียนสามารถทดลองหาตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ สามารถเชื่อมโยงความเข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งดวงอาทิตย์กับฤดูกาล วัฏจักรเวลา กลางวันกลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ในวันวสันตวิษุวัต (21 มีนาคม) วันครีษมายัน (21 มิถุนายน) วันศารทวิษุวัต (22 กันยายน) และวันเหมายัน (21 ธันวาคม)และวันอื่นๆ ตามที่ต้องการได้ อีกทั้งยังสามารถอธิบายเชื่อมโยงความเข้าใจในปรากฏการณ์ตะวันอ้อมข้าว พระอาทิตย์เที่ยงคืนและวันไร้เงาได้ ทั้งนี้ นักเรียนสามารถปรับตำแหน่งของ CCM เพื่อให้แสดงถึงความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ซึ่งเป็นนามธรรมที่เข้าใจยากให้เป็นรูปธรรมเชิงประจักษ์ที่พิสูจน์ได้ด้วยตนเองอย่างชัดเจน ซึ่ง สอดคล้องกับ ไวท์ (White, 1993) ที่กล่าวว่า แบบจำลองเป็นสะพานเชื่อมที่สำคัญระหว่างสิ่งที่เป็นนามธรรมกับสิ่งที่เป็นรูปธรรม และสอดคล้องกับนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวว่า การสร้างและการใช้แบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญ ที่เข้ามามีบทบาทต่อการเรียนรู้และความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เพราะแบบจำลองช่วยสร้างแนวคิด สร้างความเข้าใจ สร้างคำอธิบาย การแปลความหมายและการพยากรณ์ในปรากฏการณ์ธรรมชาติ เกิดการค้นพบองค์ความรู้และสิ่งใหม่ ๆ กระบวนการสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมการเงินตนาการของนักเรียน เกี่ยวกับเรื่องที่มีลักษณะนามธรรมหรือมีความซับซ้อน (AAAS, 1993); (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000); (Gilbert & Ireton, 2003)

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า(CCM) พบว่า หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดดาราศาสตร์โดยใช้ CCM ตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความพึงพอใจ โดยรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.48 ระดับความพึงพอใจมาก และพบว่านักเรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดในด้านการเรียนโดยใช้ CCM ทำให้เกิดความสุข มีความสนุกสนานในการเรียนรู้ ช่วยเพิ่มความสนใจ ความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ทั้งนี้เพราะ นักเรียนได้ประกอบ CCM ด้วยตนเองทุกชิ้นส่วน เลือกชิ้นโครงสร้างและเส้นแสดงพิกัดได้อย่างหลายสี เหมือนกับการเล่นต่อจิ๊กซอว์ หรือการเล่นเกมส์ มีความท้าทายในความสำเร็จว่า CCM ที่ประกอบขึ้นสามารถสื่อสารถึงตำแหน่งหรือพิกัดของดาวหรือวัตถุท้องฟ้าหรือไม่ และต้องต่อ CCM ในเวลาที่กำหนด ยิ่งเป็นการเพิ่มความกระตือรือร้นและท้าทายมากยิ่งขึ้น มีการนำเสนอผลงานของกลุ่มต่อหน้าเพื่อน ๆ ทำให้ได้

ฝึกความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี ทำให้สามารถอธิบาย พิสูจน์ เชื่อมโยงและสื่อสารแนวคิด ดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของ ดวงอาทิตย์ ได้ชัดเจนจากนามธรรมเป็นรูปธรรม เข้าใจง่าย จากจินตนาการเป็นรูปธรรม และจากรูปธรรมเชื่อมโยงสู่จินตนาการต่อไป เสมือนเป็นการจำลองพิกัดบนทรงกลมฟ้าจริง CCM ทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์จริงผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีความยืดหยุ่น ที่การใช้งาน ช่วยจุดประกายความอยากรู้อยากเห็น CCM ทำให้เข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ได้สมบูรณ์ขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดในประเด็นที่กล่าวมาข้างต้น และนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ทำให้ได้ฝึกทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ได้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน คู่มือการใช้ แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติชัดเจนเข้าใจง่าย CCM มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ทั้งด้านความคงทนและสวยงาม มีโครงสร้างและองค์ประกอบที่เหมาะสม สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดดาราศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น สามารถเชื่อมโยงความรู้ดาราศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง และได้มีโอกาสนำเสนอผลงาน ทำให้กล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าทำ ด้วยตนเอง จากการใช้ CCM ในการเรียนรู้ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์นี้ นักเรียนมีความพึงพอใจมากซึ่งส่งผลให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความพึงพอใจ ที่กล่าวว่า ความพึงพอใจในงานเกิดจากความต้องการส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์ต่อผลที่ได้รับจากงานกับการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายส่วนบุคคล และมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับคุณลักษณะของงานตามความปรารถนาของกลุ่ม (Korman. A.K., 1977) ถ้าบุคคลได้มองเห็นโอกาสหรือช่องทางที่จะตอบสนองแรงจูงใจภายในตนเองแล้ว ก็จะทำให้ความพึงพอใจของเขาดีขึ้นสูงขึ้น (ธงชัย สันติวงษ์, 2535) สอดคล้องกับ สุภาลักษณ์ ชัยอนันต์ (2540, น. 17) ที่กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกส่วนตัว ที่รู้สึกเป็นสุขหรือยินดีเมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการ และเป็นสิ่งที่ทำให้ทุกคนเกิดความสบายใจ เกิดความสุข (นริษา นราศรี, 2544) ความพึงพอใจ คือ ระดับของความรู้สึกในทางบวกหรือในทางที่ดี (Price & Mueller, 1986)

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 ครูผู้สอนต้องศึกษาและทำความเข้าใจวัตถุประสงค์ เป้าหมายและขั้นตอนของการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ต้องทดลองประกอบและใช้ตามลำดับขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองก่อนนำไปใช้จริง

1.2 นำไปประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอนวิชา โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สำหรับนักเรียนทุกระดับชั้น โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียน

1.3 ครูผู้สอนสามารถที่จะนำไปประยุกต์โดยการถ่ายทำเป็นภาพเคลื่อนไหวเพื่อใช้เป็นบทเรียนออนไลน์ได้

1.4 ควรนำไปประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของเงา วิเคราะห์การเปลี่ยนตำแหน่งและพื้นที่ของเงาในรอบปี เพื่อมาไปวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตทางการเกษตร เช่น การปลูกปาล์ม น้ำมัน หรือพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเพิ่มเติม ในเรื่อง เวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ ได้แก่ ช่วงเวลากลางวันกลางคืน เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่างกันในวันวันต้นตวิษุวัต วันครีษมายัน วันศารทวิษุวัต และวันเหมายัน ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดนี้น้อยและมีค่าการพัฒนายู่ในระดับปานกลางซึ่งน้อยกว่าแนวคิดในด้านอื่น

2.2 ควรมีการวิจัยและพัฒนาสำหรับครูผู้สอน เพื่อส่งเสริมความสามารถสร้างสื่อการเรียนการสอนได้ด้วยตนเองจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ (3D) พัฒนาการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นให้นักเรียนได้ทดลองลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (Hands-on) เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ในด้านอื่น ๆ ให้มากขึ้น

2.3 ศึกษาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์สามมิติเพื่อพิมพ์สื่อการเรียนการสอน

บรรณานุกรม

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Science for All Americans*. NY: Oxford University Press.

<http://www.project2061.org/tools/sfaol/sfaatoc.htm>.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993). *Project 2061 Benchmarks for Science Literacy*. New York Oxford University Press.

Aktan, M. B. (2005). *Investigation of prospective teachers' knowledge and understanding of* models and modeling and their attitudes towards the use of models in science education*. Purdue University,

Alao, S., & Guthrie, J. T. (1999). Predicting conceptual understanding with cognitive and motivational variables. *The Journal of Educational Research*, 92(4), 243-254.

Bruner, J. S. (1961). *Towards a Theory of Instruction*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*: ERIC. Carin. (1993).

Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(9)

Cartier, J., Rudolph, J., & Stewart, J. (2001). The nature and structure of scientific models.

Cullin, M. J. (2004). *Examining prospective science teachers' understandings of the role of models and* modeling in science within the context of building and testing computer models of pond ecosystems*. The Pennsylvania State University,

Dove, J. (2002). Does the man in the moon ever sleep? An analysis of student answers about simple astronomical events: a case study. *International Journal of Science Education*, 24(8), 823-834.

Driver, J., et al. (1994). Axis-based neglect of visual Shapes. *Neuropsychologia*. 32 (11): | 1353-1365.

Fanetti, T. M. (2001). *The relationships of scale concepts on college age students'*

- misconceptions about the cause of the lunar phases*. Iowa State University Ames,
- Feldman, R. S. (1989). *Essentials of understanding psychology*. McGraw-Hill Companies.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In *Developing models in science education* (pp. 3-17): Springer.
- Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). *Understanding models in earth & space science*: NSTA press.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Good. (1973).
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Hesse, M. (2000). Models and analogies. *A Companion to the Philosophy of Science: Malden, MA, Blackwell Publication*, 299-307.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American journal of physics*, 55(5), 440-454.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and modelling in chemical education. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 47-68): Springer.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91(6), 877-905.
- Khongpugdee, S., Sukonthachat, J., Phonphok, N., & Sowathanapibul, S. (2009). A study of conceptual understanding in basic astronomy of grade 9 and 10 students in

- rural areas of Thailand. *Thai Journal of Physics*, 4, 124-126.
- Lightman, A., & Sadler, P. M. (1993). Teacher predictions versus actual student gains. *The Physics Teacher*, 31(3), 162-167.
- Loper, S. J. (2005). *Struggles with learning about scientific models in a middle school science classroom*: University of California, Berkeley.
- Martin, D. J. (1997). *Elementary Science Methods: A Constructivist Approach*. Delmar Publishers: New York.
- Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of educational research*, 59(1), 43-64.
- NRC. (2000). *Inquiry the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. In: Washington, DC: National Academies Press.
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67(4), 489-508.
- Percy, J. R. (2005). Why Astronomy is Useful and Should be Included in the School Curriculum. *Highlights of Astronomy*, 13, 1020-1021.
- Pines, A. L., & West, L. T. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.
- Plummer, J. D. (2006). Students' development of astronomy concepts across time. *Unpublished doctoral dissertation, University of Michigan, Ann Arbor*.
- Plummer, J. D., & Maynard, L. (2014). Building a learning progression for celestial motion: An exploration of students' reasoning about the seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 902-929.
- Price, J. L., & Mueller, C. W. (1986). *Handbook of organizational measurement*. Marshfield, MA. A.: Pitman.
- Schoon, K. J. (1992). Students' alternative conceptions of earth and space. *Journal of Geological Education*, 40(3), 209-214.
- Taylor, I., Barker, M., & Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225.

- Trumper, R. (2001a). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1111-1123.
- Trumper, R. (2001b). A cross-college age study of science and nonscience students' conceptions of basic astronomy concepts in preservice training for high-school teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 189-195.
- 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.
- Wandersee, J. H. (1986). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 581-597.
- Wells, M., Hestenes, D., & Swackhamer, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *American journal of physics*, 63(7), 606-619.
- White, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and instruction*, 10(1), 1-100.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and instruction*, 16(1), 3-118.
- Zeilik, M., Schau, C., & Mattern, N. (1998). Misconceptions and their change in university-level astronomy courses. *The Physics Teacher*, 36(2), 104-107.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551*. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). ประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมเพื่อทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์*. 26(2), 1-8.
- กุศลสิน มุสิกกุล. (2550). การเรียนการสอนโดยใช้ Scientific Inquiry, นิตยสารสสวท.

35(149), 36-38.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2546). การคิดเชิงมโนทัศน์ (พิมพ์ครั้งที่ 5.. ed.): กรุงเทพฯ :

ซัคเซสมีเดีย.

จตุรงค์ สุคนธชาติ. (2561). เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการครูผู้สอนดาราศาสตร์. ภาควิชา
ฟิสิกส์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชอวบ กินาวงศ์. (2533). วิธีสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. อุดรราชธานี: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยอีสานใต้.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2526). เทคโนโลยีทางการศึกษา : หลักการและแนวปฏิบัติ = Educational
technology : principles and practices: กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). เทคโนโลยีการศึกษาทฤษฎีและการวิจัย, กรุงเทพฯ: โอ. เอส.
พรินติ้งเฮาส์

ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. (2540). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิง
วิทยาศาสตร์ของ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาและ
สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ:
มหาสารคาม : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ไสว พักขาว. (2544). หลักการสอนสำหรับการเป็นครูมืออาชีพ: กรุงเทพฯ : เอมพันธ์.

กิดานันท์ มลิทอง. (2543). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม (พิมพ์ครั้งที่ 2 ปรับปรุงเพิ่มเติม..
ed.): กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.

จ่านง พรายแถมแซ. (2516). เทคนิคและวิธีสอนวิชาวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2.. ed.): กรุงเทพฯ :
ไทยวัฒนาพานิช.

ฉลองชัย สุขวัฒนบูรณ์. (2528). การเลือกและการใช้สื่อการสอน: กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทาง
การศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิตนา เขมมณี. (2545). 14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ (พิมพ์ครั้งที่ 3.. ed.): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย ชิวปรีชา. (2527). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์กรุงเทพฯ:
ประชาชน

ธงชัย สันติวงษ์. (2535). กลยุทธ์การบริหารโอกาส = Opportunities management
(พิมพ์ครั้งที่ 2.. ed.): กรุงเทพฯ : พัฒนาและที่ปรึกษาการจัดการ จำกัดวิเคราะห์ธุรกิจและ
การจัดการ จำกัด.

ธวัชชัย คงนุ่ม. (2550). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนคติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นริษา นราศรี. (2544). "การศึกษาความพึงพอใจของบทเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญในกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต โรงเรียนประถมศึกษา สังกัดการประถมศึกษา จังหวัดพิษณุโลก." สารนิพนธ์ปริญญาโท สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.

นาคยา ปิลันธนานนท์. (2542). การเรียนรู้ความคิดรวบยอด: กรุงเทพฯ : แม็ค.

นิพนธ์ ทราญเพชร. (2558). การดูดาวขั้นต้น : คู่มือดูดาวอย่างง่ายสำหรับท้องฟ้าประเทศไทยและศึกษาความลึกลับทางดาราศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1 ฉบับปรับปรุง.. ed.): กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์.

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548). การปรับเปลี่ยนมโนคติ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ บนเครือข่ายที่พัฒนา ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึซึม: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บังอร ผงผ่าน. (2538). ความพึงพอใจของผู้รับบริการต่องานบริการของโรงพยาบาลชุมชนศึกษา เฉพาะกรณีโรงพยาบาลกันทรลักษณ์จังหวัดศรีสะเกษ, ภาคนิพนธ์พัฒนบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2534). จิตวิทยาการศึกษา = Educational psychology: กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

ปิยะรัตน์ คัญทัฬห. (2545). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง โดยใช้กระบวนการเรียนการสอน แบบเว็บเควสทในระดับประถมศึกษา กรณีศึกษา โรงเรียนนานาชาติเกดสินี: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เปรมจิตร์ บุญสาย. (2541). การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้งปฏิญญานิพนธ์ กศ.ด.(วิทยาศาสตร์ศึกษา), กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปิยะรัตน์ คัญทัฬห. (2545). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะด้านการคิดขั้นสูงโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบเว็บเควสทในระดับประถมศึกษา กรณีศึกษาโรงเรียนนานาชาติเกดสินี.

วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ผดุงยศ ดวงมาลา. (2530). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี:

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิมพ์พรรณ เทพสุเมธานนท์. (2531). เทคโนโลยีทางการศึกษา, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:

รุ่งศิลป์การพิมพ์.

พิมพ์พรรณ เทพสุเมธานนท์. (2017). การจัดการความรู้. Rajapark Journal, 11(23), 79-86.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิคการ

สอน: กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ พว.

ภพ เลหาห์ไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับปรับปรุง).. ed.): กรุงเทพฯ

: ไทยวัฒนาพานิช.

รสริน บ่อมสาหร่าย. (2550). ผลของการใช้การเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถด้านการพูด

ภาษาอังกฤษและความพึงพอใจในการเรียนแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นประถมศึกษา

ปีที่ 6. วารสารวิชาการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีที่ 2, ฉบับที่ 5

(ก.ย.-ธ.ค. 2550), หน้า 63-70.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2525). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2525 (พิมพ์ครั้งที่ 3.. ed.):

กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

ล้วน สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5.. ed.): กรุงเทพฯ :

สุวีริยาสาส์น.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2545). เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : ตามหลักสูตร

การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544: กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.

วาสนา ชาวหา. (2533). สื่อการเรียนการสอน = Instructional media: กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วิชัย วงศ์ใหญ่. (2542). พลังเรียนรู้ในกระบวนการทัศน์ใหม่. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วีรวัฒน์ หนองห้าง. (2556). การประดิษฐ์นาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตรที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินสาม

นาฬิกาสำหรับโรงเรียนจิตรลดา กรุงเทพมหานคร. ปริญญาณิพนธ์ (วท.ม. (ฟิสิกส์)) –

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2556.,

วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). ค่าเฉลี่ยกับการแปลความหมาย: เรื่องง่ายๆ ที่บางครั้งก็พลาดได้.

ข่าวสาร การวิจัยการศึกษา 2538; 18(3): 8-11.

- ศรินธร วิทยะสิรินันท์. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- สมควร ชนชัยภูมิ. (2545). การเปรียบเทียบความเข้าใจในมิติที่ วิชาฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์คลื่น
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนคติของ
โพสเนอร์และคณะเกี่ยวกับการสอนปกติ: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมศักดิ์ คงเที่ยง. (2542). การบริหารบุคลากรและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ = Personnel
administration and human resource development : EA 733 (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.):
กรุงเทพฯ : ภาควิชาการบริหารการศึกษาและอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2562). รายงานผลการทดสอบทาง
การศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2563). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษา
ระดับชาติขั้นพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือการวัดและประเมินผล
วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ:
คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546ข). คู่มือวัดผลประเมินผล
วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก
ดาราศาสตร์ และอวกาศ. กรุงเทพฯ:
สทศ. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้
แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551.
กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากลปี 2561
(IMD 2018) (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : สำนักงาน.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545 - 2559):
กรุงเทพฯ : สำนักงาน.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542
และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ. ศ. 2545. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

- สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). ผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อ
 ตัวแทนความคิดเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
 ตอนต้น. ปรินซิพนิพนธ์ (กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)): มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,
 2555.,
- เสรี ชัดเข้ม. (2537). โมเดลและการสร้างโมเดล. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ปีที่ 9,
 ฉบับที่ 2 (พ.ย. 2537-มี.ค. 2538), หน้า 50-69.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2543). ทฤษฎีสรวนิยม. สารานุกรมศึกษาศาสตร์ ฉบับที่ 21 (ต.ค. 2543),
 หน้า 91-96.
- สุภางค์ จันทวานิช. (2540). การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุภาภรณ์ ยิ่งยวด. (2547). การพัฒนาหุ่นจำลองยางพาราระบบประสาทอัตโนมัติในช่องอกสุนัข เพื่อ
 เป็นสื่อการสอนกายวิภาคศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัครา).
- สุภาลักษณ์ ชัยอนันต์. (2540). ความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อโครงการส่งเสริมการปลูก มะเขือ
 เทศ แบบมีสัญญาผูกพันในจังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
 ส่งเสริมการเกษตร, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์. (2538). วิธีการสอน = Teaching methods: ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์.
- สุโขทัยธรรมาราช. (2526). 53-54 ????
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้:
 กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊กส์ เซนเตอร์.
- สุวิทย์ คงภักดี. (2553). ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้นวัตกรรมแบบจำลอง
 ระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model). ปรินซิพนิพนธ์ (กศ.ด.
 (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553.,
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์--การสอนคิดเชิงมโนทัศน์ (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ :
 ดวงกลมสมัย จัดจำหน่าย.
- สุวิมล เขี้ยวแก้ว. (2540). มาช่วยกันสร้างรอยยิ้มในห้องเรียนวิทยาศาสตร์. สสวท. ปีที่ 25,
 ฉบับที่ 97 (เม.ย.-มิ.ย. 2540), หน้า 18-19.
- อุทัย ดุลยเกษม. (2542). ศึกษาเรียนรู้. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.





ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. นายนิพนธ์ ทรายเพชร | ราชบัณฑิต สาขาวิชาดาราศาสตร์ |
| 2. ดร.สธน วิจารย์วรรณลักษณ์ | อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ดร.ทรงวุฒิ นิมจินดา | อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 4. ดร.เกียรติ ศรีนวลจันทร์ | อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง |
| 5. นางจิราภรณ์ กำแก้ว | ผู้อำนวยการพิเศษ
โรงเรียนบัว จังหวัดน่าน |





ภาคผนวก ข

ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 16 ความเหมาะสมของแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริม
ความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3	4	5		
ด้านการผลิต							
1. ความเหมาะสมในการออกแบบ	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของมาตราส่วน	5	5	4	5	4	4.60	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของแบบจำลอง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
4. ความคงทนของแบบจำลอง	4	4	4	4	4	4.00	มาก
5. ความปราณีตในการสร้าง	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
6. ความสวยงามของแบบจำลอง	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
ด้านความสะดวกในการใช้งาน							
7. ความสะดวกในการประกอบ	4	4	5	5	5	4.60	มากที่สุด
8. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
9. ความสะดวกในการจัดเก็บ	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
10. ความสะดวกในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม	4	4	4	4	5	4.20	มาก
ด้านความเหมาะสมกับเนื้อหา							
11. ระบบพิกัดขอบฟ้า	5	5	4	4	5	4.60	มากที่สุด
12. ระบบพิกัดศูนย์สูตร	5	5	5	4	5	4.80	มากที่สุด
13. ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด
ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า							
14. ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
15. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ถูกต้องลึกซึ้งยิ่งขึ้น	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตาราง 16 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3	4	5		
ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า (ต่อ)							
16. ช่วยให้ผู้สอนอธิบายเนื้อหาได้ ง่ายยิ่งขึ้น	5	5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
17. ช่วยประหยัดเวลาในการจัด การเรียนรู้	4	4	4	4	4	4.00	มาก
18. มีความคุ้มค่าในการจัดสร้าง ด้านคู่มือการใช้	5	4	4	4	5	4.40	มาก
19. แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ แบบจำลองได้อย่างสมบูรณ์	5	5	5	4	4	4.60	มากที่สุด
20. ภาษาที่ใช้มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4	4	4.00	มาก
21. รูปภาพช่วยสื่อความหมายได้ ชัดเจน	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด
22. นำเสนอเนื้อหาเป็นลำดับ ขั้นตอน	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
23. เป็นแนวทางนำไปสู่การปฏิบัติ ได้ดี	5	4	4	5	5	4.60	มากที่สุด

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า
ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมิน			IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่				
	1	2	3		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. แนวคิดหลักและสาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมชัดเจน	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	1	1	1	1	สอดคล้อง
6. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์	1	1	1	1	สอดคล้อง
7. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
8. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ระบบพิกัด
ศูนย์สูตร ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมิน			IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่				
	1	2	3		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. แนวคิดหลักและสาระการเรียนรู้ สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสม กับเนื้อหาการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมชัดเจน	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
6. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้อง ส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิด ดาราศาสตร์	1	1	1	1	สอดคล้อง
7. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
8. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ตำแหน่งและ
เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมิน			IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่				
	1	2	3		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับผลการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. แนวคิดหลักและสาระการเรียนรู้ สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสม กับเนื้อหาการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมชัดเจน	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
6. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้อง ส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิด ดาราศาสตร์	1	1	1	1	สอดคล้อง
7. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
8. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง

ตาราง 20 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

ข้อที่	P	r	ผลการประเมิน
1	0.54	0.68	ผ่าน
2	0.50	0.55	ผ่าน
3	0.55	0.65	ผ่าน
4	0.50	0.65	ผ่าน
5	0.44	0.58	ผ่าน
6	0.45	0.65	ผ่าน
7	0.41	0.58	ผ่าน
8	0.41	0.63	ผ่าน
9	0.48	0.65	ผ่าน
10	0.46	0.73	ผ่าน
11	0.41	0.58	ผ่าน
12	0.36	0.60	ผ่าน
13	0.48	0.77	ผ่าน
14	0.40	0.73	ผ่าน
15	0.43	0.55	ผ่าน
16	0.46	0.63	ผ่าน
17	0.55	0.75	ผ่าน
18	0.54	0.68	ผ่าน

ตาราง 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ	ผลประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
1	1	0	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
3	1	0	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
13	1	1	1	1	0	0.8	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
15	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
16	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
17	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง
18	0	1	1	1	1	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	แปลผล	
	ข้อ	คนที่						
		1	2	3	4			5
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม								
ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	-	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์								
ด้านการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	3	1	1	1	0	1	0.8	สอดคล้อง
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4	1	1	1	0	1	0.8	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	6	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	7	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	8	1	1	1	0	1	0.8	สอดคล้อง
	9	1	0	1	0	1	0.6	สอดคล้อง
	10	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	11	1	1	1	0	1	0.8	สอดคล้อง
ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้	12	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง
	13	0	1	1	1	0	0.6	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง
	15	1	1	1	1	1	1.0	สอดคล้อง



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร

เวลา 6 ชั่วโมง

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

ผลการเรียนรู้

สร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้า สังเกต และเชื่อมโยงจุดและเส้นสำคัญของแบบจำลองทรงกลมฟ้ากับท้องฟ้าจริง และอธิบายการระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร

จุดประสงค์การเรียนรู้

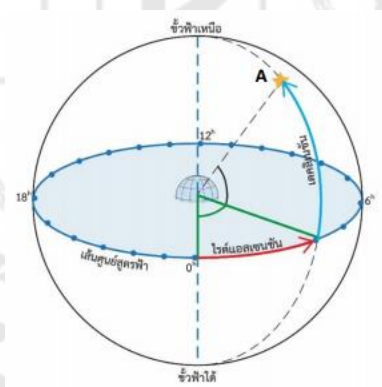
1. สามารถประกอบแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าระบบพิกัดศูนย์สูตร
2. สามารถระบุจุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร(ขั้วฟ้าเหนือ, ขั้วฟ้าใต้, เส้นศูนย์สูตรฟ้า)
3. สามารถระบุพิกัดของดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตรเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน

แนวความคิดหลัก

ระบบพิกัดศูนย์สูตรฟ้า เป็นระบบพิกัดท้องฟ้าที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยเทียบกับจุดวสันตวิษุวัต (Vernal equinox - Υ) และเส้นศูนย์สูตรฟ้า (Celestial Equator – CE) ซึ่งเป็นจุดและเส้นอ้างอิงสำคัญที่คงที่บนทรงกลมฟ้า ระบบพิกัดนี้สามารถบอกพิกัดหรือตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าโดยไม่ขึ้นกับตำแหน่งและเวลาของผู้สังเกตการณ์บนโลก

สาระการเรียนรู้

ทรงกลมฟ้าเป็นทรงกลมสมมติที่ใช้ในการศึกษาตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของวัตถุท้องฟ้า ซึ่งประกอบด้วยจุดและเส้นสำคัญดังนี้



รูปที่ 1 การระบุพิกัดดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตร

เส้นศูนย์สูตรฟ้า (celestial equator) หมายถึง เส้นวงกลมใหญ่ซึ่งเกิดจากการขยายเส้นศูนย์สูตรโลกออกไป ถึงทรงกลมฟ้า โดยแบ่งทรงกลมฟ้าออกเป็นสองส่วนเท่ากัน คือ ซีกฟ้าเหนือและซีกฟ้าใต้

ขั้วฟ้าเหนือ (north celestial pole, NCP) หมายถึง ขั้วของทรงกลมฟ้าที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าไปทาง ซีกฟ้าเหนือ 90°

ขั้วฟ้าใต้ (south celestial pole, SCP) หมายถึง ขั้วของทรงกลมฟ้าที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าไปทางซีกฟ้าใต้ 90°

วงกลมชั่วโมง (hour circle) หมายถึง วงกลมใหญ่ที่ลากจากขั้วฟ้าเหนือ ผ่านวัตถุท้องฟ้าที่สังเกต ผ่านตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตรฟ้า และขั้วฟ้าใต้

การบอกตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าในระบบพิกัดศูนย์สูตร เป็นการบอกพิกัดของดาวโดยใช้เส้นศูนย์สูตรฟ้าเป็นหลัก สามารถบอกเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน

ไรต์แอสเซนชัน (right ascension; RA) คือ มุมที่วัดจากจุด 0 ชั่วโมง ไปตามแนวเส้นศูนย์สูตรฟ้าตามการหมุนรอบตัวเองของโลก(ไปทางทิศตะวันออก) จนถึงวงกลมชั่วโมงที่ผ่านดาว หน่วยของไรต์แอสเซนชัน เป็นหน่วยเวลา ชั่วโมง นาที และวินาที (1 ชั่วโมง เท่ากับ 15 องศา) แบ่งเป็น 0-24 ชั่วโมง เช่น ดาวมีค่าไรต์แอสเซนชัน 4 ชั่วโมง สามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้ 4^h

เดคลิเนชัน (declination; dec)คือ มุมที่วัดจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าตามแนววงกลมชั่วโมงไปจนถึงดาว จะมีค่าตั้งแต่ 0 องศาถึง +90 องศาเมื่อวัดไปทางขั้วฟ้าเหนือ และเมื่อวัดไปทางขั้วฟ้าใต้จะมีค่าตั้งแต่ 0 องศา ถึง -90 องศา เช่น ดาวมีค่าเดคลิเนชัน 60 องศาเหนือเส้นศูนย์สูตรฟ้าสามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้ $+60^\circ$ ดังนั้น การบอกพิกัดในระบบพิกัดศูนย์สูตรจึงเขียนสัญลักษณ์ดังนี้ (RA, dec) เช่น จากภาพดาว A มีค่าพิกัด ($4^h, +60^\circ$)

พิกัดของดาวในระบบพิกัดศูนย์สูตรไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและตำแหน่งของผู้สังเกต ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการบอกตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า และบอกพิกัดของดาวในแผนที่ดาว

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (30 นาที)

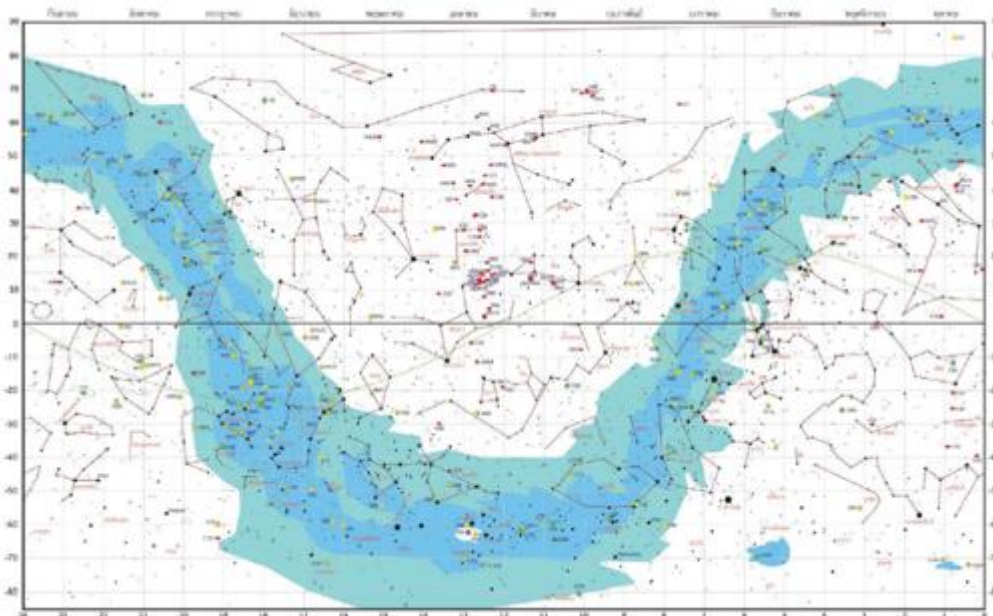
ครูนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้

1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และการประเมินผลให้นักเรียนทราบ
2. ครูนำภาพทางช้างเผือก ถ่ายที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทราและที่หอดูดาวแห่งชาติ ดอยอินทนนท์ ให้นักเรียนสังเกต



3. ครูถามนักเรียนว่า บริเวณตรงกลางด้านบนภาพคืออะไร นักเรียนรู้จักหรือไม่ และร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบภาพทั้งสอง

เพื่อให้เกิดแนวคิดเบื้องต้นว่า ทางช้างเผือก (Milky Way) คือ ส่วนหนึ่งของดาราจักรที่เป็นที่ตั้งของระบบสุริยะและโลกของเรา มีจำนวนดาวฤกษ์ประมาณ 1 แสนล้าน ถึง 4 แสนล้านดวง และวัตถุท้องฟ้าอื่นอีกจำนวนมากมหาศาล นักดาราศาสตร์ได้พยายามทำแผนที่ดาว เพื่อระบุพิกัดหรือตำแหน่งของดาว ดังตัวอย่างภาพ



นักเรียนทราบหรือไม่ว่า นักดาราศาสตร์เขามีวิธีการอย่างไรในการระบุพิกัดหรือตำแหน่งของดาวเหล่านั้น

ขั้นสำรวจและค้นหา (120 นาที)

4. นักเรียนสำรวจและค้นหาโดยการทำงานร่วมกันเป็นทีม ทีมละ 4 คน

5. นักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้ากลุ่มละ 1 ลูก ตามขั้นตอนในกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง จุดและเส้นสำคัญของระบบพิกัดศูนย์สูตร เพื่อให้ได้แนวคิดดาราศาสตร์เกี่ยวกับขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ เส้นศูนย์สูตรฟ้า วงกลมขั้วโมง ค่าไรต์แอสเซนชัน ค่าเดคลิเนชัน ในการระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า

6. นักเรียนทำกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง เส้นทางการขึ้นตกของดาวฤกษ์ เพื่อให้เกิดแนวคิด

ดาราศาสตร์ เกี่ยวกับเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดที่แตกต่างกัน โดยเส้นทางการขึ้นการตกหรือรอยดาวจะเป็นเส้นทางที่ขนานกัน จะไม่พาดตัดผ่านกัน ที่ละติจูด 0 องศาดาวจะขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตกพอดี ดาวไม่ได้เคลื่อนที่ผ่านจุดเหนือศีรษะทุกดวง และจะมีดาวขั้วฟ้ามากขึ้นเมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดที่สูงขึ้นไปทางขั้วโลกเหนือหรือขั้วโลกใต้ เป็นต้น

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (120 นาที)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า จนได้ข้อสรุปจากการอภิปรายเป็นแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร ว่า ระบบพิกัดศูนย์สูตร มีจุดและเส้นสำคัญอ้างอิงประกอบด้วย ขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ เส้นศูนย์สูตรฟ้า วงกลมขั้วโมง ค่าไรต์แอสเซนชัน ค่าเดคลิเนชัน พิกัดของดาวในระบบพิกัดศูนย์สูตรไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและตำแหน่งของผู้สังเกต ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการบอกตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพราะระบบพิกัดศูนย์สูตรฟ้า เป็นระบบพิกัดท้องฟ้าที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยเทียบกับจุดวสันตวิษุวัต (Vernal equinox - Υ) และเส้นศูนย์สูตรฟ้า (Celestial Equator, CE) ซึ่งเป็นจุดและเส้นอ้างอิงสำคัญที่คงที่บนทรงกลมฟ้า

ขั้นขยายความรู้ (60 นาที)

8. ให้นักเรียนชี้ตำแหน่งของดาวหรือกลุ่มดาวภายในห้องที่เสมือนกับการออกไปสังเกตการณ์ท้องฟ้าจริง โดยการนำดาวหรือกลุ่มดาวมาติดลงบนแบบจำลองการระบุพิกัดวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าตามพิกัดจริง

แล้วใช้เลเซอร์ชี้ดาวชี้ไปที่ตำแหน่งของดาวหรือกลุ่มดาว เสมือนการขยายแบบจำลองสู่พิกัดบนท้องฟ้าจริง

9. จำลองสถานการณ์การดูดาวจริง เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ ให้นักเรียนชี้จุดและเส้นสำคัญบนท้องฟ้า ได้แก่ เส้นศูนย์สูตรฟ้า ขั้วฟ้าเหนือ จุด RA 0^h ตำแหน่ง RA และ dec ต่าง ๆ

10. ร่วมกันวางแผนการดูดาวท้องฟ้าจริง และวางแผนการสังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์หรือการถ่ายภาพวัตถุท้องฟ้า ที่มองเห็นด้วยตาเปล่ายาก หรือมองไม่เห็นเลยซึ่งจำเป็นต้องรู้พิกัด (RA , dec) ของวัตถุท้องฟ้า นั้น

ขั้นประเมิน (30 นาที)

11. นักเรียนและครูร่วมกันสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ข้อดี ข้อจำกัด และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์

12. นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร

สื่อการเรียนรู้

1. ชุดตั้งแบบจำลอง ประกอบด้วย ฐาน ขาตั้ง และระนาบพื้นวงกลม

2. ชุดประกอบแบบจำลองทรงกลมฟ้า 1 ชุด ประกอบด้วย

2.1) ลูกโลกจำลอง พร้อมแกนหมุน 1 ชุด

2.2) แถบวงกลมวงแหวน แสดงมุม 0 – 360 องศา 1 แผ่น

2.3) เส้น(1/4ของวงกลม)สีฟ้า แสดงเส้นศูนย์สูตรฟ้า 2 ชุด (8 เส้น)

2.4) แผ่นวงกลม แสดงขั้วฟ้าเหนือขั้วฟ้าใต้ 2 อัน

- 2.5) เส้นโค้ง(ส่วนหนึ่งของวงกลม)แสดงไรต์แอสเซนชัน คละสี 1 ชุด (24 เส้น)
- 2.6) โค้งวงกลมยึดแบบจำลอง 1 อัน
- 2.7) ตู๊กตา แสดงผู้สังเกต 1 ตัว
- 2.8) แถบสติ๊กเกอร์สี ขนาด 2 mm สีส้ม 1 เส้น สีเหลือง 1 เส้น
- 2.9) แถบสัญลักษณ์แสดงทิศ(8ทิศ) 1 ชุด
- 2.10) เข็มทิศ 1 อัน
- 2.11) ดาว/วัตถุท้องฟ้าจำลอง, สติ๊กเกอร์ที่ติดเป็นวงกลมเล็ก ๆ (สีส้ม สีแดง สีเหลือง เป็นต้น)

3. เอกสารความรู้ที่ 2.1 เรื่อง การระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
4. กิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
5. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
6. กิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง เส้นทางการขึ้นตกของดาวฤกษ์
7. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง เส้นทางการขึ้นตกของดาวฤกษ์
8. แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ระบบพิกัดศูนย์สูตร

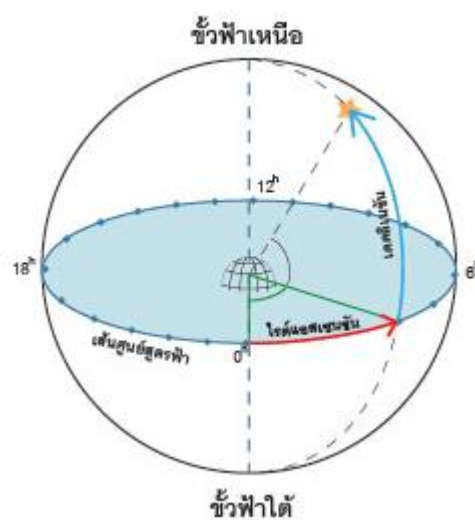
การวัดและประเมินผล

1. ประเมินจากผลงานการปฏิบัติและการนำเสนอผลงาน
2. ประเมินจากการตอบคำถามและการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
3. ประเมินจากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
4. ประเมินจากการทำแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรม

เอกสารความรู้ที่ 2.1

เรื่อง การระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร

การบอกพิกัดของวัตถุท้องฟ้าในระบบพิกัดขอบฟ้า จะเปลี่ยนแปลงตามเวลาและตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต ดังนั้นจึงมีการระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าโดยอ้างอิงจากจุดและเส้นสำคัญที่คงที่บนทรงกลมฟ้า เรียกว่า ระบบพิกัดศูนย์สูตร



รูปที่ 1 การระบุพิกัดดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตร

ทรงกลมฟ้าเป็นทรงกลมสมมติที่ใช้ในการศึกษาตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของวัตถุท้องฟ้า ซึ่ง ประกอบด้วยจุดและเส้นสำคัญดังนี้

เส้นศูนย์สูตรฟ้า (celestial equator) หมายถึง เส้นวงกลมใหญ่ซึ่งเกิดจากการขยายเส้นศูนย์สูตรโลกออกไป ถึงทรงกลมฟ้า โดยแบ่งทรงกลมฟ้าออกเป็นสองส่วนเท่ากัน คือ ซีกฟ้าเหนือ และซีกฟ้าใต้

ขั้วฟ้าเหนือ (north celestial pole, NCP) หมายถึง ขั้วของทรงกลมฟ้าที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าไปทาง ซีกฟ้าเหนือ 90°

ขั้วฟ้าใต้ (south celestial pole, SCP) หมายถึง ขั้วของทรงกลมฟ้าที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าไปทางซีกฟ้าใต้ 90°

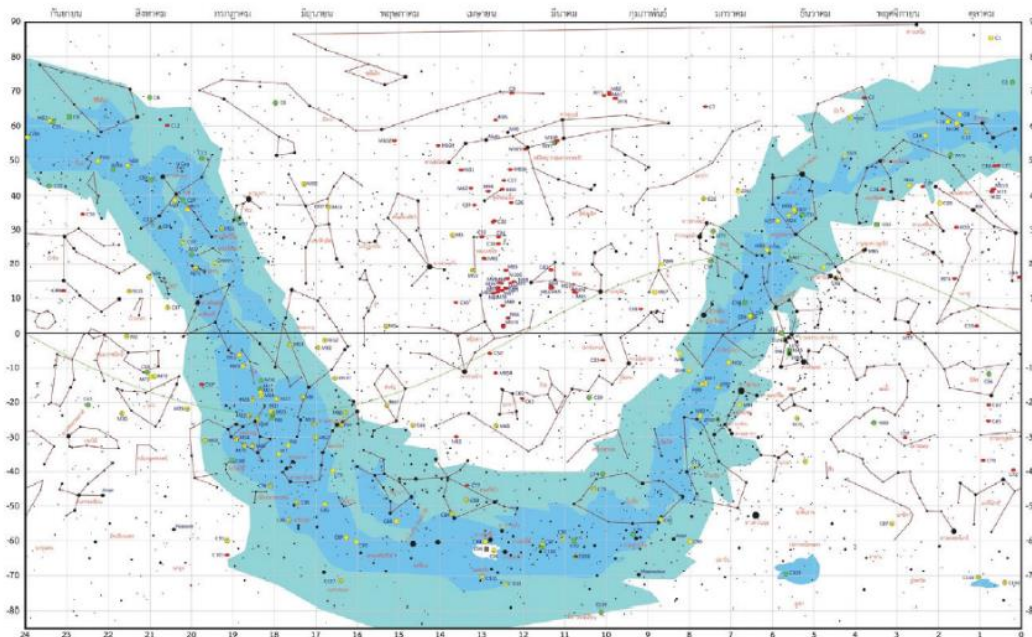
วงกลมชั่วโมง (hour circle) หมายถึง วงกลมใหญ่ที่ลากจากขั้วฟ้าเหนือ ผ่านวัตถุท้องฟ้าที่สังเกต ผ่านตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตรฟ้าและขั้วฟ้าใต้

การบอกตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าในระบบพิกัดศูนย์สูตร เป็นการบอกพิกัดของดาวโดยใช้เส้นศูนย์สูตรฟ้าเป็นหลัก สามารถบอกเป็นค่ามุมไรต์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน

ไรต์แอสเซนชัน (right ascension; RA) คือ มุมที่วัดจากจุด 0 ชั่วโมง ไปตามแนวเส้นศูนย์สูตรฟ้าตามการหมุนรอบตัวเองของโลก(ไปทางทิศตะวันออก) จนถึงวงกลมชั่วโมงที่ผ่านดาว หน่วยของไรต์แอสเซนชัน เป็นหน่วยเวลา ชั่วโมง นาที และวินาที (1 ชั่วโมง เท่ากับ 15 องศา) แบ่งเป็น 0-24 ชั่วโมง เช่น ดาวมีค่าไรต์แอสเซนชัน 4 ชั่วโมง สามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้ 4^h

เดคลิเนชัน (declination; dec)คือ มุมที่วัดจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าตามแนววงกลมชั่วโมงไปจนถึงดาว จะมีค่าตั้งแต่ 0 องศาถึง +90 องศาเมื่อวัดไปทางขั้วฟ้าเหนือ และเมื่อวัดไปทางขั้วฟ้าใต้จะมีค่าตั้งแต่ 0 องศา ถึง -90 องศา เช่น ดาวมีค่าเดคลิเนชัน 60 องศาเหนือเส้นศูนย์สูตรฟ้าสามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ ดังนี้ $+60^\circ$ ดังนั้น การบอกพิกัดในระบบพิกัดศูนย์สูตรจึงเขียนสัญลักษณ์ดังนี้ (RA, dec) เช่น จากภาพดาว A มีค่า พิกัด ($4^h, +60^\circ$)

พิกัดของดาวในระบบพิกัดศูนย์สูตรไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและตำแหน่งของผู้สังเกต ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการบอกตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า และบอกพิกัดของดาวในแผนที่ดาว ตามรูป 2



รูป 2 แผนที่ดาวระบบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า

เอกสารอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา. ลาดพร้าว.

กิจกรรมที่ 2.1

เรื่อง การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายวิธีการระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
2. ระบุตำแหน่งของดาวที่กำหนดตามระบบพิกัดศูนย์สูตร

วัสดุอุปกรณ์

3. เอกสารความรู้ที่ 2.1 เรื่อง การระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
4. ชุดประกอบแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า
5. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
6. ตี๊กตา แสดงผู้สังเกต 1 ตัว
7. สติ๊กเกอร์วงกลม ขนาด 2 เซนติเมตร
8. สติ๊กเกอร์สี่เหลี่ยม ขนาด 5 มิลลิเมตร
9. เทปกาว

วิธีการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1

1. ศึกษาเอกสารความรู้ที่ 2.1 เรื่อง การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร
2. ประกอบแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ตามขั้นตอนดังรูป



3. ให้นักเรียนติดชื่อจุดและเส้นสำคัญลงบนแบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ดังนี้ ขั้วฟ้าเหนือ ขั้วฟ้าใต้ เส้นศูนย์สูตรฟ้า วงกลมขั้วเมือง แล้ววางไว้ที่ตำแหน่งแบบจำลอง ดังภาพตัวอย่าง



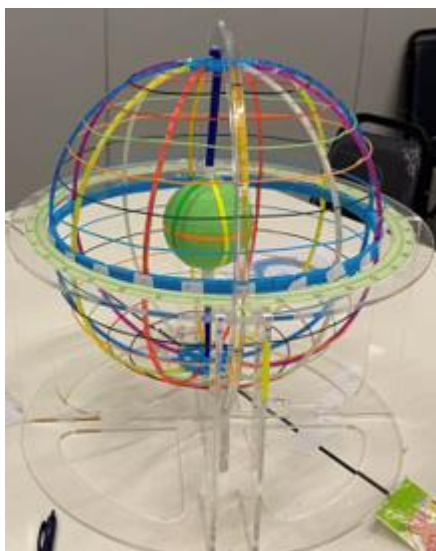
4. วาดรูปแสดงจุดและเส้นสำคัญจากแบบจำลอง ลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ 2.1
เรื่อง การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร

5. ระบุค่าไรต์แอสเซนชัน และค่าเดคลิเนชัน ลงบนแบบจำลอง ดังนี้

5.1 ค่าไรต์แอสเซนชันกำหนดลงบนเส้นวงกลมชั่วโมง โดยให้นักเรียนแบ่งเส้น
ศูนย์สูตรฟ้า ออกเป็น 24 ช่อง เท่า ๆ กัน (ซึ่งในแบบจำลองได้แบ่งไว้เรียบร้อยแล้ว) ให้แต่ละช่องมี
หน่วยเป็นชั่วโมง ซึ่ง 1 ช่องห่างกัน 1 ชั่วโมง กำหนดให้จุดใดจุดหนึ่งเป็น 0 ชั่วโมง และให้
ตำแหน่งถัดไปเป็นชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 24 ตามทิศทางการหมุนของโลก (กฏมือขวา) ($0^h - 24^h$)
ซึ่งแสดงโดยเส้นโครงโค้งวงกลมชั่วโมงบนแบบจำลอง

5.2 ค่าเดคลิเนชัน (dec) โดยเริ่มต้น dec 0° ที่เส้นศูนย์สูตรฟ้า ขึ้นไปตาม
วงกลมชั่วโมงถึงขั้วฟ้าเหนือเป็น dec $+90^\circ$ และจากเส้นศูนย์สูตรฟ้า dec 0° ลงไปตามวงกลม
ชั่วโมงถึงขั้วฟ้าใต้เป็น dec -90° ซึ่งแสดงโดยการติดเส้นพลาสติกสีวงกลมเล็กที่ขนานกับวงกลม
ใหญ่(เส้นศูนย์สูตรฟ้า)บนแบบจำลอง

ดังภาพตัวอย่าง



6. ให้นักเรียนใช้สติ๊กเกอร์สีโดยเขียนตัวอักษรแทนดาวฤกษ์แต่ละดวง แล้วติดลงบนแบบจำลองตามพิกัดของดาวที่กำหนดให้ดังนี้

6.1 พิกัดดาว A ($0^{\text{h}}, 0^{\circ}$)

6.2 พิกัดดาว B ($6^{\text{h}}, +30^{\circ}$)

6.3 พิกัดดาว C ($6^{\text{h}}, +80^{\circ}$)

6.4 พิกัดดาว D ($12^{\text{h}}, +45^{\circ}$)

6.5 พิกัดดาว E ($0^{\text{h}}, -30^{\circ}$)

7. สรุปและนำเสนอผลการทำกิจกรรม



กิจกรรมที่ 2.2

เรื่อง เส้นทางการขึ้นตกของดาวฤกษ์

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วาดภาพแสดงเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์
2. อธิบายเส้นทางการขึ้นตกของดาวฤกษ์เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดที่แตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์

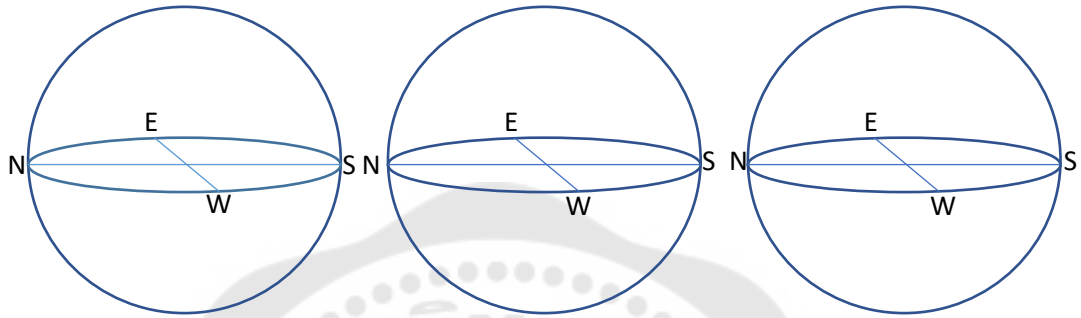
1. ชุดประกอบแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า
2. ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง เส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์
3. ตู๊กตา แสดงผู้สังเกต 1 ตัว
4. สติกเกอร์วงกลม ขนาด 2 เซนติเมตร
5. สติกเกอร์ตีเส้น ขนาด 5 มิลลิเมตร
6. เทปขาว

วิธีการทำกิจกรรม

1. ใช้แบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ชุดเดิมที่ใช้ในกิจกรรมที่ 2.1
2. ให้นักเรียนติดสติกเกอร์ดาว A ที่ขอบฟ้าทิศตะวันออก ($\text{dec } 0^\circ$) แล้ววางแบบจำลองโดยที่ผู้สังเกตอยู่ที่เส้นศูนย์สูตร (ละติจูด 0°) แล้วค่อย ๆ หมุนแกนโลกจำลองโดยให้โลกจำลองหมุนจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ส่วนแบบจำลองทรงกลมท้องฟ้าจะหมุนจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก จนกระทั่งดาว A ตกกลับขอบฟ้าทางทิศตะวันตก สังเกตเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาว พร้อมระยะเวลาที่ดาวอยู่บนท้องฟ้า
3. ให้นักเรียนวาดภาพเส้นทางการขึ้นตกของดาว A ในใบบันทึกกิจกรรม 2.2
4. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2 – 3 แต่เปลี่ยนเป็นดาว B และ C ที่ค่า $\text{dec } +15$ และ -15
5. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 4 แต่เปลี่ยนละติจูดของผู้สังเกตเป็นละติจูดที่ 30 , 45 , 60 , 90 องศาเหนือ และละติจูด 45 องศาใต้
6. อภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปถึงเส้นทางการขึ้นการตกของดาวฤกษ์ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูดต่าง ๆ บนโลก

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2.2
เรื่อง เส้นทางขึ้นตกของดาวฤกษ์

1. ให้นักเรียนวาดเส้นทางการขึ้นการตกของดาวที่ละติจูดต่าง ๆ



(1) ศูนย์สูตร

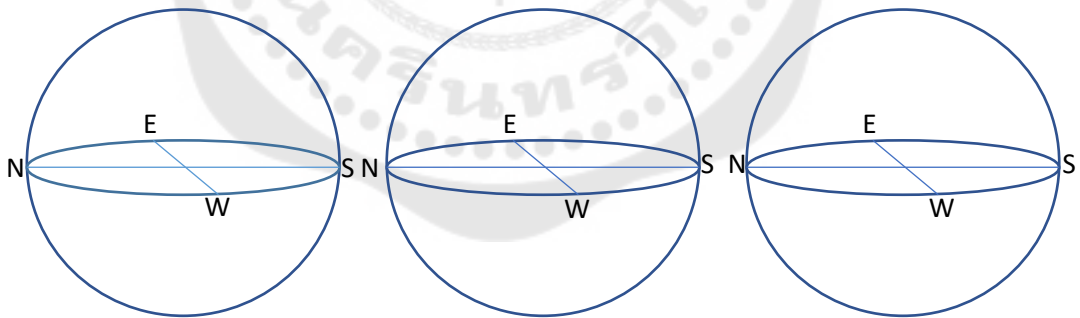
(2) ละติจูด 30 องศาเหนือ

(3) ละติจูด 45 องศาเหนือ

ระยะเวลาดาวอยู่บนท้องฟ้า

.....

.....



(4) ละติจูด 60 องศาเหนือ

(5) ละติจูด 90 องศาเหนือ

(6) ละติจูด 45 องศาใต้

ระยะเวลาดาวอยู่บนท้องฟ้า

.....

.....

ตัวอย่างแบบวัดความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

ข้อ 12 จงวาดทรงกลมฟ้าที่แสดงเส้นและตำแหน่งสำคัญ ดังนี้

(กำหนดให้ ทรงกลมเล็ก แทน โลก, ทรงกลมใหญ่ แทน ทรงกลมฟ้า)

1) เส้นศูนย์สูตรฟ้า

2) เส้นสุริยวิถี

3) จุดวสันตวิษุวัต

4) จุดศารทวิษุวัต

5) จุดหมายัน

6) จุดครีษมายัน

7) ขั้วฟ้าเหนือ

8) ขั้วฟ้าใต้

9) ไรต์แอสเซนชัน(RA) ที่ 0 ชั่วโมง (0^h), 6 ชั่วโมง (6^h), 12 ชั่วโมง (12^h), 18 ชั่วโมง (18^h),

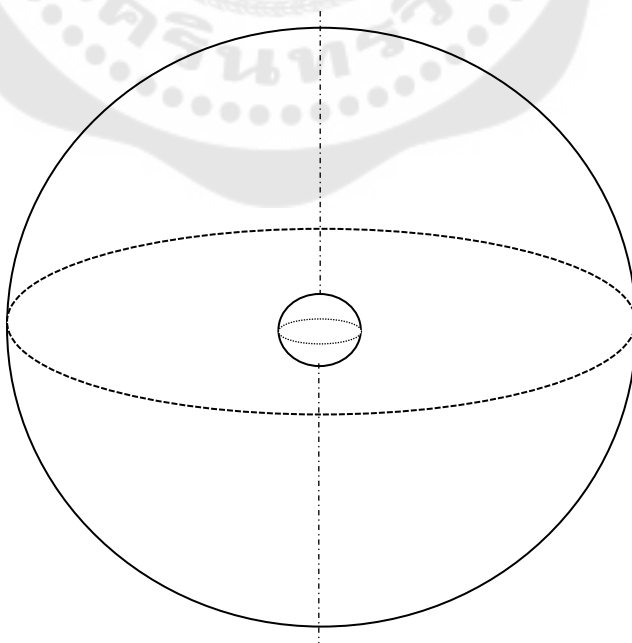
และ 24 ชั่วโมง (24^h)

10) เดคลิเนชัน ที่ 0° , $+15^\circ$, -15° , $+30^\circ$, -30° , $+45^\circ$, -45° , $+60^\circ$, -60° , $+75^\circ$, -75° ,

$+90^\circ$, -90°

11) ระนาบศูนย์สูตรฟ้า

12) ระนาบสุริยวิถี



แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลอง

ระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดดาราศาสตร์

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตรงกับระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า โดยกำหนดระดับความพึงพอใจดังนี้

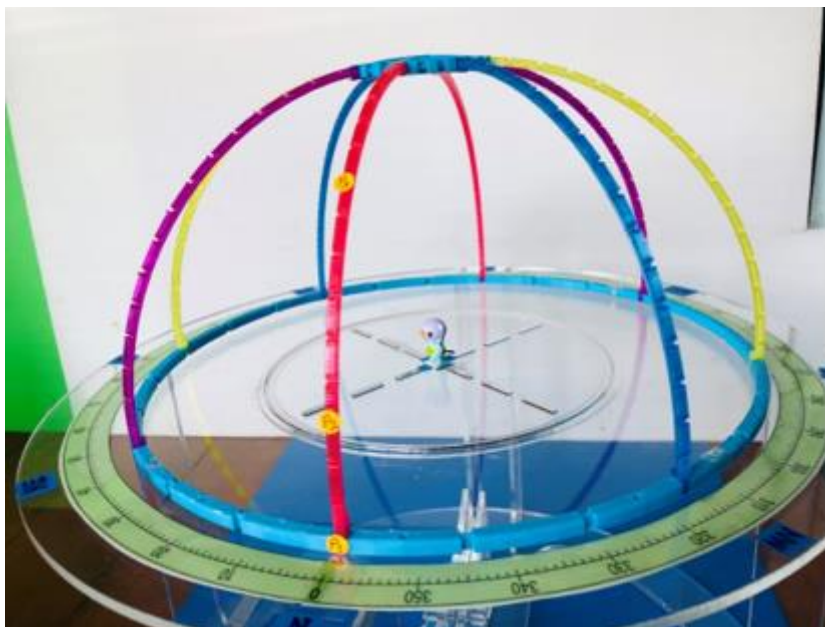
- 1 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด
- 2 มีความพึงพอใจน้อย
- 3 มีความพึงพอใจปานกลาง
- 4 มีความพึงพอใจมาก
- 5 มีความพึงพอใจมากที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		1	2	3	4	5
ด้านการเรียนรู้						
1	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้เข้าใจแนวคิดทางดาราศาสตร์ เรื่องระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ได้สมบูรณ์ขึ้น					
2	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้สามารถอธิบาย พิสูจน์ เชื่อมโยงและสื่อสารแนวคิดดาราศาสตร์ เรื่อง ระบบพิกัดขอบฟ้า ระบบพิกัดศูนย์สูตร ตำแหน่งและเส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ ได้ชัดเจนจากนามธรรมเป็นรูปธรรม เข้าใจง่าย					

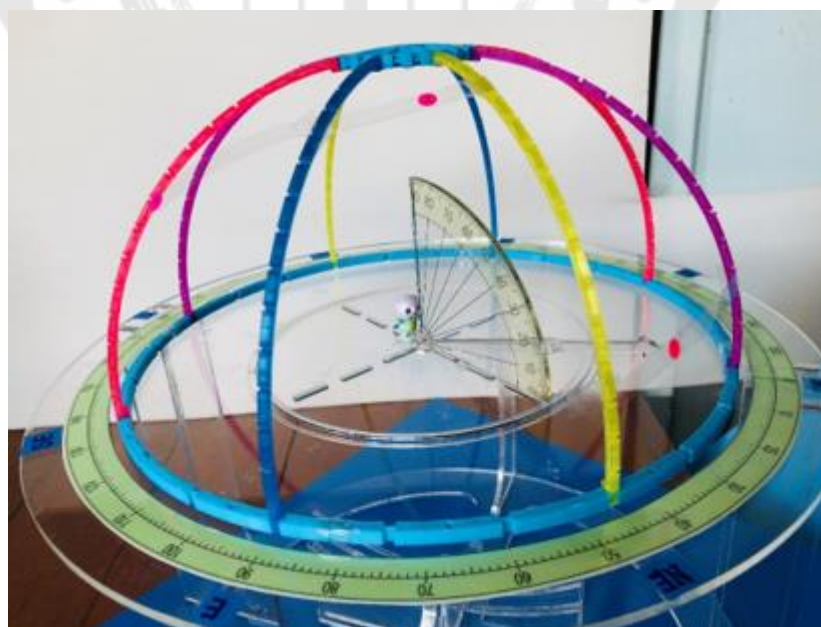
ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		1	2	3	4	5
ด้านการเรียนรู้ (ต่อ)						
3	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดดาราศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น					
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
4	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้ได้ฝึกคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการคิดอย่างมีเหตุผล					
5	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้ได้สร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์จริงผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง					
6	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ช่วยเพิ่มความสนใจ ความกระตือรือร้นในการเรียนรู้					
7	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้ได้ฝึกทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม และได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน					
8	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ได้มีโอกาสนำเสนอผลงาน ทำให้กล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าทำ ด้วยตนเอง					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		1	2	3	4	5
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)						
9	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้ได้ฝึกความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี					
10	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้เกิดความสุข มีความสนุกสนานในการเรียนรู้					
11	การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า ทำให้เชื่อมโยงความรู้ดาราศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง					
ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้						
12	แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีโครงสร้างและองค์ประกอบที่เหมาะสม					
13	แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ทั้งด้านความคงทนและสวยงาม					
14	แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้ามีความยืดหยุ่นที่การใช้งาน ช่วยจุดประกายความอยากรู้อยากเห็น					
15	คู่มือการใช้ แบบจำลองระบุพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติชัดเจนเข้าใจง่าย					

ภาพตัวอย่างแบบจำลองระบบพิกัดของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า(CCM)



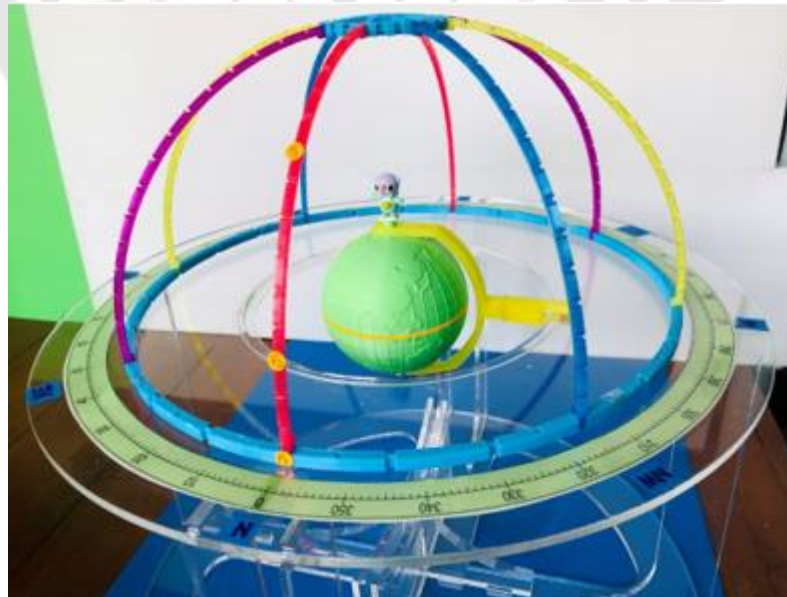
ภาพประกอบ 21 แสดงการประกอบแบบจำลองพิกัดขอบฟ้า



ภาพประกอบ 22 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การบอกมุมทิศและมุมเงย



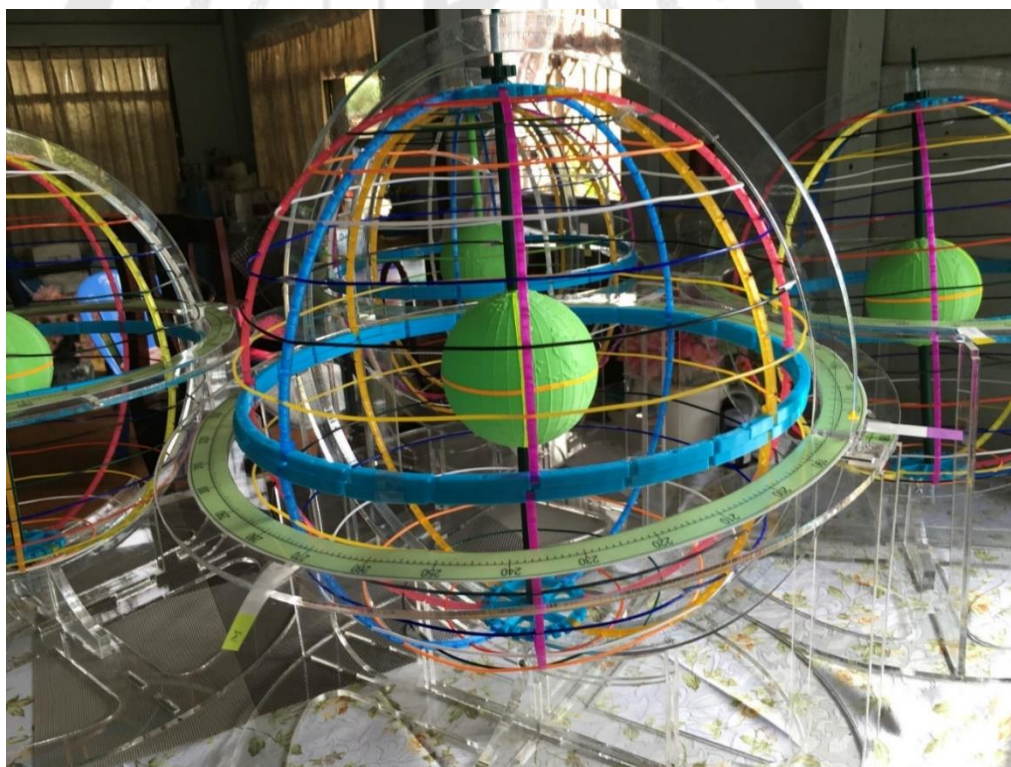
ภาพประกอบ 23 แสดงตัวอย่างการบอกมุมทิศและมุมเงย



ภาพประกอบ 24 แสดงการติดตั้งแบบจำลองที่ผู้สังเกตอยู่ที่ขั้วโลกเหนือ



ภาพประกอบ 25 แสดงการติดตั้งแบบจำลองตามทิศบนโลก



ภาพประกอบ 26 แสดงตัวอย่างการประกอบแบบจำลองที่พร้อมใช้งาน 1



ภาพประกอบ 27 แสดงตัวอย่างการประกอบแบบจำลองที่พร้อมใช้งาน 2



ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้









ภาคผนวก จ
ใบรับรองการทำวิจัยในมนุษย์



หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G-156/2563E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: การพัฒนาแบบจำลองระบุทิศทางของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า เพื่อส่งเสริมความเข้าใจ
ในแนวคิดดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นาย ชูชาติ แพน้อย

สังกัด: ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา

เอกสารที่รับรอง: 1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาพบพบ

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 30 กรกฎาคม 2563
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 30 กรกฎาคม 2563
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 30 กรกฎาคม 2563
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 30 กรกฎาคม 2563

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หิณฑแพทย์หญิงณปภา เขี่ยมจิรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุวิพร กัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-156/2563

วันที่ให้การรับรอง : 30/07/2563

วันหมดอายุใบรับรอง : 30/07/2564

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายชูชาติ แพน้อย
วัน เดือน ปี เกิด	29 ตุลาคม 2504
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2527 การศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ.) (วิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พ.ศ.2533 ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศศ.ม.) (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2563 การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (กศ.ด.) (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	99 หมู่ที่ 5 ตำบลวังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา 24190

